

Міністерство освіти і науки України
Міжнародний гуманітарний університет
Кафедра комп'ютерних наук

Русу О.П.

ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до практичних робіт
для здобувачів вищої освіти,
які навчаються за спеціальностями
галузі «Інформаційні технології»

Одеса 2025

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету.
Протокол № 5 від 20 січня 2025 р.

Русу О.П. Електроживлення комп'ютерного обладнання. Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальностями галузі «Інформаційні технології» [Електронне видання]. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. 116 с.

Навчальна дисципліна «Електроживлення систем зв'язку» знайомить здобувачів із принципами побудови та функціонування вузлів, блоків і систем електроживлення ІТ-компаній. Основна увага приділяється якісному й кількісному аналізу процесів, які протікають у функціональних елементах і пристроях систем електроживлення й електропостачання, а також методикам вибору обладнання, за допомогою якого відбувається живлення телекомунікаційної та комп'ютерної апаратури.

ЗМІСТ

Практична робота 1. Основні поняття електроживлення.....	4
Практична робота 2. Електричні кабелі	12
Практична робота 3. Промислова мережа змінного струму	24
Практична робота 4. Види електричної потужності	30
Практична робота 5. Системи електропостачання.....	43
Практична робота 6. Джерела безперебійного живлення	49
Практична робота 7. Обладнання автоматики і захисту	72
Практична робота 8. Електроживлення персональних комп'ютерів	80
Практична робота 9. Особливості використання літійових батарейок	92
Практична робота 10. Визначення параметрів джерела живлення	108
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	115

Практична робота 1. Основні поняття електроживлення

На першому етапі вивчення електроживлення слід навчитися робити елементарні розрахунки, пов'язані із такими характеристиками електроживлення як напруга, струм, потужність та кількість спожитої енергії. А для цього слід згадати найпростішу систему електроживлення.

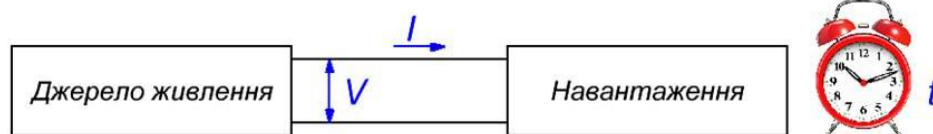
Найпростіша система електроживлення складається із двох ключових компонентів: джерела живлення, що є джерелом електричної енергії, та навантаження, що є споживачем електричної енергії. У найпростішому випадку джерело живлення з'єднано із навантаженням двома проводами, по яким протікає певний струм, а між ними є певна напруга. Слід також згадати, що напруга у системи електроживлення формується джерелом живлення, а струм – навантаженням.

Отже у найпростішій системі електроживлення є два первинні параметри: напруга, що вимірюється у вольтах, та струм, що вимірюється у амперах. Якщо знайти добуток напруги та струму, то ми отримаємо швидкість із якою джерело живлення передає електричну енергію навантаженню.

Потужність, що вимірюється у ватах, є головною найголовнішою характеристикою у даній системі, оскільки вона показує яку кількість роботи виконує навантаження. Яку б задачу ви не вирішували, що б ви не робили, яке б обладнання не обирали, ви завжди повинні думати про потужність, оскільки від неї дуже багато що залежить.

Наприклад, якщо знайти добуток потужності та часу роботи системи, то ми отримаємо кількість електричної енергії, що пройшла через систему. Отже нам, ще дуже часто буде потрібен третій первинний параметр – час. Час не має ніякого відношення до систем електроживлення, він вимірюється звичайними годинниками.

Найпростіша система електроживлення



Первинні параметри (що вимірюються)

V – напруга (визначається джерелом живлення)

I – струм (визначається навантаженням)

t – час роботи системи

Вторинні параметри (що розраховуються)

P = VI – потужність (показує швидкість передавання електричної енергії)

E = Pt – кількість спожитої електричної енергії

Зверніть увагу, що одиниці виміру у різних мовах різні. Це слід обов'язково брати до уваги, особливо коли ви будете аналізувати вхідні дані до задач. Звісно, при підготовці методичного матеріалу можна було б обмежитися тільки українською мовою, але тоді й ваша підготовка була б також обмеженою, бо зараз все більше технічних характеристик наводяться виробниками саме на англійській мові, навіть, якщо вироблені в Україні.

Одиниці виміру фізичних величин

Параметр	Вимірювальний прилад	Позначення одиниці виміру	
		Англійська	Українська
Напруга	Вольтметр	V (volt)	В (вольт)
Струм	Амперметр	A (ampere)	А (ампер)
Час	Годинник	h (hour)	год (година)
Потужність	Ватметр	W (watt)	Вт (ват)
Кількість електричної енергії	Лічильник електричної енергії	kW·h (kilowatt-hour)	кВт·год (кіловат-година)

А ще зверніть увагу на назви вимірювальних приладів. Незважаючи на те, що первинних параметрів, що можна безпосередньо виміряти, усього три: напруга, струм та час, є прилади, що вимірюють і потужність, і кількість електричної енергії.

Вимірювальні прилади



Вольтметри завжди підключають паралельно шинам живлення, бо напруга – це різниця потенціалів між проводами, тому вольтметр просто фізично повинен бути з'єднаний із двома проводами. А от амперметр завжди вмикають у розрив кола. Теоретично його можна увімкнути у розрив любого із проводів, бо струм що в одному, що в другому проводі повинен бути однаковим.

Для вимірювання потужності і кількості електричної енергії слід знати і напругу, і струм. Тому ватметри та лічильники електричної енергії зазвичай мають чотири контакти: два призначені для вимірювання напруги, вони підключаються паралельно шинам живлення, а два – для вимірювання струму, вони включаються у розрив одного із проводів живлення. Фактично ватметри та лічильники електричної енергії містять у собі і вольтметр, і амперметр, добуток показників яких визначається апаратним чи програмним способом. Сучасні цифрові ватметри та лічильники електричної енергії також мають додаткові функції, що дозволяють вирахувати усі параметри електроживлення: і напругу, і струм, і потужність.

Зверніть увагу, що лічильники електричної енергії мають трішки інше позначення на електричних схемах. Це пов'язано із тим, що вольтметри, амперметри та ватметри

відносяться до приладів, що тільки показують поточне значення вимірюваного параметру, тому їх умовні позначення округлі. А от лічильники вже відносяться до категорії реєстраторів. Усі лічильники мають енергонезалежну пам'ять для збереження результатів вимірів. І це позначається на умовних схемах у вигляді прямокутника.

А тепер давайте вирішимо першу просту задачу. Чому дорівнює споживаний струм телевізора, зображеного на рисунку? Аналізуючи, інформацію, що приведена на інформаційній табличці приладу, ми бачимо що цей телевізор може працювати від джерела живлення, напруга якого знаходиться у діапазоні від 100 до 240 вольт. При цьому він споживає потужність 200 ват. Отже потужність нам відома, вона дорівнює 200 ват. Для визначення струму нам необхідно визначити рівень напруги. Вважаємо, що цей телевізор працює в Україні. За часів Радянського Союзу напруга у промисловій мережі змінного струму дорівнювала 220 вольт, але з 1 жовтня 2014 року Україна перейшла на європейський стандарт живлення, згідно з яким напруга в мережі тепер повинна дорівнювати 230 В. Отже, приймає величину напруги 230 В. А далі все просто – ділимо величину потужності на величину напруги і отримаємо величину струму. У даному випадку, при напрузі 230 В цей телевізор буде споживати струм, що дорівнює 0,87 А.

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?



Дано: Потужність, споживана телевізором, $P = 200$ Вт
Приймаємо величину напруги живлення $V = 230$ В (Україна)
Визначаємо величину споживаного струму

$$I = P/V = 200/230 = 0,87 \text{ А.}$$

Зверніть увагу, що цей телевізор може працювати у широкому діапазоні напруги живлення: від 100 до 240 Вт. Зараз дуже багато подібної техніки. Виробники йдуть на цей крок для того, щоб їх обладнання могло без будь якої переробки працювати якомога у більшій кількості країн, бо у кожній країні можуть бути свої стандарти живлення. Наприклад, якщо увімкнути цей телевізор у мережу США, напруга у якій дорівнює 120 В, то той же самий апарат буде споживати струм 1,67 А, тобто майже удвічі більший.

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?



Дано: Потужність, споживана телевізором, $P = 200$ Вт
Приймаємо величину напруги живлення $V = 120$ В (США)
Визначаємо величину споживаного струму

$$I = P/V = 200/120 = 1,67 \text{ А.}$$

Це дає нам підставу зробити головний висновок. Для роботи обладнання необхідна енергія. Тобто, якщо необхідно щоб який електричний пристрій виконував певну роботу, неважливо яку, чи пришивав гудзики, чи забезпечував нас доступом до мережі Інтернет, то він повинен отримувати енергію із певною швидкістю, що визначається потужністю. А от

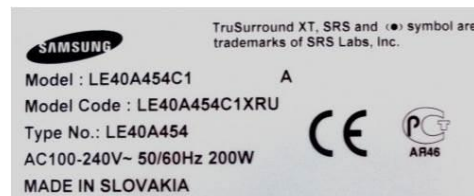
величини напруги та струму, добуток яких і визначає потужність, вже підлаштовуються під конкретну ситуацію. Тобто і США, і в Україні цей телевізор буде виконувати однакову кількість роботи і споживати однакову потужність, що дорівнює 200 Вт. А от величини напруги та струму будуть різними.

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?



Україна

$V = 230 \text{ В}$, $I = 0,87 \text{ А}$, $P = 200 \text{ Вт}$



США

$V = 120 \text{ В}$, $I = 1,67 \text{ А}$, $P = 200 \text{ Вт}$

Величина потужності (кількість виконаної роботи) не залежить від параметрів джерела живлення!

А давайте спробуємо цей телевізор підключити до автомобільного акумулятора. Наприклад, ви захотіли подивитися улюблений серіал десь на природі, де немає електричних розеток. Зате є автомобіль, у якому є акумулятор. Чи можна так зробити технічно? Чи можна наприклад, взяти два проводи та підключити електричну розетку безпосередньо до клем акумулятора?

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?



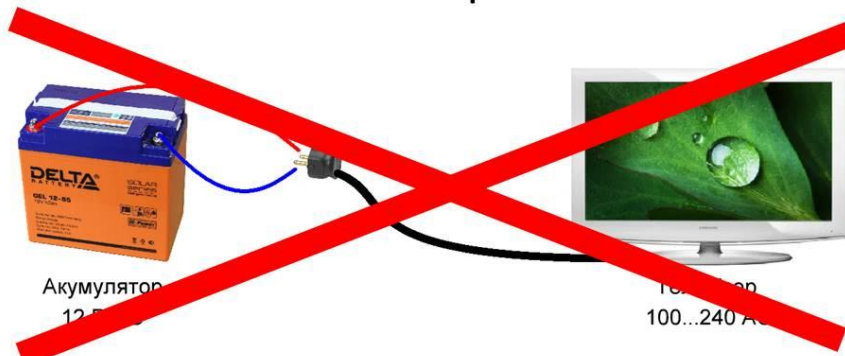
Акумулятор
12 В DC



Телевізор
100...240 AC

Так ні в якому разі робити не можна, бо у даному випадку не будуть співпадати ні напруга живлення, рід струму. Вихідна напруга типового автомобільного акумулятора дорівнює 12 В, що набагато менше на найнижчу напругу, що дорівнює 100 В, за якої телевізор буде спроможний працювати. Крім того не співпадає рід напруги. Телевізор розрахований на живлення змінною напругою, про що свідчить аббревіатура AC від англійського словосполучення «Alternation Current» (змінний струм). А акумулятор є джерелом постійної напруги, про що свідчить аббревіатура DC – скорочення від англійського словосполучення Direct Current (постійний струм). Отже, якщо підключити телевізор безпосередньо до акумулятора, то у кращому випадку нічого працювати не буде, а гіршому такою комутацією ви виведете з ладу як телевізор, так акумуляторну батарею.

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?

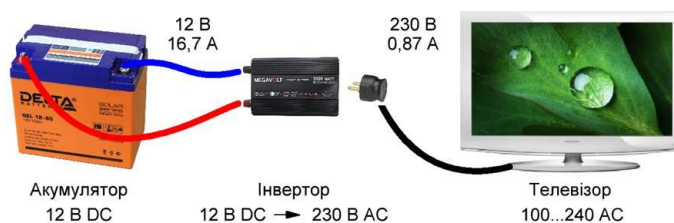


Телевізор не можна підключити безпосередньо до акумулятора, бо не співпадає ні величина напруги (12 В) ні рід струму (акумулятор є джерелом постійного струму)

Для того, щоб телевізор міг працювати від акумуляторної батареї слід використовувати ще один пристрій, який також відноситься до пристроїв електроживлення. Вона називається інвертор. Зараз на ринку є велика кількість готових інверторів, що, до речі, не дуже дорого коштують. Інвертор відноситься до вторинних джерел живлення, які не генерують, а лише перетворюють параметри електричної енергії. У даному випадку інвертор перетворить постійну напругу акумулятора з величиною 12 В у змінну напругу із величиною 230 В. Звісно за умови, що ви знаходитесь в Україні, бо якщо ви будете знаходитись у США, то там більшість інверторів будуть мати на виході напругу лише 120 В. Але у нашому випадку це зовсім неважливо, бо наш телевізор може працювати і від напруги 230 В, і від напруги 120 В.

При цьому струм, що буде споживатися телевізором від інвертора не зміниться, і при напрузі 230 В, як і раніше, від буде дорівнювати 0,87 А. А от інвертор від акумулятора вже буде споживати набагато більший струм, який, для того щоб забезпечити потужність 200 Вт, вже повинен бути не менше ніж 16 А.

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?



Струм, споживаний від акумулятора

$$I = P/V = 200/12 = 16,7 \text{ А}$$

Насправді, струм споживаний від акумулятора, буде більшим, оскільки при перетворенні параметрів електричної енергії неминучі втрати, що будуть виділятися у вигляді тепла. Тому інвертор буде нагріватися, а струм, споживаний від акумулятора буде більшим. Але поки що, на даному етапі вивчення основ електроживлення, на це можна не звертати уваги.

Чому дорівнює струм, споживаний телевізором?

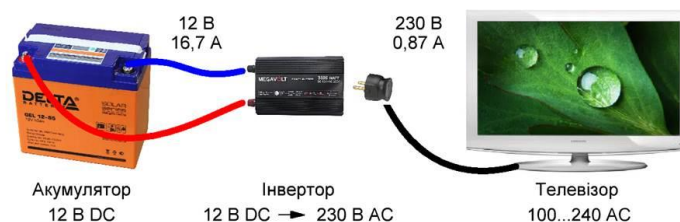


Через втрати енергії при перетворенні інвертор буде нагріватися, а струм, споживаний від акумулятора, більше ніж 16,7 А

Цікаво, а скільки ж часу цей телевізор зможе працювати від акумуляторної батареї. Коли телевізор працює від мережі змінного струму, то час його роботи не обмежений, бо електрична енергія для його роботи генерується електростанціями, що працюють цілодобово. А от акумулятор рано чи пізно розрядиться, бо кількість енергії у ньому обмежена. Так наскільки ж годин роботи телевізора вистачить цього заряду. Чи буде його досить для того щоб переглянути улюблений серіал?

Кількість енергії, що міститься у хімічних джерелах живлення, таких як акумулятори чи батарейки, зазвичай вимірюється у ампер-годинах. Так склалося історично. Наприклад, ємність акумулятора типового легкового автомобіля дорівнює приблизно 50 ампер-год. Це означає, що акумулятор може віддавати струм 50 А на протязі однієї години. Якщо навантаження буде споживати струм 100 А, то енергії в акумуляторі вистачить на півгодини, а якщо 1 А, то цей час буде дорівнювати 50 годинам, тобто більше ніж дві доби.

Скільки часу телевізор зможе працювати від акумулятора?



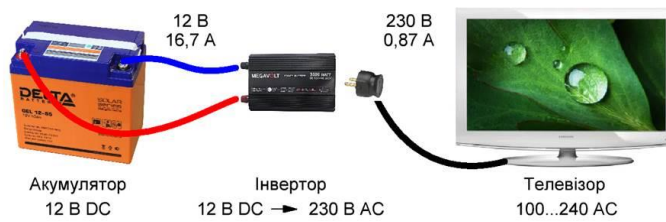
Ємність акумулятора вимірюється у ампер-годинах (А·год) або ват(кіловат)-годинах

$$It = 50 \text{ А} \cdot \text{год}$$

$$E = ItV = 50 \cdot 12 = 600 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 0,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Але ж ми знаємо, що кількість електричної енергії вимірюється у кіловат-годинах. Як визначити ємність акумулятора у звичних одиницях виміру? Усе просто. Оскільки кількість енергії це добуток напруги, струму та часу роботи. А ємність у ампер-годинах це є фактично добуток струму та часу, то якщо ми цей параметр помножимо ще й на напругу, то отримаємо, кількість енергії у необхідних нам одиницях виміру. У даному випадку 12-вольтовий акумулятор ємністю 50 ампер-годин містить 600 ват-годин енергії або 0,6 кВт·год.

Скільки часу телевізор зможе працювати від акумулятора?



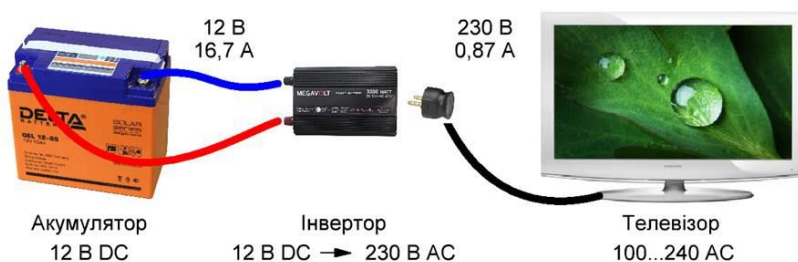
$$t = A/I = 50/16,7 = 3 \text{ год}$$

$$t = E/P = 600/200 = 3 \text{ год}$$

Так скільки часу буде працювати телевізор? Цю задачу можна вирішити двома способами. Перший спосіб підходить для пристроїв, що живляться від батарейок чи акумуляторів. Оскільки ми знаємо величину споживаного струму, у нашому випадку це 16,7 А, то можна ємність акумулятора чи батарейки поділи на це значення і ми отримаємо час роботи до розряду акумулятора. Якщо розділити 50 ампер-годин на 16,7 ампер, то вийде, що цей телевізор від акумулятора зможе працювати не більше 3 годин.

Другий спосіб є універсальним. Якщо ми знаємо кількість енергії в акумуляторі і величину споживаної потужності, то частка від ділення цих двох параметрів і дасть нам час роботи. Як бачите, якщо розрахунки зроблені правильно, то результат не залежить від обраного способу. У будь якому випадку на перших порах я б вам рекомендував використовувати другий – універсальний спосіб. Але і першим способом ви також можете користуватися, він також є технічно коректним.

Скільки коштує подивитись телевізор?



$$\text{Тривалість типового фільму } t = 1,5 \text{ год}$$

$$\text{Кількість енергії } E = Pt = 200 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ кВт-год}$$

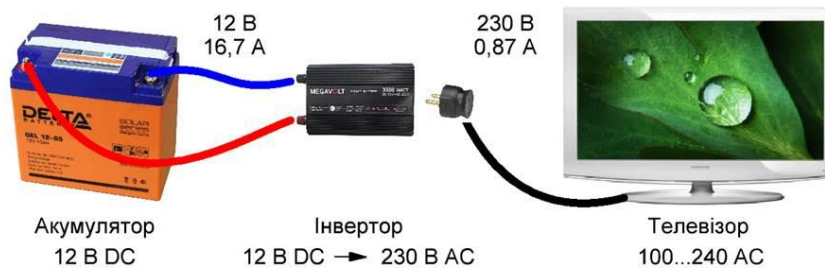
$$\text{Тариф на електроенергію } T_E = 5 \text{ грн/кВт-год}$$

$$\text{Вартість перегляду фільму } B = ET_E = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ грн}$$

І останнє питання на сьогодні, яке хоч безпосередньо і не відноситься до систем електроживлення, але ви усе одно його ніяк не уникнете. Скільки усе це буде коштувати? Наприклад, ви подивилися по цьому телевізору кіно, яке тривало 1,5 години. За цей час, при споживаній потужності 200 Вт, ви спожили 300 ват-годин, або 0,3 кіловат-години. Для того, щоб визначити, у скільки коштів вам це обійдеться, необхідно знати тариф на електроенергію. Нехай він буде дорівнювати 5 грн за кіловат-годину. У даному випадку вам необхідно заплатити енергопостачальній компанії 1,5 гривні. Тобто при такому тарифі на

електроенергію перегляд цього телевізора ви будете платити одну гривню за кожну годину насолоди.

Скільки коштує подивитись телевізор?



Акумулятор потребує заряду. У автомобілі на заряд акумулятора витрачається частина пального, що коштує певних грошей.

Неважливо від чого заряджаєте акумулятор, електрична енергія рідко буває безкоштовною

«Але ж у даному випадку, телевізор не був підключений до мережі», – скажете ви – «То про які гроші йде мова?» Так, але ж акумулятор колись хтось зарядив. Якщо акумулятор стояв на борту автомобіля, то на його заряд було витрачено певну кількість пального. А якщо він заряджався від зарядного пристрою, то на його заряд була взята енергія із промислової мережі. Тобто хтось і колись помістив витратив на заряд цього акумулятора щонайменше 0,6 кіловат-годин енергії, і це у будь якому випадку було не безкоштовно.

Висновки

- Якщо відомі поточні значення напруги та струму можна швидко з'ясувати, що відбувається у системі
- Обладнання споживає потужність, що є добутком напруги та струму. А от конкретне значення і напруги, і струму залежить від конкретної ситуації
- Для того, що визначити основні параметри процесів у колах живлення необхідно знати напругу, струм та час роботи

Цікаво, а скільки буде коштувати енергія, якщо для заряду використовувати бензин? Я певен, що більшість із вас відповідь на це питання ви вже зможе знайти самостійно.

Практична робота 2. Електричні кабелі

Термінологія кабельної продукції

Коли ми говоримо про твердотільні провідники електричного струму, а електричні кабелі відносяться саме до цієї категорії, то слід розрізняти між собою дроти, проводи, кабелі та шнури. Їх часто плутають між собою, тому що межа між ними інколи може бути доволі умовною. Наприклад, якщо ви прийдете в комп'ютерний магазин і скажете: «Дайте мені провід живлення для комп'ютера» або «Дайте мені комп'ютерний силовий кабель», або «Дайте мені комп'ютерний силовий шнур», то вас зрозуміють і дадуть правильний виріб. Але правильна назва цього виробу буде або «силовий шнур» або «шнур живлення». А от назвати цей виріб «силовим кабелем», «силовим проводом», «проводом живлення» чи «силовим дротом» буде, щонайменше, неточно або зовсім неправильно.

Твердотільні провідники електричного струму



- **Дріт** – металевий виріб у вигляді гнучкої нитки або тонкого прута
- **Провід** (електричний) – електротехнічний виріб з одного або кількох дротів, призначений для створення електричних з'єднань
- **Кабель** – електротехнічний виріб, призначений для передачі електричної енергії або електричних сигналів в певних умовах експлуатації
- **Шнур** (електричний або сигнальний) – кабель підвищеної гнучкості, призначений для утворення електричних з'єднань із рухомим об'єктами

Почнемо із дроту. Дріт – це металевий виріб, який має дуже широку галузь застосування. Наприклад, із дроту можна робити паркани. Ви напевно не раз бачили паркани із сітки рабиці. Ця сітка виготовляється із круглого сталевого дроту, який згинається на спеціальних станках так, щоб утворити поверхню, яка буде огорожувати певну територію. За допомогою тонких срібних та золотих дротів, які мало чим відрізняються від ниток, можна зробити гарну вишиванку. Дроти використовують в будівництві, садівництві, мистецтві. У світі навіть існує спеціальний вид творчості – вайрворкінг, де з дроту виготовляють різні красиві речі. Взагалі, дуже складно знайти галузь, де не можна використовувати дрід. Дріт – це один із найдавніших винаходів людини – його виготовляли ще в стародавньому Єгипті.

