МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

**ДОВІДНИК**

з курсу

**«**ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ**»**

Частина 1. Основні терміни та визначення

(для студентів 3, 4 курсів денної i 4 курсу заочної форм навчання,

а також для слухачів другої вищої освіти

за спеціальністю «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»),

освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

Харків

ХНУМГ

2020

Довідник з курсу «Електричні апарати» Частина 1. основні терміни та визначення (для студентів 3, 4 курсів денної i 4 курсу заочної форм навчання, а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»), освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання» / Харк. нац. ун-т мiськ. госп. iм. О. М. Бекетова; уклад.: В.Є. Плюгiн, В.О. Тетерев. – Харків: ХНУМГ, 2020. – 118с.

Під редакцією проф. каф. СЕ та ЕМ, д.т.н., проф. В.Є. Плюгiна

к.т.н., доц., зав. каф.

систем електропостачання та електроспоживання міст

ХНУМГ ім. О.М. Бекетова,

Д.М. Калюжний

Рекомендовано кафедрою «Системи електропостачання та електроспоживання міст», протокол засідання №\_\_ вiд «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 4](#_Toc74593484)

[1 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ 5](#_Toc74593485)

[2 СТУПІНІ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ 9](#_Toc74593486)

[3 СТУПІНІ КЛІМАТИЧНОГО ВИКОНАННЯ 11](#_Toc74593487)

[4 СТУПІНІ ОХОЛОДЖЕННЯ 13](#_Toc74593488)

[5 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ КОНТАКТІВ 15](#_Toc74593489)

[ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 18](#_Toc74593490)

ВСТУП

Характерною особливістю електричних апаратів є дуже широка номенклатура пристроїв, що відносяться до цієї галузі електротехніки, величезна кількість понять, визначень, характеристик, а також надзвичайно динамічний ринок як з точки зору неухильного зростання його обсягу, так і з точки зору швидкого оновлення номенклатури та розширення функціональних можливостей електричних апаратів.

Призначення електричних апаратів коротко можна визначити так:

• розподілення електричної енергії між споживачами – комутаційні апарати, призначені для вмикання, вимикання та перемикання в розподільних мережах та інших електричних колах;

• керування, переважно, електродвигунами, вбудованими у різні технологічні процеси – електричні апарати керування;

• захист людей, тварин, майна й довкілля від згубної дії електричної енергії – електричні апарати захисту;

• виконання функцій керування, сигналізації, блокування тощо в допоміжних колах комутаційної апаратури, апаратури керування, а також в колах керування електротехнічного обладнання – апарати кіл керування

Дуже важливою складовою будь-якого курсу є понятійний апарат, який у ньому застосовується. Питання термінології у сфері техніки зазвичай регулюються стандартами. Важливість адекватного застосування термінів важко переоцінити, оскільки нечіткі визначення й некоректне тлумачення понять неодноразово призводили до серйозних непорозумінь. Тому Міжнародна електротехнічна комісія (International Electrotechnical Commission – ІЕС) – авторитетна міжнародна організація зі стандартизації у галузі електротехніки та суміжних галузей, яка була створена понад століття тому – у 1906 році, постійно опікується питаннями термінології.

В цьому довіднику наводяться терміни, визначення та розкриття основних понять, які стануть у нагоді не тільки при вивченні курсу, але й також у подальшій професійній діяльності.

1 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

*Електричний апарат* – це електротехнічний пристрій, призначений для управління, регулювання та захисту електричних ланцюгів та машин, а також для контролю та регулювання різних неелектричних процесів. Поняття електричний апарат дуже широке, оскільки в нього входять різноманітні побутові та промислові пристрої та установки.

*Комутаційні апарати* розподільчих пристроїв, призначені для включення та відключення електричних мереж (рубильники, пакетні вимикачі, вимикачі навантаження, вимикачі ВН, роз’єднувачі, відділювачі, короткозамикачі, автоматичні вимикачі, запобіжники). Для цих апаратів характерне відносно рідке їх включення та відключення, хоча є і винятки (вимикачі ВН у колі живлення електричних печей).

*Обмежуючі апарати*, призначені для обмеження величини струму КЗ (реактори) та перенапруження (розрядники).

*Пускорегулюючі апарати*, призначені для пуску, регулювання швидкості обертання, напруги та струму в електричних машинах (контактори, пускачі, опори, реостати). Для цих апаратів характерні часті включення та відключення, число яких може бути понад 3600.

*Апарати для контролю* заданих електричних чи неелектричних параметрів (реле та датчики). Реле часто використовуються для захисту при КЗ (у цьому режимі спрацьовує реле, яке реагує на величину струму), датчики служать для перетворення зміни неелектричних величин в електричні.

