

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И
СПОРТА УКРАИНЫ**

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА**

МАТЕРИАЛЫ

***IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИИ***

"Новейшие технологии в электроэнергетике"



1 – 25 ноября 2012 г.

Харьков

УДК 621.311
ББК 31.2

Новейшие технологии в электроэнергетике: материалы IV международной научно-технической интернет-конференции; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х. : ХНАГХ, 2012. – 199 с

В сборнике материалов конференции рассматриваются вопросы применения новейших технологий и энергоэффективности в электроэнергетике.

Сборник представляет интерес для научных сотрудников, аспирантов, студентов, а также всех, кто интересуется вопросами применения новых технологий и энергоэффективности.

ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

Бабаев Владимир Николаевич – ректор Харьковской национальной академии городского хозяйства, д-р гос. упр., профессор, председатель комитета;

Позигун Михаил Петрович – директор Северной электроэнергетической системы НЭК «Укрэнерго»;

Харченко Виктор Федорович – проректор по научной работе Харьковской национальной академии городского хозяйства, д-р техн. наук, профессор, зам. председателя комитета;

Бубенко Павел Трофимович – директор СВНЦ НАН и МОН Украины, д-р экон. наук, профессор;

Шубенко Александр Леонидович – чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук, профессор, зав. отделом ИПМаш НАНУ;

Римшин Владимир Иванович – декан Московского института коммунального хозяйства и строительства, д-р техн. наук, профессор, (Российская Федерация);

Нестеров Михаил Никитович – директор Энергетического института Белгородского государственного технического университета им. В.Г.Шухова, заведующий кафедрой электроэнергетики, канд. техн. наук, профессор, (Российская Федерация).

Сухонос Мария Константиновна – начальник научно-исследовательского сектора Харьковской национальной академии городского хозяйства, канд. техн. наук, доцент;

Маляренко Виталий Андреевич – заведующий кафедрой электроснабжения городов Харьковской национальной академии городского хозяйства, д-р техн. наук, профессор;

Кожушко Григорий Мефодьевич - д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Полтавского университета экономики и торговли;

Ягуп Валерий Григорьевич – д-р техн. наук, профессор Харьковской национальной академии городского хозяйства;

Сапрыка Александр Викторович – канд. техн. наук., доцент Харьковской национальной академии городского хозяйства;

Сериков Яков Александрович – канд. техн. наук, профессор Харьковской национальной академии городского хозяйства;

Татьков Виталий Петрович – директор ХКП “Горсвет”;

Гарбуз Анна Викторовна – инженер кафедры электроснабжения городов Харьковской национальной академии городского хозяйства.

СЕКЦИЯ 1. «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»

Руководитель секции – д.т.н., проф., лауреат государственной премии Украины Маляренко В.А.

Секретарь секции – к.т.н., доц. Абраменко І.Г.

2012 ГОД - «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ВСЕХ». ТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА БАЗОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ XXI ВЕКА

А.В. Бойко, д.т.н.

Харьковский национальный технический университет «ХПИ»

➤ Энергетический сектор является *основой экономической стабильности и устойчивости в охране окружающей среды*. Мир изменяется резко с точки зрения принятия во внимание изменения окружающей среды, технического прогресса и глобализации. И темп изменения все время ускоряется.

➤ В декабре 2010 года Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию, которая провозгласила 2012 год как «Международный Год Устойчивой Энергетики для Всех» (резолюция 65/151). Генеральный Секретарь ООН Бан Ки-мун призвал к «глобальной чистой революции в энергетике, которая позволит сделать её доступной для всех», добавив, что это является исключительно важным для минимизации риска в изменении климата, уменьшения бедности и достижения Целей Нового Тысячелетия в глобальном экономическом росте, мире и безопасности, а также здоровья планеты.

➤ По прогнозам потребление энергии возрастет значительно: на 35-40% в 2035 году по сравнению с 2010 годом. Рост произойдет в основном в развивающихся странах, где 1,3 млрд. людей (почти каждый пятый житель планеты) все еще не имеют доступа к электроэнергии и где 2,7 млрд. людей используют традиционное биологическое топливо для изготовления пищи, обогрева и других основных домашних нужд. На Китай и Индию приходится 50% от всего роста потребления энергии.

➤ Конференция ООН по изменению климата, которая состоялась в декабре 2009 года в Копенгагене, поставила цель ограничить увеличение глобальной температуры до двух градусов по Цельсию (2 С) выше уровня до индустриального периода посредством ограничения концентрации парниковых газов в атмосфере до 450 частиц на миллион (ppm) эквивалента CO₂ (Сценарий 450).

➤ Нельзя позволить себе отложить на потом необходимые меры по влиянию на изменение климата, если мы хотим достичь долгосрочной поставленной цели – ограничить рост средней температуры до 2 С в 2035 году при приемлемых расходах (как показал анализ Сценария 450). В Сценарии Новых Стратегий мировое развитие, в результате запланированного уровня выбросов в атмосферу, приведет к увеличению

средней температуры на 3,5 С. Без стратегии по претворению в жизнь этих сценариев средняя температура на земном шаре увеличится на 6 С или больше.

➤ Откладывание действенных мер – ложная экономия: на каждый не вложенный в энергетический сектор \$1 до 2020 года потребуется добавочные \$4.3 после 2020 г. для компенсации увеличивающихся выбросов. Тем временем, глобальные выбросы углерода побили рекордные уровни в прошлом году, что подтолкнуло Международное Энергетическое Агентство (IEA) предупредить в начале октября 2011 года о «необратимом и потенциально катастрофическом изменении климата».

➤ Доля Китая (1,3 миллиарда человек) в прогнозируемом увеличении мирового энергопотребления составит 36 %, а спрос на энергоносители в стране вырастет на 75 % на протяжении 2008–2035 годов. К 2035 году доля Китая в мировом спросе на энергоресурсы вырастет с сегодняшних 17 % до 22 %.

На Индию будет приходиться 18 % увеличения; энергопотребление в этой стране увеличится больше чем в два раза.

Помимо Азии, самые высокие показатели роста – 2 % в год – будут у стран Ближнего Востока. К 2035 году США выйдет на второе место в мире по потреблению энергоресурсов после Китая, а тройку лидеров будет замыкать Индия (со значительным отрывом).

➤ Ожидается, что глобальный спрос на электроэнергию будет расти быстрее, чем спрос на другие конечные виды энергоресурсов.

Планируется увеличение спроса на 2,2 % в году в период между 2008–2035 годами, при этом более 80 % увеличение приходится на страны, не входящие в ОЭСР. За этот период в Китае спрос на электроэнергию возрастет втрое. На протяжении последующих 15 лет в Китае прогнозируется рост энергетической мощности, равный общему нынешнему показателю проектной мощности США. В мировом масштабе увеличение суммарной генерирующей мощности электростанций, необходимое для замены устаревшей мощности и для удовлетворения растущего спроса, составит примерно 5900 гигаватт (ГВт), что на 25 % больше, чем нынешний показатель проектной мощности. Свыше 40 % этих дополнительных мощностей будут введены в эксплуатацию к 2020 году.

➤ В силу высоких цен на ископаемое топливо и правительственных стратегий по контролю над уровнем выбросов CO₂ производство электроэнергии находится на этапе перемещения инвестиций в низкоуглеродные технологии. В то же время ископаемые виды топлива, в основном уголь и природный газ, сохраняют доминирующие позиции, но их доля в общей выработке электроэнергии снижается с 68 % в 2008 году до 55 % в 2035 году из-за более интенсивного использования ядерных и возобновляемых источников энергии.

➤ События на Фукусима Даити поставили вопрос относительно будущей роли атомных электростанций. Однако в Сценарии Новых Стратегий производство электроэнергии на АЭС возрастет более чем на 70%

за период до 2035 года (чуть меньше, чем прогнозировалось в прошлом году).

➤ Правительство Германии сделало быстрые и радикальные изменения в ядерной политике. Германия имеет 17 реакторов мощностью 21 GW. Тщательный дополнительный контроль безопасности был произведен всех 17 реакторов. 8 GW были остановлены в марте, остальные будут закрыты в 2012 году. Ежегодная валовая величина всего производства АЭС в Германии была 8 млрд. евро (0,3% от всего ВВП). Германия превращается из экспортёра в страну, импортирующую электроэнергию, в основном из Франции и Чехии.

➤ Испания и Швейцария продолжили эксплуатацию АЭС, но не планируют строительство новых, однако Англия, Франция, Польша, Чехия, Россия, Китай, Индия и Корея планируют расширение производства электроэнергии на АЭС.

➤ Будущее возобновляемых источников энергии (ВИЭ) полностью зависит от сильной поддержки правительства. Производство электроэнергии на основе ВИЭ увеличится втрое в период с 2008 до 2035, а доля ВИЭ в мировом производстве электроэнергии увеличится с 19 % в 2008 году до практически 33 % (догоняя, таким образом, уголь). Увеличение происходит в основном за счёт энергии воды и ветра (энергия воды остается на лидирующей позиции).

Производство электроэнергии с помощью преобразования солнечной энергии в мировом производстве составит всего 2 % в 2035 году.

ВЫВОДЫ

1. Рост производства электроэнергии неизбежен в связи с ростом народонаселения и экономическим развитием развивающихся стран.
2. Внимание к возобновляемым источникам энергии будет усиливаться, однако стоимость их производства, небольшие единичные мощности и условия их эксплуатации будут сдерживать существенное увеличение их доли в общем производстве электроэнергии.
3. Наиболее эффективное направление – энергосбережение, т.е. ликвидация непроизводительных утечек тепла и электроэнергии.
4. Совершенствование и строительство ТЭС будет стоять на повестке дня. Особое внимание будет уделено повышению их КПД, в том числе за счет перехода на ультрасверхкритические параметры пара (285 бар, 610⁰С - КПД 46%., а в дальнейшем переход на параметры 365 бар, 700⁰С - КПД 50%) и строительство ТЭС с улавливанием и хранением углерода (CCS).
5. Строительство АЭС будет продолжаться, но с многократным обеспечением их безопасности и строительством реакторов нового поколения. Пока человечество не знает лучшего способа получения энергии для своих нужд (в том числе с точки зрения экономии ископаемого топлива, исключения выбросов парниковых газов в атмосферу со всеми вытекающими отсюда последствиями).

СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Л. А. Хоменок, д. т. н., В. М. Ляпунов, к.т.н.

ОАО "НПО ЦКТИ им. Ползунова И.И."

г. Санкт-Петербург

НПО ЦКТИ на протяжении 85 лет выполняет функции научно-технической базы по созданию энергетического оборудования. Располагая мощной стендовой базой, высококвалифицированным научно-техническим коллективом, опытом работы на блоках АЭС, базой данных по опыту эксплуатации энергооборудования АЭС, нормативно-технической документацией, НПО ЦКТИ может решать самые сложные задачи, стоящие перед атомной энергетикой, в том числе, в рамках программы «АЭС-2006 - АЭС-2009». Компетенции НПО ЦКТИ определяют возможность выполнения работ по созданию оборудования для новых энергоблоков АЭС больших мощностей в области:

- общецлочных вопросов,
- турбоустановок,
- тепловых и пусковых схем оборудования машзала,
- оборудования систем регенерации,
- теплообменного оборудования (сепараторов-пароперегревателей повышенной мощности и др.),
- насосного оборудования, клапанов,
- трубопроводов пароводяных коммуникаций,
- элементов активной зоны,
- систем аварийного охлаждения,
- теплообменников сухих градирен,
- оборудования для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива и др. А также по модернизации действующего оборудования и решению ресурсных проблем.

Направления работ НПО ЦКТИ в области АЭС в настоящее время.

- Работы по техпереворужению и модернизации тепломеханического оборудования машзала, создание и установка диагностических систем и систем мониторинга, способствующих повышению надежности и безопасности энергоблоков АЭС, внедрение уникальных разработок комплектующего оборудования (система насосной закачки конденсата греющего пара СПП турбоустановок АЭС в тракт питательной воды, насосы с гидротурбинным приводом, регулирующая и запорная арматура и др.).
- В рамках проекта «АЭС-2006» совместно с ОАО «Атомэнергопроект» (Москва, СПб, Н.Новгород) разрабатываются технические проекты нового поколения теплообменного оборудования, деаэраторов и другого оборудования для ЛАЭС-2 и Ново-Воронежской АЭС-2.
- Важное направление работ института - обращение с отработавшим топливом и радиоактивными отходами. Результаты исследований института были использованы при создании всех существующих

контейнеров для перевозки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Совместно с германской фирмой GNB разработан металло-бетонный контейнер «Constor РБМК-1500» используемый для ОЯТ Игналинской АЭС.

- Впервые разработана технология и создано оборудование для безопасного перемещения не полностью выгоревшего ядерного топлива реактора РБМК-1500 для последующего дожигания его на втором энергоблоке Игналинской АЭС.
- ЗАО «Петрозаводскмаш» по проекту НПО ЦКТИ совместно с ФГУП «Атомспецтранс» изготовлен, испытан и одобрен Госатомнадзором первый отечественный контейнер из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов. В этих контейнерах осуществлялся вывоз ОЯТ из Курчатовского института.
- НПО ЦКТИ разработана для Калининской и других АЭС не имеющая аналогов в мире демпфирующая платформа, исключая возникновение тяжелой аварии при падении контейнера с отработавшим ядерным топливом с отметки +38,05 м в транспортный коридор.
- Важный вклад сделан в исследования процессов в хранилищах (в частности, в «сухих» хранилищах контейнерного и камерного типов).
- Осуществляется комплекс работ по продлению ресурса оборудования энергоблоков Ленинградской, Смоленской, Курской, Кольской и других АЭС.
- На базе уникального комплексного стенда ($P = 30$ МПа, $T = 600$ °С, $N = 9$ МВт, $h = 35$ м), входящего в структуру аккредитованного Испытательного центра энергетического оборудования при ОАО "НПО ЦКТИ", проводится отработка новых поколений теплообменного и специального оборудования АЭС, апробация системы пассивного отвода тепла (СПОТ) от реакторной установки ВВЭР 1200 ЛАЭС 2, обоснование работоспособности СПОТ с элементами тепловой трубы (СПБАЭП), исследования контура охлаждения САР реакторной установки КЛТ-40С (ОКБМ Африкантов), исследования системы охлаждения вакуумной камеры ИТЭР (НИИЭФА), испытания крупной арматуры, включая БЗОК и главный предохранительный клапан для Ростовской АЭС.
- НПО ЦКТИ активно участвует в научно-техническом обеспечении поставок российскими машиностроителями оборудования для АЭС КНР, Индии, Ирана.

Активы, компетенции НПО ЦКТИ:

- высокий научный потенциал - стендовая база (около 100 стендов, экспериментальная ТЭЦ), кадры (около 1000 сотрудников, в том числе, 86 – докторов и кандидатов наук, более 500 – научных сотрудников и ИТР), Диссертационный совет по специальностям: ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации, тепловые электрические станции, их

энергетические системы и агрегаты, материаловедение (машиностроение); Аспирантура, НТЦ по промышленной безопасности Ростехнадзора, Испытательный сертификационный центр, аккредитованный по линии органов технического надзора России;

- лицензии, сертификаты, свидетельства: сертификат СМК ISO 9001-2008 применительно к исследованиям, разработке, проектированию, производству, испытаниям, монтажу и обслуживанию энергетического оборудования, сертификат соответствия в рамках системы «ЭнСЕРТИКО» на выполнение работ и оказание услуг в области электроэнергетики, лицензии на различные виды деятельности: деятельность по проведению ЭПБ, конструирование оборудования для атомных станций, эксплуатация ядерной установки в части выполнения работ и предоставления услуг эксплуатирующей организации, конструирование оборудования, предназначенного для хранения и транспортирования отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов, а также свидетельства о вхождении ОАО «НПО ЦКТИ» в СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «Энергоэксперт», СРО НП «Центр энергоаудита»;
- опыт создания и освоения головных энергетических блоков АЭС с быстроходными и тихоходными турбинами мощностью 220, 500, 750 и 1000 МВт; проекты: участие в «Атомном проекте СССР» (1945г.), создании оборудования первой в мире АЭС и всех последующих атомных электростанций нашей страны и атомных энергоблоков, построенных за рубежом, а также в создании оборудования судовой атомной энергетики. В 60-х годах с участием НПО ЦКТИ были оптимизированы тепловые схемы энергоблоков АЭС, созданы отечественные сепараторы-пароперегреватели, выполнялись проекты блоков и подогревателей высокого и низкого давления, деаэраторов, СПП и другого теплообменного оборудования и трубопроводов. Проводятся стендовые испытания проточных частей цилиндров мощных паровых турбин АЭС.

• ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ГРОМАДСЬКІСТЬ

Г.Б. Варламов, д.т.н., проф..

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

В.А.Маляренко, д.т.н., проф.

Харківська національна академія міського господарства

Загальні відомості

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) включає теплові, атомні і гідроелектростанції, котельні, ядерно-промисловий комплекс, підприємства вугільної промисловості (вуглевидобувні, вуглезбагачувальні та

вуглепереробні), підприємства нафтогазового комплексу, лінії електропередачі та тепломережі, газо-, нафто- та продуктопроводи. Усі перераховані об'єкти комплексно і кожний окремо за різними факторами можуть негативно впливати на довкілля і відносяться до категорії екологічно небезпечних об'єктів. А в умовах аварійних, надзвичайних та катастрофічних ситуацій можуть перетворитись на реальну загрозу життєдіяльності як на місцевому, так і на регіональному і національному рівнях [1, 2].

Негативний вплив об'єктів ПЕК на довкілля є комплексним і може помітно змінювати стан атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів, прискорювати парникові явища, розширювати обсяги небезпечних відвалів, руйнувати природні ландшафти (особливо це стосується вугільної промисловості), забруднювати довкілля шкідливими токсичними речовинами, спричиняти теплові, радіаційні, електромагнітні, акустичні та інші фізичні впливи при перевищенні відповідних нормативних показників. Деякі впливи ПЕК на довкілля майже не контролювані, не піддаються довготерміновому аналізу і не можуть бути відслідковані спеціалістами без відповідних комплексних систем моніторингу [3,4].

У зв'язку зі зношеністю обладнання та недосконалістю систем очищення відходів енерговиробництва екологічна обстановка у регіональному та національному масштабах продовжує погіршуватися, темпи забруднення і накопичення відходів значно випереджають заходи щодо захисту і відновленню довкілля [5].

Розвиток ПЕК та енергоємних галузей економіки, впровадження нових технологій на підприємствах, актуалізація питань підвищення рівня енергонезалежності країни та диверсифікації поставок паливно-енергетичних ресурсів піднімають на новий, якісний рівень осмислення завдань з енерговиробництва та енерговикористання в Україні. Одночасно з цим, на новий рівень піднімаються питання забезпечення високого рівня екологічної безпеки виробництв та підготовки висококваліфікованих кадрів креативного мислення та комплексного системного аналізу різнопланових факторів, що впливають негативно на довкілля [6,7].

Основною метою дослідження є аналіз механізмів впливу громадських екологічних організацій (ГЕО) на проблему екологічної безпеки паливно-енергетичного комплексу країни з метою розкриття ефективних важелів позитивного впливу на покращення екологічного стану довкілля та запобігання негативних наслідків від можливих непрогнозованих та не контрольованих впливів об'єктів ПЕК на стан навколишнього природного середовища та людей як в окремих містах, районах, так і в країні в цілому.

Суть проблеми та сучасні виклики ПЕК

Для незалежної країни важливим завданням керівництва є необхідність забезпечення стійкого розвитку суспільства та економіки із дотриманням важливого принципу: темпи зростання ПЕК повинні бути випереджальними у порівнянні із сумарним зростанням енергоспоживання усіх галузей економіки країни [8,9].

Сучасний стан ПЕК та інших енергоємних галузей економіки країни

характеризується низкою об'єктивних викликів, які загострюють екологічні проблеми країни та змушують ГЕО звернути увагу суспільства на необхідність їх врахування та прийняття державними органами відповідних адекватних рішень. До основних таких викликів необхідно віднести наступні:

- обмеженість та зростання вартості вуглеводневих паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та відсутність їх диверсифікації;
- значне фізичне зношення основних фондів ПЕК;
- низькоефективні та екологічно небезпечні застарілі технології енергоперетворення, що використовуються ПЕК;
- незначна частка освоєння нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії, яка у загальному енергобалансі країни не перевищує 10 %;
- низький рівень питомих показників енерго- та ресурсозбереження на підприємствах енерговиробництва;
- зростання екологічних проблем енерговиробництва та використання ПЕР;
- відсутність національної програми інвестування та впровадження інноваційних технологій у ПЕК;
- втрачання контролю держави над експлуатацією, безпечним станом і розвитком стратегічно важливих об'єктів ПЕК у зв'язку із їх приватизацією.

Правове регулювання участі ГЕО у прийнятих в усьому світі процедурах оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) промислових об'єктів спрямоване на забезпечення ефективності прийнятих рішень у сфері захисту навколишнього природного середовища (НПС), на всебічне врахування громадської думки у формуванні державної екологічної політики, а також направлене на мінімізацію впливу екологічно небезпечної діяльності на життя, здоров'я людей та довкілля як на стадії планування, проектування, розміщення і будівництва об'єктів підвищеного екологічного ризику, так і під час їх безпосередньої діяльності [10].

На жаль, діяльність наявних в Україні різноманітних фондів і міжнародних організацій, які ототожнюють себе із громадськими організаціями з широкого кола питань не тільки галузевого значення, носить формальний характер. Реальний внесок таких ГЕО у вирішення конкретних, життєво важливих проблем енерговиробництва та енергоспоживання практично не відчутний, носить фрагментарний та тимчасовий характер.

В «Енергетичній стратегії України на період 2030 року» [11] задекларовані основні цілі розвитку ПЕК, на даний час після п'ятирічного терміну прийняття і реалізації Стратегії структура екологічної роботи ПЕК не відповідає зростаючим проблемам і завданням щодо практичного вирішення захисту і відновлення довкілля, стан енергетичного та іншого обладнання на більшості об'єктів ПЕК не відповідає сучасним ековимогам [12].

В галузі відсутня програма пріоритетних конкретних заходів із захисту і практичного відновлення оточуючого середовища в процесі роботи ПЕК. Діюче екологічне законодавство є недосконалим і не враховує реальний стан накопичення екологічних загроз довкіллю від діяльності ПЕК. Відсутній

дієвий механізм контролю за екологічно небезпечними процесами, об'єктами та недостатня мотивація впровадження і застосування технологічних процесів енерговиробництва з високим рівнем екобезпеки.

Громадськість широко до участі у екологічних експертизах, як правило, не залучається, а участь представників деяких ГЕО у заходах такого масштабу зазвичай є формальною.

Тому, в даний час актуалізується необхідність вирішення питання ефективності громадських обговорень щодо вирішення різних екологічних проблем, які повинні бути доступними громадськості впродовж всього періоду існування галузі: від прийняття рішення про здійснення заходів до реального їх втілення та супроводження у вигляді моніторингу кінцевого результату.

Важливим фактором впливу громадськості на діяльність ПЕК у позаштатних ситуаціях може стати відкритість та прозорість діяльності підприємств галузі через прийняття екологічно важливих рішень керівниками підприємств ПЕК на спільних засіданнях із громадськими, місцевими та суспільними організаціями.

Це забезпечує можливість участі і відповідальності сторін щодо прийняття остаточного рішення, зокрема, шляхом проведення громадської екологічної експертизи або надання зауважень стосовно державної екологічної експертизи.

Механізми активізації впливу громадськості на екологічну безпеку

Представники громадськості у виступах та під час обговорення зазвичай зосереджуються здебільшого на концептуальному підході до вирішення проблем екологічної та енергетичної безпеки, який, на їх думку, насамперед має базуватися на пріоритеті підвищення енергоефективності та енергозбереження [18-22].

Підвищення рівня цін на енергоресурси та енергоносії повинно спонукати ГЕО до розуміння того факту, що доцільно створювати умови для ефективного використання енергії із зростаючим рівнем екологічної безпеки у відповідності до принципу екологічної рівноваги [7,9,10], а не досягати зростання кількості електростанцій та потужності енергогенерації із низьким рівнем екобезпеки енерговиробництва. Даний постулат є підґрунтям для забезпечення екологічної безпеки енерговиробництва та основою сталого розвитку держави.

Залучення фахівців ПЕК до громадського обговорення проблем підвищення екологічної безпеки галузі та результатів екологічних обстежень та експертиз дозволить підвищити ефективність та швидкість прийняття рішень з даних питань.

Важливим питанням у цьому контексті є необхідність переходу на нову парадигму підготовки фахівців ПЕК, які повинні оволодіти системними знаннями, навичками комплексного оцінювання процесів і ситуацій та стати спроможними до прийняття виважених рішень з підвищення енергоефективності, екологічної безпеки та енергозбереження з врахуванням ієрархії важливості процесів і особливостей традиційної та нетрадиційної

енергетики на підприємствах різних галузей економіки.

Серед основних вимог до фахівців ПЕК з врахуванням умов реалізації нової парадигми їх підготовки та креативних підходів у вирішенні складних енергоекологічних питань виробництва потрібно назвати необхідність оволодіння ними наступних навичок:

- розуміння механізмів взаємозв'язку технологій енерговиробництва та енергоспоживання із загальними питаннями енергозбереження й екологічної безпеки;
- теоретичні та практичні знання технологічних особливостей виробництва теплової та електричної енергії з використанням різного виду палива;
- розуміння можливості застосування комплексних методів і перспективних напрямків підвищення енерго-екологічної ефективності та безпеки енергетичних установок і виробництв, здатність проведення системного аналізу й оцінки можливих впливів роботи об'єктів ПЕК на довкілля;
- розуміння механізмів та багатofункціональності взаємозв'язків усіх об'єктів ПЕК з питаннями енергозбереження, енергетичної ефективності, екологічної безпеки та впливу на довкілля виробничих процесів.

Схематично реалізацію цілей громадської діяльності фахівців ПЕК можливо представити на рис.1.

Реалізація цілей громадської діяльності фахівців-енергетиків може здійснюватися у декількох напрямках одночасно і охоплювати різні види впливу на суспільство та на прийняття відповідних рішень державними органами та керівництвом підприємств.

Висновки

Концептуально діяльність ГЕО повинна носити системний та систематичний характер. Однак, здійснення такої діяльності може відбуватись лише за умови її систематичного фінансування.

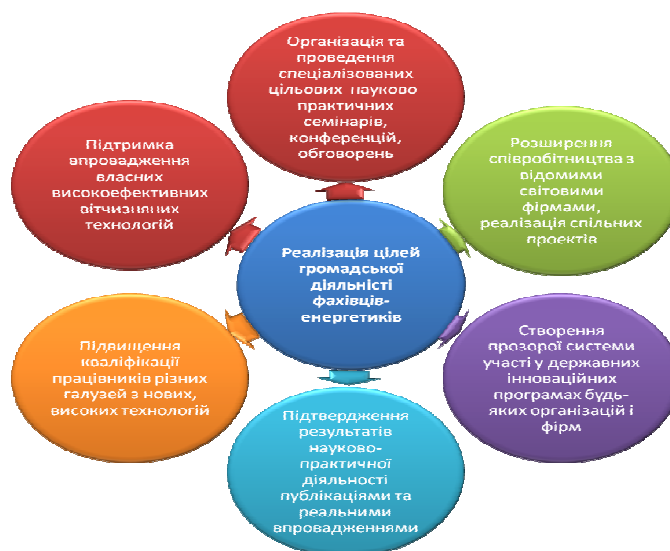


Рис. 1 – Принципова схема реалізації цілей діяльності громадських екологічних організацій з включенням до складу фахівців ПЕК

Можливими джерелами фінансування діяльності національної громадської діяльності фахівців ПЕК можуть стати Державний бюджет країни, Фонди підтримки відповідного міністерства, комітету або галузі тощо.

Таким чином, активізація діяльності громадських організацій фахівців ПЕК має об'єктивний та актуальний характер і стоїть нагальною потребою сьогодення.

Позитивний характер майбуття країни повинен спиратися на загально-національну ідею, яка має простий, але багатоаспектний характер і має об'єднувати не тільки громадські організації із захисту довкілля, фахівців різних галузей економіки, а й все суспільство і надавати усім певний орієнтир діяльності на сьогоднішній день і на майбутнє.

В якості національної ідеї може виступити наступна теза: «Сталий розвиток у гармонії з природою».

Цю ідею може опанувати лише зріла громадськість країни.

Література

1. Багнюк В. Екологія на порозі третього тисячоліття // Вітчизна.-2000.-№1-2.С. 135-141.
2. Лисиченко Г.В., Ковалевський В.В., Макарчук В.Г., Фесай О.П. Удосконалення технологій проведення екологічних експертиз// Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 1. – С. 7 – 12.
3. Варламов Г.Б. Оцінка негативного впливу та концепція енерго-екологічного моніторингу паливоспалювальних енергооб'єктів // Экотехнологии и ресурсосбережение.–2001.–№ 4.–С.53-57.
4. Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Голота И.Н. Общие условия экологической экспертизы энергообъектов, работающих на органическом топливе // Экотехнологии и ресурсосбережение.–2001.–№ 6.– С. 53-57
5. Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Маляренко В.А. Теплоэнергетика та екологія. Підручник. Харків: «Видавництво САГА» 2008. – 234с.:іл.
6. Варламов Г.Б., Любчик Г.Н. Использование методов технологического предвидения для анализа ресурсных и экологических проблем энергопотребления. / В кн. “Инновационное развитие топливно-энергетического комплекса: проблемы и возможности.” Под общей редакцией Вороновского Г.К., Недина И.В. К.: Знання України. – 2004. – С.55-63.
7. Варламов Г.Б., Оліневич І.В. Особливості сучасного енергоекологічного аналізу експлуатації теплоенергетичних об'єктів // Енергетика та електрифікація. 2007, №9, с.14-16.
8. Варламов Г.Б. Оліневич І. В. Економічні важелі регулювання екологічності енерговиробництва. //ЕНЕРГЕТИКА: економіка, технології екологія , №2 (21) -2007 ВПК «Політехніка» с. 71-76.
9. Варламов Г.Б. Особливості застосування організаційних методів підвищення екологічної безпеки теплоенергетичних об'єктів // Енергетика та електрифікація. 2008, №4, с.53-56.
10. Варламов Г.Б. Любчик Г.М. Оліневич І. В. Сучасні тенденції підвищення екологічної безпеки об'єктів теплоенергетики // Енергетика та електрифікація. 2008, №10, с.11-14.
11. Розпорядження Кабінету Міністрів України №145-р від 15.03.2006р. Енергетична стратегія України на період до 2030 року.
12. Оліневич Н.В. Енергоекологічний аналіз енергетичних об'єктів - крок до вдосконалення енергетичної галузі // Енергетика та електрифікація. - 2011. - N 5. - С. 52-53.
13. Варламов Є.М. Здійснення моніторингу та екологічна звітність підприємств, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища // Екологія і промисловість. 2009, № 3. С. 94-97.
14. Адаменко Я.О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище //Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2010, № 2. С.58-64.
15. Закон України «Про екологічну експертизу» № 45/95-ВР від 09.02.1995р.
16. Директива Ради 85/337/ЄЕС від 27 червня 1985 р. (зі змінами, внесеними Директивою 97/11/ЄЕС від 3 березня 1997 р.) *щодо оцінки впливу деяких державних і приватних проектів на навколишнє середовище*
17. Директива 2001/42/ЄЕС Європейського Парламенту і Ради від 27 червня 2001 р. *стосовно оцінки впливу деяких планів і програм на навколишнє середовище*
18. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (*Орхуська Конвенція*) ратифіковано Законом України N 832-14 від 06.07.99.

19. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України №168 від 18.12.2003 р. Про затвердження Положення про участь громадськості у прийнятті рішень у сфері охорони довкілля.
20. Позняк Е. Оцінка впливу на довкілля і участь громадськості в ній у формі громадської екологічної експертизи: міжнародно-правові та національно-правові аспекти. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: юридичні науки. №74-76.
21. Мальований М.С. Формування екологічної свідомості та її роль в забезпеченні екологічної безпеки // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування № 2, 2010 р.
22. Громадська оцінка екологічної політики в Україні. Доповідь українських громадських екологічних організацій. — Київ, 2003.— 139 с.

НОВІ ПІДРУЧНИКИ І НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ВИДАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ- ЕНЕРГЕТИКІВ

Г.Б. Варламов, д.т.н., проф..

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

В.А.Маляренко, д.т.н., проф.

Харківська національна академія міського господарства м.Харків,

О.І. Яковлєв д.т.н., проф.

Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ» ім.

М.Є.Жуковського

Сучасна енергетика – вагомий фактор розвитку і надійності функціонування практично усіх галузей народного господарства. Тому частка участі енерговиробництва і енергетичних установок в використанні паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереженні, а також забрудненні довкілля вельми та вельми висока.

Для вирішення останніх факторів необхідно володіти знаннями фізичних основ процесів виробництва і використання енергії, а також конструктивних та експлуатаційних особливостей сучасних енергетичних установок, щоб виявити головні напрямки, зокрема, зменшення негативного впливу на екологію.

Це потребує нових підходів до підготовки висококваліфікованих інженерів та технічних працівників в галузі енергетики, заснованих на відповідних навчальних підручниках і посібниках. У той же час Україні поки ще бракує необхідної науково-технічної і навчальної літератури в даному напрямку.

Нижчі розглянуті навчальні і науково-технічні видання останніх років [1-20], що вносять значний внесок у вирішення цієї проблеми. Цьому сприяє той факт, що в їх підготовці і написанні взяли участь провідні фахівців таких відомих в Україні та за її межами вузів як Національні технічні університети „КПІ” та „ХПІ”, Харківська національна академія міського господарства, Харківський національний автомобільний університет, Харківській національний аерокосмічний університет „ХАІ”, Північно-східного наукового центру і Інституту проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного НАН України.

Підручники, навчальні посібники та монографії, що підлягають подальшому огляду і аналізу, умовно можна поділити на чотири взаємно пов’язані групи:

- енергія, екологія, майбутнє;
- енергетика та екологія сучасних міст;
- теоретичні основи і практичні аспекти перетворення енергії та енерготехнологій;
- енергетика, енергетичні установки, довкілля, енергозбереження.

Кожній з наукових груп відповідає свій підручник (або підручники), що базується на відповідних навчальних посібниках та монографіях.

Так, перша група охоплює низку важливих проблем і питань, які розглядаються в роботах [1-3]. Основою є підручник „Енергія. Екологія. Майбутнє” [1], в якому розглянуті основні історичні етапи взаємодії людини і природи, дані про ресурсні можливості Землі, локальні, глобальні і соціальні екологічні проблеми. Книга охоплює всі найбільш важливі розділи сучасної екології як науки та світогляду з проблем виживання. Фатальності екологічної кризи протиставляються принципи та умови екологічно орієнтованого соціально-економічного розвитку суспільства. Головна увага приділяється розширенню та поглибленню наукових знань в галузі глобальної та прикладної екології, екології безпеки та екології стратегії, закономірностям використання енергії та енергозбереження.

Питання енергопостачання сучасних міст й основні проблеми, пов’язані з їх енергетикою та екологією розглянуто в роботах [2-6]. Базовим є підручник: „Екологія міста” [4], де вперше комплексно аналізуються проблеми сучасних міст. Наведено інформацію про джерела впливу на довкілля міст, а також заходи по захисту повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів та інше.

Важливим додатком до підручника [4], є навчальний посібник [2], в якому розглянуті головні паливно-екологічні аспекти, пов’язані з масовою автомобілізацією міст, а також перспективи розвитку автотранспорту. Сучасний стан формування життєвого циклу міського житлового фонду з урахуванням його радіаційного забруднення на різних просторово-часових фазах існування розглянуто в монографії „Міський фонд: життєвий цикл і радіаційна безпека” [5].

Теоретичні основи перетворення енергії та практичні аспекти використання енерготехнологій розглянуто у третій групі видань [6-9]. В першу чергу, це підручник „Основи енерготехнології промисловості” [6], де наведені реальні термодинамічні процеси у різноманітних технологіях промислових виробництв. Висвітлено основи технічної термодинаміки, цикли теплового, холодильного та утилізаційного обладнання, які застосовуються у технологіях промисловості. Розглянуто питання енергозабезпечення, енергозбереження та раціонального природокористування, а також пожежо- та вибухо- безпеки енергоустановок.

До цієї групи також можна віднести підручник „Основи теплофізики будівель та енергозбереження” [7] і навчальні посібники [8-9]. Видання [7-9] присвячено розгляду широкого кола питань, пов’язаних з енергопостачанням будинків і споруд, розрахунком теплового стану їх огорожуючих конструкцій, оптимального опору теплопередачі, повітро і паропроникненню, вибором сучасних конструктивних рішень і матеріалів.

Все це необхідно як для створення комфортних умов проживання і праці, так і зниження енерговитрат у сфері малої енергетики, в цілому, та муніципальної енергетики житлово-комунального господарства, зокрема.

На закінчення – четверта група видань, що охоплює такі важливі складові енергопостачання, як енергетика, енергетичні установки, довкілля, енергозбереження [10-16].

У підручниках [12,16], навчальних посібниках [10,11,14,15] та монографії [13] викладено загальні відомості про енергетику, її місце в житті людства, стан та перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу, традиційні та альтернативні джерела енергії. Розглянуто головні аспекти взаємодії об'єктів енергетики, базових енергоустановок і довкілля, а також напрямки зменшення негативного впливу енергетики на екологію, в першу чергу такі, як енергозбереження, енергетичний аудит та менеджмент. Особливу увагу приділено концептуальним питанням розвитку сучасної муніципальної енергетики та енерго- і ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві України як діючим важелям підвищення його ефективності.

Так, в підручнику [12] надано систематизований матеріал про технологічні особливості виробництва теплової та електричної енергії з використанням органічного палива, комплексні методи і перспективні напрямки підвищення енерго-екологічної ефективності і безпеки теплоенергетичних установок і виробництв. Належним чином розглянуто загальні положення енергетики та енергопостачання, сучасний стан паливно-енергетичних ресурсів у світі і Україні. Описано теоретичні основи згорання органічного палива, показано і проаналізовано нерозривний зв'язок теплоенергетичних об'єктів з навколишнім природним середовищем.

Розглядаємий матеріал викладено на високому науково-методичному рівні, що відповідає сучасним тенденціям і вимогам вищої школи. Суттєвою перевагою є те, що підручник [12] базується на виданих раніше посібниках даних авторів (В.А.Малярєнко „Введение в инженерную экологию энергетики”, Харьков: ХГАГХ, 2001, 166с.; Г.Б.Варламов, Г.Н.Любчик, В.А.Малярєнко „Базовые объекты энергетики и технологии производства энергии с учетом экологических аспектов. Часть I: Энергогенерирующие установки на органическом топливе”. Харьков: 2001, 210с.). Ці видання, що були підготовлені в межах міжнародного проекту TEMPUS-TACIS (JEP–10485-98 „Environment and Energy”), здійснені Харківською академією міського господарства разом з університетами Аберті Данді (Велика Британія) і Вааса (Фінляндія), пройшли апробацію і знайшли високий позитивний відгук фахівців України та поза її межами [11].

Слід відмітити, що учбові видання – підручник „Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії” [12] і учбовий посібник „Энергетические установки и окружающая среда” [10] посіли перше місце у щорічному всеукраїнському конкурсі „Кращий підручник року”, який проводиться Національним технічним університетом „КПІ”.

Основи теорії та практики перетворення і використання поновлювальної енергії, сонячної та її похідних – вітрової, приливної, теплової енергії надр

планети, біо- та гідроресурсів детально розглянуто в підручнику [15].

В даній групі видань [10-15] велика увага приділяється також організаційно-технічним заходам підвищення ефективності виробництва і споживання енергії, використанню альтернативних та нетрадиційних екологічно чистих джерел енергії, зокрема таких, як теплові насоси.

Наведені вище науково-навчальні видання, в цілому, можна розглядати як цикл загального напрямку „енергетика-довкілля-енергозбереження”. Ці роботи пройшли достатню апробацію, широко використовуються в навчальних процесах багатьох закладів вищої освіти України та за її межами і знайшли високу оцінку фахівців.

Таким чином, розглянуті вище праці узагальнюють і систематизують досвід викладання енергоекономічних дисциплін в широкому напрямі „Енергетика. Довкілля. Енергозбереження.”, з урахуванням вітчизняного і зарубіжного, а також загальних тенденцій розвитку енергетики на сучасному етапі в Україні, Росії і країнах Західної Європи.

Враховуючи важливість розглядаємих питань для підготовки інженерів-випускників Вищої школи будь-якого профілю (енергетичного, теплотехнічного, будівельного, екологічного, економічного, комунального господарства та ін.). Центром енергозберігаючих технологій Харківської національної академії міського господарства та академічного науково-освітнього комплексу „Ресурс” і „Видавництвом САГА” була започаткована серія „Енергетика. Довкілля. Енергозбереження”, в рамках якої вже видані книги [16-20].

Все це дозволяє рекомендувати підручники, що розглянуті вище, як цикл учбово-навчальних видань загального напрямку „Енергетика. Довкілля. Енергозбереження” для висунення на здобуття Державної премії України 2009 року серед підручників, що отримали широке громадське визнання і не менше одного року використовувались в навчальному процесі.

Література

1. Семиноженко В.П., Канило П.М., Остапчук В.М., Ровенский А.И. Энергия. Экология. Будущее: Учебник / Под общей редакцией проф. Канило П.М.– Х.:Прапор, 2003-464с.
2. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая среда: Учебное пособие – Харьков: Прапор, 2000. – 304с.
3. Маляренко В.А., Лисак Л.В.. Энергетика, докiлля, енергозбереження: Монографiя / Під ред. проф. В.А. Маляренка. – Харкiв: „Рубiкон”, 2004. – 368 с.
4. Стольберг Ф.В., Ладыженский В.Н., Маляренко В.А.и др. Экология города: Учебник/ Под общей редакцией проф. Стольберга Ф.В– К.: Либра, 2000. – 464 с.
5. Шутенко Л.М. Мiський фонд: життєвий цикл i радiацiйна безпека: монографiя. К.: Технiка, 2002,- 251с.
6. Товажнянський Л.Л., Маляренко В.А. и др. Основы энерготехнологии промышленности: Учебник. - Харьков: НТУ «ХПИ»,2002.-436 с.
7. Маляренко В.А.. Основы теплофизики будiвель та енергозбереження: Пiдручник.- Харкiв: - САГА, 2006.- 484с.
8. Маляренко В.А., Редько А.И, Чайка Ю.И. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие / Под общей редакцией проф. Маляренко В.А.– Х.:Рубикон, 2001.–280 с.
9. Маляренко В.А., Малеев О.И.. Технiчна теплофiзика будiвель: Навчальний посiбник. Харкiв, ХНАМГ, 2006.– 278 с.
10. Маляренко В.А, Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Стольберг Ф.В., Шутенко Л.Н. Базовые энергоустановки и технологии производства энергии с учетом экологических аспектов. Часть 1. Энергогенерирующие установки на органическом топливе, 2001.– 210с.; Часть 2. Атомные

- енергетические установки, 2001.– 103с.; Часть 3. Альтернативная энергетика, 2001.– 116с. Учебное пособие: ХГАГХ, 2001.
11. Маляренко В.А, Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Стольберг Ф.В., Широков С.В., Шутенко Л.Н. Энергетические установки и окружающая среда. Учебное пособие: / Под ред. проф. Маляренко В.А. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – 398 с.
 12. Base Power Generating Facilities And Technologies: Principles, Design And Environmental Aspects/ Workbook on a learning module to support teaching in Environmental Engineering and Management / Edited by Vitalij. A. Maliarenko, Dr. Sci. (Eng.), Prof.– Kharkov –Dandy–Vaasa. Printing and Publishing Division, KSAME 2002.– 282 pp.
 13. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: „Політехніка”, 2003. – 232с.
 14. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2007.- 287с.
 15. Маляренко В.А., Немировский И.А. Энергосбережение и энергетический аудит: Учебное пособие. – Харьков: ХНАГХ, 2008.– 253с.
 16. Кривцов В.С., Олейников А.И.Ю, Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия: Кн.1. Ветроэлектростанции, 2003 – 460с., Кн.2. Ветроэнергетика. 2004 .-519с., Кн.3. Альтернативная энергетика. 2004.– 463с.– Учебник.– Харьков: Национальный космический университет «ХАИ», Севастополь: Севастопольский национальный технический университет.
 17. Маляренко В.А. Энергетика і навколишнє середовище. Монографія – Харків. «Видавництво САГА», 2008. – 364с.
 18. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетика та екологія. Підручник.- Харків: «Видавництво САГА», 2008. – 264с.
 19. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс. Навчальний посібник.– Харків. «Видавництво САГА», 2008. – 287с.
 20. Маляренко В.А. Введение в инженерную экологию города. Учебное пособие – Харьков. «Издательство САГА», 2008. – 185с.
 21. Маляренко В.А., Немировский И.А. Энергосбережение и энергоаудит: Навчальний посібник. – Харків. «Видавництво САГА», 2009.- 324с.

ДЕРЖАВНА ПРЕМІЯ УКРАЇНИ – КОМПЛЕКСУ ПІДРУЧНИКІВ «ЕНЕРГЕТИКА. ДОВКІЛЛЯ. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ»

С.А.Мехович, канд. екон. наук, проф.

*Загальнодержавний журнал «Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит
М.Харків*

Указом Президента України № 329/2012 від 18.05.2012 року на підставі подання Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки присуджена державна премія України в галузі науки і техніки 2011 року за комплекс підручників «Енергетика. Довкілля. Енергозбереження» у семи книгах, а саме:

- Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 232с.
- Невичерпна енергія. Кн.1 Вітроелектрогенератори. – Х.: НАУ «ХАІ», Севастополь: СНТУ, 2003.– 400с.
- Невичерпна енергія. Кн.2. Вітроенергетика – Х.: НАУ «ХАІ», Севастополь: СНТУ, 2004. – 519с.
- Невичерпна енергія. Кн.3. Альтернативна енергетика. – Х.: НАУ «ХАІ», Севастополь: СНТУ, 2006.– 643с.
- Невичерпна енергія. Кн.4. Вітроводнева енергетика. – Х.: НАУ «ХАІ», Севастополь: СНТУ, 2007.– 680с.
- Енергія. Екологія. Майбутнє. – Х. :Прапор, 2003.-464с.

- Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Х.: «Видавництво САГА», 2006.- 484с.

Висока оцінка даної роботи зайвий раз підкреслює важливість і актуальність розглядаємих в підручниках питань, необхідність їх вирішення на державному рівні.

Розвиток енергоємних галузей економіки, впровадження нових технологій на підприємствах, актуалізація питань підвищення рівня енергонезалежності країни та диверсифікації поставок паливно-енергетичних ресурсів піднімають на новий, якісний рівень осмислення завдань з енерговиробництва та енерговикористання в Україні. Одночасно з цим на новий рівень піднімаються питання забезпечення високого рівня екологічної безпеки виробництв та підготовки висококваліфікованих кадрів креативного мислення та комплексного системного аналізу різнопланових факторів що впливають негативно на довкілля.

На порядок денний постає необхідність створення та практичної реалізації нової парадигми підготовки фахівців, які повинні оволодіти системними знаннями, навичками комплексного оцінювання процесів і ситуацій та стати спроможними до прийняття виважених рішень з підвищення енергоефективності, екологічної безпеки та енергозбереження з врахуванням ієрархії важливості процесів і особливостей традиційної та нетрадиційної енергетики на підприємствах різних галузей економіки.

Саме на реалізацію цієї мети і направлен комплекс підручників «Енергетика. Довкілля. Енергозбереження», в якому за єдиною структурно-логічною схемою підготовки фахівців здійснена систематизація та узагальнення знань, що стосуються теоретичних основ, складових частин, технологічних та екологічних аспектів роботи об'єктів базової – традиційної, альтернативної – поновлювальної та малої – децентралізованої енергетики.

У комплексі підручників:

- показано взаємозв'язок технологій енерговиробництва та енергоспоживання із загальними питаннями технічної теплофізики та енергозбереження;
- викладено технологічні особливості виробництва теплової та електричної енергії з використанням органічного палива;
- розглянуто комплексні методи і перспективні напрямки підвищення енерго-екологічної ефективності та безпеки енергетичних установок і виробництв, проаналізовано вплив енергетики на довкілля;
- враховано багатofункціональність взаємозв'язків усіх об'єктів сучасної енергетики (базової стаціонарної, нетрадиційної поновлювальної, малої і комунальної) з проблемами енергозбереження, енергетичної незалежності і енергобезпеки країни.

Змістовна частина підручників, яка підготовлена із забезпеченням вимог МОН України, стандартів Вищої освіти, мотивації навчання, ефективного опанування знаннями, перекриває багато курсів базових фахових дисциплін навчального плану підготовки інженерів таких напрямів як „Енергетика”, „Електротехніка”, „Електромеханіка”, „Будівництво”, „Інженерна механіка” та „Екологія”, що дозволяє використовувати їх при підготовці

висококваліфікованих фахівців для енергетичної галузі у вищих технічних навчальних закладах України.

За своїм змістом та викладеним матеріалом підручники є новими, не мають аналогів в Україні і СНД. Після виходу з друку вони пройшли достатню апробацію у вищих навчальних закладах по усіх регіонах України та містах: Києві, Харкові, Запоріжжі, Луганську, Полтаві, Одесі, Львові, Тернополі, Сумах, Дніпродзержинську тощо.

Здійснено переклад підручників російською, а деяких – англійською мовами. Переклади підручників використовуються фахівцями Росії, Великої Британії, Німеччини, Фінляндії, зокрема: University of Abertay Dundy (United Kingdom), Vaasa Polytechnic (Finland), Friedrich- Alexander і Georg-Simon-Ohm (Nurnberg), Белгородському державному технологічному університеті, Московському інституті комунального господарства та будівництва (Росія), Королівського технологічного інституту (Стокгольм, Швеція), Департамент енергетики (графство Лос-Анджелес, США).

Підручники серії неодноразово включались в експозиції на різних виставках і презентаціях, де користувалися підвищеним попитом. Видавництво САГА (м. Харків) на основі цих підручників започаткувало випуск серії підручників «Науково-технічна освіта: енергетика, довкілля, енергозбереження», в якій перевидано деякі розглядаємі підручники.

Це стало можливим завдяки високому професіоналізму, знанням і досвіду авторського колективу, створеного з зусиллями професора Маляренко В.А., за його ініціативою і керівництвом. До складу авторів були залучені добре відомі в Україні та за її межами науковці і професори, більшість з яких представляють вищі навчальні заклади Харкова.

Редакція журналу «Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит» поздоровляє колектив авторів комплексу підручників «Енергетика. Довкілля. Енергозбереження» з присудженням Державної премії України в галузі науки і техніки 2011 року і бажає подальших успіхів в підвищенні професійного рівня працівників електроенергетичної галузі і вищої освіти.

БАЛАНСОВА НАДІЙНІСТЬ ЕНЕРГОСИСТЕМИ В РИНОЧНИХ УМОВАХ

П.П.Рожков, к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства м.Харків,

С.Е.Рожкова,

ХНАДУ

Однієї із самих значних проблем переходу від регульованого до конкурентного ринку електроенергії є питання - чи зуміє конкурентний ринок забезпечити адекватний рівень оперативної надійності, безпеки функціонування енергосистеми, довгострокової (балансової) надійності. Термін «балансова надійність» означає здатність енергосистеми забезпечити потреби в електричній енергії й потужності споживачів з урахуванням планових і позапланових відключень елементів системи й обмежень на поставку енергоресурсів [1].

Нормативним показником надійності виступає інтегральна ймовірність бездефіцитної роботи енергосистем (\bar{p} – індекси надійності), рівний 0,996. У розвинених країнах (Німеччина, США, Канада) цей індекс надійності приймається рівним від 0,998 до 0,999, але він має й трохи інший фізичний зміст, орієнтований на ринкові умови в електроенергетиці.

Розглянемо основні етапи оцінки балансової надійності електроенергетичної системи на середньострокову (3-5 років) і довгострокову (10-15 років) перспективу.

1. Установлення інтервалів прогнозування попиту на електричну енергію й потужність для цілей забезпечення балансової надійності електроенергетичних систем (від 3-5 до 15 років).

2. Уточнення границь цінкових зон оптового ринку електричної енергії й потужності об'єднаної енергосистеми і локальних електроенергетичних систем на прогнозний період - з метою врахування змін нормативно-правової бази електроенергетики й регламентів оптового ринку.

3. Формування (уточнення) інформаційної бази.

У результаті одержимо прогноз попиту на електричну енергію та прогноз попиту на електричну потужність по енергетичних системах, що враховує: прогнозовані максимуми навантаження споживачів; сальдо експорту (імпорту) електричної потужності і її нормативний резерв; обмеження по використанню встановленої потужності електростанцій; заходи щодо уведення, демонтажу, модернізації й реконструкції діючого встаткування, що генерує. Прогноз динаміки й структури встановленої потужності електричних станцій. Перелік нових уведень об'єктів по виробництву електричної енергії на прогнозний період, а також заходів щодо демонтажу, модернізації й реконструкції діючого встаткування, що генерує(формується на основі пропозицій компаній, що генерують).

4. Уточнення цілей забезпечення балансової надійності:

- коректування (верифікація, обґрунтування, моніторинг) генеральної схеми розвитку об'єктів електроенергетики;

- продовження строків прогнозування на наступний розрахунковий крок (інтервал) формування прогнозів.

5. Прийняття цільових настанов по визначенню й використанню нормативів системної балансової надійності стосовно до умов розвитку електроенергетичної системи. Механізми формування й використання нормативів надійності, що диференційовано залежні від періоду прогнозування й рівня керування.

6. Аналіз умов забезпечення балансової надійності ЕЕС.

7. Оцінка можливості балансування попиту-пропозиції електричної потужності на основі міжсистемних перетікань.

Процес визначення показників балансової надійності ЕЕС при плануванні їхнього розвитку умовно ділиться на три взаємозалежних задачі. Перша складається в моделюванні тими або іншими способами випадкових станів обладнання, що генерує, й мережного встаткування ЕЕС, друга - в оцінці цих сформованих станів на предмет можливості забезпечення електроспоживання у вузлах системи й третя - у формуванні спектра показників надійності. Методи вирішення першої задачі наведені в монографії [2], друга задача в теорії надійності одержали назву завдання розподілу дефіциту потужності (РДП). Як правило, для її рішення використовуються методи нелінійного або лінійного програмування [3].

У сучасних умовах складним залишається питання прийняття чисельних значень показників нормування надійності у вигляді ймовірності дефіциту у вузлах й лініях. У силу того, що вони залежать від співвідношення питомих витрат на засоби забезпечення надійності і питомих збитків від ненадійності, їхня величина повинна залежати від рівня соціально-економічного розвитку країни.

Літературні джерела.

1. Руденко Ю.Н., Чельцов М.Б. Надежность и резервирование в электроэнергетических системах. - Новосибирск: Наука, 1974. 263 с.

2. Обоскалов В.П. Надежность обеспечения баланса мощности электроэнергетических систем. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2002, 210 с.

3. Чукреев Ю.Я., Чукреев М.Ю. Модели распределения дефицита мощности в задачах обеспечения балансовой надежности электроэнергетической системы. Научно – технічний збірник “Коммунальное хозяйство городов” Выпуск 101. Серия: Технические науки и архитектура. – Харків: ХНАМГ, 2011, с. 414-421.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОСМІЧНОЇ ПОГОДИ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

П.П.Рожков, к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства

С.Е.Рожкова,

ХНАДУ

Надійність роботи елементів електричних мереж в значній мірі залежить від погоди (атмосферних явищ), які в першу чергу впливають на високовольтні лінії електропередачі та обладнання відкритих розподільчих пристроїв.

Останні дослідження причин відмов електричних мереж дозволяють ставити питання про вплив космічної погоди на роботу електричних мереж [1]. У широкому вживанні термін “космічної погода” з'явився в 90-х роках ХХ століття. Він охоплює найбільше практично важливі аспекти науки про сонячно-земні зв'язки. Ця наука лежить на стику фізики [Сонця](#), [сонячної системи](#) і [геофізики](#) і займається дослідженням впливу сонячної змінності й і через [міжпланетне середовище](#) на Землю, зокрема на [магнітосферу](#), [іоносферу](#), [атмосферу Землі](#) [2].

Первинним джерелом збурювань є варіації сонячного випромінювання, а перенос збурювань здійснюється хвилями й частками в міжпланетному середовищі, магнітосфері й іоносфері Землі. Насамперед, ці збурювання позначаються на тих процесах, у яких істотну роль грає стала рівновага електричних струмів і магнітних полів. Збурювання, що порушують ця рівновага, можуть привести до виникнення різних позаштатних ситуацій не тільки в системах навігації, зв'язку, електроенергетики, але й таких, на перший погляд слабо зв'язаних галузей, як гасіння лісових пожеж, перекачування нафти по трубопроводах або охорона здоров'я.

[Магнітосферні і іоносферні електричні струми](#) створюють на поверхні Землі варіації геомагнітного й геоелектричного поля, що викликають так звані геоіндуковані (паразитні) струми (ГІС) у довгих (багатокілометрових) провідних системах. Якщо в магнітоспокійний час ці варіації незначні, то в магнітоактивні періоди ГІС можуть досягати десятки й навіть сотня ампер, впливаючи на роботу систем енергопостачання, а також цілого ряду інших наземних технічних систем, у яких довгі провідні лінії є необхідним компонентом (трубопроводи, лінії зв'язку, залізниці).

Обоє протилежних кінця магістральних ліній високої й надвисокої напруги перебувають на електростанціях, де обмотки силових трансформаторів і автотрансформаторів на високій по напрузі стороні з'єднані в зірку із заземленою нейтраллю. Тому що заземлені нейтралі по протилежних кінцях лінії виявляються під різними потенціалами по проводам починає протікати квазіпостійний струм ГІС, що накладається на змінний струм промислової частоти.

У порівнянні з несучою частотою передачі електроенергії в 50 або 60 Гц, частоти геомагнітних струмів дуже малі (мГц) і система реагує на них, як на постійний струм. Проходячи через заземлення нейтралі силових

трансформаторів у землю, ГІС робить додаткове підмагнічування сердечника.

Навіть невелике збільшення струму (10 А) здатне викликати насичення сталі й зрушити робочий лінійний режим трансформатора в нелінійну частину гістерезису [3].

Величина ГІС залежить від різниці потенціалів між заземленими нейтраліями трансформаторів по кінцях лінії й величини опорів постійному струму трьох фаз проводів лінії разом з обмотками трансформаторів. Опори постійному струму обмоток трансформатора й проводів лінії досить малі. Так, опір проводів лінії в середньому становить $r_0 \approx 0,1$ ом/км. Тому залежно від наведеної величини різниці потенціалів ГІС може бути рівним кілька десятків або сотень ампер.

Виникаючі напівперіодні переключування приводять до появи гармонік у вихідному струмі. Крім того, збільшення струму намагнічування викликає збільшення споживання реактивної потужності трансформатором (за рахунок зростання потужності холостого ходу). Дефіцит реактивної потужності приводить до зниження напруги й стійкості передачі електроенергії. Додатковий (через ГІС) магнітний потік може замикатися через зовнішні деталі конструкції, викликаючи нагрівання ізоляції, масла, появи газів і перегрів трансформатора аж до розплавлення обмоток.

Як наслідок зрослої вмісту гармонік можливі порушення роботи систем релейного й диференціального захисту трансформаторів, наприклад, захисту від грозових розрядів, настроєної на виявлення вищих гармонік через коротке замикання

Оскільки ГІС є квазіпостійними, наявність конденсаторів, призначених для збільшення ефективності електропередач, попутно може вплинути й на ГІС у системі. Практично ж включення конденсаторів тільки для того, щоб зменшити ГІС, є досить дорогим заходом. Зниження чутливості релейних захистів і застосування фільтрів для виділення тільки гармонік, не пов'язаних з ГІС, також зменшує ймовірність помилкового спрацьовування.

Вплив збурювань космічної погоди на сучасні системи добре описані в різній літературі. Найчастіше згадується 90 - секундний колапс північно-східної енергосистеми Канади, викликаний геомагнітною бурою в березні 1989 р. який привів до того, що мільйони чоловік залишалися без електроенергії більше 9 годин. Ця подія продемонструвала можливість драматичних впливів космічної погоди на сучасне суспільство.

Літературні джерела.

1. Скопинцев В.А. Качество электроэнергетических систем: надежность, безопасность, экономичность, живучесть. - М.: Энергоатомиздат, 2009. – 332 с.
2. Космическая погода – Википедия, <http://ru.wikipedia.org>
3. Плазменная гелиогеофизика, М., Наука, 2008 Зелёный Л.М., Веселовский И.С. (Ред.), Гл.8 Петрукович А.А. Солнечно-земные связи и космическая погода.

ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕНЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ НА КОМПАКТНЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ В ЖИЛИЩНОМ СЕКТОРЕ

Г.М Кожушко *д.т.н., проф.*, Ю.А. Басова
Полтавський университет економіки і торгівлі

Сегодня не только в Украине, а и в индустриально развитых странах наиболее массовыми в жилье являются лампы накаливания (ЛН), хотя они создают лишь 44 % света, используемого в домах. В большинстве стран рассматривают как магистральный путь снижения потребления электроэнергии на освещение в жилищном секторе – замену ЛН на компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Общая средняя световая отдача ламп в жилищном сектора составляет лишь 23,7 лм/Вт. Средняя же световая отдача КЛЛ составляет 50-60 лм/Вт [1]. Поэтому проблема исследования потребительских свойств КЛЛ и факторов, которые сдерживают массовое их применение в жилищном освещении являются очень актуальными.

Целью настоящей работы является исследование потребительских свойств КЛЛ, анализ опыта индустриальных стран и разработка рекомендаций по устранению барьеров по замене ЛН на КЛЛ в осветительных установках (ОУ) жилищных помещений.

Барьерами на пути внедрения КЛЛ в домах считаются следующие факторы:

- цена КЛЛ (все еще является важным психологическим фактором). Это объясняется, в основном, тем, что у многих покупателей нет достаточно ясной информации о сроках окупаемости затрат на КЛЛ;
- вызывает беспокойство качество КЛЛ. Во многих странах покупатели, имевшие ранее дело с КЛЛ, сталкивались неоднократно с выходом их из строя до окончания указанного срока службы; отсюда и неверие в новые изделия;
- форма, размеры и цветовая температура КЛЛ все еще отличаются от аналогичных параметров ЛН, что делает их менее цивилизованными в эстетическом плане.

Опрос потребителей [1] подтвердил, что основной причиной ограниченного применения КЛЛ является высокая цена по сравнению с ЛН.

По мнению ряда авторов [2-4], главным барьером, сдерживающим исключение из обихода ЛН и замены их КЛЛ, является качество последних.

В 2007 году в международном энергетическом агентстве (IEA) в Париже состоялся международный семинар, целью которого была выработка основных требований к качеству КЛЛ в связи с разработкой стратегических мер по прекращению применения ЛН для освещения.

