

УДК 621.311

В. А. Маляренко, докт. техн. наук,
И. Е. Нечмоглод, студ.
 Харьковская национальная академия
 городского хозяйства,
 e-mail: malyarenko@ksame.kharkov.ua

И. Д. Колотило, канд. техн. наук
 ЧП «Энергосбережение плюс»

НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ГРАФИКА НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ЕЕ ВЫРАВНИВАНИЯ

Украина до распада Советского Союза имела высокую плотность промышленных предприятий самых разнообразных отраслей народного хозяйства. Для обеспечения их надежной бесперебойной работы требовалось большое количество электрической энергии, которая вырабатывалась ТЭС, ТЭЦ, АЭС и ГЭС страны. Как следствие, установленная мощность электростанций, которые достались Украине в наследство, весьма велика. Естественно, что «обвал» промышленного производства, который имел место и сохраняется в настоящее время (после распада СССР) неизбежно привел к тому, что энергосистема независимой Украины обладает избыточной установленной мощностью. Общая мощность всех подключенных к ОЭС страны электростанций составляет (по данным 2010 года) 53,2 ГВт (за исключением тех, которые работают в изолированных сетях). Отмеченные выше обстоятельства привели к тому, что значительное количество электростанций работают с низким коэффициентом использования мощности или вообще «законсервированы».

Структура электростанций, энергосистемы Украины представлена на рис. 1 (по данным на 2005 год) [1].

Как видим, доля выработки электроэнергии на серийных тепловых электростанциях составляет почти 62% (30,9 ГВт), доля атомных электростанций составляет 27,5% (13,8 ГВт) от установленной мощности. Вклад гидроэнергетики составляет примерно 11% от установленной мощности (по данным 2009 года). Таким образом, основой электроэнергетики Украины является ядерное энергопроизводство. При общей выработке электроэнергии, которая по последним данным составляет около 185 000 ГВт·ч, на долю АЭС приходится 89 152 ГВт·ч. В то же время, как уже отмечалось, в зависимости от технологии электростанций, производство электроэнергии значительно отличается от возможностей, исходя из установленной мощности. Так, атомные электростанции четко обеспечивают базовую электрическую нагрузку, что составляет около 48% от общей выработки электроэнергии. Тепловые электростанции находятся на втором месте по производству электроэнергии, что составляет почти 46%. Гидроэнергетика обеспечивает около 6% выходной мощности, играя незначительную роль в электроснабжении страны. До настоящего времени другие возобновляемые источники энергии (ВИЭ) не играют значительной роли [4].

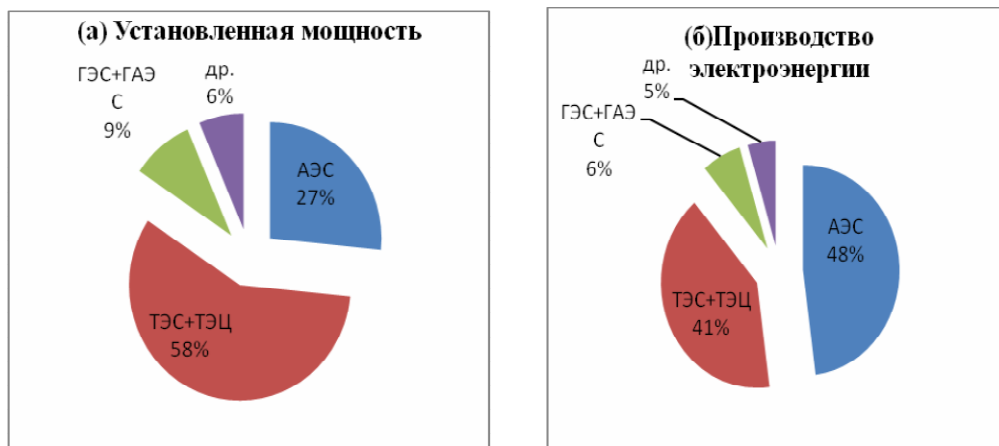


Рис.1 – (а) установленная мощность и (б) производство электроэнергии в энергосистеме Украины