*Апарати для вимірювань* ізолюють ланцюги первинної комутації (головного струму) від ланцюгів вимірювальних та захисних приладів (ТС, ТН, ємнісні ділильники напруги).

*Регулюючі апарати*, призначені для регулювання заданого параметру до визначеному наперед заданому закону, частково, регулятори слугують для підтримання на незмінному рівні напруги, струму, температури, швидкості обертання та інших величин.

Під *номінальною напругою* апарату розуміють лінійну напругу трифазної системи, у якій повинен працювати апарат. У апаратах постійного струму номінальна напруга апарату рівна напрузі між затискачами джерела енергії.

*Внутрішня ізоляція* – це частина конструкції апарату, де ізолюючим середовищем служить рідкий, напіврідкий, твердий діелектрик або газ під тиском. Електрична міцність цієї ізоляції визначається пробоєм проміжків у цьому середовищі або перекриттям у рідкому чи напів рідкому дієлектрику по ізолюючим поверхням. Основною властивістю внутрішньої ізоляції є практична незалежність її електричної міцності від зовнішніх атмосферних умов.

*Зовнішня ізоляція* – частина ізолюючого пристрою, де ізолюючим середовищем служить атмосферне повітря та електрична міцність якої визначається пробоєм повітряних проміжків або перекриттям у повітрі по ізолюючим поверхням. Основною ознакою зовнішньої ізоляції є залежність її міцності від атмосферних умов.

*Випробувальна напруга* промислової частоти – напруга, яку електричний аппарат чи ізолятор повинен витримати на протязі 1 хв, якщо основна ізоляція керамічна чи рідинна, та на протязі 5 хв, якщо ізоляція складається з органічних твердих матеріалів.

*Витримувальна напруга* промислової частоти – напруга, яку повинна витримати ізоляція при повільному її підвищенні.

*Імпульсна випробувальна напруга* – амплітуда імпульсної напруги заданої форми, яку повинна витримати ізоляція при дії трьох імпульсівпо 40 мкс.

Електричні апарати вважаються *придатними до роботи*, якщо під час випробувань не спостерігалося пробою, пошкоджень внутрішньої та зовнішньої ізоляції, часткових розрядів у мастилі, а також розрядів у зовнішній ізоляції (при нормальних умовах).

Електричний апарат складається з окремих деталей і провідників, які є електрично з’єднаними. Місце переходу струму з однієї струмоведучої деталі чи частини апарату до іншої називається *електричним контактом*, а деталі, що виконують цей контакт – контактними деталями або просто *контактами*.

Умовно електричні контакти можна поділити на 3 групи:

1. *розбірні контакти* – контакти, у яких в процесі роботи деталі не переміщуються один відносно одного, а знаходяться у надійно з’єднаному стані;

2. *комутуючі контакти* – контакти, які в процесі роботи замикають або розмикають мережу для проходження струму;

3. *контакти ковзання* – різновид комутуючих контактів, у яких одна з деталей переміщується (ковзає) відносно іншої, але при цьому контакт не переривається.

Опір в області точки торкання, обумовлений явищами стягування струму, називається *перехідним опором контакту*.

*Жорсткі контакти* служать для нерухомого з'єднання струмоведучих деталей. Сюди відносяться шинні з'єднання, з'єднання кабелів, місця приєднання апаратів до ланцюгів живлення.

*Нерозмикаючі контактні з'єднання* рухомих елементів. Такі з'єднання використовуються для того, щоб передати струм з рухомого контакту на нерухомий або для того, щоб дати можливість елементу нерухомого контакту мати невелике переміщення під дією рухомого контакту.

*Розривні контакти*. У процесі роботи контакти більшості апаратів розривають ланцюг зі струмом, більшим, ніж мінімальний струм дугоутворення. Виникаюча електрична дуга сприяє швидкому зносу контактів.

Для надійного гасіння дуги, яка виникає при відключенні, між нерухомим та рухомим контактами потрібно створити певну відстань. Відстань між нерухомим та рухомим контактами у повністю відключеному стані апарату називається *розчином контактів*.

Контакт, який має можливість вільно встановлюватись на поверхні, має максимальне число точок торкання. Такий контакт називається *самовстановлюючий*.

*Рубильник* призначений для ручного включення та відключення струму у колах з напругою джерела живлення до 220 В при постійному струмі та 380 В при змінному струмі.

*Пакетні вимикачі* та перемикачі (рис. 4.3, 4.4) є багатоступінчатими багатоланцюговими апаратами, призначеними для нечастих комутацій у колах з невеликою потужністю (струми до 400 А).