Основные фундаментальные требования потребителей к КЛЛ:

- добиться такого же функционирования, как у ЛН;
- изделие должно быть безопасным;
- изделие должно быть лучше, чем ЛН (будет экономить энергию/деньги/уменьшить загрязнение окружающей среды, прослужит длительное время).

Следует отметить, что «длительное время» для потребителя жилищного сектора, означает обычно срок более года. Для того, чтобы увеличить число КЛЛ в жилищном секторе, необходимо добиться «доверия потребителя».

Сегодня на рынке Украины, кроме отечественного производителя «Газотрон-Люкс» г. Ровно, реализуются КЛЛ производимые в Германии, Словакии, Венгрии, Польши, Китае и других странах. По данным [3] лампы зарубежных фирм «Philips», «Osram», «General Electric», «Газотрон-Люкс», в основном соответствует требованиям международных стандартов (МЭК). Что касается продукции китайского производства, которая поставляется под различными торговыми марками, то часто встречается партии низкого качества, которые не соответствуют требованиям нормативных документов.

Значительное количество КЛЛ сомнительного качества поступает и на рынок Украины. Визуально отличить качественную КЛЛ от некачественной (или подделки известного мирового брэнда) потребителю практически невозможно. Вызвать подозрения может разве что низкая цена. По данным [3] главными показателями несоответствия КЛЛ китайского производства являются:

- заниженный световой поток;
- цветовая температура лампы не соответствуют указанным в каталогах или нормативной документации;
- прочность крепления цоколя ниже нормируемого;
- уровень создаваемых радиопомех выше нормируемых;
- мощность указанная на марке лампы не соответствует действительности и др.

Еще один важный момент касающийся эффективности и качества КЛЛ, отмечен в [1]. По мнению авторов некоторые рекламируемые преимущества энергосберегающих люминесцентных ламп требуют уточнения. В первую очередь это относится к энергетическим характеристикам, которые следует определять с учетом влияния КЛЛ на питающую сеть. Как известно КЛЛ по отношению к питающей сети являются не линейной нагрузкой, потребляющей несинусоидальные токи с большим содержанием высших гармоник. Очевидно, что массовое использование КЛЛ приведет к обострению проблемы качества электроэнергии в низковольтных электрических сетях зданий с известными негативными последствиями [2].

Анализируя результаты собственных исследований следует также отметить следующее:

- номинальные рабочие светотехнические характеристики в реальных условиях эксплуатации значительно ниже, чем рекламируемые в каталогах. Это вызвано тем, что световой поток КЛЛ резко зависит от температуры окружающей среды. При работе КЛЛ в закрытом светильнике температура колбы существенно отклоняется от номинальной (23-25°C), что может снижать световой поток на 20-30%. Большая часть светильников для ЛН имеет кривые светораспределения, которые снижают коэффициент использования светового потока КЛЛ (по сравнению с этим коэффициентом для ЛН) более чем на 15 %. В результате неоптимального теплового режима

и кривых светораспределения (а также суммарной величины неактивных составляющих), эффективность КЛЛ уменьшается почти на 50 % и превышает светотехнические параметры ЛН всего в 2 - 3,5 раза, а не в 3 - 6 раз, как рекламируется в проспектах.

- несмотря на существенное улучшение характеристик КЛЛ (уменьшение габаритов, массы, улучшение светораспределения) для традиционных светильников с ЛН они производят впечатление больших ламп и не создают такого же эстетического эффекта как ЛН.

- уменьшение единичной мощности КЛЛ ведет к существенному снижению световой отдачи (рис.1). Например, световая отдача для КЛЛ мощностью 20 Вт при оптимальных условиях составляет 60 лм/Вт, а для мощности 5 Вт - 40 лм/Вт.

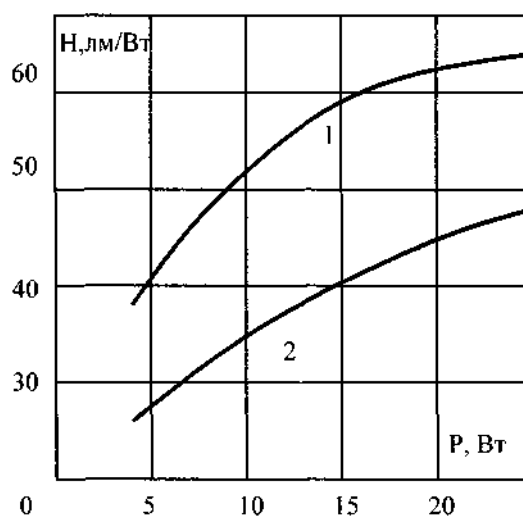


Рис.1. Диапазон изменения световой отдачи КЛЛ различной мощности с учетом потерь в ПРА и теплового режима в светильнике: 1 - при оптимальной температуре 18-22°C; 2 - при температуре окружающей среды 50°C.

На основании анализа литературных источников и проведенных экспериментально-расчетных исследований можно сделать следующие выводы:

- учитывая, увеличение световой отдачи КЛЛ с увеличением мощности целесообразно применять более мощные КЛЛ, световая отдача которых существенно выше, чем у маломощных;

- КЛЛ для прямой замены ЛН менее эффективны, чем КЛЛ со специальным цоколем с точки зрения долгосрочной политики энергосбережения, т.к. они не допускают возвращение к использованию ЛН;

- большинство КЛЛ для прямой замены не предусматривают регулировки яркости. Наиболее эффективный способ использования люминесцентных источников света – это отделить ПРА от лампы и все лампы должны иметь возможность регулирования яркости;

- процедуры тестирования (долговечность, количество циклов зажигания, пусковые и другие характеристики) должны быть регламентированы в соответствующих стандартах.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ТОКА В МАГНИТОПРОВОДЕ КОРОТКОЗАМКНУТОГО РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Г.В.Капустин, к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства м.Харків,

При проектировании асинхронных машин со скосом пазов актуальной становится задача более точного учета добавочных потерь от поперечных токов. Рассмотрению этого вопроса посвящено большое количество работ В.И. Чабана [1].

Используя уравнения линии с распределенными параметрами, описаны процессы в короткозамкнутом роторе в предположении нулевого сопротивления короткозамыкающих колец при воздействии только одной гармонической и при ненасыщенном магнитопроводе. В обобщенном виде получены выражение для поперечных токов в роторе при обычных допущениях с учетом результатов о чисто активном характере переходного сопротивления. Аналитически показано, что в ряде случаев высшие гармонические достигают весьма ощутимых значений. Работами, наиболее полно учитывающими факторы, влияющие на поперечные токи при наименьшем числе допущений, являются труды польских ученых [2]. Учтено влияние шлицев и сочетание числа пазов ротора и статора на поперечные токи и величину высших гармонических токов ротора введением комплексного коэффициента скоса. Также проведены глубокие исследования влияния на добавочные потери различных факторов, методов их расчета, а также методов снижения добавочных потерь от поперечных токов. Однако в вышеперечисленных работах не производились экспериментальные исследования по непосредственному измерению поперечных токов в магнитопроводе короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя.

Поперечный ток в магнитопроводе короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя в режиме короткого замыкания предполагалось измерить на элементарном участке длиной $0,2l$. Для этого были просверлены три радиальных отверстия диаметром 6 мм (рис.1): 1-ое - в короткозамыкающем кольце с центром на расстоянии 3 мм от сердечника, 2-ое - в магнитопроводе на расстоянии $0,2l$ от начала пакета вдоль зубца до пересечения с осевым отверстием и 3-е отверстие - в валу до пересечения с осевым отверстием. На поверхности отверстия 1 и 2 были соединены профрезерованной канавкой.

Поперечный ток в магнитопроводе ротора I_P был измерен непосредственно воздушным трансформатором [3] на элементарном участке пакета, равном одной пятой его длины. Для этого пояс Роговского (1) вместе с компенсационным витком (на рисунке не показан) был установлен так, как это показано на рис.2.

Приведенное значение поперечного тока I'_P было определено по

формуле:

$$I'_p = E_{(nm)} \cdot \tilde{\mathcal{J}}_{TAm} \cdot \mathcal{J}_I \cdot 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{Z_2}\right) (A). \quad (1)$$

Поперечный ток был измерен на элементарных участках в левой $I_{m(o)}$ и правой $I_{m(np)}$ половинах сердечника ротора одним и тем же датчиком тока путем изменения чередования фаз питающей сети при различном напряжении.

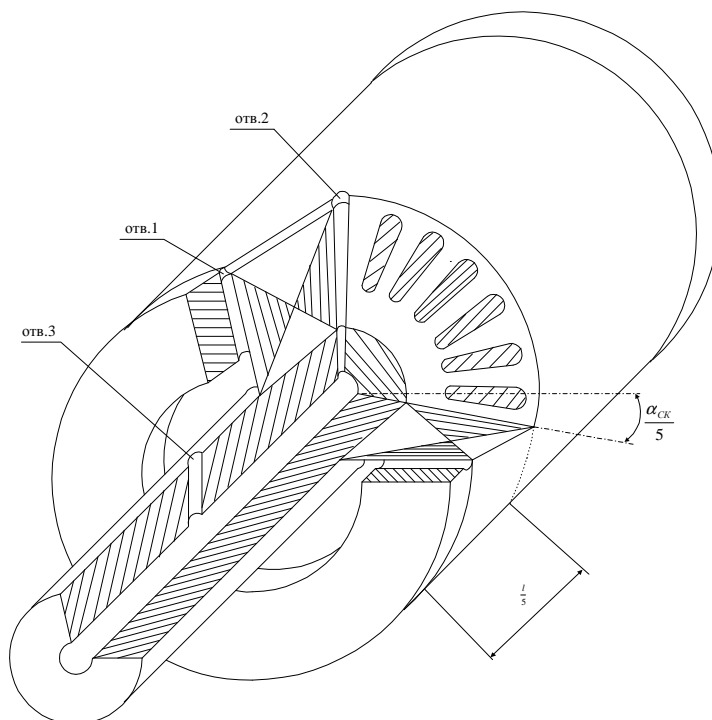


Рис.1. Препарированный ротор для измерения поперечных токов

Приведенные значения поперечных токов представлены в таблице, а на рис.3 приведены их зависимости от напряжения питающей сети.

Зависимость поперечного тока на элементарном участке длины магнитопровода ротора в левой $I'_{p(o)}$ и правой $I'_{p(np)}$ его половинах от тока в короткозамкнутой обмотке ротора $I'_{2(o)}$ и $I'_{2(np)}$, соответственно, представлена на рис.4.

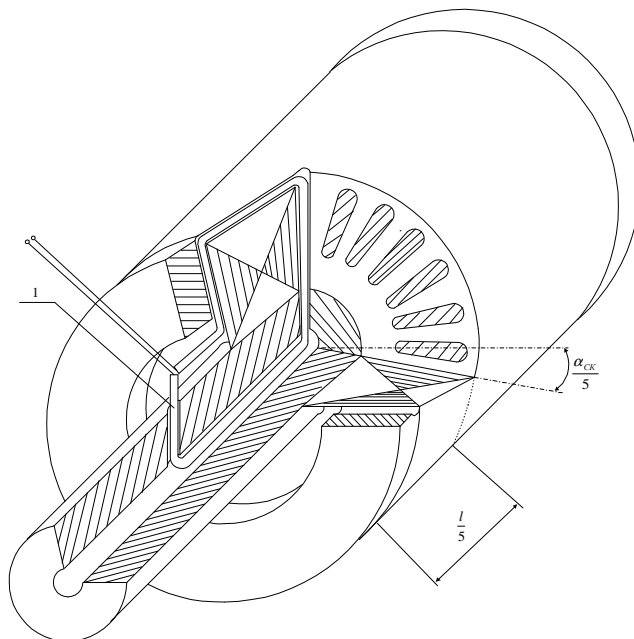


Рис.2. Непосредственное измерение поперечного тока

Представленная экспериментальная зависимость поперечного тока в магнитопроводе ротора от тока в стержне имеет линейный характер. Такой же вид имеет кривая, полученная путем решения системы дифференциальных уравнений, составленных в предположении о нулевом сопротивлении короткозамыкающих колец.

Таблица

Приведенный поперечный ток на элементарном участке в левой $I'_{p(o)}$ и правой $I'_{p(np)}$ половинах магнитопровода ротора

$U_{II},$ В	$I'_{p(L)},$ А	$I'_{p(IIp)},$ А
380	78,1515	68,3825
340	66,429	57,9625
300	54,3805	47,868
260	42,9835	38,099
220	32,563	30,2835
180	24,0965	21,8175
140	14,6535	14,002
100	7,978	7,815
60	2,67	3,126

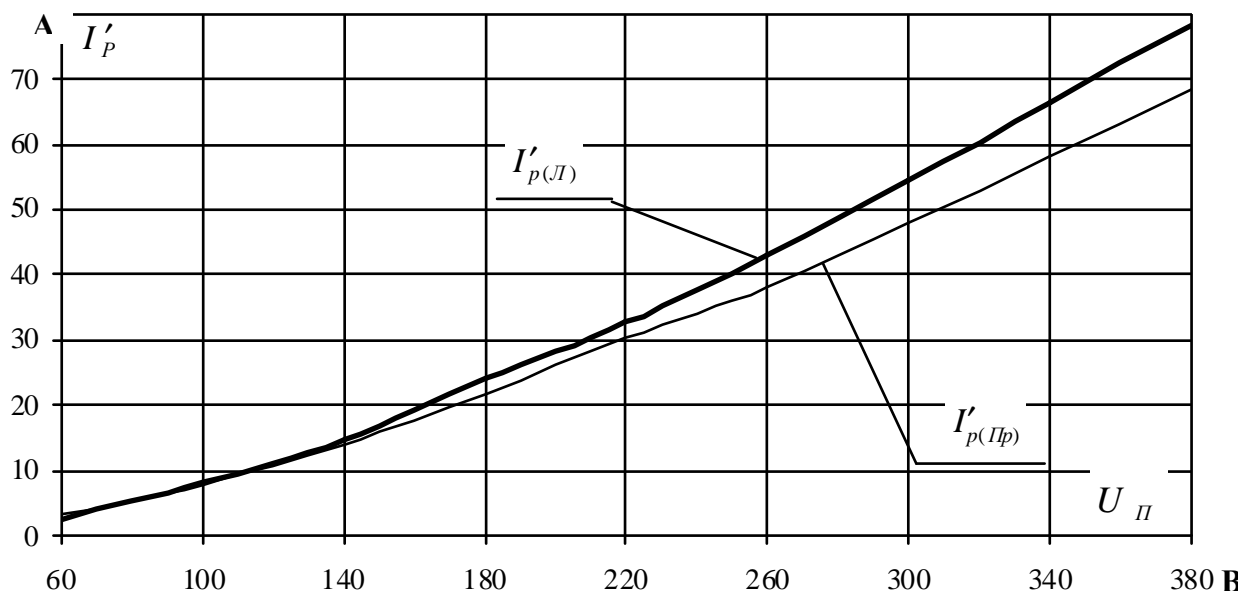


Рис.3. Зависимость поперечного ток на элементарном участке в левой $I'_{p(o)}$ и правой $I'_{p(пр)}$ половинах магнитопровода ротора от напряжения

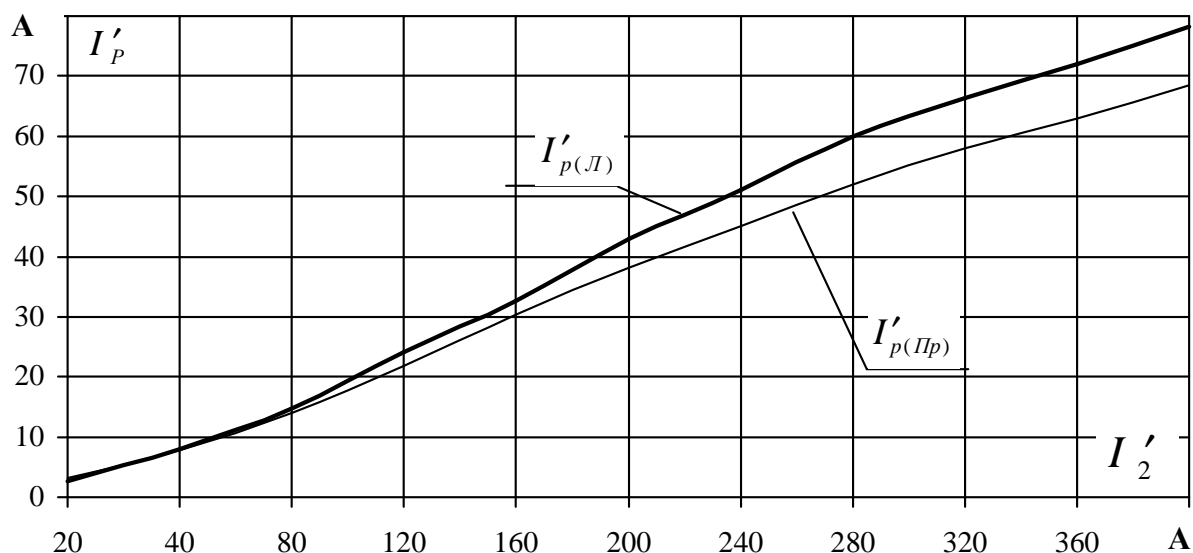


Рис.4. Зависимость поперечного ток на элементарном участке в левой $I'_{p(o)}$ и правой $I'_{p(пр)}$ половинах магнитопровода ротора от тока в обмотке ротора I'_2

Вывод: измеренная величина поперечного тока на $1/5$ длины магнитопровода короткозамкнутого ротора составила порядка 20% от приведенного тока в обмотке ротора в режиме короткого замыкания. Целесообразно при электромагнитном расчете асинхронных машин использовать математическую модель, которая учитывала бы поперечные токи в магнитопроводе короткозамкнутого ротора.

Список литературы:

1. Чабан В.И. Параметрическая чувствительность глубокопазных асинхронных двигателей.// Электричество.- 1993.- №9.- с.43-45.

СИСТЕМА ВИСОКОЧАСТОТНОГО ІНІЦЮВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО РОЗРЯДУ

В.Ф.Рой, д.ф-м.н., проф.

Н.Г.Бурма

Харківська національна академія міського господарства м.Харків,

Перспективним напрямком енергозбереження в ЖКГ є використання безелектродних джерел випромінювання різноманітного спектру, які мають широкий діапазон застосування - як для систем освітлення, так і для обеззаражування води, повітря і різноманітних матеріалів в багатьох галузях промисловості, сільського і комунального господарства. Оскільки масове використання традиційних джерел випромінювання, зокрема УФ спектру, для обеззаражування води, стримується значними експлуатаційними витратами, пов'язаними з частою їх заміною внаслідок процесів інтенсивної деградації електродів, тому актуальним є питання заміни традиційних джерел безелектродними індукційними, які є більш дешевими і довговічними, що дозволяють підвищити ефективність випромінюючих установок різноманітного призначення. Існуючі ВЧ системи ініціювання індукційного розряду в безелектродних джерелах випромінювання використовують резонансний метод пробою міжелектродного проміжку, заснований на резонансному підсиленні напруги, що подається на лампу, при співпадінні частоти вхідної мережі, що утворює резонансний контур, з робочою частотою ВЧ генератора живлення. Основним недоліком таких систем ініціювання ВЧ розряду, є суттєва залежність амплітуди ініціюючого імпульсу і подальша робота джерела випромінювання від зміни частоти ВЧ генератора і резонансної частоти контура, що відбуваються під впливом дії зовнішніх факторів (температури, тиску, вологості). Це призводить до різкого зменшення амплітуди ініціюючого імпульсу напруги, що подається на лампу, і розряд в ній зазвичай не може виникнути. Це основна вада усіх ВЧ систем ініціювання розряду, які використовують для ініціювання розряду явище резонанса у вхідних колах ламп на робочій частоті ВЧ генератора.

Розроблена нами ВЧ система ініціювання розряду заснована на результатах експериментальних досліджень процесів розряду в лампах, проведених в діапазоні від 0,05 кГц до 1,2 МГц [1], які свідчать, що починаючи з частот живлення 300 кГц, амплітуда ініціюючого імпульсу, необхідного для виникнення розряду, зменшується на 50% і не залежить від коливань частоти аж до частот 1,2 МГц. Це дало змогу реалізувати "нерезонансний спосіб" ініціювання розряду в джерелах випромінювання (з електродами і безелектродних), який повністю виключає фактор впливу зміни частоти контура і ВЧ генератора на надійність роботи системи, також знизити вдвічі амплітуду запалюючого імпульсу, що дало змогу реалізувати таку систему у вибухобезпечному варіанті. Оскільки робота системи в діапазоні 300 кГц недоцільна по техніко-економічним показникам, тому її використовуємо лише в момент ініціювання розряду, а робота джерела випромінювання здійснюється на робочій частоті 20-40 кГц. Це реалізовано завдяки використанню резонансного контуру ударного збудження,

налаштованого на частоту 300-400 кГц, який збуджується переднім і заднім фронтами меандра робочої частоти системи, внаслідок чого на лампу подаються, одночасно с напругою робочої частоти, ударно збуджені і затухаючі на протязі напівперіоду коливання робочої напруги ВЧ коливання. Завдяки високій іонізуючій здатності ВЧ діапазону 300-400 кГц розряд легко ініціюється. Після виникнення розряду в лампі відбувається шунтування її розрядним проміжком контура ударного збудження, внаслідок чого ВЧ коливання в ньому згасають і він в подальшому виконує функцію струмообмежуючого елемента джерела випромінювання на основній робочій частоті системи, тобто 20 кГц. Оскільки коливання робочої частоти і особистої частоти контура ударного збудження практично не впливають на результуючу амплітуду сумарного сигналу, що подається на джерело живлення, це не призводить до зменшення надійності ініціювання і роботу джерела живлення.

Список литературы:

[1] Рой В.Ф., Бурма Н.Г., Зажигание розрядных ламп при высокочастотном питании. «Светотехника», 1990, №2, С.3-4.

РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ПОТУЖНИХ СД ЗМІННОГО СТРУМУ

В.Ф.Рой, д.ф-м.н., проф.

О.Ю.Поліщук

Харківська національна академія міського господарства м.Харків,

Підвищення енергоекономічності освітлювальних установок (ОУ), які споживають до 20% всієї вироблюваної електроенергії, є нагальною вимогою сьогодення, оскільки це відповідає сучасним вимогам до всебічного енергозбереження, регламентованого, зокрема, директивою 2002/91 ЕС Європарламенту щодо мінімально допустимих критеріїв енергоекономічності ОУ. Найбільш реальним шляхом вирішення цієї проблеми є, насамперед, застосування в ОУ різноманітного призначення найбільш енергоекономічних джерел світла, а також впровадження систем динамічного регулювання інтенсивності їх світлового потоку. Такими джерелами світла є, насамперед, потужні світлодіоди (СД), що мають низьку споживану потужність при високій (до 100 лм/Вт) світловіддачі, підвищений строк служби (до 50 тис.годин), малу масу та габарити, хорошу електромагнітну сумісність електричних кіл ОУ з живлячою мережею, що жорстко регламентована ДСТУ 4210:2003 (УТ 55103-1996) «Електромагнітна сумісність». Це обумовлює можливості широкого застосування потужних СД змінного струму в ОУ різноманітного призначення. Що стосується СД постійного струму, то необхідність використання електронного перетворювача змінної напруги та нелінійність вольт-амперних характеристик самих діодів, призводить до деформування кривих напруги та струму, внаслідок чого відбувається протікання по елементам мережі вищих гармонік струму, що також регламентовано нормуванням допустимого рівня гармонік згідно ДСТУ ІЕС 6100013-2:2005 – в залежності від їх потужності і величини $\cos \phi$.

Світлодіоди змінного струму(наприклад типу «Acriche») розраховані на живлення від мережі 220 В змінного струму і являють собою модульну матрицю що складається з двох зустрічно-паралельно з'єднаних ланцюжків світловипромінюючих елементів, внаслідок чого одне плече випромінює в позитивний на півперіод змінної напруги, а інше – в негативний на півперіод. Важливою властивістю цього СД є лінійна залежність світлового потоку від напруги живлення, що дає змогу здійснювати регулювання інтенсивності випромінювання. Однак характер вольт-амперної характеристики такого СД не дозволяє суттєво розширити діапазон регулювання в бік низьких напруг живлення, що пояснюється наявністю нижньої межі напруги запалювання СД, яка для даного типу світлодіода складає величину 160 В. Це означає, що діапазон регулювання світлового потоку СД знаходиться в межах 220-160 В, тобто складає всього 30% від тривалості на півперіоду напруги живлення. Для розширення діапазону регулювання і водночас підвищення ефективності використання електроенергії СД пропонується живити його напругою у формі «меандру» з частотою 20÷40 кГц. При цьому коефіцієнт використання електричної енергії наближається до 1 внаслідок чого виключається різко-нелінійна ділянка вольт-амперної характеристики діоду, що відповідає за виникнення вищих гармонік в освітлювальній мережі. Оскільки струм живлення через СД протікає на протязі усього напівперіоду напруги, то з'являється можливість здійснювати регулювання виходу світлового потоку в діапазоні від 0 до 100%. Проблема автоматичного регулювання освітленості робочих та житлових приміщень, окрім економії електроенергії, яка може досягати від 30 до 50%, пов'язана також з необхідністю створення комфортного та безпечного світлового середовища, що суттєво впливає на психо-фізіологічний стан людини. Враховуючі це, нами розроблена схема регулювання світлового потоку ОУ на основі потужних СД змінного струму [1], яка дозволяє здійснювати регулювання освітленості від максимального рівня до повного затемнення і, отже, дає змогу реалізувати динамічний режим в установках як індивідуального, так і групового використання в промислових, адміністративних побутових приміщеннях, та установках зовнішнього освітлення.

[1].Рой В.Ф., Поліщук О.Ю. et al. Світлодіодна освітлювальна установка. Патент України № 53523 від 11.10.2010. Бюл. №19.

РЕЗОНАНСНЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

А.Е. Куделя, С.В.Емельянов

ООО «ХАРЬКОВЭНЕРГОПРИБОР»

Резонансные испытательные установки предназначены для проведения высоковольтных испытаний емкостных объектов (обмоток статоров генераторов, шинопроводов, изоляции кабелей и т.п.) переменным напряжением промышленной частоты или напряжением выпрямленного тока, в полуавтоматическом и автоматическом режимах.

Испытательные установки выполняются по схеме параллельного

резонанса, в которой емкостью выступает объект испытания (обмотка статора генератора, шинопровод и т.п.), а для поддержания резонанса токов обеспечивается автоматическое изменение индуктивности. Добротность схемы составляет не менее 20.

Изменение индуктивности осуществляется при помощи резонансного реактора, который конструктивно может иметь два варианта исполнения. Первый предусматривает уменьшение начального значения индуктивности за счёт механического изменения зазора магнитопровода реактора. Во втором варианте осуществляется изменение индуктивности за счёт подмагничивания магнитопровода реактора постоянным током.

Установка испытания генератора, изготовленная на ООО «Харьковэнергоприбор», при потребляемой мощности не более 30 кВт·А, индуцирует в нагрузке мощность более 400 кВт·А, что позволяет испытывать объекты (например, обмотки статоров генераторов) с емкостью до 1,2 мкФ напряжением до 35 кВ.

Во всем диапазоне напряжений установка выполняет автоматическое удержание резонанса, для обеспечения наименьшего энергопотребления (в 15 раз меньше мощности, чем в объекте испытания). Условие резонанса определяется по следующей формуле:

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 \times c},$$

где L – значение индуктивности реактора, которое автоматически подстраивается для удержания резонанса;

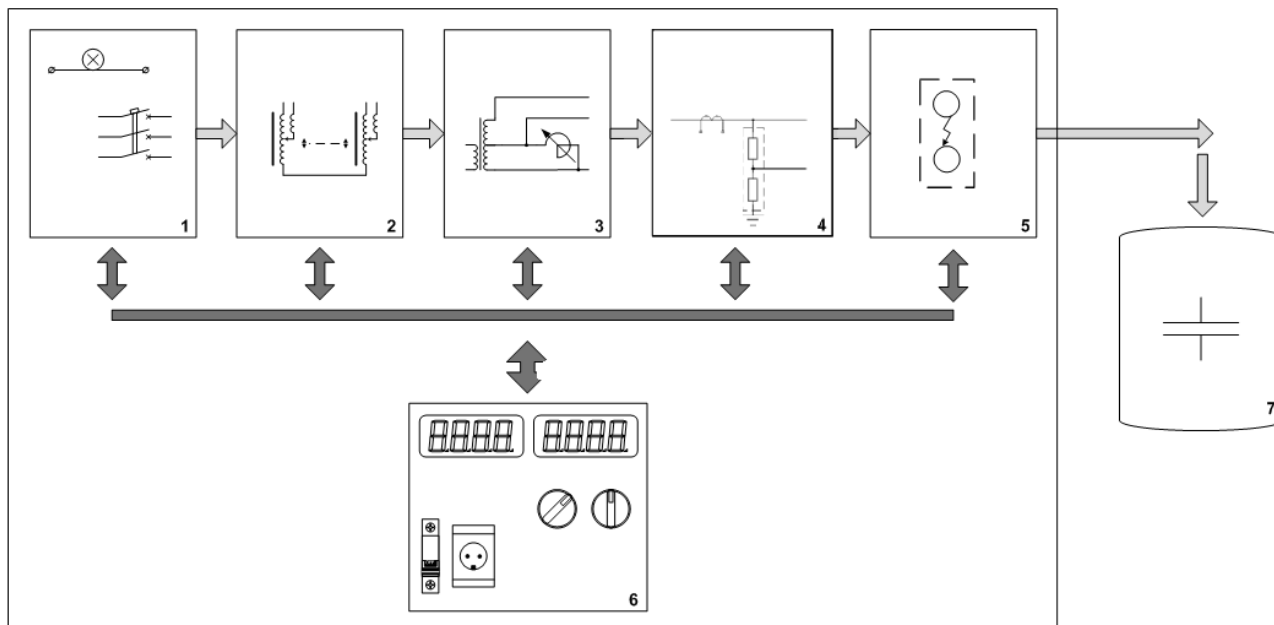
c – емкость объекта испытания;

f – частота сети (50 Гц).

Формирует испытательное напряжение (переменного тока промышленной частоты или выпрямленного) на объекте испытания с необходимой скоростью нарастания и удержанием установленного значения напряжения испытания заданное время. Затем происходит снижение напряжения до номинального значения, с его удержанием. После чего выполняется плавное понижение напряжения и отключение.

Установка имеет схемы защиты от перенапряжения, по превышению входного и выходного токов, схему контроля фаз входного напряжения.

Питание установки осуществляется со шкафа автоматики цепей питания 1. Через регулятор напряжения 2 подается питание на первичную обмотку повышающего трансформатора 3 и на вторичной обмотке трансформатора, к которой подсоединены возбуждающий резонансный реактор 3 (индуктивность) и объект испытания 7 (емкость), возникает высокое напряжение. В схему (рисунок 1) так же входят защитное разрядное устройство 5 и высоковольтная схема измерения 4. Регулировка процесса подачи напряжения происходит с пульта управления 6.



- – шкаф автоматики цепей питания (~ 380 В);
- – регулятор напряжения 380 В, 80 А;
- – повышающий трансформатор 55 кВ и регулируемый резонансный реактор;
- – выносная измерительная арматура;
- – защитное разрядное устройство;
- – блок релейной защиты и управления;
- – объект испытаний.

Ошибка! Источник ссылки не найден.а состоит из:

- силовых элементов, закрепленных в контейнере;
- блока управления;
- блока защиты;
- элементов автоматики, измерения;
- катушек с кабелями и проводами;
- выносной высоковольтной арматуры.

Шкаф автоматики цепей питания обеспечивает коммутацию напряжения питания привода реактора и схемы управления.

Регулятор напряжения обеспечивает плавное изменение напряжения на первичной обмотке повышающего трансформатора с 5 В до 400 В под нагрузкой.

Повышающий трансформатор предназначен для преобразования переменного однофазного напряжения промышленной частоты в повышенное испытательное напряжение.

Резонансный реактор обеспечивает изменение индуктивности в диапазоне, необходимом для проведения испытания.

Схема высоковольтных измерений обеспечивает преобразование и измерение выходного напряжения и тока.

Блок защиты от перенапряжения обеспечивает сглаживание выбросов обратной энергии повышающего трансформатора при пробоях и авариях.

Защитное разрядное устройство с заземляющим ножом □ обеспечивает безопасность эксплуатации установки в аварийных случаях при превышении напряжения и снятие высоковольтного заряда с выхода после выключения установки.

Резонансные испытательные установки, основанные на явлении резонанса токов, позволяют существенно сократить энергетические затраты на проведение высоковольтных испытаний емкостных объектов (обмотки статоров генераторов, изоляция кабелей и др.) и являются новым шагом в производстве высоковольтного электрооборудования.

- Список литературы:
- 1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2-е изд., перераб. - М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1982.- 496с.
- 2. ООО «Харьковэнергоприбор» Высоковольтная испытательная установка УИГ-35-400. Руководство по эксплуатации. 2011 г.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО РЕЛЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ

Шимук Д.С., к.т.н., доц.

Харьківська національна академія міського господарства

Излагается построение модели функционирования индукционного реле направления мощности типа РБМ с использованием программы Multisim. В качестве исходных использованы справочные данные по техническим характеристикам реле, на основании которых проведены необходимые расчеты параметров обмоток реле. В качестве источников входных воздействий применены виртуальные источники гармонического тока и напряжения с регулируемой начальной фазой и амплитудой. Выходными сигналами, подлежащими дальнейшей обработке, служат ток обмотки напряжения и ток токовой обмотки реле, для чего используются специально введенные в схемы замещения обмоток шунты. Для моделирования вращающего момента реле использованы пропорциональное и мультипликативное звено, соединенные в соответствующую схему. Значение вращающего момента индицируется с помощью выходного вольтметра электромагнитной системы, способного отражать значение и знак выходного вращающего момента в зависимости от параметров векторов напряжения и тока, подводимых к реле. Так, модель наглядно отражает влияние сдвига фаз между входным напряжением и током на значение выходного вращающего момента реле.

Модель позволяет формировать различные значения угла максимальной чувствительности прибора и изучать угловые и вольтамперные характеристики реле для различных условий его работы. Кроме того, оказывается возможным осуществлять имитационное моделирование поведения реле при различных комбинациях параметров

входных воздействий.

При построении модели использована программа NI Multisim 10.

Область применения модели – учебный процесс при изучении соответствующих тем дисциплины "Релейная защита", а также использование в проектных организациях для изучения поведения направленных релейных защит при возникновении различных повреждений в системах электроснабжения.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ НАПРАВЛЕННОЙ ЗАЩИТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Шимук Д.С., к.т.н., доц.

Харьківська національна академія міського господарства м.Харків,

Рассмотрено построение имитационной модели функционирования максимальной токовой направленной защиты параллельных кабельных линий 10 кВ на основе программы Multisim. Модель учитывает параметры сопротивлений кабельных линий, внутреннее сопротивление питающей системы, собственные параметры индукционного реле направления мощности.

Целью настоящей модели является изучение влияния параметров сети и реле направления мощности на значение мертвой зоны направленной защиты.

Параметры кабельной линии и системы заданы соответствующими индуктивными и активными сопротивлениями. Для имитации работы трансформаторов тока использованы управляемые током источники тока, коэффициенты передачи которых соответствуют значениям коэффициентов передачи реальных трансформаторов тока. Для моделирования трансформатора напряжения использован управляемый напряжением источник напряжения с соответствующим коэффициентом передачи. Моделирование трехфазных КЗ осуществляется установкой управляемых контактов в различных местах схемы.

Модель функционирования реле направления мощности реализована на основе положений, изложенных в предыдущем докладе.

Модель позволяет изучать влияние места возникновения КЗ на значения токов короткого замыкания в сети и напряжение на приемном конце линий, контролировать направление протекания мощности КЗ относительно шин подключения потребителей. Кроме того, имеется возможность получения необходимых данных для построения векторной диаграммы ток и напряжения реле, выявления зоны срабатывания и заклинивания реле. Приводятся необходимые расчетные материалы для определения длины мертвой зоны защиты и показана адекватность результатов предлагаемой модели традиционным методикам. Основное преимущество данной модели – возможность одновременного получения полного объема числовой информации о параметрах и взаимосвязи

процессов, происходящих в объекте моделирования при возникновении КЗ.

ПОЛІПШЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ФІЛЬТРОКОМПЕНСУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

Ковальов В.М., к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства

Фільтрокомпенсуючі пристрої призначені для поліпшення електромагнітної сумісності характеристик вентильних перетворювачів (ВП) і живлячих електромереж [1]. Серед багаточисельних аспектів проблеми електромагнітної сумісності ВП і живлячої мережі найбільш важливим є комплекс питань, пов'язаних з компенсацією реактивної потужності і мінімізацією гармонік струму. Технічним засобом рішення цієї задачі можуть бути фільтрокомпенсуючі пристрої (ФКП).

Статичний ФКП є пасивний двополюсник, що складається з конденсаторів, реакторів, резисторів і підключається до мережі на вході перетворювача. Призначення конденсаторів, як і в системах із споживачами синусоїдального струму, - компенсація реактивної потужності перетворювача. Реактори використовуються для створення резонансних ланцюгів, що шунтують опір системи і ослабляють тим самим вплив гармоніки струму ВП на форму кривої напруги живлячої мережі. При цьому послідовне з'єднання реактора і конденсатора збільшує реактивну потужність основної частоти, що видається конденсатором, оскільки зростає струм компенсуючого ланцюга.

Найбільш простою схемою ФКП можна вважати батарею конденсаторів, що підключається безпосередньо до мережі. Основне призначення конденсаторів — компенсація реактивної потужності. З іншого боку, конденсатор є фільтром вищих гармонік струму, оскільки його опір зменшується із зростанням частоти. В той же час використовувати цю властивість природної характеристики опору конденсатора для демпфування гармонік струму ВП можна лише за певних умов. Якщо частота резонансу струмів збігається з частотою однієї з гармонік струму ВП, відбувається резонансне посилення гармонік напруги і струму в живлячій мережі. Щоб ослабити наслідки резонансних явищ на частотах спектру гармонік струму ВП, бажано встановлювати ФКП з високою добротністю. В більшості випадків ФКП встановлюють між 5-ою і 13-ою гармоніками, тобто в області найбільш потужних гармонік струму. Тому щоб уникнути неприпустимого спотворення напруги і перевантаження конденсаторів доводиться обмежувати потужність ВП, що підключаються.

Таким чином, само по собі наявність ВП в системі електропостачання ще не є достатньою причиною для відмови від прямого підключення конденсаторів до живлячої мережі.

Інша відносно проста схема ФКП — послідовне з'єднання конденсатора і реактора. Перевага схеми — можливість обмеження області частот,

оскільки тільки в даному діапазоні частот опір ланцюгу має ємнісний характер.

До недоліків схеми слід віднести її порівняно невеликі фільтруючі можливості, оскільки ефективно фільтрується тільки одна гармоніка, і значні втрати на основній частоті, обумовлені протіканням повного струму компенсації через активні опори ланцюга. У тих випадках, коли один резонансний ланцюг не забезпечує необхідної форми кривої напруги мережі, реактивна потужність конденсаторної батареї розподіляється між декількома паралельними резонансними ланцюгами. Кількість резонансних ланцюгів залежить від співвідношення потужностей системи і ВП, схеми і коефіцієнта потужності перетворювача, реактивної потужності ФКП. Зазвичай для 6-пульсних ВП вистачає двох ланцюгів, налаштованих на 5-у і 7-у гармоніки, для 12-пульсних — чотири, налаштованих на 5-у, 7-у, 11-у і 13-у гармоніки. Необхідність резонансних ланцюгів 5-ої і 7-ої гармонік при 12-пульсному перетворенні викликана наявністю цих гармонік в струмі ВП з причини розбалансу керуючих імпульсів двох мостів, що управляють. У практичних розрахунках максимальне значення струму 5-ої гармоніки приймається близько 2,5%, 7-ої — близько 1,7% струму основної частоти.

Спільний недолік всіх структур ФКП з налагодженими резонансними ланцюгами — занадто слаба фільтрація високих частот, які роблять негативний вплив на системи управління, системи радіозв'язку, обчислювальні комплекси.

Для поліпшення якості фільтрації в області високих частот паралельно резонансним ланцюгам може підключатися конденсатор. Фільтрація всіх гармонік і області вище за частоти налаштування резонансних ланок забезпечується тільки в тому випадку, якщо частота, відповідна положенню цього полюса, менше частоти гармоніки, наступної за частотою налаштування фільтру вищої гармоніки. Якщо розглядувати паралельний конденсатор просто як доповнення до фільтрів мінімальної вартості до необхідної реактивної потужності, то дана умова може виявитися невиконаною, що приведе до резонансних посилень гармонік у високочастотній частці спектру.

Література

1. Добрусин Л.А., Павлович А.Г. Влияние конденсаторов в составе фильтрокомпенсирующего устройства на синусоидальность напряжения сети. -Электричество, 1975, №12, с. 71-74

ПРО ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ З ВЕНТИЛЬНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

Ковальов В.М., к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства

Електромагнітна сумісність електроспоживачів це їх здатність функціонувати без негативного впливу на режим роботи електромережі взагалі, і на режим роботи інших електроспоживачів, зокрема. Головні показники електромагнітної сумісності між електроспоживачем та

електромережею є коефіцієнт корисної дії (ККД), який характеризує режим перетворення електроспоживачем електроенергії в роботу і коефіцієнт потужності, який характеризує режим передачі реактивної потужності електромережею. В теперішній час стає все більш масовим використання вентильних перетворювачів (ВП) в різних галузях промисловості та електротранспорту завдяки їх експлуатаційним та технологічним характеристикам. Але при цьому ВП, з одного боку, зменшують ККД і електромережі і окремого електроспоживача, а з іншого – створюють складність компенсації реактивної потужності, тобто, підвищення коефіцієнта потужності електромережі взагалі і електроспоживача зокрема.

Одним з широко вживаних засобів зменшення впливу ВП на інших споживачів є їх відособлення, тобто живлення вентильних навантажень від окремих трансформаторів або окремих обмоток розщепленого трансформатора. У таких мережах можна допустити значні відхилення від вимог міждержавного стандарту ГОСТ 13109-97 за умови, що ВП сконструйовані з врахуванням цих відхилень. Такий варіант технічного рішення дозволяє зменшити витрату дефіцитного силового електроустаткування.

Живлення від спільної мережі тиристорних електроприводів і асинхронних двигунів сприяє підвищенню стійкості інверторних режимів при короткочасних перервах електропостачання, але вимагає дотримання жорсткіших норм якості електроенергії, встановлених для двигунів. Ефективним засобом збереження високої якості електроенергії в мережі, що живить споживач з ВП, є збільшення потужності короткого замикання в точці приєднання перетворювачів. Проте для його ширшого використання необхідне створення комплектних розподільних пристроїв, що розміщуються в звичайних електротехнічних приміщеннях з граничною потужністю високовольтних вимикачів, що відключається, порядку 1000 МВт замість існуючих вимикачів з потужністю, що відключається до 500 МВт.

Для компенсації швидкозмінних коливань реактивної потужності і відповідного зменшення коливань напруги знаходять вживання швидкодіючі синхронні компенсатори. У ряді випадків ефективність їх використання знижується із-за необхідності встановлювати в живлячих лініях реактори для обмеження аварійних струмів відповідно до відключаючої здатності вимикачів, використовуваних в комплектних розподільних пристроях. Синхронні компенсатори типу СК-10000-8, застосовані на прокатних станах, часто виходять з ладу із-за низької динамічної стійкості лобових часток їх статорах обмоток до дії струмів прямого короткого замикання і вимагають виконання 2 рази в рік трудомістких робіт по перепресуванню обмоток.

Зменшення поштовхів активної потужності і підвищення надійності електропостачання при короткочасних порушеннях в живлячих мережах може бути досягнуто за допомогою асинхронних двигунів подвійного живлення з циклоконвертером у колі живлення ротора і з маховиком на валу.

Іншим шляхом зменшення негативного впливу ВП можливо при переході від схеми симетричного управління кутом керування ВП до схеми несиметричного управління досягається зниження споживаної реактивної

потужності і несинусоїдальності напруги, хоча несинусоїдальність струму може зростати. Можливе почергове управління кутом керування ВП в силовій схемі тиристорного випрямляча з послідовно сполученими 12-пульсними паралельними тиристорними мостами з двоякірними двигунами постійного струму. Для збільшення його ефективності потрібно було понизити мінімальні кути управління ВП з 30° до 5° . Такі рішення можна рекомендувати і для подальшого використання. У тих випадках, коли послідовне з'єднання ВП недоцільно, наприклад при випрямленій нарузі до 1000 В, але можливе їх паралельне з'єднання, раціональним може опинитися почергове і несиметричне управління групами мостових перетворювачів, а також регулювання зрівняльного струму у функції струму навантаження з метою зменшення або уповільнення змін споживаній реактивній потужності.

Для зменшення вмісту вищих гармонійних силові схеми потужних ВП доцільно виконувати 12-пульсними за рахунок паралельного з'єднання трифазних мостів, що живляться від обмоток трансформаторів із з'єднанням обмоток в "зірку" і "трикутник". В силових схемах ВП великої потужності отримують 28-пульсний і 48-пульсний режими випрямлення використанням схем 12-пульсних ВП. Існує думка про недоцільність збільшення пульсності випрямляча вище 12, оскільки асиметрія імпульсів управління не дозволяє виключити із струмів на вході ВП гармоніки 11 і 13.

Згідно економічним дослідженням ускладнення силової схеми ВП не завжди дозволяє обмежити їх шкідливу дію відповідно до норм, але у більшості випадків це економічно виправдано, оскільки дозволяє якщо не виключити, то істотно понизити витрати на досить дорогі зовнішні засоби компенсації реактивної потужності.

Література

1. Лабунцов в.А. Научно-технические проблемы преобразовательной техники.-Электричество, 2005,№5,с. 5-9
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергия,1974. 184 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СПОЖИВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З НЕЗАЛЕЖНИМ ЗБУДЖЕННЯМ ЗА УМОВ ЗМІНИ КУТА КЕРУВАННЯ.

Рум'янцев Д.В.

Харківська національна академія міського господарства

Реактивна потужність – частка споживаної електроприводом енергії, що циркулює між ним і джерелом не перетворюючись у роботу теплову і механічну. Вона створює втрати потужності у лініях електропередачі, мережних трансформаторах. Якщо уникнути цих втрат можна збільшити обсяг передавання корисної енергії (тобто активної). Тому її визначення є актуальною задачею з метою розрахунку компенсуючих пристроїв.

На науково дослідній базі кафедри „Електропостачання міст” було проведено серію експериментів, основною метою яких було визначення залежності реактивної потужності від зміни кута керування, пульсності СІФК

та індуктивності якiрного кола. В результатi були отриманi даннi якi наведенi нижче.

Проводилися дослiдження для двох схем: схеми Мiткевича та схеми Ларiонова (вiдповiдно пульснiсть $m=3$, $m=6$), та значень iндуктивностi якiрного кола двигуна $X_{як}=X_{я}=1,64$ Ом. З застосуванням зворотнього дiоду.

За результатами експериментiв були отриманi полiномiальнi залежностi реактивної потужностi вiд кута керування(α).

Таблиця 1- Полiномiальнi залежностi.

Вихiднi данi	Тип схеми живлення	$Q=f(\alpha)$
$X_{як}=1,64$ Ом	$m=3$	$Q_{зд} = -0,0015\alpha^3 + 0,6836\alpha^2 - 105,36\alpha + 5517,4$
$X_{як}=1,64$ Ом	$m=6$	$Q_{зд} = 0,0056\alpha^3 - 2,3518\alpha^2 + 321,42\alpha - 14029$

За допомогою наведених полiномiв можна визначити величину споживаної реактивної потужностi для будь якого кута керування, що може стати у нагодi при виконаннi iнженерних розрахункiв компенсуючих пристроiв.

Розрахунок споживаної реактивної потужностi при рiзних кутах керування наведено у таблицi:

Таблиця 2 - Реактивна потужнiсть для кутiв керування, що використовувалися при проведеннi вимiрювань($m=3$).

Кут керування	Значення Q (вимiряне)	Значення Q (розраховане)
162	44,88	38,56
144	93,21	85,01
126	101,5367	100,66
108	271,86	227,13

Таблиця 3 - Реактивна потужнiсть для кутiв керування, що використовувалися при проведеннi вимiрювань($m=6$).

Кут керування	Значення Q (вимiряне)	Значення Q (розраховане)
162	179,89	210,31
144	196,69	205,92
126	418,23	331,67
108	360	305,02

Як видно з розрахункiв має місце достатньо висока розбiжнiсть даних отриманих в результатi експерименту, та отриманих залежностей (0,9% ÷ 26%), але це може характеризуватися параметрами схеми керування та вимiрювальними пристроями.

ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ДПС З НЗ ЗА УМОВ ЗМІНИ КУТА КЕРУВАННЯ, ПУЛЬСНОСТІ СІФК.

Рум'янцев Д.В.

Харківська національна академія міського господарства

Трифазні тиристорні електроприводи постійного струму (ТЕП) у силу своїх конструктивних особливостей, тобто велику індуктивну складову споживаного їми електричного струму потребує компенсації реактивної потужності задля розвантаження живлячих мереж. На сьогоднішній день ця проблема стає дуже актуальною у зв'язку з загальним курсом на економію енергоресурсів.

На науково дослідній базі кафедри „Електропостачання міст” було проведено серію експериментів, основною метою яких було визначення залежності коефіцієнта потужності від зміни кута керування, пульсності СІФК та індуктивності якірного кола.

Для дослідження була зібрана схема (рис. 1). Схема має у собі тиристорний перетворювач з можливістю зміни пульсності схеми випрямлення (використовувались схеми Ларіонова та Міткевича).

Схема Експериментальної Установки



Специфікація :

PV1, PV2 – вольтметри магнітоелектричної системи

PV3 – вольтметр електромагнітної системи

РА2, РА4 – амперметри магнітоелектричної системи

РА1, РА3, РА5 – амперметри електромагнітної системи

PW – ватметр

Ф1 – Ф3 – фазометри

G – двигун постійного струму з незалежним збудженням

Lдр – дросель зі змінною індуктивністю

VS1 – VS6 – тиристори

Рис. 1. Схема експериментальної установки для схеми Ларіонова

За експериментальними даними були отримані поліноміальні залежності коефіцієнта потужності від кута керування(α).

Вихідні дані	Тип схеми живлення	$K_m=f(\alpha)$
$X_{як}=1,64$ Ом	m=3	$K_m = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha^3 - 0.0005 \cdot \alpha^2 + 0.0474 \cdot \alpha - 0.6907$
$X_{як}=20,39$ Ом		$K_m = -1 \cdot 10^{-7} \cdot \alpha^4 + 6 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^3 - 0.146 \cdot \alpha^2 + 1.4844 \cdot \alpha - 54.73$
$X_{як}=1,64$ Ом	m=6	$K_m = 6 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha^3 - 0.0026 \cdot \alpha^2 + 0.3394 \cdot \alpha - 13.94$
$X_{як}=20,39$ Ом		$K_m = -6 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha^3 + 0.0023 \cdot \alpha^2 - 0.2969 \cdot \alpha + 13.78$

За допомогою наведених поліномів можна визначити величину коефіцієнта потужності для будь якого кута керування.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЦЕЛЯХ УЛУЧШЕНИЯ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ И УМЕНЬШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ

Рощубкин П.В., Войчун А.А., Виноградов А.А., к.т.н., проф.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

Для поддержания уровней напряжения в допустимых пределах используют различные методы, которые можно разделить на 2 группы: не требующие затрат на установку специальных регулирующих устройств и связанные с установкой таких устройств.

Первая группа мероприятий включает в себя:

1. Рациональное построение системы электроснабжения (применение повышенного напряжения для линий, питающих предприятие, применение глубоких вводов, применение трансформаторов с оптимальным коэффициентом загрузки, применение токопроводов для распределительных сетей и т.д.)
2. Правильный выбор ответвлений обмоток у трансформаторов, имеющих устройство переключения обмоток без возбуждения (ПБВ).
3. Использование перемычек на напряжение до 1 кВ между цеховыми трансформаторами.
4. Снижение сопротивления системы внутризаводского электроснабжения включением на параллельную работу трансформаторов ГПП.
5. Регулирование напряжения генераторов собственных источников питания предприятия.
6. Использование регулировочных возможностей синхронных электродвигателей.

Ко второй группе мероприятий по регулированию напряжения относятся:

1. Установка на ГПП трансформаторов, имеющих устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РНП);
2. Применение компенсирующих устройств;
3. Применение специальных регуляторов напряжения.

Падение напряжения зависит то электрических нагрузок на линии, сечением провода и длины фидера.

Для обеспечения нормального уровня напряжения по всей длине ЛЭП в настоящее время применяются следующие способы:

- Реконструкции ВЛ с увеличением сечения провода и сохранением уровня напряжения;
- Повышение номинального напряжения;
- Установка конденсаторных батарей у потребителя для снижения потоков реактивной мощности;
- Установка вольтодобавочных трансформаторов для автоматического поддержания нормального уровня напряжения в линии.

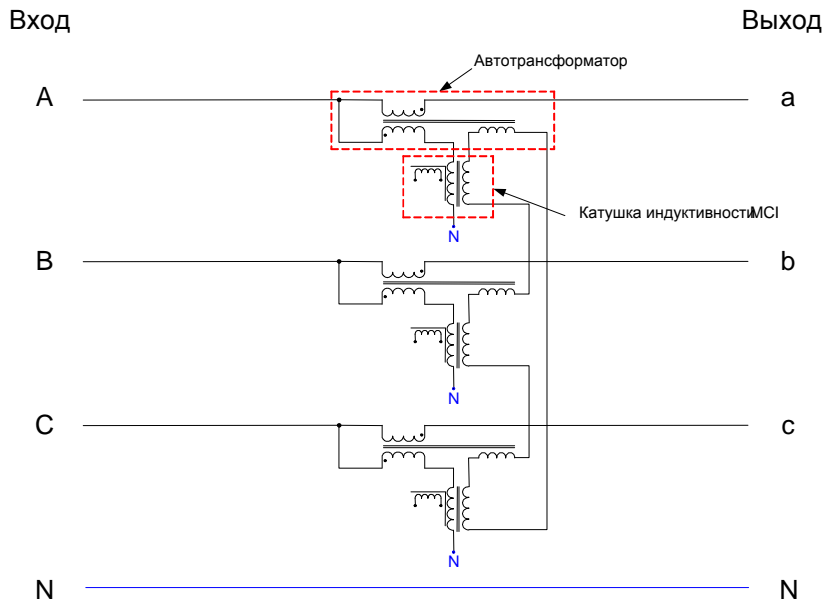
Реконструкция ВЛ предусматривает замену опор, провода и линейной арматуры, что ведет к значительным финансовым и временным затратам. Так как большинство линий еще находится в нормальном физическом состоянии и срок эксплуатации еще не прошел то это приведет к большим и не обоснованным затратам. Однако в условиях кризиса сетевые предприятия не всегда могут провести плановую реконструкцию распределительных сетей 0,4 кВ.

Для повышения напряжения ВЛ необходимо будет замена трансформатора на питающем ЦП и замена трансформатора на подстанции у потребителя, что также требует больших вложений и существенных затрат времени.

Установка вольтодобавочных трансформаторов обеспечивает регулировку напряжения в пределах 20% и не требует столь больших затрат, по сравнению с реконструкцией ВЛ. Монтаж и пуско-наладка не требует длительного времени и могут происходить без отключения потребителей.

Вольтодобавочный трансформатор - электрический трансформатор с переменным коэффициентом трансформации, включаемый своей вторичной обмоткой последовательно в цепь вторичной обмотки другого (основного) трансформатора для регулирования или стабилизации напряжения в цепи нагрузки.

Принцип работы ВБТ основан на принципе автотрансформатора (рис.1)



В цепь первичной обмотки автотрансформатора включена катушка с изменяемой индуктивностью, состоящая из основной обмотки и обмотки управления.

Вольтодобавочные трансформаторы позволяют решить ряд проблем, связанных с обеспечением качественного, надежного и безопасного электроснабжения:

автоматическое выравнивание напряжения в электросети 220В за местом установки стабилизатора;

устранение несимметрии напряжения на участке сети за местом установки устройства;

увеличение токов на поврежденной фазе при замыкании ее на землю в глухозаземленной сети 0,38кВ, что обеспечивает быстрое и гарантированное перегорание предохранителя или отключение автомата, что способствует повышению безопасности;

снижение опасных последствий отгорания нулевого проводника;

возможность монтажа в сжатые сроки для оперативного решения вопроса обеспечения качества электроэнергии, а также многократного использования.

Основные преимущества таких трансформаторов является:

- Отсутствие движущихся деталей и полупроводников в силовой цепи – только медь и железо
- 3-фазное исполнение
- Повышение напряжения до 20% (заданное фазное напряжение, как правило, 230 В)
- Быстродействие. Асимметрия устраняется обычно за 1-2 периода, напряжение повышается за 200 мс
- Установка на опоре или на земле. Степень защиты обеспечиваемой оболочкой - IP54
- Функция байпас обеспечивает непрерывность электроснабжения в аварийных режимах
- Простая установка (за 4 часа)

- Полный установленный срок службы 20 лет, соответствует требованиям надежности по ГОСТ 27.003
- Предусмотрена защита от перенапряжения как в устройстве так и при установке в линии

Размещение ВДТ следует выполнять с учетом максимальной нагрузки потребителя и соответствия мощности ВДТ, учитывать протяженность участка ВЛ и потери напряжения.

Сейчас средний износ сетей составляет 65%. Значительное количество оборудования уже выслужило нормативный срок. На этом фоне продолжается рост потребляемых мощностей. Изношенные сети не справляются с таким ростом. В результате – снижение качества электроснабжения удаленных потребителей. Особо остро эти проблемы проявляются в сельских районах, где протяженность линий 0,4 кВ велика.

Сетевые предприятия заинтересованы в устранении проблемы недостаточного напряжения сразу, не накапливая жалобы потребителей. Выход один – реконструкция отслуживших свой срок ВЛЭП. Однако в условиях кризиса сетевые предприятия не всегда могут провести плановую реконструкцию распределительных сетей 0,4 кВ.

СТАТКОМ. ДОСТОИНСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Коржова А.В., Сарайкин И.С., Виноградов А.А., к.т.н., проф.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В настоящее время в энергетических системах многих развитых стран мира успешно эксплуатируются поперечные компенсирующие устройства, позволяющие обеспечивать плавное регулирование потоков реактивной мощности с возможностью перехода из режима максимальной генерации в режим максимального потребления реактивной мощности и наоборот. Такими устройствами являются статические синхронные компенсаторы (СТАТКОМ), статические тиристорные компенсаторы (СТК), а также комплексы батарей статических конденсаторов (БСК) совместно с управляемыми шунтирующими реакторами (УШР).

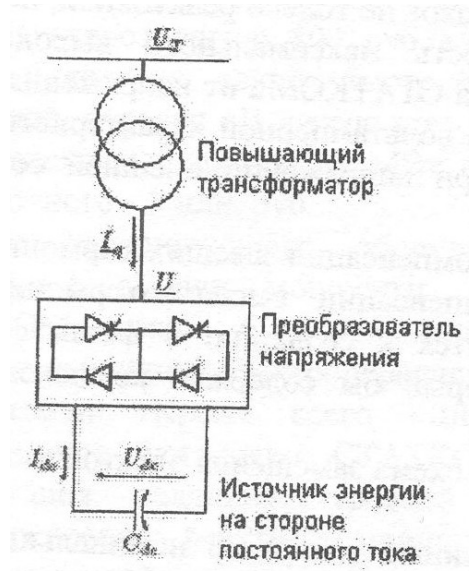


Рисунок 1 - Статический синхронный компенсатор (СТАТКОМ)

На рисунке 1 изображен СТАТКОМ, который представляет собой поперечно подключаемый в систему статический синхронный генератор, работающий в режиме статического компенсатора, управление реактивной мощностью которого осуществляется независимо от напряжения сети переменного тока.

Он обеспечивает поддержание заданных уровней напряжения посредством генерации или потребления реактивной мощности в точке его присоединения, при этом не требуется установки ни реакторов, ни батарей конденсаторов.

Основные преимущества СТАТКОМ по сравнению с СТК и БСК+УШР:

- лучшее быстродействие, которое не превышает 10 миллисекунд, а следовательно, лучшее обеспечение динамической устойчивости генераторов станций, а также устойчивости потребителей в аварийных и послеаварийных режимах;

- возможность перспективного объединения с источником активной мощности на стороне постоянного тока в целях оптимизации распределения потоков не только реактивной, но и активной мощности;

- независимость максимального выходного (емкостного или индуктивного) тока СТАТКОМа от напряжения сети переменного тока, как отображено на вольтамперной характеристике. Работа СТАТКОМа возможна даже при напряжении внешней сети на уровне 15 % от номинального;

- возможность компенсации высших гармоник в узле электрической сети. Задача компенсации высших гармоник в сети с помощью СТАТКОМ сводится к созданию в фазах сетевого трансформатора такого тока, который бы содержал компенсационные составляющие высших гармоник.

«Т-образная» схема замещения электрической сети. Тестовая схема включала:

- синхронный генератор номинальным напряжением 10 кВ, мощностью 50 МВт, подключенный к внешней сети через повышающий трансформатор 220/10 кВ мощностью 63 МВА;

- трехфазный источник бесконечной мощности с напряжением 220 кВ;
- потребителя с нагрузкой 100-140 МВА напряжением 10 кВ, подключенный к внешней сети через повышающий трансформатор 220/10 кВ мощностью 125 МВА;
- две ЛЭП 220 кВ, связывающие потребителя с источниками питания;
- СТАТКОМ мощностью 120 МВАр.

Экономический эффект от установки СТАТКОМ определяется не только снижением ущерба в аварийных режимах, но и возможностями снижения потерь электрической энергии в нормальных режимах. Установка СТАТКОМа может быть экономически целесообразной как для производителей, так и для потребителей электрической энергии, а также сетевых организаций.

ГРУППЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ГОРОДОВ

Виноградов А.А., к.т.н., проф., Черных С.С.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

Основными группами потребителей электроэнергии городов являются: промышленные предприятия, коммунально-бытовые потребители, электрифицированный транспорт.

Промышленные предприятия потребляют от 30 до 70 % вырабатываемой электроэнергии, а мощности их могут достигать несколько сотен ват (чёрная металлургия) но в основном мощность предприятий варьируется от 10-100 МВт. Основными электрическими приёмниками данных предприятий являются двигатели с короткозамкнутым ротором, у которых при пуске вырабатывается большой ток, и они в свою очередь потребляют большую реактивную мощность, в связи с этим применяются компенсирующие устройства. Потребители данной категории относятся к 1-2 группам категории надёжности электроснабжения, которые питаются от двух независимых источников питания. В зависимости от количества смен, которые работают на предприятии, делаются графики нагрузки, на которых можно посмотреть потребление мощностей в течение суток пример рис.1. Продолжительность использования нагрузок зависит от количества смен и составляет 4500-5500 ч/год – для 2-сменных и 7500-8500 ч/год для 3 сменных предприятий.