Дріт



Бухта металевого дроту



Вишивка дротом



Сітка рабиця



Вайрворкінг



В'язка арматури

Дріт, призначений для протікання електричного струму, називають проводом. Слово «провід» означає, що цей об'єкт виконує транспортну функцію. Ви знаєте, що існують «проводи» і інших об'єктів. Наприклад, шляхопроводи призначені для формування та

розв'язання транспортних потоків, по трубопроводах транспортують рідкі та газоподібні речовини, наприклад, природний газ, нафта або масло. А от електричні проводи призначені для транспортування носіїв електричного заряду. Отже, на відміну від дроту, який у більшості випадків має загальне призначення, електричний провід призначений конкретно для протікання електричного струму, і тому його конструкція може бути складнішою ніж у дроту.

Провід



У найпростішому випадку електричний провід може складатися із одного металевого провідника, який нічим не відрізняється від дроту. Єдиною специфікою електричного дроту є матеріал. Дроти, призначені для протікання електричного струму, виготовляють або з міді, або з алюмінію. Ці матеріали мають одні із найменших питомих електричних опорів, тому їх використання обґрунтовано певним компромісом між вартістю електротехнічної установки та її іншими характеристиками, наприклад, розмірами, вагою чи коефіцієнтом корисної дії. Тому навряд чи ви десь в магазині знайдете електричний провід, виготовлений із заліза, хрому чи нікелю – вони або не існують, або мають настільки специфічне використання, що їх виготовляють лише під замовлення. Але це не означає, що електричний струм не може протікати по іншим металам. Наприклад, в метро, трамваях та на залізниці залізні рейки, по яким рухаються вагони, використовуються у якості провідників електричного струму. Таке рішення обґрунтовано, по-перше, тим, що рейки на залізниці вже існують і їх не потрібно додатково купувати, а по-друге, тим, що через велику площу перерізу, втрати енергії при протіканні струму через залізо, що має більший питомий електричний опір, знаходяться в допустимих межах. Але рейки залізниці навряд чи можна назвати електричними проводами і використовувати, наприклад, для підключення комп'ютера до мережі. Тому в електротехніці та електроніці використовують лише проводи, виготовлені або з міді, або з алюмінію.

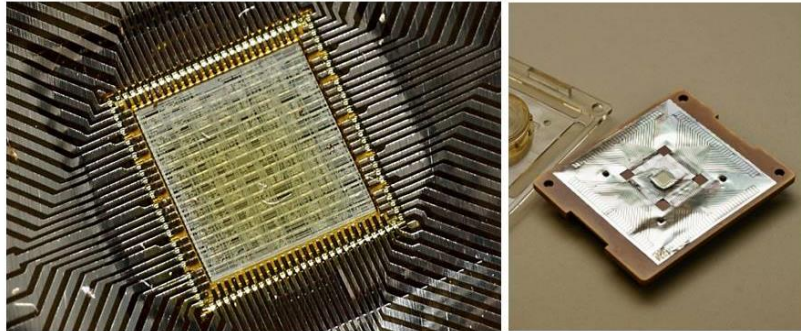
Дроти для електротехніки та електроніки



Але мідь та алюміній не є найкращими матеріалами для протікання електричного струму. Найменший питомий електричний опір мають золото та срібло. Але цих металів на землі дуже мало, тому виготовляти електричні проводи з золота та срібла було б дуже

дорого. Золото та срібло у якості провідників електричного струму використовуються лише в електроніці, наприклад, при виготовленні напівпровідникових приладів або роз'ємів. Ці метали використовують у випадках, коли потрібно забезпечити найвищий рівень якості та надійності електронних пристроїв, оскільки, наприклад, золото, окрім того, що воно має найменший питомий електричний опір, є ще і хімічно інертним матеріалом, тобто матеріалом, що не змінює свій хімічний склад у звичайних умовах. Отже, для створення електричних з'єднань в електротехніці та електроніці використовують чотири основні метали: алюміній, мідь, срібло та золото. Основна частина електричних з'єднань виконується за допомогою мідних та алюмінієвих провідників, а золото та срібло використовуються лише у випадках, коли використання міді та алюмінію погіршить якість виробу.

Золоті та срібні провідники всередині мікросхеми



Мідь та алюміній мають різні властивості. Якщо порівняти два проводи, що мають однакові довжину та електричний опір, то виявиться, що алюмінієвий провідник буде легшим та дешевшим за його мідний аналог. Крім того, алюміній на відкритому повітрі майже миттєво вкривається тонким шаром окислу, який надійно захищає його від подальших хімічних реакцій, у той час як окислення міді, якщо її спеціально не захищати, відбувається постійно, що призводить до поступового погіршення її електричних властивостей. Тому, на перший погляд, алюміній є більш придатним матеріалом для виготовлення електричних проводів, ніж мідь. Але у алюмінію є два важливих недоліки, які призвели до того, що цей метал у якості провідника електричного струму використовується лише в електротехніці. Річ у тому, що алюміній дуже погано паяється та зварюється, а пайка, як відомо, є одним із основних способів з'єднання електронних компонентів. Крім того, алюміній є дуже крихким металом – для того щоб зламати алюмінієвий провідник достатньо його лише кілька разів зігнути під малим радіусом. Тому алюмінієві проводи використовують лише в стаціонарних потужних електроустановках, де вага та вартість мають головне значення, а мідні проводи, що мають більшу гнучкість та легко з'єднуються між собою, використовують лише в кінцевому сегменті енергосистем та в електроніці.

Мідь vs. алюміній

Мідь

- Більша вартість
- Більша вага
- Менша хімічна стійкість
- Більша гнучкість
- Легко паяється

Область застосування:

- Електропроводка («остання миля» енергосистем)
- Електроніка

Алюміній

- Менша вартість
- Менша вага
- Більша хімічна стійкість
- Менша гнучкість
- Дуже погано паяється та зварюється

Область застосування:

- Потужні силові установки
- Лінії електропередач

Та повернемося до електричних проводів. Ви вже зрозуміли, що електричні проводи повинні не тільки проводити електричний струм, а ще й мати експлуатаційні властивості. Наприклад, силовий шнур, який підключає комп'ютер до розетки, повинен бути гнучким.

Але дріт, що має великий діаметр, неважливо, алюмінієвий чи мідний, дуже погано гнеться. Отже виникає проблема: для того щоб забезпечити протікання значного струму дріт проводу повинен мати великий діаметр, але при цьому він стане жорстким і його буде незручно монтувати та експлуатувати. У цьому випадку, провід виготовляють із кількох дротів малого діаметру. Таке рішення забезпечує одночасно і необхідний електричний опір, і необхідні експлуатаційні властивості. Отже усі проводи, що призначені для протікання електричного струму поділяються на дві великі категорії: однодротові та багатодотові. Однодротові проводи використовуються для стаціонарного підключення електронних вузлів та електричного обладнання, а багатодотові – для монтажу в обмежених просторах або для підключення нестаціонарного обладнання.

Електричні проводи



Однодротовий провід є дешевшим, проте він менш гнучкий, тому його важко прокладати та експлуатувати. Використовується для стаціонарного підключення



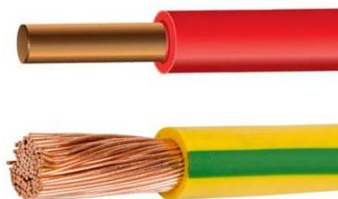
Багатодотовий провід складається із кількох дротів, що переплітаються у пучок. Такий провід більш зручний при монтажі та експлуатації. Використовується для монтажу в обмежених просторах та для підключення нестаціонарного обладнання

Оскільки електричні проводи призначені для протікання електричного струму, то їх потрібно захищати від небажаних електричних контактів. Тому проводи поділяються ще на дві категорії: ізольовані та неізольовані. Неізольовані проводи складаються лише із дротів. Ізольовані проводи вкривають додатковим шаром матеріалу, що має високий електричний опір. Саме з ізольованими проводами ви будете найчастіше стикатися під час своєї професійної діяльності, оскільки неізольовані проводи використовуються здебільш у великій енергетиці або у спеціальних застосунках.

Наявність ізоляції



Неізольований провід



Ізольований провід

Прикладом використання неізольованих проводів є повітряні лінії електропередач, які ви, я певен, неодноразово бачили. В цих лініях неізольовані проводи монтується на спеціальних скляних або фарфорових ізоляторах, призначених для того щоб уникати утворення небажаних електричних контактів за будь-якої погоди, у тому числі, і під час сильних злив. Використання неізольованих проводів, у даному випадку обґрунтовується зменшенням вартості лінії електропередачі, оскільки виготовлення кількох тисяч фарфорових ізоляторів коштує дешевше ніж покриття тисяч кілометрів електричних проводів шаром ізоляційного матеріалу.

Використання неізольованих електричних проводів

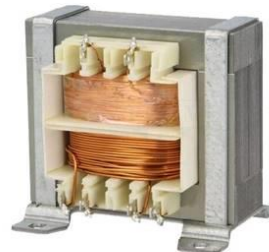


Електричний ізолятор



Для ізоляції проводів використовуються матеріали, які, окрім високого електричного опору, забезпечують і інші експлуатаційні властивості. Зазвичай ізоляцію електричних проводів виконують із полівінілхлориду, фторопласту, гуми та інших матеріалів, проте це не обов'язково. Цікавим прикладом ізольованих проводів є проводи, призначені для створення індуктивних виробів, таких як дроселі, трансформатори, електромагніти, електродвигуни тощо. В цих виробах використовується спеціальний обмотувальний провід, який є мідним або алюмінієвим дротом, вкритим тонким шаром міцної і водночас еластичної емалі. Незважаючи на невелику товщину ізоляції, яка не перевищує кількох мікрометрів, такий провід забезпечує ізоляційні властивості при напрузі між суміжними провідниками до кількох сотень вольт, що цілком достатньо для практичного застосування. Проте через невелику механічну міцність емалі, такий провід можна використовувати лише одноразово і лише в індуктивних елементах.

Обмотувальний провід (емаль-провід)



Емаль-провід – мідний або алюмінієвий дріт, вкритий тонким шаром емалі. Використовується для створення різноманітних індуктивних виробів

Слід зауважити, що електричні проводи не завжди виготовляють із дротів, виготовлених із одного металу. Наприклад польовий телефонний провід, призначений для забезпечення телефонного зв'язку на відкритій місцевості, складається із кількох залізних дротів, які забезпечують необхідну механічну міцність, та кількох мідних, призначених для зменшення електричного опору. Для передавання високочастотних сигналів часто використовують біметалеві дроти, основою яких є алюмінієвий або мідний дріт, вкритий тонким шаром металу із меншим електричним опором, наприклад, міді, срібла або золота. Така конструкція обумовлена наявністю поверхневого ефекту, внаслідок якого високочастотний струм протікає лише по зовнішній поверхні провідника. Це дозволяє зменшити вартість проводу без істотного погіршення його електричних властивостей.

Проводи із різних матеріалів



Польовий телефонний провід

Сталеві дроти забезпечують механічну міцність, мідні – необхідний електричний опір



Біметалевий високочастотний сигнальний провід (алюміній + мідь або срібло)

Внаслідок поверхневого ефекту високочастотний електричний струм протікає лише по зовнішній (мідній або срібній) поверхні провідника

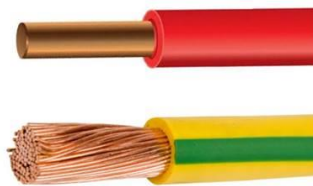
Отже тепер ми розуміємо чим відрізняється дріт від проводу. Дріт – це виріб загального призначення, який можна використовувати у тому числі, і електротехніці. А от електричний провід – це виріб спеціально призначений для протікання електричного струму, причому в певних умовах експлуатації. Провід може складатися із одного або кількох дротів і може вкриватися шаром електричної ізоляції. Для дроту головними параметрами є лише матеріал та діаметр, а для електричного проводу, окрім цих параметрів потрібно звертати увагу ще й на електричний опір, максимальну робочу напругу, максимально допустимий струм, та на інші певні експлуатаційні властивості, наприклад, на мінімальну кількість перегинів, який витримує провід до свого фізичного руйнування.

Дріт vs. провід

Дріт



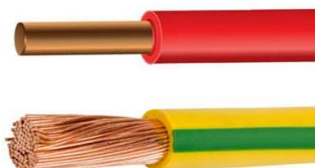
Провід



Тепер настала черга розглянути наступний електротехнічний виріб, який називається електричний кабель. Головною відмінністю проводу від кабелю є призначення. Зрозуміло, що і провід, і кабель призначені для протікання електричного струму. Проте провід завжди складається із одного провідника, а кабель – це поєднання кількох проводів в одному електротехнічному виробі. Електричний провід не має конкретного призначення – він просто призначений для протікання електричного струму у певних умовах експлуатації, а от кабель вже може мати конкретне призначення, яке дуже важко змінити.

Провід vs. кабель

Провід



Кабель



Кабель – це певна кількість проводів, зазвичай, вкритих захисною оболонкою
Кожен кабель призначений для конкретного застосування

Усі електричні кабелі поділяються на дві великі категорії: кабелі призначені для передавання енергії, які називаються силовими, і кабелі, призначені для передавання інформації, які називаються інформаційними. Для силових кабелів головним параметром є максимальна кількість енергії, яку він спроможний пропустити за одиницю часу. Цей параметр у фізиці називається потужністю. А от для інформаційних кабелів головними параметрами є сфера застосування та максимальна швидкість передавання інформації.

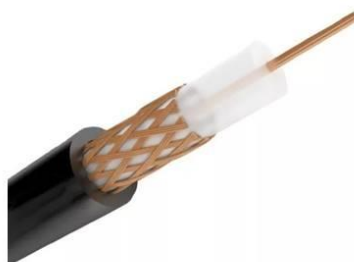
Види кабелів

Силовий кабель



Головний параметр – максимальна потужність

Інформаційний кабель



Головний параметр – максимальна швидкість передачі інформації

Силові електричні кабелі

Давайте розглянемо кілька найбільш поширених силових кабелів, які також часто називають просто «електричними кабелями», підкреслюючи цією назвою, що вони використовуються саме в електротехніці а не в електроніці. Електричні кабелі складаються з кількох проводів, які зазвичай мають однаковий переріз. В електричних кабелях проводи часто називають «жилами», маючи на увазі, що кожна жила утворює шлях для протікання електричного струму. Проводи кабелю можуть мати додаткову захисну оболонку, що підвищує рівень електробезпеки під час їх експлуатації. Усі електричні кабелі загального призначення розраховані на використання в електроустановках, тому на ринку важко знайти електричний кабель з робочою напругою менше 400 В.

Головними параметрами електричного кабелю є його марка, тобто назва моделі, кількість жил та їх переріз. Тому якщо ви прийдете в магазин електричних кабелів і скажете: «Дайте мені кабель ППВ 2х2,5», то продавець вас одразу зрозуміє і дасть вам кабель марки ППВ, що має дві жили, кожна з яких має переріз 2,5 мм². Отже першим елементом в маркуванні кабелю є його тип, або модель, другим елементом є кількість струмопровідних жил, а третім – їх переріз у квадратних міліметрах.

Особливості силових (електричних) кабелів



- Призначені для передавання електричної енергії
- Складають з кількох однакових проводів, які часто називають «жилами»
- Можуть мати додаткову захисну оболонку
- Розраховані на використання в електроустановках з високою напругою (не менше 400 В)

Головними параметрами силових кабелів є кількість струмопровідних жил, їх переріз та умови експлуатації

Типів (або марок) силових кабелів існує доволі багато. Проте ви, як фахівці з інформаційних технологій, навряд чи будете мати справу з цим різноманіттям – це галузь іншої спеціальності, яка називається енергетикою. Ми розглянемо лише три найбільш поширені марки електричних кабелів, які можна придбати в більшості магазинів електротоварів, і з якими ви точно зіткнетесь під час вашої професійної діяльності. А найпоширенішими електричними кабелями загального призначення є кабелі типів ППВ, ПВС та ШВВП.

Найбільш поширені силові кабелі



Абревіатура ППВ розшифровується як «Провід Плаский в Вініловій ізоляції». Він складається з двох чи трьох однодротових мідних проводів, розташованих в одній площині. Додаткової захисної оболонки цей кабель не має. Оскільки провідники цього кабелю є однодротовими, то цей кабель є доволі жорстким, тому його важко монтувати та підключати. Використання однодротових провідників робить цей кабель нестійким до згинання, а відсутність додаткової захисної оболонки обмежує його використання в електроустановках. Кабель ППВ найкраще підходить для прихованої стаціонарної електропроводки в стінах, тому його часто використовують електрики, оскільки він є одним із найдешевших.

Провід Плаский в Вініловій ізоляції (ППВ)



- Два або три одножильні проводи (жили) з перетином від 0,75 мм² до 5,0 мм²
- Температурний діапазон експлуатації – від – 50°C до +70 °C
- Стійкий до відносної вологості повітря 100% при температурі +30 °C
- Стійкий до дії грибкової цвілі
- Не підтримує процес горіння
- Тривалий нагрів жил до +70 °C
- Термін служби – не менше 15 років

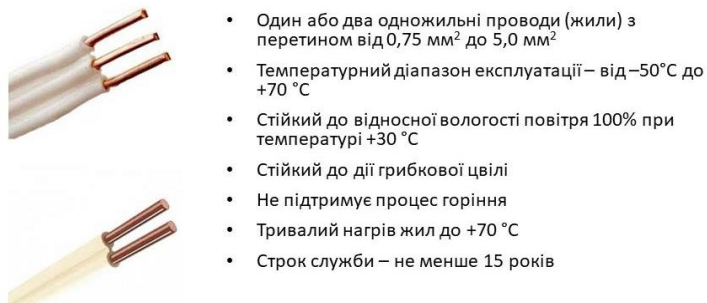
Кабель ППВ виготовляється із мідними або алюмінієвими жилами. Якщо кабель має алюмінієві жили, то до його маркування додається літера «А». Це стосується не тільки кабелю ППВ, а й усіх інших електричних кабелів. Отже електричні кабелі марок АППВ та ППВ повністю тотожні за своїми експлуатаційними характеристиками і відрізняються лише матеріалом жил і, відповідно, ціною – алюмінієвий кабель бешевше за мідний із таким же самим перерізом жил. Але алюмінієвий кабель має більший електричний опір, тому за однакового перерізу жил він спроможний пропустити менший струм, інакше він перегріється. Тому не можна просто так замінювати мідний кабель на більш дешевий алюмінієвий з таким же самим перерізом жил – він може не витримати навантаження і вийти з ладу. За однакової потужності, що проходить через електричний кабель, алюмінієвий кабель повинен мати більший переріз струмопровідних жил ніж мідний.

ППВ vs. АППВ



Проте кабель ППВ не дуже шанують навіть електрики. Річ у тому, що однодротові жили і відсутність додаткової захисної оболонки роблять його дуже незручним для монтажу. З ним потрібно дуже обережно працювати, оскільки вінілову ізоляцію можна легко пошкодити, наприклад, під час протягування кабелю через отвір в стіні. Крім того, однодротові жили дуже погано скручуються і легко ламаються. Кабель ППВ можна пошкодити навіть просто зігнувши його кілька разів під малим радіусом, тому якщо є така можливість, то навіть для стаціонарної електропроводки електрики намагаються використовувати більш зручні у практичному використанні кабелі із багатодрововими жилами. Крім того, відповідно до Правил улаштування електроустановок, навіть стаціонарна внутрішня електропроводка повинна виконуватися мідними проводами. Тому кабель ППВ не завжди можна знайти в типовій крамниці електротоварів, а кабель АППВ – тим більше.

Провід Плaskий в Вініловій ізоляції (ППВ)



Проте про кабель ППВ ви повинні знати, оскільки він, у тому числі і його алюмінієва версія, за часів Радянського Союзу, коли діяли інші Правила улаштування електроустановок, активно використовувався в Україні для внутрішньої електропроводки в будинках. З цим кабелем, особливо з кабелем після тривалої експлуатації, слід працювати дуже обережно, оскільки з часом його ізоляція втрачає еластичність та стає крихкою, а мідні струмопровідні жили вкриваються шаром окислу, який істотно збільшує електричний опір в місці з'єднання. Тому стару електропроводку, виготовлену на основі кабелю ППВ, якщо вона знаходиться у робочому стані, краще взагалі не чіпати.

Кабель ППВ та АППВ в електропроводці



Сучасним аналогом кабелю ППВ є кабель ШВВП, який є найбільш поширеним та для побудови стаціонарної електропроводки. Він також є найдешевшим серед багатодровових кабелів, тому якщо вам потрібен буде електричний кабель, то в крамницях електротоварів вам у першу чергу запропонують саме його. Так само як і кабель ППВ, кабель ШВВП складається з кількох паралельних проводів, розташованих в одній площині. Проте на відміну від кабелю ППВ, кабель ШВВП має багатодровові струмопровідні жили, що робить його гнучким і зручним в експлуатації. Підвищена гнучкість цього кабелю зазначена навіть у маркуванні – від маркується не як кабель, а як шнур, тобто може використовуватись для підключення до електромережі нестационарних об'єктів. Крім того, кабель ШВВП має додаткову захисну вінілову оболонку, яка підвищує рівень електробезпеки при механічному пошкодженні.

Шнур в Вініловій ізоляції і Вініловій оболонці Плоский (ШВВП)

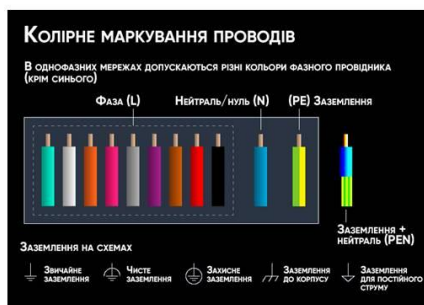
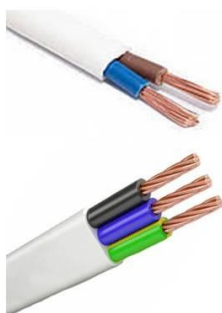


Кабель, призначений для будівництва мереж електроживлення і освітлення в житлових, адміністративних та промислових приміщеннях, приєднання приладів, машин і пристроїв побутового і аналогічного застосування до мереж при номінальній напрузі змінного струму до 0,45кВ, а також для систем 0,45/0,75кВ

- Максимальна температура струмопровідної жили – +70 °С
- Ресурс кабелю при згині при постійній номінальній напрузі складає не менше 30 тис. циклів або 60 тис. рухів
- Температура повітря при якій допускається експлуатація кабелю ШВВП – +40 °С –25 °С
- Термін експлуатації кабелю рухомо не менше 6-ти років, а в стаціонарному стані – не менше 10-ти років

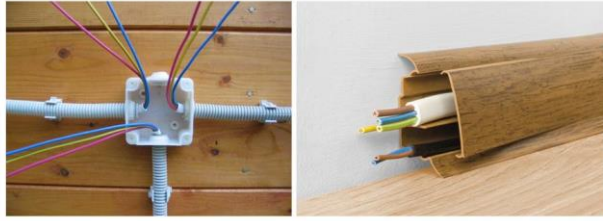
Проводи кабелю ШВВП можуть мати однаковий колір, проте частіше за все виробники фарбують проводи кабелю у різні кольори – це спрощує монтаж та експлуатацію електропроводки. При цьому кольори проводів мають певне значення, якого потрібно обов'язково дотримуватись. Проводи, що мають жовтий або зелений кольори, призначені для підключення систем захисту: занулення або заземлення. Ви вже знаєте із попередньої лекції, що таке підключення необхідно для обладнання із першим класом захисту від ураження електричним струмом. Проводи блакитного або синього кольорів призначенні для підключення до нульового провідника електричної мережі. Цей колір також не можна ні з чим плутати. А от провід, що підключає обладнання до фазного проводу, може мати будь-який колір окрім жовтого, зеленого, блакитного або синього.