*Контактор* – це одноступінчатий апарат, призначений для частих дистанційних включень та відключень електричних силових ланцюгів при нормальних режимах роботи.

*Магнітний пускач* – контактор змінного струму, який використовується в основному для управління роботою (пуску в хід та зупинки) асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором.

*Запобіжник* – електричний апарат, призначений для захисту електричних кіл чи окремих електричних установок від перевантажень та струмів КЗ.

*Автоматичний вимикач* (*автомат*) служить для відключення електричної мережі у ненормальних та аварійних режимах – перевантаженнях, КЗ, надмірному пониженні напруги живлення, зміні напряму потужності, для нечастих включень та відключень номінальних струмів навантаження.

*Власний час відключення автомата* – час з моменту, коли струм вимикача досягає струму спрацювання розчеплювача до початку розходження головних контактів.

2 СТУПІНІ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Для захисту персоналу від торкання з струмоведучими чи рухомими частинами та захисту апарату від проникнення в нього стороннього тіл в1 апараті встановлюються спеціальні оболонки.

Згідно ДОСТ 14254-80 захисні оболонки позначаються буквами ІР та двома цифрами. Перша означає ступінь захисту від торкання персоналу до небезпечних деталей апарату, друга – захист від проникнення до апарату сторонніх тіл та рідин.

ІР00. Відкрите виконання. Захист персоналу від торкання до

струмоведучих та рухомих частин відсутній. Сторонні тіла можуть проникати всередину апарату.

ІР20. Захищене виконання. Оболонка таких апаратів захищає від випадкового торкання до струмоведучих чи рухомих частин або від проникнення всередину апарату сторонніх предметів діаметром 12 мм, довжиною 80 мм.

ІР22. Додатково до властивостей виконання ІР20 оболонка захищає від шкідливого дії крапель рідини, які падають на стінку оболонки під кутом 150.

ІР23. Додатково до властивостей виконання ІР20 оболонка захищає від дощу, падаючого під кутом 600 до вертикалі.

ІР40. Оболонка апарата захищає від проникнення всередину апарату дрібних предметів (діаметр більше 1 мм).

ІР42. Додатково до властивостей виконання ІР40 оболонка захищає від дії крапель рідини, як у ІР22.

ІР44. Додатково до властивостей виконання ІР40 оболонка захищає від шкідливої дії бризок рідини, падаючої під будь-яким кутом до стінок оболонки.

ІР50. Оболонка апарата захищає від шкідливої дії пилу (допускається проникання всередину невеликої кількості талькової пудри, яка не порушує нормальної роботи апарату).

ІР60. Пилозахисне виконання. Оболонка повністю перешкоджає проникненню пилу (талькової пудри).

ІР65. Пиловодозахисне виконання. Додатково до властивостей виконання ІР60 оболонка захищає від дії струменів рідини, падаючих під будь-яким кутом до її поверхні.

ІР66. Пиловодонепроникне виконання. Додатково до властивостей виконання ІР60 оболонка забезпечує повний захист від проникнення води всередину апарату при дії струменів рідини, падаючих під будь-яким кутом до її поверхні (морське виконання).

ІР67. Герметичне виконання. Додатково до властивостей виконання ІР60 оболонка забезпечує повну герметичність апарату.

3 СТУПІНІ КЛІМАТИЧНОГО ВИКОНАННЯ

Вплив механічних та кліматичних факторів на електричні апарати в умовах експлуатації регламентується діючими стандартами ДОСТ 15150-69, ДОСТ 5543-70.

Під кліматичними факторами розуміють вплив температури, вологості, тиску (висота над рівнем моря), дощу, вітру, снігу, пилу тощо.

У технічних умовах на електричні апарати завжди даються значення кліматичних факторів, в межах яких забезпечується нормальна робота апарату.

*Кліматичні виконання апаратів*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Виконання для мікрокліматичних районів** | **Позначення** | | |
| **Вітчизняне** | **Латинське** | **Цифрове** |
| Помірний | У | N | 0 |
| Помірний та холодний | УХЛ | NF | 1 |
| Вологий тропічний | ТВ | TH | 2 |
| Сухий тропічний | ТС | TA | 3 |
| Сухий та вологий тропічний | Т | T | 4 |
| Усі мікрокліматичні райони на суші,  окрім районів з вельми холодним  кліматом - „загально-кліматичне  виконання” | О | U | 5 |