К коммунально-бытовым потребителям относят: жилые, общественные здания, здания здравоохранения, магазины, учебные научные заведения и т.д. Электрические приёмники данных групп разнообразны по нагрузке. Большая часть потребителей относится ко второй группе категории надёжности, где перерыв разрешён на время оперативного переключения. Основные приборы это нагревательные, приборы освещения приборы электронного типа, холодильники кондиционеры и т.д. Установленные мощности для квартир с газовыми плитами 25 кВт, квартиры с электроплитами 40 кВт. Продолжительность использования наибольших

нагрузок составляет 4500-5000 ч/год.

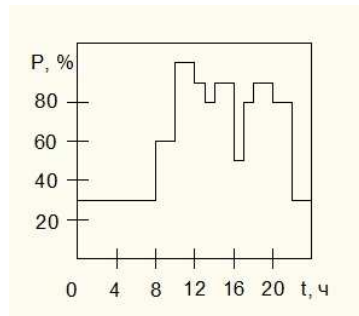


Рис. 1 – Суточный график активных нагрузок двухсменного промышленного предприятия

Электрифицированный транспорт. Подстанции городского электротранспорта располагаются на территориях городов и являются потребителями городских сетей. Нагрузки подстанций зависят от объёма перевозок и находятся в пределах 15 -50 МВт. ПС трамвая и троллейбуса питающиеся при напряжении 6-20 кВ, находятся в пределах от 0,5-3 МВт. Потребители данной группы относятся к первой категории надёжности электроснабжения. Продолжительность использования нагрузок 5000-5500 ч/год.

Список использованных источников

1. Основы современной энергетики: учебник для вузов : в 2 т./под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 4-е изд, перераб. И доп. – М. :Издательский дом МЭИ, 2008.
Том 2. Современная электроэнергетика / под . ред. Профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строев. – 632 с., ил.
2. Электроснабжение и электрооборудование жилых и общественных зданий / В.И. Григорьев, Э.А. Киреева, А.П. Минтюков и др. М.: Энергаториздат, 2003.

КОЛИВАННЯ ПРОВІДІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Дьяков Є.Д., к.т.н., Гордєєва Т.С.

Харківська національна академія міського господарства

Повітряні лінії (ПЛ) електропередачі є найбільш уразливою ланкою енергосистеми так як піддані впливу різних кліматичних факторів. При цьому на лініях спостерігаються такі явища, які отримали назву «пляска» і «вібрація» проводів. Відповідно до ПУЕ під пляскою проводів (тросів) мається на увазі стійкі періодичні низькочастотні (0,2-2 Гц) коливання проводу (троса) у прольоті з однобічним або асиметричним відкладенням ожеледі (мокрого снігу, паморозі, суміші), що викликаються вітром швидкістю 3-25 м / с і утворюють стоячі хвилі, іноді в поєднанні з бегущими, з числом напівхвиль від однієї до двадцяти й амплітудою 0,3-5 м. Вібрація проводів або тросів - це періодичні коливання проводу (троса) у прольоті із частотою від 3 до 150 Гц, що відбуваються у вертикальній площині при вітрі й утворюючі стоячі хвилі з розмахом, який може перевищувати діаметр проводу (троса) [1].

Дані явища можуть супроводжуватися схлестуванням проводів, механічним руйнуванням ізоляторів, а в деяких випадках і пошкодженням

опор. Все це знижує надійність роботи енергосистеми і призводить до великих матеріальних витрат на ремонт і відновлення ліній. Вивчення даних явищ проводилося багатьма фахівцями і знайшло своє відображення в різних публікаціях. Так в ВНДІЕ були розроблені методичні вказівки по типовому захисту від вібрацій і субколивань проводів і грозозахисних тросів ПЛ напругою 35-750 кВ [2]. У даному документі наголошується, що найбільш поширеними видами коливань проводів, що викликаються вітром без ожеледі, є вібрація, часто звана еоловою і колювання проводів розщеплених фаз, що викликаються дією аеродинамічного сліду і звані субколюваннями. Під еоловою вібрацією або просто вібрацією мається на увазі колювання проводів у вертикальній площині які викликаються вітром і утворюють на довжині прольоту стоячі хвилі. Ділянки стоячих хвиль, де провід здійснює найбільші відхилення від положення рівноваги, називаються пучностями, а точки, де провід здійснює тільки кутові колювання - вузлами.

Причиною виникнення вібрації є вплив на провід поперечно спрямованого аеродинамічного потоку зі швидкістю від 0,6 до 7 м / с. В результаті цього за проводом періодично виникають вихрові рухи повітря. Виникаючі за проводом вихори несуться повітряними потоками, сприяючи утворенню наступних вихорів з протилежним напрямком обертання. Швидкість повітряного потоку з двох сторін проводу стає різною. Відповідно до закону Бернуллі більшій швидкості відповідає менший тиск і навпаки. При утворенні наступного вихору, із зворотним напрямком обертання, виходить зворотне співвідношення швидкостей потоку. В результаті періодичного утворення вихорів на провід періодично впливають то зверху, то знизу імпульси сили. Коли частота таких імпульсів збігається з однією з власних частот натягнутого в прольоті проводу, виникає його вібрація. Інтенсивність колювань збільшується до тих пір доки не настане рівновага між тією енергією, яка передається вітром і тією енергією, яка втрачається в наслідок колювання проводу. Імовірність виникнення такої вібрації залежить від конструктивних параметрів лінії, величини стріли провисання, напрямку вітру і т.д. Збільшення тяжіння проводів, перехід траси лінії через великі водні перешкоди, розташування проводів на значній відстані від поверхні землі сприяє підвищенню імовірності виникнення вібрації.

Субколювання виникають під дією вітру в горизонтально розташованих проводах розщепленої фази на ділянках між сусідніми внутрішньо-фазовими дистанційними розпірками, які називаються підпрольотами. Причиною виникнення цих колювань є потрапляння підвітренного проводу в турбулентний аеродинамічний потік, який виникає за навітраним проводом. Швидкість вітру, що викликає такі колювання знаходиться в діапазоні від 7 до 18 м / с. Інтенсивність колювань може змінитися у разі відкладення на проводах у вигляді паморозі, ожеледиці або під час дощу. Як правило, субколювання мають одну півхвилю в прольоті. Однак зустрічаються колювання з двома і більше напівхвилями в підпрольоті.

Крім розглянутих причин відомі випадки виникнення колювань проводів під час сильних дощів, при виникненні інтенсивних коронних розрядів, а також внаслідок рвучких вітрів спрямованих під гострим кутом до траси ПЛ.

Найбільший збиток наносять коливання, які виникають в наслідок утворення ожеледі на проводах або при налипанні на них мокрого снігу, що супроводжується різким збільшенням статичних та динамічних навантажень на елементи ПЛ. Як показує досвід експлуатації ПЛ дані коливання, як правило, виникають при однобічних відкладеннях ожеледі або мокрого снігу, коли швидкість вітру спрямованого поперечно до траси ПЛ становить від 6 до 25 м / с. Частота коливань проводу складає 0,2-1Гц і залежить від конструкції лінії, тяжіння проводів в прольоті, швидкості вітру і т.д. Причиною виникнення таких коливань є зміна аеродинамічних властивостей проводу при налипанні снігу або утворенні ожеледі, в наслідок яких при обтіканні його повітряним потоком виникає підйомна сила і крутний момент.

На підставі результатів експериментальних і теоретичних досліджень були розроблені типові методи захисту проводів від вібрації і коливань, які детально розглянуті в [2, 3].

Крім розглянутих слід виділити ще деякі причини, які призводять до виникнення коливань проводів ПЛ. Причому дані коливання мають місце на ПЛ в літній період при відсутності ожеледі та мокрого снігу, тобто при відсутності зміни аеродинамічних властивостей проводу. Виникають вони, як правило, на ПЛ, траса яких проходить в місцях висхідних теплових потоків (водні перешкоди, болотиста місцевість, ріллі і т.д.). Дослідженню причин виникнення цих коливань і способам їх усунення приділяється недостатньо уваги. Однак, постійні пошуки шляхів підвищення пропускної здатності повітряних ліній електропередачі, супроводжується розробкою нових конструкцій проводів, розрахованих на велику щільність струму, у порівнянні з традиційно застосовуваними, що приведе до зміни його температурного режиму. Дані зміни можуть призвести до збудження автоколивань проводу. Дослідження даного процесу доцільно проводити на математичній моделі, з метою встановлення взаємозв'язку між процесами тепловіддачі проводу і частотою його власних коливань.

Література

1. Правила улаштування електроустановок. Глава 2.5. Повітряні лінії електропередачі напругою вище 1кВ.
2. РД 34.20.182-90. Методичні вказівки по типовому захисту від вібрацій і субколивань проводів і грозозахисних тросів повітряних ліній електропередачі напругою 35-750 кВ.
3. Л.В.Яковлев. Пляска проводів на повітряних лініях електропередачі і способи боротьби з нею. – НТФ «Енергопрогрес», 2002. с.96

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Д.В. Бородин, Л.Ю. Клименко

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Качество электрической энергии (КЭЭ) с сетей общего пользования становится всё более актуальной проблемой украинской и постсоветской электроэнергетики в свете гармонизации её с европейской и уже начавшихся изменений в украинском законодательстве [1].

В работе проведен анализ измерений КЭЭ на тяговой подстанции Южной железной дороги, сделан обзор приборов и систем учёта количества и качества электроэнергии.

Измерения КЭЭ выполнялись на секциях шин 110 кВ и 10 кВ с помощью микропроцессорных измерителей ПКЭ «Ресурс-UF2» (Россия). Измерения проводились в течение суток в каждой точке контроля согласно требованиям ГОСТ 13109-97.

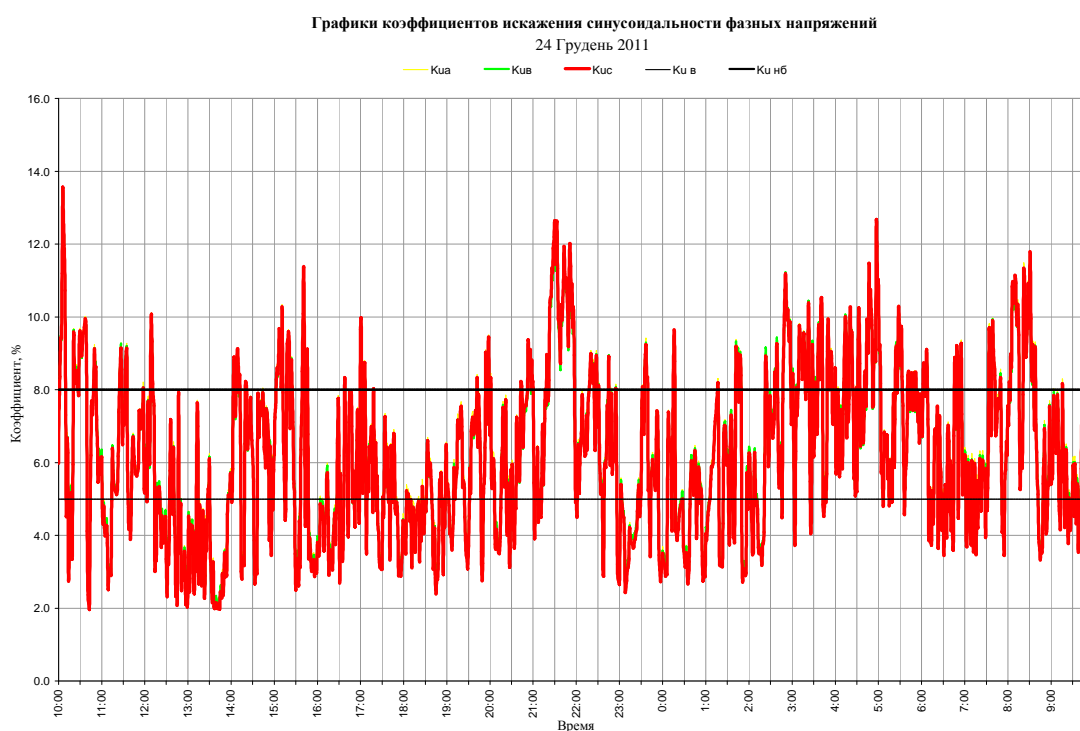


Рис.1 – Несинусоидальность напряжения.

Анализ результатов измерений показал, что качество электрической энергии в целом **не соответствует требованиям** ГОСТ 13109-97, особенно это касается шин 10 кВ, где зафиксирована существенная несинусоидальность во всех фазах, достигавшая 14,5% (рис.1).

Зафиксированы также нарушения по коэффициентам высших гармонических составляющих: значения 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37 гармоник выходили за предельно допустимые границы. Источником гармоник, очевидно, является тяговая сеть переменного тока.

В настоящий момент на рынке средств измерительной техники имеется большое разнообразие измерителей КЭЭ. Особый интерес представляют устройства, совмещающие возможности счётчиков коммерческого учёта электроэнергии и измерителей ПКЭ. Ниже представлена таблица сравнительных

характеристик подобных устройств, внесенных в реестр средств измерений Украины.

Таблица 1.

Характеристика	Тип прибора учёта				
	EM720	A1800	Ресурс Е4	Микрон СЭТ-4ТМ	SL7000 Smart
1	2	3	4	5	6
Производитель	SATEC Ltd	Эльстер Метроника	Энерготехника	НЗиФ	Actaris (Itron)
Номер в Реестре СИТ Украины	У3029-10	31857-06	39583-08	36697-08	У805-04
Номинальное напряжение, В	120-690	57÷380	57/100	57÷400	57÷240
Класс точности: актив/реактив	0,2S/0,5S	0,1S÷2.0 / 0.2S ÷ 2.0	0,2S/0,5	0,2S/0,5 0,5S/1,0	0,2S/0,5 0,5S/1 1/2
Погрешность внутр. часов, с/сутки	±0,16	±0,5	±1	±0,5	н/д
Ном. Ток, А	1 5	1 5	1 5	1 5	1÷10
Потребление фазовое, В·А	До 0,5	3.6	10	0,1+1	0,01+1,9
Измерение текущих параметров сети	P U F I Q S	P U F I Q S φ_I φ_U	P U F I Q S U_{120} I_{120} K_U K_I гармоники I P Q	P U F I Q S $\cos \varphi$	P U F I Q $\cos \varphi$
Архив параметров сети	Журнал событий, Цифровой регистратор аварийных событий с	До 32 величин з интервалом 1÷60 хв	4 журнала событий, все вышеуказанные параметры, осциллограф	3 профиля P, Q+, Q- с интервалом 1÷60 мин, 4 журнала событий	2x8 каналів
Измерение ПКЭ	IEC61000-4-30 class A, статистика соответствия EN50160	Журнал событий: ТНД, небаланс U, провалы U - всего 24 параметра	ПКЭ по ГОСТ 13109-97, параметры тока	ПКЭ по ГОСТ 13109-97, параметры тока	Контроль провалов напряжения
Учёт потерь	Потери в ВЛ, Тр	[опция]	Да	Потери в ВЛ, Тр (ΔP_L ΔP_T)	н/д
Оптопорт (IrDA)	9600 бод МЭК 61107 (IEC 62056-21)	19200 бод МЭК 61107	57600 бод Modbus-RTU МЭК 60870-5-101	9600 бод МЭК 61107	9600 бод МЭК 61107, МЭК 62056-021

1	2	3	4	5	6
Цифровые интерфейсы	RS-232/485, [10BaseT], USB 1.1, GPRS модем, [вход синхр. времени IRIG-B], протоколы Modbus RTU/ TCP, DNP3.0/TCР [МЭК 61850 – 2003]	RS232/485 [RS232 RS485 10BaseT] [GSM+RS485] ANSI Modbus DLMS	RS-232/485; RS-485; 10BaseT; МЭК60870-5-101/104, Ресурс, Modbus HTTP (web-сервер)	2xRS485 протокол СЭТ	RS232 485 [RS232 485] DLMS
Программируемые релейные (имп.) выходы	2 (опция)	До 6	8	4	До 4 + 6 непрогр.
Релейные (дискр.) входы	4	-	4	2	2+4
Резервное питание	NiMH (2,5 часа), вход DC	Ионистор (5±7 год) [~57÷240 В]	Аккумулятор (30 суток), 45÷250 В (~=)	100÷265 В (~=)	LiIon батарея (7 суток)
Цена	н/д	21476÷ 40592 руб. 731 ÷ 1382 \$	36705÷ 37920 руб. 1250 ÷ 1291 \$	16014÷ 18219 руб. 545 ÷ 620 \$	6474 грн 810 \$

Анализ таблицы позволяет сделать вывод, что по техническим показателям лучшими являются «Ресурс Е4» и SATEC EM720, по стоимости наиболее привлекателен «Микрон» СЭТ-4ТМ.03М.

В настоящее время в НЭК «Укрэнерго» в режиме опытной эксплуатации функционируют автоматизированные системы контроля ПКЭ на ПС-330 «Лосево» и «Котовская», оснащенные измерителями SATEC PM175 и программным обеспечением SATEC PAS.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Про внесення змін до Правил користування електричною енергією. Постанова Національної комісії регулювання електроенергетики України від 17 жовтня 2005 року N 910.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Качество электрической энергии в системах электроснабжения: Уч. пособие. Под редакцией О.Г. Гриба. — Харьков, ХНАГХ, 2006. – 272 с.
4. ГП «Укрметрестандарт». Метрология. Информация о средствах измерительной техники, внесенной в государственный реестр Украины. http://www.ukrcsm.kiev.ua/index.php/2009-02-05-07-58-31/index.php?option=com_gosreestr
5. Альфа А1800. Многофункциональный счетчик электрической энергии серии Альфа. Компания Эльстер Метроника. – <http://www.elster.ru>, 2012
6. Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03М, СЭТ-4ТМ.02М. Руководство по эксплуатации. ИЛГШ.411152.145 РЭ. Нижегородский завод имени М.В. Фрунзе. 2008.

СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

В.Г.Ягуп, д.т.н., Е.Я. Ивакина

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Введение в состав выпрямительной установки тяговой подстанции постоянного тока вольтодобавочного управляемого преобразователя позволяет решать вопросы улучшения электромагнитной совместимости с питающей и контактной сетями. При этом улучшения электромагнитной совместимости достигается применением специальных систем автоматического регулирования. Для эффективного применения таких систем требуется достаточно широкая полоса пропускания вольтодобавочного преобразователя. Граничная частота вольтодобавочного преобразователя, построенного на базе управляемого выпрямителя согласно теореме Котельникова зависит от пульсности m

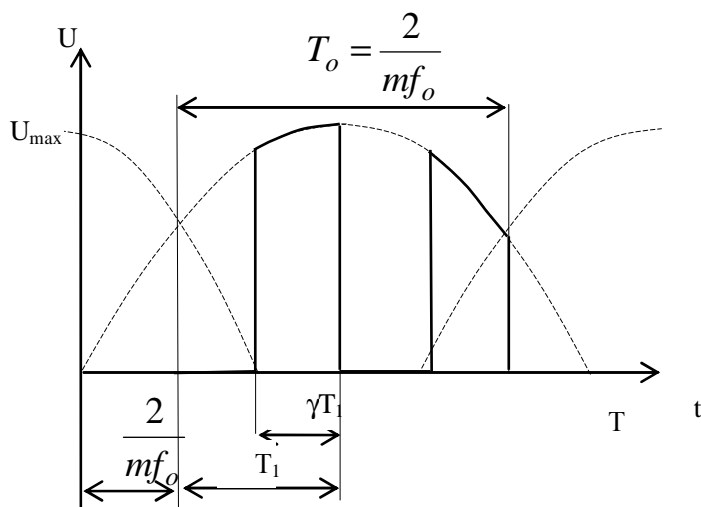
$$f_{zp} = \frac{mf_o}{2} \quad (1)$$

где f_o – частота питающей сети.

Согласно (1) полоса пропускания вольтодобавочного преобразователя может быть расширена либо увеличением пульсности m , либо дополнительными коммутациями на интервале его дискретности.

Динамические свойства управляемого выпрямителя как элемента системы автоматического регулирования достаточно полно исследованы в работе [1].

Применения на интервале дискретности управляемого выпрямителя широтно-импульсной модуляции его выходного напряжения, как это показано на рисунке, изменяет протекание электромагнитных процессов.



Рисунок

Данное обстоятельство ставит задачу дополнительных исследований статических и динамических характеристик вольтодобавочного преобразователя.

Из рисунка следует, что выходное напряжения вольтодобавочного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией представляет собой последовательность

импульсов длительностью

$$F_u = \gamma T_1 \quad (2)$$

где γ – регулируемый параметр, изменяющийся в диапазоне $0 \dots 1$.

Период широтно-импульсной модуляции равен

$$T_1 = \frac{3K}{mf_o}, \quad (3)$$

где $K=1,2,3\dots$

Вершины импульсов выходного напряжения ограничены линейными напряжениями, действующие на соответствующих тактовых интервалах преобразователя.

Статические характеристики $U_d=F(\gamma)$ определяется следующей аналитической зависимостью

$$U_d=F(\gamma)=mU_{dT_0}, \quad (4)$$

В выражении (4) U_{dT_0} представляет собой усредненное на тактовом интервале значение импульсной последовательности

$$U_{dT_0} = \frac{2}{T} \sum_{n=1}^K U_m \sin[\omega(t + \frac{2T}{m})], \quad (5)$$

где $t \in \{(1-\gamma)T_1n; nT_1\}$.

Динамические свойства вольтодобавочного преобразователя определены путем выделения информационной составляющей об отклонениях выходной координаты при бесконечно малых приращениях регулируемого параметра

$$\Delta e_{шшм}[\Delta\gamma(t_u)] = e_{шшм}(\gamma + \Delta\gamma) - e_{шшм}(\gamma) \quad (6)$$

В результате линеаризации уравнения (6) с применением обобщенного дифференцирования [2] показана, что для бесконечно малых приращений вольтодобавочный преобразователь с широтно-импульсной модуляцией представляет собой амплитудно-импульсный модулятор. Модуляция импульсной последовательности пульсационной составляющей выпрямленного напряжения учитывается квантованным во времени возмущающим воздействием.

Список литературы

1. Шипилло В.П. Вентильный преобразователь как элемент системы автоматического регулирования// Электричество.- 1967.-№11.-с.63-70.
2. Розенвассер Е.Н. Периодические нестационарные системы управления.-М.:Наука.- 1973.-511с.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Г.С. Белоха

Донбасский государственный технический университет,

Источники питания можно классифицировать в зависимости от того, какой режим они реализуют: источник питания, источник напряжения или источник мощности.

Вне зависимости от этого к современным устройствам преобразования параметров электрической энергии предъявляются весьма жесткие требования в части реализации быстродействия, диапазона регулирования выходной координаты, малой чувствительности к действию координатных и параметрических возмущений и электромагнитной совместимости с сетью и потребителем.

Целью данной работы является демонстрация возможности построения универсального источника питания, реализующего режимы $I_n = \text{const}$, $U_n = \text{const}$, $P_n = \text{const}$ с релейным управлением при высокой степени электромагнитной совместимости.

В основу работы источника положен принцип объединения принудительного формирования потребляемых из сети токов синусоидальной формы при отсутствии фазового сдвига ($\varphi = 0$) между фазными напряжениями и соответствующими токами и релейного управления вентилями силового активного фильтра и импульсного регулятора.

Релейный принцип управления реализует предельное быстродействие в отработке сигналов задания и инвариантности к действию возмущений. Потребляемые из сети токи сохраняют форму близкую к синусоидальной во всех режимах работы источника.

ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ КОРОТКОЗАМКНУТОЙ ОБМОТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ю.Н. Васьковский, д.т.н., М.А. Коваленко

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Своевременное обнаружение дефектов короткозамкнутой обмотки ротора (КЗОР) асинхронных электродвигателей (АД) является актуальной задачей мониторинга их технического состояния. Особенно это актуально для мощных АД, выполняющих ответственные технологические функции. Решение этой задачи требует применения эффективных методов диагностики и разработки соответствующих диагностических устройств, обладающих достаточной чувствительностью при выявлении дефектов в КЗОР, находящихся на начальной стадии развития. Такую диагностику необходимо проводить при ремонте АД, а также при изготовлении ротора. Среди известных методов диагностики наибольшее распространение получил индукционный метод, основанный на электромагнитном возбуждении токов в

элементах КЗОР и оценке изменения магнитного поля в зоне дефекта с помощью диагностического устройства.

Авторами предложено устройство контроля и диагностики (УКД) КЗОР, позволяющее оценить техническое состояние ротора АД при его ремонте или изготовлении.

С помощью разработанной математической модели были проведены расчетные исследования эффективности УКД на примерах АД различной мощности и габаритов, которые совпадают с результатами экспериментальных измерений. Полученные результаты показали, что значение коэффициента чувствительности оптимизированного УКД при повреждении одного стержня КЗОР лежит в диапазоне значений 1,3...2,2 что полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям и обеспечивает надежную диагностику и выявление повреждений короткозамкнутой обмотки ротора АД.

О ВНЕДРЕНИИ НОВЫХ МАРОК КАБЕЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В УСЛОВИЯХ КРУПНОГО ГОРОДА

В.Н. Гаряжа

Харьковская национальная академия городского хозяйства

При всех достоинствах, ВЛ имеют существенные недостатки, а именно:

- необходимо отчуждение значительных земельных участков;
- сильная подверженность воздействию природных факторов;
- необходимость регулярной расчистки трасс от зеленых насаждений;
- ухудшение архитектурных показателей населенных пунктов.

Уменьшить влияние указанных факторов позволяет применение кабельных линий электропередачи (КЛ). Особенно актуально применение КЛ для крупных городов.

Опыт эксплуатации кабельных электросетей в Харькове составляет около 100 лет. За этот период коренных изменений в технологии монтажа и обслуживания КЛ, а также применяемых изоляционных материалов не происходило. Тем не менее, в 70 годы прошлого столетия возникло новое направление в производстве кабельной продукции связанное с применением пластмассовой изоляции. Достаточно широкое распространение получили кабели с поливинилхлоридной (ПВХ) изоляцией на напряжение до 1000 В марок АВВГ и АВБШВ. Примерно в это же время начали использоваться кабели с полиэтиленовой изоляцией, но, из-за несовершенства технологии, большого распространения они не получили.

Второе «рождение» кабелей с полиэтиленовой изоляцией произошло в начале 80-х годов прошлого столетия, когда была разработана технология производства химически сшитого полиэтилена. Применение данного материала в качестве изоляции позволило увеличить температуру длительно допустимого нагрева жилы кабеля до 90 °С, а номинального напряжения до

110 кВ включительно. Преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена состоят в следующем:

- возможность изготовления кабелей больших сечений вплоть до 1000 мм²;
- упрощение технологии монтажа соединительных и концевых муфт;
- возможность прокладки на неровных и вертикальных участках трассы;
- уменьшение массы кабеля;
- отсутствие необходимости в защите оболочки от воздействия коррозии;
- отсутствие необходимости содержания масляного хозяйства.

Последнее обстоятельство является бесспорным аргументом в пользу применения данных кабелей в сетях 35–110 кВ.

В распределительных сетях 6–10 кВ не все так однозначно. При всех преимуществах имеется ряд недостатков и просто вопросов требующих дальнейшего изучения. Кабели из сшитого полиэтилена пока значительно дороже традиционных, кроме того, в Украине нет единой нормативной базы определяющей требования к эксплуатации данных кабелей. Не решен вопрос по нормам и методам испытаний. Нет однозначного мнения и в вопросе стойкости данных кабелей к длительным перенапряжениям, возникающим при однофазных замыканиях на землю, а, следовательно, не исключена необходимость установки защит, отключающих поврежденную линию при однофазном замыкании на землю, нет четкого решения в вопросе заземления экранов.

Тем не менее, кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена находят все большее применение. В частности в Харькове этому способствует то обстоятельство, что приблизительно 15 % от существующего количества КЛ 6-10 кВ выполнены кабелями марок ААШВ и ААл, на которые приходится примерно 35 % общего числа повреждаемых линий. Такие кабели широко применялись в 70-80 годы при строительстве новых жилых массивов. Их эксплуатация показала, что механическая стойкость защитных покровов очень низкая и даже незначительное повреждение приводит к попаданию влаги на оболочку и дальнейшему быстрому повреждению КЛ. Причиной большинства повреждений являются как недостаточное качество изготовления, так, и не полное соблюдение технологии монтажа и прокладки. Следует отметить, что соблюсти все требования технологии в реальных условиях весьма сложно. В настоящее время эти кабели в Харькове не применяются.

В Харьковских городских электрических сетях (ХГЭС) в последние годы идет плановая замена кабельных перемычек силовых трансформаторов в подстанциях на кабель марки XRUHAKXS из сшитого полиэтилена. За время эксплуатации замененных кабельных перемычек случаи их повреждения не зафиксированы. Указанное обстоятельство в какой-то

степени говорит о перспективности применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Немаловажную роль в повышении надежности кабельных сетей играет применение новых технологий эксплуатации и ремонта. В первую очередь это связано с применением термоусаживаемых муфт, кабельных наконечников для опрессовки, соединительных гильз и наконечников со срывными болтами.

В Харькове с 2003 г. при строительстве новых, а также ремонтах и реконструкции существующих КЛ применяются термоусаживаемые муфты. Они позволяют значительно повысить качество монтажа за счет отсутствия операций, зависящих от человеческого фактора и качества комплектующих (подмотка роликами и рулонами, испытание на отсутствие влаги бумажной изоляции, роликов, рулонов, разогрев комплектов роликов, рулонов, изолирование участков алюминиевых оболочек, примыкающих к муфтами т.д.). Кроме того, значительно сокращается время монтажа.

Применение концевых термоусаживаемых муфт КВТп позволило уменьшить рост повреждаемости КЛ и кабельных перемычек в подстанциях, связанный с выходом из строя концевых битумных и эпоксидных муфт.

В ХГЭС применяются также соединительные термоусаживаемые муфты СТп. Но полностью заменить традиционные свинцовые (СС) они не смогли, так как необходимо выполнять разделку кабеля на значительную длину, что в условиях города в местах насыщенных коммуникациями не всегда возможно. Тем не менее, при строительстве новых и реконструкции существующих КЛ, а также при проведении ремонтов в местах прохождения кабелей в агрессивных средах, сближении с рельсовым транспортом, и в местах, где возможны подвижки грунта практически всегда используются муфты СТп. Еще одним преимуществом муфт СТп и КВТп является отсутствие пайки.

Важным фактором повышения надежности КЛ может быть применение современных методов диагностики состояния изоляции и поиска мест повреждения без прожига изоляции. Эти методы существенно сокращают время поиска, его энергоемкость и являются более щадящими для изоляции кабеля.

Выводы

В современных условиях в больших городах целесообразно применение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, для чего необходима разработка нормативной документации. Одновременно следует шире применять новые технологии эксплуатации и ремонта КЛ.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА «MAXWELL» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВАКУУМНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ

А.А. Гилёв, к.т.н., В.С. Миронов

Севастопольский национальный технический университет

В настоящее время в выключателях среднего напряжения скорость перемещения подвижной части аппарата вместе с контактом лежит в пределах 0,8...1 м/с, что обусловлено низким быстродействием штатно выпускаемых приводов.

Повышение быстродействия привода и всего аппарата в целом улучшает условия коммутации, снижает вероятность повторного зажигания дуги и дает возможность осуществления синхронной коммутации.

В лаборатории электрических аппаратов Севастопольского национального технического университета разработан ряд комбинированных быстродействующих приводов на базе индукционно-динамических механизмов в сочетании с электромагнитными, либо с постоянными магнитами.

В результате проведенных расчетов были получены графики перемещения подвижной части аппараты и изменения тока в цепи привода в функции времени.

Применение пакета «MAXWELL» позволило получить качественные оценки процессов при отключении, которые, при дальнейшем сравнении с опытными данными, показали достаточную для практики точность.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБМОТОК ТЕРБОГЕНЕРАТОРОВ

В.В. Грабко, д. т. н., Н.О. Варавва

Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украины

Известно, что по надежности работы к турбогенераторам предъявляются особые требования, обусловленные режимом их эксплуатации. Турбогенератор имеет множество систем защиты и контроля, обеспечивающих его нормальную работу. Однако для контроля тепловых режимов изоляции обмоток используются термодпары, расположенные в нескольких местах статорной обмотки.

Такой способ контроля имеет невысокую точность и позволяет лишь получить общую картину теплового состояния обмоток статора. Что же касается ротора, то тепловой портрет не контролируется. Проблема контроля еще усложняется за счет закрытого исполнения электрической машины и использования принудительного охлаждения.

В работе предлагается следующий подход к реализации данного вопроса. Предусматривается использование специальных тепловизионных устройств в лобовых частях турбогенератора, позволяющих получать статический тепловой портрет видимых частей обмоток неподвижного статора и вращающегося ротора. По повышенным температурам на

определенных участках лобовых частей обмоток можно судить о повышении температуры в определенных витках обмоток, расположенных в пазах статора или ротора.

Следует учитывать, что наличие более одной точки повышения температуры изоляции в пазу статора или ротора изменяет картину полученного теплового портрета и усложняет алгоритм поиска реальных возможных повреждений.

Кроме того, сложность идентификации мест возможных повреждений усугубляется за счет охлаждающего агента, вносящего коррективы в тепловые измерения.

В работе предлагается структурная реализация специализированного тепловизионного устройства и математическая модель для определения места возможного повреждения изоляции с учетом приведенных факторов влияния.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Н. Дегтярев, к.т.н.

Севстопольский национальный технический университет

В любую систему автоматического управления производственными процессами входит большое число датчиков, по совокупности сигналов от которых определяют возможность возникновения аварийной ситуации. При этом стремятся выявить связь между сигналами различных датчиков. Решение данной задачи затруднено тем, что, как правило, сигналы датчиков не являются стационарными случайными процессами.

Классический подход к анализу связи между нестационарными случайными процессами состоит в выявлении интервалов стационарности и определении характеристик процессов на интервалах стационарности. Анализ случайных процессов, как правило, проводится либо во временной области, либо в частотной области.

Если процесс рассматривается во временной области, то под характеристиками процессов может пониматься матрица, составленная из корреляционных и взаимокорреляционных функций. Матрица функций может быть заменена на матрицу коэффициентов корреляции процессов. Рассмотрение случайных процессов в частотной области сводится к определению матриц энергетических спектров и взаимных спектров.

Получаемые с помощью этих двух подходов характеристики случайных процессов связаны между собой парой преобразований Фурье, и могут считаться одним математическим методом.

В настоящей работе в качестве функций $P_k(m)$ были приняты полиномы Чебышева $T_k(m) = \cos(\arccos m)$, как функции, минимально уклоняющиеся от единицы.

Для сохранения свойств четности и нечетности указанных полиномов необходимо провести нормировку их области определения. Известно, что

областью определения полином Чебышева $T_k(t)$ непрерывного аргумента является интервал — $1 \leq t \leq 1$.

Сравнение нормативных энергетических спектров функций $r_n(m)$ случайных процессов позволяет выявить связь между самими процессами.

Предложенная методика была опробована в ходе исследований, проведенных совместно с сотрудниками Харьковского института банковского дела и полностью себя оправдала.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Л. А. Хоменок, д. т. н., В. М. Ляпунов, к.т.н.

ОАО "НПО ЦКТИ им. Ползунова И.И." г. Санкт-Петербург

НПО ЦКТИ на протяжении 85 лет выполняет функции научно-технической базы по созданию энергетического оборудования. Располагая мощной стендовой базой, высококвалифицированным научно-техническим коллективом, опытом работы на блоках АЭС, базой данных по опыту эксплуатации энергооборудования АЭС, нормативно-технической документацией, НПО ЦКТИ может решать самые сложные задачи, стоящие перед атомной энергетикой, в том числе, в рамках программы «АЭС-2006 - АЭС-2009». Компетенции НПО ЦКТИ определяют возможность выполнения работ по созданию оборудования для новых энергоблоков АЭС больших мощностей в области:

- общеплочных вопросов,
- турбоустановок,
- тепловых и пусковых схем оборудования машзала,
- оборудования систем регенерации,
- теплообменного оборудования (сепараторов-пароперегревателей повышенной мощности и др.),
- насосного оборудования, клапанов,
- трубопроводов пароводяных коммуникаций,
- элементов активной зоны,
- систем аварийного охлаждения,
- теплообменников сухих градирен,
- оборудования для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива и др. А также по модернизации действующего оборудования и решению ресурсных проблем.

Направления работ НПО ЦКТИ в области АЭС в настоящее время.

- Работы по техническому перевооружению и модернизации тепломеханического оборудования машзала, создание и установка диагностических систем и систем мониторинга, способствующих повышению надежности и безопасности энергоблоков АЭС, внедрение уникальных разработок комплектующего оборудования (система насосной закачки

конденсата греющего пара СПП турбоустановок АЭС в тракт питательной воды, насосы с гидротурбинным приводом, регулирующая и запорная арматура и др.).

- В рамках проекта «АЭС-2006» совместно с ОАО «Атомэнергопроект» (Москва, СПб, Н.Новгород) разрабатываются технические проекты нового поколения теплообменного оборудования, деаэраторов и другого оборудования для ЛАЭС-2 и Ново-Воронежской АЭС-2.

- Важное направление работ института - обращение с отработавшим топливом и радиоактивными отходами. Результаты исследований института были использованы при создании всех существующих контейнеров для перевозки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Совместно с германской фирмой GNB разработан металло-бетонный контейнер «Constor РБМК-1500» используемый для ОЯТ Игналинской АЭС.

- Впервые разработана технология и создано оборудование для безопасного перемещения не полностью выгоревшего ядерного топлива реактора РБМК-1500 для последующего дожигания его на втором энергоблоке Игналинской АЭС.

- ЗАО «Петрозаводскмаш» по проекту НПО ЦКТИ совместно с ФГУП «Атомспецтранс» изготовлен, испытан и одобрен Госатомнадзором первый отечественный контейнер из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов. В этих контейнерах осуществлялся вывоз ОЯТ из Курчатовского института.

- НПО ЦКТИ разработана для Калининской и других АЭС не имеющая аналогов в мире демпфирующая платформа, исключая возникновение тяжелой аварии при падении контейнера с отработавшим ядерным топливом с отметки +38,05 м в транспортный коридор.

- Важный вклад сделан в исследования процессов в хранилищах (в частности, в «сухих» хранилищах контейнерного и камерного типов).

- Осуществляется комплекс работ по продлению ресурса оборудования энергоблоков Ленинградской, Смоленской, Курской, Кольской и других АЭС.

- На базе уникального комплексного стенда ($P = 30$ МПа, $T = 600$ °С, $N = 9$ МВт, $h = 35$ м), входящего в структуру аккредитованного Испытательного центра энергетического оборудования при ОАО "НПО ЦКТИ", проводится отработка новых поколений теплообменного и специального оборудования АЭС, апробация системы пассивного отвода тепла (СПОТ) от реакторной установки ВВЭР 1200 ЛАЭС2, обоснование работоспособности СПОТ с элементами тепловой трубы (СПБАЭП), исследования контура охлаждения САР реакторной установки КЛТ-40С (ОКБМ Африкантов), исследования системы охлаждения вакуумной камеры ИТЭР (НИИЭФА), испытания крупной арматуры, включая БЗОК и главный предохранительный клапан для Ростовской АЭС.

- НПО ЦКТИ активно участвует в научно-техническом обеспечении поставок российскими машиностроителями оборудования для АЭС КНР, Индии, Ирана.

Активы, компетенции НПО ЦКТИ:

- высокий научный потенциал - стендовая база (около 100 стендов, экспериментальная ТЭЦ), кадры (около 1000 сотрудников, в том числе, 86 – докторов и кандидатов наук, более 500 – научных сотрудников и ИТР), Диссертационный совет по специальностям: ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации, тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты, материаловедение (машиностроение); Аспирантура, НТЦ по промышленной безопасности Ростехнадзора, Испытательный сертификационный центр, аккредитованный по линии органов технического надзора России;

- лицензии, сертификаты, свидетельства: сертификат SMK ISO 9001-2008 применительно к исследованиям, разработке, проектированию, производству, испытаниям, монтажу и обслуживанию энергетического оборудования, сертификат соответствия в рамках системы «ЭнСЕРТИКО» на выполнение работ и оказание услуг в области электроэнергетики, лицензии на различные виды деятельности: деятельность по проведению ЭПБ, конструирование оборудования для атомных станций, эксплуатация ядерной установки в части выполнения работ и предоставления услуг эксплуатирующей организации, конструирование оборудования, предназначенного для хранения и транспортирования отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов, а также свидетельства о вхождении ОАО «НПО ЦКТИ» в СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «Энергоэксперт», СРО НП «Центр энергоаудита»;

- опыт создания и освоения головных энергетических блоков АЭС с быстроходными и тихоходными турбинами мощностью 220, 500, 750 и 1000 МВт; проекты: участие в «Атомном проекте СССР» (1945г.), создании оборудования первой в мире АЭС и всех последующих атомных электростанций нашей страны и атомных энергоблоков, построенных за рубежом, а также в создании оборудования судовой атомной энергетики. В 60-х годах с участием НПО ЦКТИ были созданы отечественные сепараторы-пароперегреватели, оптимизировались тепловые схемы энергоблоков АЭС, выполнялись проекты подогревателей высокого и низкого давления, деаэраторов, СПП и другого теплообменного оборудования и трубопроводов, проводятся стендовые испытания проточных частей цилиндров паровых турбин, упорных и опорных подшипников.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОАКСИАЛЬНО-ЛИНЕЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.В. Жильцов, д.т.н., Д.С. Сорокин

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Использование импульсных систем в процессах различных машин и механизмов предполагают использование возвратно-поступательного движения. Для его реализации могут использоваться коаксиально-индукционные линейные двигатели (КЛД). Следует отметить, что наряду с

традиционно применяемыми гидравлическими и пневматическими устройствами и системами, электромеханические приводы имеют ряд важных преимуществ, таких как высокий КПД, хорошие динамические показатели, низкие затраты на обслуживание. КЛД, благодаря своим конструктивным особенностям, вытесняют двигатели вращения с преобразованием вращательного движения в поступательное из многих устройств исполнительных механизмов.

При проектировании электротехнических устройств, приходится перебирать большое количество вариантов для выбора наилучшей конструкции, что, как правило, удается с большими временными, материальными и энергетическими затратами. Поэтому актуальным является построение математических моделей, адекватно отражающих процессы в рассматриваемых устройствах, а также создание на их основе вычислительных алгоритмов и программных комплексов, заметно ускоряющих и удешевляющих процесс проектирования.

Важным является изучение режимов работы линейного двигателя. Таких как режим токов, режим напряжений, работа устройства с постоянными магнитами.

Целью данного исследования является разработка математической модели нестационарного электромеханического процесса в коаксиально-линейном двигателе на основе метода интегральных уравнений и исследование с ее помощью закономерностей влияния электрофизических параметров материалов, из которых планируется изготавливать устройство, способа питания, вида нагрузки, вариации геометрических параметров электромагнитной системы и режимов работы на силовые и энергетические характеристики устройств. Также может быть проведен анализ влияния вихревых токов в массивных проводниках на КПД и форму тягового усилия.

Для устройства с постоянными магнитами рассмотрены пути оптимизации магнитной системы. Показано, что критериями для синтеза магнитной системы линейного двигателя могут быть: увеличение тягового усилия, уменьшение массогабаритных параметров, заданная амплитуда и форма колебаний и др.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТИХОХОДНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

А.М. Олейников, д. т. н, Е.И. Зарицкая, А.В. Пильганчук

Одесский национальный морской университет

Севстопольский национальный технический университет

Характерной тенденцией современной атомной гидро- или ветроэнергетики является стремление к предельному упрощению конструкции установки, в частности к применению безредукторных систем, в которых заданная частота тока обеспечивается выбором числа полюсов. Мощность таких установок может достигать 15...25 кВт, и перспективными

для них представляются генераторы на постоянных магнитах, которые просты по конструкции, надежны, не требуют питания со стороны обмотки возбуждения.

Акад. Данилевичем Я.Б. кратко описан тихоходный трехфазный синхронный генератор (СГ) с постоянными магнитами (75 об/мин, 33 кВ, 220 В) с КПД в номинальном режиме 90 %.

В изготовленном нами образце тихоходного СГ с постоянными магнитами, рассчитанного на параметры $n_H = 125$ об/мин, $P_H = 20...25$ кВт, $U_{\Phi H} = 240$ В сердечник статора набран как обычно из штампованных листов электротехнической стали марки 2212 толщиной 0,5 мм, вырубки которых выполнены на одиночном тампе из готовых статорных листов крупного асинхронного двигателя и имеют число пазов $Z_1 = 144$, диаметры $D_a = 740$ мм и $D_i = 630$ мм, активная длина сердечника $L_i = 200$ мм, воздушный зазор $\delta = 2$ мм.

Испытания проведены на специальном электротехническом стенде судоремонтного предприятия г. Севастополя после сборки СГ. Экспериментальный стенд включает приводной двигатель постоянного тока, многоступенчатый редуктор с коэффициентом редукции 12 и исследуемый СГ, которые расположены на одном фундаменте, соединены между собой через шкивы ременной передачей и механически, а также комплекты питающей, регулирующей и измерительной аппаратуры.

Выводы.

1. Опытный образец тихоходного синхронного генератора с постоянными магнитами по основным массогабаритным, энергетическим и эксплуатационным показателям удовлетворяет предъявленным требованиям и может быть рекомендован к серийному производству и применению в автономных и сетевых ветро-электрических установках.

2. Реализованные в работе принципы построения магнитной системы, расположения магнитов, исполнения обмотки якоря и общей компоновки могут быть рекомендованы и для других подобных электрических машин, в том числе и рассчитанных на более высокие мощности и числа полюсов.

АНАЛИЗ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

А.Л. Кислицын, к.т.н., И.Ф. Байбиков, А.Г. Дуванов

Ульяновский государственный технический университет

Внедрение асинхронных двигателей с разомкнутым магнитопроводом требует их детального расследования, однако анализ динамических электромагнитных и тепловых процессов в реальных электромеханических системах чрезвычайно сложен, а в некоторых случаях принципиально невозможен. Вместо оригинала обычно рассматриваются упрощенные модели. Допущения, принятые при построении модели, а также выбранный метод моделирования, определяют ее быстродействие, сложность и точность результатов. Многообразие задач, для которых приемлемое соотношение

быстродействия, сложности и точности модели является различным, объясняет большое количество методик, позволяющих с той или иной точностью учитывать особенности линейных машин с несимметрией электрических, магнитных и тепловых цепей.

Существующие модели линейных асинхронных двигателей (ЛАД) различаются по степени идеализации электрической машины, уровню принятых допущений, подробности описания физических процессов, по теории методам решения, положенных в их основу, по моделируемым режимам.

В общем случае методика анализа электромагнитных и тепловых процессов в асинхронных двигателях с разомкнутым магнитопроводом делятся на две категории: 1) методики, основанные на теории поля; 2) методики, основанные на теории цепей.

Некоторые задачи теории поля, связанные, например, с теплообменом, массопереносом или анизотропией сред на границе активной зоны индуктора, не поддаются аналитическому решению, и единственная возможность их анализа заключается в получении численного решения по методу конечных разностей или по методу конечных элементов. Недостатки таких моделей проявляются в том, что они, во-первых, слабо ориентированы на синтез системы управления, во-вторых, требуют больших вычислительных ресурсов, в-третьих, предназначены преимущественно для описания статических режимов работы ЛАД.

Методы, основанные на теории цепей, получили широкое развитие. Это классические методы электрических схем замещения, методы магнитных схем замещения В.М. Куцевалова, метод детализированных магнитных, электрических и тепловых схем замещения, предложенный и рассмотренный Ф.Н. Сарапуловым. Недостатком моделей, базирующихся на теории цепей, является сложность в исследовании локальных явлений, таких, например, как локальные перегревы участков машины на границе раздела сред. Достоинствами таких моделей является то, что они легко адаптируются для исследования динамических режимов работы АД и требуют небольших вычислительных ресурсов (в сравнении с моделями, базирующимися на теории поля).

МОДЕРНІЗАЦІЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ВАСО4П-13-12 В СУМІЩЕНІЙ АСИНХРОННО-СИНХРОННИЙ КАСКАДНИЙ ДВИГУН

В.Д. Лущик, д.т.н., В.С. Іваненко

Донбаський державний технічний університет, г. Алчевськ, Україна

Припинилось будь яке покращення енергетичних та масогабаритних показників асинхронних двигунів. За рахунок оптимального використання сучасних електротехнічних сталей, провідникових, ізоляційних матеріалів це неможливо. Потрібно вишукувати нові принципово відмінні можливості. Одна з таких можливостей криється у використанні каскадних асинхронних двигунів з суміщеними обмотками.

Суміщений асинхронно-синхронний каскадний двигун порівняно з середнім асинхронним двигуном ВАСО4-13-12 має кращі енергетичні показники та майже в півтора рази меншу довжину магнітопроводу статора і ротора, замість $l_{\delta} = 0,3...0,21$ м, і, відповідно, на 30 % меншу вагу ротора.

Порівняно з середнім синхронним двигуном такої ж швидкості обертання, крім меншої 1,5 рази довжини магнітопроводу, не має контактних кілець і щіток, струм збудження подається в статорну обмотку, має набагато більш просту конструкцію ротора і кращі пускові характеристики.

Спроекований і запущений у виробництво на Первомайському електромеханічному заводі асинхронно-синхронний двигун на базі двигуна ВАО4П-13-12, який має потужність $P_2 = 13$ кВт і швидкість обертання $n_1 = 500$ об/хв.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

А.М. Олейников, д. т. н, Р.Р. Гамалея, Е.И. Зарицкая, М.В. Прымак
СевНТУ, г. Севастополь, Украина

Институт электродинамики НАН Украины, г. Киев, Украина

Одесский национальный морской университет, г. Одесса, Украина

Занимаясь расчетом и проектированием электрических машин специального назначения и исполнения — высокоиспользованных, высокоскоростных или многополюсных тихоходных синхронных двигателей (СД) или генераторов (СГ) с заранее задаными требованиями по величине электромагнитного момента или мощности, по режиму работы, по условиям эксплуатации, в ряде случаев — единого исполнения и опираясь на накопленный в электромашиностроении опыт конструирования, подходы к выбору геометрических соотношений, рационального раскрыя электротехнической стали и, конечно же, на собственный опыт оптимизационных расчетов таких машин, мы придаем исключительно важное значение их предварительному моделированию в современных программных комплексах, таких как Elcut, Comsol, Maxwell и других, в которых реализован широкий спектр возможностей конечно-элементного анализа, построенный на дифференциальных уравнениях в частных производных относительно скалярного или векторного потенциалов.

Геометрическая конфигурация задачи определяется в них как набор подобластей, представляющих собой одно- и многосвязные криволинейные многоугольники в плоскости модели, пересекающиеся между собой по границам, при этом каждой подобласти приписан определенный набор физических свойств. Каждая из названных программ имеет определенный интерфейс задания геометрии модели и свойств материалов, свои преимущества и недостатки.

Сравнение результатов моделирования в названных программах проводится на примере тихоходного СГ с постоянными магнитами СГПМ

35-75 (35 кВт, 75 об/мин).

В докладе более детально рассматривается содержание и результаты моделирования в названных программных комплексах.

Выводы:

- Современные программные комплексы, являющиеся мощным средством расчета и визуализации физических взаимодействий в электротехнических устройствах, могут быть успешно реализованы для предварительного моделирования магнитных полей, оценки рабочих характеристик этих устройств при заданной геометрии магнитной цепи и параметров применяемых материалов;
- Проведенные сравнения картин распределения и значений магнитной индукции в зазоре в различных программах дает сходные результаты, что подчеркивает применимость данных программ для указанных целей, а их выбор диктуется только требуемым уровнем решений.

Полученные результаты показывают целесообразность применения программных комплексов как неотъемлемой части оптимизационных инженерных расчетов электрических машин

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А.М. Олейников, д.т.н., А.К. Пронина

Севастопольский национальный технический университет

Современные судовые электроэнергетические системы (ЭЭС) характеризуются непрерывным ростом единичной и суммарной мощности электроприводов. Увеличивается число электроприводов, работающих в режимах частых включений и отключений, в результате чего в судовой ЭЭС возникают проблемы с качеством электрической энергии, обусловленные колебаниями частоты и напряжения в судовой сети. Эти проблемы обостряются в тех случаях, когда на судах предусмотрены рабочие режимы с многократными включениями двигателей погрузочно-разгрузочных устройств, например, в ЭЭС плавучих кранов, плавучих буровых платформ, лихтеровозов и т. п. Для любой из этих ЭЭС, включая и морские сооружения (МС), характерны колебания напряжения и частоты. Эти колебания могут наблюдаться как кратковременно, так и длительный период времени.

Основу ЭЭС составляет система шин главного распределительного щита (ГРЩ) напряжением 0,4 кВ. К ГРЩ подключены: 3 дизель-генератора (суммарная мощность 1500 кВт) и 4 гребных электродвигателя (суммарная мощность 1260 кВт). Через токоограничивающие реакторы к шинам ГРЩ подключены 5 комплектных трехфазных тиристорных преобразователя (ТП) для питания электроприводов постоянного тока крановых механизмов (= 110,3 кВт, = 92 кВт). Также к шинам ГРЩ подключены потребители собственных нужд.

Для характерных режимов ЭЭС (ходовой режим и режим погрузочно-разгрузочных операций) в сети возникают длительные и кратковременные

отклонения напряжения и частоты.

Одновременно на шинах ГРЩ наблюдаются значительные искажения синусоидальности, обусловленные работой мощных ТП электроприводов крановых механизмов. Эти искажения влияют на всех подключенных к данным шинам потребителей, вторичные источники питания, системы автоматики, защиты, радионавигации.

Решать вопрос улучшения качества электроэнергии по показателю несинусоидальности в судовых ЭЭС, содержащей в качестве потребителей выпрямительную полупроводниковую нагрузку, можно только при условии разработки математической модели всей судовой системы, позволяющей определять гармонический состав напряжения на шинах генераторов и тока в элементах сети (генераторах, трансформаторах, двигателях).

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СХЕМ ТА ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ

В.О. Перепечений, к.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

На даний час, однією із першочергових задач електроенергетики, в Україні, є зниження витрат на побудову і експлуатацію систем електропостачання різного рівня. Розв'язання цієї задачі дозволяє виявити вузли мереж з понаднормативними капітальними та експлуатаційними витратами і визначити шляхи зменшення витрат при побудові та експлуатації.

Аналіз традиційних методів вирішення поставленої задачі свідчить про те що вони базуються на детермінованому однокритеріальному підході і не враховують комплексного характеру задачі. Це означає, що параметри та режими систем електропостачання (СЕП), визначені як оптимальні для одного з співвідношень, не є такими для інших. Наслідком такого стану є низький рівень використання обладнання та ліній з відповідним зростанням значення експлуатаційних і капітальних витрат та зменшенням ефективності їх функціонування.

Викладене вище вимагає проведення досліджень по врахуванню всього різноманіття параметрів та умов функціонування СЕП, їх взаємозв'язку та зміни у часі, шляхом удосконалення методів проектування та принципів побудови розподільчих мереж.

Найбільш ефективним шляхом рішення розглянутої проблеми є оптимізація схем, параметрів і режимів СЕП [1]. При вирішенні цього питання було встановлено закономірності формування математичних моделей параметрів розподільчих електричних мереж з врахуванням динаміки їх зміни та невизначеності вихідних даних. Для цього здійснено структурування СЕП по ряду ознак: технологічному, номінальній напрузі, конструктивному виконанню та функціональному призначенню (рис). Аналіз вихідних даних показав, що основним параметром міської розподільчої електричної мережі, що визначає схему побудови і параметри всіх інших її елементів, є потужність трансформаторної підстанції. Також зроблено

висновок щодо доцільності застосування найпростіших схем мереж та конструкцій розподільних пристроїв і ліній за умов мінімізації кількості електроустаткування та спрощення його конструкції.

За результатами класифікації інформаційних ситуацій розроблено алгоритм рішення задачі який включає:

- формування безлічі рішень ϕ і безлічі станів середовища θ ;
- визначення основних показників ефективності, обумовлених за допомогою оцінного функціонала $F = \{f_j\}$;
- визначення органом ухвалення рішення p інформаційної ситуації, що характеризує поведження середовища z ;
- вибір критерію ухвалення рішення з безлічі критеріїв;
- прийняття за обраним критерієм оптимального рішення.

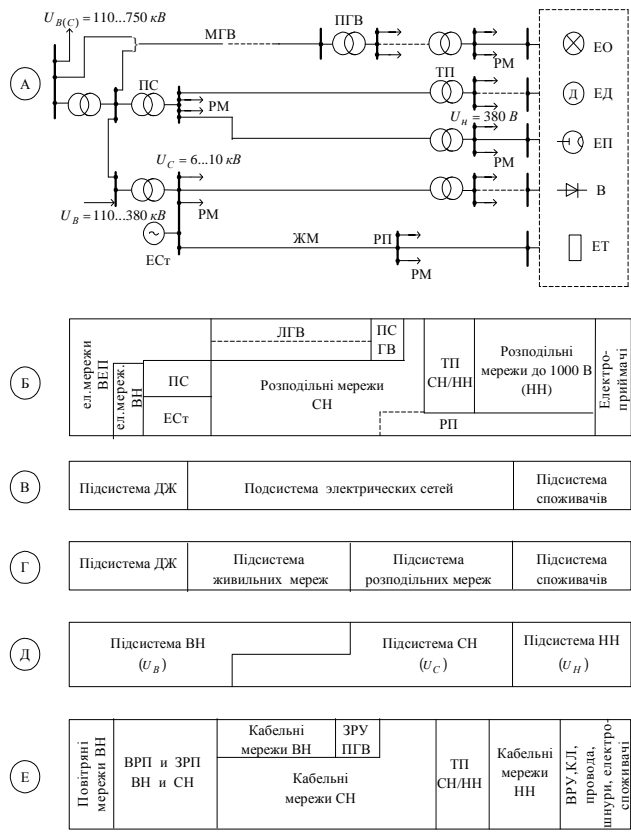


Рис. – Структури підсистем системи електропостачання міста
 ПГВ – підстанція глибокого вводу; МГВ – мережа глибокого вводу; ПС – районна підстанція 110(220)/10(6)кВ; ТП – трансформаторна підстанція 10(6)/0.4 кВ; РМ –розподільча мережа 10(6) кВ або 0.38 кВ; ЕСт – електростанція; ВЕП – електричні мережі зовнішнього електропостачання; РП – розподільча підстанція 10(6) кВ; ЖМ – живлюча мережа 10(6) кВ; ВРП – ввідно розподільчий пристрій; ДЖ – джерело живлення; ВРП, ЗРП – відкритий та закритий, відповідно, розподільчий пристрій; ЕО, ЕД, ЕП, В, ЕТ – освітлювальні, двигунові, перетворюючі та електротехнологічні електроприймачі; ВН, СН, НН – висока (110 кВ та більше), середня (6, 10 кВ) та низька (0.38 кВ) напруга, відповідно

Задача оптимізації параметрів СЕП міст зведена до визначення функціонала виду

$$F_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n f_j(\bar{Z}_j) \cdot \gamma_j \rightarrow extr, \quad (1)$$

де $f_j = \varphi_j(\bar{Z})$ – критеріальна j -а вектор-функція оптимізації; γ_j - її ваговий коефіцієнт j -ої функції; \bar{Z} - вектор змінних параметрів СЕП (активних і реактивних опорів мережі, коефіцієнтів трансформації силових трансформаторів, уставок регулюючих і компенсуючих пристроїв).

Вирішення питання оптимізації схем і параметрів СЕП міст зведено до спрямованого перебору варіантів, що відрізняються схемами мережі, довжиною і перетином ліній, законами регулювання напруги в центрах живлення, положеннями відгалужень трансформаторів ТП, параметрами і місцями установки додаткових засобів місцевого регулювання напруги та областю їх зміни у часі [2]. З метою подолання чисельної несумірності окремих критеріїв, а також їх більш строгої ранжировки здійснено нормування критеріїв шляхом їх приведення до безрозмірного виду в сполученні з застосуванням методу експертних оцінок для визначення чисельних значень коефіцієнтів.

У підсумку цільова функція оптимізації міст представлена у вигляді

$$F_{\Sigma} = \bar{f}_{\text{э.экон}} \cdot \gamma_{\text{э.экон}} + \bar{f}_{\text{э.соц}} \cdot \gamma_{\text{э.соц}} \quad \forall \quad \bar{f}_{\text{э.технmax}} \leq \bar{f}_{\text{э.техн}} \leq \bar{f}_{\text{э.технmax}}, \quad (2)$$

де $\bar{f}_{\text{э.экон}} = \bar{f}_{\text{э}} \cdot \gamma_{\text{э}} + \bar{f}_{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{н}} + \bar{f}_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{к}}$ – критеріальна функція економічної ефективності; $\bar{f}_{\text{э}}, \bar{f}_{\text{н}}, \bar{f}_{\text{к}}$ – критерії економічності, надійності і якості електропостачання; $\bar{f}_{\text{э.соц}}, \bar{f}_{\text{э.техн}}$ – критерії соціальної і технічної ефективності відповідно; $\gamma_{\text{э.экон}}, \gamma_{\text{э.соц}}$ – вагові коефіцієнти економічної і соціальної ефективності, відповідно; $\gamma_{\text{э}}, \gamma_{\text{н}}, \gamma_{\text{к}}$ – вагові коефіцієнти показників економічності, надійності і якості, відповідно.

Таким чином, при вирішенні поставленої задачі, економічний критерій розглядається не як одиничний обмежений критерій, а як складний, об'єднуючий економічні $f_{\text{э}}$, надійнісні $f_{\text{н}}$ і якісні $f_{\text{к}}$ складові.

На підставі результатів розрахунково-теоретичних досліджень, проведених з використанням розроблених моделей, для сучасних соціально-економічних умов уточнено значення оптимальних параметрів мереж середньої й низької напруги (потужності ТП, довжини й перерізів проводів ліній, схем мереж середньої й низької напруги) та вперше обґрунтована доцільність дроблення трансформаторної потужності в міських електричних мережах й застосування петльових мереж середньої й низької напруги для живлення споживачів з малою щільністю навантаження, чим забезпечуються покращені вартісні показники мереж й більш висока надійність і якість електропостачання споживачів. Також розроблено рекомендації з вибору параметрів і схем розподільних електричних мереж міст, з врахуванням взаємного впливу мереж різної напруги, а також реального кошторису кожного з елементів мережі.

Література

1. Говоров Ф.П. Состояние и пути повышения энергоэффективности производства в системах электроснабжения и освещения городов / Ф.П. Говоров, В.А. Перепеченый, В.Ф. Говоров // Энергетика, энергосбережение, энергоаудит. – 2007. – №3. – С. 94-100.
2. Воропай Н.И., Иванова Е.Ю. Многокритериальный анализ решений при планировании развития электроэнергетических систем // Электричество. 2000. №11.