Колірне маркування проводів



Кабель ШВВП є одним із найдешевших найпоширеніших електричних кабелів. Однак у нього є один недолік – він плоский. Це призводить до того, що він по різному гнеться у різних напрямках. Це призводить до певних незручностей під час його експлуатації. Такий кабель ідеально підходить для стаціонарної електропроводки, у тому числі і в стінах чи пластикових кабель-каналах, тому саме таким кабелем зараз роблять електропроводку вдома або на підприємствах. За допомогою такого кабелю можна підключити якесь обладнання, що стоїть стаціонарно та мало рухається. Але підключати за допомогою кабелю ШВВП рухомі об'єкти вкрай незручно.

Використання кабелю ШВВП



Кабель ШВВП ідеально підходить для стаціонарної електропроводки та підключення обладнання, що мало рухається

Для цього краще використовувати кабель ПВС. Кабель ПВС – це гнучкий кабель зі скрученими мідними жилами з полівінілхлоридною ізоляцією та з полівінілхлоридною оболонкою, розрахований на напругу до 400 В. За своїми електричними властивостями кабель ПВС аналогічний кабелю ШВВП. Проте на відміну від кабелю ШВВП, кабель ПВС легко згинається у будь-якому напрямку. Крім того, кабель ПВС витримує більшу кількість згинань, тому він є найкращим для підключення до електричної мережі нестаціонарного обладнання.

Шнур в Вініловій ізоляції і Вініловій оболонці Плоский (ШВВП)



ПВС – гнучкий кабель зі скрученими мідними жилами з полівінілхлоридною ізоляцією та з полівінілхлоридною оболонкою, розрахований на напругу до 400 В.

Використання:

- Силові шнури
- Електричні подовжувачі
- З'єднання нестаціонарного обладнання
- Гнучкі з'єднання
- Побутова та офісна техніка

Тому саме з цього кабелю, або з його конструктивного аналога, виготовляють силові шнури та електричні подовжувачі. Саме цей кабель використовуються для підключення до електричних розеток електроінструменту, а також різноманітної побутової та офісної техніки. Цей кабель також можна використовувати для електропроводки. Проте він є дорожчим за ШВВП, а переваги при використанні його для стаціонарних підключень немає ніяких.

Використання кабелю ПВС



Електричні подовжувачі



Підключення нестаціонарного обладнання

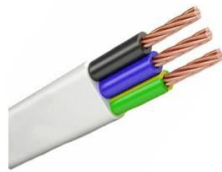


Силові шнури

Кабель ПВС є дорожчим за ШВВП, проте він забезпечує найвищу мобільність обладнання, що живиться за його допомогою

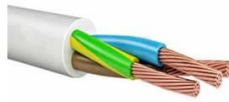
Тому для підключень, що мають стаціонарне розміщення, наприклад для зовнішньої або внутрішньої електропроводки використовують кабель ШВВП. В особливих випадках, наприклад, при браку фінансування, для цього можна використовувати ППВ. Для підключення стаціонарного обладнання, що мало рухається, можна використовувати кабелі ШВВП або ПВС. А от для підключення нестаціонарного обладнання, що постійно змінює своє місце розташування, найкраще використовувати більш дорогий кабель ПВС.

Найбільш поширені силові кабелі



ШВВП

- Внутрішня електропроводка
- Живлення стаціонарного обладнання
- Найбільш поширений кабель



ПВС

- Електричні подовжувачі
- Силові шнури
- Підключення нестационарного обладнання



ППВ

- Стаціонарна електропроводка
- Самий дешевий електричний кабель

І наостанок, щоб вже повністю закрити тему електричних кабелів, слід обов'язково згадати про провід ПВ. Провід ПВ не є кабелем. Це одиничний провід, вкритий шаром кольорової вінілової ізоляції. Цей провід використовують в різних електроустановках – там де використання електричних кабелів є недоцільним, наприклад, для створення якихось одиничних електричних з'єднань. Оскільки цей провід розрахований на використання в електротехнічних установках, то його робоча напруга є не меншою за 400 В. Провід ПВ випускається в двох модифікаціях: ПВ-1 та ПВ-3. Провід ПВ-1 є більш жорстким. До перерізу 16 мм² він випускається виключно в однодротовому варіанті. А от провід ПВ-3, незалежно від перерізу є багатодрововим, тому він набагато м'якіший за ПВ-1.

Провід ПВ



ПВ-1 (однодротовий)



ПВ-3 (багатодрововий)

ПВ – провід з мідною жилою з ізоляцією із полівінілхлоридного пластикату

Застосовуються для електричних установок при стаціонарному прокладанні в освітлювальних і силових мережах, а також для монтажу електрообладнання, машин, механізмів і верстатів на номінальну напругу до 750 В частотою до 400 Гц або постійну напругу до 1000 В

Проводи марки ПВ-3 призначені для монтажу ділянок електричних кіл, де можливі вигини проводів

Починаючи з перерізу 16 мм² провід ПВ-1 також стає багатодрововим, проте, як видно з рисунку, діаметр дротів проводу ПВ-1 є більшим за діаметр дротів проводу ПВ-3 аналогічного перерізу. Тому провід ПВ-1 а будь-якому випадку буде більш жорстким порівняно із проводом ПВ-3. Проте не слід забувати, що провід ПВ-1 буде і дешевшим за його багатодрововий аналог.

ПВ-1 vs. ПВ-3



Практична робота 3. Промислова мережа змінного струму

В системах електроживлення, у тому числі і на останній ділянці промислової мережі України, використовуються змінні напруги синусоїдальної форми. Синусоїдальна напруга або синусоїдальний струм визначаються наступними формулами:

$$u(t) = U_m \sin(2\pi ft + \varphi)$$
$$i(t) = I_m \sin(2\pi ft + \varphi)$$

- $u(t)$ – миттєве значення напруги, В;
- $i(t)$ – миттєве значення струму, А;
- U_m – амплітудне значення (амплітуда) напруги, В;
- I_m – амплітудне значення (амплітуда) струму, А;
- f – частота, Гц;
- t – час, с;
- φ – початкова фаза, рад.

Частоти 50/60 Гц визначив Нікола Тесла, який разом з Джорджем Вестінгаузом, був піонером в освоєнні змінного струму. Свого часу він провів комплексне дослідження властивостей змінного струму різних частот, на підставі якого був зроблений висновок, що для систем електропостачання найкращим чином підходять частоти 50...60 Гц. При менших частотах збільшуються габарити, вага і вартість обладнання, а при великих частотах збільшуються втрати при передаванні та перетворенні електрики, зокрема, втрати на перемагнічування магнітопроводов трансформаторів. Таким чином, частоти 50/60 Гц є результатом компромісу між величиною втрат і вартістю системи.

Існує також обмежена кількість електромереж з частотою 400 Гц. Але вони використовуються там, де малі розміри і вага важливіші, ніж величина втрат при перетворенні. Наприклад, напругою з такою частотою може житися бортове обладнання авіалайнерів

Можливі частоти струму

- **50 Гц** – більшість країн світу (у тому числі і Європи)
- **60 Гц** – країни Америки та Японії
- **400 Гц** – бортова мережа автономних об'єктів



Середнє (Mean) значення напруги та струму визначаються за формулами:

$$U_{MEAN} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$
$$I_{MEAN} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt$$

Для синусоїдальної напруги середнє значення завжди дорівнює нулю ($U_{MEAN} = 0$).
Діюче (ефективне, середньоквадратичне, Root-Mean-Square, RMS) значення періодичних напруг та струмів визначається за загальними формулами:

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$

Для фазної напруги промислової мережі

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707U_m = 230 \text{ В}$$

Таким чином, амплітудне значення фазної напруги промислової мережі дорівнює

$$U_m = \sqrt{2}U_{RMS} = \sqrt{2} \cdot 230 = 325 \text{ В}$$

Абсолютні мінімальні та максимальні значення фазної напруги численно дорівнюють амплітуді, проте відрізняються знаками:

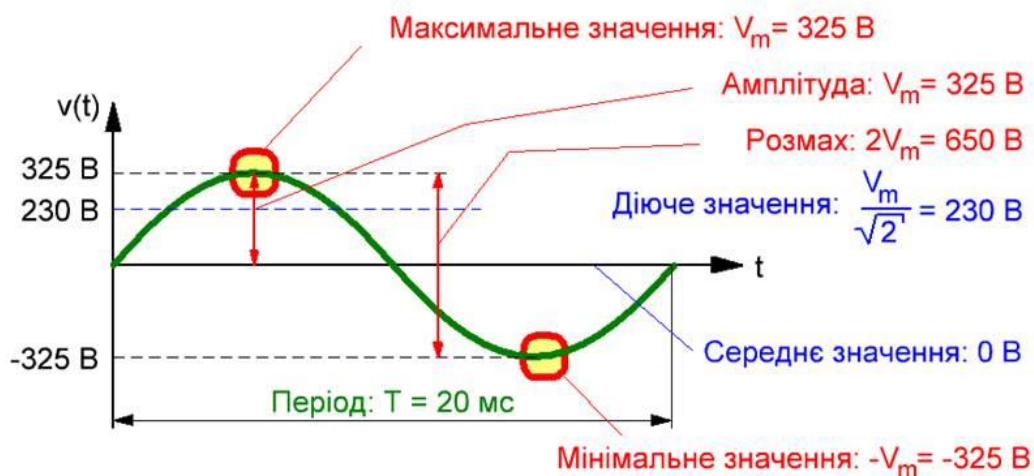
$$U_{MIN} = -U_m = -325 \text{ В}$$

$$U_{MAX} = U_m = 325 \text{ В}$$

Розмах (Peak-Peak) зміни напруги є різницею між мінімальним на максимальним значенням:

$$U_{P-P} = U_{MAX} - U_{MIN} = 2U_m = 2 \cdot 325 = 650 \text{ В}$$

Параметри змінної напруги

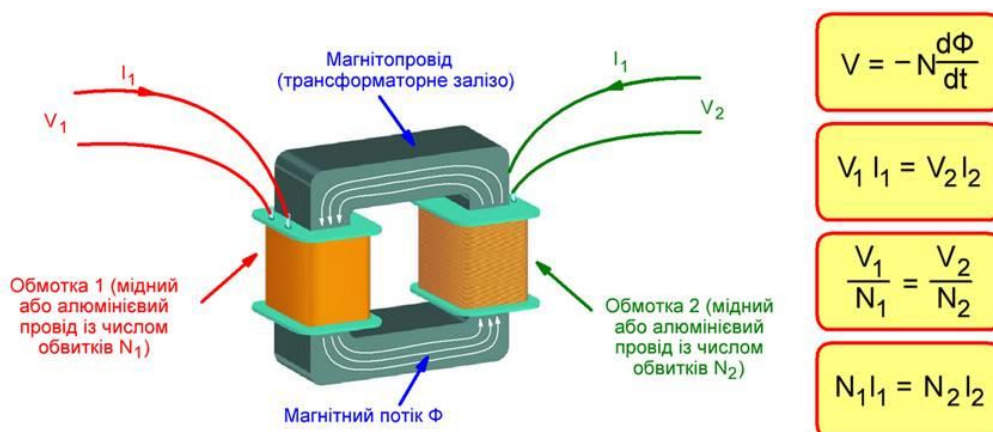


Величина змінної напруги можна змінюється за допомогою трансформаторів, що мають дуже просту конструкцію. Найпростіший трансформатор складається з магнітопровода (його часто називають осердям) і двох обмоток. Якщо одну з обмоток підключити до джерела напруги, то в ній почне протікати струм. Цей струм створить в магнітопроводі магнітний потік Φ , який, відповідно до закону Фарадея, призведе до появи на виводах всіх обмоток ЕРС самоіндукції ϵ :

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt};$$

де N – кількість обвитків обмотки.

Принцип перетворення змінного струму (будова трансформатора)



ЕРС може виникнути тільки за умови постійної зміни магнітного потоку Φ . Якщо підключити обмотку трансформатора до джерела постійної напруги, тоді магнітний потік змінюватися не буде (оскільки $d\Phi/dt = 0$) і ЕРС зникне.

Якщо підключити обмотку трансформатора до джерела змінної напруги, тоді магнітне поле в магнітопроводі буде постійно змінюватися, і на інших обмотках трансформатора виникне ЕРС, форма якої будуть відповідати формі первинної напруги. Таким чином, за допомогою трансформатора можна енергетично зв'язати два електрично ізольовані кола, передаючи енергію через магнітне поле.

Важливою особливістю трансформатора є можливість простого регулювання вихідної напруги, оскільки для ідеального (без втрат) пристрою виконується одне просте умова:

$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2};$$

де U_1 , U_2 , N_1 , N_2 – відповідно, напруги і кількість витків першої та другої обмоток.

З формули видно, що напруга на виході трансформатора визначається співвідношенням числа витків обмоток N_2/N_1 , який називають коефіцієнтом трансформації:

$$U_2 = U_1 \frac{N_2}{N_1}.$$

Якщо кількість витків вторинної обмотки більше кількості витків первинної ($N_2 > N_1$), тоді трансформатор буде підвищувати напругу, а якщо навпаки ($N_2 < N_1$) – тоді знижувати. Наприклад, нехай трансформатор містить дві обмотки з числом витків 3000 і 157. Якщо обмотку, яка містить 3000 витків, підключити до джерела з напругою 230 В, то на виводах обмотки, що містить 157 витків, з'явиться напруга, що дорівнює:

$$U_2 = U_1 \frac{N_2}{N_1} = 230 \cdot \frac{157}{3000} = 12 \text{ В}$$

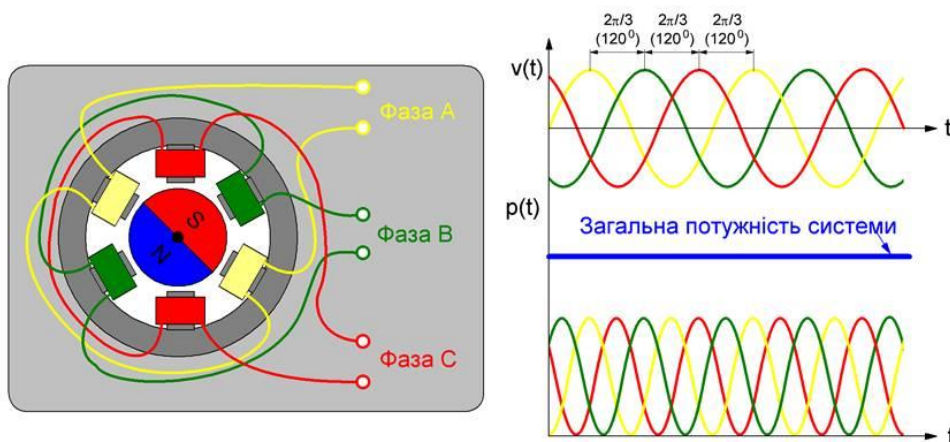
А якщо подати 230 В на обмотку, яка містить 157 витків, то на виводах іншої обмотки буде напруга:

$$U_2 = U_1 \frac{N_2}{N_1} = 230 \cdot \frac{3000}{157} \approx 4400 \text{ В}$$

Таким чином, один і той же трансформатор може як підвищувати, так і знижувати напругу, звичайно, за умови, що напруги, що подаються на обмотки, не перевищують максимально допустимих значень. При цьому трансформатор відносно простий у виготовленні, не містить рухомих частин, і може мати ККД більше 99%.

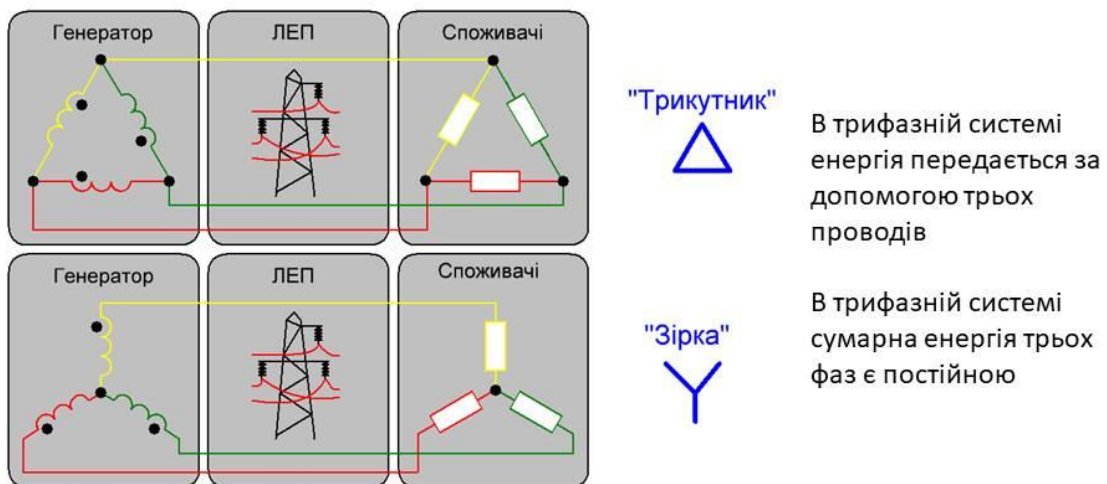
Трифазну систему електропостачання можна спрощено представити у вигляді трьох однакових систем, напруги в яких зсунуті по фазі на третину періоду – 120 градусів або $2\pi/3$ радіан. Отримати трифазну напругу можна, наприклад, за допомогою трьох окремих однофазних генераторів змінного напруги, ротори яких розташовані на одному валу, але повернені на 120°. Однак найкращий ефект буде в разі, коли всі три обмотки будуть розташовані на загальному магнітопроводі статора генератора. У такому пристрої при рівномірному обертанні ротора з постійним магнітом в кожній обмотці буде генеруватися змінне синусоїдальна напруга, зміщена по фазі на 120° по відношенню до напруги інших обмоток.

Принцип роботи трифазної системи електроживлення



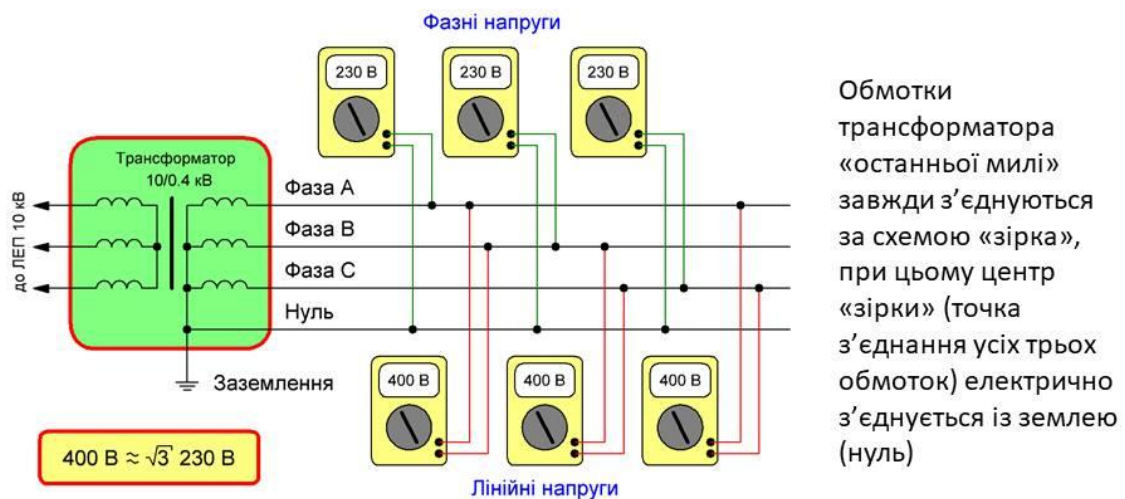
У найпростішому випадку кожен обмотку можна підключити до свого споживача і отримати три ізольовані і практично незалежні системи електроживлення. Однак у цьому випадку втрачаються всі переваги трифазного напруги, тому всі три обмотки з'єднують разом. Розрізняють два способи з'єднання: «трикутником», коли початок однієї обмотки з'єднується з кінцем іншої, і «зіркою», коли почала обмоток з'єднуються разом, а з'єднувальні дроти підключаються до кінців обмоток. Переваги і недоліки кожного із способів з'єднання взаємно компенсують один одного, тому енергетики, за винятком «останньої милі» однаково часто використовують обидва способи. Більш того, трифазна система дозволяє змішувати обидва типи з'єднань, наприклад, обмотки генератора можуть бути з'єднані за схемою «трикутник», а споживачі – за схемою «зірка».

Варіанти з'єднанні у трифазній системі електроживлення



«Остання миля» системи електропостачання починається після останньої трансформаторної підстанції, що знижує напругу до величини 0,4 кВ. Первинні обмотки останнього понижуючого трифазного трансформатора можуть бути з'єднані по будь-якій схемі («трикутник» або «зірка» – як зручно енергетикам), але вторинні зазвичай завжди підключають за схемою «зірка». Причому точку з'єднання обмоток трансформатора електрично з'єднують з землею, і до цієї точки йде додатковий провід, що називають «нульовим». Таким чином, електрична енергія від понижувальної трансформаторної підстанції надходить до споживачів по чотирьом проводам, з яких три є «фазними» (фаза А, фаза В і фаза С), а четвертий – нульовим.

Напруги у електричній проводці



Напруга кожної з вторинних обмоток трансформатора дорівнює 230 В. Таким чином, напруга між нульовим і будь-яким з фазних проводів дорівнює 230 В. Цю напругу енергетики називають «фазною». Але якщо виміряти напругу між будь-якими двома фазними провідниками, то виявиться, що воно буде приблизно дорівнює 400 В, що майже в два рази більше. Цю напругу називають «лінійною». Точна відповідність між фазними V_F і лінійними V_L напругами визначається формулою:

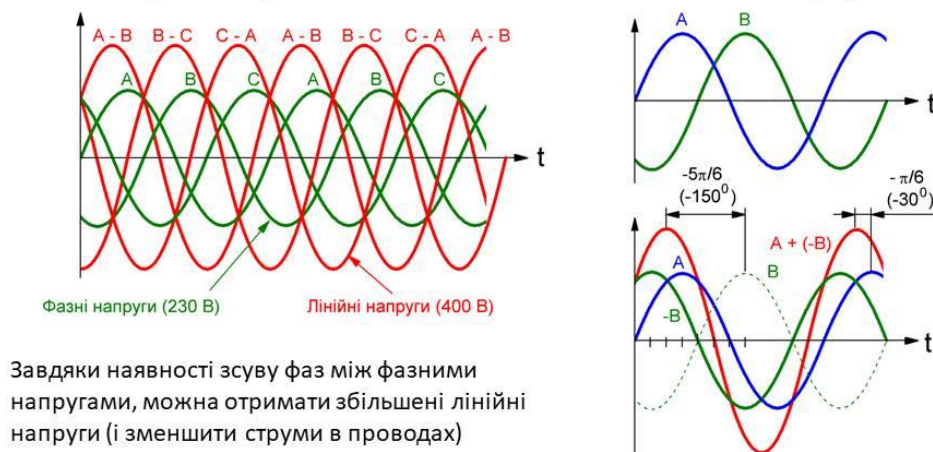
$$U_L = \sqrt{3}U_F = 1,732U_F = 1,732 \cdot 230 = 398 \text{ В} \approx 400 \text{ В}$$

Відбувається це через те, що фазні напруги зсунуті по фазі на 120° , через що і відбувається це збільшення. При цьому результуюча напруга є синусоїдальною, але зміщеною по фазі на $-\pi/6$ (-150°) по відношенню до опорної фази (фази, потенціал якої прийнятий в якості нульового при проведенні вимірювань).