*Виконання в залежності від місця розташування електричних апаратів*

|  |  |
| --- | --- |
| **Категорії розташування для експлуатації** | **Позначення** |
| На відкритому повітрі | 1 |
| Під навісом чи в приміщенні, де коливання температури і вологості не суттєво відрізняються від коливань на відкритому повітрі | 2 |
| У закритих приміщеннях з природною вентиляцією без штучної підтримки  кліматичних умов | 3 |
| У приміщеннях з штучним підтриманням кліматичних умов | 4 |
| У приміщеннях з високою вологістю (неопалювані, невентильовані  приміщення, шахти, підвали) | 5 |

На роботу електричних апаратів впливає атмосферний тиск. Від густини повітря залежить міцність ізоляції та охолодження електричних апаратів. Більшість електричних апаратів виготовляються для роботи на висоті 100 м над рівнем моря, але електричні апарати можуть працювати й на більшій висоті. При цьому у від відповідних стандартах чи технічних умовах вказується зменшення номінального навантаження на кожні 100 чи 1000 м висоти, яка перевищує нормальну (1000 м). Електричні апарати літаків працюють на висотах значно більше 1000 м, тому для таких апаратів тиск регламентується в межах 70÷1,3⋅10-4 кПа.

В залежності від вмісту корозійно-активних агентів оточуюча атмосфера поділяється на 4 типи:

І – умовно-чиста (сірчистий газ – не більше 20 мг/м2 за добу та не більше 0,025 мг/м3, хлориди – менше 1 мг/м2 за добу);

ІІ – промислова (сірчистий газ - 20÷110 мг/м2 за добу та 0,025÷0,13 мг/м3, хлориди – менше 0,3 мг/м2 за добу);

ІІІ – морська (сірчистий газ – не більше 20 мг/м2 за добу та не більше 0,025 мг/м3, хлориди – 30÷300 мг/м2 за добу);

ІV – приморсько-промислова (сірчистий газ - 20÷110 мг/м2 за добу та 0,025÷0,13 мг/м3, хлориди – 0,3÷50 мг/м2 за добу).

Кліматичне виконання та категорія розміщення вказуються в кінці скороченого позначення електричного апарату (наприклад, вимикач електромагнітний ВЭ-10-1250-20-У3).

4 СТУПІНІ ОХОЛОДЖЕННЯ

*Перша цифра* в позначенні способу охолодження IC (International Cooling) – *пристрій* кола для циркуляції холодоагенту:

0 - холодоагент вільно підводиться з навколишнього середовища до машини і вільно виводиться з неї;

3 - холодоагент підводиться до машини або охолоджувача не з навколишнього середовища, а з іншого джерела через трубу або підвідний канал, а потім віддаляється через відводять трубу або відвідний канал на деякій відстані від апарата;

4 - первинний холодоагент циркулює по замкнутій системі і віддає своє тепло через поверхню корпусу вторинному холодоагенту, яким є середовище, що оточує корпус апарата;

7 - первинний холодоагент циркулює по замкнутій системі і віддає своє тепло вторинному холодоагенту в охолоджувачі, вбудованому в машину і що є її невід'ємною частиною; вторинним холодоагентом не є середовище, що оточує машину (охолодження за допомогою вбудованого охолоджувача, без використання навколишнього середовища);

8 - первинний холодоагент циркулює по замкнутій системі і віддає своє тепло вторинному холодоагенту в охолоджувачі, що є незалежним пристроєм, встановленому безпосередньо на апараті; вторинним холодоагентом не є середовище, що оточує машину (охолодження за допомогою вбудованого охолоджувача, без використання навколишнього середовища).

*Друга цифра* умовного позначення – спосіб *переміщення* холодоагенту.

0 - за рахунок різниці температур - вільна конвекція; власна вентиляційна дія незначна;

1 - самовентиляція;

2 - за допомогою залежного вбудованого пристрою, не змонтованого безпосередньо на апараті, наприклад вентилятора з зубчастої передачею або ремінним приводом;

3 - за допомогою залежного прибудованого пристрою, встановленого безпосередньо на машині, наприклад вентилятора, що приводиться в рух електричним двигуном, які отримують живлення від висновків охолоджувальної машини;

7 - за допомогою окремого пристрою, не встановлений на машині і не залежить від неї, або під тиском в системі циркуляції холодоагенту, наприклад шляхом подачі води з водопровідної мережі або газу під тиском за допомогою форсунки;

8 - за допомогою відносного руху машини через холодоагент, наприклад тяговий двигун, що охолоджується навколишнім повітрям, або двигун, що приводить в рух вентилятор і охолоджується основним повітряним потоком.

5 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ КОНТАКТІВ

**Мідь**. Використовується як матеріал для плоских та круглих шин, контактів апаратів високої напруги, контакторів, автоматів тощо.