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

А.В. Хитров, к.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Розвиток електроенергетичних систем висуває завдання, пов'язані із діагностикою складних електричних кіл та із використанням результатів діагностування для підвищення надійності та якості роботи таких систем.

Комплекс проблем діагностики електрообладнання полягає у розробленні методів формалізування задач діагностики, дослідженні їх розв'язаності та побудови відповідних обчислювальних алгоритмів, підвищення ефективності алгоритма діагностування значно скорочує час винайдення дефекту.

На етапі аналізу алгоритмів існують два шляхи підвищення їхньої ефективності: зменшення інформаційної ємності алгоритму (ІЄА) й скорочення середньої довжини маршруту з урахуванням апріорної ймовірності різних станів об'єкта. Інформаційна ємність алгоритму, як звичайно, оцінюється виразом

$$I = \log_2(v_K + v_{II}) = \log_2 v = \log_2 M_D, \quad (1)$$

де v_K , v_{II} – кількості кінцевих. і проміжних вершин графа алгоритму; M_D – число технічних станів й їхніх підмножин, які одержані на всіх етапах реалізації алгоритму, включаючи початковий стан повної невизначеності.

Тому вона залежить від числа станів об'єкта й числа можливих результатів перевірок. Потужність безлічі станів об'єкта визначається кількістю діагностуємих елементів і числом помітних станів кожного елемента. У завдання діагностики, як правило, не входить визначення характеру несправності, тому для зменшення ІЄА варто вибирати такі перевірки, які мають однакові реакції при всіх дефектах даного елемента $R_i^j = R_i^k \neq R_i$, чим досягається мінімальне значення $M = 2^n$. Потужність безлічі станів об'єкта може бути зменшена й у тому випадку, якщо є можливість діагностувати об'єкт вроздріб, розділивши його на із блоків таким чином, щоб стан кожного блоку не впливало на результати перевірок інших. При цьому граф алгоритму розчленовується на ряд підграфів, а ІЄА діагностування об'єкта визначається сумою ІЄА діагностування окремих блоків:

$$I = \sum_{i=1}^c I_i = \sum_{i=1}^c \log_2 \left(\frac{M_i r_i - r_i}{r_i - 1} \right) . \quad (2)$$

На рис. 1,а та 1.б показані підграфи алгоритму діагностування. Алгоритми діагностування окремих блоків можуть бути об'єднані в один послідовний алгоритм, як це показано на рисунку 1,в. Таке об'єднання дозволяє зменшити число проміжних вершин, тому що кінцеві вершини одного підграфа є початковими вершинами наступних. Однак необхідність відображення стану кожного блоку вимагає додаткового обсягу інформації, що відповідає сумі станів усіх за винятком того, котрий діагностується останнім. Значення ІЄА такого алгоритму дорівнює

$$I = \log_2 \left(\sum_{i=1}^c \left(\frac{M_i r_i - r_i}{r_i - 1} \right) + \sum_{i=1}^c M_i + 1 \right) . \quad (3)$$

Кількість проміжних вершин графа алгоритму назад пропорційно числу результатів перевірки. Отже, збільшення інформативності тестів приводить до зменшення ІЄА. Мінімальне значення ІЄА виходить у тому випадку, коли число можливих результатів перевірки дорівнює числу станів. При цьому перша ж перевірка дозволяє розрізнити всі технічні стани. Число вершин й інформаційна ємність алгоритму рівні відповідно

$$v = M + 1, \quad (4)$$

$$I = \log_2(M + 1) . \quad (5)$$

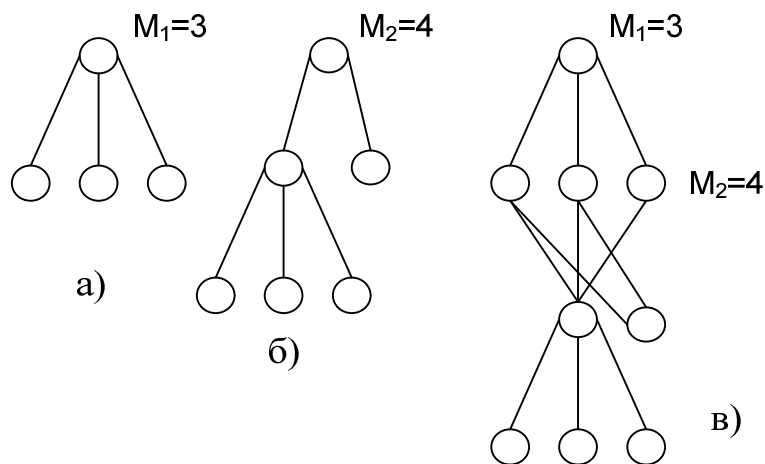


Рис. 1 - Графи алгоритмів блочної ідентифікації:
а, б – підграфи алгоритмів ідентифікації блоків, в – граф послідовного алгоритму

Підвищення інформативності тестів не тільки зменшує ІЄА, але приводить до зниження максимального рангу кінцевих вершин.

Таким чином одержимо, що ІЄА будь-яких повних алгоритмів лежить у межах

$$\log_2(M+1) \leq I \leq \log_2(2M-1). \quad (6)$$

Інший шлях зменшення ІЄА пов'язаний із застосуванням алгоритму з відновленням. Особливість цього алгоритму полягає в тому, що він вважається закінченим, якщо встановлено справність об'єкта, і його дія припиняється, якщо виявлено деяку підмножину, всі стани якої характеризуються дефектом одного або деякої групи елементів незалежно від стану всіх інших.

Після зупинки алгоритму відбувається заміна виявленого елемента, що відмовив (групи елементів) свідомо справним, потім процедура повторюється. Алгоритм із відновленням виявляє безпосередньо однократні несправності, кратні дефекти звичайно вимагають повторення процедури. При цьому тривалість процесу діагностування зростає, однак інформаційна ємність алгоритму значно скорочується.

З рисунків видно, що для дихотомічного алгоритму з відновленням значення ІЄА дорівнює

$$I = \log_2 \left[2 \sum_{i=1}^n (m_i - 1) + 1 \right]. \quad (7)$$

Інформаційну ємність алгоритму з відновленням можна скоротити, збільшивши число можливих результатів перевірки. Мінімальна ІЄА досягається в тому випадку, якщо число результатів перевірки дорівнює

$$r = \sum_{i=1}^n (m_i - 1) + 1 \quad (8)$$

і в результаті перевірки виявляються справний стан і підмножини, що відповідають несправностям елементів, як показано на рисунку 4. При цьому значення ІЄА можна знайти з виразу

$$I = \log_2 \left[\sum_{i=0}^n (m_i - 1) + 2 \right]. \quad (9)$$

Таким чином, ІЄА будь-якого алгоритму діагностування лежить у межах

$$\log_2 \left[\sum_{i=0}^n (m_i - 1) + 2 \right] \leq I \leq \log_2(2M - 1). \quad (10)$$

Отже, застосування інформаційних критеріїв при розробленні алгоритмів діагностування та оцінювання їх ефективності виправдане на перших станах проектування, коли потужність підмножень станів велика, і стан більшості елементів, що діагностується, невідома.

ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ ФОРМУВАННЯ КОМАНДИ НА ВМИКАННЯ ВИМИКАЧА ГЕНЕРАТОРА ПРИ СИНХРОНІЗАЦІЇ

Б.Т. Кононов, д.т.н.

Харківський Університет Повітряних Сил

А.В. Хитров, к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства

Прийнято вважати, що при вмиканні синхронних генераторів на паралельну роботу слід подавати команду на вмикання вимикача генератора тоді, коли початкові параметри синхронізації визначаються із наступних умов

$$\begin{aligned}\Delta U &= U_1 - U_2 \leq \Delta U_{\text{дон}}; \\ \omega_s &= \omega_1 - \omega_2 \leq \omega_{s\text{дон}}; \\ \delta &< \delta_{\text{дон}},\end{aligned}\tag{1}$$

де ΔU - неоднаковість напруг U_1 та U_2 генераторів, що синхронізуються; ω_s - кутові частота ковзання, що дорівнює різниці кутових частот ω_1 та ω_2 генераторів; δ - кут між напругами генераторів в момент замикання контактів вимикача генератора; $\Delta U_{\text{дон}}$, $\omega_{s\text{дон}}$, $\delta_{\text{дон}}$ - допустимі значення початкових параметрів синхронізації.

При виборі допустимих значень початкових параметрів синхронізації зазвичай виходять з забезпечення успішності синхронізації та підтримання в цьому процесі вимагаємої якості параметрів електричної енергії. Разом з тим, якщо не враховувати інерційність вимикача генератора, то навіть при подачі команди в момент співпадіння фаз напруг, що синхронізуються, напруга ковзання U_s може бути неприпустимо великою і, як наслідок, провал напруги δU на шинах електростанції може викликати сбої та вихід з ладу приймачів електричної енергії, які особливо чутливі до її якості. Дійсно, в випадку, коли допустиме значення частоти ковзання f_s , знайдене з умови успішної синхронізації, тобто такої синхронізації, яка завершується без провороту ротора генератора, що вмикається, дорівнює 1,5 Гц, а час вмикання вимикача $t_{\text{вМК}}$ дорівнює 0,2 с, кут між напругами, що синхронізуються дорівнює 108° . При цьому напруга ковзання τT_s приблизно в $\sqrt{2}$ разів перевищує напругу генератора, а кидок струму, визначаємий із співвідношення

$$I = \frac{\tau T_s}{x_{r1} + x_{r2}},\tag{2}$$

де x_{r1} , x_{r2} – реактивні опори першого і другого генераторів, може викликати пошкодження статорних обмоток генераторів. Крім того, провал напруги δU на шинах електростанції в випадку вмикання на паралельну роботу генераторів, потужність яких однакова, може становити $0,5 U_1$, що неприпустимо для майже всіх приймачів електричної енергії. Уникнути кидки струму й провалу напруги можливо, якщо врахувати інерційність

вимикача генератора, тобто подати команду на його вмикання з випередженням, яке може бути здійснено або з постійним кутом випередження, або з постійним часом випередження. В першому випадку кут випередження $\delta_{вин}$, тобто кут між напругами, що синхронізуються, визначається з наступного виразу

$$\delta_{вин} = \omega_{Срозр} * t_{вмк}, \quad (3)$$

де $\omega_{Срозр}$ – розрахункова кутова частота ковзання, яку, зазвичай, визначають такою, що дорівнює $\frac{\omega_{Сдон}}{2}$.

В другому випадку кут випередження $\delta_{вин}$ визначається з наступного виразу

$$\delta_{вин} = \omega_{Сфакт} * t_{вмк}, \quad (4)$$

де $\omega_{Сфакт}$ – фактична кутова частота ковзання.

Якщо в першому випадку кут випередження $\delta_{вин}$ не змінюється при реальній зміні частоти ковзання ω_s , то в другому випадку кут випередження є змінною величиною. Таким чином, синхронізатор, який формує команду на вмикання вимикача генератора працює з кутовою помилкою, яка визначається з співвідношення

$$\delta_{ном} = (\omega_{Сфакт} - \omega_{Срозр}) * t_{вмк}. \quad (5)$$

У синхронізатора, де команда на вмикання вимикача генератора формується з постійним часом випередження кутова помилка практично дорівнює нулю.

Перевагою синхронізатора з постійним кутом випередження є відносна простота його побудови. Такий синхронізатор доцільно використовувати для вмикання на паралельну роботу синхронних генераторів невеликої потужності. Синхронізатор з постійним часом випередження значно більш складніший і його слід застосовувати для генераторів великої потужності.

Визначення способу формування команди на вмикання вимикача генератора при синхронізації залежить, крім того, від обраного варіанта визначення таких параметрів синхронізації як кутова частота ковзання ω_s та кут δ між напругами, що синхронізуються. Більш простіші синхронізатори, у яких кутова частота ковзання ω_s та кут δ визначаються за допомогою напруги биття US. Вимірювання інтервалу часу між моментами переходу випрямленої напруги биття τ_{TS} через нульові значення дає змогу знайти період биття TS, а тим самим обчислити кутову частоту ковзання ω_s . Для визначення кута δ між напругами, що синхронізуються, слід використовувати поточне значення напруги биття US(t), якому відповідає

певне значення кута δ . У синхронізаторів з постійним кутом випередження, де для вимірювання параметрів синхронізації використовується напруга биття US, команда на вмикання подається тоді, коли обчислене значення періода биття TS більше допустимого значення $TS_{доп}$, яке дорівнює

$$T_{S_{доп}} = \frac{2\pi}{\omega_{S_{доп}}}. \quad (6)$$

При цьому величина кута визначається по поточному значенню напруги $\tau T_s(t)$. У синхронізаторів з постійним часом випередження, у яких використовується напруга биття, команда на вмикання подається тоді, коли випрямлене значення напруги биття дорівнює похідній з цієї напруги, взятої з коефіцієнтом K.

У синхронізаторів з постійним кутом випередження, що застосовують прямий спосіб визначення параметрів синхронізації, формують прямокутні імпульси постійної довжини в момент переходу напруг, що синхронізуються, через нульові значення в позитивному напівперіоді й подають команду на вмикання вимикача генератора в момент співпадіння переднього фронту прямокутного імпульсу більшої частоти з заднім фронтом імпульсу меншої частоти. При цьому перед подачею команди на вмикання вимикача генератора слід визнати кутову частоту ковзання, яка повинна бути меншою допустимого значення. Для визначення кутової частоти ковзання використовують допоміжні прямокутні імпульси постійної довжини, які жорстко прив'язані до задніх фронтів основних імпульсів. Кутову частоту ковзання визначають шляхом підрахунку числа співпадінь переднього фронту імпульсів більшої частоти з допоміжним імпульсом меншої частоти.

У синхронізаторів з постійним часом випередження, що застосовують прямий метод визначення кутової частоти і кута між напругами, що синхронізуються, команду на вмикання вимикача генератора подають в момент співпадіння напруги більшої частоти з напругою меншої частоти, що зсунута за фазою в бік відставання на кут, пропорційний частоті ковзання та часу вмикання вимикача. У таких синхронізаторів можливо також здійснювати зсув за фазою обох напруг.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИ ПОМИЛКАХ У СХЕМАХ ВКЛЮЧЕННЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Д.М. Калюжний, к.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Однією зі складових структури комерційних втрат електричної енергії (ЕЕ) є її недоврахування, викликане неправильним включенням лічильників ЕЕ [1]. При виявленні такого роду помилок, показання лічильників ЕЕ повинні бути приведені до дійсного електроспоживання з найменшою

похибкою. Враховуючи, що зниження комерційних втрат ЕЕ відноситься до задачі енергозбереження в електричних мережах, питання визначення дійсного електроспоживання (ВДЕ) є актуальним.

На сьогоднішній день існує кілька підходів по ВДЕ. Перший з них полягає у ВДЕ шляхом множення показань лічильника ЕЕ на розрахунковий коефіцієнт [2]. Недоліком даного способу є залежність значення розрахункового коефіцієнта від характеру навантаження й несиметрії параметрів режиму роботи мережі. Другий підхід, викладений у пп. 6.20 Правил користування електричною енергією, передбачає ВДЕ по його середньодобовому значенню. У цьому випадку похибку ВДЕ можна оцінити середньоквадратичним відхиленням добового споживання ЕЕ. Третій підхід [3], орієнтований на використання в сучасних цифрових системах обліку ЕЕ, вимагає проведення математичних корегувань струмів і напруг, що вимірюються лічильником ЕЕ, залежно від його схеми включення. Даний спосіб ВДЕ має також недолік. Він характеризується похибкою, що має місце для випадків схем включення лічильників ЕЕ з ушкодженням або шунтуванням вторинних вимірювальних ланцюгів, величина якої визначається винятково несиметрією параметрів режиму роботи мережі [4]. Так, для трьохелементного обліку ЕЕ, при визначенні струмів і напруг з похибками по модулю $3U_1 K_{0I}^*$ й $3U_1 K_{0U}^*$ відповідно, оцінка зверху абсолютної похибки ВДЕ буде становити:

$$\Delta_{S(3)} = 3U_1 I_1 \left[K_{0I}^* \left(1 + K_{2U}^* + K_{0U}^* \right) + K_{0U}^* \left(1 + K_{2I}^* \right) \right], \quad (1)$$

де U_1 й I_1 - модулі напруги й струму прямої послідовності; K_{2U}^* , K_{0U}^* , K_{2I}^* і K_{0I}^* - коефіцієнти несиметрії напруг і струмів по зворотній і нульовій послідовностям [5] у в.о.

Для двоелементного обліку ЕЕ:

$$\Delta_{S(2)} = 3U_1 I_1 \left[K_{2I}^* K_{2U}^* (\sqrt{3} + 2) + K_{2I}^* + K_{2U}^* \right] \quad (2)$$

Проведені дослідження показали, що найменшою похибкою ВДЕ характеризується останній метод, який передбачає проведення математичних корегувань струмів та напруг, що вимірюються лічильником ЕЕ.

Список літературних джерел

1. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях / В.Э. Воронницкий [и др.] // Энергосбережение. – 2005. – №2. – С. 90–95.
2. Вострокнутов Н.Г. Электрические счетчики и их эксплуатация. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 278 с.
3. Калужный Д.М. Визначення дійсного електроспоживання при помилках у схемах включення лічильників електричної енергії / Д.М. Калужний // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип.116. “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. - Харків: ХНТУСГ. - 2011. - С. 7-9.
4. Калужный Д.Н. Оценка погрешности определения действительного электропотребления при ошибках включения счетчиков электрической энергии с учетом ее качества / Д.М. Калужный // Наукові праці Донецького Національного технічного університету. Серія “Електротехніка і енергетика”. - Донецьк: ДонНТУ. – 2011. Випуск 11 (186). – С. 170–173.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ АВТОНОМНОЇ ГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ З КОМПЕНСАЦІЄЮ ІНЕРЦІЙНОГО КОНТУРУ ЗБУДЖЕННЯ

В.Б. Нізімов, д.т.н., В.І. Хоменко

Дніпродзержинський державний технічний університет

У сучасних генеруючих установках синхронні машини (СМ) облаштовуються системами збудження (СЗ), в яких струм збудження формується одночасно від двох джерел: джерела напруги та джерела струму, струм якого пропорційний струму статора СМ. Суттєвими перевагами таких систем є висока швидкодія каналів регулювання напруги збудження. Однак, інерційність обмотки збудження СМ приводить до значного погіршення таких систем.

Тому на потужних СМ застосовують автоматичні регулятори збудження, які здійснюють керувальну справу не лише за відхиленнями регульованих змінних, а також за похідною цих величин. При автоматичному регулюванні збудження інерційність обмотки збудження (ОЗ) компенсується сигналами пропорційними швидкості зміни вихідної напруги U_r та струму навантаження I_r .

Регулювання збудження синхронного генератора (СГ) здійснюється шляхом зміни моменту часу (фази) вмикання тиристорів керованих випрямлячів збуджувача. Формування відпираючих сигналів до керуючих електродів тиристорів здійснюється спеціальною системою керування тиристорами.

Необхідно дослідити вплив ємнісного накопичувача енергії (ЄНЕ) в поєднанні з автоматичним регулятором збудження (АРЗ) на швидкодію режимів стабілізації вихідної напруги синхронної машини автономної генераторної установки (АГУ).

В якості об'єкта дослідження використовується синхронний генератор, як складовий елемент експериментальної установки. Аналізуються перехідні процеси стабілізації вихідної напруги АГУ при різкому накиданні навантаження.

Аналіз перехідних процесів показує, що час стабілізації вихідної напруги СМ без ЄНЕ складає $t = 0,6$ сек., а з ЄНЕ $t = 0,2$ сек. Напруга в контурі збудження синхронного генератора з використанням компенсуючого пристрою зростає майже миттєво в порівнянні з некомпенсованим контуром.

Розрахунковими залежностями доведено, що вмикання в контур збудження ємнісного накопичувача енергії призводить до зростання швидкодії режимів стабілізації вихідної напруги.

СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ГЕНЕРАТОРІВ ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ ДЛЯ ХВИЛЬОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

В.Ф. Шинкаренко, д.т.н., С.А. Маляренко, Т.А. Мошняга

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

За оцінками спеціалістів загальна потужність хвиль світового океану оцінюється величиною до десяти терават (10^{12} Вт), що цілком достатньо для покриття енергетичних потреб усієї планети. Хвильові електростанції належать до екологічно чистих, безвідходних безпечних джерел електричної енергії. Енергія хвиль має суттєві переваги у порівнянні з іншими видами відновлюваних джерел. Поведінка хвиль є більш прогнозованою, а щільність енергії в них у 50 раз вище ніж у вітровій.

Лінійні генератори зворотно-поступального руху з магнітоелектричним збудженням розглядаються спеціалістами як найбільш затребувані перетворювачі енергії у складі перспективних хвильових електростанцій, що використовують енергію коливання водної поверхні. Але зазначений тип генераторів почав активно досліджуватись лише в останні роки і системне узагальнення їх структурного потенціалу на даний час відсутнє. Тому метою роботи є структурно-системний аналіз класу генераторів зворотно-поступального руху і спрямований синтез конкурентоспроможних варіантів структур генераторів, призначених для роботи у складі потужних хвильових електростанцій поплавкового типу.

За результатами аналізу видової різноманітності досліджуваного класу визначено домінуючий Вид генераторів, структурні представники якого максимально задовольняють заданій F_c . Таким видом став Вид-близнюк ЦЛ2.0х неявного типу, структурні представники якого забезпечують максимальне використання активного об'єму генератора, за умови реалізації зворотно-поступального руху.

За результатами синтезу розроблено ескізний проект генератора, який дозволяє реалізувати ряд суттєвих переваг над відомими аналогами.

На заключному етапі досліджень виконано оптимізаційні розрахунки параметрів і енергетичних характеристик генератора в середовищі COMSOL Multiphysics з порівняльним аналізом варіантів поздовжнього і поперечного намагнічування системи індуктора.

Результати структурно-системного аналізу і синтезу генераторів зворотно-поступального руху узагальнено у вигляді генетичного банку інновацій, що дозволяє їх використання при розробці інноваційних проектів в межах даного функціонального класу.

ЭЛЕКТРОПРИВОД ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ НА БАЗЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

Ю.Ю. Шрамко

Днепропетровский государственный технический университет,

Шаровые мельницы являются важным оборудованием для измельчения после дробления в дробилке. Они широко используются в производстве цемента, силиката. Строительных материалов, удобрения, черных и цветных металлов, керамики и др. материалов.

Целью работы является рассмотрение возможности модернизации существующего и создание нового помольного оборудования с приводом на базе асинхронного двигателя с фазным ротором, включенным по схеме машины двойного питания.

Технология помола материалов с помощью шаровых мельниц получила широкое распространение благодаря: простоте конструкции, удобству эксплуатации и возможности обеспечения высокой степени измельчения.

Основными недостатками является низкая производительность и увеличение энергоемкости при увеличении степени помола.

Производительность шаровой мельницы зависит от ряда факторов: свойств измельчаемого материала, равномерности питания, тонкости помола, состояния шаров, степени заполнения барабана шаровой загрузки и т. п.

В настоящей работе рассмотрено применение машины двойного питания к установкам с полным циклом вращения.

В последнее десятилетие рядом зарубежных фирм разработаны новые типы бесконтактных асинхронизированных двигателей, что позволяет приблизить эксплуатационные показатели к показателям машин с короткозамкнутым ротором, но сохранив их полную управляемость и высокую энергоэффективность.

При синтезе векторных полеориентированных систем управления асинхронными двигателями последние независимо от типа ротора представляются в осях U , V , как аналог машины постоянного тока.

При моделировании переходных процессов алгоритмы соответствующих регуляторов системы управления были получены согласно методике изложенной Садовой А.В.

Полученные результаты дают возможность предположить, что схемы приводов шаровых мельниц на базе асинхронных двигателей с фазным ротором, включенных по схеме машины двойного питания могут найти применение в мельницах со сверхкритическими скоростями. Наличие возможности получения скоростей во второй зоне регулирования позволит расширить сортамент величины помола материалов и их типов.

ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВПЛИВУ НА ГРАФІК НАВАНТАЖЕННЯ

В.А.Маляренко, д.т.н., І.Є. Щербак

Харківська національна академія міського господарства

Електроенергетика є базовою галуззю економіки України. Електроенергетичний потенціал України дозволяє не тільки повністю покрити власні потреби країни, а також експортувати електроенергію закордон.

Як відомо, безперервність процесу електропостачання споживачів забезпечується при постійному балансі вироблюваної і споживаної електроенергії. Навантаження електричної системи складається з навантажень споживачів, приєднаних до мереж системи; потужності власних виробничих потреб електростанцій різного типу (АЕС, ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, ГАЕС та ін.); втрат електричної потужності в електромережах.

Однією з особливостей енергетики України є наявність суттєвої нерівномірності графіку електричного навантаження. АЕС, через складність регулювання їх потужності, працюють в базовій частині графіка навантаження енергосистеми; ТЕЦ працюють максимально економічно коли їх електрична потужність відповідає тепловому споживанню. ГЕС і ГАЕС, допускають часті включення і відключення та швидкі зміни навантаження і забезпечують покриття пікової частини добового графіка навантаження. Агрегати ГАЕС в період провалу графіка навантаження працюють в насосному режимі, збільшуючи навантаження ТЕС і АЕС, а в години максимуму навантаження системи переходять на роботу в турбінному режимі, розвантажуючи ТЕС і АЕС від короткочасного пікового навантаження. Проте маневрених потужностей ГЕС та ГАЕС на Україні недостатньо. Це негативно впливає на роботу ТЕС, бо доводиться їх також експлуатувати в маневреному режимі, що викликано гострим дефіцитом регулюючих потужностей.

Ціни на енергоносії невідомо зростають. Від подальшого збільшення цін на газ в першу чергу постраждають українські ТЕЦ, від яких здійснюється централізоване гаряче водопостачання (ГВП). В результаті чого погіршиться і без того достатньо гостра проблема централізованого енергопостачання, зокрема, тепlopостачання і гарячого водопостачання.

ЖКГ є основною галуззю, яка забезпечує належний рівень соціального комфорту і основних побутових потреб населення, тому в цій галузі необхідно організовувати заходи, які дозволять суттєво скоротити енерговитрати і заощадити природні ресурси.

При роботі систем ГВП теплота неминує втрачається через стінки трубопроводів, арматури та елементи конструкції. При водорозборі величина цих тепловтрат не робить помітного впливу на температуру води. Однак за відсутності водорозбору тепловтрати призводять до швидкого остигання води в трубах, що вимагає компенсації тепловтрат за рахунок встановлення системи рециркуляції води. В системах ГВП через відсутність рециркуляції гарячої води втрачається до 25% теплової енергії. Для компенсації нерівномірності споживання гарячої води за часом доби застосовуються

баки-акумулятори.

Як споживачі-регулятори можуть застосовуватись автоматизовані системи нагріву води електроенергією, які працюють в години мінімальних навантажень енергосистеми, з 23 до 6 годин, мінімально змінюючи споживання енергії в залежності від температури води в денний час.

Установки комплектуються баками-акумуляторами, що дозволяє з урахуванням тарифів на споживання електроенергії в нічний час, забезпечувати економічну ефективність даних технологій. Автоматизація управління нагріву води здійснюється або за часом, або з урахуванням температури води. Це дозволяє споживачам використовувати дешеву електроенергію в період нічного навантаження і віддавати накопичене тепло на протязі доби.

Застосування технологій електронагріву води для гарячого водопостачання житлового багатоквартирного будинку має ряд переваг: зручність експлуатації і обслуговування; відсутність внутрішньодворових мереж гарячого водопостачання; скорочення теплових втрат і витоків води в системах гарячого водопостачання; також скорочується кількість планових та аварійних відключень, і, як наслідок, підвищується надійність.

Залучення споживачів-регуляторів до вирівнювання добових графіків навантаження, дозволить знизити витрати палива на вироблення електроенергії, економити кошти на підтримку в робочому стані додаткових резервних потужностей і зменшити необхідність побудови нових дорогих енергоблоків з високими маневреними можливостями.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОИСКУ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ГЭД СУДОВ С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

В.А. Яровенко, д.т.н., П.С. Черников

Одесский национальный морской университет

Системный подход к вопросам проектирования и управления сложными иерархическими системами, каковыми являются судовые пропульсивные комплексы, предполагает такое управление младшей системой, которое в первую очередь будет в наибольшей степени отвечать требованиям старшей системы, для обеспечения функционирования которой младшая система предназначена. В соответствии с этим, сравнительные оценки качества управления судовыми энергетическими установками должны проводиться, прежде всего, по критериям судна как старшей системы.

Энергетическая установка электрохода представляет собой сложную электромеханическую систему, в состав которой входят тепловые двигатели, синхронные генераторы, преобразователи электроэнергии, гребные электродвигатели (ГЭД). В свою очередь эта система входит совместно с гребными винтами и корпусом электрохода в единый судовой пропульсивный комплекс.

В соответствии с системным подходом, предлагается отыскивать

оптимальные законы управления электродвигателями по критериям минимума: продолжительность выполнения маневра; затраты топлива на выполнение маневра; электромагнитные потери в гребных электродвигателях.

Обычно под оптимальным управлением электродвигателя понимают управление напряжением, обеспечивающее наилучшее использование электрической машины. Существующие «классические» законы оптимального управления «привязаны» к наиболее характерным зависимостям момента сопротивления на валу двигателя от угловой скорости его вращения. Чаще всего рассматриваются законы управления при постоянном моменте сопротивления, при постоянной мощности и при вентиляторной нагрузке. У электроходов же момент сопротивления является сложной функцией угловой скорости вращения гребного винта и скорости движения судна. Кроме того, при глубоком регулировании, неизбежен переход от одного классического закона регулирования к другому (причем, переход – плавный). Поэтому предлагается отыскать оптимальные законы управления ГЭД.

Для решения поставленных задач разработан специальный метод оптимизации. Он позволяет проводить поиск оптимальных законов управления гребными электродвигателями электроходов по самым различным критериям и в первую очередь – по критериям судна.

Целью исследования является получение оптимальных законов управления для всех судов рассматриваемого класса, т. е. для судов с любым набором значений параметров пропульсивного комплекса. Разработанная математическая модель позволяет это сделать.

Предложенные рекомендации позволяют достаточно просто находить оптимальные законы управления гребными электродвигателями на маневрах. Для этого необходимо рассчитать численные значения соответствующих безразмерных параметров комплекса и отыскать по рисункам нужные кривые (либо воспользоваться табличным вариантом решения). Если значения параметров пропульсивного комплекса отличаются от приведенных в таблицах, можно воспользоваться любым интерполяционным методом.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗОЛЯЦИИ МНОГОЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

С.В. Швец, к.т.н., А.В. Галь

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Обеспечение безопасной эксплуатации ядерных объектов в значительной степени зависит от состояния и перегрузочной способности трасс силовых кабелей и контрольных кабелей, используемых в системах внутрореакторного контроля. Систематические наблюдения за состоянием кабельных трасс, включающие контроль электрических параметров кабелей

и отбор образцов для лабораторных исследований - являются основой для своевременного обнаружения дрейфа параметров и принятия адекватных мер, вплоть до замены устаревших изделий новыми.

В последние годы требования к кабелям для ядерных объектов существенно возросли. Вместе с тем появились новые методики и более чувствительные приборы, в том числе цифровые, позволяющие выполнить неразрушающий контроль кабелей на более высоком техническом уровне.

Для оценки состояния изоляции используется около полутора десятков разных показателей: механических, теплофизических, физико-химических, электрических. Электрические показатели (сопротивление, емкость, тангенс угла диэлектрических потерь, пробивное напряжение, абсорбционные характеристики) привлекательны тем, что могут быть определены как на образцах, отобранных с трасс кабелей, так и на изделиях, находящихся в эксплуатации (кроме разрушающих испытаний). Однако электрические показатели дают, как правило, интегральную оценку изоляции. Поэтому задачей настоящего исследования стала разработка такой методики электрических обследований изоляции кабелей, при которой появилась бы возможность оценить состояние компонентов изоляции по отдельности, а не всей конструкции в целом. Для этого электромагнитное поле локализуется в отдельной области конструкции (например, изоляции только одной из жил). Часть этого поля может проникать и в соседние элементы конструкции. Чтобы из результатов нескольких совокупных измерений выделить вклад именно выбранного элемента, необходимо решать системы уравнений.

Степень изношенности изоляции кабелей достигает 30 – 40% . Согласно эксплуатационным данным кабельные линии напряжением 6 – 10 кВ повреждаются по следующим причинам:

- из-за ранее полученных механических повреждений и дефектов прокладки – 13 %;
- от попадания влаги и отсыревания изоляции в муфтах и разделках – 13%;
- от вытекания пропиточного состава и старения изоляции – 34%;
- от применения некондиционных материалов, несовершенства кабельных соединений и дефекта монтажа – 23%;
- от перенапряжений и коротких замыканий в сети – 4%;
- от коррозии свинцовых и алюминиевых оболочек – 1%;
- по невыясненным причинам – 12%.

Статистика повреждаемости кабельных линий в крупном промышленном центре существенно отличается от рассмотренного выше случая периферийных энергосистем. Здесь доля отказов, связанных со старением изоляции, относительно невелика. Зато преобладают внешние причины, не связанные с изоляцией:

- механические (прямые и предшествующие) повреждения – 27%;
- дефекты монтажа кабельной арматуры – 11%;
- коррозия металлических оболочек кабелей – 12%;
- местные заводские дефекты изготовления кабелей – 7%;
- старение изоляции кабелей – 4%.

На стационарных объектах ядерной энергетики случаи механических повреждений кабелей – относительно редки. Здесь основная причина ухудшения их свойств – термоокислительные процессы старения, протекающие при наличии паров воды. Со временем начинает сказываться и радиационное старение, ведь интенсивность излучения растет на порядок каждые два года эксплуатации ядерного реактора. За 30-летний срок нормальной эксплуатации интенсивность облучения изоляции в гермозоне реакторов возрастает в 10^{15} раз.

Проблема контроля состояния изоляции, в частности, кабелей становится с каждым годом все более актуальной. Особое внимание уделяется кабелям, эксплуатирующимся на атомных электростанциях (АЭС). Проблемы безопасности здесь приобретают общегосударственное значение. Поэтому обследование технического состояния кабелей выполняется систематически и по специальным методикам. При этом учитываются требования действующих стандартов и новые подходы, которые пока в них еще не отражены.

Контроль состояния изоляции кабелей разрушающими методами выполняется на образцах, отобранных из так называемых кабелей-свидетелей – кабелей, проложенных рядом с функциональными, но используемых только для отбора проб. Такой метод используется на некоторых АЭС. Образцы кабелей с гермозоны, чистой зоны и хранившихся на складе подвергают ускоренному старению. Этот процесс имитирует такое тепловое и радиационное старение, которое эквивалентно при очередном периоде нормальной эксплуатации кабелей до следующего планово-профилактического ремонта блока. Кабель считается пригодным для дальнейшей эксплуатации, если по всем параметрам он удовлетворяет нормативным требованиям.

Современные конструкции кабелей содержат многокомпонентную изоляцию. Так, изоляция жил может быть комбинированной (например, ПЭ + ПВХ-пластикат), где один из компонентов обеспечивает высокоизоляционные свойства, а другой – механическую стойкость. Элементы конструкции кабеля - междуфазное заполнение, внутренняя и внешняя оболочки, водоблокирующие слои, гидрофобные заполнения – находятся в разных условиях и старятся по-разному.

В готовом изделии измерить характеристики каждого из компонентов изоляции по отдельности невозможно. Любое измерение представляет собой результат совокупного влияния нескольких компонентов кабеля. Например, при измерении характеристик частичных емкостей и тангенса угла диэлектрических потерь промежутка «жила-экран» фактически осуществляется совокупное измерение характеристик нескольких компонентов одновременно, включенных параллельно, последовательно, последовательно-параллельно.

Существует несколько способов выделения характеристик одного (искомого) компонента на фоне совокупных измерений: частотный, временной, пространственный.

При частотном способе измерения проводятся на нескольких частотах.

По полученной частотной характеристике объекта контроля находят параметры отдельных компонентов изоляции. Реализация частотного способа возможна в лабораторных условиях. В условиях эксплуатации реализация этого способа затруднительна, т.к. при большой длине трассы контролируемого кабеля приходится уменьшать напряжение на выходе измерительного прибора (до 0,04 В), из-за чего падает помехоустойчивость. На низких частотах трудно отстроиться от гармоник питающей сети.

Временной способ заключается в снятии кривых саморазряда или кривых восстанавливающего напряжения. Этот метод до сих пор не реализован аппаратно и применяется в ограниченном количестве при контроле изоляции электрических машин.

Пространственный способ заключается в создании зондирующего поля в том компоненте изоляции, свойства которого нас непосредственно интересуют. Для этого осуществляют коммутацию электродов измеряемого объекта так, чтобы зашунтировать поле в тех участках конструкции, влиянием которых хотят пренебречь.

Рассмотрим схему реализации этого способа. Между объектом контроля и измерительным прибором установлен коммутатор (механический или электронный на основе дешифратора и оптореле). С помощью коммутатора электроды объекта подключаются к одной или к другой клемме прибора. Если измерения производятся на переменном токе и без постоянной составляющей (поляризующее напряжение), то обе клеммы прибора равноценны, так как вход его дифференциальный. Если измерения проводятся при наличии поляризующего напряжения (например, в случае, когда нагрузка объекта контроля является вентильным устройством, которое невозможно отключить на время обследования кабеля), то клеммы прибора становятся неравноценны и результат измерения зависит от полярности подключения средства измерения.

Пусть объект контроля содержит n электродов (коммутатор – n -переключатель), каждый из которых может быть только в двух состояниях “1” и “0” (“1” – подключен к средству измерения, “0” – отключен от него). Тогда число возможных вариантов подключения объекта контроля равно $N_{\text{вар}} = 2^n$. При этом учитываются и такие “варианты” подключения, когда все электроды подключены на одну (00000000) или на другую (11111111) клеммы прибора. Если исключить эти два неинформативных варианта подключения объекта контроля, то общее число вариантов составит $N_{\text{вар}} = 2^n - 2$. При измерениях без постоянных составляющих, когда клеммы прибора равноценны, число вариантов равно $N_{\text{вар}} = 2^n / 2 - 2$. При этом варианты, изображаемые противоположными кодами симметричны варианты равнозначны (например, 11001100 и 00110011). Для восьмиэлектродного кабеля имеем 126 разных вариантов подключения к измерительному прибору. В связи с этим, возникает проблема выбора оптимальных вариантов подключения объекта контроля.

Представляет интерес информация о параметрах изоляции каждого провода в отдельности. Для этого необходимо выбрать такую коммутацию проводов, чтобы электрическое поле в основном сосредотачивалось вокруг

ізоляції контролюваного провoda. Можна виміряти ємкість і тангенс кута діелектричних втрат виділеного провoda по відношенню до всіх інших. При цьому зондувальне поле частково захоплює ізоляцію і інших провodів, тому доводиться виконувати ряд вимірювань, кожен раз концентруючи діагностичне поле в якій-то частині виробу. Далі по результатам подібних вимірювань знайдемо характеристики кожного з об'єктів по окремості. Очевидно, що сильніше всього впливає найближчий шар оточення на результати дослідження ізоляції даного провodника, а менше всього – всі наступні.

Таким чином, результати сукупних вимірювань представляють собою складну взаємозв'язану систему впливаючих полів всіх шарів.

Якщо б замість моделі об'єкта використовувалася не схема заміщення, а картина електростатичного поля в неоднорідній середі, то виконуючи багато вимірювань, можна було б відновити структуру локальної неоднорідної ізоляції, подібно тому, як це робиться в комп'ютерній томографії. Якщо ж використовувати схеми заміщення як моделі об'єкта, то ми отримаємо спрощену картину стану ізоляції окремих компонентів об'єкта контролю. Перехід до схем заміщення об'єкта контролю дозволяє спростити задачу інтерпретації результатів багаточисельних сукупних вимірювань.

При повній постановці задачі з моделлю полів восьмижильного кабелю можна було б визначити 126 деталей конструкції, приблизно по 16 точок для ізоляції кожної жили. Для випадку $n = 8$ (восьмижильний кабель) перехід до схеми заміщення дозволяє зменшити кількість невідомих, що підлягають визначенню до 28.

ОЦІНЮВАННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАЧІВ КОЕФІЦІЕНТУ НЕСИНУСОЇДАЛЬНОСТІ

С.В. Швець, к.т.н., А.А. Цвірко

Харківська національна академія міського господарства

Широке впровадження мікропроцесорів у вимірювальну техніку, а отже, і пов'язане з ним якісне поліпшення технічних характеристик вимірювальних засобів багато в чому стримується, з одного боку, недостатньою увагою фахівців до розробки алгоритмів цифрової обробки сигналів, що забезпечують найбільшу ефективність використання мікропроцесорів, та з іншої сторони, відсутністю інженерних методів оцінки похибок таких мікропроцесорних засобів вимірювань. Особливо це відноситься до засобів вимірювань фізичних величин, що вимагають порівняно складних алгоритмів обробки вхідних сигналів, зокрема, до вимірювачів нелінійних викривлень.

Серед найважливіших параметрів оцінки якості електричної енергії енергетичних систем є коефіцієнт нелінійних викривлень або коефіцієнт несинусоїдальності. Найчастіше виявляється необхідним проводити

вимірювання цих параметрів, невеликих за значенням. Тому з'являється потреба у визначенні кількісних характеристик похибок вимірювань для мікропроцесорних вимірювачів, які на теперішній час дуже широко застосовуються у практиці і є сертифікованими, але мають ряд істотних недоліків.

Сучасні аналогові й цифрові вимірювачі нелінійних викривлень засновані, як правило, на вузькополосній фільтрації, і тому мають ряд істотних недоліків, які обмежують їхнє подальше вдосконалювання. Відомі дослідження з побудови вимірювачів нелінійних викривлень, у якій аналогова фільтрація замінена на цифрову. Однак є й інший підхід до побудови обчислювальних мікропроцесорних вимірювачів нелінійних викривлень, що не вимагає яких-небудь принципово нових технічних розробок і досить простий у реалізації. Більше того, принцип побудови й структурна схема таких вимірювачів нелінійних викривлень є універсальними й для інших електричних величин, тому що засновані на алгоритмах цифрової обробки сигналів аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і відрізняються тільки програмами обробки цих кодів при одній і тій же структурі приладу.

Як відомо, нелінійні викривлення періодичного несинусоїдального сигналу $u(t)$ характеризуються коефіцієнтом гармонік

$$k_{\Gamma} = U_{\text{в}} / U_1, \quad (1)$$

де U_1 – середнє квадратичне значення (СКЗ) першої гармоніки сигналу $u(t)$;
 $U_{\text{в}}$ – СКЗ вищих гармонік сигналу $u(t)$, обумовлене одним з виразів:

$$U_{\text{в}} = \sqrt{\sum_{v=2}^{\infty} U_v^2} \quad (2)$$

або

$$U_{\text{в}} = \sqrt{U^2 - U_1^2}; \quad (3)$$

U_v – СКЗ v -й гармоніки сигналу $u(t)$, починаючи із другій.

Величини U^2 і U_v^2 (у тому числі U_1^2 при $v = 1$) можна знайти по кодах миттєвих значень сигналу u_q :

$$U^2 = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^n u_q^2; \quad (4)$$

$$U_v^2 = \frac{U_{vx}^2 + U_{vy}^2}{2}, \quad v = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

$$\text{де } U_{vx} = \frac{2}{n} \sum_{q=1}^n u_q \sin \nu \omega t_q; \quad U_{vy} = \frac{2}{n} \sum_{q=1}^n u_q \cos \nu \omega t_q \quad (6)$$

– коефіцієнти Фур'є амплітуди ν -й гармоніки сигналу $u(t)$.

Різні варіанти безпосередньої реалізації формули (1) з урахуванням виразів (2)-(6) мають обмеження по точності вимірювань через похибки округлення проміжних результатів, оскільки всі обчислювальні операції (зведення у квадрат, підсумовування, добування квадратного кореня, ділення) проводяться з великими величинами, або потрібне значне підвищення розрядності МП, що знижує економічну ефективність і метрологічну надійність приладу.

Більш раціональні алгоритми одержимо, якщо СКЗ U_B представимо у вигляді

$$U_B = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{q=1}^n [u_q - U_{1\max} \sin(\omega t_q + \psi_1)]^2}, \quad (7)$$

де $U_{1\max}$, ψ_1 – амплітуда й початкова фаза першої гармоніки сигналу $u(t)$.

Співвідношення (7) дозволяє перейти до наступних двох еквівалентних форм запису:

$$U_B = U_1 \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{q=1}^n \left[\frac{u_q}{U_{1\max}} - \sin(\omega t_q + \psi_1) \right]^2}; \quad (8)$$

$$U_B = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{q=1}^n (u_q - U_{1x} \sin \omega t_q - U_{1y} \cos \omega t_q)^2}. \quad (9)$$

Тоді вираз (1) з урахуванням рівності (8) приймає вигляд

$$k_r = \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{q=1}^n \left[\frac{u_q}{U_{1\max}} - \sin(\omega t_q + \psi_1) \right]^2}, \quad (10)$$

а з урахуванням рівності (9)

$$k_r = \frac{1}{U_1} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{q=1}^n (u_q - U_{1x} \sin \omega t_q - U_{1y} \cos \omega t_q)^2}. \quad (11)$$

Вирази (10) і (11) обумовлюють алгоритми цифрової обробки кодів u_q , записаних в ОЗП МП, на другому, обчислювальному, етапі роботи приладу та забезпечують наступні переваги вимірювачів нелінійних викривлень:

- більш високу точність, оскільки всі операції проводяться з малою різницею двох близьких величин $u_q/U_{1\max}$ і $\sin(\omega t_q + \psi_1)$, що веде також до зменшення розрядності МП;

- підвищення метрологічної надійності й зменшення часу вимірювання через скорочення (у два-три рази) операцій зведення у квадрат і добування квадратного кореня.

Час вимірювання можна ще зменшити, якщо для визначення СКЗ U_B спочатку задатися наближеними величинами U_{1x} й U_{1y} (позначимо їх \tilde{U}_{1x} і \tilde{U}_{1y}) і відносно гармонійного сигналу з такими параметрами знайти наближене значення величини \tilde{U}_B^2 з рівності (9), а потім уточнити його по формулі

$$U_B^2 = \tilde{U}_B^2 - [(\Delta U_{1x})^2 + (\Delta U_{1y})^2] / 2, \quad (12)$$

де $\Delta U_{1x} = U_{1x} - \tilde{U}_{1x}$; $\Delta U_{1y} = U_{1y} - \tilde{U}_{1y}$.

Таким чином, даний алгоритм вимірювання коефіцієнта гармонік сигналу $u(t)$ зводиться до одночасного вимірювання, по-перше, наближеного значення \tilde{U}_B^2 при довільно заданих параметрах першої гармоніки \tilde{U}_{1x} , \tilde{U}_{1y} і, по-друге, дійсних параметрів першої гармоніки U_{1x} , U_{1y} сигналу $u(t)$, по яких потім уточнюється величина U_B^2 згідно (12).

Визначимо математичне очікування абсолютної похибки вимірювання коефіцієнта гармонік Δk_r . Знаходимо

$$M|\Delta(U_1^2)| = 2\sigma_\xi^2/n; \quad M|\Delta(U_B^2)| = \sigma_\xi^2(n-2)/n,$$

де $\sigma_\xi^2 = D[\xi_q]$ – дисперсія величини ξ_q .

З урахуванням цих рівностей з (13) отримаємо

$$M|\Delta k_r| = \frac{\sigma_\xi^2}{2U_1^2} \left(\frac{n-2}{nk_r^2} - \frac{2}{n} \right) k_r.$$

При $n \gg 1$ дана формула спрощується

$$M|\Delta k_r| = (\delta\xi_\sigma)^2 / (2k_r), \quad (13)$$

де $\delta\xi_\sigma = \sigma/U_1$ – відносне СКЗ похибок ξ_q кодів миттєвих значень u_q .

При обчисленні дисперсії похибки коефіцієнта гармонік $D[\Delta k_r]$ можна обмежитися першими, лінійними по ξ_q членами, тому що урахування наступних членів дає складові більш високого порядку за значенням дисперсії (при обчисленні математичного очікування обмежитися лінійними членами не можна, тому що математичне очікування цих членів дорівнює нулю). Тоді формула (13) у зазначеному наближенні приймає вигляд

$$\Delta k_r = \frac{k_r}{2U_1^2} \left[\frac{2}{k_r^2 n} \sum_{q=1}^n u_{Bq} \xi_q - \frac{4}{n^2} \sum_{q,s=1}^n u_q \xi_s \cos(\alpha_q - \alpha_s) \right].$$

Отже, дисперсія абсолютної похибки коефіцієнта гармонік стає

$$D[\Delta k_r] = \langle (\Delta k_r)^2 \rangle = \frac{k_r^2}{4U_1^4} \left[\frac{4}{k_r^4 n^2} \sum_{q,s=1}^n u_{Bq} u_{Bs} \langle \xi_q \xi_s \rangle + \right. \\ \left. + \frac{16}{n^4} \sum_{\substack{q,s, \\ q_1,s_1}} u_q u_{q_1} \langle \xi_s \xi_{s_1} \rangle \cos(\alpha_q - \alpha_s) \cos(\alpha_{q_1} - \alpha_{s_1}) - \right. \\ \left. - \frac{16}{k_r^2 n^3} \sum_{q,s,q_1} u_{Bq} u_{q_1} \langle \xi_q \xi_s \rangle \cos(\alpha_{q_1} - \alpha_s) \right]. \quad (14)$$

Для обчислення сум, що входять у формулу (14), припустимо, що випадкові похибки стаціонарні та некореловані. Тоді

$$\langle \xi_q \xi_s \rangle = \begin{cases} \sigma^2, & q = s, \\ 0, & q \neq s. \end{cases}$$

Опускаючи проміжні обчислення у виразі (2.29) маємо:

$$D[\Delta k_r] = \frac{\sigma_\xi^2}{\pi U_1^2} + \frac{\sigma_\xi^2 k_r^2}{\pi U_1^2} = \frac{(\delta \xi_\sigma)^2}{\pi} (1 + k_r^2)^2,$$

при $k_r \ll 1$

$$D[\Delta k_r] = (\delta \xi_\sigma)^2 / n. \quad (15)$$

У якості результуючої статистичної похибки Δk_r , що враховує систематичну та випадкову складові, можна прийняти

$$\Delta k_{r\Sigma} = M[\Delta k_r] + 3\sqrt{D[\Delta k_r]}.$$

При $n \gg 1$ і $k_r \ll 1$ відповідно до формул (13) і (15) маємо

$$\Delta k_{r\Sigma} = \frac{(\delta \xi_\sigma)^2}{2k_r} + \frac{3\delta \xi_\sigma}{\sqrt{n}}.$$

Розрядність мікропроцесора й розрядність завдання величин $\sin \alpha$, $\cos \alpha$ варто вибрати так, щоб на всіх етапах обчислень внесена ними похибка була в 3 – 5 разів менше похибки квантування. Число точок дискретизації n варто вибрати з умови, щоб при вимірюванні коефіцієнта гармонік k_r , впливом гармонік, починаючи з номера $n - 2$, можна було знехтувати.

Висновки:

Одним з переваг запропонованого принципу побудови мікропроцесорного вимірювача нелінійних викривлень, особливо для діапазону інфранизьких частот, є значно менший час вимірювань, рівний $2 \div 3$ періодам вхідного сигналу. Для аналогових вимірювачів нелінійних

викривлень час вимірювання становить не менш 20-30 періодів вхідного сигналу, що необхідно для зменшення впливу перехідних процесів.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОХОД К СИНТЕЗУ АВАРИЙНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ

С.В. Швец, к.т.н., К.С. Швец

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Функционирование аварийно-диспетчерской службы районов (АДСР), заключающееся в эффективном управлении территориально-распределенными электроэнергетическими объектами, к которым принадлежат электроэнергетические объекты разного уровня иерархии, требует решения целого ряда оптимизационных задач, связанных с обеспечением надежности и экономичности их функционирования.

АДСР входят в состав единой системы городской аварийно-диспетчерской службы. Главная цель такой службы – безопасная и безаварийная эксплуатация топливно-энергетического и жилищно-коммунального хозяйства, потенциально опасных объектов, в том числе энергетических. Среди основных задач АДСР можно выделить как выполнение работ по локализации и ликвидации аварий на энергетических объектах, так и поддержка заданных режимов повседневного функционирования городских электрических сетей.

В состав аварийно-диспетчерской службы входят выездные бригады районных электрических сетей соответствующей территориально-структурной единицы, основная функция которых – в очень сжатые сроки восстановить энергоснабжение, а в случае невозможности – привлечь составляющие системы экстренной помощи населению – другие городские службы и подразделения МЧС.

В основу построения существующих АДСР положены следующие принципы: высокая скорость реагирования; комплексный характер восстановления работоспособного состояния; эффективность выполнения работ [1,2]. Основным противоречием при создании подобных систем является объединение отдельных субъектов управления в единую систему при наличии у них различных объектов управления: подразделения диспетчерской службы и выездные бригады, что само по себе является неверным [3-5].

Рассматриваемые системы в настоящее время сформированы путем слияния компонентов, разрабатываемых отдельно, что не позволяет использовать основное преимущество системного подхода: представить объект как комплекс взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью, раскрыть его интегративные свойства, внутренние и внешние связи [6].

При синтезе технических систем любая процедура их проектирования должна содержать следующие модули: модуль генерации целей,

аналитический модуль, формирование системы объекта, модуль синтеза, модуль оценки полученных решений. Эта совокупность модулей является инвариантной относительно системных уровней (в технических системах это уровень функциональной структуры, принципа действия, технического и параметрического решения). Такое построение эвристического алгоритма синтеза системы отвечает фрактальному принципу синтеза систем, обеспечивающего компактность и унификацию процедур на всех системных уровнях [1,6].

Приведенный выше комплекс взаимосвязанных проблем требует пересмотра методов и подходов, на основе которых должен происходить синтез структуры подсистем и системы АДСР в целом.

Современные тенденции развития информационно-технических систем направлены на использование системного подхода при решении этого вида задач.

В общем виде данная задача относится к классу многокритериальных задач оптимизации. Путем введения допущений указанная задача синтеза сведена к классу задач дискретной оптимизации, что позволит найти семейство допустимых решений из области конкурентно способных вариантов.

Предлагается для решения указанной задачи применить обобщенный показатель эффективности выбора рационального варианта структуры системы АДСР, использующий стратегию "достигаемого эффекта". Этот показатель строится в виде разности абсолютных эффектов: предлагаемого варианта структуры системы АДСР и базового.

Общая постановка задачи синтеза имеет следующий вид:

$$W = \max \{ \mathcal{E}\Phi_n(x) - \mathcal{E}\Phi_0(x) \},$$

$$\text{при } x \in X$$

$$Z_{\text{нп}} \rightarrow \min$$

где $\mathcal{E}\Phi_n(x)$ – абсолютный эффект при реализации предлагаемой структуры АДСР; $\mathcal{E}\Phi_0(x)$ – абсолютный эффект при реализации базового варианта структуры АДСР; X – область допустимых решений; $Z_{\text{нп}}$ – непроизводительные затраты.

Выражение для абсолютного эффекта синтезируемой структуры АДСР будет иметь вид:

$$\mathcal{E}\Phi_n(x) = \left(\sum_{i=1}^n P_i P_{ci} P_{\text{нп}i} k_{ci} (PP_{\phi i} - Z_i) \times \prod_{j=1}^k \exp(-\{\lambda_{\text{я}ij} + \lambda_{\text{с}ij}\} t_{\text{р}ij}) \right) - Z_{\text{дон}}, \quad (1)$$

где P_i – априорная вероятность требования на выполнение соответствующей подсистемой i -той задачи; P_{ci} – вероятность того, что не будет срыва выполнения i -той задачи из-за отсутствия работоспособной подсистемы; $P_{\text{нп}i}$ – вероятность того, что не будет срыва выполнения i -той задачи из-за настройки i -той подсистемы неисправным средством; k_{ci} – коэффициент готовности i -той подсистемы; $PP_{\phi i}$ – стоимостное выражение фактического полезного результата при выполнении i -той задачи; Z_i – затраты, связанные с

реализацией выбранного варианта подсистемы технического обслуживания для i -той подсистемы и измерением параметров этой подсистемы в процессе эксплуатации; $\lambda_{яij}, \lambda_{сij}$ – интенсивности явного и скрытого отказов j -того компонента i -той подсистемы; t_{rij} – время, за которое рассматриваются явный и скрытый отказы; $Z_{доп}$ – затраты, связанные с функционированием системы АДСР.

Используя понятие стратегии периодического обслуживания системы АДСР выражения для $PP_{\phi i}$ и Z_i будут иметь вид:

$$\begin{aligned} PP_{\phi i} &= PP_{эi} + PP_{сi}; \\ Z_i &= Z_{эi} + Z_{сi}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $PP_{эi}$ и $Z_{эi}$ – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, зависящих от решения i -той задачи соответствующей подсистемой; $PP_{сi}$ и $Z_{сi}$ – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, обусловленных использованием стратегии периодического обслуживания.

В общем случае для установившегося режима эксплуатации системы АДСР

$$\begin{aligned} PP_{эi} &= \sum_{j=1}^m P_{ij} \sum_{k=1}^m P_{ijk} PP_{ijk}; \\ Z_{эi} &= \sum_{j=1}^m P_{ij} \sum_{k=1}^m P_{ijk} Z_{ijk}, \end{aligned} \quad (3)$$

где P_{ij} – вероятность нахождения i -той подсистемы в каждом из j -состояний в процессе эксплуатации; PP_{ijk}, Z_{ijk} – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, получаемых от применения по назначению i -той подсистемы при переходе из состояния j в состояние k ; P_{ijk} – вероятность перехода i -той подсистемы из состояния j в состояние k в процессе решения текущей задачи.

Значения PP_{ijk} и Z_{ijk} будут определяться матрицами значений дискретной случайной величины в установившемся режиме эксплуатации системы АДСР

$$[PP_{ijk}] = \begin{bmatrix} PP_{i11} & PP_{i12} & \dots & PP_{i1k} \\ PP_{i21} & PP_{i22} & \dots & PP_{i2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ PP_{ik1} & PP_{ik2} & \dots & PP_{ikk} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$[z_{ijk}] = \begin{bmatrix} z_{i11} & z_{i12} & \dots & z_{i1k} \\ z_{i21} & z_{i22} & \dots & z_{i2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{ik1} & z_{ik2} & \dots & z_{ikk} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Исходя из анализа приведенных соотношений, получены следующие результаты:

1. Наличие безусловной составляющей фактического полезного результата для стратегии периодического обслуживания i -той подсистемы обуславливает не минимальное значение составляющей фактического полезного результата при минимальном значении ожидаемого времени задержки. Стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, получаемых от применения по назначению i -той подсистемы, определяется матрицей значений.

2. Структура затрат формируется в установившемся режиме эксплуатации системы. Стоимостное выражение затрат на обслуживание является дискретной случайной величиной, зависящей от времени t_{zij} .

3. В состав адаптивного показателя синтеза структуры АДСР вовлечены необходимые начальные затраты, обусловленные эксплуатационными издержками. Они имеют вероятностную зависимость от принятия решения на ввод в эксплуатацию конкретного варианта структуры системы АДСР.

4. Наличие безусловных составляющих фактического полезного результата и затрат зависят от надежности используемых средств и не учитывают характер стратегии обслуживания.

Выводы. Модификация адаптивного показателя синтеза структуры системы АДСР, который учитывает периодичность обслуживания системы при наличии ложных и истинных отказов, позволит уточнить процедуру отбора конкурентоспособных вариантов с целью определения множества допустимых структур, отвечающих требованиям целевой функции синтеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.П., Каменев С.П. Все уровни оповещения / А.П. Попов, С.П. Каменев // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2004. – №1. – С.36-44.
2. [Кудинов А.В.](#) Геоинформационные технологии в управлении пространственными инженерными сетями / А.В. [Кудинов](#), Н.Г. [Марков](#). – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 176 с.
3. Бутенко Д.В. Системологическое представление технической системы / Д.В. Бутенко // Концептуальное проектирование в образовании, технике и технологии. – Волгоград, 1997. – С. 69-75.
4. Теслинов А.Г. Развитие систем управления: методология и концептуальные структуры / А.Г. Теслинов. – М.: Глобус, 1998. – 229 с.
5. Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескорвайный В.В. Территориально распределенные системы обслуживания / Э.Г. Петров, В.П. Пискалова, В.В. Бескорвайный. – К.: Техніка, 1992. – 208 с.
6. Тупкало В.Н. Процессный подход к управлению: от деклараций стандарта ISO 9001:2000 к методологическим основам теории процессного управления / В.Н. Тупкало, С.В. Тупкало // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – № 4. – С.114 - 118.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ НА ПОГРІШНІСТЬ ІНДУКЦІЙНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

І.Г. Абраменко, к.т.н., доц.

Харківська національна академія міського господарства

У системах електропостачання у зв'язку зі збільшенням споживачів електроенергії, що працюють в імпульсному режимі, а також систем із широтно-імпульсною модуляцією, частотних перетворювачів у системах електроприводів з асинхронними двигунами, нелінійних навантажень, тиристорних перетворювачів і т.п. виникає високий рівень вищих гармонік.

У зв'язку із цим питання виміру електричної енергії в цих умовах залишається актуальним. Для виміру електричної енергії в системах електропостачання в наш час застосовуються як індукційні, так і електронні лічильники електроенергії. Причому останні найчастіше будуються на основі аналогово-цифрових перетворювачів з використанням мікропроцесорних обчислювачів, тобто в процесі обчислення електроенергії застосовується дискретизація вимірів за часом і квантуванням вхідних сигналів, пропорційно поточним значенням струму і напруги на навантаженні, що неминуче породжує погрішність обчислення енергії.

Розглянемо результати дослідження погрішності індукційних лічильників електричної енергії в умовах високого рівня гармонік у кривих струму і напруги. У якості моделі електронного лічильника використаємо лічильник, що забезпечує обчислення поточного значення електроенергії $w(t)$ в порівнянні з моделлю індукційного лічильника, відповідно до виразу

$$w(t) = \int_0^t u(t) \cdot i(t) \cdot dt, \quad (1)$$

де $u(t)$ - миттєве значення напруги на навантаженні; $i(t)$ - миттєве значення струму навантаження; t - поточний час виміру.

У структурній схемі такого лічильника в якості перемножувача миттєвих значень $u(t)$ і $i(t)$ використаємо імпульсний пристрій, імпульсний інтегратор і цифровий лічильник імпульсів, що дозволяє забезпечити сумарну погрішність виміру поточного значення електроенергії порядку декількох десятих часток відсотків (0,1, 0,2%) в умовах високого рівня вищих гармонік на частотах кратних 50 Гц, аж до частот у кілька десятків кілогерців.