Можливість отримання декількох напруг є ще однією перевагою трифазної системи, адже, як відомо з попередніх лекцій, чим вище напруга живлення, тим менше струм в колі і дешевше електричні кабелі. Таким чином, малопотужних споживачів, теоретично, можна підключати до фазної напруги 230 В, а потужних – до лінійної 400 В, що дозволить по одному і тому ж кабелю пропустити в 1,732 рази більше енергії.

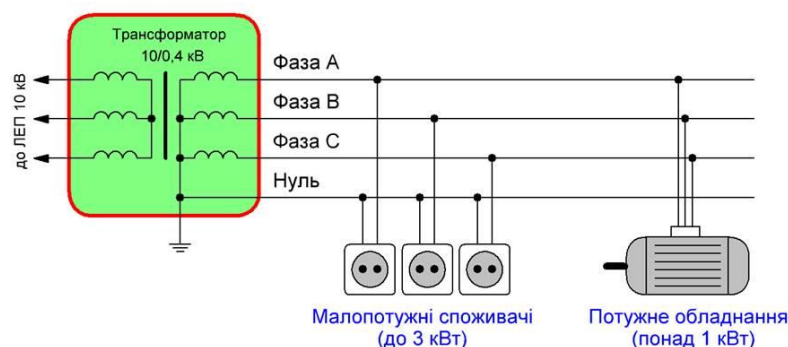
Однак на практиці роблять трохи інакше. Малопотужних споживачів, дійсно, підключають до однієї з фаз системи електропостачання, а потужних – відразу до трьох фаз. В цьому випадку потужні споживачі споживають енергію відразу з трьох фаз, що забезпечує рівномірний розподіл механічного навантаження на вал генератора електростанції і зменшує втрати при транспортуванні електрики.

Як утворюються лінійні напруги



У системах електропостачання «потужними» вважаються споживачі, які мають потужність понад 1 кВт. Починаючи з цього рівня, трижильні мідні кабелі стають дешевшими двожильних. Через це дуже складно знайти однофазне обладнання з потужністю понад 2,5 кВт. З цієї ж причини максимальний струм більшості електричних розеток не перевищує 16 А. При такому струмі максимальна потужність, яку можна спожити від розетки, дорівнює $230 \cdot 16 \approx 3,7 \text{ кВт}$, що цілком достатньо для живлення більшості однофазних приладів.

Підключення обладнання у трифазній мережі



Практична робота 4. Види електричної потужності

У найпростішому випадку джерело живлення з'єднується з навантаженням за допомогою двох проводів. При цьому у колі живлення присутня напруга, яка визначається джерелом живлення, та струм, який визначається навантаженням. Розглянемо особливості живлення обладнання від промислової мережі.

Робота на навантаження активного характеру

Фазна напруга промислової мережі має синусоїдальну форму, частоту 50 Гц та діюче значення 230 В. Якщо ми підключимо до такого джерела живлення навантаження, що буде мати лише активний опір, наприклад обігрівач, то струм, що буде споживати навантаження буде визначатися законом Ома. У цьому випадку форма струму буде аналогічна формі напруги. Якщо побудувати графік миттєвої потужності у такій системі живлення, то він буде мати вигляд наведений на рис. 1.

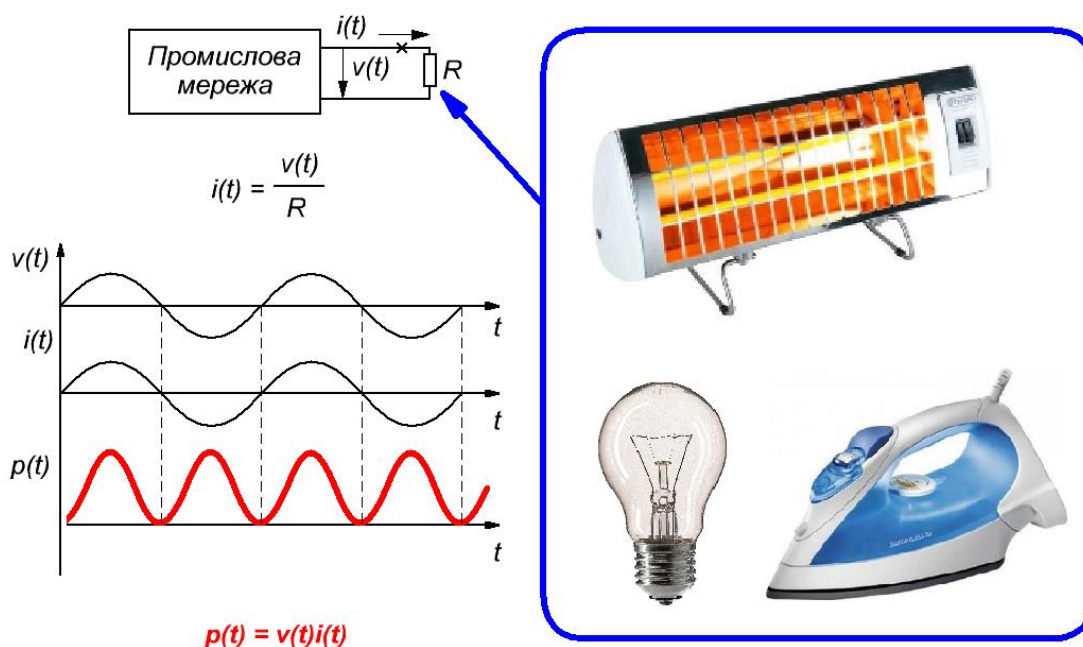


Рисунок 1 – Робота на навантаження активного характеру

З рисунку видно, що у кожній точці періоду миттєве значення потужності позитивне або дорівнює нулю. Зверніть увагу на те, що навіть коли напруга джерела живлення негативна, значення миттєвої потужності усе одно позитивне, оскільки значення струму у цей час також негативне, а добуток двох негативних чисел є позитивним.

При роботі джерела змінної напруги на навантаження активного характеру електрична енергія передається лише в одному напрямку – від джерела живлення до навантаження. Зверніть увагу на те, що енергія у навантаження поступає нерівномірно. На графіку явно видно, що енергія поступає у навантаження періодично із частотою удвічі більшою за частоту напруги джерела живлення (Рисунок 2). На графіку добре видно наявність максимумів та мінімумів передачі енергії. Під час мінімумів електрична енергія не передається.

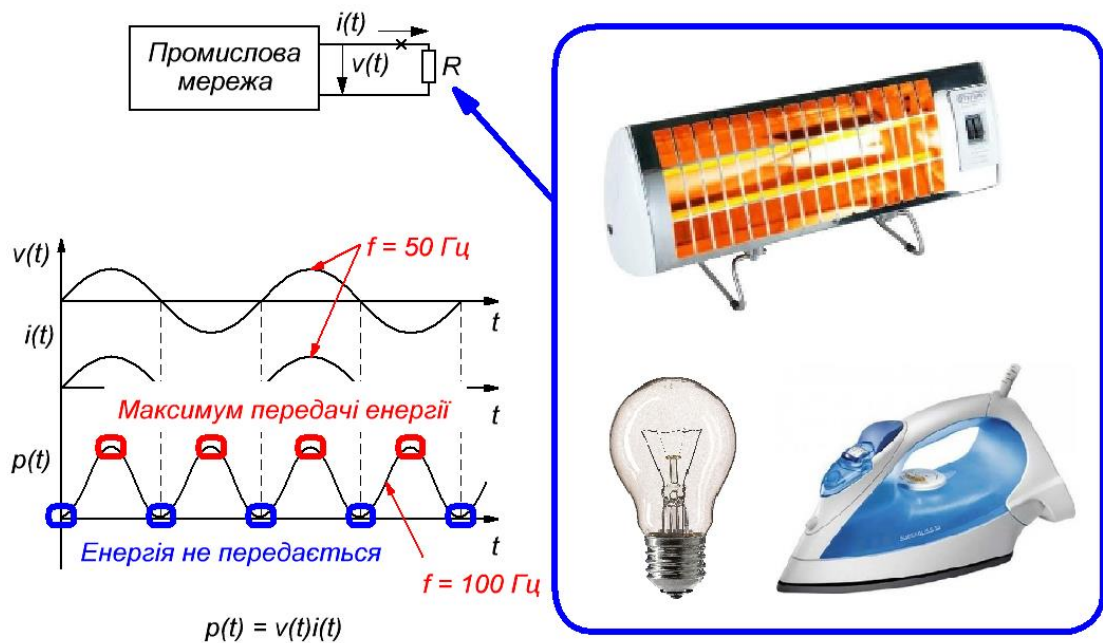


Рисунок 2 – Робота на навантаження активного характеру

Робота на навантаження індуктивного характеру

Тепер підключимо до джерела живлення навантаження, що має індуктивний характер, наприклад, дросель, трансформатор, або електродвигун. Зв'язок між напругою та струмом для індуктивності визначається рівнянням (Рисунок 3).

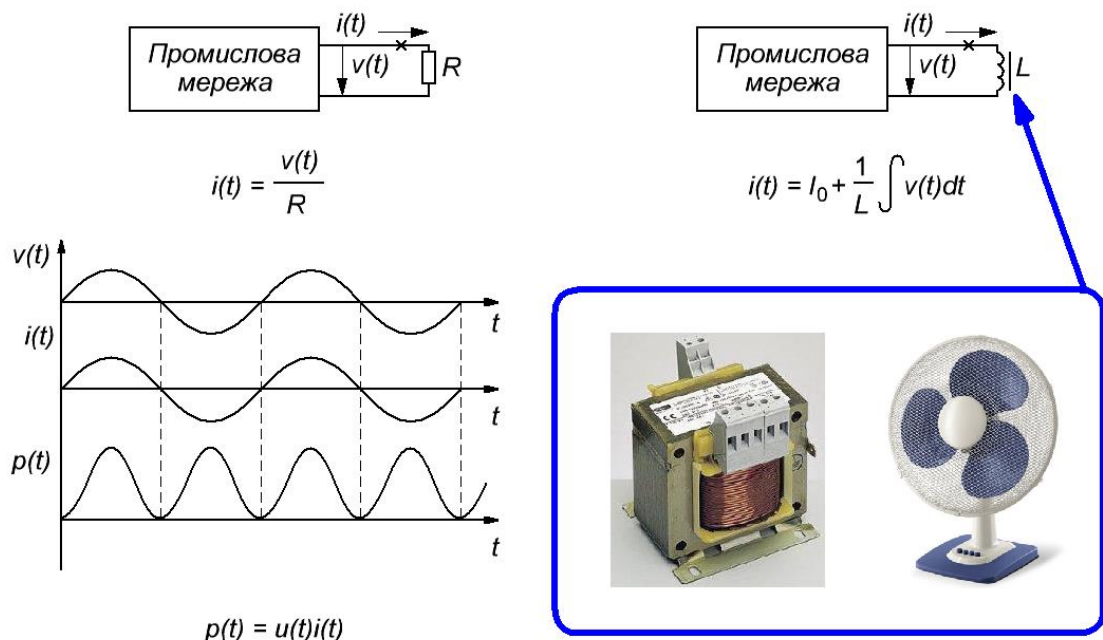


Рисунок 3 – Робота на навантаження індуктивного характеру

Якщо побудувати графік струму, що буде споживати дросель (що споживає навантаження) то ми побачимо, що він має синусоїдальну форму, але зміщений у часі, або другими словами – має зсув по фазі. Для індуктивного характеру навантаження струм на 90 градусів (або $\pi/2$ – якщо у радіанах) запізнюється відносно напруги.

Графік потужності при цьому буде мати наступний вигляд (Рисунок 4). Із графіку видно, що аналогічно активному навантаженню, частота потужності також збільшилась удвічі, але у нас з'явилися моменти, коли напруга та струм мають різні знаки, тобто система періодично працює то у режимі передачі – коли енергія передається від джерела живлення у навантаження, то у режимі рекуперації – коли енергія передається у зворотному напрямку – від навантаження до джерела живлення (повертається у джерело живлення).

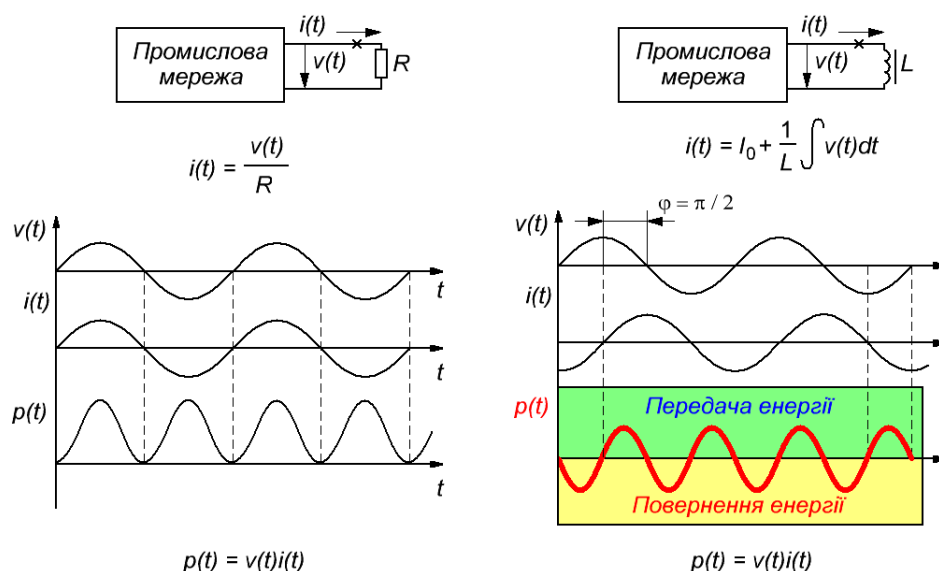


Рисунок 4 – Робота на навантаження індуктивного характеру

Розглянемо цей процес детальніше. Нехай ми підключимо до джерела живлення дросель з індуктивністю 0,73 Гн. Із курсів фізики, електротехніки, або електричних кіл відомо, що індуктивність у колах змінного струму, має еквівалентний опір, що обчислюється за наступною формулою (Рисунок 5):

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,1415 \cdot 50 \cdot 0,73 = 230 \text{ Ом}.$$

Таким чином, дросель з індуктивністю 0,73 Гн для частоти 50 Гц буде мати еквівалентний опір 230 Ом. Це означає, що у колі живлення буде протікати струм, діюче живлення якого буде дорівнювати:

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{230}{230} = 1 \text{ А}.$$

1 А – це діюче значення синусоїдального струму. Для того щоб визначити його максимальне значення цю цифру необхідно помножити на корінь із двох. Таким чином максимальне значення струму у системі буде дорівнювати приблизно:

$$I_m = \sqrt{2}I = \sqrt{2} \cdot 1 \approx 1,41 \text{ А}.$$

$$V = 230 \text{ В} \quad f = 50 \text{ Гц}$$

$$L = 0,73 \text{ Гн}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,73 = 230 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{230}{230} = 1 \text{ А}$$

$$I_m = \sqrt{2}I = \sqrt{2} \cdot 1 = 1,41 \text{ А}$$

$$E = \frac{I^2 L}{2}$$

$$E_m = \frac{I_m^2 L}{2} = \frac{1,41^2 \cdot 0,73}{2} = 0,73 \text{ Дж}$$

$$E_{I=0} = \frac{I^2 L}{2} = \frac{0^2 \cdot 0,73}{2} = 0 \text{ Дж}$$

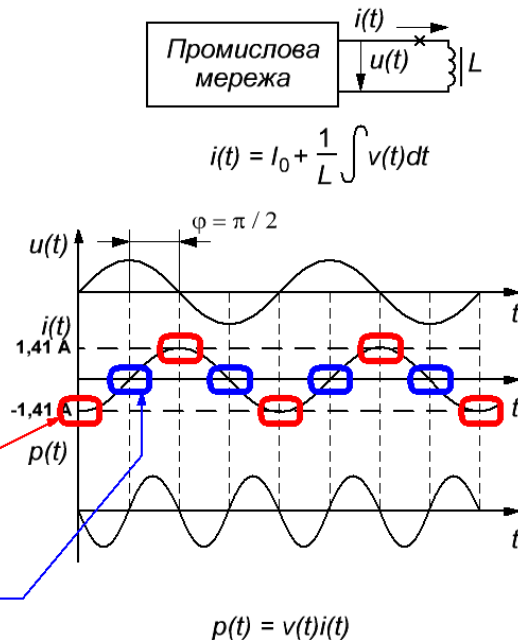


Рисунок 5 – Робота на навантаження індуктивного характеру

Із курсу фізики відомо, що індуктивність накопичує енергію у магнітному полі, величина якої обчислюється за формулою (Рисунок 5):

$$W = \frac{I^2 L}{2}.$$

Таким чином, коли струм досягає максимального значення у магнітному полі дроселя накопичується енергія, кількість якої дорівнює:

$$W_m = \frac{I_m^2 L}{2} = \frac{1,41^2 \cdot 0,73}{2} \approx 0,73 \text{ Дж}.$$

А коли струм дроселя дорівнює нулю, то і енергія магнітного поля у ньому також відсутня.

А тепер розглянемо енергетичні процеси у системі (Рисунок 6). У момент, коли струм дроселя дорівнює нулю енергії у його магнітному полі відсутня. Через чверть періоду струм у дроселі досягає значення 1,41 А, що відповідає енергії магнітного поля 0,73 Дж. Звідки взялася ця енергія?

Оскільки у нашій системі є лиш 2 об'єкта: джерело живлення та дросель, то виходить, що за цей час джерело живлення передало 0,73 Дж енергії у дросель.

Ще через чверть періоду струм дроселя досягає нульового значення і енергії у магнітному полі вже немає. А куди поділася енергія 0,73 Дж, що була у магнітному полі чверть періоду назад? Вона повернувся в джерело живлення!

Тобто, після того як струм дроселя досягнув максимального значення, система перейшла у режим рекуперації і енергія з магнітного поля дроселя почала повертатися назад у джерело живлення.

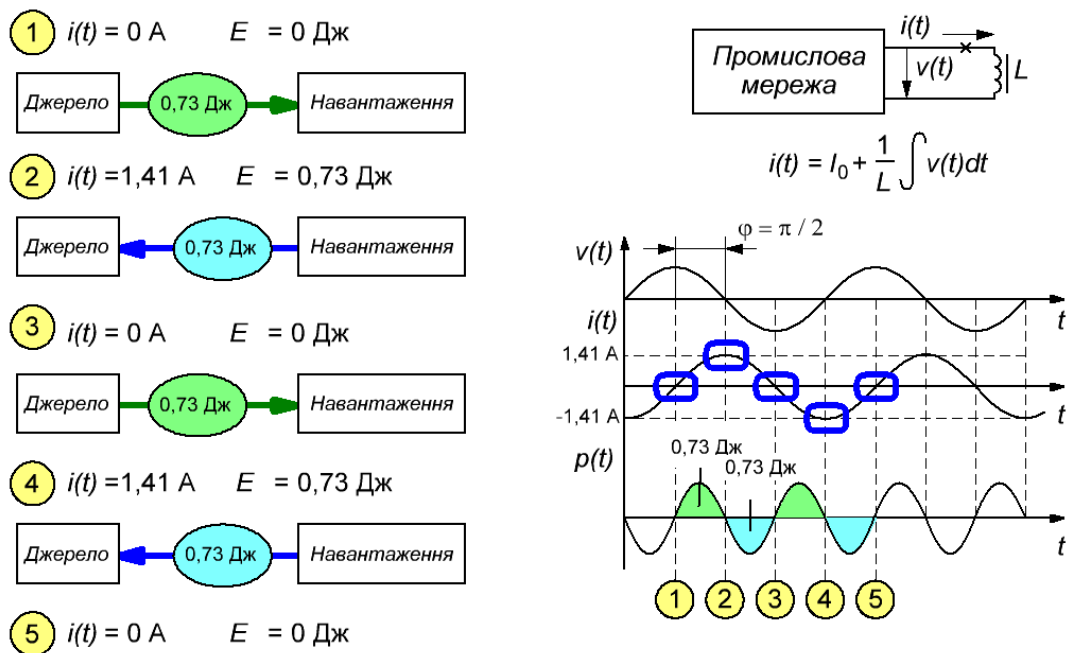


Рисунок 6 – Коливання енергії при роботі на навантаження індуктивного характеру

Ще через чверть періоду струм дроселя знов досягне максимального значення, хоч і з протилежним знаком, і у магнітному полі дроселя знов буде 0,73 Дж енергії, тобто на цій чвертї періоду система знаходилася у режимі передачі.

А ще через чверть періоду струм дроселя знов стане рівним нулю і 0,73 Дж, що була у магнітному полі дроселя, повернеться у джерело живлення. Тобто система останню чверть періоду знаходилася у режимі рекуперації.

А що взагалі відбувається у системі? А відбувається досить цікава річ. Напруга живлення присутня – 230 В. Дросель споживає струм 1 А. Але енергія нікуди не передається. Має місце лише коливання 0,73 Дж енергії між джерелом живлення та дроселем.

Добре це чи погано? Виходить якось нелогічно. Джерело живлення призначено для забезпечення електричною енергією, а навантаження цю енергію не споживає. Як нам визначити ці речі?

Увімкнемо у коло живлення вольтметр та амперметр, які покажуть нам діючі значення відповідно напруги та струму (Рисунок 7). Знову розглянемо два варіанти навантаження: активний, у вигляді резистора з опором 230 Ом, та індуктивний у вигляді дроселя із індуктивністю 0,73 Гн. У обох випадках у колі живлення буде протікати струм, діюче значення якого буде дорівнювати 1 А. Але у випадку активного характеру навантаження фазовий зсув між напругою та струмом буде дорівнювати нулю, а у випадку індуктивного – 90 градусів.

Повна потужність

Якщо ми перемножимо діюче значення напруги та струму, то отримаємо потужність, яка створює навантаження на джерело живлення. Вона називається «повна потужність». Ви можете бачити, що у обох випадках струм у системі буде однаковий. Таким чином, навантаження на джерело живлення у обох випадках буде однаковим, і повна потужність буде дорівнювати:

$$S = UI = 230 \cdot 1 = 230 \text{ ВА}.$$

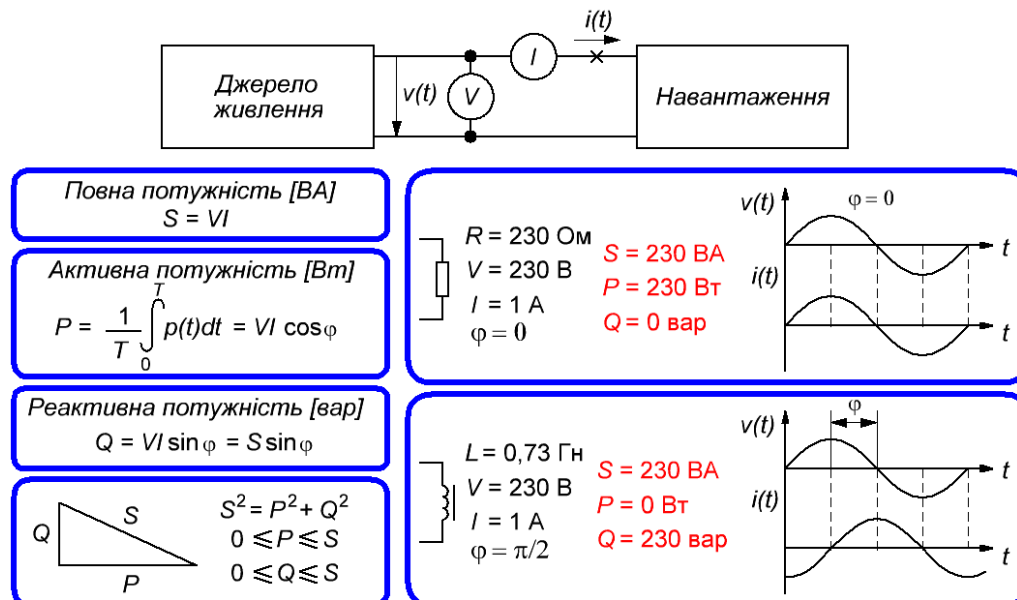


Рисунок 7 – Види електричної потужності

Але за активного характеру навантаження електрична енергія споживається від джерела живлення і перетворюється в інші види енергії, а за індуктивного характеру навантаження електрична енергія від джерела живлення не споживається, а лише у кількості 0,73 Дж коливається між джерелом живлення і навантаженням.