Переваги:

* висока електро- та теплопровідність;
* достатня твердість, яка дозволяє використання при частих включеннях та відключеннях;
* досить високі значення струму та напруги, простота технології.

Недоліки:

* низька температура плавлення;
* при роботі на повітрі покривається шаром окису, який має високий опір;
* потребує дуже великих сил натискання.

Для захисту міді від окислення поверхні контактів покривають електролітичним шаром срібла 20-30 мк. На головних контактах іноді ставляться срібні пластинки (в апаратах, що відносно рідко включаються). Внаслідок низької дугостійкості небажано використовувати у апаратах, відключаючи потужну дугу, що характеризується великим числом включень за годину.

**Срібло**. Використовується в реле та контакторах при струмах до 20 А. При великих струмах до 10 кА срібло використовується як матеріал для головних контактів, працюючих без дуги.

Переваги:

* висока електро- та теплопровідність;
* плівка окису срібла має низький перехідний опір;
* контакт срібла стійкий, завдяки малій механічній міцності;
* достатньо мала сила натиску.

Недоліки:

* мала дугостійкість та недостатня твердість срібла не дозволяють використання при наявності сильної дуги та при частих включеннях та відключеннях.

**Алюміній**. Алюміній та його сплави (дюраль, сілумін) використовують головним чином як матеріал для шин та конструкційних деталей апаратів.

Переваги:

* досить висока електро- та теплопровідність;
* мала питома вага.

Недоліки:

* утворення на повітрі та у активних середовищах плівок з високою механічною міцністю та високим опором;
* низька дугостійкість (температура плавлення значно менша, ніж у міді та срібла);
* мала механічна міцність;
* при контакті з міддю ут1ворюється пара, що підлягає сильній електрохімічній корозії.

При з’єднанні з міддю алюміній повинен покриватися тонким шаром міді або обидва метали необхідно покривати сріблом.

**Вольфрам**. Використовують як матеріал для дугогасних контактів високовольтної апаратури.

Переваги:

* висока дугостійкість,
* висока стійкість проти ерозії, зварювання,
* висока твердість, що дозволяє використовувати вольфрам при частих включеннях та відключеннях.

Недоліки:

* високий питомий опір,
* мала теплопровідність,
* утворення стійких оксидних та сульфідних плівок, · вимагають сильного натискання.

В реле на малі струми з невеликим натиском використовують стійкі проти корозії матеріали – золото, паладій, платина та їх сплави.

**Металокераміка**. Властивості чистих металів показують, що жоден з них не задовольняє в повній мірі всім вимогам, які пред’являються до розривних контактів. Матеріали, які забезпечують необхідні властивості, отримуються шляхом порошкової металургії (*металокераміки*).

Фізичні властивості металів при виготовленні металокерамічних контактів зберігаються. Дугостійкість кераміки забезпечується такими металами, як вольфрам, молібден. Для отримання низького перехідного опору контакту в якості другого компоненту використовують срібло чи мідь.

Металокераміка з вмістом вольфраму вище 50% використовується для важко навантажених апаратів, відключаючих великі струми КЗ.

Для контактів апаратів високої напруги найбільшого розповсюдження отримала металокераміка *мідь-вольфрам* (50-50), *срібло-вольфрам*. В апаратах низької напруги – *срібло-оксид кадмію* та *срібло-оксид міді*, який ще більше зносостійкий.

*Срібло-нікелеві* контакти добре обробляються, наділені високою стійкістю проти електричного зносу. Контакти дають низький стійкий перехідний опір. Але легше зварюються, ніж срібло-вольфрам, мідь-вольфрам, срібло-оксид кадмію.

*Срібно-графітові* та *мідно-графітові* контакти завдяки високій стійкості проти зварювання використовуються як дугогасильні контакти.

ПЕРЕЛІК рекомендованої літератури

1. Тельманов Е.Д. Электрические и электронные аппараты. – Екатеринбург: РГППУ, 2010. – 131 с.
2. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
3. Электрические аппараты: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / [О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В. Меркулов, Е.Н. Смолин]. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 240 с.
4. Алиев И.И., Абрамов М.Б. Электрические аппараты. Справочник. – М.: РадиоСофт. 2004. – 256 с.
5. Бурштинський М.В. та ін. Силові низьковольтні запобіжники / М.В. Бурштинський, А.І. Ковальчук, М.В. Хай. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 108 с.
6. Сосков А.Г., Соскова И.А. Полупроводниковые аппараты: коммутация, управление, защита: Учебник/Под ред. А.Г. Соскова.-К:Каравелла, 2005. - 344 с.
7. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черхных. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 288 с.