Таким образом, Украина - одна из немногих европейских стран, которая обладает значительным резервом электрогенерирующих мощностей. Отсюда возникают два связанных между собой вопроса: как этот «избыток» электроэнергии использовать и, главное, как решить проблемы неравномерности графика нагрузки энергосистемы, в частности, связанные с «провалом» потребления электроэнергии в ночное время (с 23.00 до 6.00). Одной из особенностей энергетики Украины является наличие существенной неравномерности графика электрической нагрузки. По данным Минтопэнерго Украины, ночной избыток мощностей в Украине составляет более 1100 МВт и имеет тенденцию к возрастанию. Одним из направлений использования избыточных мощностей и сглаживания суточного графика потребления энергии является использование работы энергоемких промышленных предприятий и аккумулярование избыточной энергии в ночное время. С этой целью, применяются гидроаккумулялирующие станции, а также выработка тепловой энергии с последующим ее использованием в дневное время. Однако оба указанных вида аккумулярования характеризуются значительными тепловыми и гидравлическими потерями, достигающими 35% и более [2]

Необходимы поиски новых нетрадиционных методов решения проблем и выравнивания пиковых и полупиковых нагрузок.

Несомненно, что наиболее эффективен государственный подход, при котором проблема покрытия неравномерности графиков электрической нагрузки может быть решена следующими основными способами:

- созданием оптимальной структуры генерирующих мощностей энергосистемы,
- использованием перетоков с соседними энергосистемами
- привлечением потребителей к выравниванию графика нагрузки энергосистемы за счет административных (ограничивающих) и экономических (стимулирующих) мер.

Типовой суточный график электрической нагрузки (СГН), отражающий суточные ритмы жизни общества и характерный для многих энергосистем, приведен на рис. 2, 3. Исходя из представленного графика выделяют три временные зоны: зону минимальной нагрузки (ночные часы или ночной провал) с мощностью не более $P_{\text{мин}}$, зону средней или полупиковой нагрузки с мощностью $P_{\text{пп}}$ в диапазоне $P_{\text{мин}} \leq P_{\text{пп}} \leq P_{\text{макс}}$ и зону максимальной или пиковой нагрузки с мощностью не более $P_{\text{макс}}$.



Рис. 2 – Типовой суточный график нагрузки энергосистемы

Полупиковая зона характеризуется значительным однократным в течение суток возрастанием нагрузки в утренние часы и ее глубоким спадом в конце суток, а пиковая – рядом относительно небольших подъемов (до уровня максимальной нагрузки) и спадов (до уровня полупиковой зоны) нагрузки в дневные часы суток. Обычно присутствуют один или два максимума потребления электроэнергии: утренний и вечерний. Первый связан чаще всего с утренней сменой работы промышленных предприятий. Второй представляет собой совмещение потребления работающих в вечернюю смену предприятий с потреблением электроэнергии в жилом секторе и сфере бытового обслуживания населения. Поэтому второй пик по своей величине всегда превышает первый [3].

В общем случае суточный график нагрузки энергосистемы имеет чередующиеся между собой провалы, подъемы, спады и пики, которые определяют в целом его неравномерный характер. Это, по сути, сумма суточных графиков нагрузки различных потребителей.

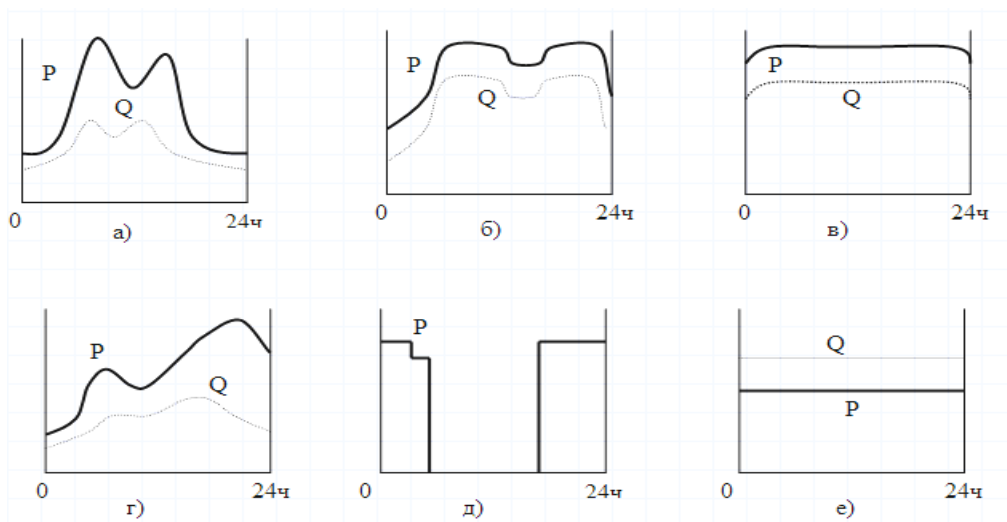


Рис. 3 – Суточные графики активной и реактивной нагрузки:
 а - односменного предприятия; б - двухсменного предприятия;
 в - трехсменного предприятия; г - коммунально-бытовой нагрузки;
 д - уличного освещения; е - водопровода и насосных станций [5].