Активна потужність

Отримати кількість спожитої енергії можна шляхом інтегрування миттєвого значення потужності за певний проміжок часу. У випадку змінного струму інтегрування відбувається на інтервалі періоду. Величина інтегралу показує кількість електричної енергії, що була спожита навантаженням. Вона має назву «активна потужність».

Величина активної потужності знаходиться у межах від нуля до значення повної потужності:

$$0 \leq P \leq S.$$

Коли активна потужність дорівнює нулю, то електрична енергія нікуди не передається, а є лише коливання енергії між джерелом живлення і навантаженням, як у випадку індуктивного характеру навантаження.

Коли активна потужність дорівнює повній то вся електрична енергія, що споживається від джерела живлення, перетворюється навантаженням в інші види енергії і коливання енергії джерелом живлення та навантаженням відстані Це відповідає випадку коли до джерела живлення підключається навантаження активного характеру.

Реактивна потужність

Величина коливань електричної енергії визначається за допомогою «реактивної потужності». У прикладі із активним навантаженням реактивна потужність відсутня, а у прикладі індуктивного навантаження реактивна потужність дорівнює повній потужності.

Взаємозв'язок повної, активної та реактивної потужностей

Активна, реактивна та повна потужності зв'язані між собою теоремою Піфагора (Рисунок 7):

$$S^2 = P^2 + Q^2.$$

Таким чином в загальному випадку при живленні навантаження від джерела живлення розділяють три види потужності.

Активна потужність характеризує реальну кількість електричної енергії спожитої навантаженням від джерела живлення. Активна потужність позначається латинською буквою P та вимірюється у ватах (Вт).

Реактивна потужність величину коливань електричної енергії між джерелом живлення та навантаженням. Вона також визначає додаткове навантаження, що створює навантаження на джерело живлення. Реактивна потужність позначається латинською буквою Q та вимірюється у варах (ВАР) – вольт-ампер реактивних.

Повна потужність – це реальна потужність яку навантаження створює на джерело живлення з урахуванням активної та реактивної потужності. Повна потужність позначається латинською буквою S та вимірюється у ВА (вольт-амперах).

Коефіцієнт потужності

Коли навантаження не містить реактивних або нелінійних елементів, воно є навантаженням активного типу (Рисунок 8). Для такого навантаження форма споживаного струму відповідає формі напруги, тобто струм має синусоїдальну форму. Фазовий зсув між напругою та струмом відсутній. Прикладом активного навантаження можуть бути наприклад, різні нагрівальні елементи: обігрівачі, праски, лампи розжарювання, тощо.

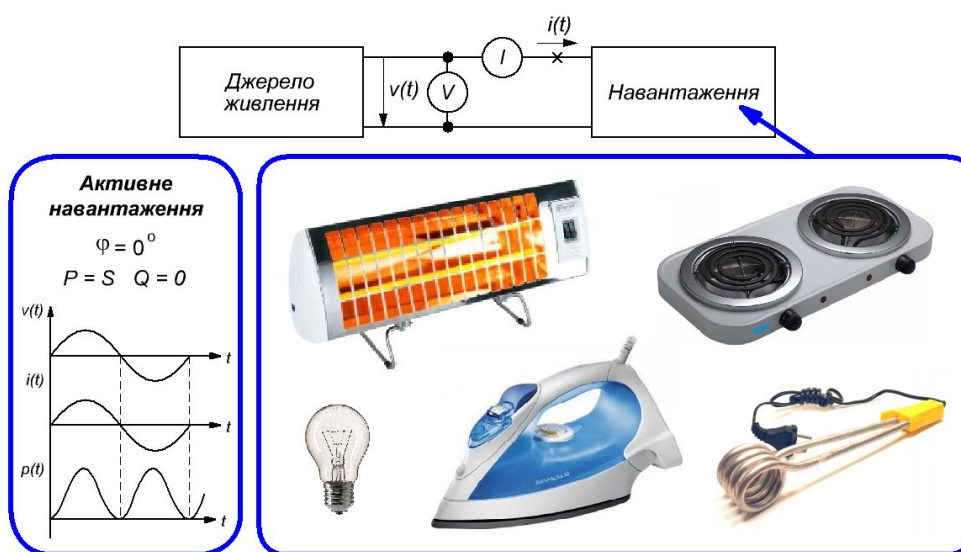


Рисунок 8 – Навантаження активного характеру

Для індуктивного характеру навантаження (Рисунок 9) струм має синусоїдальну форму, але відстає по фазі від напруги. І чим більша різниця між формами напруги та струму, тим більший рівень коливань електричної енергії між джерелом живлення та навантаженням. Максимальна різниця між фазами напруги та струму становить 90° . За такого кута активна потужність від джерела живлення взагалі не споживається і у колі живлення мають місце лише коливання електричної енергії.

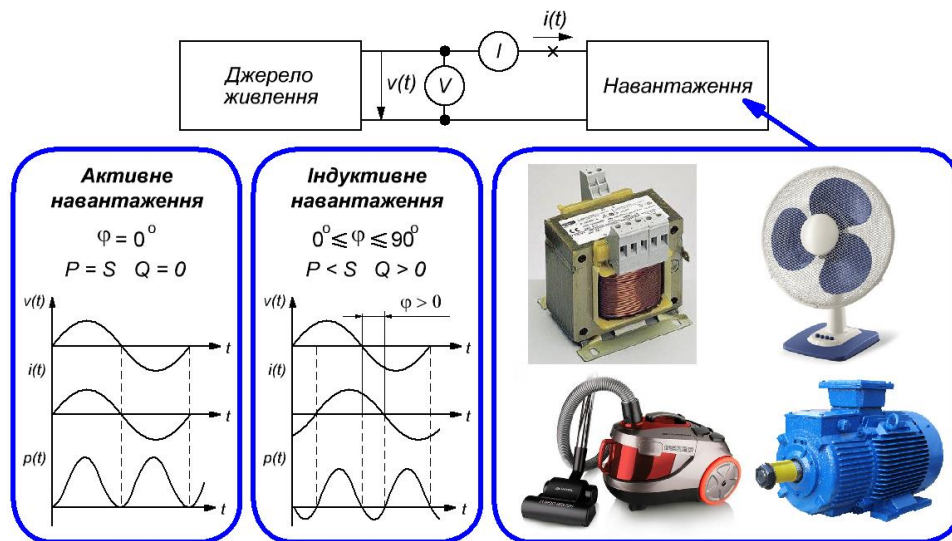


Рисунок 9 – Навантаження індуктивного характеру

Прикладом навантаження індуктивного характеру можуть бути пристрої, функціонування яких так чи інакше пов'язане із магнітним полем: електродвигуни, трансформатори, гучномовці, тощо.

Зворотним індуктивному є ємнісне навантаження (Рисунок 10). Для ємнісного навантаження струм також має синусоїдальну форму, але, на відміні від індуктивного навантаження, у даному випадку він випереджає по фазі напруги живлення.

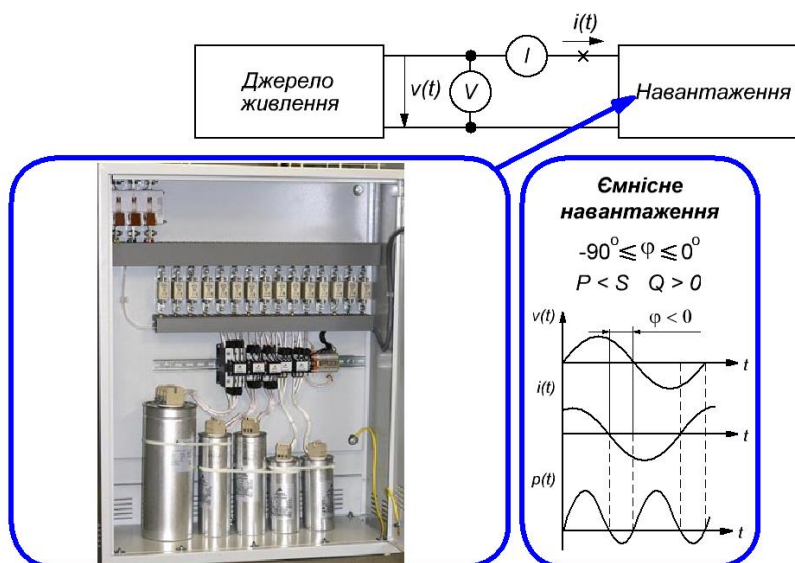


Рисунок 10 – Навантаження ємнісного характеру

Аналогічно індуктивному навантаженню, чим більша різниця між фазами напруги та струму. Тим більший рівень коливань електричної енергії між джерелом живлення та навантаження. Максимальна різниця між фазами напруги та струму для ємнісного навантаження також становить 90° . Але, оскільки струм випереджає напругу за фазою, то ця різниця буде від'ємною. Тобто, для ємнісного характеру навантаження кут “ φ ” між напругою та струмом буде менше нуля.

У граничному випадку, коли фазовий зсув дорівнює 90° , аналогічно індуктивному навантаженню, активна потужність від джерела живлення не споживається і мають місце лише коливання електричної енергії між джерелом живлення і навантаженням.

Споживачі електричної енергії з ємнісним характером споживаного струму зустрічаються нечасто, на відміну від пристроїв з активним або індуктивним характером споживання електричної енергії.

Як правило, це пристрій, функціонування яких так чи інакше пов'язане із електричним полем. Одним із прикладів пристроїв із ємнісним характером споживання електричної енергії є компенсатори реактивної потужності, які містять конденсатори великої ємності.

Останнім типом споживачів електричної енергії є споживачі із нелінійною формою споживаного струму (Рисунок 11). Фаза струму, що споживають дані пристрої, співпадає з фазою напруги, але форма струму суттєво відрізняється від синусоїдальної.

Оскільки фаза струму співпадає із фазою напруги, то коливання електричної енергії у системі електроживлення відсутні. У такій системі джерело живлення функціонує лише у режимі передачі. Режим рекуперації у даній системі не виникає.

Нелінійна форма струму у багатьох випадках зумовлене процесами перетворення роду струму. Якщо навантаження містить у своєму складі випрямляч, то, якщо не приймати не яких додаткових заходів, споживаний струм буде мати форму, яку ви зараз бачите на екрані. Таким чином, до споживачів з нелінійною формою споживаного струму можна віднести усе радіоелектронне обладнання у тому числі: телекомунікаційне і комп'ютерне.



Рисунок 11 – Навантаження нелінійного характеру

Загалом нелінійну форму споживаного струму мають практично усі споживачі постійного струму, що живляться від джерела електричної енергії змінного струму.

Таким чином існують чотири види навантаження: активне, індуктивне, ємнісне та нелінійне (Рисунок 12). Визначимо, який вид навантаження є найбільш енергетично ефективним.

У загальному випадку, джерело живлення призначене для того, щоб забезпечувати обладнання електричною енергією. Тобто, у загальному випадку, джерело живлення повинне працювати лише у режимі передачі. Але у нас є два види навантаження для яких має місце певний рівень коливань електричної енергії.

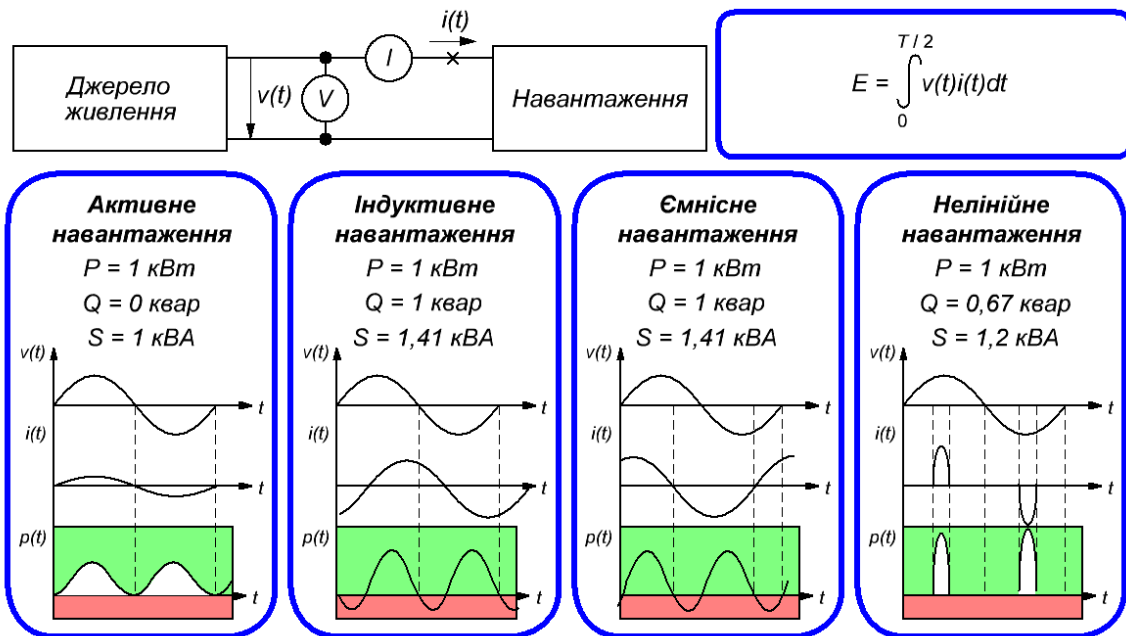


Рисунок 12 – Види навантаження у системі електроживлення змінного струму

Порівняємо енергетичні процеси для активного, індуктивного та ємнісного характеру навантаження. Нехай у всіх трьох випадках навантаження споживає 1 кВт активної потужності, тобто кількість спожитої електричної енергії для всіх трьох випадків однакова. Для навантаження, що має активний характер реактивна потужність дорівнює нулю і повна потужність дорівнює активній. Таким чином, активне навантаження навантажує джерело живлення лише на той рівень потужності, який необхідний для його роботи.

У випадку індуктивного або ємнісного характеру навантаження обладнання також споживає 1 кВт активної потужності. Але, окрім активної потужності обладнання повинно отримати від джерела живлення ще й додаткову кількість електричної енергії, необхідну для перезаряду реактивних елементів. Нехай ця величина буде дорівнювати 1 кВАР.

Що ми бачимо? Ми бачимо, що у випадку індуктивного та ємнісного характеру навантаження, нам потрібне більш потужне джерело живлення, яке повинне забезпечити більший струм, який використовується не тільки на корисні потреби, а ще й на коливання електричної енергії. Таким чином, коливання електричної енергії не є корисними, але, на жаль, без прийняття якихось додаткових заходів, обладнання без них не зможе нормально функціонувати.

Рівень додаткових навантажень нам показує повна потужність, оскільки вона враховує усі складові навантаження і активну, і реактивну. Для активного навантаження ми вже визначили, що повна потужність дорівнює активній і становить 1 кВА. А для індуктивного та ємнісного характеру навантаження повна потужність буде дорівнювати 1,41 кВА:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1+1} = 1,41 \text{ кВА}.$$

Таким чином, поки що найбільш енергетично ефективним є обладнання активного характеру. Для індуктивного або ємнісного навантаження нам потрібне більш потужне джерело живлення.

Тепер розглянемо навантаження з нелінійним характером струму. Нехай воно також споживає 1 кВА корисної потужності. Спробуємо, чи достатньо буде для його живлення джерела з повною потужністю 1кВА.

Як відомо із курсу фізики, кількість електричної енергії за період часу обчислюється за формулою:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} u(t)i(t)dt .$$

За період активне та нелінійне навантаження повинні спожити одну й ту ж кількість енергії. Це означає, що інтеграли струмів активного та нелінійного навантаження повинні бути однакові. Але активне навантаження споживає струм впродовж всього періоду, а нелінійне – лише впродовж короткого інтервалу часу. І для того щоб інтеграли струмів були однакові, амплітуду струму нелінійного навантаження необхідно збільшити.

Таким чином, максимальне значення струму для нелінійного характеру навантаження буде більше ніж для активного. Це значить, що у випадку нелінійного навантаження нам також потрібне більш потужне джерело живлення ніж для активної. Незважаючи на те, що фізично ніяких коливань енергії між джерелом живлення та нелінійним навантаженням немає, усе одно, у розрахунках приймають, що нелінійне навантаження споживає певний рівень реактивної потужності.

Таким чином, із розглянутих варіантів енергетично правильно електричну енергію споживає лише активне навантаження.

Лише в цьому випадку нам потрібне джерело живлення, повна потужність якого дорівнює рівню активної потужності обладнання. У всіх інших випадках обладнання створює додаткове навантаження на джерело живлення, що призводить до необхідності збільшення його потужності. Таким чином, можна сказати, що існує обладнання, яке споживає електричну енергію правильно і є обладнання, яке споживає електричну енергію неправильно (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Види обладнання за якістю споживання електричної енергії

Поки що до правильного обладнання можна віднести лише обладнання з активним характером споживання електричної енергії, а до неправильного – усі інші.

Але, коли я купую обладнання, наприклад комп'ютер, то мені ніхто у магазині не розкажує про активний чи індуктивний характер споживання електричної енергії і, взагалі,

будова цього комп'ютера може бути державною або комерційною таємницею і я не маю права навіть його відкривати.

То як визначити, без діаграм напруг та струмів, типів навантаження та інших технічних складнощів, чи правильно цей прилад споживає електричну енергію? Виявляється для цього достатньо зазирнути у технічну документацію і знайти параметр, який має назву коефіцієнт потужності.

Коефіцієнт потужності (Power factor) це безрозмірна величина, яка визначає якість споживання електричної енергії. Зазвичай цей параметр проводиться для обладнання, що живиться змінним струмом, оскільки при живленні постійним струмом також проблем, як правило, не виникає.

Коефіцієнт потужності дорівнює відношенню активної потужності, що споживає навантаження до повної (Рисунок 14). У різних джерелах коефіцієнт потужності може визначатися як зазвичай для індуктивних споживачів (електродвигунів, трансформаторів) або як грецька літера «пси», або літерами PF (від англійської Power factor).

Оскільки активна потужність знаходиться у межах від 0 до величини повної потужності, то коефіцієнт потужності буде знаходитися у межах від нуля до 1. При цьому значенню 0 відповідає найгірша якість споживання електричної енергії за якої електрична енергія взагалі не споживається, а обладнання лише створює марне навантаження на джерело живлення.

Коефіцієнт потужності

Коефіцієнт потужності (Power factor)

визначає якість споживання електричної енергії

$$\Psi = \frac{P}{S}$$

Варіанти позначень:

Ψ (читається "пси")

$\cos \varphi$ (читається "косінус фі")

PF (від англ. Power factor)

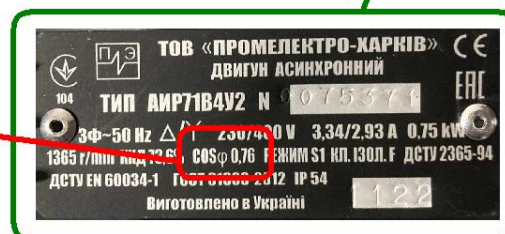


Рисунок 14 – Коефіцієнт потужності

Найкраща якість досягається у випадку коли коефіцієнт потужності дорівнює 1. У цьому випадку активна потужність дорівнює повній і ніяких додаткових навантажень на джерело живлення не створюється. Загалом, якість споживання електричної енергії визначається за величиною коефіцієнта потужності наступним чином:

- 0,95...1,00 – висока;
- 0,85...0,95 – добра;
- 0,65...0,85 – задовільна;
- 0,50...0,65 – низька;
- 0,00...0,50 – незадовільна.

Коефіцієнт потужності

Коефіцієнт потужності (Power factor)

визначає якість споживання електричної енергії

$$\Psi = \frac{P}{S}$$

Варіанти позначень:

Ψ (читається "пси")

$\cos \varphi$ (читається "косінус фі")

PF (від англ. Power factor)

$$0 \leq P \leq S$$

$$0 \leq \Psi \leq 1$$

Якість споживання
електричної енергії

$\Psi = 0,95 \dots 1,00$ - висока

$\Psi = 0,85 \dots 0,95$ - добра

$\Psi = 0,65 \dots 0,85$ - задовільна

$\Psi = 0,50 \dots 0,65$ - низька

$\Psi = 0,00 \dots 0,50$ - незадовільна

Рисунок 15 – Коефіцієнт потужності

Останнє питання, яке виникає після розглядання цього матеріалу, а як так виходить, що є обладнання яке неправильно споживає електричну енергію?

Відповідь дуже проста. На сьогоднішній день немає обладнання такого типу, яке б правильно споживало електричну енергію. Наприклад не існує електродвигунів, які б не мали фазового зсуву між напругою та струмом. Для більшості електродвигунів коефіцієнт потужності знаходиться у межах 0,6...0,85, а найпростіший випрямляч, має коефіцієнт потужності 0,65...0,67 і з цим нічого не можна вдіяти.

Тому на практиці завжди буде обладнання, яке буде неправильно споживати електричну енергію, тобто буде мати коефіцієнт потужності менше 1.

Для того, щоб підвищити коефіцієнт потужності обладнання повинно містити спеціальний вузол – коректор коефіцієнту потужності (Рисунок 16). Але це призводить до підвищення вартості пристрою.

Коректор коефіцієнту потужності у блоці живлення комп'ютера

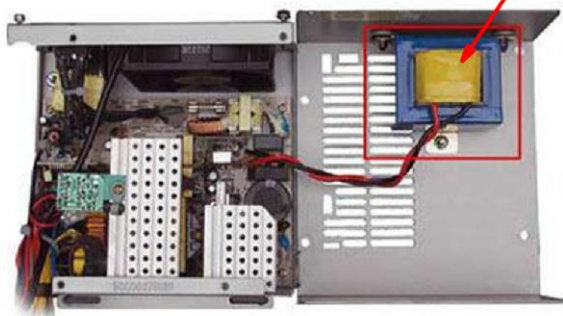


Рисунок 16 – Коректор коефіцієнту потужності у блоці живлення персонального комп'ютера

Таким чином, навантаження може неправильно споживати електричну енергію від джерела живлення, причому якість споживання електричної енергії визначається коефіцієнтом потужності. Коефіцієнт потужності є характеристикою обладнання і приводиться у технічній документації на пристрій. Існує декілька градацій якості споживання електричної енергії. Потужні пристрої із незадовільним коефіцієнтом потужності підключати до джерел живлення змінного струму категорично заборонено.

Практична робота 5. Системи електропостачання

Типи систем електропостачання

Захист людини від ураження електричним струмом може забезпечуватися шляхом використання заземлення, занулення або захисного відключення. Основним способом захисту людини від ураження електричним струмом є занулення. Заземлення та захисне відключення можуть використовуватися як допоміжні засоби захисту. На практиці для забезпечення надійного захисту людини можуть використовуватися одночасно кілька систем захисту, наприклад, занулення та захисне відключення.