Дослідження проводилися з використанням моделі частотного перетворювача (НП) Mitsubishi E500 FR-E540-5,5K-EC з номінальною потужністю 5,5 кВт. У якості навантаження використовувалися нагрівальні елементи. Структурна схема установки та часові діаграми струмів і напруг представлені на рис. 1 і рис. 2.

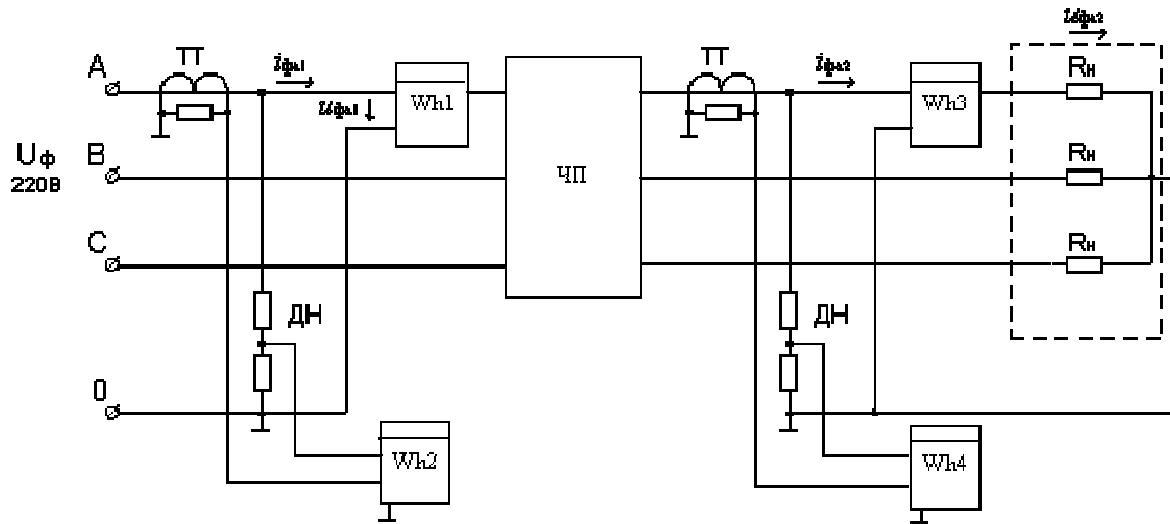


Рис. 1 - Структурна схема моделі: Wh1, Wh3 - індукційні лічильники електроенергії 3 505; Wh2, Wh4 - електронні лічильники електроенергії; ТТ - трансформатор струму; ДН - датчик напруги; НП - частотний перетворювач; RN - опір навантаження.

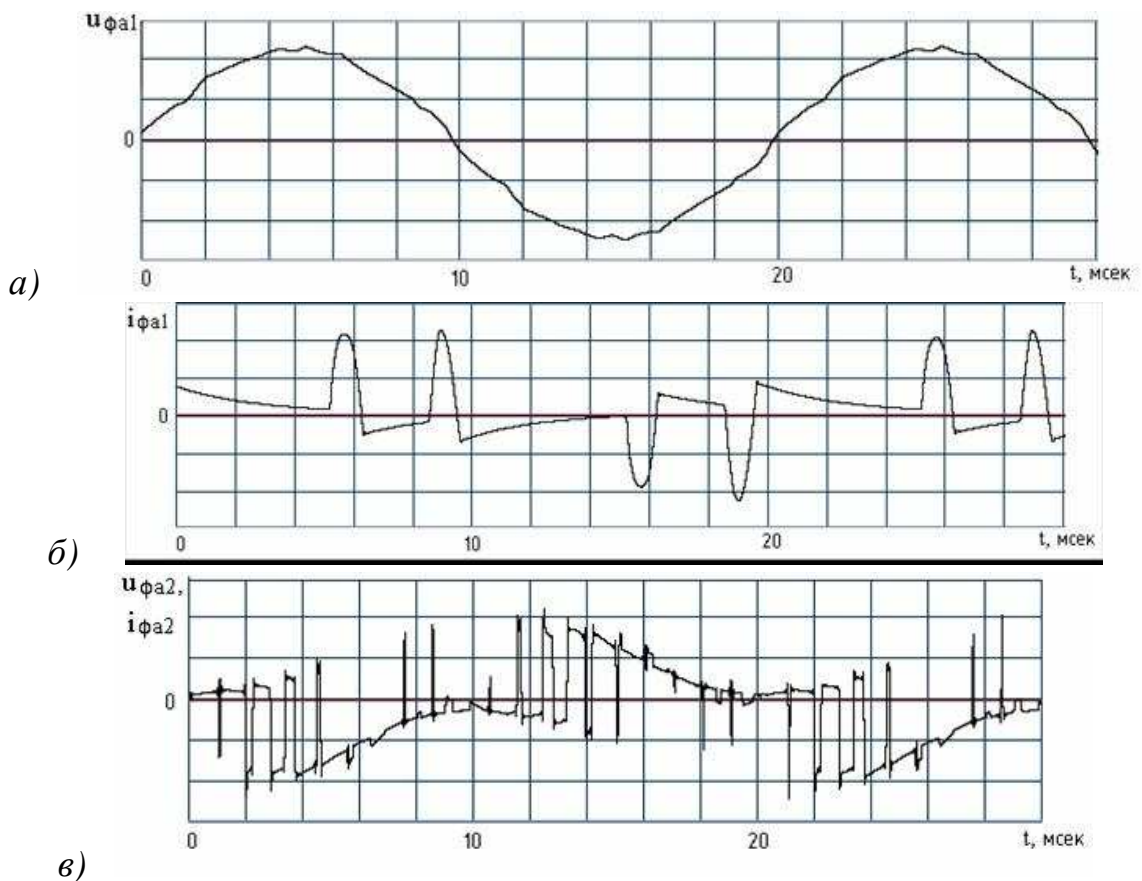


Рис. 2 - Часові діаграми фазних напруг (а й в) і фазних струмів (б и в) на вході і виході НП для випадку лінійного активного навантаження

При проведенні експерименту був використаний наступний режим роботи частотного перетворювача:

- частота основної гармоніки напруги на виході НП $f = 50$ Гц;
- частота напруги на виході НП - 1 кГц;
- опір навантаження частотного перетворювача $R_N = 38$ Ом (режим

близький до номінального)

За результатами моделювання було визначено середнє значення коефіцієнта корисної дії частотного перетворювача при зазначеному навантаженні:

$$\eta_{\text{чп ср}} = \frac{P_{2\text{ ср}}}{P_{1\text{ ср}}} \cdot 100\% = 94,8\%$$

де $P_{2\text{ ср}}$ - середнє значення потужності на виході НП; $P_{1\text{ ср}}$ - середнє значення споживаної НП потужності.

У результаті проведених вимірів за схемою рис. 1 встановлені відносні значення δ різниць показань електронних і індукційних лічильників електроенергії у відсотках по входу та виходу НП, які з урахуванням статистичної обробки склали наступні значення:

$$\delta_{\text{вх}} = 0,8\%, \delta_{\text{вих}} = 28\%$$

З отриманих результатів випливає, що при ідентичних значеннях навантаження в умовах несинусоїдальних режимів у ланцюгах із широтно-імпульсною модуляцією, основна погрішність індукційних лічильників електроенергії в кілька десятків раз перевищує їхню основну погрішність при синусоїдальному режимі.

Література

1. Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке: Пер. с чешск. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 112 с.
2. Особенности учета электроэнергии при несимметрии сети / Г.М. Барский, Е.Н. Танкевич, И.В. Яковлева, В.А. Гинайло // Доклады 3-й науч.-практ. конф. «Метрология электрических измерений в электроэнергетике». - М.: Изд-во НЦ ЭНАС. - 2003. - С. 308-320.
3. Танкевич ЄМ., Гінайло В. О. Оцінювання і коригування похибок вимірювання потужності за трансформаторної схеми включення багатофункціонального лічильника електроенергії // Матер. 3-ої наук.-практ. конф.: «Метрологічне забезпечення обліку електричної енергії. — К.: А-Центр, 2001. — С. 49—56.
4. Квицинский А.А., Копшин В.В. Измерительные комплексы. Общие замечания о возможном улучшении характеристик // Электрические сети и системы. — 2004. — № 5-6. — С. 29—37.

ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ЗГЛАЖУЮЧОГО ФІЛЬТРУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТПН-АД

Д.І. Абраменко

Харківська національна академія міського господарства

Крива випрямленої напруги в системі ТПН-АД складається із двох складових: постійної, рівної середньому значенню, та пульсуючої змінних.

Випрямлену напругу $u_0(t)$ (напруга до фільтра), як будь-яку періодичну несинусоїдальну функцію можна розкласти в ряд Фур'є, тобто представити у вигляді суми постійної складової і суми змінних гармонійних складових.

Перший член розкладання в ряд Фур'є (постійна складова U_0) – середнє значення випрямленої напруги. Сума змінних гармонійних складових називається напругою пульсацій U_{\sim} .

Аналогічно можна представити у вигляді суми постійної U_{d0} і пульсуючої $U_{d\sim}$ складових напругу на навантаженні $u_d(t)$ (напруга після фільтра).

Частота k -ї гармоніки $f_{\Gamma k}$ пов'язана із частотою живильної мережі f_c співвідношенням

$$f_{\Gamma k} = km_{\phi} f_c,$$

де k - номер гармоніки; m_{ϕ} - еквівалентне число фаз випрямлення (для трифазного мостового випрямляча $m_{\phi} = 6$).

Основною вимогою до фільтра є забезпечення заданої величини коефіцієнта його фільтрації або для гармоніки найбільш потрібної частоти, або для окремих гармонік, або для всього комплексу гармонік, що входять у склад випрямленої напруги.

Додатковими вимогами до фільтрів є:

- мінімально можливе падіння постійної складової напруги на елементах фільтра;
- відсутність помітних викривлень, внесених у роботу навантаження;
- відсутність неприпустимих перенапруг і надструмів при перехідних процесах.

Величину пульсацій на навантаженні задають коефіцієнтом пульсацій, рівним відношенню максимального значення пульсацій до постійної складової напруги:

$$k_{\Pi} = \frac{U_{d\sim}}{U_{d0}} = \frac{\Delta U_d}{U_{d0}} = \frac{U_{d\max} - U_{d\min}}{2U_{d0}} = \frac{U_{d\max} - U_{d\min}}{U_{d\max} + U_{d\min}},$$

де ΔU_d - напіврізниця між найбільшим і найменшим миттєвими значеннями

напруги на навантаженні $u_d(t)$.

Аналогічно задають вираз для коефіцієнта пульсацій $k_{\Pi 0}$ випрямленої напруги $u_0(t)$.

Також користуються коефіцієнтом пульсацій k -ї гармоніки, який дорівнює відношенню амплітуди k -ї гармонійної складової напруги пульсацій до середнього значення напруги

$$k_{\Pi 0k} = \frac{U_{mk}}{U_0} \quad (\text{до фільтра}) \quad \text{і} \quad k_{\Pi k} = \frac{U_{dmk}}{U_{d0}} \quad (\text{після фільтра}).$$

Дію згладжуючого фільтра можна характеризувати коефіцієнтом фільтрації k_ϕ , який визначається, як відношення значень пульсації на вході і виході фільтра:

$$k_\phi = \frac{U_{BX\sim}}{U_{BIX\sim}} = \frac{U_{\sim}}{U_{d\sim}}.$$

або коефіцієнтом згладжування пульсацій q , який визначається як відношення коефіцієнтів пульсацій на вході й виході фільтра:

$$q = \frac{k_{\Pi.BX}}{k_{\Pi.BIX}} = \frac{k_{\Pi 0}}{k_{\Pi}} = \frac{U_{BX\sim}/U_0}{U_{BIX\sim}/U_{d0}} = \frac{U_{\sim}}{U_{d\sim}} \cdot \frac{U_{d0}}{U_0} = k_\phi \frac{U_{d0}}{U_{d0} + U_r} = k_\phi \frac{1}{1 + (U_r/U_{d0})}.$$

Для більшості LC -фільтрів низьковольтних випрямлячів активним опором дроселя можна зневажити і тоді:

$$q \approx k_\phi.$$

Крім повних коефіцієнтів фільтрації і згладжування пульсацій використовуються коефіцієнти фільтрації q_k та згладжування $k_{\phi k}$ для кожної з гармонік напруги:

$$k_{\phi k} = \frac{U_{mk}}{U_{d\ mk}} = \frac{U_k}{U_{d\ k}}, \quad q_k = \frac{k_{\Pi k\ BX}}{k_{\Pi k\ BIX}}.$$

Модель фільтра може бути представлена Γ -подібним чотириполосником із вхідними та вихідними затискачами. До вхідних затискачів прикладається напруга вентильного блоку $u_0 = U_0 + U_{\sim}$, а до вихідних підключене навантаження R_d . Напруга в навантаженні $u_d = U_{d0} + U_{d\sim}$. Позначимо повний комплексний опір поздовжньої частини фільтра - \underline{Z}_1 . Для випадку LC -фільтра повний комплексний опір:

$$\underline{Z}_k = r_{\text{ДР}} + jkm_{\Pi}\omega_1 L + \frac{R_d}{1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d} = R_d \frac{(1 + \frac{r_{\text{ДР}}}{R_d} - (km_{\Pi}\omega_1)^2 LC) + jkm_{\Pi}\omega_1 (\frac{L}{R_d} + Cr_{\text{ДР}})}{1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d}.$$

$$\text{Звичайно } R_d \gg r_{\text{ДР}}, \quad (1 + \frac{r_{\text{ДР}}}{R_d}) \cong 1, \quad km_{\Pi}\omega_1 L \gg r_{\text{ДР}}, \quad R_d \gg 1/km_{\Pi}\omega_1 C$$

або $km_{\Pi}\omega_1 CR_d \gg 1$, тому $(km_{\Pi}\omega_1 CR_d)(L/R_d) \gg (L/R_d)$

і $km_{\Pi}\omega_1 LC \gg (L/R_d) + Cr_{ДР}$.

Остаточню одержимо:

$$\underline{Z}_k = R_d \frac{1 - (km_{\Pi}\omega_1)^2 LC}{1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d}.$$

Для Г-подібного LC-фільтра:

$$I_{d0} = \frac{U_0}{r_{ДР} + R_d}, \quad U_{d0} = R_d I_{d0}, \quad U_r = r_{ДР} I_{d0},$$

$$\underline{I}_{k\sim} = \frac{U_{k\sim}}{\underline{Z}_k}, \quad \underline{I}_{Ck\sim} = \underline{I}_{k\sim} \frac{jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d}{1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d} \cong \underline{I}_{k\sim},$$

$$\underline{I}_{dk\sim} = \underline{I}_{k\sim} \frac{1}{1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d} \cong \underline{I}_{k\sim} \frac{1}{jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d},$$

$$\underline{U}_{dk\sim} = R_d \underline{I}_{dk\sim} = \underline{I}_{k\sim} \frac{R_d}{(1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d)} = \frac{U_{k\sim}}{\underline{Z}_k} \frac{R_d}{(1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d)},$$

$$k_{ПК\ ВВХ} = \left| \frac{U_{dk\sim}}{U_{d0}} \right| = \left| \frac{I_{dk\sim}}{I_{d0}} \right| = k_{ПК\ ВХ} \left| \frac{r_{ДР} + R_d}{\underline{Z}_k \cdot (1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d)} \right| = k_{ПК\ ВХ} \frac{r_{ДР} + R_d}{R_d ((km_{\Pi}\omega_1)^2 LC - 1)},$$

$$k_{\Phi k} = \left| \frac{U_{k\sim}}{U_{dk\sim}} \right| = \left| \frac{\underline{Z}_k \cdot (1 + jkm_{\Pi}\omega_1 CR_d)}{R_d} \right| = (km_{\Pi}\omega_1)^2 LC - 1,$$

$$q_k = \left| \frac{k_{ПК\ ВХ}}{k_{ПК\ ВВХ}} \right| = ((km_{\Pi}\omega_1)^2 LC - 1) \frac{1}{1 + (r_{ДР}/R_d)} \cong (km_{\Pi}\omega_1)^2 LC - 1,$$

$$LC = \frac{q_k + 1}{(km_{\Pi}\omega_1)^2} = \frac{k_{\Phi k} + 1}{(km_{\Pi}\omega_1)^2}.$$

Параметри елементів Г-подібного фільтра треба визначати таким чином, щоб послідовно включені із джерелом елементи мали більші опори для змінної складової струму ($Z \leq 5r_d$) та малі опори для постійної складової.

Елементи фільтра, що включаються паралельно споживачеві, навпаки, повинні мати малі опори (більшу провідність Y) для змінної складової струму та більші опори для постійної складової.

Таким чином, у Г-подібному фільтрі для змінної складової струму $Y \square 1/r_d$ (на практиці $r_d \geq 5/Y$).

Для індуктивно-ємнісного фільтра $Z = jm_{\Pi}\omega_c L$, $Y = jm_{\Pi}\omega_c C$.

При розрахунках фільтра для забезпечення безперервного протікання струму спочатку слід вибирати дросель, а потім за розрахунковим значенням добутку LC вибирати конденсатор.

Індуктивність фільтра L визначається по формулі

$$L = \frac{\rho}{2\pi f_c km_{\Pi}} \sqrt{q_k + 1},$$

де ρ - хвильовий опір фільтра, Ом, який звичайно приймається рівним $(0,15 \div 0,25)R_d$.

Тоді ємність конденсатора може бути визначена зі співвідношення

$$C = \frac{q_k + 1}{L(km_{\Pi}\omega_c)^2} \cdot$$

З практичних міркувань, щоб не був виражений імпульсний режим роботи випрямляча, ємність конденсатора доцільно вибирати меншою, тому L треба збільшувати в (2... 4) рази.

Література

1. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. Ч. 1. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999.
2. Колпаков А. И. Особенности проектирования частотных преобразователей средней и большой мощности // Электронные компоненты. 2003. № 6.
3. Андрианов М. В., Родионов Р. В. Определение параметров фильтрующих устройств для обеспечения электромагнитной совместимости электроприводов // Электротехника. 1999. № 11.
4. Нейман JT. P., Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники. Т. 1. Л.: Энергия. 1967.
4. EMS Filters. Published by EPCOS AG. Ordering No. EPC: 24004-7600. Germany. 2001.
5. Paulvitz C., Jurgens C. Drives without interference // EPCOS COMPONENTS. 2003. N 3.
6. Kremer M. Knocking out the interference // Components focus power supplies. Published by EPCOS AG. Ordering No. EPC: 50120-7600. 2002.

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Бородин Д.В.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Качество электрической энергии (КЭЭ) является одним из важнейших факторов, определяющих возможность экономичной и длительной эксплуатации электрооборудования как у потребителей, так и на электроснабжающих предприятиях является нормальное КЭЭ, требования к которому в Украине определены [1]. Низкое КЭ вызывает дополнительные потери в оборудовании, неправильный учёт электроэнергии, преждевременный износ, отключения и отказы оборудования, что приводит к значительным финансовым убыткам, в т.ч. к штрафам за срыв поставок и обязательств. В Украине по данным Института электродинамики НАН Украины снижение качества электроэнергии увеличивает её расход на 10-12%.

В России и в Украине в последние годы проведены теоретические исследования проблемы определения ответственности за ухудшение КЭЭ [2], которые дают математический аппарат, позволяющий решить проблему на базе измерений показателей КЭЭ (ПКЭ).

3. Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Хотя проблеме КЭЭ посвящены многие научные работы [3-8], однако пока ещё не наработан опыт практического применения разработанных методов, в Украине отсутствуют публикации, касающиеся практического приборного определения виновности за «плохое» КЭЭ, не соответствующее [1].

В статье приведен практический опыт приборного определения ответственности за ухудшение КЭЭ на границе балансовой принадлежности между потребителем (стеклозавод) и поставщиком электроэнергии

(Харьковоблэнерго).

На недавно построенном, оснащённом современным технологическим оборудованием Малиновском стеклозаводе возникали сбои в работе основного оборудования, что вызвало необходимость в проверке КЭЭ.

Малиновский стеклозавод вступил в строй в 2007 г. и выпускает стеклотару. Играющая ключевую роль в технологическом цикле стеклоплавильная печь работает непрерывно круглосуточно. К оборудованию предъявляются высокие требования по надёжности.

Электроприёмники завода запитаны от 3-фазной электрической сети переменного тока, включающей распределительную сеть 0,4 кВ (кабели, силовые щиты и распределительные шкафы), 3 трансформаторных подстанции 6/0,4 кВ с 6 трансформаторами суммарной мощностью 9600 кВА и РП-6 кВ, получающий питание от ПС-110 кВ «Малиновка» по 4 кабельным ЛЭП. Оборудование РП, ТП, силовых щитов и распределительных шкафов произведено корпорацией АВВ. Конденсаторные батареи обеспечивают на вводах ТП коэффициент мощности 0,98-0,99.

Измерения КЭЭ проводились как в 4-проводной сети предприятия 0,4 кВ, так и на границе балансовой принадлежности (ГБП) — на вводах 6 кВ заводского РП, в сети с изолированной нейтралью (3 точки контроля). Измерения осуществлялись анализатором ПКЭ «Ресурс UF2М» (НПП «Энерготехника», Россия), измерялись параметры как системы напряжений, так и системы токов во всех 3 фазах.

Измерения КЭЭ в сети 0,4 кВ выполнялись в 14 точках контроля.

Анализ результатов измерений во внутренней сети предприятия показал, что по основным показателям качества электроэнергии отклонений от норм, за исключением несинусоидальности, не зафиксировано.

Обращают на себя внимание на следующие результаты измерений (см. рис.1 и рис.2 – примеры полученных графиков)

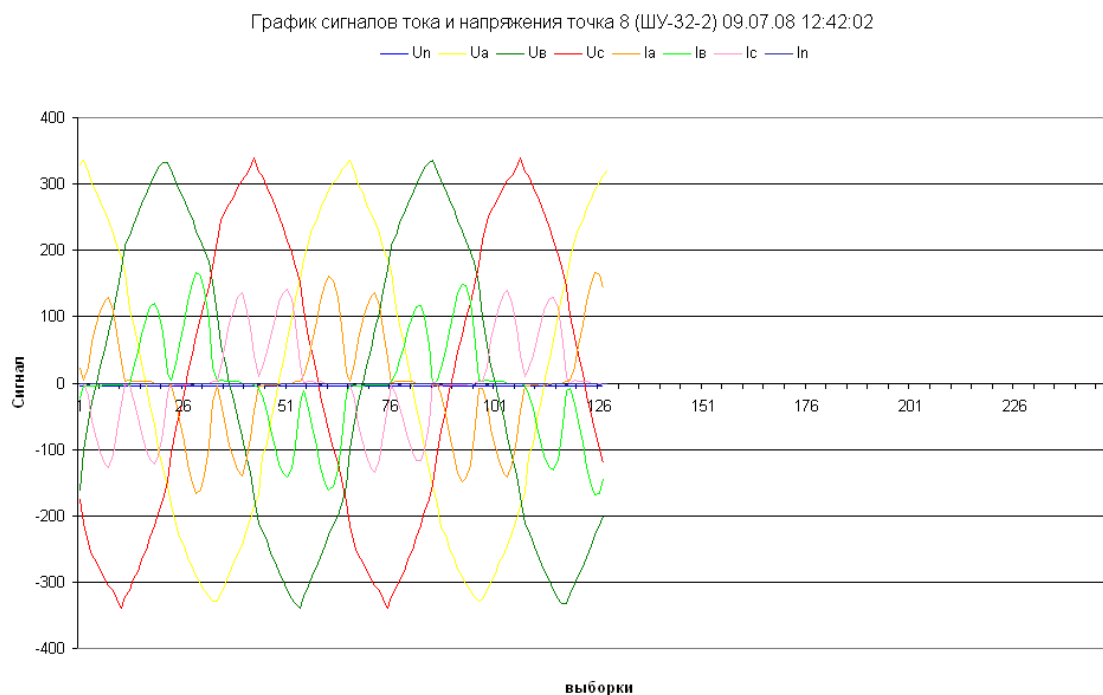


Рис.1 Огибающие токов и напряжений в точке 8 (вентиляторы обдува)

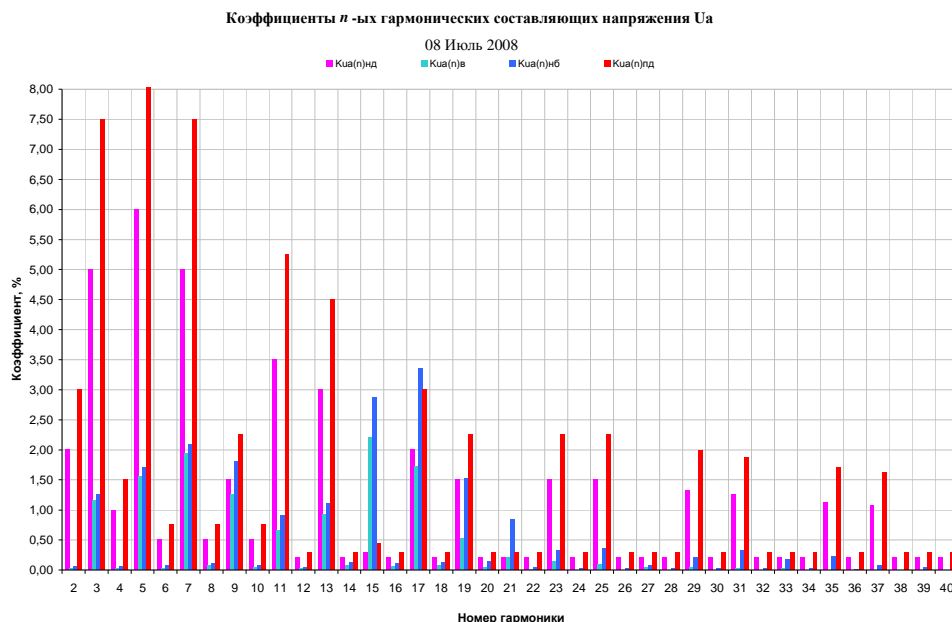


Рис.2 Спектр высших гармоник напряжения в точке 5 фазы «А»

Мощная нелинейная нагрузка в точках контроля №2 (коэффициент несинусоидальности кривой тока $KI = 37\%$), №5 (резкопеременный, до 200%), №6 (77%) №7 (70%), №8 (67%), №9 (65%), №14 (128%) создаёт недопустимый уровень высших гармоник в сети 0,4 кВ, которые отрицательно влияют как на сетевое оборудование, так и на работу электроприёмников

Таким образом, к наиболее существенным выявленным факторам ухудшения КЭЭ относятся несимметрия и несинусоидальность.

В части соответствия КЭЭ нормам [1] на ГБП установлено, что:

1) на всех вводах напряжение выше нормы, однако это не является нарушением КЭЭ;

2) по частоте, коэффициенту искажения синусоидальности формы кривой напряжения и несимметрии нарушений не зафиксировано;

3) на вводах зафиксированы нарушения по высшим гармоникам напряжения (ввод 1 — 15 (во всех фазах) гармоническая составляющая, ввод 2 — 6-я (U_{AB}) гармоническая составляющая, ввод 4 — 9-я (U_{CA}) и 15-я (U_{BC}) гармонические составляющие).

Определение ответственности по несимметрии напряжения ввиду отсутствия нарушений по несимметрии не является необходимым, однако соответствующие расчёты были выполнены с целью практической апробации теории. На основе симметричных составляющих напряжений и токов и фазовых сдвигов между ними были вычислены и проанализированы симметричные составляющие мощности $P_0^k = U_0^k \cdot I_0^k \cdot \cos \varphi_0^k$ и $P_2^k = U_2^k \cdot I_2^k \cdot \cos \varphi_2^k$. В различных интервалах усреднения источники нулевой последовательности находились по обе стороны ГБП, источник обратной последовательности находился на стороне ХОЭ.

Определение ответственности по несинусоидальности напряжения выполнялось на основе следующих исходных данных, измеренных прибором:

- матрица действующих значений напряжения (j -индекс фазы, k – индекс

- интервала усреднения длительностью 1 мин);
- матрица действующих значений тока I_j^k (j-индекс фазы, k – индекс интервала усреднения длительностью 1 мин);
- матрица коэффициентов n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U_{j(n)}}^k$;
- матрица коэффициентов n-й гармонической составляющей тока $K_{I_{j(n)}}^k$;
- матрица фазовых сдвигов $\varphi_{U_{j(n)}}^k$ между гармониками тока $I_{j(n)}$ и гармониками напряжения $U_{j(n)}$

Поскольку по показателю K_U нарушений не зафиксировано, данный показатель в определении ответственности не участвует.

Для определения источника высших гармоник были рассчитаны гармонические составляющие мощности [2]:

$$P_{j(n)}^k = K_{U_{j(n)}}^k \cdot U_j^k \cdot K_{I_{j(n)}}^k \cdot I_j^k \cdot \cos \varphi_{U_{j(n)}}^k \quad (1)$$

Определение источника высших гармоник дало следующие результаты:

по вводу 1 — источники 15 гармоники расположены со стороны МСЗ относительно границы балансовой принадлежности;

- по вводу 2 — источник 6 гармоники расположен со стороны МСЗ относительно границы балансовой принадлежности;
- по вводу 4 — источник 9 гармоники расположен со стороны поставщика (облэнерго) относительно границы балансовой принадлежности, источники 15 гармоники расположены по обе стороны границы балансовой принадлежности.

Количественной мерой ответственности по отдельным гармоникам для случая, когда источники гармоники расположены по обе стороны ГБП предлагается считать долю принятой энергии гармоники по отношению к общей энергии гармоники:

$$K_{P_{j(n)}} = \frac{\sum_k P_{j(n)}^{k+}}{\sum_k P_{j(n)}^{k+} + \sum_k P_{j(n)}^{k-}}, \quad (2)$$

где индексы «+» означает совпадение знака гармоники мощности на интервале со знаком первой гармоники мощности и «-» означает противоположный знак.

Для всех случаев нарушения предельных значений высших гармоник напряжения $K_{P_{j(n)}}=100\%$, за исключением 4 ввода, где $K_{PC(15)} = 93 \%$. Данный коэффициент позволяет количественно оценить степень ответственности в тех случаях, когда невозможно применение алгоритмов [2]. Аналогичным образом возможно оценить степень ответственности по несимметрии и другим ПКЭ.

Выводы

Прибор «Ресурс UF2M» позволяет измерять все параметры, необходимые для определения ответственности за нарушение КЭЭ по несимметрии и несинусоидальности напряжения. При этом требуется обработка данных измерений по алгоритмам, указанным в [2], наиболее удобно оказалось использовать электронные таблицы MS EXCEL и среду программирования MS Visual Basic for Applications.

На подопытном предприятии применение алгоритмов [2] позволило определить расположение источников высших гармоник.

Предложен способ количественной оценки степени ответственности за нарушение в случаях, когда источники нарушений находятся по обе стороны ГБП.

В соответствии с п.3.6 «Организаційних та технічних заходів НЕК «Укренерго», затверджених Міністром палива та енергетики України, спрямовані на створення умов для інтеграції ОЕС України до об'єднання енергосистем європейських країн УСТЕ» на ПС-330 кВ НЭК «Укрэнерго» будет внедрена система контроля качества электроэнергии. Материалы данной статьи целесообразно использовать при внедрении этой системы, что поможет определить подходящие средства измерительной техники, а также позволит детерминированно определить степень ответственности поставщика (в данном случае – НЭК «Укрэнерго») и потребителей электроэнергии за нарушение допустимых значений ПКЭ.

Литература

1. ГОСТ 13109-97 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”.
2. А.Г. Баталов, О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович и др. Качество электрической энергии в системах электроснабжения/ Уч. пособие, Харьков, ХНАГХ, 2006 г. – 272 с
3. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
4. Суднова В.В. Качество электрической энергии. <http://www.test-electro.ru/publ.php>
5. Д.Чэпмэн. Цена низкого качества электроэнергии. Энергосбережение, 2004, №1.
6. Бородин Д.В. Экспериментальные результаты исследования несинусоидальности напряжения на объектах водопроводно-канализационного хозяйства. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції „Проблеми та перспективи енерго-, збереження житлово-комунального господарства”, м. Алушта, АР Крим, 5-9 червня 2006 р., с.94

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ В ЗАВДАННІ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ПРОМИСЛОВІЙ І ЖИТЛОВІЙ СФЕРАХ

Тутунару Р.М., Серіков Я.О. к.т.н., проф.

Харківська національна академія міського господарства

На дійсний час проблема енергозбереження є надзвичайно актуальною. Одним з аспектів державних енергозберігаючих програм як у нашій країні, так і за кордоном, є забезпечення економного електроспоживання в системах життєзабезпечення підприємств і житлових будівель. Статистика показує, що наприклад, в місцях загального користування марно витрачається до 90% електроенергії. В житловій сфері - квартирах і приватних будинках, також спостерігається неефективне витрачання електроенергії з таких основних причин: неякісного планування системи освітлення, що призводить до перевитрати електроенергії; споживачі досить часто забувають вимикати світло; більшість систем (приладів) для опалювання приміщень не мають автоматичних пристроїв регулювання і підтримки необхідної температури

повітря.

Одним з сучасних ефективних рішень цієї задачі є застосування енергозберігаючих (інтелектуальних) систем управління освітленням в багатоповерхових будинках. В таких системах застосовується пристрій управління освітленням з роздільними силовими компонентами, що дозволяє використовувати існуючі лінії електропередач. Впровадження такої системи дозволить знизити споживану електроенергію в 10-15 разів.

Впровадження такої системи включає в себе підготовчий етап - впорядкування часу роботи освітлювальних приладів. Таким чином, енергозбереження полягає в централізації управління системами освітлення з використанням спеціально розроблених графіків включення і виключення світлових приладів у відповідності до ранішнього та вечірнього максимуму.

Істотну економію електроенергії можна отримати також і за рахунок максимального використання природного світла всередині приміщення. Це завдання повинно вирішуватися на етапі проектування об'єкту як промислового, соціально-культурного, так і житлового призначення. Суть завдання заключається в досягненні за рахунок правильного планування площі та розміщення світлових прорізів у приміщеннях будівлі.

Значний ефект у забезпеченні ефективного використання електричної енергії дає застосування енергозберігаючих ламп.

Найбільший ефект енергозбереження забезпечують автоматичні вимикачі світла з використанням інфрачервоних чи електронних датчиків. Електронні датчики (датчики освітленості) виміряють рівень освітленості приміщення і, при досягненні заданого значення, видають команду на включення або виключення світлових приладів чи безпосередньо «бачать», що до приміщення увійшла людина, і включають світло (датчики руху). Оскільки датчики руху включають світло тільки на час фактичної присутності людини в приміщенні, то витрати електроенергії на освітлення можуть бути понижені у декілька разів. До таких енергозберігаючих систем можливе підключення фасадного і ландшафтного освітлення. Усередині будинку система дозволяє організовувати включення і виключення освітлення згідно заданому споживачем сценарію. В інших датчиках світлочутливий елемент блокує включення освітлення при достатньому природному освітленні.

Інтелектуальні системи управління допомагають заощадити на електроенергії і опалюванні. Це забезпечується завдяки тому, що вони налаштовані на постійний автоматичний контроль споживання енергії, вентиляції і опалювання. Якщо в будинку нікого немає, то система автоматично відключає непотрібну кількість електроприладів і переходить в енергозберігаючий режим роботи. Автоматизована система контролю стежить за тим, щоб електроенергія витрачалася економно, автоматично вимикаючи світло в приміщеннях, в яких нікого немає.

На даний час є поширеними «розумні будинки», в яких передбачений повний контроль над всіма системами. В таких будинках система автоматизованого управління електричними приладами дає можливість керувати системою освітлення, в тому числі визначати в якій частині кімнати

знаходиться людина і освітлювати необхідну зону. В котеджі система може включати вечірнє підсвічування двору і декоративне підсвічування фасаду будівлі, приміщення гаражу, допоміжних приміщень за вбудованою програмою.

Як висновок зазначимо, що забезпечення ефективної витрати електричної енергії на освітлення, кондиціонування та опалення за рахунок впровадження автоматичних систем призведе не тільки до економії, а й до забезпечення комфортного перебування людини вдома, на роботі, навчанні.

Літературні джерела.

1. "Енергозбереження. Теоретична теплофізика та основи енергозбереження". Практичний посібник.
2. "Енергозбереження. Міфи та реальність". Практичний посібник.
3. "Енергозбереження. Альтернативні та нетрадиційні джерела енергії."

СЕКЦИЯ 2. «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»

Руководитель секции – д.т.н., проф. Ягун В.Г.

Секретарь секции – к.т.н., доц. Саприка О.В.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ УКРАИНЫ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ

В.А.Маляренко, д.т.н., проф.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

А.Л.Шубенко, чл.-кор.НАНУ

В.Н.Голощанов, к.т.н.

Институт проблем машиностроения им. А.Н.Подгорного НАНУ

Проблема

Изменения в экономике и, как следствие в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) Украины, прошедшие за последние 5 лет, невыполнение основных направлений развития энергетики, принятых в Энергетической стратегии развития энергетики Украины до 2030 г., вызвали необходимость ее пересмотра, корректировки основных показателей развития. Следует отметить, что преобладающая часть намеченных программ модернизации и строительства генерирующих и сетевых объектов, которые предусмотрены Стратегией-2006, не реализованы. Поэтому Минэнергоугля предложило проект обновления Энергетической стратегии Украины на период до 2030 г. (Энергостратегия-2012).

С целью уточнения сроков и показателей развития энергетического комплекса Украины по объемам и затратам следует провести анализ состояния объектов электроэнергетики, к которой относятся тепловые электростанции (ТЭС, ТЭЦ и блок-станции), атомные электростанции (АЭС), гидроэлектростанции (ГЭС, ГАЭС), магистральные и распределительные электросети, объекты систем централизованного теплоснабжения.

Состояние тепловой энергетики и прогнозы ее развития

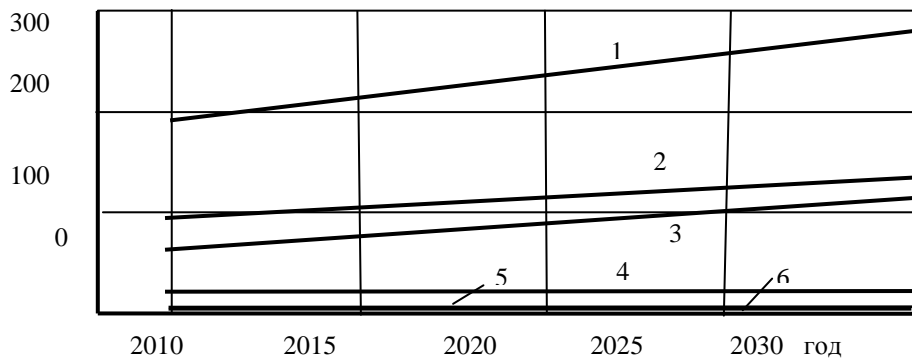
Спрос на электроэнергию по годам в соответствии с Энергостратегией-2012 приведен на рис. 1. Для сравнения в табл. 1 приведены спрос на электроэнергию в 2030 г., запланированный в Энергетической стратегии в 2006 г. и обновленной Энергостратегии-2012. Как видно из таблицы, снижение потребления электроэнергии по обновленной стратегии составляет 68,5-67 % в зависимости от сценария развития экономики (пессимистический – среднегодовой рост ВВП до 2030 г. составляет 3,8 %; базовый – 5 %; оптимистический –6,4 %).

На рис. 2 показано развитие генерирующей мощности электростанций Украины на период действия Энергостратегии-2012 при трех сценариях развития экономики. Как видно из графиков, наиболее высокий темп приходится на период 2020-2025 г.

Объемы ввода установленных мощностей по видам генерации (рис. 3а) позволяют отметить, что ввод действующих мощностей тепловых электростанций, работающих на угле, до 2020 г включительно снижается при

всех сценариях развития экономики и только после 2020 года предусматривается их рост для базового (2) и оптимистического (3) сценариев. В этот же период мощность АЭС должна быть увеличена на 2 ГВт за счет строительства блоков № 3 и № 4 на Хмельницкой АЭС (рис.3 б). Дальнейшее строительство АЭС не предусматривается до 2030 г. при пессимистическом сценарии. Строительство двух новых блоков мощностью по 1 ГВт при базовом и пяти блоков при оптимистическом сценариях запланировано в период 2022-2030 годы.

Э, ТВт·ч



1 – общий; 2 – промышленность; 3 – коммерческий, бытовой; 4 – потери;
5 – экспорт; 6 – сельское хозяйство

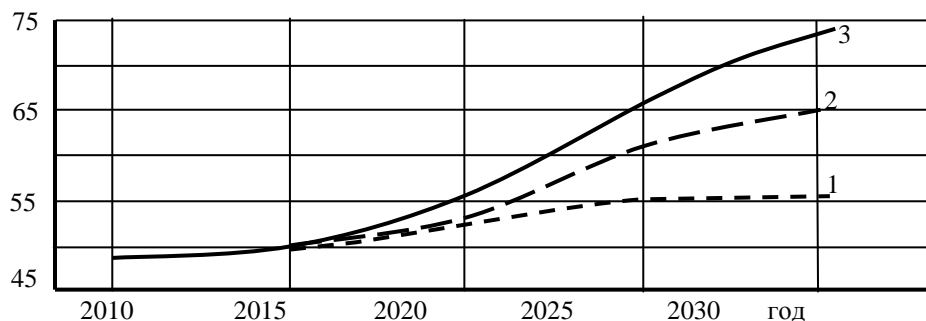
Рисунок 1 – Спрос на электроэнергию согласно Энергостратегии-2012

Таблица 1

Спрос на электроэнергию в 2030 г., ТВт·ч

Выработка электроэнергии в 2010 г.	Сценарий развития		
	Пессимистический	Базовый	Оптимистический
Стратегия-2006			
210,2	356,4	420,1	470,4
Энергостратегия-2012			
191	244	282	315

$N_{уст}$, ГВт



Сценарии: 1 – пессимистический; 2 – базовый, 3 – оптимистический

Рис. 2 – Развитие установленной генерирующей мощности

Уменьшение генерации ТЭС до 2020 г. (рис. 3 а), с учетом максимально возможного использования отечественного угля, снижает

возможность регулирования Объединенной энергетической системы (ОЭС) Украины, несмотря на то, что до конца 2020 года планируется достроить Днестровскую и Ташлыкскую ГАЭС, построить Каневскую ГАЭС а также энергоблоки Хмельницкой АЭС.

Наиболее планомерно предусматривается в проекте строительство станций на возобновляемых источниках энергии, хотя их объем (к 2030 году это примерно 10 % установленной мощности) при высокой цене строительства на обеспечение экономики электроэнергией (с доплатой по «зеленому» тарифу) на ситуацию сильно не повлияет.

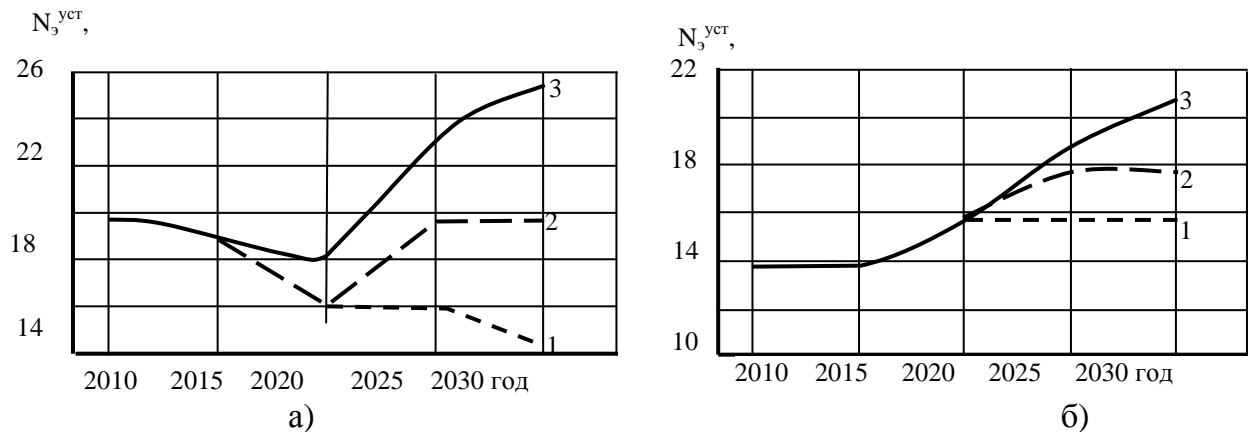


Рис. 3 – График ввода установленных мощностей на ТЭС (а) и АЭС (б) в соответствии со сценариями

К настоящему времени большая часть генерирующих активов и электросетей изношена и малоэффективна. По состоянию на конец 2011 г. более 85 % блоков ТЭС превысили границу физического износа в 200 тыс. часов наработки, который принят в развитых странах, а девять блоков – границу в 300 тыс. часов, еще 35 блоков – границу в 250 тыс. часов. Таким образом, состояние оборудования и оценка не назначаемого, а фактически оставшегося ресурса, определяемого по состоянию металла роторов и цилиндров, требует проведения серьезного научно-технического исследования.

Учитывая большой износ генерирующего оборудования, созданного по проектам 50-60-х годов прошлого столетия, и отсутствие огромных финансовых средств, необходимых для его замены, в проекте обновления Энергостратегии-2012 красной нитью проходит необходимость модернизации генерирующего оборудования.

Атомные блоки также приближаются к завершению срока проектной эксплуатации (30 лет). В ближайшие 10 лет для 11 блоков из 13, которые находятся в эксплуатации, необходимо продление срока эксплуатации на 20 лет (для 2-х блоков Ровенской АЭС срок эксплуатации уже продлен). При этом, кроме обеспечения безопасности, необходимо повысить экономичность действующих турбин мощностью 1000 МВт.

Баланс мощностей энергосистемы Украины характеризуется дефицитом маневренных мощностей, которые в настоящее время меньше 9 % от установленной мощности при необходимом минимальном уровне 15 %, а

оптимальном – 20 % (уровень регулируемых высокоманевренных мощностей в европейских странах, в частности в Германии, Дании и др.)

При реализации программы модернизации и строительства новых мощностей дефицит пиковой мощности будет наблюдаться уже в 2017-2020 годах. Но в проекте нет информации о необходимости создания высокоманевренных (пиковых) турбин. Оценка необходимой в 2030 г пиковой мощности, в соответствии с установленной мощностью (кроме ГЭС и ГАЭС), приведена в табл. 2 для разных сценариев развития энергетики. Покрывание такой пиковой мощности предполагается только регулировкой графика нагрузки и уровнем тарифов, что небезопасно для экономики, особенно для промышленности с непрерывным технологическим циклом.

Если считать, что к 2025 г. будут введены в эксплуатацию все планируемые для постройки ГЭС и ГАЭС, мощность которых составит 10,5 ГВт, то при норме 15 % к 2030 г. дефицит пиковой мощности не возникнет только при пессимистическом и базовом сценариях, а при европейском уровне (коэффициент 0,20) дефицит пиковой мощности будет при всех сценариях развития экономики (табл. 2).

Таблица 2

Параметр	Сценарий		
	Пессимистичный	Базовый	Оптимистичный
$N_3^{уст}$, ГВт	56,0	65,2	73,7
Пиковая мощность при принятой норме 15 %			
$N_3^{пик}$, ГВт	8,4	9,8	11,9
$\Delta N_3^{пик}$, МВт	2400	700	-1400
Пиковая мощность при европейской практике 20 %			
$N_3^{пик}$, ГВт	11,2	13,0	14,74
$\Delta N_3^{пик}$, МВт	-700	-2500	-4240

Основные задачи для энергетики согласно проекту Энергостратегии-2012

Первоочередные безотлагательные задачи при любом сценарии развития экономики и возрастании спроса на электроэнергию согласно проекту Энергостратегии-2012 следующие:

- модернизация имеющихся мощностей ТЭС (с установкой пылегазового оборудования), ТЭЦ, АЭС, ГЭС;
- модернизация и развитие магистральных и распределительных сетей;
- продление сроков эксплуатации действующих АЭС с учетом модернизации турбинного и генераторного оборудования.

Необходимые задачи с принятием решений на правительственном уровне:

- достройка 3-го и 4-го блоков Хмельницкой АЭС (минимальная мощность 2 ГВт) и строительство новой АЭС мощностью 3 ГВт при базовом и 5 ГВт при оптимистическом сценариях;

– строительство угольных блоков мощностью 4 ГВт для замещения выводимых из эксплуатации блоков и введение в строй новых электростанций мощностью 5 ГВт при базовом и 11 ГВт при оптимистическом сценариях.

Решение поставленных в «Энергостратегии-2012» задач требует широкого использования инновационных разработок при необходимом научном сопровождении.

Наиболее важные проблемы научно-технического и кадрового обеспечения ТЭК – это возрастающий дефицит квалифицированных научных и инженерных кадров, существенное их старение (средний возраст квалифицированных специалистов 45-65 лет), что ведет к снижению кадрового потенциала одной из самых наукоемких отраслей экономики.

Недостатком современного положения дел украинского общества является низкое участие частного сектора и предпринимательства в финансировании науки. Если отношение к науке и восприятию научных разработок после приватизации тепловой электроэнергетики не изменится, то выполнение предусмотренных задач по ее развитию будет поставлено под угрозу. В то же время, несмотря на весьма ограниченное финансирование оплаты труда научных работников, в институтах отделения физико-технических проблем энергетики Национальной академии наук Украины выполнен достаточно большой объем научно-прикладных разработок, которые могут найти рациональное применение как при производстве современного генерирующего оборудования для ТЭС и АЭС, так и при модернизации на них генерирующих мощностей, которые могут быть отнесены к научно-техническому обеспечению долгосрочных планов развития энергетики Украины.

Таким образом, многие научно-технические решения, связанные с реализацией задач, сформулированных в проекте обновления Энергостратегии-2012, могут быть использованы при модернизации и создании нового для электростанций генерирующего оборудования, строительство которых предусматривается после 2020 года. Следует учесть, что эти станции должны будут эксплуатироваться 50-60 лет и в их создание уже сейчас необходимо закладывать результаты новейших исследований, а в ближайшее время необходимо организовать научно-технические проработки наиболее важных проблем по приоритетным направлениям развития отраслевой энергетики.

Для этого необходимо повысить престиж научной работы в области технических наук, привлечь внимание к подготовке научных кадров высокой квалификации через аспирантуру и докторантуру при академических и отраслевых институтах, технических университетах. Без привлечения научных сотрудников разработка необходимых программ развития энергетики и их наполнение инновационными проектами невозможна.

В качестве источников финансирования при модернизации теплоэлектростанций рассматриваются исключительно частные инвестиции. Но только отдельные владельцы очень крупных капиталов могут инвестировать средства в модернизацию ТЭС до 2020 года. Привлечение же

зарубежных частных инвесторов повлечет за собой потерю контроля над тепловой генерацией при значительном росте тарифов.

Следует отметить, что в проекте обновления Энергостратегии-2012 кроме пожелания об использовании отечественного оборудования ничего нет конкретного, а по его видам, срокам его создания, как и по планам строительства парогазовых установок, хотя Германия, выводя из эксплуатации атомные блоки, увеличивает потребление природного газа для ПГУ более чем на 10 %.

Поэтому, формируя программы модернизации тепловой генерации, строительства новых ТЭС, следует обратить серьезное внимание на имеющиеся научные и научно-технические разработки украинских ученых и в срочном порядке организовать научно-техническое сопровождение развития тепловой энергетики при максимальном внедрении отечественных инновационных проектов.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ – ОСНОВА АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.А.Маляренко, д.т.н., проф.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

А.И.Яковлев, д.т.н., проф.

Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» им. Н.Е.Жуковского

В настоящее время более чем половину первичных энергоносителей (газ и нефть) Украина вынуждена закупать в России и Туркменистане. Хорошо известно, что углеводородные энергоресурсы исчерпаемы, и время их эффективной добычи и использования не превышает 30 – 50 лет. В тоже время, имеет место ярко выраженная тенденция увеличения энергопотребления, в первую очередь, за счет развивающихся стран, например, Китая, Индии, Пакистана и др. В этих условиях только возобновляемая энергетика в состоянии компенсировать существенную часть потребляемой энергии.

Остановимся на общих вопросах и перспективах развития и практического использования возобновляемой энергии для повышения эффективности и экологической чистоты энергоснабжения и энергопотребления. Рассмотрим возобновляемые энергоресурсы солнца, ветра, геотермальные и гидравлические, общий потенциал биомассы в мире и в Украине для получения биогаза и биотоплива как основу будущего альтернативной энергии, а также покажем необходимость подготовки специалистов по нетрадиционной энергетике и энергетическому менеджменту.

Общее мировое потребление первичной энергии во всех ее формах составляет приблизительно $400 \cdot 10^{18}$ Дж в год, что соответствует 9500 миллионам тонн нефтяного эквивалента (млн. тонн н. э.) (табл. 1).

Таблица 1 - Ежегодное мировое потребление первичных энергоносителей

Источник энергии	Потребление, 10^{18} Дж	Потребление, млн. тонн н. э.
Нефть	131	3128
Уголь	91	2164
Природный газ	75	1781
Биомасса	55	1310
Гидро	24	561
Атомная	22	532
Всего	398	9476

При таком масштабном использовании первичных источников энергии возникают две глобальные проблемы: экологическая и энергетическая. Данные проблемы комплексные, связанные с целым рядом факторов: научно-технических, правовых, организационно-экономических. Определяющим является выработка соответствующих подходов и концепции, на некоторых из которых, относящихся к использованию источников возобновляемой энергии, остановимся ниже.

Экологическая безопасность в мире и Украине. В последние годы ученые мира с большим беспокойством говорят о быстром накоплении вредных веществ в атмосфере (оксидов азота, серы, углекислого газа в количестве 22620 тыс. т ежегодно). Следствием этого является "парниковый эффект", тепловое загрязнение, повышение температуры и ухудшение климата Земли. Еще в 1992 году в Рио-де-Жанейро (Бразилия) и в 1997 в Киото (Япония) 183 страны, в том числе Украина, подписали конвенцию по климату, лишней раз подтвердив, что изменение климата – общечеловеческая проблема.

Анализ показывает, что на планете значительно изменился топливно-энергетический баланс: удельный вес нефти составляет 44 %, природного газа – 18 %, угля – 35 %. По оценке экспертов, всего органического топлива на уровне его использования в 2005 г., хватит человечеству примерно на 150 лет. Предполагается, что до 2050 года будет израсходовано 90 % всех известных мировых запасов нефти и газа. Ориентировочный прогноз следующий: по запасам нефти – 30 лет, газа – 25 лет, угля – 700 лет, трансурановым – 150 лет. Экологический ущерб, наносимый использованием невозобновляемых органических энергоносителей (угля, нефти, мазута) и ядерного топлива, их быстрое истощение требуют широкого внедрения генерации тепловой и электрической энергии на основе нетрадиционных экологически чистых источников энергии, в первую очередь, возобновляемых.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это те запасы, которые восполняются естественным образом, прежде всего, за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения. В обозримой перспективе они (сама солнечная энергия и ее производные: энергия ветра,

растительной биомассы, водных потоков и т. п.) практически неисчерпаемы. Поэтому вся мировая энергетика развивается в направлении их использования. Такие страны, как Германия, США, Испания, Швеция, Дания, Япония планируют в первой половине 21 столетия увеличить долю ВИЭ в общем энергобалансе до 20 – 50 % (см. табл. 2).

Таблица 2 - Выработка тепловой и электрической энергии из ВИЭ в странах ЕС

Тип возобновляемых источников энергии	Производство энергии				Общие капитальные затраты в 1997 – 2010 г., млрд. \$	Снижение выбросов CO ₂ до 2010 г., млн. т/год
	1995 г.		2010 г.			
	млн. т н. э.	%	млн. т.н. э.	%		
Ветроэнергетика	0,35	0,5	6,9		34,56	72
Гидроэнергетика	26,4	35,5	30,55	16,8	17,16	48
Фотоэлектрическая энергетика	0,002	0,003	0,26	0,1	10,8	3
Биомасса	44,8	60,2	135	74,2	100,8	255
Геотермальная энергетика	2,5	3,4	5,2	2,9	6	5
Солнечные тепловые коллекторы	0,26	0,4	4	2,2	28,8	19
Всего	74,3	100	182	100	198,12	40

Европейское сообщество предусматривает до 2010 года удвоение части энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками, (ветра, солнца, биомассы, гидроэнергии и др.) в общем энергоснабжении – с 6 % до 12 %. Подобные цифры являются и для Украины необходимым условием вступления в ЕС. Впечатляет развитие ВИЭ в Германии, где только в сфере использования солнечной энергетике занято 30000 человек, а годовой оборот средств составляет 2 млрд. евро. Аналогичная ситуация в Дании, Испании, Швеции, Финляндии, Австрии.

В настоящее время, несмотря на существующие экономические трудности переходного периода, Украина по уровню освоения ВИЭ вышла на первое место среди стран СНГ. Имеются все основания для оптимистичных прогнозов ее дальнейшего развития (табл. 3).

Таблица 3 - Вклад различных ВИЭ в производство энергии в Украине (2001 г.)

Большая гидроэнергетика	78,8 %	Ветроэнергетика	0,2 %
Биоэнергетика	17,79 %	Геотермальная энергетика	0,07 %
Малая гидроэнергетика	3,1 %	Солнечные тепловые коллекторы	0,04 %
Всего 100 %			

Характеристика нетрадиционных источников энергии по виду энергоустановок.

Ветроэлектрические установки (ВЭУ). Наиболее распространенным типом ВЭУ является ветровая турбина с горизонтальным валом, на котором установлено рабочее колесо с различным числом лопастей – чаще всего 2, 3. Турбина и электрогенератор размещаются в гондоле, установленной на верху мачты.

ВЭУ используют для генерирования электрической энергии, зарядки аккумуляторов для работы совместно с дизель - генераторами и комбинированными ветро-солнечными установками, в том числе, установленными на мелководье (оффшорные станции) и на береговой линии рек и морей.

Солнечный коллектор представляет собой теплоизолированный с тыльной стороны ящик, внутри которого помещена тепловоспринимающая металлическая панель, закрытая сверху светопрозрачным ограждением. Панель является теплообменником, по каналам которого прокачивается нагреваемая солнцем вода. Вода направляется в теплоизолированный бак, гидравлически соединенный с солнечным коллектором. Циркуляция воды в замкнутом контуре солнечный коллектор – бак – солнечный коллектор может осуществляться как естественным образом за счет разности гидростатических давлений в столбах холодной и нагретой воды, так и с помощью насоса.

Первичная биомасса является продуктом преобразования энергии солнечного излучения в процессе фотосинтеза. В Украине технически возможно ежегодно использовать до 400 млн. т биомассы (органических отходов от сельскохозяйственного производства – 250 млн. т, от деревообрабатывающей промышленности – 60 млн. т), а также до 80 млн. т твердых бытовых отходов городов и до 10 млн. т осадков коммунальных стоков.

Фотоэлектрические установки находят все более широкое практическое применение как источник электроэнергии для малых и средних потребителей, требующих автономного энергоснабжения. В ряде случаев они подключены к электрическим сетям.

К.п.д. фотопреобразователей из поликристаллического, аморфного и монокристаллического кремния уже составляет 20 %. В Германии работают ФЭС мощностью 5 МВт, которые включены в единую государственную систему электрогенерирования.

Геотермальное теплоснабжение является хорошо освоенной технологией. Имеется опыт теплоснабжения малых городов, поселков, тепличных комплексов с использованием геотермального тепла. В качестве перспективной для внедрения геотермального теплоснабжения рассматриваются Одесская область, западная часть Закарпатья, северная часть Крымской области. Теплообменники и модульные установки геотермального теплоснабжения тепловой мощностью 6 до 20 МВт выпускаются в России и Украине.

К *микро-ГЭС*, в соответствии с общепринятой международной

классификацией, относятся гидроэнергетические агрегаты мощностью до 100 кВт (к малым - от 100 кВт до 10 МВт). Подобные микро-ГЭС обеспечивают работу установок как в автономном режиме, так и в единой электрической сети. Они могут работать в полностью автоматизированном режиме и не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала, обладая повышенным ресурсом работы (до 40 лет и более).

В ближайшее десятилетие человечество вступит в эру *водородной энергетики*, а затем - в эпоху водородной экономики и цивилизации. Уже сейчас в ряде развитых стран действуют государственные программы и освоен выпуск новых экологически чистых автомобилей (США, Германия, Япония). На очереди проекты большой водородной энергетики.

Структуру потенциала биомассы сельскохозяйственного производства иллюстрирует табл. 4.

Таблица 4 - Энергетический потенциал биомассы в Украине

Вид биомассы	Валовый сбор, млн. т	Коэффициент отходов	Коэффициент доступности	Количество отходов, млн т	Q _{рн} , МДж/кг	Количество БМ, находящейся на месте получения энергии		Энергетический потенциал БМ, пригодной для энергетики	
						%	млн т	ПДж млн	т у. т
Злаковые культуры	28,53	1,771	0,85	42,95	15,7	20	8,59	134,8	4,6
Кукуруза на зерно	5,34	1,2	0,7	4,49	13,7	50	2,24	30,72	1,05
Сахарная свекла	17,66	0,4	0,4	2,83	13,7	50	1,41	19,36	0,66
Подсолнечник	2,31	3,7	0,7	5,97	13,7	50	2,99	40,94	1,39
Древесина	5,94	0,55	0,9	2,94	15,0	40	1,18	17,65	0,60
Навоз (сухое вещество)	7,39	—	0,62	4,58	15,0	100	4,58	68,7	2,34
Итого	—	—	—	63,76	—	—	20,98	312,15	10,64

Представленные в табл. 4 данные свидетельствуют, что рациональное использование биомассы может обеспечить не менее 10 % потребления энергоносителей. Однако подобное развитие биоэнергетики возможно лишь при условии обеспечения базы:

- Технической (обеспечения разработки, изготовления и эксплуатации новых, более совершенных биоустановок).
- Экономической (предоставление беспроцентных ссуд, стимулов, выраженных в виде льготного налогообложения, выделения дотаций на строительство биоустановок, или потребления энергии, выработанной с помощью ВИЭ).
- Правовой (разработки соответствующей законодательной базы и четкой государственной политики в области нетрадиционных источников энергии).

Использование возобновляемых источников энергии для горячего водоснабжения, отопления и электроснабжения.

Как обеспечить тепловой комфорт и экологическую чистоту, повысить тепловую эффективность жилых и производственных помещений? Как уменьшить теплопотери и утеплить помещение, как правильно выбрать систему отопления и горячего водоснабжения? Вопросы, актуальность которых возрастает из года в год.

С появлением новых энергосберегающих технологий и оборудования для потребителя возникла реальная возможность максимально упростить выбор оптимального варианта для каждого конкретного случая проектирования и строительства жилья и систем его энергоснабжения. Остановимся на некоторых вопросах использования возобновляемых источников энергии на всех этапах строительства, реконструкции, модернизации домов, квартир, офисов и связанного с этим выбора материалов, оборудования, определения возможности их последующей эффективной эксплуатации.