Особо отметим следующий фактор. Анализ графиков нагрузки различных потребителей, показывает, что характер графика коммунально-бытовой нагрузки фактически качественно повторяет график нагрузки энергосистемы. То есть, нагрузка коммунально-бытовых потребителей оказывает существенное влияние на общий график нагрузки энергосистемы. Насколько это важно покажем выше.

Остановимся более детально на возможных путях покрытия и выравнивания графика нагрузки энергосистемы. Главный закон функционирования любой энергосистемы – непрерывное обеспечение баланса спроса и предложения на электроэнергию путем оперативного покрытия графика нагрузки соответствующей выработкой электроэнергии на генерирующих источниках с гарантированной поставкой ее в узлы потребления. В случае нарушения этого закона в энергосистеме изменяются частота сети переменного тока и расчетные уровни напряжения, что может привести к массовым отключениям потребителей или выходу из строя генерирующего, передающего и распределительного оборудования и электроустановок потребителей.

Эффективность покрытия неравномерных графиков нагрузки энергосистемы, в первую очередь, определяется составом и характеристиками энергоблоков электростанций энергосистемы. Эффект от возможного выравнивания графика нагрузки может и должен получать каждый из трех участников этого процесса: государство, энергосистема и потребители. В связи с этим, выравнивание графика нагрузки энергосистемы не может быть самопроизвольным, случайным процессом, а требует проведения целенаправленных мероприятий с соответствующим материальным и финансовым обеспечением.

Как уже говорилось ранее, график нагрузки энергосистемы представляет собой сумму множества графиков нагрузки потребителей. Следовательно, выровнять его можно только с помощью потребителей-регуляторов, которые способны к ограничению или переносу части своей электрической нагрузки с одних часов суток на другие (при суточном регулировании) или с рабочих дней на выходные (при недельном регулировании). Все потребители-регуляторы (ПР) условно можно условно разделить на две группы: группу ПР, являющихся частью энергосистемы и реализующих совмещенную функцию производства-потребления электроэнергии, и массовую группу ПР, находящуюся вне энергосистемы и использующую электроэнергию в собственных целях.

В условиях рынка электроэнергии различие между ее поставщиком и потребителем стирается: каждая из сторон в зависимости от текущих условий может стать поставщиком или потребителем. К первой группе ПР относят, прежде всего, различные аккумулирующие электростанции. Главное достоинство которых заключается в потреблении электроэнергии в часы минимальной нагрузки энергосистемы. За счет этого в рамках суточного графика нагрузки достигается уменьшение ночного провала, снижается неравномерность графика и отпадает необходимость разгрузки или остановки крупных блоков ТЭС в ночное время. К достоинствам можно также отнести их высокоманевренную генерацию в часы максимальной нагрузки энергосистемы за счет ранее аккумулированного энергоресурса.

Особое место принадлежит ГАЭС, которые, в отличие от других станций, включая ТЭС и ГЭС, обладают двойным регулирующим эффектом. Так, практически одна и та же установленная мощность (в режиме генерации и в насосном режиме) в одном случае используется для подъема ночного провала суточного графика нагрузки (при работе в режиме зарядки станции), а в другом – для покрытия пиков (в режиме разрядки). Поэтому такие станции являются одним из самых эффективных инструментов выравнивания и покрытия суточного графика нагрузки в энергосистемах

с преобладанием крупных генерирующих мощностей АЭС и ТЭС. Их КПД составляет 72–75 %, и для зарядки станций используется ночная электроэнергия, которая, как правило, в 3–5 раз дешевле пиковой.