Забезпечення захисту людини від ураження електричним струмом, відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), повинна забезпечувати саме система електропостачання. Тому кінцевий сегмент електричної проводки («остання миля») у загальному випадку може мати 5 проводів (рис. 1): 3 фазні проводи (А, В, С), призначені для передачі енергії, нульовий провід (нейтраль) (N), необхідний для зменшення розбалансування системи через нерівномірне навантаження на фази, та захисний провід (PE), що забезпечує захист людей від ураження електричним струмом. Однак не всі системи електропостачання будуються за таким принципом.

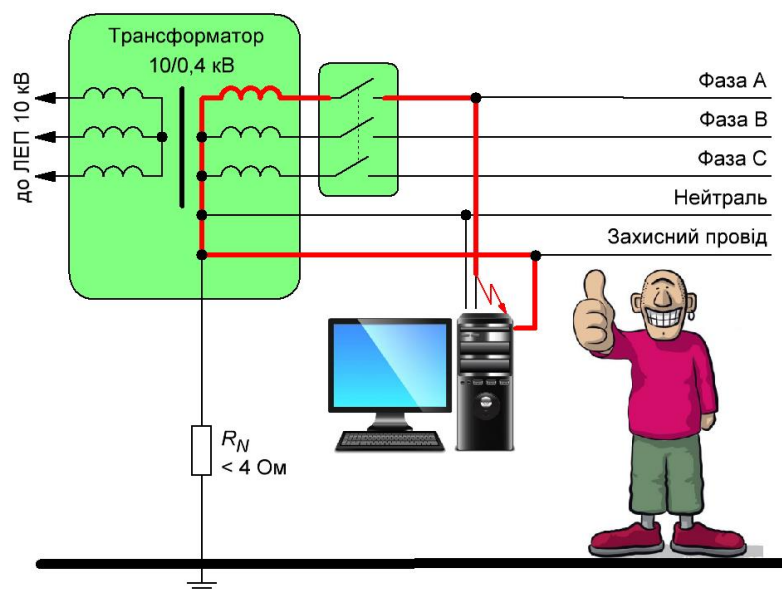


Рисунок 1 – П'ятипроводна система електроживлення та шлях протікання електричного струму при пошкодженні ізоляції в обладнанні з корпусом, зануленим за допомогою окремого захисного проводу

Згідно з ПУЕ, тип системи електропостачання позначається двома літерами. Перша літера визначає стан нейтралі трансформатора щодо землі:

- Т – нейтраль електрично з'єднана із землею (заземлена);
- І – нейтраль електрично ізольована від ґрунту.

Друга літера визначає, який метод захисту від ураження електричним струмом використовується як основний в цій системі:

- Т – для захисту людей від ураження електричним струмом використовується заземлення;
- N – для захисту людей від ураження електричним струмом використовується занулення.

З чотирьох можливих комбінацій систем електропостачання практично використовуються лише три (рис. 2). Систем ІN, у яких захист забезпечується шляхом з'єднання корпусів із ізольованою нейтраллю трансформатора, не існує.

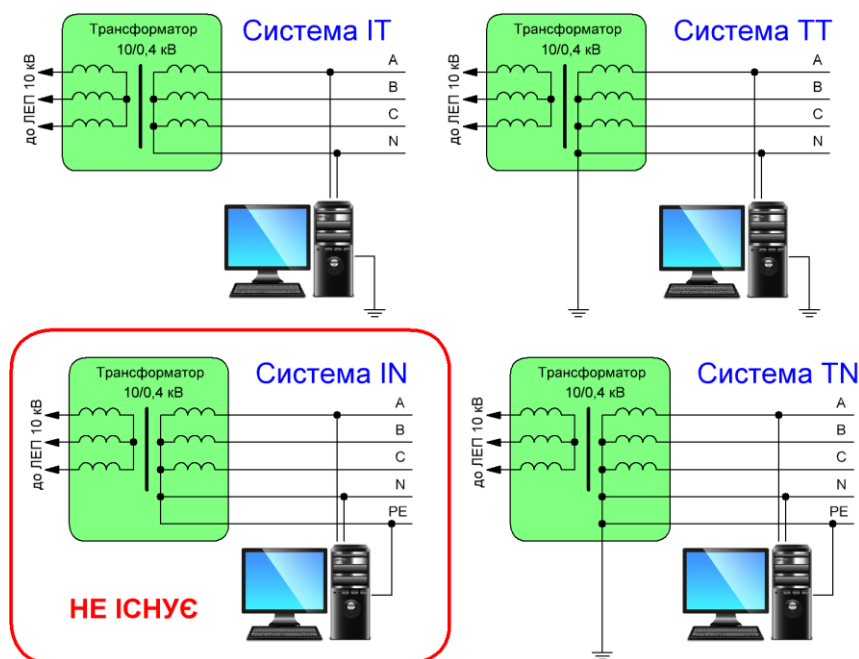


Рисунок 2 – Системи електропостачання

Безпека та небезпека систем IT, у яких нейтраль ізолювана від землі, були детально розглянуті у попередній частині циклу. На сьогоднішній день ця схема використовується для створення систем електропостачання спеціального призначення, наприклад, для живлення обладнання у шахтах або медичних приміщеннях. При цьому в багатьох випадках обов'язковою умовою для використання системи IT є наявність вузла контролю цілісності ізоляції проводів, а також заземлення металевих елементів, не призначених для електричного струму.

Схема TT використовується у випадках, коли надійно з'єднати корпус обладнання з нейтраллю трансформатора неможливо. Наприклад, таку схему можна використовувати для захисту від ураження електричним струмом на об'єктах, підключених до трансформатора за допомогою кабельних повітряних ліній. Прикладами таких об'єктів можуть бути приватні будинки, котеджі або окремі маленькі магазини.

Системи TN, в яких занулення здійснюється за допомогою окремого захисного провідника, зараз є найбезпечнішими системами, тому за наявності технічної можливості слід створювати системи лише цього типу. Однак, як це часто буває з багатьма гарними рішеннями, із системою TN теж все не просто.

Справа в тому, що система TN одночасно є і найбезпечнішою, і найдорожчою. Дійсно, в «останній милі» системи електропостачання будь-якого типу для передачі енергії необхідно 4 проводи – з цим доведеться змиритися. Проте додавання до цієї системи п'ятого захисного провідника відразу збільшує вартість кабелів, як мінімум, на 25%. Адже по цьому проводі струм може і не протекти жодного разу, адже на практиці пробої ізоляції відбуваються далеко не щодня, не кажучи вже про те, що вони взагалі можуть і не статися.

Тому давайте говорити відверто, нікому не хочеться витратити додаткові гроші та ресурси на захист, який може взагалі ніколи не знадобитися, особливо якщо зараз немає ні «зайвих» грошей, ні «зайвих» ресурсів. Через це існує три різновиди системи TN (рис. 3), що визначаються суфіксами:

- S – якщо нульовий та захисний провідники розділені;
- C – якщо нульовий та захисний провідники поєднані.

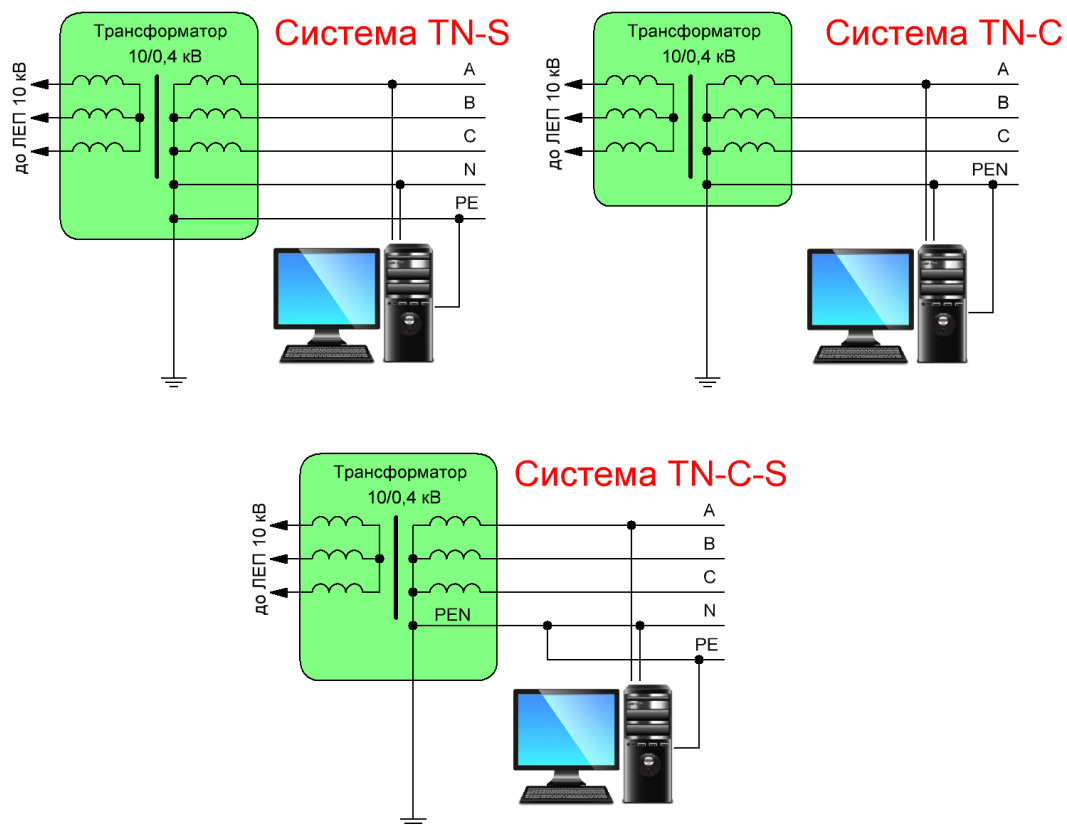


Рисунок 3 – Різновиди системи TN

Найнадійнішою та найбезпечнішою є система TN-S. У ній нульовий (N) та захисний провідники з'єднуються лише в одній точці – у точці підключення нейтралі трансформатора до заземлення. Однак така система є і найдорожчою, тому в чистому вигляді вона використовується далеко не завжди.

Найдешевшою є система TN-C. У ній питанням захисту приділено мінімум уваги, тому функції нульового та захисного провідників виконує один провід PEN (фізично це той самий нульовий провід, тільки з іншою назвою). Основна небезпека системи TN-C полягає у можливому обриві нульового проводу, при якому корпус приладу може опинитися під небезпечною напругою. Однак треба розуміти, що в ряді випадків це просто фізично не може статися. Якщо обладнання, наприклад, великий верстат або якась інша стаціонарна промислова установка, встановлено на основі, що має хороший електричний контакт із землею, то навіть при обриві нульового проводу ймовірність появи небезпечного потенціалу на корпусі такої електроустановки близька до нуля.

Через свою дешевизну системи TN-C тривалий час були єдиними практично використовуваними системами такого типу. Зараз системи TN-C залишилися в експлуатації лише в будівлях старої споруди, що з тих чи інших причин не пройшли модернізацію, і в системах освітлення, де ризик ураження електричним струмом мінімальний. При створенні нових систем електропостачання, як і при реконструкції старих, вже необхідно орієнтуватися на більш сучасні системи – TN-S чи TN-CS.

Система TN-CS є вимушеним компромісом між дешевою системою TN-C та безпечною системою TN-S. У системі TN-CS захисний провідник від заземленої нейтралі трансформатора спочатку поєднується з нульовим (PEN), а потім, в одному з розподільних щитів, він розділяється на нульовий (N) та захисний (PE). Такий підхід дає можливість зменшити вартість системи без значного погіршення її безпеки. Вочевидь, що «слабкою ланкою» цієї системи є провідник PEN, руйнування якого може призвести до появи небезпечного потенціалу на корпусах електроустановок, тому в ПУЕ до надійності цього провідника висуваються особливі вимоги.

Класифікація обладнання за ступенем захисту від ураження електричним струмом

Отже, корпуси обладнання для забезпечення безпечного використання повинні бути з'єднані електрично або з землею, або з нульовим проводом (який в системі TN теж з'єднаний з землею). А що робити, якщо корпус приладу виконаний, наприклад, із пластику та не проводить електричний струм? Зрозуміло, що в цьому випадку, електричне з'єднання корпусу, що не проводить електричний струм, з нейтраллю трансформатора або землею фізично неможливе.

Основний захист від ураження електричним струмом має забезпечуватися не системою електропостачання, а обладнанням. Система електропостачання лише допомагає захистити людину, забезпечуючи для цього все необхідне, зокрема електричний контакт із нейтраллю трансформатора та землею, але головний захист має забезпечуватися безпосередньо в електроприладі.

Існує чотири класи захисту від ураження електричним струмом. Обладнання класу 0 (Class 0) не розраховане для використання штатних захистів системи електропостачання, тому воно становить найбільшу небезпеку. В якості захисту від ураження електричним струмом у ньому може використовуватися занулення або заземлення (окремим проводом, що підключається до спеціальної клеми), захисне відключення, або індикатор наявності на корпусі небезпечної напруги, проте найчастіше в ньому немає жодних захисних пристроїв (рис. 4). Наразі подібне обладнання заборонене для виготовлення та продажу. Більше того, клас 0 взагалі прагнуть виключити із класифікатора, ухваливши відповідні закони про необхідність виробництва менш небезпечного обладнання з вищим класом захисту.



Рисунок 4 – Електроустановка класу 0

Основним способом захисту від ураження електричним струмом обладнання класу I (Class I) є занулення. Саме для забезпечення електричної енергії техніки такого класу і призначені розглянуті вище системи TN-CS і TN-S. Визначити таке обладнання можна досить швидко, глянувши на його вилку. Як правило, воно підключається до системи електропостачання за допомогою вилок, що мають 3 електричні контакти (рис. 5), один з

яких призначений для підключення захисного проводу (в Україні та країнах ЄС для цього використовуються вилки CEE 7/4 або CEE 7/7).

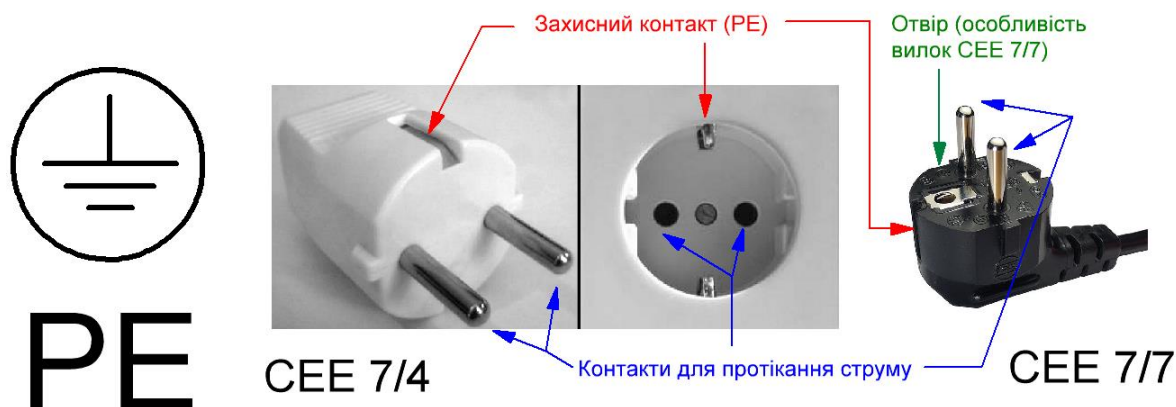
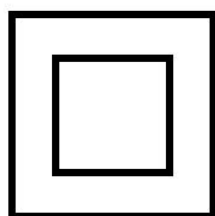


Рисунок 5 – Позначення захисного контакту обладнання класу I та електричні вилки типу CEE 7/4 та CEE 7/7 з трьома контактами

До обладнання класу I належить досить багато стаціонарних пристроїв, серед яких комп'ютери, оргтехніка, телекомунікаційна техніка, а також безліч домашніх «електричних тварин», тому ви, напевно, не раз стикалися з подібною технікою.

А ось обладнання класу II (Class II) не вимагає обов'язкового з'єднання корпусу з нейтраллю трансформатора, тому воно підключається до електричних розеток за допомогою двоконтактних вилок (рис. 6), які не мають можливості підключення до захисних контактів розеток. В Україні та країнах ЄС для цього використовуються вилки CEE 7/16 (максимальний струм 2,5 А) або CEE 7/17 (максимальний струм 16 А).



Class II



CEE 7/16



CEE 7/17

Рисунок 6 – Позначення обладнання класу II (два квадрати), а також вилки типу CEE 7/4 та CEE 7/7 з двома контактами

Основним способом захисту від ураження електричним струмом для обладнання класу II є посилена або подвійна ізоляція, тому умовним позначенням цього класу є два квадрати, один з яких розташований усередині іншого, що символізують два шари ізоляції. Принцип захисту заснований на тому, що ймовірність одночасного пошкодження одразу двох шарів ізоляції дуже мала, тому при пошкодженні зовнішньої (додаткової) ізоляції робоча (функціональна) ізоляція залишиться без пошкоджень та захистить людину. Як

другий ізоляційний шар можуть виступати не тільки якісь спеціалізовані елементи, але і сам корпус, тому подібна техніка дуже часто випускається в пластикових корпусах (рис. 7).



Рисунок 7 – Позначення обладнання класу II на зарядному пристрої

І останньою категорією обладнання за рівнем електробезпеки є пристрої класу III (Class III). До цього класу відносяться всі пристрої, що живляться напругою не вище 50 В змінного струму або не вище 120 В постійного струму. Подібне обладнання може маркуватися спеціальним символом у вигляді ромба (рис. 8), однак якщо його конструкція дозволяє підключитися тільки до спеціалізованого джерела безпечної наднизької напруги, наприклад, батарейки, то таке маркування може бути відсутнім. Таким чином, ліхтарик, смартфон, настінний годинник та інша аналогічна техніка за рівнем електробезпеки відносяться до класу III і не вимагають ні застосування посиленої ізоляції, ні з'єднання із землею.



Рисунок 8 – Позначення обладнання класу III

Практична робота 6. Джерела безперебійного живлення

Призначення джерела безперебійного живлення

Для функціонування основного та допоміжного обладнання, а також нормального функціонування підприємств зв'язку у цілому потрібна електрична енергія. Усе обладнання на підприємстві зв'язку поділяється на три категорії.

До третьої категорії відноситься обладнання, тривала перерва у роботі якого не призведе до суттєвих порушень у роботі підприємств. Максимальний час перерви такого обладнання, відповідно до норм, не перевищує одну добу.

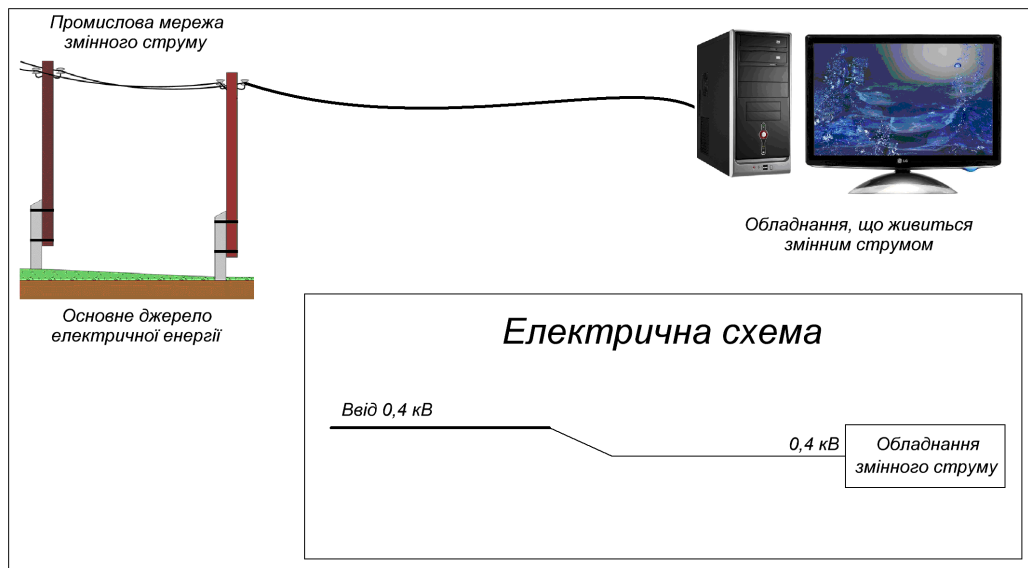
До другої категорії належить обладнання короткочасна перерва у роботі якого не призведе до порушень у роботі підприємств. До такого обладнання відноситься, наприклад, обладнання для вентиляції та кондиціонування. Максимальна перерва у роботі якого, залежно від ситуації, може досягати кількох годин.

До першої категорії належить обладнання навіть короткочасна перерва у електропостачанні якого призведе до порушень у роботі підприємства. Перерва електропостачання даного обладнання не допускається.

Таким чином обладнання першої категорії на підприємстві зв'язку повинно бути забезпечено безперебійним електроживленням.

Розглянемо, яким чином можна забезпечити безперебійне живлення обладнання для роботи якого потрібна електрична енергія змінного струму на прикладі комп'ютерного обладнання.

Комп'ютерне обладнання складається із системного блоку та монітора. І системний блок і монітор потребують для своєї роботи електричну енергію змінного струму частотою 50 Гц та напругою 220 В. Максимальний час перерви у електропостачанні цих пристроїв не повинен перевищувати однієї сотієї секунди (0,01с). Перерва у електропостачанні більше однієї сотієї секунди може призвести до збоїв у роботі програмного забезпечення, втрати інформації, та навіть виходу з ладу обладнання (наприклад, жорсткого диску). Тому комп'ютерне обладнання, особливо системний блок, потребує безперебійного електроживлення, до моменту коректного завершення його роботи.



Основним джерелом електричної енергії на підприємстві зв'язку є промислова мережа змінного струму з частотою 50 Гц та напругою 0,4 кВ. Фазна напруга промисловою мережі дорівнює 220 В, лінійна 380 В. Таким чином обладнання змінного струму, у нашому прикладі, комп'ютер, можна безпосередньо, підключити до промислової мережі.

Але промислова мережа змінного струму є складним, територіально розподіленим технічним об'єктом. І на практиці вона не може забезпечити необхідний рівень надійності.

Аварії у промисловій мережі змінного струму можуть відбуватися як внаслідок виходу з ладу обладнання мережі (наприклад розподільних трансформаторів) так і внаслідок непередбачуваних обставин (наприклад, пошкодження кабелів або струмозрозподільних проводів).

У випадку аварії у промисловій мережі змінного струму обладнання буде знеструмлене і робота підприємства буде порушена, таким чином, безпосереднє живлення обладнання першої категорії від промислової мережі не може забезпечити потрібний рівень надійності електропостачання.