В последние годы, исходя из современных технических характеристик теплотехнического оборудования и строительных материалов, принят ряд новых нормативно-правовых актов, которые регламентируют аспекты энергосбережения в производственной и бытовой сферах. Имеется целый ряд схемных решений с оценкой их эффективности, технических характеристик, применяемых материалов, теплогенерирующего и вспомогательного оборудования и, в целом, возобновляемых источников энергии.

Рассмотрим наиболее интересные, на наш взгляд, варианты ветроэлектрических, солнечных и гидроэлектрических источников энергии в рамках реализации конкретных проектов.

Ветроагрегаты и установки для тепло- и электроснабжения. Энергию ветра для теплоснабжения наиболее перспективно использовать автономным потребителям, особенно в сельской местности. В небольшом индивидуальном фермерском хозяйстве рентабельно применять автономные маломощные (до 10 кВт) ветроэнергетические агрегаты. Подобное хозяйство потребляет за год 3000 кВт·ч электроэнергии. Если используется электроотопление, расходы возрастают до 20 000 кВт·ч. При среднегодовой мощности 10 кВт за 2000 часов ветроагрегат вырабатывает электроэнергию, достаточной для обеспечения всех потребностей данного хозяйства.

Ветроагрегаты могут работать в комплексе с гелиоустановками и аккумуляторами тепла. Возможно их применение и для прямого производства тепла на основе использования гидродинамических теплогенераторных (ТГ) установок. В этом случае применение механического привода от ветроустановки позволяет упростить технологию производства тепла и организовать движение теплоносителя в системе теплоснабжения. Гидродинамические теплогенераторы могут работать непосредственно от электроэнергии вырабатываемой ветроустановкой.

Для получения электроэнергии предлагается ветротурбина мощностью 10 кВт, генерирующая около 1900 кВт·ч электроэнергии в месяц (средний дом потребляет от 700 до 1200 кВт·ч в месяц). Генерируется постоянный ток

при скорости ветра от 7 до

10 м/с, которая передается по проводам на инвертор, где преобразуется в переменный ток со стандартным напряжением и частотой (220 В, 50 Гц). Ток поступает в домашнюю сеть и используется для питания потребителей (телевизора, холодильника, стиральной машины и других бытовых приборов). Излишек электроэнергии может быть возвращен в местную электрическую сеть.

Солнечные энергетические установки. Рассматривается вариант солнечной водоподъемной и электрогенерирующей установки, реализующей термодинамическую схему с плоскими неподвижными коллекторами, которая работает при температуре горячей воды 60 – 100 °С. Коллекторы могут располагаться на крыше усадебного дома.

Установка с прямым преобразованием солнечной энергии в электрическую должна отвечать соответствующим экономическим и экологическим критериям. При создании солнечных насосных и электрических установок предусматривается их работа совместно с системами аккумулирования энергии. В частности, так как для бытовых нужд достаточно 5 – 10 кВт, возможно использование теплового аккумулятора.

На рис. 1 показана принципиальная схема небольшой и актуальной солнечной энергетической станции, работающей по циклу Ренкина. Источником тепла является горячая вода, циркулирующая в первом контуре коллектора от насоса 6. В испарителе 8 находится фреон под давлением 0,3 – 0,4 МПа. Пары фреона расширяются и поступают на турбину 1, которая вращает электрогенератор 2, вырабатывая электроэнергию. После турбины пары фреона конденсируются в конденсаторе 3 при охлаждении поднятой воды. Затем с помощью насоса 5 конденсат вновь подается к испарителю 8. При этом жидкостный контур герметично замкнут.

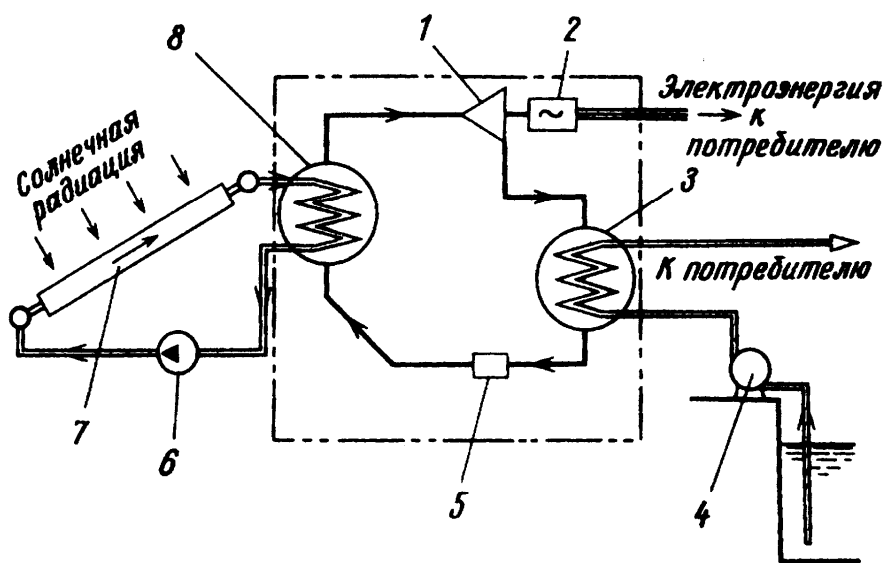


Рис. 1. Принципиальная схема солнечной насосной и электрической установки: 1 – турбина; 2 – генератор переменного тока; 3 – конденсатор; 4 – водоподъемный насос; 5 – питательный насос; 6 – циркуляционный насос

Солнечный водоподъемник может работать по такому же принципу, если вместо турбогенератора установить поршневой двигатель, который был бы непосредственно связан с размещенным в скважине насосом. Для аккумулирования энергии предусматривается отводить часть теплового потока от источника тепла к резервуару с горячей водой. Возможные режимы работы: водоснабжение приусадебного дома, полив пастбищ, создание насосных станций для орошения земельных участков и т. п.

Уровень солнечного излучения для различных регионов Украины составляет от 3,8 ГДж/м² - на западе до 4,99 ГДж/м² – на юге в год, что позволяет эффективно использовать солнечные установки для подогрева воды. Подобные системы горячего водоснабжения - "экологически выгодная" альтернатива традиционным. Они надежны и удобны в обслуживании, а главное – позволяют беречь традиционные энергоресурсы.

Основа солнечной установки – солнечные коллекторы (поз. 7 на рис. 1). Одна из перспективных конструкций – вакуумный трубчатый солнечный коллектор. Он имеет вид панели, на которой размещены трубки Девара. Это двустенные стеклянные трубки (одна в другой), в пространстве между которыми – вакуум. Внутренняя стеклянная трубка имеет селективную оболочку-поглотитель, в которой аккумулируется тепловая энергия. Теплоноситель – незамерзающая жидкость на основе гликоля (выдерживает до – 40 °С). Им заполнен первый контур солнечной установки, соединяющий солнечный коллектор с водяным теплообменником в случае, когда температура воды в емкости становится ниже температуры теплоносителя. Такой тип коллектора позволяет обеспечить потребность индивидуального дома в теплой воде, что составляет в среднем 150 л воды с температурой 45 – 50 °С в сутки.

Солнечные коллекторы могут устанавливаться на крыше дома, на стене, а также на поверхности земли, желательно, в южном направлении с углом наклона 45°.

Гидроэнергетические ресурсы. Для автономного и централизованного теплоснабжения возможно использование мини - и микро-ГЭС мощностью 5 – 100 кВт. Их количество с каждым годом растет, поскольку в настоящее время активно восстанавливаются ГЭС, остановленные в 60-70-е годы прошлого века.

Использование гидроэнергии от мини - и микро-ГЭС для теплоснабжения осуществляется с помощью электроГЭНов, электрокалориферов, электродкотлов и др. Также можно использовать гидродинамические нагреватели с прямым механическим приводом от гидротурбины или с приводом от электрогенератора ГЭС.

Современные гидроэнергетические установки разной мощности для мини - и микроГЭС производит известное харьковское предприятие "Турбоатом". Так, изготавливаются микро-ГЭС мощностью 5 кВт в полной заводской готовности для индивидуальных, в частности, сельских, потребителей. Они пригодны для обогрева помещений объемом 120 м³ с использованием электроотопления.

Энергия текущей среды малых рек с успехом может быть

преобразована при помощи микроГЭС для многочисленных индивидуальных потребителей. Например, при скорости течения реки 2 ... 3,5 м/с и размерах гидротурбины всего 2,5 × 2,5 м мощность установки составит 5 ... 10 кВт. Этого вполне достаточно для обеспечения бытового хозяйства (полива, откорма животных, обогрева дома, теплицы и т. п.). В качестве аналога может служить микроГЭС мощностью 5 кВт, разработанная ХАИ (рис. 2).

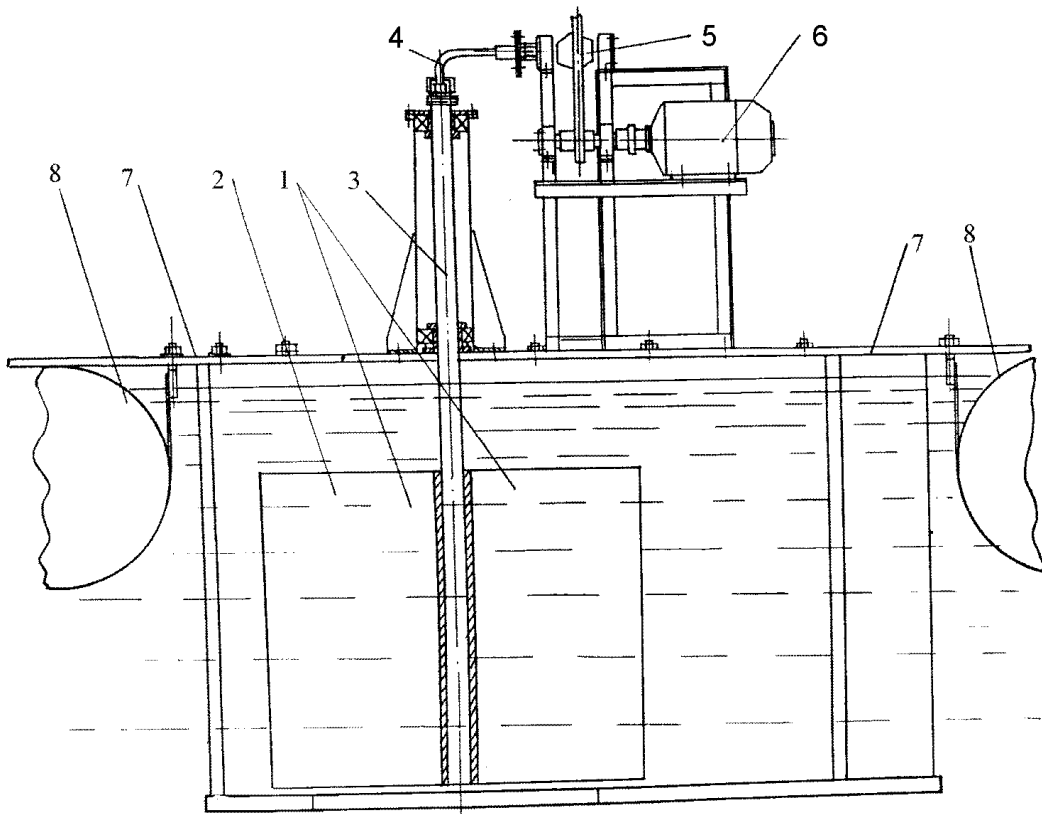


Рис. 2. Гидроэлектростанция:
1, 2 – лопасти; 3 – вал; 4 – гибкая передача; 5 – редуктор;
6 – электрогенератор; 7 – платформа; 8 – понтон.

Вода при течении со скоростью 1,5 ... 2,5 м/с воздействует на лопасти 1 и 2 гидротурбины, заставляя их вращаться. Момент вращения гидротурбины барабанного типа передается на вал 3, затем через гибкую передачу 4 и редуктор 5 - на электрогенератор 6, который вырабатывает электроэнергию для передачи на берег. Вся установка гидроэлектрогенератора расположена на платформе 7 и понтоне 8.

Если принять диаметр гидротурбины и высоту равными 2 м, то ее мощность при скорости течения $V = 2,5$ м/с составит 5 кВт.

Данную гидротурбину можно использовать и для водоподачи из реки в усадебный дом. В этом случае момент вращения от турбины передается на вал поршневого насоса, и вода на берег подается по трубам.

Автономные ветро-гелиоводородные установки [8]. При всей привлекательности солнечной (гелио-) и ветроэнергетики нельзя не отметить существенный недостаток, связанный с неравномерностью поступления энергии, что обуславливает необходимость поиска рациональных

технологий, обеспечивающих выработку энергии в периоды их отсутствия, а, следовательно, создание системы, обеспечивающей аккумуляцию и последующую генерацию энергии. Указанные проблемы могут быть решены с помощью автономной ветро-гелиоводородной установки (АВГУ), которая состоит из следующих элементов, взаимосвязанных по своим функциональным параметрам: ветрогенератора (ВЭУ), фотопреобразователя, электролизера для получения водорода и кислорода, системы хранения сжатых газов и топливного элемента.

Проблема нерегулярного поступления энергии решена следующим способом. Полученная от ВЭУ или солнечного преобразователя электрическая энергия поступает в электролизер, обеспечивающий потребление некондиционной электроэнергии. Это позволяет избежать потребления электроэнергии от сети и открывает широкие перспективы создания автономных энергокомплексов малой и средней мощности для индивидуальных потребителей.

АВГУ с водородным накопителем энергии предназначена для преобразования гелиоинсоляции и энергии ветра при скорости > 3 м/с в электрическую энергию переменного тока напряжением 220/380 В частотой 50 Гц и мощностью 200 – 600 кВт, а также для производства экологически чистого энергоносителя – водорода в качестве коммерческого продукта. В предлагаемой конструкции электролизера используется новый способ разделения процессов выделения газов (водорода и кислорода) во времени, т. е. процесс работы электролитической системы становится циклическим, состоящим из чередующихся периодов выделения водорода и кислорода.

Разделение во времени процессов газовой выделения возможно благодаря накоплению одного из продуктов электролиза воды в электрохимически активном соединении, находящемся в электрохимической ячейке в твердой фазе. Особенностью предлагаемой технологии является то, что используется электрохимическая система регенерации, позволяющая периодически восстанавливать высокую активность губчатых электродов. Вся система работает под высоким (15 МПа) давлением и снабжена специальной системой управления, обеспечивающей надежную и безопасную работу.

По техническому уровню, простоте монтажа и обслуживания, надежности и безопасности подобная установка превосходит традиционные ветроэнергостанции аналогичной мощности, предлагаемые мировым рынком. Преимущество использования водородного накопителя состоит в том, что он может аккумулировать водород при высоком давлении, а при отсутствии ветра и солнечной инсоляции, вырабатывать электрическую энергию, работая в качестве топливного элемента. Полученный водород можно использовать:

- для обогрева теплиц посредством каталитического сжигания;
- для обеспечения рабочим телом водород-кислородных горелок для пайки, сварки, резки и термообработки металлоизделий;
- для обогрева жилых помещений с помощью каталитических нагревателей;
- в качестве моторного топлива;

- в качестве газа-наполнителя метеорологических шаров-зондов;
- в качестве топлива в электрохимических генераторах.

Эксплуатация комбинированных энергетических АВГУ даже в условиях северо-восточных областей Украины обеспечивает экономию почти трети органического топлива, необходимого для энергоснабжения индивидуальных фермерских хозяйств. Системы аккумулирования повышают коэффициент полезного использования ветровых и солнечных энергоустановок на 30 – 50 %.

Таким образом, минимум треть энергии, которая не могла быть использована, переходит в приемлемое для потребителя качество. Благодаря этому в комбинированных энергосистемах можно применить энергоустановки на основе возобновляемой энергии меньшей мощности, чем при единичном их использовании. Соответственно, капиталовложения, которые для установок нетрадиционной энергетики в настоящее время достаточно велики, существенно сокращаются.

Подготовка специалистов. Научные направления ВУЗов Украины тесно связаны с программами учебных дисциплин по нетрадиционным источникам энергии и энергетическому менеджменту. Почти 10 лет назад начата подготовка кадров для новой отрасли энергетики, и по состоянию на настоящее время в 14 вузах Украины открыты специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Энергоменеджмент».

Специалисты, осваивающие эти специальности, должны хорошо владеть не только навыками разработки нетрадиционных энергоустановок, эксплуатации и аттестации энергосистем, но и информационными технологиями создания нового бизнеса, управления инвестиционными программами в сфере энергетики и использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, энергосбережения.

В настоящее время энергетика постепенно охватывает все новые сферы научно- практической деятельности человека. Уровень современных энергетических систем требует высококвалифицированных специалистов по нетрадиционной энергетике и энергетическому менеджменту. Созданием и эксплуатацией нетрадиционных энергоустановок в настоящее время занимается ряд организаций и предприятий, которые требуют высококвалифицированных специалистов. Поэтому естественно, что одним из важных направлений работы специалистов по энергоменеджменту является реинжиниринг бизнес – процессов, подъем корпоративных стандартов и нормативного регулирования предпринимательской деятельности в сфере энергетики на новый уровень, совершенствование системы управления экономикой в условиях рынка. Весьма важна роль специалистов по возобновляемой энергетике и энергоменеджеров в системном анализе и управлении энергоснабжением, совершенствовании производственных процессов, управлении субподрядами, измерении производственных показателей, контроле и оценке эффективности энергоснабжения, поиске и анализе информации по энергоэффективности, выполнении проектных заданий, разработке планов развития

энергоснабжения потребителей и текущих планов профилактических мероприятий. Этот перечень можно продолжить.

Основными направлениями в подготовке будущих специалистов по нетрадиционной энергетике являются возобновляемые энергоресурсы, солнечные, ветровые и тепловые источники, процессы теплопереноса, аэродинамики, конструкционной и динамической прочности, компьютерное проектирование генерирующих систем, преобразование и аккумуляция энергии. Это требует хорошей фундаментальной и общеинженерной подготовки специалистов, знаний основ высшей математики, физики, начертательной геометрии, теоретической механики, механики материалов и конструкций, теории машин и механизмов и т.д. К специальным дисциплинам относятся: ресурсо- и энергосбережение, возобновляемые источники энергии и установки, расчет и эксплуатация ветротурбин, ветроустановок, солнечных коллекторов, фотоэлектрических преобразователей, тепловых насосов, газогенераторов.

Будущие специалисты по нетрадиционной энергетике могут работать на энергетических предприятиях, станциях, в конструкторских бюро, научно-исследовательских институтах. Бакалавр по энергетике после окончания должен знать и уметь использовать методы построения и расчета ветровых турбин, ветрогенераторов, тепловых и солнечных установок. Специалист по энергетике должен: знать методы математического и физического моделирования, теорию и расчет информационно – управляемых систем и комплексов, в том числе использования тепловой энергии с низким температурным потенциалом; владеть методами проектирования и технологией производства нетрадиционных и возобновляемых энергоустановок, уметь эксплуатировать и обслуживать их. Магистр должен формулировать и самостоятельно решать актуальные проблемы научных исследований, знать методы моделирования энергетических процессов и их оптимизации с использованием компьютерных технологий, владеть методами математического и физического моделирования нетрадиционных энергоустановок, иметь представление об основах теории и практики педагогики высшей школы. В этом залог успешного решения проблем альтернативной энергетике, актуальность и перспектива указанных специальностей.

Литература

1. Маляренко В. А. Введение в инженерную экологию энергетике. – Харьков: ХГАГХ, 2001. – 166 с.
2. Маляренко В. А., Варламов Г. Б., Любчик Г. Н. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – К.:ІВЦ „Видавництво „Політехніка””, 2003. - 232 с.
3. Маляренко В. А., Лисак Л. В. Энергетика, довкілля, енергозбереження. / Під заг. ред. проф. В. А. Маляренка, Харків: Рубікон, 2004. – 368 с.
4. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы. – Харьков: ХАИ, 2003. – 400 с.
5. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика. – Харьков: ХАИ, 2004. – 519 с.
6. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3. Альтернативная энергетика. – Харьков: ХАИ, 2007. – 660 с.
7. Маляренко В. А., Капцов И. И., Жиганов И. Г. Перспективы использования биоэнергетических технологий в Украине // Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: 2005. – № 2. С. 24 – 28.
8. Маляренко В. А., В. В. Соловей, А. И. Яковлев. Возобновляемые энергоресурсы – альтернативное топливо XXI века // Энергосбережение. Энергетика. Экология. – 2005 г., №11 с. 18-28.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ КОГЕНЕРАЦИИ

В.А.Маляренко, д.т.н., проф.

И.А. Темнохуд

Харьковская национальная академия городского хозяйства

А.Л.Шубенко, чл.-кор.НАНУ

А.В.Сенецкий, к. т.н.

Институт проблем машиностроения им. А.Н.Подгорного НАНУ

В настоящее время перед большинством стран, в частности Украиной, стоит задача экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Это, прежде всего, связано с уменьшением запасов органического топлива, и соответственно увеличением его стоимости, что приводит к нарушению и перебоям снабжения отдельных регионов и потребителей топливом, тепловой и электрической энергией.

Одним из наиболее перспективных решений сложившейся проблемы является развитие малой энергетики. Большим потенциалом здесь обладает процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии – когенерация, которая помимо всего прочего дает возможность для развития экономики страны [1].

Реконструкция существующих котельных в мини-ТЭЦ (электрической мощностью до 50 МВт), позволяет вырабатывать одновременно электрическую и тепловую энергию. Расположение мини-ТЭЦ в непосредственной близости от конечного потребителя дает возможность вырабатывать электрическую и тепловую энергию, как на собственные нужды, так и получать дополнительную прибыль от ее реализации в энергосистему.

На современном этапе развития турбиностроения в качестве рабочих тел в замкнутом цикле возможно применение, как водяного пара, так и жидкостей имеющих низкие температуры кипения, реализуя органический цикл Ренкина (ORC) [2].

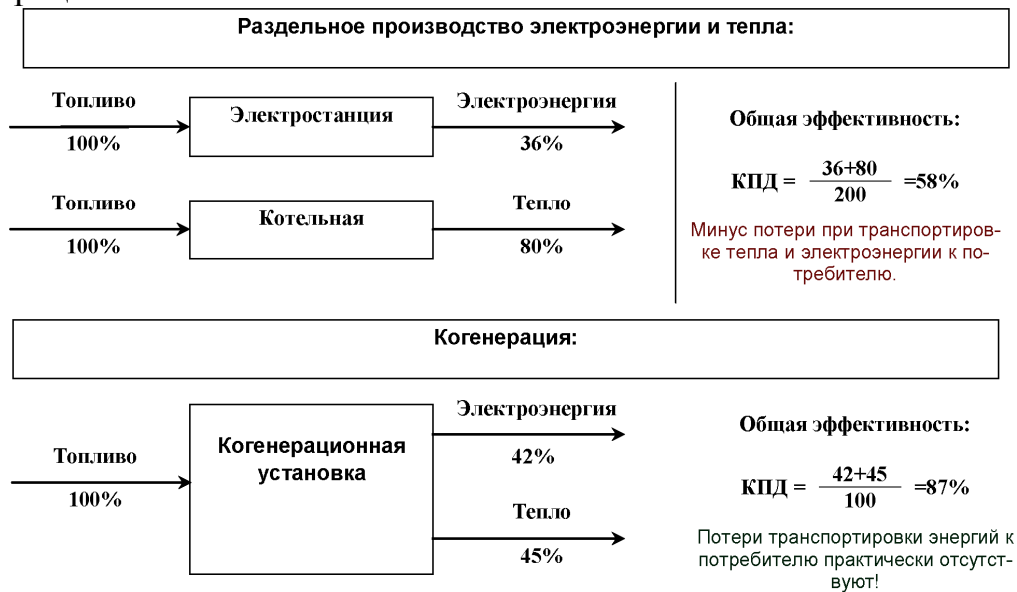
Мини-ТЭЦ может использоваться в качестве основного или резервного источника электроэнергии для коммунального хозяйства и очистных сооружений, предприятий промышленности и сельского хозяйства, в административных и медицинских учреждениях, жилых комплексах, как в автономном режиме, так и совместно с централизованными системами тепло- и электроснабжения.

Выгоды от использования систем когенерации условно делятся на четыре группы, тесно связанные друг с другом: 1. экономика; 2. надежность; 3. утилизация тепла; 4. экология [3].

При эксплуатации традиционных (паровых) электростанций, в связи с технологическими особенностями процесса генерации энергии, большое

количество выработанного тепла сбрасывается в атмосферу через конденсаторы пара, градирни и т. п. Большая часть этого тепла может быть утилизирована и использована для удовлетворения тепловых потребностей, это повышает эффективность с 30–50% для электростанции до 80–90% в системах когенерации. Сравнение между когенерацией и отдельным производством электричества и тепла приводится в таблице 1, основанной на типичных значениях КПД.

Таблице 1. Сравнение отдельного производства электроэнергии и тепла с когенерацией



На рис. 1 приведена тепловая схема миниэлектростанции, где параллельно РОУ установлена паровая противодавленческая турбина, обеспечивающая выработку электрической мощности, что уменьшает расходы промышленного предприятия на приобретение электроэнергии от сети. Тепловая мощность мини-ТЭЦ резервируется отпуском пара от РОУ паровых котлов, работающих на общую магистраль.

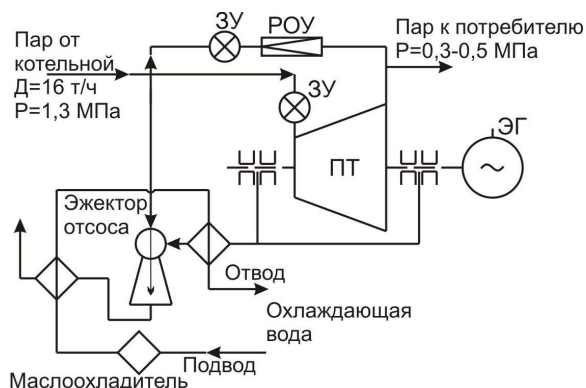


Рис. 1. Схема подключения противодавленческой турбины на промышленно-отопительной котельной

Появление на отечественном рынке энергетических установок малой мощности с неплохими экономическими показателями (КПД, габаритные размеры, стоимость) дает возможность реализовать комбинированную выработку тепла и электроэнергии.

Схема потока тепловой и электрической энергии на паровых промышленных и промышленно-отопительных котельных, переведенных в разряд мини-ТЭЦ, приведена на рис. 2.

Для повышения экономичности таких энергоустановок

предусматривается охлаждение маслоохладителя (МО), охладителя генератора (ОГ) и эжектора отсоса пара из уплотнений (ЭО) химочищенной воды, подаваемой в деаэратор котельной. Эта часть тепла показана в виде контура «регенерация тепла» на рис. 2.

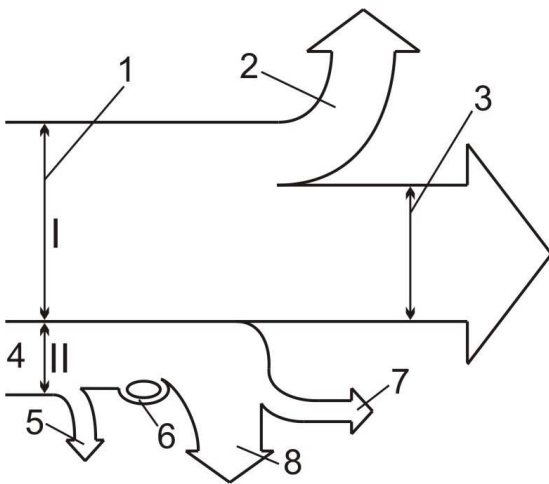


Рис. 2. Схема энергетических потоков при комбинированной выработке тепла и электроэнергии:
 I – основной цикл без электроэнергетической нагрузки; II – дополнительный цикл надстройки; 1 – тепло основного топлива; 2 – потери тепла при сжигании основного топлива (с уходящим газом, продувкой); 3 – к потребителю пара; 4 – тепло дополнительного топлива, ΔQ ; 5 – потери тепла при сжигании дополнительного топлива; 6 – регенерация тела; 7 – потери с воздушным охлаждением генератора ΔN и другие потери; 8 – электроэнергия, N

При отсутствии электроэнергетической надстройки котельная вырабатывает в основном цикле тепловую энергию Q , с расходом топлива B , потери определяются по значению КПД котла η_k (потери в трубопроводах и у потребителя в основном цикле отнесены к теплотреблению).

Определение эффективности электроэнергетической надстройки осуществляется при условии, что потребитель получает такое же количество тепла, как при отсутствии надстройки.

При выработке электрической мощности N , требуется дополнительное топливо ΔB , которое также сжигается с КПД котла η_k . В этом случае могут наблюдаться небольшие дополнительные потери энергии ΔN в виде утечек тепла в трубопроводах подвода пара к турбогенератору и отвода его от последнего при воздушном охлаждении генератора (это тепло невозможно утилизировать в системе регенерации), а также при невозможности реализовать регенерацию тепла от маслоохладителей и эжекторов с использованием химочищенной воды. Эти потери должны быть покрыты дополнительным расходом топлива.

Удельный расход топлива на выработку электроэнергии, при реализации мини-ТЭЦ с применением паровых противодавленческих турбин малой мощности, на базе паровых промышленных и промышленно-отопительных котельных, в среднем составляет $180 \text{ г.у.т.}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$. Данные показатели значительно лучше, чем на мощных энергетических установках (по Украине $360 - 380 \text{ г.у.т.}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$), что говорит о конкурентоспособности малой энергетики и необходимости внедрения турбин малой мощности [4, 5].

При решении задач энергосбережения в каждом конкретном случае источник сбросной теплоты требует индивидуального подхода. Одним из

основных направлений при решении задач энергосбережения на энергоузлах промышленных предприятий и коммунальных котельных является их перевод в мини-ТЭЦ путем установки малых паровых турбин.

Потенциал использования систем когенерации в Украине

Если рассмотреть энергетическую стратегию Украины и, связанную с этим структуру производства тепла до 2030 года, то при использовании 50 % тепловой мощности установленных котлов, с производительностью 15 – 20 тонн пара в час, до 2030 года только в коммунальных котельных может быть установлено до 1 200 паротурбинных установок с мощностью в одном агрегате 1 МВт.

На территории Украины существует множество котельных, на которых применяют процесс дросселирования пара вместо процесса его расширения в энергетической установке для выработки электроэнергии с незначительной добавкой топлива. Выполненное исследование наличия паровых котлов и их состояние в различных отраслях промышленности, показало следующее. В котельных, работающих на шахтах Украины, и оснащенных котлами типа ДКВР, с которыми могут работать малые турбины, составляет:

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| – 6,5 т/ч – более 150 ед.; | – 20 т/ч – 30 ед.; |
| – 10 т/ч – около 300 ед.; | – 25 т/ч – 20 ед. |

Если, в связи с закрытием шахт останется в рабочем состоянии 25 % этих котлов, то даже в этом случае на шахтных котельных могут быть использованы примерно 70 – 75 турбоустановок мощностью 0,75 – 1 МВт, энергия которых может быть использована на собственные нужды шахт.

В пищевой промышленности используется ≈ 400 котлов паропроизводительностью от 6,5 т/ч до 16 т/ч при начальном давлении 1,4 МПа, что позволяет использовать порядка 200 – 250 турбоустановок мощностью до 1 МВт.

По оценкам в разных отраслях промышленности установлено около 1 500 единиц котлов паропроизводительностью 6,5 – 25 т/ч, имеющих начальное давление 1,4 МПа. При соответствующей реконструкции энергоузлов на промпредприятиях можно установить до 600 – 700 турбоустановок.

Таким образом, по прогнозируемой оценке, рынок малых паротурбинных установок мощностью 0,75 – 1,5 МВт до 2030 года при условии возрождения предприятий и развития теплоснабжения городов и поселков может составить 2 100 – 2 200 единиц. Стоимость их установки при необходимой реконструкции энергоузлов составит 1,05 – 1,1 млрд.USD, что существенно ниже стоимости нового оборудования такой же мощности.

В отдельных случаях целесообразно устанавливать турбины малой или средней мощности в конденсационном варианте. Примером может служить выполненная с участием ИПМаш НАН Украины установка турбины ПТ-12/13-34/1,0-1 мощностью 12 МВт производства Калужского турбинного завода (Россия) на энергоузле Ясиновского коксохимического завода (г. Макеевка). Экономическая целесообразность такого варианта реконструкции энергоузла базируется на возможности использовать

относительно дешевый коксовый газ на существующем парогенерирующем оборудовании завода.

Однако, в большинстве случаев, как уже отмечалось, экономически оправданным является лишь вариант с использованием противоаварийных турбин. Такая турбоустановка позволяет при достаточно высоком КПД получать электроэнергию либо с незначительной добавкой топлива (при необходимости строго выдерживать заданное в технологии количество тепла), либо без дополнительного топлива при работе на теплофикацию и регулировании температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха. По оценкам, представленным выше, дополнительный расход топлива на 1 кВт·ч вырабатываемой электроэнергии не превышает 180 г.у.т.

В силу объективных причин при переводе котельной на комбинированную схему производства тепловой и электрической энергии для ведения теплоэнергетических процессов требуются новые критерии оптимизации, отличные от проектных при строительстве котельной. Речь может идти о разработке технологии производства электроэнергии по комбинированной схеме для каждого конкретного заказчика [5]. Так, в ИПМаш НАН Украины выполнена оценка возможности установки малых турбин для утилизации энергии процесса дросселирования пара в теплоэнергетическом центре Роганского промузла (ТЦРП) г. Харькова, на котором установлено три работающих котла ДКВР-20/1,3 производительностью 20 т/час пара каждый и резервный котел ДВ-24/14ТМ, производительностью 25 т/час, эксплуатируемые с 1971–1974 гг. [10, 11].

Таким образом, внедрение малых турбин как автономного энергосберегающего источника электроэнергии в 2030 году позволит иметь компенсационную установленную мощность на уровне 2 200 МВт, что составит от общей установленной мощности к 2030 году $\approx 3\%$ [12]. Из общей потребности производства электроэнергии согласно базового сценария энергетической стратегии Украины на период до 2030 года на уровне 380 млрд. кВт·ч, с учетом сезонного графика выработки тепла, на турбинах малой мощности может быть произведено ≈ 13 млрд. кВт·ч электроэнергии в год, что составит в 2030 г. – 3,5 % от общего производства. Выработка такого количества электроэнергии позволит экономить в год 1,2 млн. т.у.т. [13, 14].

Выводы

Реализуя когенерационные системы необходимо принимать во внимание, что каждый проект требует индивидуального подхода. Это связано с внешними (цены на топливо, надежность снабжения, тарифы сетей) и внутренними (профиль потребления тепла и электроэнергии, пиковые нагрузки, необходимый уровень надежности и качества энергоснабжения) факторами.

Для получения высокой эффективности от внедрения когенерации, необходимо, помимо установки современного оборудования, провести анализ, выработать и реализовать мероприятия по повышению энергетической эффективности объекта в целом с уже существующим

оборудованием. В сочетании с оценкой экономической составляющей проекта и тщательным контролем за исполнение позволят реализовать решение, которое обеспечит конкурентные преимущества на рынке.

Выполненные оценки позволили установить, что утилизация ВЭР в промышленности Украины при применении турбин на НРТ позволит получить дополнительно ≈ 200 МВт электрической мощности.

Вопросам разработки, производства и внедрения турбин на водяном паре и НРТ в Украине, по нашему мнению, уделяется недостаточно внимания. Выпуск в стране турбин малой мощности, вероятно, позволит уменьшить их стоимость, тем самым повысить экономическую привлекательность соответствующих энергосберегающих проектов.

Литература

1. Длугосельский В.И., Зубков А.С. Эффективность использования в теплофикации газотурбинных и парогазовых технологий. // Теплоэнергетика. – №12. – 2000. – С.3-6.
2. Пятничко В. А. Утилизация низкопотенциального тепла для производства электроэнергии с использованием пентана в качестве рабочего тела / В. А. Пятничко, Т. К. Крушневич, А. И. Пятничко // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – № 4. – С. 3–6.
3. Анализ эффективности применения когенерационных установок [Электронный ресурс]: официальный сайт производителя – ЧНПП «Фрезия» [2006]: Режим доступа: <http://www.sinus.org.ua/> – Последнее обращение: 20.06.2012. – Загл. с экрана.
4. Использование паровых турбин малой мощности для энергосбережения на энергоузлах предприятий / А. Л. Шубенко, Н. Ю. Бабак, М. И. Роговой, А. В. Сенецкий // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2008. – № 3. – С. 14-17.
5. Федоров В. А. Опыт разработки, строительства и ввода в эксплуатацию малых электростанций / В. А. Федоров, В. М. Смирнов // Теплоэнергетика. – 2000. – № 1. – С. 9-13.
6. Сенецкий А. В. Энергосбережение на основе применения турбин малой мощности на низкокипящих рабочих телах / А. В. Сенецкий // Современные проблемы машиностроения. Конференция молодых ученых и специалистов 3 – 6 ноября 2010 г.: тез. докл. – Харьков, 2010. – С. 67.
7. Никифоров Б. И. Энергосбережение на металлургических предприятиях: Монография / Б. И. Никифоров, Г. В. Заславец. – Магнитогорск: МГТУ, 2000. – 280 с.
8. Казанцев Е. И. Промышленные печи: Справочное руководство для расчетов и проектирования / Е. И. Казанцев. – М.: Металлургия, 1975. – 368 с.
9. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 р. Наказ Міністра промислової політики України № 152 від 25.02.2009 року. – 123 с. Режим доступа: <http://195.78.68.71/industry/control/uk/archive/docview?typeId=73191> – Последнее обращение: 02.02.2012. – Загл. с экрана.
10. Данилов Н. И. Домашняя энергетика / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков. – М.: Департамент топливно-энергетического хозяйства г. Москвы, 2006. – 118 с.
11. Интенсификация использования топливно-энергетических ресурсов: научное издание; ред. Т. А. Ашимбаев. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 212 с.
12. Повышение эффективности использования энергоресурсов в автономных котельных на основе внедрения на них турбогенераторных установок малой мощности / Л. М. Соболев, А. Л. Шубенко, В. Н. Голощапов и др. // Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования: сб. тр. междунар. научно-техн. конф. – Харьков, 1997. – С. 57-61.
13. Гапоненко Н. А. Энергосбережение при установке малых турбин на котельных с промышленными потребителями / Н. А. Гапоненко // Когенерация в промышленности и коммунальной энергетике: Программа и тезисы международной конференции. – Киев, 2004. – С. 179-182.
14. Эффективность турбоустановок малой мощности / Е. В. Левченко, В. П. Сухинин, А. Д. Кантемир, В. М. Капинос и др. // Вестник национального технического университета «ХПИ». Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – 2006. – № 5. – С. 12-14.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ В ВИДЕ ГРАНУЛ МЕТАНА (КЛАТРАТЫ) И СЕРОВОДОРОДА

В.А. Маляренко, д.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

С.В. Губин, к.т.н., А.И. Яковлев, д.т.н

Национальный аэрокосмический университет «ХАИ»

Введение. Историческая справка. В ночь с 11-го на 12 сентября 1927 г. произошло крымское землетрясение, которое показало наличие гигантского газового потенциала Черного моря. Судя по историческим описаниям, во время толчков 63 г. до н. э., ставших катастрофическими для Пантикапея, море буквально кипело от горящих газов. А дворец Митридата был разрушен именно в момент одного из мощных взрывов. В 1902-м такой же огненный выброс наблюдали напротив Балчика (Болгария), [4, 5]. Газовые "фонтаны", бьющие со дна Черного моря, упоминали еще древнеримские авторы. Ученые Института геологических наук АН УССР (ИГН) начали охоту на эти фонтаны (газовые факелы).

В акватории Черного моря выявлено до 4000 таких факелов, нередко составляющих группы до 5, 10, 12 струй, а то и целые их "леса" на глубинах 50 – 700 м. Высота их обычно не превышает 200 м, поэтому подавляющее большинство факелов не достигает поверхности, "распыляясь" в воде. По данным авторов работ [4, 5], в "устьях" газовых струй были обнаружены радиоуглеродным методом своего рода наросты из карбонатных трубок. Оказалось, что им более 9000 лет. Это значит, что газ, в основном метан, "фонтанировал" как минимум столько же лет, и суммарный объем его выбросов превышает 30 млрд. м³ в год – это фактически половина нынешнего годового потребления Украины. Причем не весь метан выходит на поверхность моря.

Триллионы кубометров метана попросту "консервируется" и "складируется" на дне в виде необычных кристаллических соединений, образующиеся при определенных термобарических условиях из воды и газа, и единичный объем такого газового гидрата (клатрата) может содержать до 160 – 180 объемов чистого метана, то есть при переходе из кристаллического состояния из гидрата высвобождается количество газа, по своему объему в 166 раз превышающее размер первичного кристалла. При повышении температуры или понижении давления газогидрат разлагается на газ и воду. Следовательно, при относительно низких температурах и высоких давлениях газ, выпускаемый в воде, может "самоконсервироваться" в кристаллическое состояние. И такие условия консервации соответствуют температурам и давлениям глубоководной части Черного моря.

Газогидраты при таких условиях распространены и в Мировом океане, напротив дельт проявления грязевого вулканизма. Такие грязевые вулканы обнаружены не только в Черном море, но и на суше, особенно на Керченском и Таманском полуостровах.

По наблюдениям специалистов [5], подводные вулканы, как и наземные, большую часть своей жизни спокойны, хотя в 2002-м и 2003 гг. наблюдалось

пробуждение вулкана Двуреченского, и были обнаружены фонтаны газа диаметром 300 м и высотой 800 – 850 м, как и во время крымского землетрясения 1927 г. Объем извергнутого газа за один выброс составляет до 100 млн. м³. Причем он консервируется вокруг вулкана в виде гранул метана и газогидратов.

Во всех странах, расположенных на берегах морей и океанов (США, Японии, Канаде, Индии, Южной Корее, Германии), разработаны приоритетные программы изучения газогидратов метана. Еще в 1999 г. конгресс США принял "Акт о широкомасштабных поисках и разработке гидратов на суше и в море"; в 1993 г. и украинский Кабмин принял постановление "Про пошуки газогідратної сировини в Чорному морі і створення ефективних технологій її видобутку та переробки".

Правительство Японии, например, создало мощнейшую государственную компанию для разработки газогидратов и начало опытную добычу газогидратов в 2007 г., а к 2017-му планирует стать страной-экспортером сырья. Румынские геофизики уже обнаружили газогидратные залежи на площади 2 км² в морском продолжении дельты Дуная, а российские коллеги открыли месторождение в Туапсинской впадине. Болгарские геологи оценили перспективность изученных районов Черного моря в 42 – 49 трлн. м³.

По прогнозам ученых, представленных в работах [4, 5], запасы газогидратного газа только в осадках в украинской части черноморского дна составляют 7 – 10 трлн. м³. Этого при нынешнем уровне потребления хватит лет на сто. Следовательно, будущее цивилизации – за газогидратами.

Кроме этих вопросов, существуют оценки, согласно которым около 50 % всего имеющегося на Земле углерода содержится в этих гидратах [4].

Флора и фауна в условиях существования гидратов метана. В самых различных районах мирового океана геофизики изучают придонную флору и фауну, обитателей морского дна, которые могут быть своего рода индикаторами, указывающими на наличие в недрах месторождения метана. По данным Исследовательского центра "Geomar" [2], между известковыми глыбами, возникшими на дне в результате геохимических и тектонических процессов, происходит истечение метаносодержащих жидкостей, которые являются основой для существования определенного вида моллюсков. Наличие этих моллюсков и является для нас верным признаком, что тут из недр выделяется метан. Конечно, моллюски не могут питаться метаном как таковым – он для них так же ядовит, как и для человека. Здесь мы имеем дело с типичным примером симбиоза: метаносодержащая жидкость усваивается особыми бактериями, живущими в мантии моллюсков. А сами моллюски питаются отходами жизнедеятельности этих бактерий, что и позволяет им существовать на такой глубине, куда солнечный свет практически не проникает. Естественно, моллюски стремятся поселиться как можно ближе к источнику продовольствия, то есть к тем трещинам и щелям в известковых отложениях, из которых и происходит истечение метаносодержащих жидкостей. В свою очередь, эти моллюски служат пищей для некоторых

других видов морской фауны. То есть те места, в которых, по нашим оценкам, существуют условия для образования газогидратов, являются своего рода оазисами в "пустыне" морских глубин.

Высокое содержание изотопа углерода C_{12} позволило сделать вывод о том, что моллюски действительно питались за счет жидкостей, омывающих газогидратные месторождения. Например, Охотское море более девяти месяцев в году покрыто льдом, и поднимающийся со дна метан удерживается этим ледяным покровом. Весной, когда лед начинает таять, в атмосферу в считанные недели уходят огромные массы метана.

Влияние газогидратов на климат. Следует принять во внимание, что из 1 м^3 гидрата выделяется примерно 164 м^3 газообразного метана! То есть речь идет, с одной стороны, о скрытом в гидратах метана колоссальном энергетическом потенциале, а с другой стороны, об огромной опасности, которую эти гидраты могут представлять для климата планеты. При этом запасы газогидратов геологи оценивают в 10 тыс. млрд т. Расчеты показали, что метан, поднятый со дна моря, не может конкурировать с природным газом, добываемым традиционными методами.

Энергетические проблемы при использовании газообразного метана. Из твердых газогидратов их нужно расплавить, то есть нагреть. С этой целью специальный трубопровод с платформы на поверхности моря устанавливают на глубине залежей газогидратов на морском дне. Трубопровод состоит из коаксиальных труб с двойной стенкой. По внутренней трубе непосредственно к месторождению газогидратов подается морская вода, нагретая до $30 \dots 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Газогидраты плавятся, при этом из них выделяются пузырьки газообразного метана, которые вместе с водой поднимаются по внешней трубе вверх, к платформе. Там метан отделяется от воды и подается в цистерны или в магистральный трубопровод, а теплая вода снова закачивается вниз, к залежам газогидратов. Метан – один из газов, оказывающих наиболее вредное влияние на климат. Все парниковые газы сравнивают, как правило, с углекислым газом. Если степень воздействия углекислого газа на климат условно принять за единицу, то парниковая активность метана в 23 раза выше.

Подчеркнем, что с гидратами метана (клатратами) связаны наиболее актуальные проблемы современного естествознания. В последние годы отмечается, что гидраты метана рассматриваются в качестве практически неисчерпаемого ресурса природного газа. Газогидрат, или клатрат, – это твердое вещество (лед) с размерами молекулярных структур в ангстремах, то есть $5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, или 5 \AA . В работах [1, 4] показано, что глобальная дегазация Земли снабжала и снабжает геофлюидами атмосферу, гидросферу и литосферу, участвуя в образовании слоя "горючего льда" – метаногидрата толщиной от 3 м (Центральноамериканский желоб) или 40 ... 50 м (Калифорнийский залив) до 1000 м и более (Черное море) – всего на 0,4 ... 2,2 м ниже дна Мирового океана на 93 % его площади. Залегая в плейстоцен-современных осадках Мирового океана, газогидратный (клатратный) слой содержит не менее 113 сотен квадриллионов кубометров метана, иначе говоря, 8,5 квадриллионов тонн метанового углерода, причем запасы

некарбонатного углерода, млрд т, распределяются так: в морской биоте – 3; атмосфере – 3; детритном органическом веществе – 60; торфе – 500; биоте суши – 830; органическом веществе (ОВ), растворенном в воде, – 980; почве – 1400; извлекаемых и неизвлекаемых ископаемых топливах (нефть, природный газ, уголь) – 5000. Суммарный запас составляет 8,8 трлн. т (рис. 1).

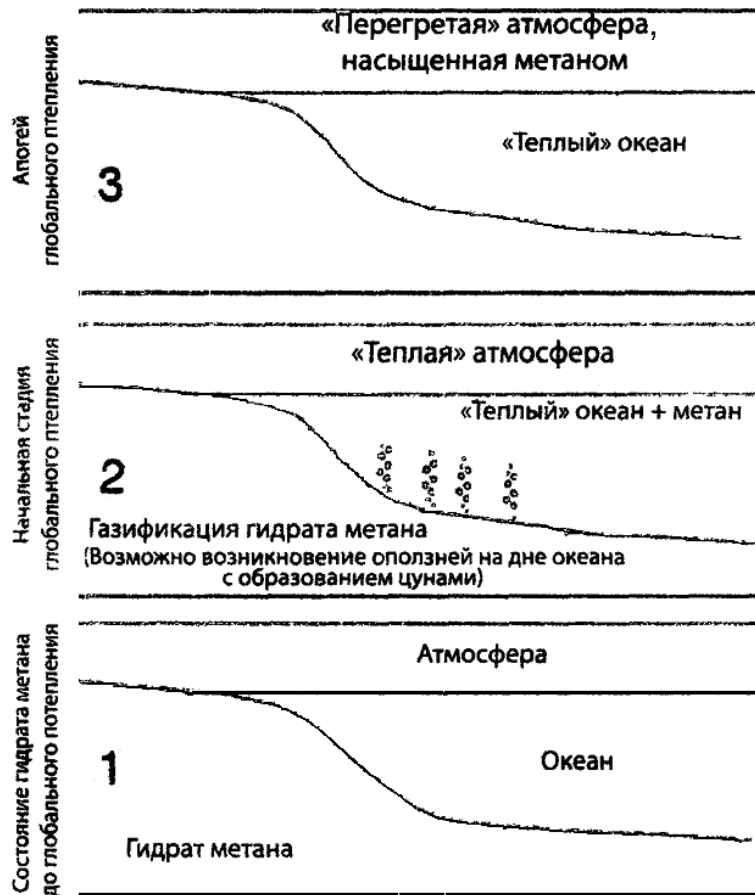


Рис. 1. Выделение гидрата метана с океанского дна вследствие глобального потепления

Из этого следует, что запасы углерода в метаногидрате Мирового океана превосходят запасы некарбонатного углерода торфа, угля, нефти и природного газа в 1540 раз; почвы – в 6050 раз; ОВ, растворенного в воде, – в 8640 раз; биоты суши – в 10210 раз; детритного ОВ – в 141250 раз; атмосферы – в 2 350 000 раз и морской биоты – в 2 825 000 раз, а совокупный их запас неметаногидратного углерода – в 965 раз, т. е. на три порядка величины.

Сейсморазведкой и бурением установлено повсеместное залегание свободного природного газа сразу же под "горючим льдом" [1, 4].

Таяние 1 м³ океанско-морского метаногидрата дает 150 ... 200 м³ метана и 0,87 м³ пресной воды.

Истинные ресурсы метаногидратов в Украине расположены в Черном море, где газогидраты залегают начиная с 0,4 ... 2,2 м ниже его дна на глубине 700 750 м в зоне газогидратообразования (ЗГО) из метана и из смеси углеводородных газов. Процесс газообразования охватывает всю глубоководную котловину и значительную часть континентального склона в

акватории глубже 200 м. Запасы клатратного метана в ЗГО Центрального участка Черного моря с его Прикрымским районом площадью 60,6 тыс. км² оценены в 1991 году в 7 ...7,7 Тм³. Это соответствует производству 60,6 тыс. км² на удельную плотность 121 Мм³/км² (т. е. 28,8 Гм³ метана на площади 238 км² запасов метана в его гидратном слое западносибирского Мессояхского месторождения газогидрата, хотя такой подсчет запасов некорректен, ибо уже известны и иные плотности запасов метана в материковых ЗГО, изученных с помощью сейсморазведки и бурения.

Круговорот метана в природе, его физические свойства. Образование метана (СН₄), этого ценнейшего топлива, происходит при непосредственном соединении углерода (аморфного) с водородом по реакции [1, 2]



Этот процесс реализуется при нагревании и в присутствии катализатора в виде мелко раздробленного Ni (рис. 2). Процесс сильно зависит от температуры. Помимо этого синтетического пути метан может быть получен рядом других методов, исходя из более сложных соединений углерода. В природе он постоянно образуется при разложении органических веществ без доступа воздуха (например, в болотах). Он часто содержится также в природных газах и в воздухе каменноугольных шахт. Около 30 % метана входит в состав светильного газа, получаемого сухой перегонкой каменного угля.

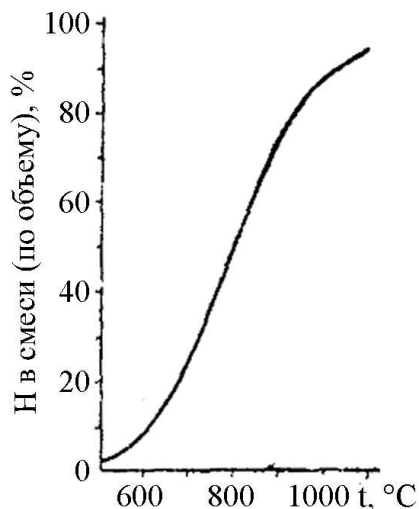
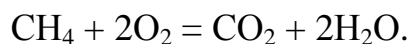


Рис. 2. Образование СН₄

Метан является простейшим представителем многочисленных соединений углерода с водородом, называемых углеводородами и изучаемых в органической химии. Сам он представляет собой бесцветный и не имеющий запаха газ, малорастворимый в воде. С химической стороны метан характеризуется своей большой инертностью. В частности, на него не действуют ни щелочи, ни кислоты. С кислородом он в обычных условиях не реагирует, но при поджигании сгорает по реакции



Горение метана сопровождается очень большим выделением тепла (192 ккал/моль).

С металлами углерод вступает во взаимодействие лишь при высоких температурах. Из образующихся соединений (называемых карбидами) наибольшее практическое значение имеет карбид кальция (CaC_2). Весьма важны также производные вольфрама (WC и W_2C), чрезвычайная твердость которых позволяет во многих случаях пользоваться ими для замены алмаза.

Большинство карбидов удобнее получать накаливанием с углем не самих металлов, а их окислов. При высоких температурах происходит восстановление последних, причем металл соединяется с углеродом. Накаливанием в электрической печи смеси угля с окисью кальция получают и карбид кальция:

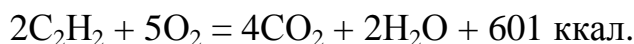


Технический продукт окрашен в серый цвет примесью свободного углерода. Чистым CaC_2 представляет собой бесцветные кристаллы.

С водой (даже ее следами) карбид кальция энергично реагирует, образуя ацетилен ($\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$) по уравнению



Получаемый из технического CaC_2 ацетилен имеет неприятный запах вследствие наличия в нем ряда примесей (NH_3 , PH_3 , H_2S и др.). В чистом виде он представляет собой бесцветный газ со слабым характерным запахом, довольно хорошо растворимый в воде. Ацетилен может служить исходным продуктом для синтеза многих более сложных органических соединений. Эта область использования ацетилена и является в настоящее время самой обширной. Другое важное практическое применение ацетилена основано на протекающей с большим выделением тепла реакции его сгорания:



Академик П. П. Лазарев предложил возможные структурные формулы (рис. 4).

Допустим, что атомы различных элементов являются шариками, снабженными крючками (рис. 3), число которых равно числу единиц сродства.

Пусть водород Н имеет один крючок, кислород О снабжен двумя крючками. Азот N имеет три крючка и углерод С четыре. Допустим, что крючки упругие и могут сгибаться. Тогда можно соединять крючками модели атомов так, чтобы свободных крючков не было. Образуются устойчивые соединения, имеющие вид, изображенный на рис. 3. Первая модель – модель молекулы воды, вторая – модель аммиака и третья – метана. Можно, как это легко понять, построить с помощью шариков модель любой молекулы. Представления современной квантовой механики дают возможность полностью объяснить природу химической связи.

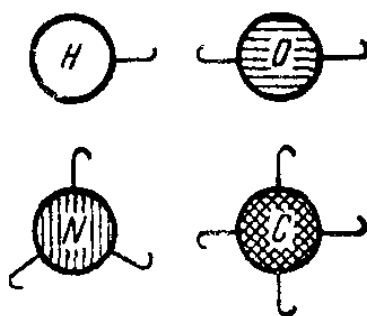


Рис. 3. Устойчивое соединение молекулы метана

Теперь располагаем мощными физическими методами, способными объективно подтвердить правильность структурных представлений органической химии. Прежде всего здесь следует назвать рентгеноструктурный анализ. Расчет рентгенограмм дает распределение плотности электронов в молекуле. Отсюда возникает представление о форме молекулы.

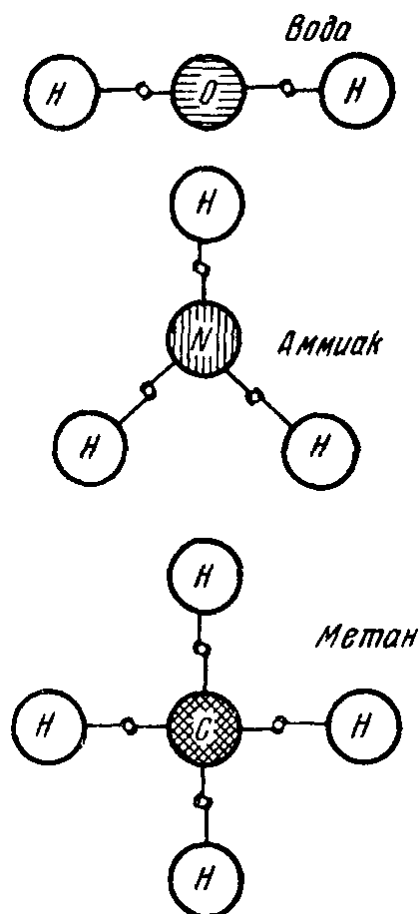
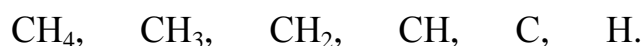


Рис. 4. Соединения воды, аммиака и метана

Например, производя разряд в метане, Томсон нашел положительно заряженные частицы, соответствующие формулам



Молекулу метана можно представить, как правильный тетраэдр, по углам которого расположены атомы водорода, а в центре – атом углерода. Можно показать, что благодаря тетраэдрической форме молекулы метана форма тетраэдра останется и после замены Н какими-нибудь радикалами или

атомами с одной единицей сродства.

Источником тепловой энергии может быть горение органических соединений, и для практики сгорание углеводородов может представлять большой интерес. Приведем здесь тепловую энергию, выделяемую при сгорании некоторых органических соединений.

Сгорание 1 г метана (CH₄) дает 13,3 ккал. В метане на один атом С приходится четыре атома Н. Этан дает теплоту горения на 1 г 12,4 ккал; в этане на один атом С имеется три атома Н. Теплота горения 1 г пропана равна 12 ккал. В пропане на один атом С приходится 2,7 атома Н.

Ряд углеводородов, состоящих из метана, этана, пропана и т. д., называется рядом предельных углеводородов, и массовая формула их молекулы удовлетворяет выражению C_nH_{2n+2}, где *n* – целое число. Отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода таково:

$$N\left(\frac{H}{C}\right) = \frac{2n+2}{n} = 2 + \frac{2}{n};$$

оно уменьшается по мере увеличения *n*.

Таблица 1

Теплота сгорания различных веществ

Вещество		Формула	Молекулярный вес	Теплота горения грамм-молекулы, ккал	Теплота горения грамма, ккал
Углеводороды	метан	CH ₄	16	213,5	13,3
	этан	C ₂ H ₆	30	372,3	12,4
	этилен	C ₂ H ₄	28	343,1	12,3
	ацетилен	C ₂ H ₂	26	313,1	12,0
	пропан	C ₃ H ₈	44	528,4	12,0
	бензол	C ₆ H ₆	78	784,1	10,1
Спирты	метилловый алкоголь	CH ₄ O	32	170,6	
	этиловый алкоголь	C ₂ H ₆ O	46	325,7	
	глицерин	C ₃ H ₈ O ₃	92	397,1	
Углеводы	глюкоза	C ₆ H ₁₂ O ₆	180	677,2	
	левулеза	C ₆ H ₁₂ O ₆	180	675,9	
	тростниковый сахар	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	342	1351,4	
	крахмал	Рассчитано по формуле	162	684,9	
	целлюлоза	C ₆ H ₁₀ O ₅	162	681,8	

Из примеров, приведенных выше, видно, что по мере того как увеличивается число атомов углерода, относительное число атомов водорода, а вместе с тем и теплота горения, рассчитанная на 1 г, падают. При достаточно большом числе атомов углерода отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода приближается к значению 2 (табл. 1).

Ряд ненасыщенных углеводородов содержит соединения с общей формулой C_nH_{2n}. Таким образом, отношение числа атомов водорода 2*n* к числу атомов углерода *n* равно 2.

Приведем в табл. 2, пользуясь данными датского термохимика Томсена, теплоты горения предельных и непредельных углеводородов, размещая в одних клетках предельные и непредельные углеводороды, имеющие одинаковое число атомов углерода.

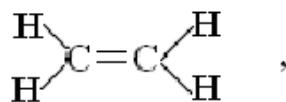
Таблица 2 – Теплота сгорания в зависимости от числа атомов в молекуле

Число атомов в молекуле	Углеводород	Формула	Теплота горения одной грамм-молекулы, ккал
1	Метан	CH ₄	212
2	Этан	C ₂ H ₆	370
	Этилен	C ₂ H ₄	330
3	Пропан	C ₃ H ₈	529
	Пропилен	C ₃ H ₆	493
4	Триметилметан	C ₄ H ₁₀	687
	Изобутилен	C ₄ H ₈	651
5	Тетраметилметан	C ₅ H ₁₂	847
	Изоамилен	C ₅ H ₁₀	808

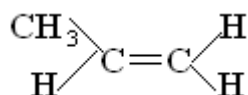
Из табл. 2 видно, что у углеводородов, имеющих одинаковое число атомов углерода в молекуле, предельные углеводороды имеют большую теплоту горения, чем непредельные.

Из табл. 1 и 2 можно сделать еще одно интересное заключение. Возьмем этан и из теплоты его горения (370 ккал) вычтем теплоту горения метана (212 ккал). Получим 158 ккал. Замена в метане одного атома водорода на одну метильную группу CH₃ увеличивает теплоту сгорания на 158 ккал. При переходе от этана к пропану также имеем замену H на CH₃. Теплота горения от такой замены увеличивается на 159 ккал.

Очевидно, что в предельном ряду углеводородов внесение метильной группы вместо водорода увеличивает теплоту горения на 158 ккал. Такая же закономерность имеет место и в других углеводородах, не принадлежащих предельному ряду. Так, переход от этилена, имеющего структурную формулу



к пропилену со структурной формулой



сопровождается заменой H на CH₃. Увеличение теплоты горения молекулы равно 163 ккал, т. е. близко к значению 158 ккал для предельного ряда.

Бензол имеет теплоту сгорания грамм-молекулы $Q = 799$ ккал, толуол, являющийся метилбензолом, – 956 ккал. Увеличение теплоты горения равно в этом случае 157 ккал. Здесь имеем приблизительно выполняющимся то же правило, которое верно для предельных углеводородов. Таким образом, обозначая теплоту горения некоторого углеводорода через Q_0 и теплоту горения этого же углеводорода с введенной вместо H метальной группой через Q_1 , имеем

$$Q_1 - Q_0 = 158 \text{ ккал.}$$

Остается только объяснить полученные закономерности.