Вернемся к аналогичности неравномерности графика нагрузки энергосистемы с неравномерностью потребления электроэнергии в системах жилищно-коммунального хозяйства. Отсюда вытекает следующее важное положение: реальная возможность выравнивания графика нагрузки путем использования электрической энергии для решения проблемы энергоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства, в частности, централизованного горячего водоснабжения жилых зданий. При этом появляется возможность решения двух связанных между собой задач: покрытие ночного провала и снижение потребления электрической энергии в часы пиковой нагрузки, не говоря уже о социальной значимости решения данной проблемы

Тем не менее, в заключение следует отметить, что при отсутствии в энергосистеме сбалансированной структуры генерирующих мощностей главной возможностью выравнивания графиков может стать режимное взаимодействие энергосистемы с потребителями на основе административных или экономических мер. Первые связаны с принудительным ограничением нагрузки потребителей в определенные часы суток и приносят потребителям прямой и косвенный ущерб, который может существенно превысить выигрыш энергосистемы от эффекта выравнивания суточного графика нагрузки. В этом случае неэффективность административных мер приводит к ущербу для государства в целом, хотя энергосистема и может временно оказаться в выигрыше.

Путь экономической заинтересованности потребителей электроэнергии в выравнивании графика нагрузки не нов и насчитывает не одно десятилетие. При использовании экономических мер, это связано с введением в отношении между энергосистемой и потребителями эффективной системы дифференцированных по времени суток тарифов на электроэнергию – почасовых тарифов. Следует учесть, что в результате массового и «хорошего» регулирования со стороны потребителей энергосистема хотя и уменьшит свой денежный сбор за отпущенную электроэнергию (так называемые выпадающие доходы), но эти финансовые потери окажутся компенсированными снижением стоимости ее основных фондов, эксплуатационных издержек и иных затрат, определяющих в целом уровни тарифов на электроэнергию.

Вывод

В условиях безудержного роста мировых цен на органическое топливо одним из факторов сдерживания роста тарифов на электрическую энергию в энергосистемах с преобладанием АЭС и ТЭС является, наряду с энергосбережением, выравнивание графиков электрических нагрузок энергосистемы.

Уплотнение графиков электрических нагрузок в суточные, недельные и сезонные интервалы представляет межотраслевую проблему, решением которой должны заниматься три стороны: государство, энергосистема и потребители.

Это связано с существенными инвестициями (кредитными ресурсами) в энергетику и другие энергоемкие отрасли хозяйства, в которых имеются потенциальные потребители-регуляторы выравнивания нагрузки. Весьма эффективным может оказаться и поиск альтернативных способов.

Эффективным способом выравнивания сетевой нагрузки может оказаться использование избытка электрической энергии для организации централизованного горячего водоснабжения жилых зданий. При этом потребители, использующие электроустановки для нагрева воды могут стать для ЭС управляемыми потребителями-регуляторами, запасаящими энергию во внепиковые часы потребления электрической

енергии и использующие ее в часы максимума нагрузки, тем самым выравнивая график потребления электроэнергии в энергосистеме.

Литература:

1. В. А. Маляренко, І. А. Немировский Энергоэффективність та енергоаудит. Навчально-довідковий посібник
2. http://esco-ecosys.narod.ru/2009_2/art025.htm ЭСКО Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» №2, февраль 2009, Б. Патон, А. Халатов
3. http://www.energetika.by/arch/~page_m21=10~news_m21=169 Выравнивание графика электрической нагрузки энергосистемы
4. http://www.ebrd.com/downloads/sector/eccc/Ukraine_Russian.pdf Динамика развития коэффициентов выбросов углерода при производстве электрической энергии в Украине
5. <http://electrolibrary.narod.ru/3/37.htm> Графики нагрузок потребителей электрической энергии

НЕРІВНОМІРНІСТЬ ГРАФІКУ НАВАНТАЖЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ТА СПОСОБИ ЙОГО ВИРІВНЮВАННЯ

В. А. Маляренко, І. Є. Нечмоглод, І. Д. Колотіло

Представлений аналіз нерівномірності навантаження в енергосистемі України. Розглянуті можливі напрямки покриття пікових навантажень і в цілому вирівнювання графіку нерівномірності.

Показано, що одним з можливих ефективних способів вирішення цієї проблеми може бути використання електричної енергії, що виробляється на ТЕС та АЕС в нічний час для теплопостачання, зокрема для гарячого водопостачання будівель.

NON-UNIFORMITY OF THE LOADING OF THE POWER SUPPLY SYSTEM AND WAYS OF ITS SMOOTHING

V. A. Malyarenko, I. E. Nechmoglod, I. D. Kolotilo

Analysis of non-uniformity of loading of the power supply system of Ukraine is presented.

Possible directions of covering of peak loadings and smoothing of the non-uniformity graph as a whole are considered.

It is shown that one of possible effective ways of solution to the given problem could be the use of electric energy produced by heat power stations and atomic power stations as a heat supply and, in particular, hot water supply of buildings.