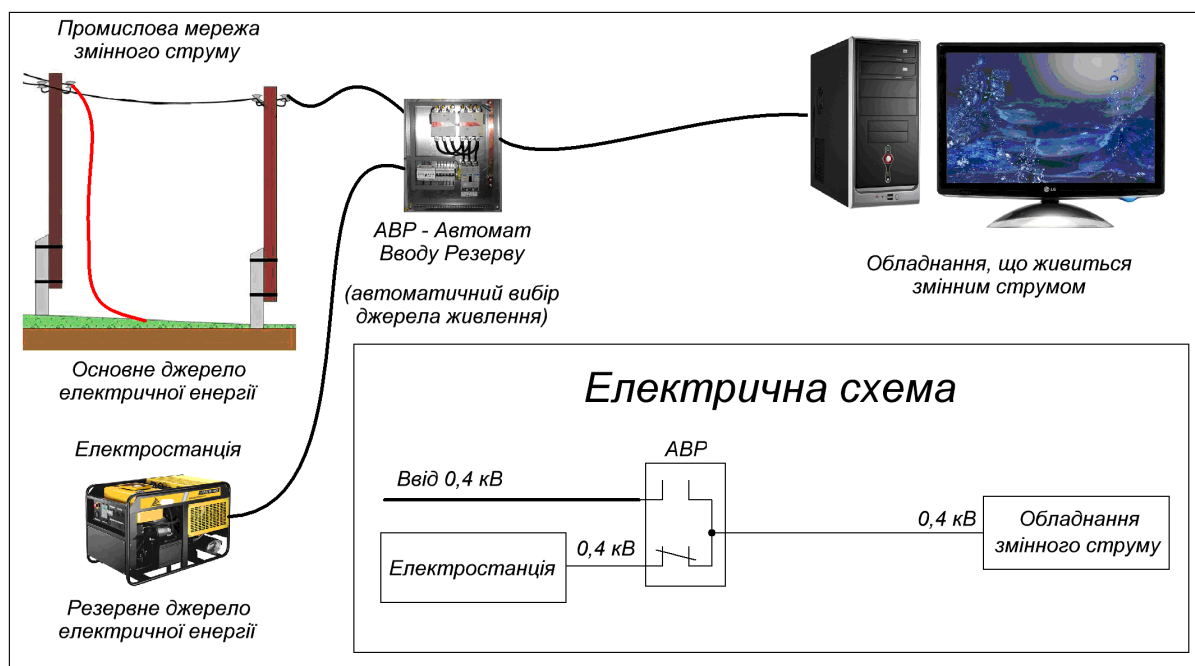
У якості резервного джерела електричної енергії на підприємстві зв'язку використовуються автономні дизельні або бензинові електростанції. Електростанція є автономним джерелом електричної енергії. Основними елементами електростанції є дизельний або бензиновий двигун, який обертає електрогенератор. Таким чином доки є паливе, підприємство буде забезпечене електричною енергією. Електростанції, що використовуються на підприємствах зв'язку мають найвищу ступінь автоматизацію, тобто запуск та зупинка її відбуваються автоматично.

Підключення електростанції до системи електроживлення підприємства здійснюється за допомогою автомату вводу резерву.

Автомат вводу резерву (ABP) це пристрій, який призначений для ручного або автоматичного вибору джерела електричної енергії.

Коли промислова мережа змінного струму працює у нормальному режимі підприємство буде живитися від неї.

У випадку аварії промислової мережі ABP дасть команду на запуск електростанції та після її запуску автоматично підключить до неї підприємство.



Але у нормальному режимі роботи, коли підприємство живиться від промислової мережі, електростанція не працює, щоб даром не тратити паливе. У випадку аварії для запуску електростанції потрібен деякий час. Цей час залежить від багатьох факторів у тому числі і від пори року. Усім відомо, що у холодну пору року бензиновим та дизельним двигунам потрібно більше часу для того, щоб вийти на робочий режим.

Таким чином, використання автономної електростанції призведе до перерви, хоч і на менший час, у електропостачанні підприємства. Зазвичай, час на запуск електростанції не перевищує 15 хвилин. Таким чином, за допомогою електростанції можна забезпечити якісне електроживлення лише обладнання другої та третьої категорії.

Для забезпечення безперебійним живленням обладнання першої категорії використовують Джерела безперебійного живлення (ДБЖ).



ДБЖ має у своєму складі автономне джерело електричної енергії (зазвичай це акумуляторна батарея) та забезпечує електричною енергією обладнання під час аварії основного та резервного джерела живлення.

Таким чином, безперебійне електроживлення обладнання першої категорії на підприємстві зв'язку відбувається наступним чином.

У нормальному режимі роботи обладнання першої категорії живиться від промислової мережі змінного струму.

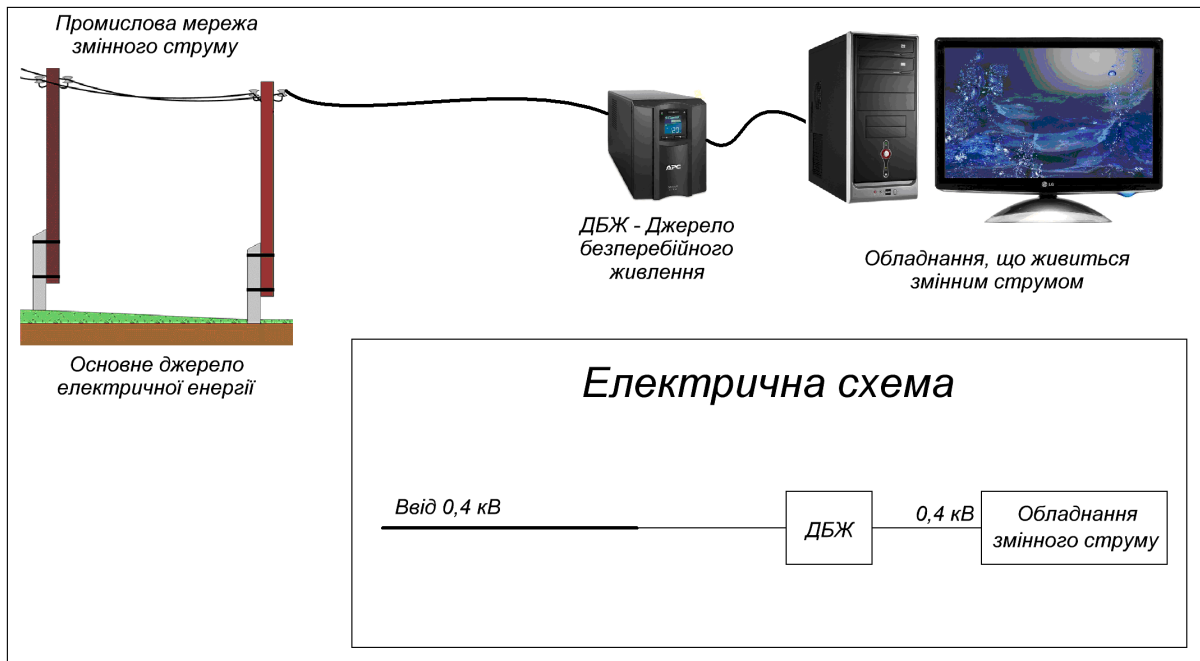
Одразу після виникнення аварії у промисловій мережі автомат вводу резерву подає команду на запуск резервного джерела – електростанції. Обладнання у цей час живиться від джерела безперебійного живлення.

Після запуску електростанції АВР автоматично підключає до неї систему електроживлення підприємства зв'язку. У такому стані система електроживлення буде знаходитися до усунення аварії у промисловій мережі, після чого система електроживлення підприємства автоматично перейде у нормальний стан функціонування.

Таким чином, на підприємствах зв'язку джерела безперебійного живлення призначені для живлення обладнання першої категорії під час аварії основного джерела електричної енергії до запуску у резервний. У такому режимі автономний час роботи джерел безперебійного живлення, як правило, не перевищує 15 хвилин.

Джерела безперебійного живлення можуть також використовуватися і як резервні джерела електричної енергії. У такій схемі електростанція та АВР відсутні. Під час нормальної роботи обладнання через джерело безперебійного живлення живиться від промислової мережі, а під час аварій – безпосередньо від джерела безперебійного живлення.

Максимальний час автономної роботи від ДБЖ у цьому випадку може бути від кількох хвилин (наприклад, для того, щоб коректно завершити роботи комп'ютерного обладнання) до кількох діб.



Принципи побудови ДБЖ

Джерело безперебійного живлення призначене для живлення обладнання під час аварії у системі електроживлення. Коли зникає напруга, джерело безперебійного живлення виступає у якості самостійного джерела електричної енергії. Розглянемо принципи побудови таких пристроїв.

Кожне джерело безперебійного живлення має вхід та вихід.

Вхід джерела безперебійного живлення підключається до мережі електроживлення підприємства, а вихід до обладнання яке повинно бути забезпечено безперебійним електроживленням.

Оскільки ми з вами розглядаємо джерела безперебійного живлення змінного струму, то на вході і виході цих пристроїв присутня напруга змінного струму величиною 220 або 380 вольт з частотою 50 Гц. Для того, щоб забезпечити обладнання електричною енергією під час аварії у живильній мережі, джерело безперебійного живлення повинно мати власне джерело електричної енергії. На сьогоднішній день у якості таких джерел використовують акумуляторні батареї.

Таким чином, одним із головних вузлів любого джерела безперебійного живлення є акумуляторна батарея, яка містить необхідну кількість електричної енергії. Цієї енергії повинно бути достатньо для живлення обладнання на весь час аварійної роботи.

Усі існуючі АБ є джерелом постійної напруги. Напруга акумуляторної батареї залежить від потужності джерела безперебійного живлення і може знаходитися у діапазоні від 12 (для малопотужних пристроїв) до 300 вольт.

Оскільки акумуляторна батарея є джерелом постійної напруги, то напряму підключити до неї обладнання не можна. У цьому випадку не будуть співпадати ні род струму ні величина напруги. Для того щоб обладнання мало стримувати електричну енергією від акумуляторної батареї, її параметри слід перетворити, а саме: змінити род струму із постійного на змінний, та величину напруги – напругу акумуляторної батареї слід довести до величини 220 В.

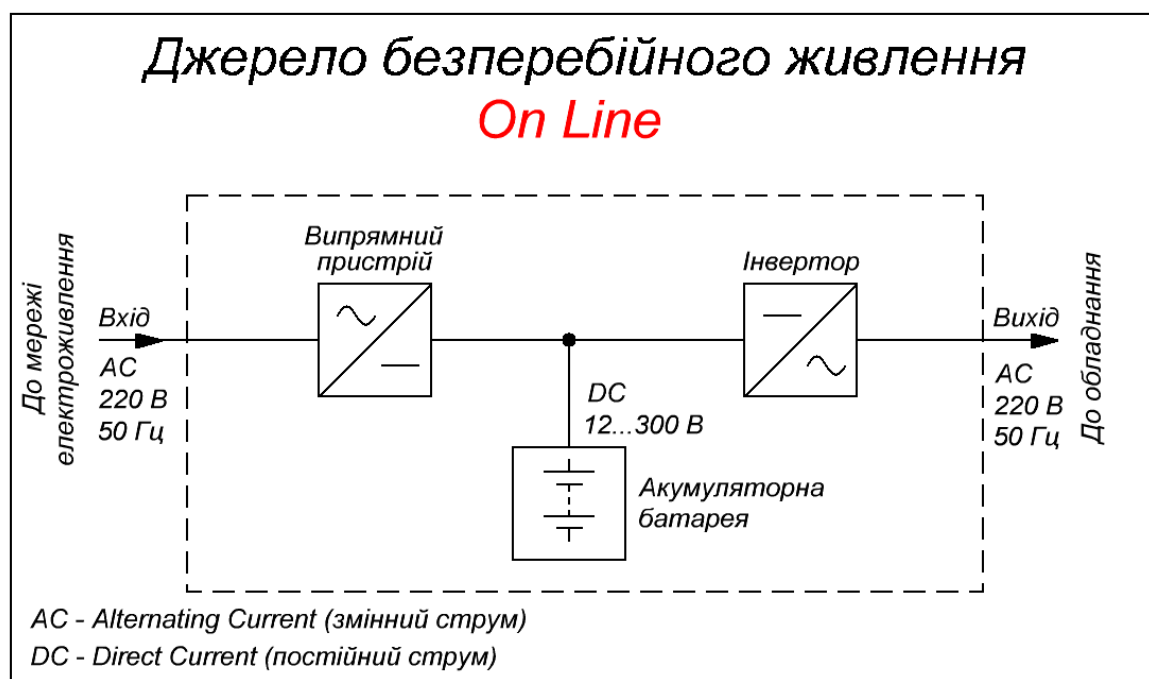
У джерелах безперебійного живлення цю функцію виконує інвертор. Інвертор перетворює параметри електричної енергії акумуляторної батареї до значень, які необхідні для нормальної роботи обладнання. Але запас енергії у акумуляторній батареї обмежений і його необхідно поновлювати. Цю функцію виконує випрямний пристрій.

Випрямний пристрій, на відміну від інвертора, навпаки перетворює електричну енергію змінного струму живильної мережі з напругою 220 В у постійний струм з напругою акумуляторної батареї.

Таким чином любое джерело безперебійного живлення складається із трьох основних вузлів.

Акумуляторної батареї, яка містить запас електричної енергії, необхідної для роботи обладнання на час аварії, інвертора, який перетворює постійну напругу акумуляторної батареї у змінну напругу величиною 220 В та частотою 50 Гц та випрямного пристрою, який перетворює змінну напругу промислової мережі у постійну напругу акумуляторної батареї. Одна із основних функцій випрямного пристрою полягає у заряді акумуляторної батареї.

За такою структурною схемою, яку ви бачите зараз на екрані побудовані джерела безперебійного живлення класу On-Line. Джерела безперебійного живлення класу On-Line мають високий рівень надійності і високу якість вихідної напруги. Однак у них є один суттєвий недолік, який полягає у подвійному перетворенні електричної енергії.



Зверніть увагу на те, що у нормальному режимі роботи, коли на вході джерела безперебійного живлення присутня нормальна напруга, обладнання усе одно живиться від інвертора. Тобто, нормальному режимі роботи електрична енергія мережі спочатку перетворюється випрямним пристроєм у постійну напругу. А потім інвертором знов перетворюється у змінну напругу, тобто заново генерується. З одного боку це є перевагою джерел безперебійного живлення класу On-Line, оскільки при такому перетворенні усуваються усі недоліки живильної напруги: високочастотні завади, різкі перепади, спотворення форми та інше.

Але при будьому перетворенні є втрати електричної енергії. І при подвійному перетворенні ці втрати тільки підвищуються.

Наявність подвійного перетворення призводить до того, що коефіцієнт корисної дії джерел безперебійного живлення класу On-Line не перевищує 90%, що є суттєвим недоліком джерел безперебійного живлення даного класу.

До того ж зверніть увагу на те, що потужність випрямного пристрою повинна бути такою, щоб забезпечити і живлення обладнання і заряд акумуляторної батареї, оскільки у нормальному режимі роботи обладнання живиться від випрямного пристрою.

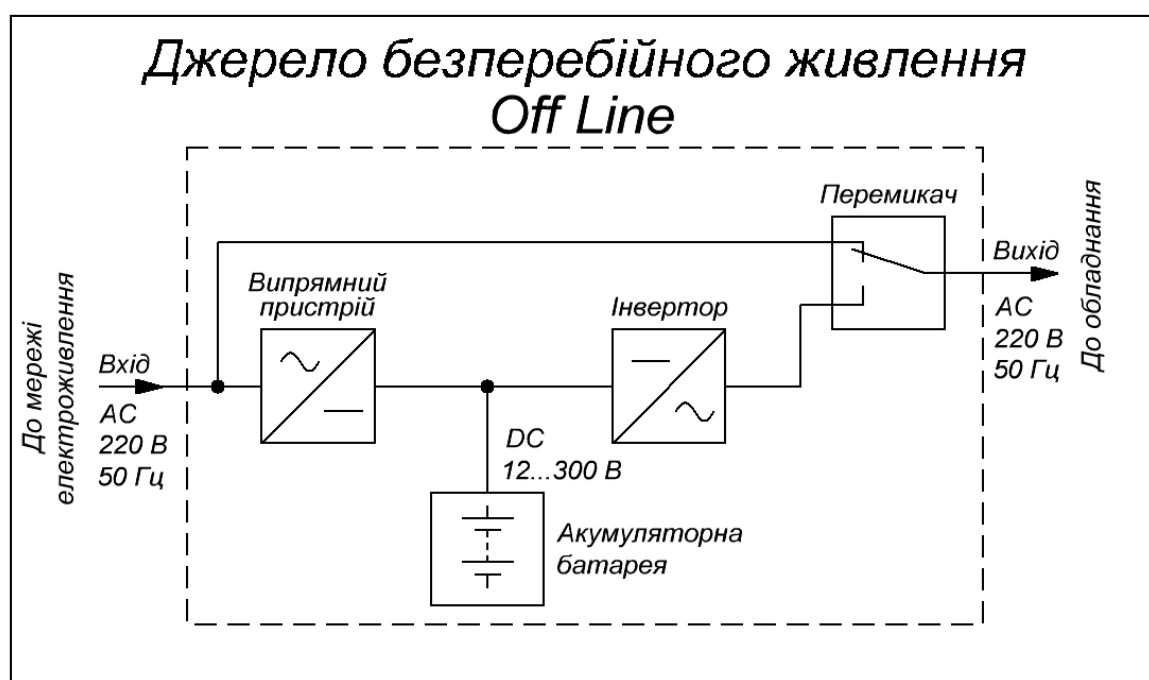
Оскільки вартість любого пристрою електроживлення напряму залежить від потужності, то джерела безперебійного живлення класу On-Line мають саму високу вартість

порівняно із джерелами безперебійного живлення інших типів. Незважаючи на ці недоліки джерела безперебійного живлення класу On-Line використовують у випадках, коли висуваються жорсткі вимоги до якості живлення обладнання. У першу чергу це медичні прилади, вимірювальні прилади, специфічне чутливе обладнання.

Для живлення телекомунікаційного та комп'ютерного обладнання частіше використовують більш дешеві джерела безперебійного живлення класу Off-Line або Line Interactive.

Джерела безперебійного живлення класу Off-Line, також має вхід і вихід, які підключені відповідно до живильної мережі та обладнання. Акумуляторну батарею, яка містить необхідний запас електричної енергії, інвертор, який перетворює постійну напругу акумуляторної батареї на змінну, та випрямний пристрій, що перетворює змінну напругу на постійну та призначений для заряду акумуляторної батареї.

Однак, на відміну від ДБЖ класу On-Line ДБЖ класу Off-Line має перемикач, який дозволяє живити обладнання як від інвертора у аварійному режимі, так і безпосередньо від живильної мережі.



ДБЖ класу Off-Line працює наступним чином. У нормальному режимі роботи, коли напруга у мережі має нормальні параметри перемикач підключає обладнання безпосередньо до мережі. Випрямний пристрій при цьому заряджає акумуляторну батарею, або підтримує її у зарядному стані (цей режим називають режимом плаваючого заряду). У такому режимі електрична енергія, необхідна для роботи обладнання не перетворюється, і ККД ДБЖ становить майже 100%. Слід також звернути увагу на те, що потужність випрямного пристрою, який виконує лише функцію заряду акумуляторної батареї не перевищує 25% від потужності обладнання, тобто, порівняно із ДБЖ класу On-Line для ДБЖ класу Off-Line потрібен випрямний пристрій набагато меншої потужності.

У аварійному режимі перемикач автоматично підключає обладнання до виходу інвертора і обладнання через інвертор живиться від акумуляторної батареї

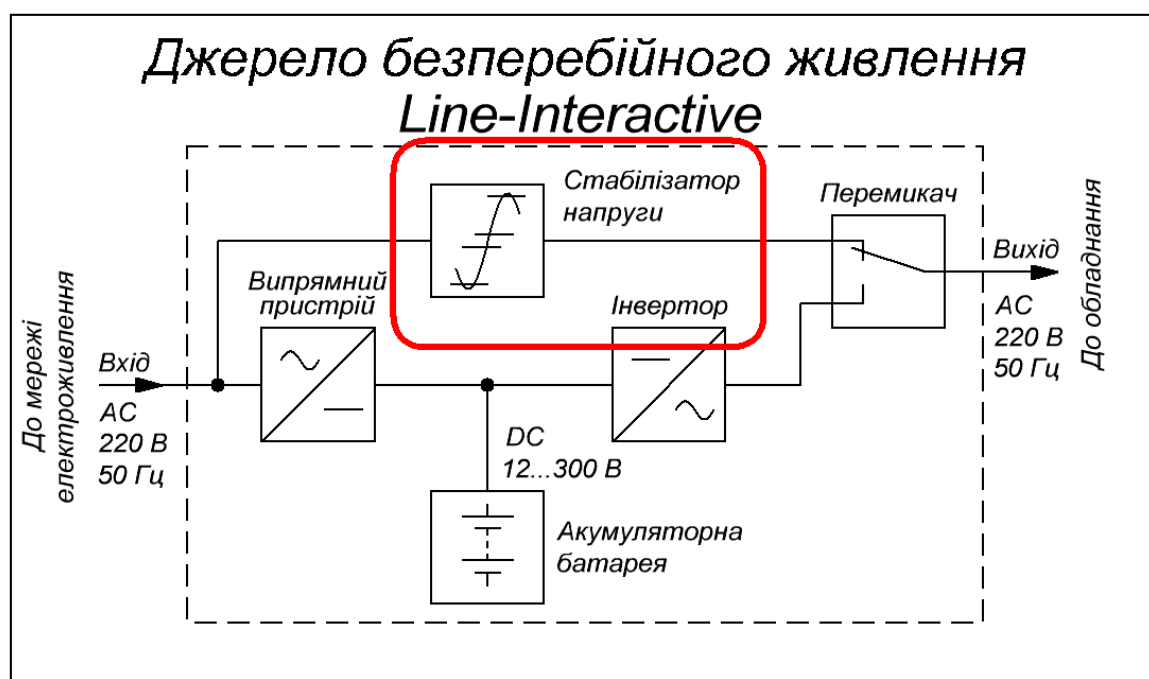
Джерела безперебійного живлення класу Off-Line мають меншу вартість та більш високий ККД. До їх недоліків слід віднести наявність часу реагування. Тобто для того щоб схема керування ДБЖ визначила, що у мережі сталася аварія, включила інвертор та переключила перемикач, потрібен деякий час. Інколи, особливо при короткочасних провалах напруги живлення ДБЖ може не спрацювати, тобто ДБЖ класу Off-Line мають меншу

надійність порівняно із ДБЖ класу On-Line. ДБЖ класу Off-Line також не виправляють спотворення живильної напруги у нормальному режимі роботи.

Незважаючи на ці недоліки ДБЖ класу Off-Line більш поширені порівняно із ДБЖ класу On-Line в основному завдяки меншій вартості.

Але у той же час ДБЖ класу Off-Line у тому вигляді який ми з вами розглянули практично не випускаються. І замість них використовуються більш досконалі ДБЖ класу Line-Interactive.

ДБЖ класу Line-Interactive має таку саму структурну схему як і ДБЖ класу Off-Line, але у них є один додатковий блок – стабілізатор, який призначений для стабілізації напруги обладнання при роботі у нормальному режимі.



Наявність стабілізатора напруги незначно підвищує вартість ДБЖ класу Line-Interactive порівняно з ДБЖ класу Off-Line, але він додає додаткову корисну функцію. На сьогоднішній день більшість виробників ДБЖ випускають саме ДБЖ класу Line-Interactive у той час коли ДБЖ класу Off-Line без стабілізатора напруги на ринку практично відсутні.

Таким чином, на сьогоднішній день існують два найбільш поширені класи ДБЖ: Line-Interactive та Off-Line.

ДБЖ класу Line-Interactive мають наступні переваги:

- Під час роботи від мережі практично відсутні втрати електричної енергії, тобто ДБЖ класу Line-Interactive мають більш високе значення ККД порівняно із ДБЖ класу On-Line.
- ДБЖ класу Line-Interactive мають меншу вартість, порівняно із ДБЖ класу On-Line.
- За рахунок високого ККД ДБЖ класу Line-Interactive мають простішу конструкцію порівняно із ДБЖ On-Line.

До недоліків ДБЖ Line-Interactive слід віднести наступні.

- Наявність часу спрацювання, під час якого обладнання залишається без електричної енергії.
- Можливість помилкового спрацювання або не спрацювання у випадках короточасних просядок або сплесків напруги.
- ДБЖ класу Line-Interactive виправляють спотворення напруги живлення, та менше усувають високочастотні завади порівняно із ДБЖ класу On-Line.

Джерело безперебійного живлення Line-Interactive

Переваги:

- 1. Під час роботи від мережі немає втрат енергії (високе значення ККД ДБЖ)*
- 2. Низька вартість ДБЖ*
- 3. Простота конструкції ДБЖ за рахунок високого значення ККД*

Недоліки:

- 1. Потрібен деякий час на прийняття рішення що у мережі сталася аварія, перемикання перемикача та запуск інвертора, під час якого обладнання може залишитись без електричної енергії*
- 2. Є імовірність помилкового спрацьовування або неспрацьовування ДБЖ у випадках короточасних просядок або сплесків напруги*
- 3. Усі завади та спотворення напруги мережі надходять до обладнання*

ДБЖ класу On-Line мають наступні переваги.