При горении углеводородов происходит прежде всего распад их молекулы и как вторичный эффект – соединение водорода и углерода с кислородом при образовании воды и углекислоты. Теплота сгорания α -атома

водорода равна 34,4 ккал, а теплота сгорания α -атома углерода – 93,8 ккал. Следовательно, замена одного атома водорода в молекуле углеводорода метильной группой CH_3 увеличивает теплоту сгорания полученного углеводорода на величину $93,8 + 3 \cdot 34,4 - 34,4 = 162$ ккал/моль. Полученная величина близка к экспериментальному значению 158 ккал/моль.

Энергетические свойства газогидратов. Метаногидрат обладает высокой концентрацией энергии. Кристаллическая решетка природного "горючего льда" состоит из шести молекул воды и одной молекулы метана, находящегося там в сильно сжатом (25 МПа и более) состоянии, 1 м³ клатрата дает при его "таянии" 160 ... 200 м³ метана и 0,83 м³ пресной воды.

Извлекать метан из его гидратов можно посредством уменьшения пластового давления до показателей ниже давления гидратного равновесия, нагнетания ингибиторов (гликоля, метанола, этанола и др.) в "горючий лёд" для уменьшения его стабильности, нагревания газогидратной залежи выше температуры гидратообразования, электромагнитной стимуляции и гидравлической добычи.

В процессе нагнетания перегретого пара или горячей воды метаногидрат разлагается с повышением температуры, а чистый энергетический баланс в замкнутой системе и высококачественной клатратной залежи становится позитивным.

Газовые гидраты внешне похожи на обычный непрозрачный белесый лед кристаллической игольчатой структуры, в котором молекулы воды удерживают через водородные связи молекулы газа.

В зависимости от термодинамических условий число молекул, удерживающих газ, может изменяться от 6 до 17. Из углеводородных газов наиболее склонны к образованию гидратов метан, этан, этилен, пропаны и бутаны. Один объем воды связывает от 70 до 120 объемов газа, причем смеси образуют их легче, нежели отдельные газы. Изменения температуры и давления приводят к перестройке кристаллической структуры газогидратов. Как правило, их устойчивость и "газоемкость" возрастают с понижением температуры и повышением давления. В частности, гидраты метана при атмосферном давлении устойчивы только при температуре ниже 0 °С, а при давлении выше 10 МПа существуют при +20 °С и выше. При этом энергетическая ценность сырья характеризуется такими параметрами:

- по теплоте сгорания 5340 ... 6230 ккал/кг (в среднем 5785 ккал/кг);
- при переводе в электроэнергию – 6,21 ... 7,24 кВт·ч/кг.

Для получения 1 кВт·ч энергии необходимо 0,15 ... 0,2 м³ биогаза. Таким образом, 1 л гидрата метана позволяет получить 1 кВт·ч электроэнергии.

Метаногидраты и сероводород из морской воды. В работах [1, 2] показано, что глобальная дегазация Земли снабжала и снабжает геофлюидами атмосферу, гидросферу и литосферу, участвуя в образовании слоя "горючего льда" – метаногидрата толщиной от 3 ... 4 м (Центральноамериканский желоб) или 40 ... 50 м (Калифорнийский залив) до 1000 м (Черное море) – всего на 0,4–2,2 м ниже дна Мирового океана на 93 %

его площади. Залегая в осадках Мирового океана, газогидратный (клатратный) слой содержит не менее 113 сотен квадриллионов кубометров метана (согласно данным Геологической Службы США), или 8,5 квадриллионов тонн метанового углерода и сероводорода, причем запасы некарбонатного углерода (млрд т) распределяются следующим образом: в морской биоте – 3; атмосфере – 3,6; детритном органическом веществе – 60; торфе – 500; биоте суши – 830; органическом веществе (ОВ), растворенном в воде, – 980; почве – 1400; извлекаемых и неизвлекаемых ископаемых топливах (нефть, природный газ, уголь) – 5000.

Выводы. 1) Прогнозные запасы газа в форме газовых гидратов во всем мире эквивалентны 16 трлн т нефти. При этом почти весь объем газогидратных отложений рассредоточен в акваториях Мирового океана, в донных осадочных породах на глубинах до 700 м, и только около 2 % залегают в прибрежной полосе материков. Но даже и эти прибрежные ресурсы природного газа в газогидратах оцениваются величиной порядка 300 трлн м³, что в несколько раз превышает запасы природного газа в ныне разрабатываемых или открытых традиционных месторождениях природного газа на суше и на море (табл. 3).

2) Запасы метана в черноморской ЗГО Украины оцениваются от 365 до 8080 Тм³.

Сразу же под черноморским "горючим льдом" Украины, как и во всех других ЗГО Мирового океана и вечномерзлотных областей Евразии и Северной Америки, всегда залегают свободный (подгидратный) природный газ (табл. 3). Сколько его под океанско-морскими ЗГО, еще не установлено. Под черноморским "горючим льдом" Украины имеется от 242 до 14 364 Тм³ свободного (подгидратного) природного газа, а вместе с гидратным – от 605 до 22 444 Тм³. Этого при ежегодном потреблении 100 Гм³ природного газа хватило бы на 6 000 лет.

Таблица 3 – Некоторые месторождения газовых гидратов на шельфе*

Местоположение	Глубина воды, м	Интервал глубин залегания гидратов, м	Глубина до BSR*, м	Депрессия для разложения, бар	Температура, °С
Нанкай-1	945	1141 ... 1210	1210	45	11
Каньон Миссисипи в Мексиканском заливе	1330	1365 ... 1470	–	115	7
Блек Райдж-1	2790	2990 ... 3220	3220	200	11
Гватемала-2	1720	1870 ... 2120	–	125	9,5
Мексико-1	1770	1950 ... 2170	2540	125	7
Мексико-3	1950	2050 ... 2212	2750	130	7,2
Гватемала-3	2000	2450 ... 2500	2500	27	18
Черное море	2020	2030 ... 2040	–	160	4
Гватемала-1	2400	2750 ... 2800	–	125	15,6
Буш Хилл	2420	2440 ... 2480	–	95	4
Японское море	2600	2600 ... 2650	2650	95	17
Мексико-2	2900	3000 ... 3077	3700	250	5,2
Коста-Рика	3100	3400 ... 3439	–	260	10
Блейк Райдж-2	3500	3600 ... 3700	3700	20	22
Перу-Чили-2	3900	3950 ... 4000	4300	305	10
Нанкай-2	4700	4800 ... 4870	–	415	4
Перу-Чили-1	5070	5200 ... 5260	5700	430	6,5

*/ BSR – глубина сейсмоотражающего горизонта (журнал Oil & Gas Journal, v. 103, 2002, № 9, pp. 43 – 46).

Библиографический список

1. Некрасов Б. В. Курс общей химии / Б. В. Некрасов. – М.: Госхимиздат, 1962. – 976 с.
2. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 344 с.
3. Федоренко Г. М. Газ – планетарно-стратегический энергоноситель XXI столетия / Г. М. Федоренко // Новини енергетики. – 2002. – № 3. – с. 37 – 47.
4. Шнюков Е. Ф. К природе газогидратов и нефти / Е. Ф. Шнюков, Дж. Ф. Кенни, В. А. Краюшкин // Доповіді Національної академії наук України. – 2002. – № 12. – С. 103 – 107.
5. Шнюков Е. Ф. Газа – море! Чем бы зачерпнуть? / Е. Ф. Шнюков. – Газета 2000, 09.07.2010, с. G4.
6. Яковлев А. И. Методы получения водорода и водородсодержащих энергоносителей: учеб. пособие / А. И. Яковлев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "ХАИ", 2008. – 66 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛАМП «REVOLUM»

А. В. Сапрыка, к.т.н., доц.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Проблема энергосбережения стала одной из актуальнейших проблем на современном этапе развития энергетики многих стран. Необходимость бережного отношения к природным ресурсам и к охране окружающей среды, а также к проблеме экономного расхода электроэнергии делает работу топливно-энергетического комплекса с каждым годом все более напряженным. Но не только экономический здравый смысл, а и ужесточение директив ЕС и стран СНГ усиливают давление на потребителей с целью перехода на энергосберегающие технологии.

В настоящее время парк светильников с люминесцентными лампами в Украине составляет свыше 70 миллионов шт. Основными местами применения осветительных приборов с люминесцентными лампами в настоящее время являются: заводские цеха, офисы, железнодорожные вокзалы, метро, подземные автостоянки, гостиницы, складские помещения, универмаги, супермаркеты, школы, учебные и проектные институты, больницы и т.п. При этом значительную часть люминесцентных ламп устанавливают в устаревшие осветительные системы с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами. Модернизация осветительного комплекса энергосберегающими люминесцентными лампами позволит сделать качественный скачок в современные технологии света и одновременно сэкономить от 40% до 70% электроэнергии [1- 4].

На современном этапе необходимо признать, что импортные лампы могут быть не всегда высокого качества, что в значительной мере может дискредитировать идею энергосбережения, так как поступающие люминесцентные лампы со встроенными пускорегулирующими аппаратами часто демонстрируют очень низкие коэффициенты мощности и очень высокие уровни полного коэффициента гармоник, вследствие чего эти лампы создают серьезные проблемы для качества электроэнергии.

Основными требованиями к исследуемым источникам света являются надежность, большой срок службы, малое потребление электроэнергии и высокая эффективность преобразования энергии в излучение.

Преимущество ламп «Revolum» заключается в том, что можно без высоких затрат, путем простой замены старых ламп произвести модернизацию систем освещения.

Лампы «Revolum» изготавливаются в широком диапазоне цветности и мощности. Качество освещения и их эксплуатационная надежность возрастают за счет того, что лампа работает в высокочастотном режиме (32000 Гц), дает постоянный немерцающий свет и автоматически отключается в случае дефекта или по истечении срока службы [3,4].

Проверка на соответствие в Национальном научном центре «Институт метрологии» энергосберегающих ламп со встроенными пускорегулирующими аппаратами модели Revolum-T5 28W показала, что они соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.007.13-2000 и ГОСТ 21177-82.

Так как наиболее тяжелыми режимами для катодов разрядных ламп являются режимы пуска ламп, то нами были проведены исследования, которые позволили установить некоторые особенности пусковых режимов современных осветительных установок с лампами типа Revolum-T5 28W.

Исследования формы напряжения и тока в момент пуска лампы проводились при нормальных условиях окружающей среды на серийно выпускаемых образцах ламп «Revolux Services GmbH», Германия. Отклонение напряжения от номинального не превышало $\pm 1\text{В}$. Для измерений использовались микропроцессорные анализаторы токов и напряжений в электрических сетях «Ресурс-UF2» и анализатор режимов электрических сетей АнФАС. В момент включения наблюдаются импульсы тока, амплитудные значения которых, в 5-6 раз превышают значение тока в установившемся режиме.

Для определения количественных характеристик влияния на сеть были проведены исследования гармонического состава входных токов и напряжений энергосберегающих ламп Revolum® T5. Значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения составляет 3,4%, а спектральные характеристики входных токов исследуемых ламп составляют 14,5%, что практически не превышает ДСТУ ІЕС 61000-3-2, устанавливающим для светотехнической аппаратуры, предельные уровни высших гармоник, что свидетельствует о высоких эксплуатационных характеристиках исследуемых ламп.

Исследования проведенные на станции метро «Университет» показали, что после замены ламп L 58 W на лампы Revolum T5 освещенность объекта значительно возросла в 1,5-2 раза. Результаты замеров токов на щите освещения станции метро также подтверждают значительное снижения потребляемой мощности.

Проведенные исследования температуры на станциях метро подтвердили, что энергосберегающие люминесцентные лампы фирмы «Revolum» не будут способствовать повышению температуры (рис. 1).

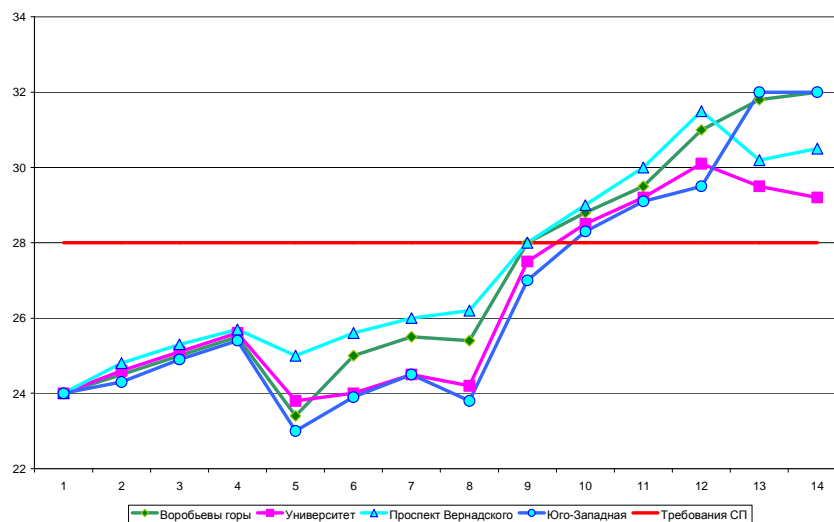


Рис. 1. График изменения температуры на станциях метро

Таким образом, применение энергосберегающих люминесцентных ламп фирмы «Revolum» не приведет к обострению проблемы качества электрической энергии в осветительных сетях метрополитена и не будет способствовать повышению температуры на станциях метро.

Применение энергосберегающих ламп Revolum T5 вместо ламп L 58 W позволит улучшить качество освещения на станциях, повысит уровень средней освещенности на объекте, а также значительно уменьшит потребляемую мощность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Знак, 2006. - 972 с.
2. Мазумдар С. Коэффициент мощности и гармонический анализ компактных люминесцентных ламп со встроеными ПРА./ Мазумдар С., Мандал Р., Мухерджи А., Сур А. // Светотехника. №1, 2010. С 32-35.
3. Сапрыка А.В. Современные технологии в осветительных системах мегаполиса. - Харків, ХНУРЕ, 2010г. -260 с.
4. www.revolum.de

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Муратова Е.Ю., Виноградов А.А., к. т. н., проф.

Белгородский государственный технологический университет им.

В.Г.Шухова, г. Белгород

Сегодня энергосберегающие технологии становятся все более и более актуальными. Экономия электроэнергии (энергосбережение) – задача, которая стоит не только перед крупными промышленными объектами, но и перед детскими садами, жилыми домами и т.д. Экономия электроэнергии дает возможность снизить собственные затраты и оказывать меньшее воздействие на окружающую среду.

Для рационального использования электроэнергии требуется обеспечить экономичные способы ее передачи, распределения и потребления с минимальными потерями. Для этого необходимо исключить из электрических сетей все факторы, приводящие к возникновению потерь. Одним из них является запаздывание фазы протекающего тока от напряжения при наличии индуктивной нагрузки, поскольку нагрузки в промышленных и бытовых электросетях носят обычно активно-индуктивный характер. Активная энергия преобразуется в полезную - механическую, тепловую и др. энергии.

Реактивная энергия не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание магнитных полей и создаёт дополнительную нагрузку на силовые линии питания, т.к. она распространяется по сети, не рассеиваясь в активных элементах, а совершая колебательные движения от нагрузки к генератору и обратно. Доля потребляемой реактивной мощности в сети, в зависимости от вида полезной нагрузки, может составлять от 10 до 50 % от полного тока нагрузки. Эти 10 - 50% электроэнергии и можно сэкономить, т.к. реактивная мощность наряду с активной мощностью учитывается поставщиком электроэнергии и подлежит оплате Потребителем по действующим тарифам.

Также, в электросетях часто возникают импульсы напряжения амплитудой от 1000 до 12000 В, эти импульсы имеют коммутационное и грозовое происхождение. Такие импульсы не измеряются и не контролируются в сети. Подобные импульсы по сети проходят к потребителям и приводят к выходу из строя дорогостоящей промышленной и бытовой техники и электроники.

Одним из основных вариантов экономии электроэнергии и повышения эффективности работы электроприборов и электроустановок является снижение потребляемой из сети реактивной мощности с одновременным повышением качества электроэнергии непосредственно в сетях потребителя.

Вопрос экономии электроэнергии многоплановый и нужен стратегический подход, для того чтобы максимально эффективно использовать все производственные мощности при минимально возможных энергетических затратах. Подход к экономии электроэнергии основан на использовании энергосберегающих технологий, которые призваны уменьшить потери электроэнергии. Существует немало устройств, которые

позволяют добиться уменьшения потерь при работе оборудования, основными из которых являются конденсаторные установки и частотно-регулируемые приводы.

Еще раз напомним, что именно экономия электроэнергии является главной статьей по снижению себестоимости на производственных предприятиях, именно за счет этого резерва себестоимость изделия можно существенно снизить.

Конечно, в этом случае речь идет не о выкручивании лампочек и не о работе в полутемных цехах, а о рациональном использовании электроэнергии.

Именно рациональное её использование дает существенную экономию на производстве. Однако это мероприятие требует, прежде всего, организованности, как от работников, так и хозяев помещений.

Как можно экономить на электроэнергии? В первую очередь приходит мысль о том, что нужно везде и все выключать и меньше пользоваться электроприборам. Это проверенный и пропагандируемый способ экономии, который может быть осмеян людьми, которые привыкли, ни в чем себя не ущемляя. Но за последнее время технологии шагнули вперед, и появилось множество других способов сокращения платы за электроэнергию, не требующих радикальных жертв от любителей комфортной жизни.

Экономия электроэнергии за счет энергосберегающих ламп.

Заменить лампы во всем доме на энергосберегающие обойдется вам недешево, и вы можете возмутиться: «А где же тут экономия?». Но подумайте вот о чем: энергии такие лампы потребляют раз в пять меньше, а окупится мероприятие уже через год-полтора. Если еще учесть, что энергосберегающие лампы можно эксплуатировать дольше обычных (примерно в 8 раз), экономия становится очевидной.

Экономия электроэнергии при использовании бытовой техники и аппаратуры.

Стиральную машину используйте тогда, у вас накопилось достаточно стирки для ее полной загрузки. Если собираетесь покупать стиральную машину, выбирайте класс А - она экономичнее по энергозатратам. Это касается и остальной техники. На кухне экономия заключается в рациональном использовании современной техники (электроплита, холодильник, электрочайник и т.д.). Так, если у вас газовая плита, вы можете спокойно обойтись без микроволновой печи и электрочайника, тостера, которые, к тому же и дополнительное место занимают. Холодильник открывайте только тогда, когда вы точно знаете, что хотите там взять, а то пока вы находитесь в раздумьях, он работает вместо кондиционера. Не ставьте в холодильник ничего горячего и не устанавливайте его в местах, где он будет находиться под воздействием прямых солнечных лучей. Если у вас электрическая печь, то придерживайтесь следующих рекомендаций:

- диаметр кастрюли должен соответствовать диаметру конфорки;
- плотно закрывайте крышку на кастрюле;

- если выключить плиту чуть раньше, чем приготовится блюдо, то это позволит сэкономить, а еда «дойдет» на остаточном тепле;
- не пользуйтесь посудой с неровным дном; то же самое касается и поверхности конфорки – если есть неровности, лучше ее заменить на новую;
- если нужно накипятить немного воды, лучше использовать электрочайник;
- электрическую духовку экономнее использовать полностью заполненной.

Экономия электроэнергии: небольшие хитрости.

Если выключить электрическую плиту чуть раньше, чем приготовится блюдо, то это позволит сэкономить, а еда «дойдет» на остаточном тепле.

При глажке отключайте утюг заранее и используйте остаточную тепловую энергию.

Также поможет сэкономить гладильная доска с теплоотражателем.

Светлые тона в интерьере и плафонах ламп потребуют менее мощного освещения.

Выключайте приборы из сети по окончании работы – даже в ждущем режиме они используют энергию.

Попробуйте и вы экономить электроэнергию, и вы поймете, что это очень просто и выгодно.

LED СВЕТИЛЬНИКИ

Виноградов А.А., к. т. н., проф., Ворнава И. Е.

Белгородский государственный технологический университет им.

В.Г.Шухова, г. Белгород

Еще в 1907 году было впервые отмечено слабое свечение, испускаемое карбидокремниевыми кристаллами вследствие неизвестных тогда электронных превращений. В 1923 году наш соотечественник, сотрудник Нижегородской радио-лаборатории Олег Лосев отмечал это явление во время проводимых им радиотехнических исследований с полупроводниковыми детекторами. Через пять лет Лосев специально занялся исследованиями этого эффекта и продолжал их почти до конца жизни. И уже после создания теории р-п-перехода (основы всех полупроводников) стала понятна природа свечения. В 1962 году американец Ник Холоньяк продемонстрировал работу первого светодиода, а вскоре после этого сообщил о начале полупромышленного выпуска светодиодов. Светодиод (англ. light emission diode – LED) является полупроводниковым прибором, его активная часть, называемая «кристалл» или «чип», как и у обычных диодов состоит из двух типов полупроводника – с электронной (п-типа) и с дырочной (р-типа) проводимостью. В отличие же от обычного диода в светодиоде на границе полупроводников разного типа существует определенный энергетический барьер, препятствующий рекомбинации электронно-дырочных пар. Но не всякий р-п-переход излучает свет. Во-первых, ширина запрещенной зоны в

активной области светодиода должна быть близка к энергии квантов света видимого диапазона. Во-вторых, вероятность излучения при рекомбинации электронно-дырочных пар должна быть высокой, для чего полупроводниковый кристалл должен содержать мало дефектов, из-за которых рекомбинация происходит без излучения. Эти условия в той или иной степени противоречат друг другу. Основные современные материалы, используемые в кристаллах светодиодов:

- InGaN - синие, зеленые и ультрафиолетовые светодиоды высокой яркости;
- AlGaInP - желтые, оранжевые и красные светодиоды высокой яркости;
- AlGaAs - красные и инфракрасные светодиоды;
- GaP - желтые и зеленые светодиоды.

Срок службы напрямую зависит от типа светодиода, подаваемого на него тока, охлаждения кристалла (chip) светодиода, состава и качества кристалла, компоновки и сборки в целом. Считается, что светодиоды исключительно долговечны. Но это не совсем так. Чем больший ток пропускается через светодиод в процессе его службы, тем выше его температура и тем быстрее наступает старение, которое выражается в первую очередь в уменьшении яркости. Когда яркость снижается на 30% или наполовину, светодиод надо менять. Бытует мнение, что светодиоды практически не греются. Так почему светодиодным приборам нужен теплоотвод и что будет, если теплоотвода нет? Светодиоды производят тепло в полупроводниковом переходе. И чем мощнее LED, тем больше тепла. И если не происходит его отвод, полупроводниковый переход перегревается, отчего изменяются характеристики кристалла, и через некоторое время светодиод может выйти из строя. Так что очень важно строго контролировать количество тепла и обеспечивать эффективный теплоотвод.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

М.Н. Нестеров, к.т.н., проф, Д.А. Данилов

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова,*

В настоящее время энергосбережение - одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Экономия энергии - это эффективное использование энергоресурсов за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни. Это определение было сформулировано на Международной энергетической конференции (МИРЭК) ООН.

Энергоемкость ВВП России в несколько раз превышает уровень стран Западной Европы и США, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на конкурентоспособности российского бизнеса на мировом рынке. Более трети всех энергоресурсов страны расходуется на отопление зданий. Без минимизации непродуктивных потерь тепла перечисленные энергосберегающие меры будут малоэффективны.

Используемые энерго-сберегающие технологии в системах потребления тепла дают одинаковый эффект независимо от того, централизованная или автономная система теплоснабжения (спор о целесообразности применения этих систем за последнее время разгорается все с большей силой).

Структура потребления тепла на отопление и вентиляцию



Структура потребления тепла на горячее водоснабжение

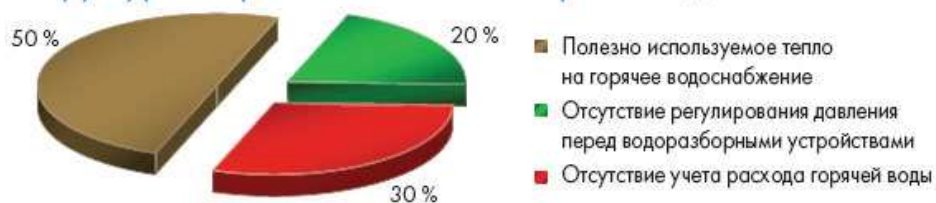


Рис 1 Структура потерь при потреблении тепла в жилых домах

Анализ структуры потерь при потреблении тепла в жилых домах (рис. 1) позволяет определить основные пути решения проблемы энергосбережения на этапе потребления:

- применение горизонтальной поквартирной разводки системы отопления с индивидуальным управлением и учетом потребляемой тепловой энергии для нового строительства и установки регистраторов тепла для существующего жилого фонда;
- разработка и внедрение энергоэффективной схемы приточно-вытяжной вентиляции для зданий с повышенной герметизацией ограждающих конструкций, обеспечивающей комфортность проживания, защиту и сохранность строительных конструкций от повышенной влажности;
- переход от мощных центральных тепловых пунктов к использованию автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в каждом здании с количественно-качественным регулированием потребления тепла в зависимости от температуры наружного воздуха и переходом на внутридомовой температурный график 80–60 °С с целью возможности применения пластиковых труб в системах отопления и горячего водоснабжения;

- использование современных строительных материалов и технологий, таких как возведение ограждающих конструкций методом несъемной опалубки, повышение теплоизоляционных свойств фасадов, установка оконных конструкций повышенной герметичности и т. д., позволяющих значительно снизить потери тепла через ограждающие конструкции и окна.

Хороший энергосберегающий эффект дают новейшие котельные, где применение новых энергоносителей позволяет снизить затраты на обслуживание и существенно повысить КПД, а также перейти на использование более дешевого и экологичного топлива. При проектировании систем вентиляции применяют системы рекуперации (утилизации для повторного использования) тепла отработанного воздуха и переменной производительности приточно-вытяжных агрегатов в зависимости от числа людей в здании.

В будущем, по прогнозам специалистов, большую популярность приобретут энергосберегающие дома, в которых комфортная температура поддерживается зимой без применения систем отопления, а летом — без систем кондиционирования. Первые такие дома уже появились в некоторых городах России.

В условиях все более возрастающего дефицита основных энергоресурсов, повышающейся стоимости их добычи и современных экологических проблем внедрение энергосберегающих инновационных технологий является необходимым условием успешного развития экономики и сохранения окружающей среды. Также технологии энергосбережения решают многие проблемы в сфере ЖКХ и повышают эффективность производства.

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

Виноградов А.А., к. т. н., проф., Найдуква Н. И.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г.Шухова*

Биогазовые установки – это комплексное решение утилизации отходов пищевой промышленности, агропромышленного комплекса, производство тепловой, электрической энергии и удобрений.

Биогазовая установка производит целый спектр дорогих и важных продуктов без ущерба экологии:

- **Тепло.** От охлаждения генератора или от сжигания биогаза. Полученное тепло используют для обогрева помещений.
- **Электричество.** Из 1 м³ биогаза можно выработать около 2 кВт электроэнергии.
- **Биогаз.** Биогаз можно сжимать, накапливать, перекачивать излишки, продавать. Существуют модели автомобилей, которые используют в качестве топлива газ. Эти машины могут без дополнительной адаптации заправляться биометаном. Сейчас появляются первые заправочные биогазовые станции. В Швеции и Швейцарии биометан уже долгое время используется в городских

автобусах (Volvo, Skania) и грузовых машинах.

- **Удобрения.** Удобрения, получаемые в виде переброженной массы являются экологически чистыми, жидкими удобрениями, лишенными нитритов, семян сорняков, болезнетворной микрофлоры, специфических запахов. Расход таких удобрений составляет 1-5 т вместо 60 т необработанного навоза для обработки 1 га земли. В полученное удобрение могут добавляться фосфорные, калийные или другие удобрения, в зависимости от культуры, под которые будут использоваться удобрения. Испытания показывают увеличение урожайности в 2-4 раза.

- **Утилизация органических отходов.** Биогазовые установки могут устанавливаться как очистные сооружения на фермах, птицефабриках, спиртовых заводах, сахарных заводах, мясокомбинатах, что повышает санитарно-гигиеническое состояние этих предприятий.

- **Решение экологических проблем.** Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу, снизить применение химических удобрений, сократить нагрузку на грунтовые воды.

В настоящее время в Европе лидирующее положение по производству биогаза занимает Германия.

Причины роста рынка биогаза в РФ:

1. Сокращение российской газодобычи на 25 млрд. м³ в год из-за истощения основных месторождений;
2. Наступающий несмотря на снижение потребления на внутреннем и внешних рынках дефицит газа;
3. Увеличение стоимости добычи газа из-за увеличения доли дорогих в разработке месторождений;
4. Снижение поставок газа по выгодным экспортным контрактам, которые служили основным источником поддержания низких цен на газ на внутреннем рынке.

Выгоды использования биогазовых установок:

Экономические – развитие биогазовой энергетики способно принести существенные экономические выгоды всем заинтересованным участникам сельскохозяйственного и энергетического рынков;

Экологические – биогазовые проекты решают проблемы утилизации сельскохозяйственных отходов и ТБО, а также напрямую (за счет переработки) и косвенно (за счет замещения углеводородов в энергобалансе) сокращают выбросы в атмосферу парниковых газов – метана и CO₂;

Социальные – как показывают исследования, проведенные Европейской комиссией, развитие биогазовой энергетики решает проблемы занятости в сельских районах и повышает реальные доходы населения. Кроме этого, внедрение биогазовых технологий способствует развитию энергетической инфраструктуры села, что положительно сказывается на уровне жизни сельского населения;

Энергетические – суммарный энергетический потенциал отходов АПК РФ достигает 81 млн. тунт. Если весь биогаз будет перерабатываться на когенерационных установках, это позволит на 23% обеспечить суммарные

потребности экономики в электроэнергии, на 15% в тепловой энергии и на 14% в природном газе или же полностью обеспечить сельские районы доступом к природному газу и тепловой мощности.

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА СКОРОСТИ ВЕТРА И ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ВЕТРОТУРБИНЫ USW56-100

В.И. Буяльский

Севастопольский национальный технический университет

Предложенный метод принятия управляющих решений позволяет своевременно подготовить систему для прогнозируемых значений скорости ветра и мощности потребляемой электроэнергии, и основывается на оценке времени включения двигателя привода в соответствии с изменением внешних возмущений.

Целью данной работы является описание метода оперативного прогноза метеорологических и электроэнергетических условий для ветроустановок.

Метод Чебышева является наиболее апробированным математическим аппаратом для прогнозирования значений случайных процессов в гидрометеорологии, который реализует подход к их анализу посредством разложения в ряд по полиномам. Осуществляемое разложение случайных процессов в ряд по полиномам Чебышева аппроксимирует кривую процесса с большей точностью, формируя ее таким образом, чтобы обеспечить минимальные отклонения от исходного процесса на всем интервале измерений.

Мощность потребляемой энергии, как и скорость ветра, является случайной величиной. Таким образом, предложенный метод прогноза скорости ветра может быть использован в упреждении изменения потребляемой мощности.

Метод управления ветротурбиной не несет в себе характера контроля выходных, управляемых параметров, информация о которых должна быть объективной, так как принятие управляющих воздействий зависит от их текущего значения. Для решения данной задачи выполнено описание алгоритма согласованного взаимодействия предложенного и существующего методов принятия управляющих решений.

Предложенный метод прогнозирования внешних возмущений состоит в том, что при измеренных на некотором промежутке времени $[\alpha, \tau]$ реализациях случайного процесса $\gamma(\tau)$, решение задачи прогнозирования процесса на некоторый интервал упреждения $\Delta t > 0$ – нахождения реализации процесса в момент времени $\tau + \Delta t = t_1$. Так как Δt — интервал упреждения, следовательно, расстояние между замерами τ состоит Δt .

По результатам описания метода оперативного прогноза метеорологических и электроэнергетических условий для ветроустановки можно сделать вывод, что точность прогнозирования внешних возмущений не выйдет за пределы допустимой ошибки, а время контроля выходных, управляемых параметров является оптимальным.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВОК

В.В. Гребеников, к.т.н., Р.Р. Гамалея, М.В. Прыймак

Институт электродинамики НАН Украины, г. Киев

Развитию нетрадиционной энергетики последнее время уделяется пристальное внимание во всем мире. Одним из перспективных направлений развития возобновляемой энергетики для энергоснабжения фермерских хозяйств и загородных домов является ветроэнергетика. Поскольку частота вращения ветроротора у большинства ветроустановок мощностью до 5 кВт составляет 100...400 об/мин., то применяются тихоходные многополюсные электрогенераторы на постоянных магнитах (ПМ), которые обладают рядом преимуществ перед другими типами электрогенераторов.

Целью данной работы является численное моделирование магнитного поля и определение тормозного электромагнитного момента, действующего при нагрузке на ротор электрогенератора, а также моделирование переходных динамических процессов и экспериментальные исследования физической модели электрогенератора.

По результатам расчета магнитостатики был изготовлен электрогенератор для ветроустановки с вертикальной осью вращения. При испытаниях электрогенератора в качестве приводного двигателя использовался двигатель постоянного тока.

Анализируя внешние характеристики электрогенератора при активной нагрузке следует отметить, что при изменении тока нагрузки от 0 до I_n падение напряжения при скорости 340 об/мин. Составляет 21,5, что соответствует стандартным генераторам с электромагнитным возбуждением. Моделирование динамических переходных процессов электрогенератора при различных типах нагрузки показало хорошее совпадение с экспериментальными данными.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

А.С. Захарчук, д.т.н., И.А. Захарчук

Восточноукраинский национальный университет г. Луганск

На большинстве тепловизоров регулирование температурного режима дизелей осуществляется релейным способом посредством включения и отключения асинхронных мотор-вентиляторов (АМВ). Это относится к отечественным тепловизорам типа 2ТЭ116У мощностью 2200 кВт в секции. При релейном регулировании имеют место: колебания температуры теплоносителей; тяжелые условия пуска мотор-вентиляторов; значительный расход мощности на привод вентиляторов. Для повышения экономичности системы охлаждения дизеля целесообразно применить непрерывное регулирование частоты вращения асинхронных мотор-вентиляторов. Это

объясняется тем, что объем воздуха, который подается мотор-вентилятором на охлаждение дизеля зависит в первой степени от частоты вращения, а мощность мотор-вентилятора — в третьей степени. В связи с этим разработка систем непрерывного регулирования расхода воздуха для охлаждения дизеля весьма актуальна для локомотивостроения.

Анализ работы тягового агрегата А721 для тепловоза 2ТЭ116У в режиме тяги определил область изменения фазного напряжения на выходе генератора энергоснабжения для регулирования частоты вращения асинхронных мотор-вентиляторов изменением напряжения на обмотке статора.

Питание мотор-вентилятора от генератора энергоснабжения тепловоза (ГЭТ) дает возможность регулировать частоту вращения АМВ изменением напряжения ГЭТ, не ограничивая при этом тяговые режимы тепловоза, так как ГЭТ является также возбудителем тягового генератора. Это дает преимущество перед частотным и фазовым регулированием, поскольку отсутствуют силовые преобразователи частоты и напряжения, что значительно упрощает и удешевляет привод вентиляторов, а также повышает надежность работы системы охлаждения дизеля из-за отсутствия силовой электроники при тяжелых условиях работы на тепловозе в эксплуатации.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАКОНАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

А.Н. Петренко

«СКБ Укрэлектромаш»

Н.Я. Петренко, к.т.н., В.Ю. Танянский

НТУ «ХПИ»

Постоянный рост цен на энергетические ресурсы оказывает существенное влияние на себестоимость продукции. Их удельный вес составляет 30-50%, что превышает аналогичные показатели иностранных фирм и приводит к неконкурентоспособности продукции на рынке. Одним из эффективных способов улучшения технико-экономических показателей электроприводов является замена нерегулируемых электроприводов регулируемыми. Это позволяет расширить механизацию и автоматизацию производства, усовершенствовать существующие и разработать новые технологические процессы, повысить конкурентоспособность продукции.

В эксплуатации используются электропривода на базе частотно-управляемых асинхронных двигателей (ЧУАД), которые питаются напряжением ступенчатой формы от полупроводникового частотного преобразователя с автономным инвертором (ППЧ с АИН). Несинусоидальность напряжения при частотном регулировании АД приводит к возникновению дополнительных потерь мощности в обмотках и магнитопроводе от высших гармоник тока и магнитного поля.

Анализ результатов расчета дополнительных потерь мощности ЧУАД

при питании от ППЧ с АИН со ступенчатой формой питающего напряжения показывает, что возникают все составляющие основных и дополнительных потерь мощности.

Значение дополнительных электрических потерь зависят от закона и коэффициента регулирования и не зависят от нагрузки двигателя.

Суммарные дополнительные потери от высших гармоник тока и потока составляют 8-17% от суммы основных потерь. Дополнительные электрические потери существенно уменьшаются за счет ослабления эффекта вытеснения тока и изменения геометрии зубцовой зоны ротора с учетом ограничений по величине индукции в зубцах ротора и площади сечения стержня.

Для исследования двигателя АИР160S4 изменение геометрии зубцовой зоны ротора позволило уменьшить электрические потери в роторе при питании от ППЧ с АИН и $\alpha = 1$ на 29,2%, при этом высота паза уменьшилась с 31 мм до 25, диаметр верхней и нижней частей паза увеличился с 7,4 мм до 8,22 и с 3,5 мм до 5,31 мм соответственно.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ГРАФИТАЦИИ

Д.С. Ярымбаш, к.т.н.

Севастопольский национальный технический университет

С.Т. Ярымбаш, к.т.н., И.М. Килимник, к.т.н.

Запорожский национальный технический университет

Короткая сеть (КС) электротехнического комплекса графитации (ЭТКГ) обеспечивает передачу сверхвысоких мощностей между питающими, компенсационными трансформаторами и печами графитации. Параметры КС в значительной мере определяют энергетические и технико-экономические показатели работы ЭТКГ. Рост мощности ЭТКГ обуславливает разработку новых или модернизацию действующих КС. Это требует повышения точности расчетов электрических параметров и эффективных методик проектирования, что актуально в научном и практическом плане.

Целью работы является идентификация добавочных потерь на основе математических моделей электромагнитного поля для различных вариантов конструктивного исполнения главных шинных пакетов (ГШП), отличающихся допустимыми длительными токовыми нагрузками, размерами и числом шин в пакете.

Расчет векторного магнитного потенциала реализовывался методом конечных элементов для однородных условий на внешних границах расчетной области и условий сопряжения на смежных границах токопроводящих и электроизоляционных подбластей. Это позволило установить пространственные распределения составляющих магнитной индукции, плотности вихревых токов и удельных потерь в шинах для рекомендованных ПУЭ конструктивных исполнений ГШП, допустимых

длительных токов и температурных режимов работы.

Для уточненной оценки влияния дополнительных потерь на электрические параметры ГПП применялся эффективный коэффициент добавочных потерь, который определялся отношением полных активных потерь к основным электрическим потерям на единицу длины ГПП. Выполнялась обработка расчетных данных методом полиномиальной регрессии, которая позволила получить функциональную зависимость коэффициента добавочных потерь от числа параллельных шин в пакете и их высоты. При этом относительная погрешность расчетов с использованием уравнения регрессии не превысила 0,35 %.

Таким образом, идентификация эффективного коэффициента добавочных потерь на основе двухпараметрической полиномиальной регрессии и данных математического моделирования электромагнитного поля позволяет повысить точность расчета добавочных потерь, минимизировать требования к вычислительным ресурсам и затратам времени. Применение для ГПП ЭТКГ шихтованных шинных пакетов с большим числом параллельных шин меньшей высоты обеспечивает снижение потерь в ГПП на 15..35% и улучшение энергоэффективности.

УГОЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

П.М. Канило, д.т.н.

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины

В.А.Маляренко, д.т.н.

Харківська національна академія міського господарства

Рассмотрены удельные интегральные показатели экологохимической опасности энергетических установок при сжигании органических топлив. Излагаются результаты комплексного исследования содержания канцерогенных веществ (включая и тяжелые металлы) в дымовых газах, сточных водах и золе энергоблоков угольной ТЭС при использовании мазутной и газовой подсветки.

Розглянуто питомі інтегральні показники екологіхімічної небезпеки енергетичних установок при спалюванні органічних палив. Викладаються результати комплексного дослідження вмісту канцерогенних речовин (включаючи і важкі метали) у димових газах, стічних водах і золі енергоблоків вугільної ТЕС при використанні мазутного та газового підсвічування.

Введение

Во всем мире около 80% тепловой и электрической энергии вырабатывают на основе сжигания ископаемых органических топлив и преобразования их химической энергии в тепловую и электрическую. Известно, что объекты теплоэнергетики являются определяющими в потреблении воды и кислорода, а также в тепловом загрязнении ОС. С продуктами сжигания топлив выбрасываются (от общего количества): ~ 30 %

твердых аэрозольных частиц, ~ 60 % оксидов серы (SO₂) и азота (NO_x), а также основная доля CO₂ как определяющего фактора возникновения "парникового эффекта", приводящего к потеплению климата. В энергетике Украины широко используются низкосортные топлива, характеризующиеся низкой реакционной способностью, низкой теплотой сгорания и высокой зольностью. Это ведет к ухудшению экономичности электрических станций вследствие понижения их эффективной мощности и увеличения расхода высококалорийных топлив (природного газа и мазута) для покрытия тепловых нагрузок.

Анализ экологохимической опасности энергетических установок

Потенциал электроэнергетики Украины на начало XXI ст. составил 44 мощных ТЭС, 7 ГЭС и 5 АЭС (табл.1).

Удельные показатели выбросов вредных веществ с дымовыми газами (ДГ) ТЭС и отработавшими газами (ОГ) газотурбинных установок (ГТУ) при использовании различных топлив приведены в табл. 2 – 5 [1 – 3].

Таблица 1. Техничко-экономические показатели работы энергетики Украины

Тип электростанции	Установленная мощность		Производство электрической энергии	
	млн. кВт	доля, %	млн. кВт·ч	доля, %
ТЭС	36,4	67,5	33,98	39,1
ГЭС	4,7	8,7	9,73	11,2
АЭС	12,8	23,8	40,76	46,9
Другие источники энергии			2,43	2,8
Всего	53,9	100	86,9	100

Таблица 2. Удельные показатели загрязнения атмосферы (г/кВт·ч) от сжигания органических топлив (по данным Международного института прикладного системного анализа, г. Вена)

Выбросы	Вид топлива			
	каменный уголь	бурый уголь	мазут	природный газ
SO ₂	6,0	7,7	7,4	0,002
NO _x	2,8	3,4	2,4	1,9
Твердые частички	1,4	2,7	0,7	–
Фтористые соединения	0,05	1,11	0,004	–

Таблица 3. Валовые выбросы (тыс. т/год) и расход топлива на ТЭС мощностью 1000 МВт [2]

Выбросы	Вид и годовой <i>расход</i> топлива		
	природный газ (1,9 · 10 ⁹ м ³)	мазут (1,57 · 10 ⁶ т)	уголь (2,3 · 10 ⁶ т)
SO ₂	0,012	52,7	139,0
NO _x	12,0	22,0	21,0
CO	Незначительное	0,08	0,21
Твердые частицы	0,46	0,73	4,49
Гидрокарбонаты	Незначительное	0,67	0,52

Таблица 4. Параметры токсичности дымовых газов энергоустановок с котлоагрегатами и паровыми турбинами

Параметр	Тип котлоагрегата		
	ТП-100	ТПП-210	ТПП-210
Вид топлива	Уголь с мазутной подсветкой	Уголь с газовой подсветкой	Природный газ
$\bar{N}_{эл}$	1	1	1
α_{\square}	2,13	1,89	1,49
$C_{NO_x}, \text{мг/м}^3$	555	627	664
$C_{SO_2}, \text{мг/м}^3$	2315	1670	следы
$C_{БП}, \text{мг/м}^3$	$0,16 \cdot 10^{-3}$	$0,12 \cdot 10^{-3}$	следы
$(\overline{\text{ЭХО}}_{NO_x}), \%$	21	29	100
$(\overline{\text{ЭХО}}_{SO_2}), \%$	78	70,5	–
$(\overline{\text{ЭХО}}_{БП})^*, \%$	1.0	0,5	–
$\sum (\overline{\text{ЭХО}}_i)_j \cdot 10^{-3}$	~ 48	~ 39	~ 12
K_j	~ 2,3	~ 1,5	~ 1,7

* – Основная доля канцерогенных веществ и тяжелых металлов уносится со шлаком и с золой, смываемой с электрофильтров. Нормативные данные:

$$[NO_x]_{ТП-100} = 600;$$

$$[NO_x]_{ТПП-210} = 750;$$

$$[NO_x]_{ТПП-210(\text{природный газ})} = 390 \text{ мг/нм}^3.$$

Таблица 5. Параметры токсичности ОГ энергетических ГТУ

Параметр	Тип ГТУ							
	ГТ-100-750				ГТ-35-770			
Вид топлива	Газотурбинное ($S^P=1,0 \%$)				Природный газ			
$\bar{N}_{э}$	0	1	0	1	0	1	0	1
L_{\square}	7,0	4,0	8,0	4,5	8,5	4,5	9,0	5,5
$C_{NO_x}, \text{мг/м}^3$	100	300	70	170	60	170	40	220
$C_{SO_2}, \text{мг/м}^3$	292	511	250	445	–	–	–	–
$C_{БП}, \text{мкг/м}^3$	0,83	0,4	0,15	0,08	–	–	–	–
$C_{Тч}, \text{мг/м}^3$	100	30	8,0	15,0	–	–	–	–
$C_{CO}, \text{мг/м}^3$	375	62	625	62,0	430	10	500	–
$(\overline{\text{ЭХО}}_{NO_x}), \%$	15	34	19	27	71	100	57	100
$(\overline{\text{ЭХО}}_{SO_2}), \%$	39	54	63	65	–	–	–	–
$(\overline{\text{ЭХО}}_{БП}), \%$	9	4	4	1,5	–	–	–	–
$(\overline{\text{ЭХО}}_{Тч}), \%$	34	8	5	6	–	–	–	–
$(\overline{\text{ЭХО}}_{CO}), \%$	3	–	9	0,5	29	–	43	–
$\sum (\overline{\text{ЭХО}}_i)_j \cdot 10^{-3}$	~12	~15	~6	~11	~1,5	~3	~1,2	~4
K_j		~2,7		~2		~1,1		~1,5

При обобщении приведенных выше данных предложены удельные интегральные показатели экологохимической опасности (ЭХО) энергетических установок

$$(\text{ЭХО}_i)_j = A_i \cdot C_i,$$

$$\sum (\text{ЭХО}_i)_j = \left\{ \sum A_i \cdot C_i \right\},$$

$$(\overline{\text{ЭХО}_i})_j = 100 \cdot \left\{ \frac{(\text{ЭХО}_i)_j}{\sum (\text{ЭХО}_i)_j} \right\}, \%,$$

где A_i, C_i – соответственно относительный показатель уровня токсичности и концентрация ($\text{мг}/\text{нм}^3$) i -го вредного ингредиента в ДГ и ОГ ($A_{\text{NO}} = 15,0$; $A_{\text{NO}_2} = 41,5$; $A_{\text{SO}_2} = 16,4$; $A_{\text{ТЧ(сажа)}} = 41,5$; $A_{\text{БП}} = 12,6 \cdot 10^5$; $A_{\text{CO}} = 1,0$ [2]); $\sum A_i \cdot [C_i]$ – допускаемые в настоящее время условно нормативные (технологические) уровни токсичности ДГ или ОГ.

Так как суммарный уровень токсичности ДГ и ОГ энергоустановок при работе на номинальном режиме в основном определяется концентрациями NO_x ($0,9\text{NO} + 0,1\text{NO}_2$) и SO_2 , то $A_{\text{NO}_x} = (0,9 \cdot A_{\text{NO}} + 0,1 \cdot A_{\text{NO}_2}) = 17,7$.

Таким образом

$$\sum (\text{ЭХО}_i)_j = 17,7 \cdot C_{\text{NO}_x} + 16,4 \cdot C_{\text{SO}_2},$$

$$\text{а } \sum [\text{ЭХО}_i]_j = 17,65 \cdot [C_{\text{NO}_x}] + 16,4 \cdot [C_{\text{SO}_2}].$$

Учитывая, что относительные показатели уровней токсичности ДГ или ОГ энергоустановок ($A_{(\text{NO} + \text{NO}_2)}$ и A_{SO_2}) практически одинаковы, можно принять $[C_{\text{NO}_x}] = [C_{\text{SO}_2}]$. Тогда можем определить уровень превышения токсичности ДГ или ОГ энергоустановок относительно принятых (предложенных) нормативных уровней

$$K_j = \frac{A_{\text{NO}_x} \cdot C_{\text{NO}_x} + A_{\text{SO}_x} \cdot C_{\text{SO}_2}}{A_{\text{NO}_x} \cdot [C_{\text{NO}_x}] + A_{\text{SO}_x} \cdot [C_{\text{SO}_2}]}$$

В странах СНГ для котлоагрегатов нормы $[\text{ПДК}_{\text{NO}_x}]$ устанавливаются исходя из концентрации кислорода в ДГ, и они зависят от категории котлов и вида топлив (табл. 6) [2].

Таблица 6. Нормы $[\text{ПДК}_{\text{NO}_x}]$ ($\text{мг}/\text{м}^3$) в дымовых газах котлоагрегатов (для стран СНГ, при $\alpha = 1,4$)

Вид топлива	Котлы I-й категории		Котлы высшей категории	
	Паровая мощность, т/ч			
	≤ 420	> 420	≤ 420	> 420
Природный газ	320	390	300	350
Мазут	340	440	300	350
Бурый уголь и сланцы	550	550	500	500
Каменный уголь	600	750	500	500

Для современных ГТУ нормы $[\text{ПДК}_{\text{NO}_x}]$ в ОГ составляют $150 \text{ мг}/\text{м}^3$ (при содержании в них кислорода на уровне 15%).

Из представленных данных следует:

– при работе ТЭС на угле определяющими вредными ингредиентами в ДГ являются SO_2 и NO_x , а при работе на природном газе – NO_x ; суммарная экологохимическая опасность ДГ при работе на природном газе примерно в 4

раза ниже, чем при работе на угле; рассмотренные блоки ТЭС примерно в два раза превышают установленные нормативные (технологические) требования к токсичности ДГ; основная доля канцерогенных веществ и тяжелых металлов уносится со шлаком и с золой, смываемой с электрофильтров;

– при работе ГТУ на газотурбинном топливе определяющими вредными ингредиентами в ОГ являются SO_2 и NO_x , а при работе на природном газе – NO_x ; суммарная экологохимическая опасность ГТУ при работе на природном газе примерно в 3 – 4 раза ниже, чем при работе на нефтяном газотурбинном топливе; рассмотренные ГТУ в 1,1 – 2,7 раза превышают установленные нормативные (технологические) требования к токсичности ОГ.

Исследование содержания канцерогенных веществ в выбросах энергоблоков угольной ТЭС

Особо вредными для человека ингредиентами, выбрасываемыми с ДГ угольных ТЭС, являются: оксиды азота (NO_x) и серы (SO_2), мелкодисперсные аэрозоли, включающие золу, сажистые частицы, оксиды металлов и т.д., а также канцерогенные углеводороды. Причем канцерогенные углеводороды в значительной степени сорбируются на мелкодисперсных аэрозолях и могут накапливаться (как и тяжелые металлы) на значительных территориях вокруг ТЭС и в золоотвалах. Кроме того, в атмосфере под воздействием солнечной радиации из оксидов азота и канцерогенных углеводородов дополнительно могут синтезироваться нитроканцерогенные вещества, обладающие мутагенными свойствами и являющиеся предельно опасными для здоровья человека [1]. В международной практике в качестве индикатора присутствия канцерогенных веществ в атмосфере и продуктах сжигания топлив принят бенз(а)пирен (БП). Вышеизложенное определяет актуальность изучения ТЭС, работающих на угле с дополнительным использованием мазута или природного газа, как источников загрязнения атмосферного воздуха токсичными и канцерогенными веществами.

Были проведены комплексные исследования содержания токсичных и канцерогенных веществ (включая и тяжелые металлы) в ДГ, сточных водах и золе двух энергоблоков Змиевской ТЭС. Технические характеристики режимов их работы приведены в табл. 7.

Таблица 7. Основные технические характеристики энергоблоков

Номер энергоблока	Мощность, МВт	Расход острого пара, т/ч	Топливо	Тип золоуловителя
6	178	530	Уголь с МП	Скруббер
10Б	135	450	Уголь с ГП	Электрофильтр

Где МП – мазутная подсветка, ГП – газовая подсветка.

Определение NO_x и SO_2 производилось за дымососами с помощью газоанализатора TESTO-350. Определение бенз(а)пирена в дымовых газах и сточной воде проводилось спектрально-флуоресцентным методом, пятиокси ванадия (занимающего основную долю среди тяжелых металлов) – эмиссионным спектральным и фотометрическим методами.

С целью максимального улавливания БП из ДГ применялся отбор проб на аэрозольные фильтры типа АФА-РМА-20 (для улавливания аэрозолей) в сочетании с бензольными ловушками (для улавливания БП, находящегося в паровой фазе). Подготовка проб к анализу заключалась в извлечении БП из фильтров и проведении тонкослойной хроматографии. Количественный анализ БП в отобранных пробах проводился спектрально-флуоресцентным методом по квазилинейчатым спектрам люминисценции на спектрометре ДФС-12 методом добавок.

Результаты исследований уровней концентраций NO_x и SO_2 , БП и V_2O_5 в ДГ и сточной воде энергоблоков с мазутной и газовой подсветкой представлены в табл. 8 и 9.

Таблица 8. Концентрации токсичных и канцерогенных веществ в ДГ

Топливо	$\overline{\text{NO}}_x$ прив., мг/м ³	$\overline{\text{SO}}_2$ прив., мг/м ³	БП, мг/м ³	V_2O_5 , мг/м ³
Уголь с МП	844	3522	$(0,43 \pm 0,06) \cdot 10^{-3}$	$2,14 \pm 0,18$
Уголь с ГП	846	2254	$(0,41 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$	$1,61 \pm 0,41$

Таблица 9. Концентрации БП и V_2O_5 в сточной воде после золоуловителей

Топливо	Концентрация БП, мг/л		Концентрация V_2O_5 , мг/л	
	в воде,	в осадке (золе)	в воде	в осадке (золе)
Уголь с МП	$0,005 \cdot 10^{-3}$	$0,081 \cdot 10^{-3}$	0,01	2,40
Уголь с ГП	$0,002 \cdot 10^{-3}$	$0,034 \cdot 10^{-3}$	0,01	2,27

Исследования показали, что: степень улавливания бенз(а)пирена и пятиоксида ванадия золоуловителями – скрубберами составляет соответственно 61 % и 98 %, золоуловителями – электрофильтрами – соответственно 67 % и 93 %. Таким образом основная часть канцерогенных веществ и тяжелых металлов, содержащихся в дымовых газах, уносится в золоотвалы со сточной водой. Накопление указанных вредных веществ в золоотвалах является важнейшей составляющей экологической проблемы электростанций.

Экологический анализ полученных результатов целесообразно проводить с использованием показателя – уровня вредности ДГ Γ_i . Уровень вредности (Γ_i) – это отношение средней концентрации i -го вещества (\overline{C}_i) в ДГ к среднесуточной предельно допустимой концентрации этого вещества $[\text{ПДК}_i]_{\text{cc}}$ в атмосферном воздухе населенных мест:

$$\Gamma_i = \overline{C}_i / [\text{ПДК}_i]_{\text{cc}}$$

Аналогично определяется уровень вредности исследуемых компонентов в сточной воде. Результаты исследований уровней вредности токсичных и канцерогенных веществ, выбрасываемых с дымовыми газами угольных котлоагрегатов Змиевской ТЭС, приведены на рис. 1.

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что традиционные угольные блоки ТЭС существенно загрязняют атмосферу

оксидами азота и серы, а также почву и воду канцерогенными составляющими и тяжелыми металлами. Решение этой проблемы может быть найдено на пути увеличения объемов углеобогащения, усовершенствования существующих технологий сжигания углей и внедрения новых угольных энерготехнологий, включая водородно-кислородно-плазменные.

Усовершенствование существующих методов сжигания углей, учитывая современное финансовое положение энергетики Украины, перспективно только на ближайшее десятилетие. При этом целесообразно выполнять: подачу угольной пыли высокой концентрации с подогревом воздуха до 600 – 700 К; модернизацию мельниц с увеличением тонкости помола; установку новых горелочных устройств, в том числе с предварительной термической подготовкой угля. Мероприятия, которые перечислены выше, наряду с капитальным ремонтом котлоагрегатов смогут продлить срок их эксплуатации на 10 – 20 лет и частично повысить энергетическую эффективность сжигания в них углей. Но эти мероприятия не позволят исключить природный газ или мазут из процессов сжигания углей, особенно высокозольных низкореакционных углей, и существенно не изменят экологических показателей энергетических блоков ТЭС.

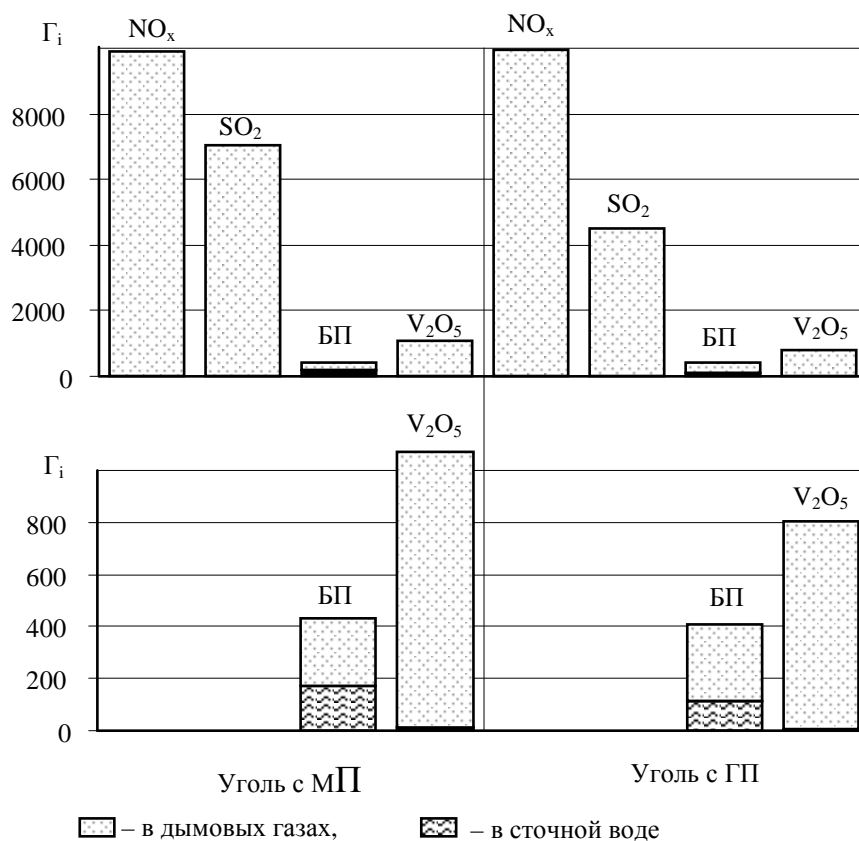


Рис. 1. Уровни вредности токсичных и канцерогенных веществ

Для повышения эффективности использования указанных углей на ТЭС, повышения экологической чистоты процессов его термической переработки, обеспечения работы оборудования в маневренных режимах необходимо внедрение новых угольных энерготехнологий, к которым в первую очередь следует отнести: технологии с системами серо- и

азотоочистки; методы сжигания углей в котлоагрегатах с плечевыми топками и вихревыми предтопками; технологий термической переработки углей, в том числе в различных модификациях кипящего слоя, а также плазменных технологий сжигания углей.

Выводы

1. Особо вредными для человека ингредиентами, выбрасываемыми с дымовыми газами угольных тепловых электростанций, являются: оксиды азота и серы, мелкодисперсные аэрозоли, включающие золу, сажистые частицы, оксиды металлов и т.д., а также канцерогенные углеводороды. Причем канцерогенные углеводороды в значительной степени сорбируются на мелкодисперсных аэрозолях и могут накапливаться (как и тяжелые металлы) на значительных территориях вокруг ТЭС и в золоотвалах.

2. Традиционные угольные блоки ТЭС существенно загрязняют атмосферу оксидами азота и серы, а также почву и воду канцерогенными составляющими и тяжелыми металлами. Эта проблема может быть решена путем увеличения объемов углеобогащения и внедрением новых угольных энерготехнологий.

3. Анализ внедрения ряда из указанных технологий в мире показывает, что существующие факельные технологии целесообразно использовать для термической переработки углей с зольностью менее 25 %, методы сжигания в плечевых топках и вихревых предтопках – с зольностью 20 – 30 %, а технологии кипящего слоя и возможно плазменные технологии – для использования высокзолых углей (с зольностью более 30 %).

Литература

- Семиноженко В.П. Энергия. Экология. Будущее / В. П. Семиноженко, П. М. Канило, В. Н. Остапчук, А. И. Ровенский – Харьков: Прапор, 2003. – 464 с.
- Варламов Г. Б. Теплоэнергетика та екологія / Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. – Харків: САГА, 2008. – 234 с.
- Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище / В.А. Маляренко. – Харків: САГА, 2008. – 364 с
- Эффективность сжигания топлив и экология (энергоустановки и автомобили): Сб. науч. ст. / НАН Украины. Ин-т проблем машиностроения: Отв. ред. А.Н.Подгорный, П.М.Канило. – Харьков., 1993. – Вып. 1. – 205 с.
- Экология города. Учебник / Ф.В. Стольберг, В.Н. Ладыженский, В.А. Маляренко. – К: Либра, 2000. – 464 с.
- Маршак Ю.Л., Артемьев Ю.П., Миронов С.Н. и др. Пути улучшения сжигания низкосортного антрацитного штыба на электростанциях. – Теплоэнергетика. – 1988. – № 9. – С. 2–10.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В СЕТЯХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Румянцев Д.В., Полищук О.Ю.

Харківська національна академія міського господарства

Плаксин Д.Э., «Alstom»

Распределительные сети 0,4 кВ, обслуживающие жилищно-коммунальный сектор (ЖКС) зачастую подвергаются влиянию нелинейных нагрузок малых мощностей, например: различного рода преобразователи импульсного характера. Проблемы, возникающие при этом, вносят

изменения в форму кривых напряжения и тока, тем самым влияя на параметры качества электроэнергии.

Несмотря на постоянно проводящиеся исследования в области измерений и повышения качества электроэнергии внимание уделяется, в основном, потребителям высокой мощности (сталеплавильные печи, прокатные станы - обладающие резкопеременными графиками электропотребления). Это связано с достаточно высокой стоимостью работ и оборудования, позволяющего компенсировать данные недостатки, а так же желанием промышленных потребителей снизить свои расходы на потребляемую электроэнергию. Потребители ЖЭС обладают большими финансовыми возможностями, что не позволяет им проводить крупномасштабные исследования в этой области.

Развитие строительства жилья и модернизация оборудования приводит к увеличению нагрузки на питающие трансформаторы и увеличению доли высших гармонических составляющих в распределительных сетях. При этом трансформаторы на подстанциях 10/0,4 кВ зачастую не заменяются, а продолжают работу в режимах с коэффициентами загрузки выше номинальных и гармоническим составом кривых тока и напряжения не соответствующим ГОСТ 13109 – 97, что приводит к сокращению их срока службы. Модернизация распределительных сетей 0,4 кВ проводится в соответствии требованиям ПУЭ проводится не всегда с учётом спонтанно появляющихся нагрузок.

Городские подстанции обеспечивают также работу систем наружного освещения. С целью повышения эффективности данных систем предприятием Горсвет проводится реконструкция систем наружного освещения с заменой существующих осветительных приборов с лампами высокого давления на светодиодные светильники. Согласно пилотному проекту в г. Харькове была проведена реконструкция на участке по Красношкольной набережной и установлено 27 светильников со светодиодами. Проводились исследования этих светильников по светотехническим и электротехническим показателям. Как показали проведенные замеры горизонтальной освещенности в целом характеристики светильника удовлетворяют требованиям ДБН В.2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение». Данные светильники обладают широкой КСС и способны создавать равномерную освещенность на проезжей части дороги..

Однако недостаточный срок эксплуатации в реальных условиях не позволяет сделать окончательные выводы о соответствии светотехнических и электротехнических параметров данных светильников нормативным требованиям. В частности целесообразно рассмотреть более детально вопросы, связанные с качеством электроэнергии при питании группы светодиодных светильников от подстанций энергосистемы.

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ. СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ

С.П. Тимченко

Харківська національна академія міського господарства

Характерною рисою теперішнього часу є світовий енергетичний дефіцит, що поступово збільшується. Наші сьгоднішні енергетичні системи у великому ступені покладаються на викопні види палива - кам'яне й буре вугілля, нафта, газ, сланець і торф, запаси яких обмежені. Зрештою, ці ресурси вичерпаються. У цей час питання про використання не відновлювальних джерел енергії встає досить гостро. Підвищення цін на енергоносії, питання екології й гнучкості систем опалення й водопостачання спричиняють потребу в застосуванні нових технологій. Тому світовій спільноті потрібні свіжі, сучасні та в деякій мірі альтернативні ідеї щодо запровадження новітніх технологій в сучасну електроенергетику. Саме цим може стати збільшення використання сонячної енергетики в системах енергопостачання.

Сонячна енергетика вже більше чверті століття успішно застосовується в побуті й промисловості, кількість об'єктів, що використовують її, обчислюється десятками мільйонів. У нашій країні такі джерела енергії тільки починають одержувати поширення. Сонце - джерело енергії дуже великої потужності. По одній з оцінок припускається, що сонце дає землі в 15 000 раз більше енергії, ніж щороку споживається людством. 22 дня сонячного сяйва по сумарній потужності, що приходить на Землю, дорівнюють всім запасам органічного палива на Землі.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження теплоенергетичного обладнання практично в усіх регіонах України. На даний момент наша країна імпортує 60% своїх енергетичних потреб, а в майбутньому імпорт збільшуватиметься. При переводі 10% індивідуальних споживачів на сонячне теплопостачання можна економити 0,17 млн. т.у.т./рік. При ефективному використанні сонячного випромінення можна забезпечити потреби споживачів в опаленні до 25%, в гарячому водопостачанні – до 50%, в кондиціюванні – до 75%. У наш час сонячна енергія вже досить широко застосовується для теплопостачання, гарячого водопостачання й охолодження повітря в приміщеннях в умовах сухого клімату.

Реалізація сонячного теплоенергопостачання на широтах з помірним кліматом, де розташовується й Україна, зустрічає значні труднощі. Навіть у найсприятливіших її сонячних районах з континентальним кліматом температура повітря взимку досить низька. Прихід же сонячної радіації в цю пору року через високе широтне розташування й погоди і умови набагато менший, ніж влітку. Тому питома вага сонячної енергії в покритті теплоенергопостачання навантаження, або коефіцієнта заміщення, невисока і залежно від кліматичних умов становить 30 - 60 %, доходючи в окремих випадках до 75 %.

Проблема використання екологічно чистої і, при цьому, «дармової» сонячної енергії хвилює людство віддавна, але лише нещодавно успіхи в цьому напрямі дозволили розпочати формування реального ринку сонячної енергетики. Нині основними способами прямого використання сонячної енергії є перетворення її в електричну і теплову. Пристрої, що перетворюють сонячну енергію в електричну, називаються фотоелектричними, а пристрої, що перетворюють сонячну енергію в теплову, – термічними.

На думку фахівців, найбільш привабливою ідеєю щодо перетворення сонячної енергії є використання фотоелектричного ефекту в напівпровідниках. Сонячні фотоелементи вже сьогодні знаходять своє специфічне застосування. Вони виявилися практично незамінними джерелами електричного струму в ракетах, супутниках і автоматичних міжпланетних станціях, а на Землі - у першу чергу для живлення телефонних мереж у не електрифікованих районах або ж для малих споживачів струму (радіоапаратура, електричні бритви й запальнички й т.п.). Напівпровідникові сонячні батареї вперше були встановлені на третьому радянському штучному супутнику Землі (запущеному на орбіту 15 травня 1958 р.).

Сонячна енергія може бути перетворена на електроенергію безпосередньо чи опосередковано. Потужність сонячних батарей на сьогодні знаходиться в межах 70-260 Вт для 1м² поверхні колектора. Сполучаючи фотоелементи в модулі, а ті, у свою чергу, один з одним, можна будувати величезні фотоелектричні станції.

Ефективність сучасних фотоелементів досить низька – в середньому 10-18 %. І хоча існують перспективні розробки з ККД близько 30%, вартість енергії, отриманої на сонячних батареях, залишається високою.

Зрозуміло, ефективність роботи елементів буде також залежати від того, на якій географічній широті вони перебувають, а також під яким кутом на них падають сонячні промені. Ще одним недоліком сонячних перетворювачів є те, що вони вимагають акумуляторів (звичай батарей) для забезпечення безперервного енергопостачання вночі й у похмурі дні. Але виробництво електроенергії за рахунок використання сонячних батарей є одним із найбезпечніших способів.

Використання сонячної енергії для теплопостачання одержало помітний розвиток у багатьох закордонних країнах, тому що крім економії палива, сприяє охороні навколишнього середовища. На сьогодні найбільш актуальним в Україні є отримання теплової енергії для обігріву помешкань та гарячого водопостачання. Особливо це стосується приватних осель – як котеджів, так і багатоквартирних будинків. Сучасні сонячні системи гарячого водопостачання здатні на 60-80% забезпечити потребу в гарячій воді на широті Києва, а в Криму – і на всі 100%. Використання таких геліосистем роблять вас енергетично незалежним від підвищення цін на газ і електроенергію. Сучасні сонячні системи гарячого водопостачання здатні на 60-80% забезпечити потребу в гарячій воді на широті Києва, а в Криму – і на всі 100%. Використання таких геліосистем роблять вас енергетично незалежним від підвищення цін на газ і електроенергію.

Для України перспективнішою технологією сонячної енергетики, чим побудова сонячних електростанцій і систем енергопостачання на основі прямого перетворення сонячної енергії, є створення фотоелектричних станцій з сонячними елементами, що здійснюють пряме перетворення сонячної енергії в електричну. Основним елементом такої електростанції є набір сонячних модулів. Сонячні електростанції, що працюють на принципі фотоелектричного перетворення, розвиваються випереджаючими темпами в останніх 10 років у всьому світі. Пікова потужність сучасних фотоелектричних станцій складає 1200 ТВт, а об'єм енергії, що виробляється, - $2 \cdot 10^{10}$ ТВт·ч

Системи сонячного гарячого водопостачання (ССГВ) виконуються з рідинними сонячними колекторами, одно-, дво- або багатоконтурні, з природною (термосифонні) або примусовою циркуляцією, з баком-акумулятором, сполученим або не сполученим із теплообмінником. Найбільш простими в облаштуванні є проточні одноконтурні системи (рис. 3.2, а), що включають сонячні водонагрівачі і безнапірні баки-акумулятори. Робота за такою схемою допускається тільки при використанні корозійно-стійких колекторів, що почали випускатися вітчизняними підприємствами тільки в 90-х роках.

Серед інших застосувань сонячної енергетики відзначимо: в системах телекомунікації та зв'язку (ретранслятори, телеметрія); для забезпечення електроенергією навігаційних вогнів, бакенів, дорожніх знаків, освітлення автошляхів в нічний час; для антикорозійного захисту металевих конструкцій та трубопроводів; у віддалених не електрифікованих оселях для живлення побутових приладів; в системах охоронної сигналізації; в сільському господарстві та засушливих районах для добування та подачі води; створення мережі автоматичних постів, обладнаних різними датчиками для моніторингу навколишнього середовища, тощо. Нарешті, в космічних апаратах та штучних супутниках сонячні батареї грають винятково важливу роль в системах живлення бортової апаратури.

На сьогоднішній день індустрія, яка пов'язана з виробництвом сонячних батарей, переживає неабиякий бум. Достатньо сказати, що у 2001 році в світі було виготовлено сонячних елементів загальної потужністю більше 150 МВт, що в перерахунку на кремнієві елементи розміром 100x100 мм² та потужності 1.5 Вт означає виробництво в 100 млн. штук. На відміну від інших приладів мікроелектроніки, виробництво сонячних елементів у світі не тільки не скорочується, а характеризується щорічним 15% приростом протягом останніх 6 років. На наукові дослідження в області сонячної енергетики щорічно витрачаються сотні мільйонів доларів.

Таким чином, застосування в Україні альтернативних джерел енергії, в першу чергу, сонячної енергетики, без сумніву дасть користь. З іншого боку, економіка України має відповідні потужності з виробництва необхідних компонентів та створення інфраструктури такої енергетики. Виробничі можливості тільки таких гігантів мікроелектроніки, як виробничі об'єднання «КВАЗАР», «ІРВА» (м. Київ), «Гравітон» (м. Чернівці), «Хартрон» (м. Харків), «Гамма» і «Електроавтоматика» (м. Запоріжжя), «Дніпро» (м.

Херсон), «Позитрон» (м. Івано-Франківськ) дозволяють проводити повний технологічний цикл створення сонячних елементів. Україна має висококваліфікований науковий потенціал в цій галузі (Інститут фізики напівпровідників та Інститут електродинаміки НАНУ, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, Національний технічний університет «КПІ»).

Залишилось дочекатися розуміння необхідності реальної державної підтримки сонячної енергетики з боку владних структур. Інакше в недалекому майбутньому разом з іноземними автомобілями, технікою та ширпотребним мотлохом в Україну почнуть потоком завозити і заморські сонячні батареї.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В КОММУНАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Ю.И. Кондратенко

*Коммунальное предприятие Днепропетровского городского совета
"Днепропетровская муниципальная энергосервисная компания"*

Содержание и смысл Программы - в обеспечении централизации управления процессом энергосбережения в городе, сокращения энергопотребления бюджетными учреждениями и коммунальными предприятиями за счет реализации энергоэффективных проектов, как следствие – снижение себестоимости и сдерживание роста тарифов.

В рамках привлечения финансирования нашей компанией были разработаны и представлены в МинЖКХ Украины и в Нацэкоинвестагенство проектные предложения по схеме целевых зеленых инвестиций, а именно:

Проект «Модернизация систем водоподготовки котельных и тепловых пунктов города Днепропетровска путем внедрения антинакипной технологии (безреагентная антинакипная установка – БАУ)».

Проект «Строительство теплонасосной станции в городе Днепропетровске тепловой мощностью 7,5 МВт, утилизирующей низкопотенциальное тепло неочищенных сточных вод».

Проект «Создание комплексных теплоэнергетических систем с применением тепловых насосов общей мощностью 39,5 МВт, которые утилизируют низкопотенциальное тепло реки Днепр, и газопоршневых когенерационных установок мощностью 11,5 МВт для улучшения теплоснабжения жилого массива

«Красный Камень» в городе Днепропетровске».

Проект «Переключение потребителей тепла Левобережной части города Днепропетровска на теплоснабжение от Приднепровской ТЭС».

В результате внедрения данных проектов предполагается существенное сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу.

Хотелось остановиться на актуальных аспектах развития коммунальной теплоэнергетики. Ни для кого, ни секрет, что существенный рост цен на энергоносители способствует тому, что в последнее время происходит повышение интереса к внедрению энергосберегающих технологий как и в

промышленном секторе, так и в сфере ЖКХ.

Проблемы реформирования ЖКХ, с позиций энергоэффективности, достаточно глобальны и требуют взаимодействия центральных и местных органов законодательной и исполнительной власти.

Одной из актуальных задач является разработка эколого-энергоэффективных схем теплоснабжения городов. Нашей компанией по заказу городского совета г. Угледара (Донецкая область) был проведен полный энергоаудит бюджетной сферы и разработана Схемы теплоснабжения г. Угледара, по форме утвержденной приказом Министерства ЖКХ от 26.04.2006 г. № 147.

В рамках подготовки Целевой программы энергосбережения г. Днепропетровска на 2009 - 2012 гг. нами был проведен экспресс-аудит бюджетной сферы города.

Также были проведены Экспресс - аудит бюджетной сферы города г. Павлограда, разработана программа энергосбережения до 2010г.

Проведен энергоаудит системы теплоснабжения 3-х микрорайонов города Павлограда. Разработаны ТЭО реконструкции системы теплоснабжения.

Программу развития коммунальной теплоэнергетики и перспективные схемы теплоснабжения города необходимо разрабатывать на основе:

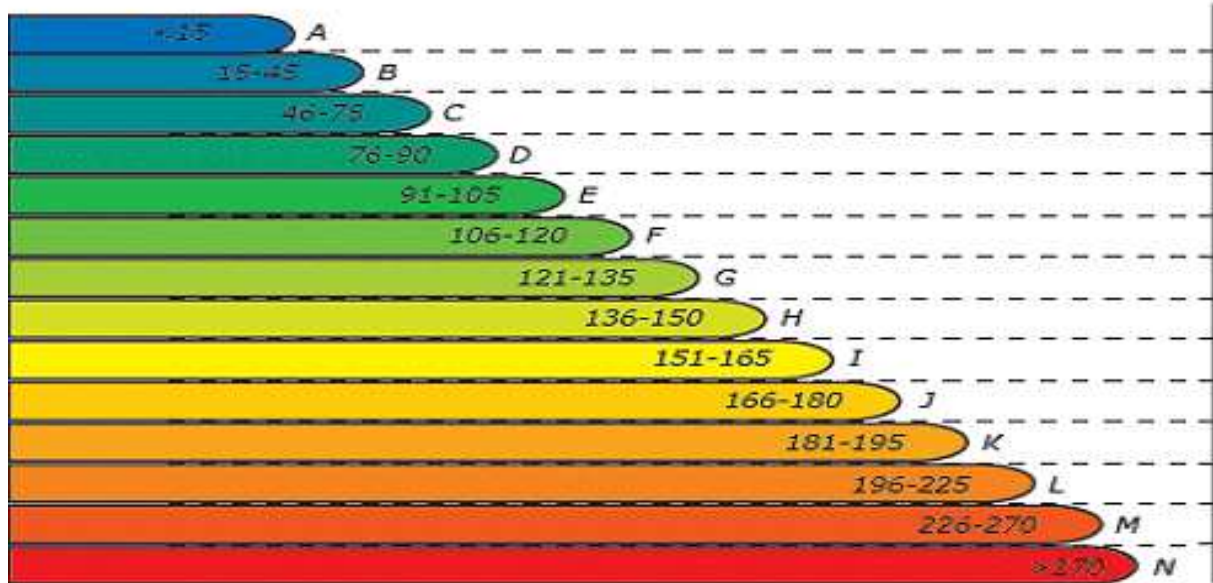
- полной инвентаризации существующего теплогенерирующего оборудования, магистральных теплосетей, потребителей тепла;
- составления энергобалансов существующей системы теплоснабжения и перспективных балансов;
- основной упор надо делать на термомодернизацию зданий, так как, для г. Днепропетровска характерна застройка зданиями 60-80 годов прошлого века, а наибольшие потери тепла происходят в зданиях, теплотехнические характеристики которых с точки зрения современных норм не выдерживают критики, а потери тепла в 3-4 раза превышают нормы Госстандартов Украины, не говоря уже о Европейских.

То же самое касается и тепловых сетей. Большинство зданий бюджетной сферы Украины, да и жилого фонда, можно отнести по Европейской классификации к категориям К, L, M, N.

Здания, построенные в 60-80 годах прошлого века, имеют удельные затраты тепла на 1 м² площади в районе 180 - 270 кВт ч / м² год и более.

Снижение тепловых потерь до уровня сегодняшних строительных норм (120-150 кВт ч / м² год) примерно в 2 раза снижает потребление тепла и, соответственно, газа.

Стандартизованный расход тепловой энергии, kWh/m² в год



Европейская классификация зданий по энергетической эффективности

Литература

1. Національне агентство екологічних інвестицій
<http://ecoclub.kiev.ua/index.php?go=Pages&in=view&id=75>
2. Швец Е.Я. Технологии и материалы солнечной энергетики. – Запорожье: ЗТИА, 2007. – 239 с.
3. Паранчич С.Ю. Використання енергії сонця: навч. посіб. - Чернівці: Рута, 2002. - 48

СЕКЦИЯ 3. «ОХРАНА ТРУДА В ЭНЕРГЕТИКЕ»

Руководитель секции – к.т.н., проф., Сериков Я.А.

Секретарь секции – Гарбуз .А.В.

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В СФЕРІ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Північна електроенергетична система НЕК Укренерго

М.П. Позігун, к.е.н., О.В. Царевський, С.В. Сніжко, к.е.н.

Я.О. Серіков, к.т.н.

Харківська національна академія міського господарства

Рівень безпеки праці провідних галузей господарства, зокрема енергетики, промисловості, транспорту, будівництва, міського господарства, являється одним з важливих факторів економічного розвитку держави [1, 2]. Незважаючи на те, що в Україні в цілому і Харківському регіоні за останні роки спостерігається достатньо стійка тенденція до зниження виробничого травматизму як загального, так і з смертельними наслідками, завдання розробки дієвих механізмів щодо реалізації пріоритетів державної політики в галузі охорони праці є, безперечно, актуальним.

Статистичні дані показують, що на фоні зниження загальної чисельності виробничого травматизму, співвідношення кількості смертельних нещасних випадків до загального числа випадків травмування працюючих на виробництві у порівнянні з 1992 р. збільшилось більше, ніж у два рази [1].

Це свідчить про те, що на аналізований період часу спостерігається приховування роботодавцями нещасних випадків з легким та середнім ступенем важкості (нещасні випадки зі смертельними наслідками приховати практично неможливо) [3]. Такі дії роботодавців звільняють їх від необхідності проведення заходів по запобіганню повторення подібних випадків, що, безсумнівно, негативно відбивається на загальному рівні травматизму.

Така ситуація спостерігалася в США до 1990 р., в якому Конгрес США прийняв відповідні поправки до Закону про безпеку праці на виробництві.

Таким чином, в ситуації, що склалася в Україні, для посилення ефективності реалізації державної політики в галузі охорони праці, необхідна розробка нових механізмів взаємодії між роботодавцями та Держгірпромнаглядом [4].

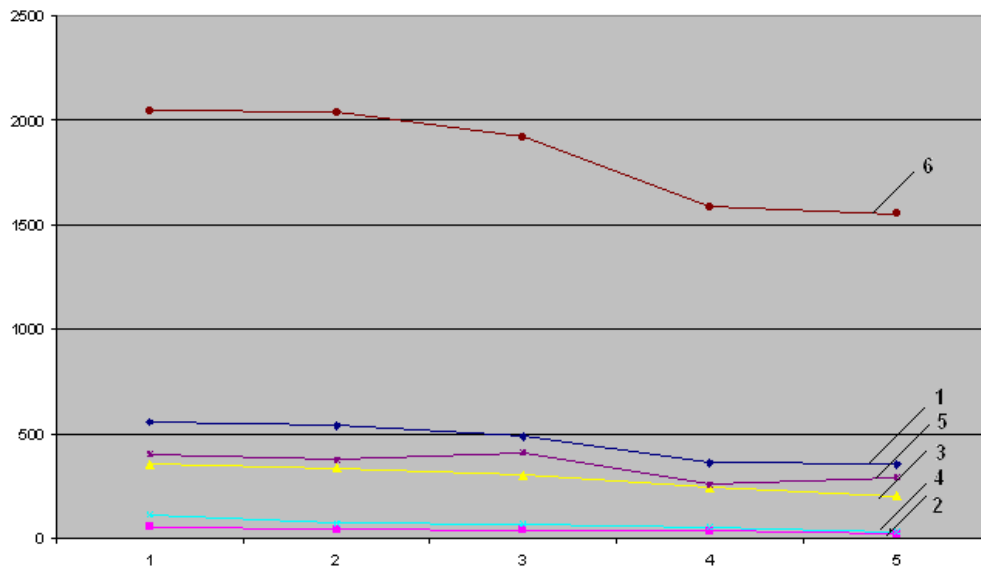


Рис. 1 - Порівняльний графік динаміки нещасних випадків за 2007 -2011 рр. в галузях нагляду: Ряд 1 – гірничорудна та нерудна; Ряд 2 – нафтогазовидобувна;

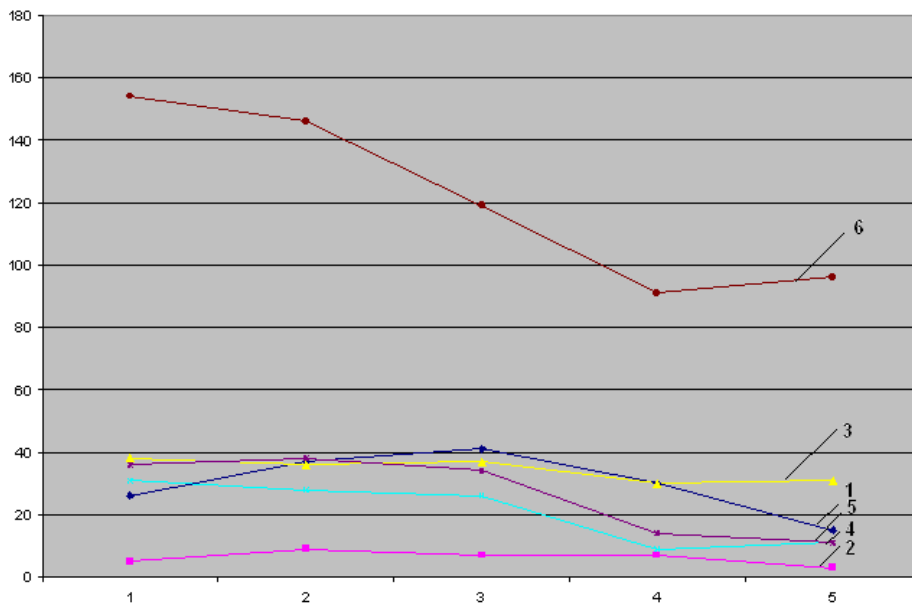


Рис. 2 - Порівняльний графік динаміки нещасних випадків зі смертельними наслідками за 2007 -2011 рр. в галузях нагляду: Ряд 1 – гірничорудна та нерудна; Ряд 2 – нафтогазовидобувна; Ряд 3 – енергетика; 4 - котлонагляд; Ряд 5 – житлово-комунальне господарство; Ряд 6 - соціально-культурна сфера і торгівля

Основним напрямком розробок відповідальності роботодавців до охорони та безпеки праці на

в цьому разі є посилення вирішення питань забезпечення підприємствах.

Порівняльний аналіз кількості і динаміки нещасних випадків за 2007 - 2011 рр. в Україні за галузями нагляду показує, що незважаючи на те, що

галузь енергетики характеризується великою кількістю робіт з підвищеною небезпекою, в цій галузі рівень загального виробничого травматизму нижчий ніж у соціально-культурній сфері і торгівлі, гірничорудній та нерудній промисловості і житлово-комунальному господарстві.

Відповідний аналіз нещасних випадків з смертельними наслідками свідчить, що рівень цього показника в галузі енергетики є нижчим, ніж у соціально-культурній сфері і торгівлі та в гірничорудній та нерудній промисловості (виключаючи 2011 р.).

Наведені дані свідчать про те, що в галузі енергетики система управління охороною праці, в порівнянні з іншими галузями, працює достатньо ефективно.

Порівняльний аналіз структури та стану охорони праці в Україні і США, Японії, Федеративній республіці Німеччині, як одних з провідних економічно й науково-технічно розвинутих країн, дав змогу зробити висновок, що для підвищення ефективності системи управління охороною праці в галузі енергетики необхідно:

- підвищити ефективність системи навчання з охорони праці, в тім числі за рахунок більш широкого використання інформаційних комп'ютерних технологій;
- розробити економічно обгрунтовану, досконалу систему штрафів за порушення в області забезпечення належного рівня охорони, безпеки праці і несвоєчасне виконання приписів відповідних контролюючих органів;
- розробити ефективну систему цивільної і кримінальної відповідальності за недотримання вимог системи охорони праці.

Література

1. Хохотва О.І. (Голова Держгірпромнагляду України). Доповідь на парламентських слуханнях «Про стан промислової безпеки та охорони праці». К.: 2010.
2. Охорона праці: європейські і міжнародні стандарти та законодавство України (порівняльний аналіз): Науково-практичний посібник: У 2-т./ Упор.: В. С. Венедіктов, В. П. Грохольский, М. І. Іншин та ін.; За ред. В. С. Венедіктова; М-во юстиції України, Державний департамент з питань адаптації законодавства, Українська асоціація фахівців трудового права. –Харків - Київ, 2006 - Т. 1. - 2006. -713 с
3. Серіков Я.О. До вирішення завдання розробки системи об'єктивних критеріїв ризику заподіяння шкоди здоров'ю працюючих внаслідок дії несприятливих факторів виробничого середовища у системі ЖКГ України. Праці 2-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції з охорони праці, К., 1998.
4. Серіков Я.А., Семенов В.Т. Состояние и пути совершенствования охраны труда в системе жилищно-коммунального хозяйства Украины Доклады Междунар. научно-практ. конф. «Проблемы устойчивости и безопасности систем жизнеобеспечения городов и жилищно-коммунального хозяйства», М.: МГАКХС, 2011. С.199 - 196.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПОВЫШЕНИЯ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Я.А. Сериков, к.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Статистические данные показывают, что на фоне снижения общей численности производственного травматизма в Украине, соотношение количества смертельных несчастных случаев к общему числу случаев травмирования на производстве по сравнению с 1992 г. увеличилось больше, чем в два раза [1].

В Украине в целом и Харьковском регионе за последние годы наблюдается достаточно стойкая тенденция к снижению производственного травматизма как общего, так и со смертельным

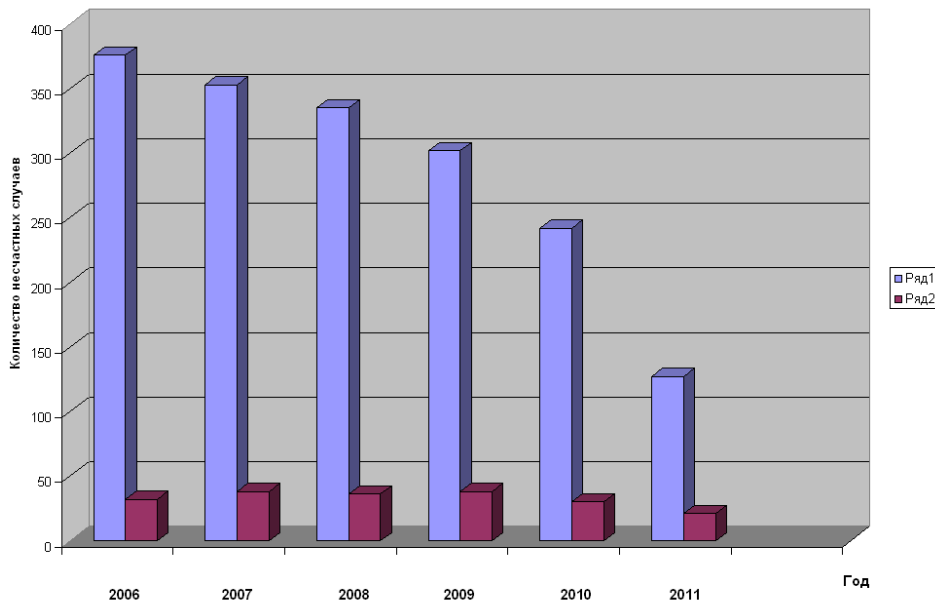


Рис. 1 – Динамика изменения количества несчастных случаев в системе энергетики Украины за период 2006 - 2011 гг.: Ряд 1 – общее количество несчастных случаев;

исходом. В особенности это характерно для отрасли энергетики (рис. 1). Однако при этом, задача разработки действенных механизмов для эффективной реализации приоритетов государственной политики в отрасли охраны труда является, бесспорно, актуальной. В особенности это важно для отрасли электроэнергетики, в которой значительное количество работ относится к категории работ с повышенной опасностью.

Интенсивное развитие компьютерных технологий, глобальной сети Internet, их доступность предоставило новые перспективы для повышения качества образования в сфере охраны и безопасности труда работающих и служащих. Внедрение информационных и коммуникационных технологий в процесс обучения позволяет обеспечить не только повышение качества образования, но и является 182 средством формирования единого

образовательного пространства в системе предприятий отрасли, доступа как работающих, так и персонала служб охраны труда к соответствующей нормативно-правовой базе. Это дает возможность оперативно изучать и внедрять ее изменения в технологический процесс.

Так как сфера электроэнергетики характеризуется значительным количеством работ, относящимся к работам повышенной опасности, то в связи с этим, важным является активизация внедрения компьютерных технологий в процесс обучения работающих безопасным методам производства работ.

Одним из видов обучения с использованием компьютерных информационных технологий является дистанционная форма образования. Однако, следует помнить, что при постановке, внедрении этой системы обучения компьютерные варианты должны сопровождаться разработкой и *изданием* специализированных учебных пособий с соответствующим дидактическим материалом. Это позволяет обучающимся прорабатывать, изучать материал не только с экрана монитора, что значительно повышает эффективность освоения теоретических положений.

Одновременно следует отметить известный факт, который необходимо учитывать при решении такой задачи, что при внедрении системы дистанционного обучения, наряду с решением важных задач повышения качества обучения, одной из проблем является недостаточная психологическая готовность обучающихся.

При разработке учебно-методического материала для рассматриваемого направления обучения достаточно большое внимание должно уделяться созданию электронных учебников, которые позволяют персоналу оперативно получать необходимую информацию во время учебы, а также предварительно, перед установленным сроком контроля знаний, оценить свой уровень освоения материала. В дополнение к этому, электронные учебники позволяют более наглядно представлять изучаемый материал, включать виртуальные варианты, ситуации производственной обстановки. Причем, учитывая современное состояние, периодичность издания, обновляемость материала и стоимость печатных учебников, нормативно-правовых документов, в том числе по охране труда, разработка и создание таких учебно-методических материалов является существенным фактором в повышении качества образования персонала предприятий. Одним из представителей учебно-методического обеспечения этого направления является электронный учебник «Охрана труда» (рис. 2, 3).

Таким образом, введение информационных компьютерных технологий, дистанционной формы обучения дает возможность активизировать решение постоянной актуальной задачи постоянного повышения уровня обучения персонала правилам и нормам охраны и безопасности труда.

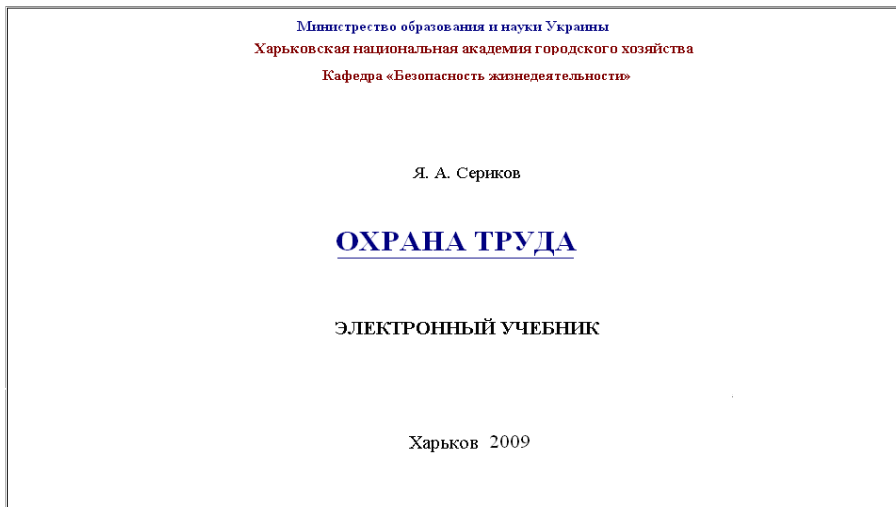


Рис. 2 – Главное окно электронного учебника «Охрана труда»

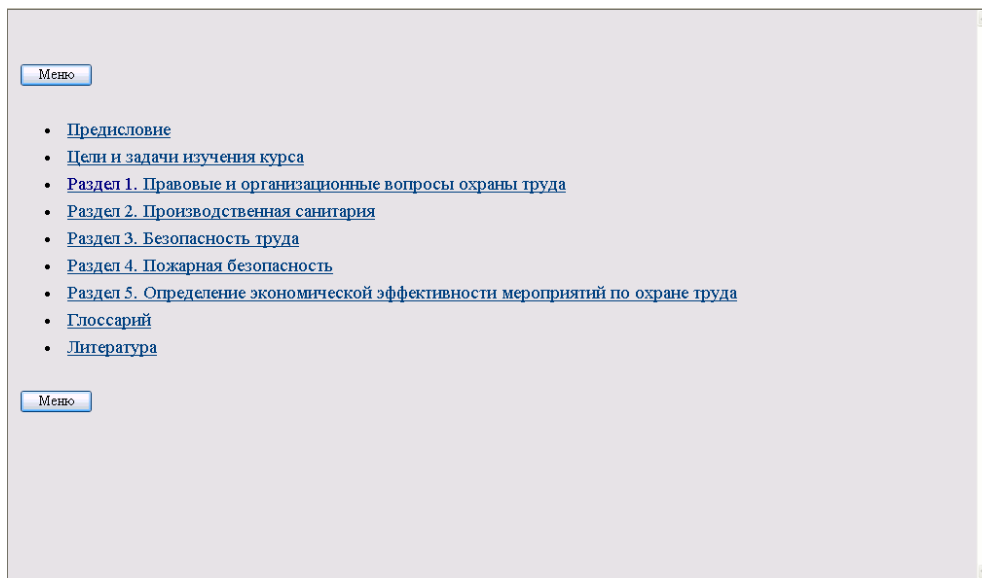


Рис. 3 - Содержание (меню) электронного учебника «Охрана труда»

При этом информационные системы дистанционного обучения являются современным инструментарием, существующую общепринятую систему обучения и контроля знаний персонала.

компьютерные технологии, в том числе система дистанционного обучения, являются необходимым инструментарием, который должен только дополнять существующую общепринятую систему обучения и контроля знаний персонала.

Литература

1. Хохотва О.І. (Голова Держгірпромнагляду України). Доповідь на парламентських слуханнях «Про стан промислової безпеки та охорони праці». К.: 2010.
2. Сериков Я. А. Охрана труда. Электронный учебник. Х.: 2009.

ДІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА ПРИЧИНИ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ

Тутунару Р.М., , Серіков Я.О. к.т.н., проф.

Харківська національна академія міського господарства, м.Харків

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої ваги.

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, які спричинені дією електричного струму, є незначною і складає близько 1 %, однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм вже складає 20-40% і займає одне з перших місць. Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі з смертельними наслідками, відбувається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх значним поширенням і відносною доступністю практично для кожного, хто працює на виробництві. Кількість і частота випадків електротравматизму під час експлуатації електроустановок напругою вище 1000 В менші, що зумовлено незначним поширенням таких електроустановок і обслуговуванням їх висококваліфікованим персоналом.

Основними причинами електротравматизму на виробництві є: випадковий дотик до неізольованих струмоведучих частин електроустановок; використання несправних ручних електроінструментів; застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В; робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань; дотик до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції; недотримання правил улаштування, технічної експлуатації та правил безпеки праці при експлуатації електроустановок.

Електроустановки, з якими доводиться мати справу практично всім працівникам на виробництві, становлять значну потенційну небезпеку ще й тому, що система аналізаторів людини не здатна на відстані виявляти наявність електричної напруги. В зв'язку з цим захисна реакція організму проявляється лише після того, як людина потрапила під дію електричного струму. Проходячи через організм людини електричний струм справляє на нього термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію.

Термічна дія струму проявляється опіками окремих ділянок тіла, нагріванням кровоносних судин, серця, мозку та інших органів, через які проходить струм, що призводить до виникнення в них функціональних розладів. *Електролітична* дія струму характеризується розкладом крові та інших органічних рідин, що викликає суттєві порушення їх фізико-хімічного складу. *Механічна* дія струму проявляється ушкодженнями (розриви, розшарування тощо) різноманітних тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту. *Біологічна* дія струму на живу тканину проявляється небезпечним збудженням клітин та тканин

організму, що супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів. Таке збудження може призвести до суттєвих порушень і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу.

Для зниження рівня виробничого травматизму при виконанні робіт в електричних установках на підприємствах застосовують наступні засоби:

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, що можуть опинитися під напругою. Заземлення здійснюється за допомогою природних штучних або змішаних заземлювачів. Заземлення захищають за рахунок малого їх опору. В якості заземлюючих провідників можуть бути використані металеві конструкції будівель, сталі труби, сталі оболонки кабелів, круглі провідники діаметром не менше 5 мм. та ін.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Це основний засіб захисту від ураження людей струмом в електроустановках напругою до 1000 В в мережі з глухозаземленою нейтраллю.

Використання малих напруг. При роботі з переносними електроінструментами при пошкодженні ізоляції і появі напруги на корпусі різко зростає небезпека ураження електричним струмом. В цих випадках використовують малі напруги, тобто напруги не вище 42 В. Використання малих напруг різко знижує небезпеку ураження, особливо коли роботи ведуться в приміщеннях з підвищеною небезпекою чи особливо небезпечних.

Можливість забезпечити недоступність людини до струмоведучих частин від випадкового дотику, дають такі методи: розміщення обладнання на недоступній висоті, огороження струмоведучих частин обладнання (суцільні і сітчасті).

Електричне блокування - це автоматичний пристрій, за допомогою якого виключаються неправильні, небезпечні для людини дії, несанкціонований доступ до струмоведучих частин, електроустановки, що знаходиться під напругою.

Захисне вимкнення. Захисне вимкнення - швидкодіючий захист, який забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження струмом.

Попереджувачі засоби. Попереджувача сигналізація (звукова, світлова) - це стаціонарні пристрої, які сигналізують про вимикання апаратів або про наявність чи відсутність напруги на даній ділянці мережі. Крім попереджувальних плакатів існують ще заборонні, наказові, показові.

Висновок. Електротравматизм у порівнянні з іншими видами травматизму складає до 1%, але за кількістю випадків з важкими наслідками займає одне з перших місць. Тому виконання захисних заходів, що передбачені відповідними нормативно-технічними документами (ПУЕ, ПБЕЕ та ін.) є життєво необхідним.

НАВЧАННЯ МОЛОДИХ СПЕЦІАЛІСТІВ В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. НЕДОЛІКИ ТА ПЕРЕВАГИ

К.П. Тюрін, аспірант

Полтавський політехнічний коледж НТУ «ХП»

На початку розкриття даної теми, приведу статистику, що відноситься до влаштування на роботу молодих спеціалістів:

- близько 20% випускників вищих навчальних закладів, які мають спеціальність «Електрика» або «Інженера-електрика» влаштовуються за призначенням або за договорами на енергетичні підприємства;
- з цих 20% тільки 12% працюють на посаді згідно виданого їм диплома;
- з випускників, які не мають призначення, тільки 10% йдуть працювати за спеціальністю;
- 7% молодих працівників залишаються працювати на підприємствах після першого року роботи.

Перша причина такої статистики – це вимоги підприємств, щодо досвіду роботи, практичних навичок.

Друга причина стосується безпосередньо навчання на підприємстві вже прийнятого молодого спеціаліста.

Третя причина, зокрема стосується саме навчальних програм на виробництві. Досвідчені працівники енергетичної галузі розуміють, що обсяг матеріалу, який надається молодому спеціалісту при навчанні, занадто великий при встановлених коротких строках, що вказані в програмі. Це також є суттєвою причиною того, що часто після першого року роботи молодий фахівець не витримує і переходить на іншу роботу.

Методи боротьби з цими проблемами такі:

1) потрібно скорегувати типи і строки навчальних практик студентів старших курсів так, щоб йдучи після закінчення ВНЗ на підприємство, вони володіли б поглибленими знаннями про обладнання підприємства, служби, мету роботи;

2) керівникам підприємств скорегувати строки навчальних програм до таких строків, при яких молодому спеціалісту реально розібратися в поставленій до нього роботі.

Зрозуміло, що керівникам підприємств як найшвидше потрібні спеціалісти, але їм треба розуміти, що в роки навчання у ВНЗ молоді люди навчаються і одержують, в основному, теоретичні знання. Щодо коригування загальноприйнятої практики, то можливо, доцільно було б знову ввести на підприємствах конкурс на прийняття молодого спеціаліста, як було це раніше. Крім цього, навчальним закладам складати навчальні програми дисциплін у тісній співпраці з конкретним підприємством.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПРОБЛЕМИ В ЗАДАЧІ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

К.П. Тюрін

Полтавський політехнічний коледж НТУ «ХПІ»

Я.О. Серіков, професор, к.т.н.

Харківська національна академія міського господарства, м. Харків

В Україні за останні роки склалася надзвичайно загрозлива ситуація щодо стану електротравматизму в електроенергетичній галузі. Так, згідно з наказом Мінпаливенерго України «Про забезпечення безпечних умов праці на підприємствах ПЕК» лише протягом січня – червня поточного року смертельні електротравми зазнали вісім осіб. Саме тому в цьому наказі з метою мобілізації працівників енергокомпаній на дотримання Правил електробезпеки в діючих електроустановках, ПЕК передбачені досить жорсткі заходи щодо безпечного виконання робіт.

Проте, в наказі відсутній перелік конкретних заходів щодо вирішення фундаментальних питань електробезпеки на виробництві і застосування в електроустановках електрозахисних засобів. При чому, слід зауважити, що наказ не містить жодного посилання на ключовий з точки зору правил електробезпеки термін: «електрозахисні засоби». В ньому не звертається увага на неукомплектованість і неналежний асортимент таких засобів в енергокомпаніях ПЕК. А за відсутності необхідних електрозахисних засобів у розпорядженні оперативних і ремонтних працівників енергокомпаній неможливо здійснювати безпечне виконання робіт в електроустановках. Тому не випадково, що після виходу згаданого наказу вже протягом серпня поточного року в енергокомпаніях ПЕК трапилося ще чотири нещасних випадки електротравматизму зі смертельними наслідками.

Безпечне виконання ремонтних робіт в електроустановках без електрозахисних засобів неможливе. При цьому всі електрозахисні засоби повинні відповідати нормативним технічним вимогам. До останнього часу ці вимоги були викладені в Правилах експлуатації електрозахисних засобів НПАОП 1.1.10-1.07-01, що були введені в Україні понад десять років тому і на цей час вже застаріли. Робота з підготовки нової наступної редакції цього нормативного документа ведеться протягом кількох років. На цей час нова версія щодо вимог, випробувань та застосування електрозахисних засобів викладена в підготовленому до друку нормативному документі, що має назву «Інструкція з експлуатації електрозахисних засобів» (Інструкція).

Автори переконані, що електрозахисні засоби складають окрему групу специфічної продукції, яка не належить ні до електричного обладнання, ні до інструменту, ні до чогось іншого.

Електрозахисні засоби – це вироби, що забезпечують безпечне виконання робіт в електроустановках. Їх виробництво й експлуатація повинні здійснюватися в строгій відповідності зі встановленими нормативами в Україні.

Необхідно зазначити, що перехід від Правил до Інструкції жодним чином не пом'якшує вимог до електрозахисних засобів, їх випробувань та застосування. Разом з тим, Інструкція робить цей документ більш гнучким і оперативним з точки зору внесення необхідних змін і доповнень, що диктуються експлуатацією електрозахисних засобів і реальним життям.

Зрозуміло, що за багато років після виходу першого видання Правил відбулися значні зміни в експлуатації електрозахисних засобів: з'явилися нові, більш досконалі електрозахисні засоби з новими можливостями, вдосконалювалися традиційні засоби. Все це викликає численні питання від працівників, що застосовують електрозахисні засоби з метою забезпечення безпечного виконання ремонтних робіт в електроустановках.

Кілька років тому була зроблена спроба підготовки другого видання «Правил експлуатації електрозахисних засобів», але у світ нова редакція так і не з'явилась. У другій редакції було враховано значну кількість побажань змін і доповнень до застарілого першого видання Правил.

Тому, враховуючи обставину, що електрозахисні засоби потрібні в першу чергу тим, хто ними користується, а не чиновникам, що звикли роками «вчитуватися» в нову редакцію Правил, а також приймаючи до уваги те, що вони, будучи зайнятими іншими організаційними справами, не повністю розуміють, що затримка видання Правил (Інструкції) може сприяти зростанню рівня електротравматизму.

З вище викладеного аналізу ситуації, що склалася в електроенергетичній галузі видно, що нажалі проблема використання електрозахисних засобів виникає не тільки у виробничих умовах, а і на адміністративному, організаційному рівнях.

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ІНЖЕНЕРА З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ (АВТОМАТИЗОВАНЕ РОБОЧЕ МІСЦЕ)

Я.О. Серіков, професор, к.т.н., О.С. Єременко

Харківська національна академія міського господарства

У своїй роботі інженер з охорони праці керується Конституцією України, нормативно-правовими і законодавчими актами України, керівними матеріалами з охорони праці, протипожежної безпеки і виробничої санітарії, Положенням про службу з охорони праці і посадовою інструкцією.

До посадових обов'язків інженера з охорони праці відносяться:

- контроль за додержанням у підрозділах підприємства чинного законодавства, правил, стандартів, норм, положень, інструкцій з охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного захисту і охорони навколишнього середовища, за наданням працівникам встановлених пільг і компенсацій за умови праці;
- бере участь у перевірці технічного стану устаткування, визначенні його відповідності вимогам безпечного ведення робіт, у разі потреби за встановленим порядком вживає заходів щодо припинення його

експлуатації;

- розробляє інструкції з охорони праці, програми навчання робітників, організує пропаганду і вивчення працівниками підприємства правил безпечних методів роботи, виробничої санітарії, протипожежного захисту і охорони навколишнього середовища;

- проводить інструктаж (навчання) з питань охорони праці працівників підприємства, а також студентів, учнів професійно-технічних училищ і учнів у період проходження ними практики та трудового навчання, організує перевірку їх знань.

Для оперативного і якісного вирішення виробничих завдань інженеру необхідно створити автоматизоване робоче місце, що повинне включати інформацію про персонал (рис. 1).

Необхідною є також комплекс інформації відносно обладнання, дати початку його використання, стану на поточний момент часу та ін. Така

	Табельний номер	Прізвище	Ім'я	Побатькові	Стать	Дата народження	Місце проживання	
+	335	Колєсніков	Геннадій	Федорович	Чоловіча	14.10.1962	м.Харків, вул.Дарвіна 28/56	інжен
+	345	Кудімов	Давид	Олегович	Чоловіча	05.06.1970	м.Харків, вул.Героїв праці 36/31	слюс
+	789	Глущенко	Вячеслав	Геннадійович	Чоловіча	05.07.1986	м.Харків, вул. Ольмінського 34/56	елек
+	2459	Новицький	Михайло	Вікторович	Чоловіча	17.01.1987	м.Харків, вул. Олексіївська 54/84	елек
+	3458	Василевський	Олексій	Максимович	Чоловіча	23.08.1978	м.Харків, п-к О. Яроша 54/78	елек
+	4125	Іваненко	Ганна	Сергіївна	Жіноча	10.11.1990	м.Харків, вул. Клочківська 216/138	дисп
+	5471	Гнатенко	Максим	Олексійович	Чоловіча	02.08.1989	м.Харків, вул. Артема 30/36	лабо
+	6578	Юріков	Артем	Семенович	Чоловіча	26.10.1978	м.Харків вул. Клочківська 27/58	майс
+	7469	Гофман	Володимир	Олександрович	Чоловіча	31.03.1987	м.Харків, пр.Гагаріна 45/89	інжен
+	9874	Уляшова	Регіна	Петрівна	Жіноча	12.12.1969	м.Харків, вул. Пушкінська 96/159	ліпн

Рис. 1 - Інформація про персонал підприємства

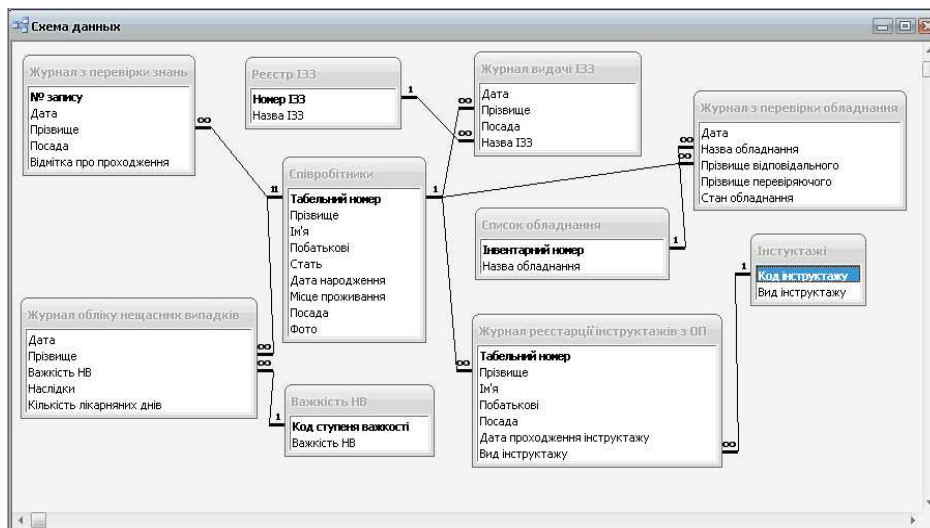


Рис. 2 - База даних працівників для оперативного вирішення завдань інженера з охорони праці

інформація може бути представлена відповідною базою даних. Головне вікно такої програми наведено на рис. 2.

Наступним блоком реалізації автоматизованого робочого місця інженера з охорони праці електроенергетичного підприємства є представлення інформації відносно проходження інструктажів з охорони праці. Для вірного обліку такої інформації необхідно зафіксувати табельний номер працюючого, його посаду, дату та вид проведеного інструктажу з охорони праці (рис. 3).

Описаний підхід до вирішення поставленого завдання дозволяє значно підвищити продуктивність і ефективність роботи служби з охорони праці на підприємствах електроенергетики.

Табельний номер	Прізвище	Ім'я	Побатькові	Посада	Дата проходження інструктажу	Вид інструктажу
65	Копєсніков	Геннадій	Федорович	інженер з ОП	12.12.2007	Вступний
345	Кудімов	Давид	Олегович	слюсар	01.06.2010	Первинний
789	Глуценко	Вячеслав	Геннадійович	електрозварювальник	26.04.2009	Повторний
2459	Новицький	Михайло	Вікторович	електрик	25.05.2005	Позаплановий
3458	Василевський	Олексій	Максимович	електрик	12.12.2007	Цільовий
4125	Іваненко	Ганна	Сергіївна	диспетчер	31.01.2010	Первинний
5471	Гнатенко	Максим	Олексійович	лаборант	20.09.2010	Повторний
6578	Юріков	Артем	Семенович	майстер	12.07.2010	Вступний
7469	Гофман	Володимир	Олександрович	інженер	08.08.2008	Позаплановий
9874	Уразова	Євгенія	Петрівна	диспетчер	26.10.2009	Первинний

Рис. 3 - Інформація про проходження інструктажів з охорони праці

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 – СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ..... 5

2012 ГОД - «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД УСТОЙЧИВОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ВСЕХ». ТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА
БАЗОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ XXI ВЕКА

А.В. Бойко.....5

СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Л. А. Хоменок, В. М. Ляпунов.....8

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО
КОМПЛЕКСУ ТА ГРОМАДСЬКІСТЬ

Г.Б. Варламов, В.А.Маляренко..... 10

НОВІ ПІДРУЧНИКИ І НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ВИДАННЯ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ- ЕНЕРГЕТИКІВ

Г.Б. Варламов, В.А.Маляренко, О.І. Яковлєв..... 16

ДЕРЖАВНА ПРЕМІЯ УКРАЇНИ – КОМПЛЕКСУ ПІДРУЧНИКІВ
«ЕНЕРГЕТИКА. ДОВКІЛЛЯ. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ»

С.А.Мехович.....20

БАЛАНСОВА НАДІЙНІСТЬ ЕНЕРГОСИСТЕМИ в риночних умовах

П.П.Рожков, С.Е.Рожкова..... 23

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОСМІЧНОЇ ПОГОДИ НА РОБОТУ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

П.П.Рожков, С.Е.Рожкова..... 25

ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕНЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ НА КОМПАКТНЫЕ
ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ В ЖИЛИЩНОМ СЕКТОРЕ

Г.М. Кожушко, Ю.А. Басова..... 27

ИЗМЕРЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ТОКА В МАГНИТОПРОВОДЕ
КОРОТКОЗАМКНУТОГО РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Г.В. Капустин 30

СИСТЕМА ВИСОКОЧАСТОТНОГО ІНІЦІЮВАННЯ
ІНДУКЦІЙНОГО РОЗРЯДУ

В.Ф. Рой, Н.Г. Бурма..... 34

РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ПОТУЖНИХ СД ЗМІННОГО СТРУМУ В.Ф. Рой, О.Ю. Поліщук.....	35
РЕЗОНАНСНЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ Куделя А.Е., Емельянов С.В.....	36
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО РЕЛЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ Шимук Д.С.....	39
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ НАПРАВЛЕННОЙ ЗАЩИТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ Шимук Д.С.....	40
ПОЛІПШЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ФІЛЬТРОКОМПЕНСУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ Ковальов В.М.....	41
ПРО ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ З ВЕНТИЛЬНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ Ковальов В.М.....	42
ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СПОЖИВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З НЕЗАЛЕЖНИМ ЗБУДЖЕННЯМ ЗА УМОВ ЗМІНИ КУТА КЕРУВАННЯ. Рум'янцев Д.В.....	44
ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ДПС З НЗ ЗА УМОВ ЗМІНИ КУТА КЕРУВАННЯ, ПУЛЬСНОСТІ СІФК. Рум'янцев Д.В.....	46
ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЦЕЛЯХ УЛУЧШЕНИЯ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ И УМЕНЬШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ А.А. Виноградов, П.В. Рошубкин, А.А. Войчун.....	47
СТАТКОМ. ДОСТОИНСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ А.А. Виноградов, А.В. Коржова, И.С. Сарайкин	50
ГРУППЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ГОРОДОВ А.А. Виноградов, С.С. Черных	52

КОЛИВАННЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ	ПРОВОДІВ	ПОВІТРЯНИХ	ЛІНІЙ
Є.Д. Дьяков, Т.С. Гордеева53			
СОВРЕМЕННЫЕ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ	КОНТРОЛЯ	
Д.В. Бородин, Л.Ю. Клименко.....56			
СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С	ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ		
В.Г.Ягуп, Е.Я. Ивакина.....59			
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПИТАНИЯ	УНИВЕРСАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА		
Г.С. Белоха.....61			
ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	КОРОТКОЗАМКНУТОЙ ОБМОТКИ		
Ю.Н. Васьковский, М.А. Коваленко..... 61			
О ВНЕДРЕНИИ НОВЫХ ГОРОДА	МАРОК КАБЕЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В УСЛОВИЯХ КРУПНОГО		
В.Н. Горяжа..... 62			
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМБИНИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ	ПАКЕТА «MAXWELL» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВАКУУМНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ С		
А.А. Гилёв, В.С. Миронов.....65			
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕРБОГЕНЕРАТОРОВ	ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБМОТОК		
В.В. Грабко, Н.О. Варавва.....65			
МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ	НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ		
А.Н. Дегтярев.....66			
ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ		
Л. А. Хоменок, В. М. Ляпунов.....67			

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОАКСИАЛЬНО-ЛИНЕЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ А.В. Жильцов, Д.С. Сорокин.....	69
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТИХОХОДНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ А.М. Олейников, Е.И. Зарицкая, А.В. Пильганчук.....	70
АНАЛИЗ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ А.Л. Кислицын, И.Ф. Байбиков, А.Г. Дуванов.....	71
МОДЕРНІЗАЦІЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ВАСО4П-13-12 В СУМІЩЕНІЙ АСИНХРОННО-СИНХРОННИЙ КАСКАДНИЙ ДВИГУН В.Д. Лущик, В.С. Іваненко.....	72
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ А.М. Олейников, Р.Р. Гамалея, Е.И. Зарицкая, М.В. Прымак.....	73
ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ А.М. Олейников, А.К. Пронина.....	74
ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СХЕМ ТА ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ В.О. Перепечений.....	75
НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ А.В. Хитров.....	78
ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ ФОРМУВАННЯ КОМАНДИ НА ВМИКАННЯ ВИМИКАЧА ГЕНЕРАТОРА ПРИ СИНХРОНІЗАЦІЇ Б.Т. Кононов, А.В. Хитров	81
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОГО ЕЛЕКТРСПОЖИВАННЯ ПРИ ПОМИЛКАХ У СХЕМАХ ВКЛЮЧЕННЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ Д.М. Калюжний.....	83

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ
АВТОНОМНОЇ ГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ З КОМПЕНСАЦІЄЮ
ІНЕРЦІЙНОГО КОНТУРУ ЗБУДЖЕННЯ

В.Б. Нізімов, В.І. Хоменко..... 85

СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ГЕНЕРАТОРІВ ЗВОРОТНО-
ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ ДЛЯ ХВИЛЬОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

В.Ф. Шинкаренко, С.А. Маляренко, Т.А. Мошняга.....86

ЭЛЕКТРОПРИВОД ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ НА БАЗЕ МАШИНЫ
ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

Ю.Ю. Шрамко.....87

ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВПЛИВУ НА ГРАФІК
НАВАНТАЖЕННЯ

В.А.Маляренко, І.Є. Щербак.....88

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОИСКУ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ГЭД
СУДОВ С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

В.А. Яровенко, П.С. Черников.....89

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗОЛЯЦИИ
МНОГОЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

С.В. Швец, А.В. Галь90

ОЦІНЮВАННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАЧІВ КОЕФІЦІЕНТУ
НЕСИНУСОЇДАЛЬНОСТІ

С.В. Швець, А.А. Цвірко94

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОХОД К СИНТЕЗУ АВАРИЙНО-
ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ

С.В. Швец, К.С. Швец99

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ НА
ПОГРІШНІСТЬ ІНДУКЦІЙНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

І.Г. Абраменко.....103

ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ЗГЛАЖУЮЧОГО ФІЛЬТРУ
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТПН-АД

Д.І. Абраменко106

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЕ
КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Бородин Д.В.....109

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ В
ЗАВДАННІ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ПРОМИСЛОВІЙ І
ЖИТЛОВІЙ СФЕРАХ

Я.О. Серіков, Р.М. Тутунару.....113

Секция 2 – ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ.....116

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ УКРАИНЫ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ

В.А. Маляренко, А.Л. Шубенко, В.Н. Голощяпов.....116

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ – ОСНОВА
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.А. Маляренко, А.И. Яковлев.....121

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ КОГЕНЕРАЦИИ

В.А. Маляренко, И.А. Темнохун, А.Л. Шубенко, А.В.Сенецкий.....133

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ В ВИДЕ ГРАНУЛ
МЕТАНА (КЛАТРАТЫ) И СЕРОВОДОРОДА

В.А. Маляренко, С.В. Губин, А.И. Яковлев.....139

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
ЛАМП «REVOLUM»

А. В. Сапрыка.....150

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.А. Виноградов, Е.Ю. Муратова 153

LED СВЕТИЛЬНИКИ

А.А. Виноградов, И. Е. Ворнавская155

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

М.Н. Нестеров, Д.А. Данилов156

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

А.А. Виноградов, Н. И. Найдукова158

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА СКОРОСТИ ВЕТРА И ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ВЕТРОТУРБИНЫ USW56-100 В.И. Буяльский.....	160
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВОК В.В. Гребеников, Р.Р. Гамалея, М.В. Прыймак.....	161
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ А.С. Захарчук, И.А. Захарчук.....	161
ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАКОНАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ А.Н. Петренко, Н.Я. Петренко, В.Ю. Танянский.....	162
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ГРАФИТАЦИИ Д.С. Ярымбаш, С.Т. Ярымбаш, И.М. Килимник	163
УГОЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ П.М. Канило, В.А.Маляренко.....	164
ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В СЕТЯХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ. Д.В. Румянцев, О.Ю. Полищук	171
НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ. СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ С.П. Тимченко.....	173
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В КОММУНАЛЬНОЙ СФЕРЕ Ю.И.Кондратенко.....	176
Секция 3 – ОХРАНА ТРУДА В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	179
АНАЛІЗ СТАНУ ТА ШЛЯХИ ПОЛПШЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В СФЕРІ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ М.П. Позігун, О.В. Царевський, С.В. Сніжко, Я.О. Серіков.....	179

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК
ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПОВЫШЕНИЯ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ
ТРУДА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Я.А. Сериков.....182

ДІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА
ПРИЧИНИ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ

Я.О. Серіков, Р.М. Тутунару185

НАВЧАННЯ МОЛОДИХ СПЕЦІАЛІСТІВ В ГАЛУЗІ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. НЕДОЛІКИ ТА ПЕРЕВАГИ

К.П. Тюрін..... 187

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПРОБЛЕМИ В
ЗАДАЧІ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА
ПІДПРИЄМСТВАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Я.О. Серіков, К.П. Тюрін188

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ІНЖЕНЕРА З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА
ПІДПРИЄМСТВАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ (АВТОМАТИЗОВАНЕ
РОБОЧЕ МІСЦЕ)

Я.О.Серіков, О.С. Єременко189

Наукове видання

Матеріали

IV Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції

"НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ"

1-25 листопада 2012 р.

Матеріали конференції надані в формі тез
(рос., укр. мовами)

Відповідальний за випуск *проф. М. С. Золотов*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*
Дизайн обкладинки *Т. Є. Клочко*

Підп. до друку 15.11.2012 р.
Друк на ризографі
Зам.№

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 10,7
Тираж 100 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011р.