- Високу якість вихідної напруги.
- Відсутність часу спрацьовування.
- Ефективне усунення високочастотних завад та виправлення спотворень форми живильної напруги.

До недоліків ДБЖ класу On-Line слід віднести.

- Низьке значення ККД за рахунок подвійного перетворення.
- Високу вартість за рахунок більш потужних та складних інвертора та випрямного пристрою.

Оскільки втрати електричної енергії виділяються у елементах ДБЖ у вигляді тепла, то ДБЖ класу On-Line, як правило, мають примусову систему охолодження, вентилятори якої підвищують рівень акустичного шуму під час роботи ДБЖ.

Джерело безперебійного живлення On Line

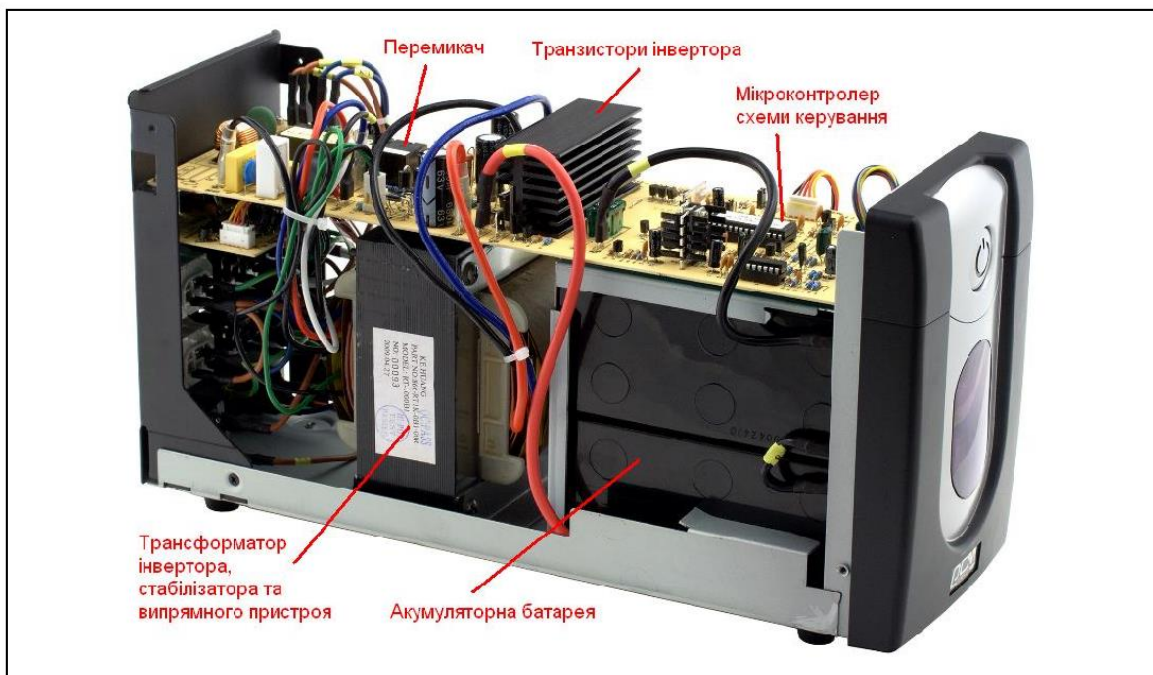
Переваги:

1. Висока якість вихідної напруги
2. Немає часу спрацьовування, попадання напруги мережі ніяк не позначається на вихідній напрузі
3. Ефективно придушує високочастотні завади

Недоліки:

1. Низький ККД за рахунок подвійного перетворення електричної енергії (спершу на постійний, потім на змінний)
2. Висока вартість за рахунок збільшеної потужності інвертора та випрямного пристрою
3. Високий рівень шуму (за рахунок низького ККД збільшується виділення тепла, що відводиться за допомогою вентиляторів)

У якості прикладу ви можете побачити будову ДБЖ класу Line-Interactive, призначеного для живлення комп'ютерного обладнання. Ви можете бачити, що основний об'єм ДБЖ займає акумуляторна батарея та трансформатор інвертора. Дане ДБЖ має вихідну потужність 500ВА, та може забезпечити до 15 хвилин автономної роботи комп'ютерного обладнання.



Основні характеристики джерел безперебійного живлення

Максимальна потужність

Основною характеристикою джерела безперебійного живлення, як і любого іншого пристрою електроживлення є номінальна потужність. Виробник у технічних характеристиках може вказати як повну номінальну потужність, яка вимірюється у вольт-амперах (ВА) так і активну номінальну потужність, яка вимірюється у ватах (Вт).

Номінальна потужність ДБЖ – це максимальна номінальна потужність обладнання, яке можна підключити до нього, тобто потужність обладнання повинна бути менша ніж потужність ДБЖ.

Якщо ця умова не виконується, то ДБЖ або перейде до стану блокування за перевантаженням, або вийде з ладу (пауза 5 с.)

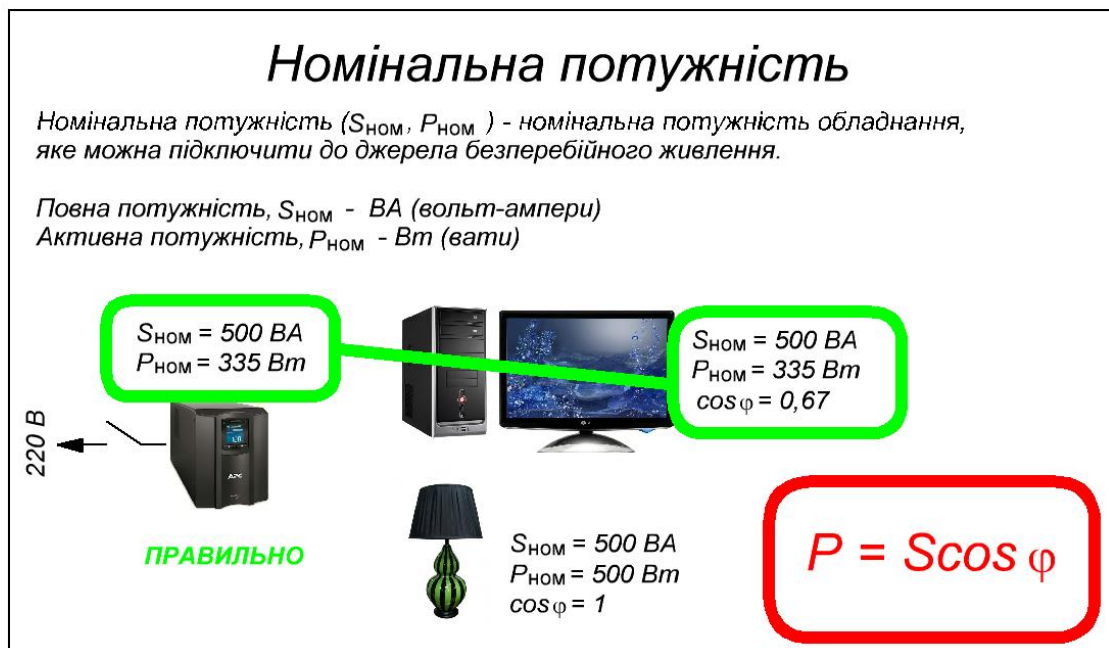
Слід зауважити, що у випадку джерел БЖ, призначених для роботи з комп'ютерним обладнанням виробники зазвичай вказують повну потужність, оскільки вона завжди більша. При цьому ДБЖ розраховується на роботу із навантаженням з максимальним коефіцієнтом потужності 0,67.

Що це означає? Наприклад, якщо для комп'ютерного ДБЖ вказана повна потужність 500 ВА теоретично до нього можна підключити обладнання з повною потужністю 500 ВА і коефіцієнтом потужності 1 (наприклад лампу розжарювання чи обігрівач).

Але у цьому випадку виникне перевантаження ДБЖ, оскільки воно розраховане на максимальну активну потужність 335 Вт (це 500 ВА помножене на максимальний коефіцієнт потужності 0,67). Але для лампи розжарювання що має коефіцієнт потужності 1 активна потужність дорівнює повній і становить 500 Вт. Це означає, що ДБЖ буде перевантажене, і лампа потужністю 500 Вт від ДБЖ потужністю 500ВА працювати не буде.

А якщо ми підключимо до такого ДБЖ комп'ютерне обладнання тієї ж потужності 500 ВА але з коефіцієнтом потужності 0,67, то активна споживана потужність у цьому випадку становить 335 Вт і ДБЖ буде нормально функціонувати.

Цю особливість слід брати до уваги при виборі побутових ДБЖ, призначених для роботи з комп'ютерним обладнанням. Причина цього досить проста. Оскільки повна потужність для комп'ютерного обладнання більша за активну, то виробники таким чином створюють ілюзію, що ви за ту ж саму ціну купляєте більш потужне ДБЖ.



Коефіцієнт перевантаження

Наступним параметром ДБЖ є коефіцієнт перевантаження.

Цей параметр показує яку максимальну потужність можна короткочасно отримати від ДБЖ без спрацювання його захисту від перевантаження або виходу його з ладу.

Він може бути визначений у вигляді безрозмірного коефіцієнту, або у відсотках від номінальної потужності.

Інколи замість коефіцієнту перевантаження виробника вказують у технічних характеристиках максимальну потужність, яку короткочасно можна отримати від ДБЖ.

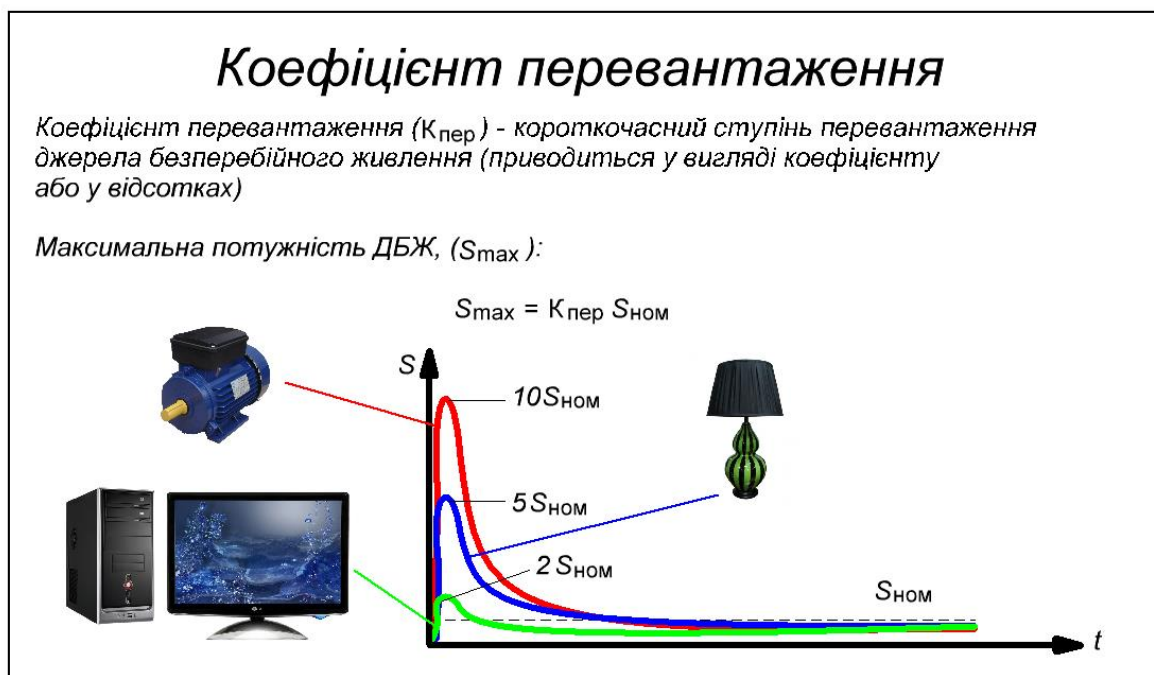
Наявність цього параметру пов'язана з особливістю роботи споживачів змінного струму. У момент включення обладнання змінного струму споживає потужність, яка може у декілька разів перевищувати номінальне значення.

Наприклад, лампа розжарювання у момент включення споживає потужність у 5 разів більше за номінальну, оскільки опір тіла цієї лампи у холодному стані малий.

Електричний двигун у момент запуску споживає струм у 10 разів більший за номінальний.

Радіоелектронне обладнання під час включення споживає струм приблизно у 2 рази більший за номінальний.

Якщо при виборі ДБЖ не враховувати пускові струми живильного обладнання, то може спрацювати система захисту від перевантаження, або ДБЖ вийде з ладу.



Параметри живильної мережі.

До параметрів живильної мережі, на яку розраховано ДБЖ відноситься

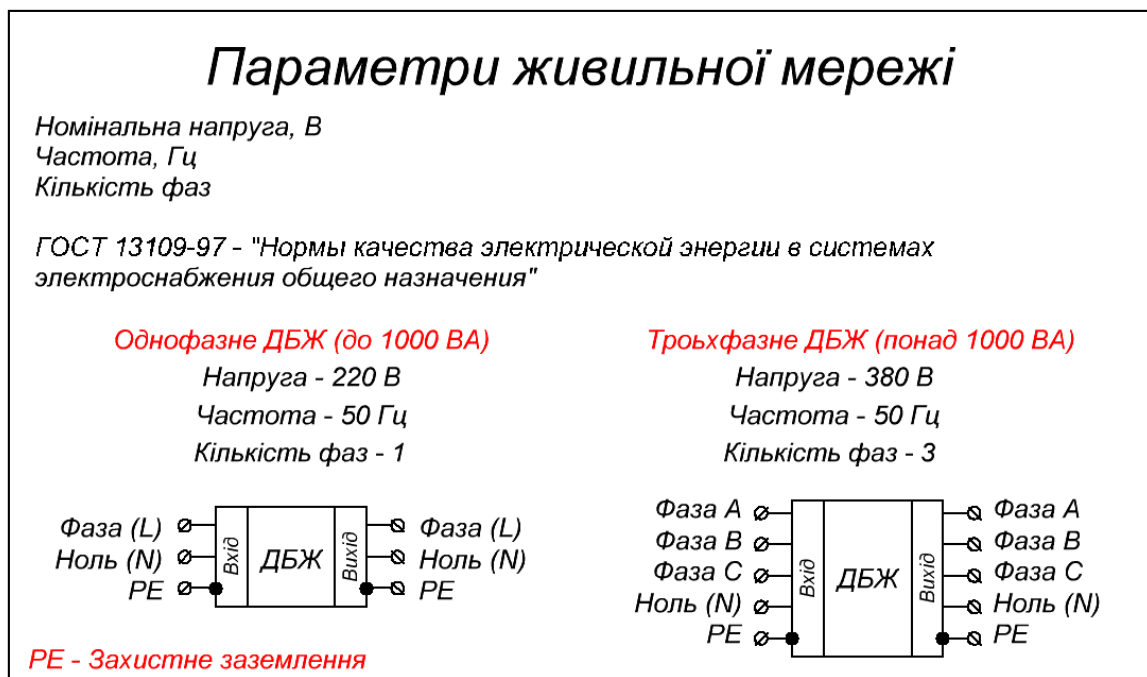
- номінальна напруга, що вимірюється у вольтах
- частота, вимірюється у герцах
- та кількість фаз.

Параметри живильної мережі для систем електроживлення загального призначення, до яких відноситься і промислова мережа змінного струму визначаються міждержавним стандартом ГОСТ 13109-97.

Існують два основні види ДБЖ змінного струму за типом живильної мережі – однофазні та 3-х фазні.

Однофазні ДБЖ, як правило це ДБЖ потужністю до 1 кВА, розраховані на номінальну напругу 220 В. Вони мають по 3 контакти для підключення до мережі живлення та навантаження: фаза, ноль, та захисне заземлення.

Трьохфазні ДБЖ, як правило, мають потужність понад 1 кВА та розраховані на номінальну напругу 380 В. Вони мають 5 контактів для підключення до мережі та навантаження 3 фазні контакти (А, В, С), ноль та захисне заземлення.



Спосіб підключення АБ

Цей параметр показує яким чином АБ підключається до ДБЖ. Існують два типи ДБЖ із вбудованими та зовнішніми АБ.

ДБЖ малої потужності (до 1 кВА) та невеликим часом автономної роботи випускаються із вбудованим АБ. Вони зручні в експлуатації, та набули найбільшого поширення у якості ДБЖ для комп'ютерного обладнання.

ДБЖ великої потужності, або ДБЖ призначенні для тривалої автономної роботи випускаються із зовнішніми АБ.

Інколи ДБЖ можуть займати цілі приміщення. Наприклад, ви можете побачити потужне ДБЖ із зовнішньою АБ, яке розташоване у підвалі комп'ютерного центру обробки даних. На лівому фото показана стійка електронної частини ДБЖ, тобто інвертори, зарядні пристрої, схема керування, а на правому – частина акумуляторної батареї із запасом електричної енергії, достатній для роботи центру на протязі кількох діб.

Спосіб підключення акумуляторної батареї

*ДБЖ із вбудованими
акумуляторними батареями*

Час автономної роботи < 30 хв
Потужність < 1000 ВА



*ДБЖ із зовнішніми
акумуляторними батареями*

Час автономної роботи - до кількох діб
Потужність до 1 МВА



Спосіб підключення акумуляторної батареї



ДБЖ центру обробки даних (зліва) та його акумуляторна батарея (справа)

Напруга АБ

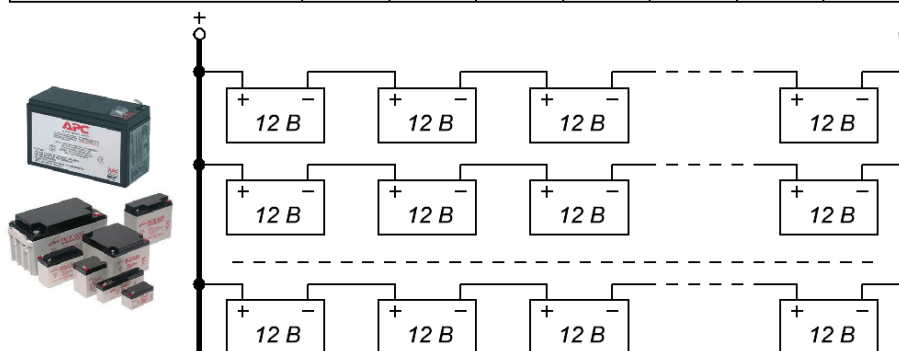
Напруга акумуляторної батареї зазвичай приводиться для ДБЖ із зовнішніми АБ. У цьому випадку електронна частина ДБЖ та акумулятори для неї купуються окремо.

Напруга АБ залежить від потужності ДБЖ. Чим більша потужність, тим більшу напругу повинна мати акумуляторна батарея. Для малопотужних ДБЖ напруга АБ, як правило, становить 12 В. Для потужних ДБЖ напруга АБ може сягати величини 300 В.

У ДБЖ, як правило, використовують акумулятори з напругою 12 В. Для того щоб отримати необхідну напругу акумулятори у батареї з'єднують послідовно, а для того, щоб отримати необхідну ємність — послідовно-з'єднані акумулятори додатково з'єднують паралельно, тобто у АБ ДБЖ використовується змішане сполучення окремих акумуляторів.

Напруга акумуляторної батареї

Номінальна потужність ДБЖ, кВА	< 1	1...3	3...6	6...10	10...15	15...20	> 20
Напруга акумуляторної батареї, В	12	24	36	48	60	96	> 120



Час роботи від АБ

Час роботи від акумулятора, або час автономної роботи ДБЖ визначається в годинах або хвилинах, залежно від моделі ДБЖ. У технічних характеристиках ДБЖ, як правило, приводиться орієнтовне значення часу автономної роботи, оскільки він залежить від багатьох параметрів.

Реальний час роботи залежить від

1. Реальної ємності акумуляторної батареї, яка з часом постійно зменшується. Для більшості дешевих акумуляторів через 5 років експлуатації реальна ємність акумуляторної батареї може сягати 50% від номінальної ємності.

2. Потужність навантаження. Чим більша потужність навантаження, тим менший автономний час роботи. При цьому, при роботі ДБЖ завжди є втрати електричної енергії. Тому навіть при роботі без навантаження, час роботи від акумуляторної батареї все одно обмежений.

3. Температури довколишнього середовища. Акумуляторна батарея є хімічним джерелом електричної енергії, а швидкість протікання хімічних реакцій напряму залежить від температури. Тому при низькій температурі час роботи від акумуляторної батареї буде менший.

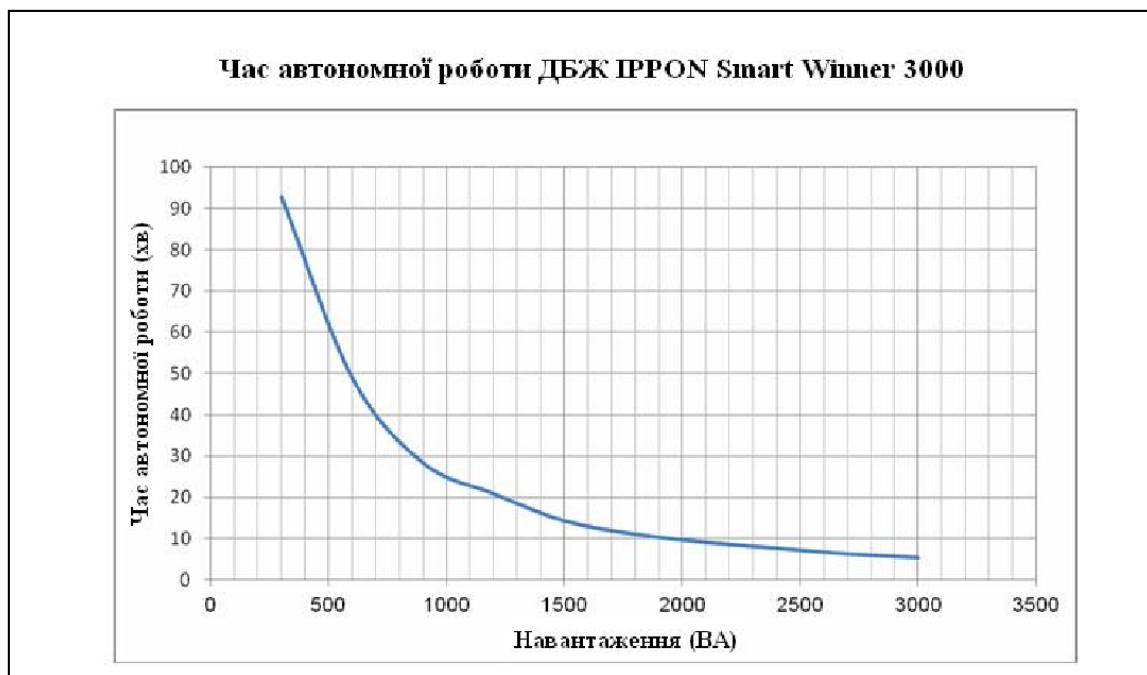
Час роботи від акумуляторної батареї

Час роботи від АБ (час автономної роботи), t - мінімальний час роботи в аварійному режимі.

$$t = \frac{U_{AB} C_{AB}}{P_n + P_{ДБЖ}}$$

U_{AB} - Напруга акумуляторної батареї, В
 C_{AB} - Ємність акумуляторної батареї, Агод
 P_n - Потужність навантаження ДБЖ, Вт
 $P_{ДБЖ}$ - Потужність втрат у ДБЖ, Вт

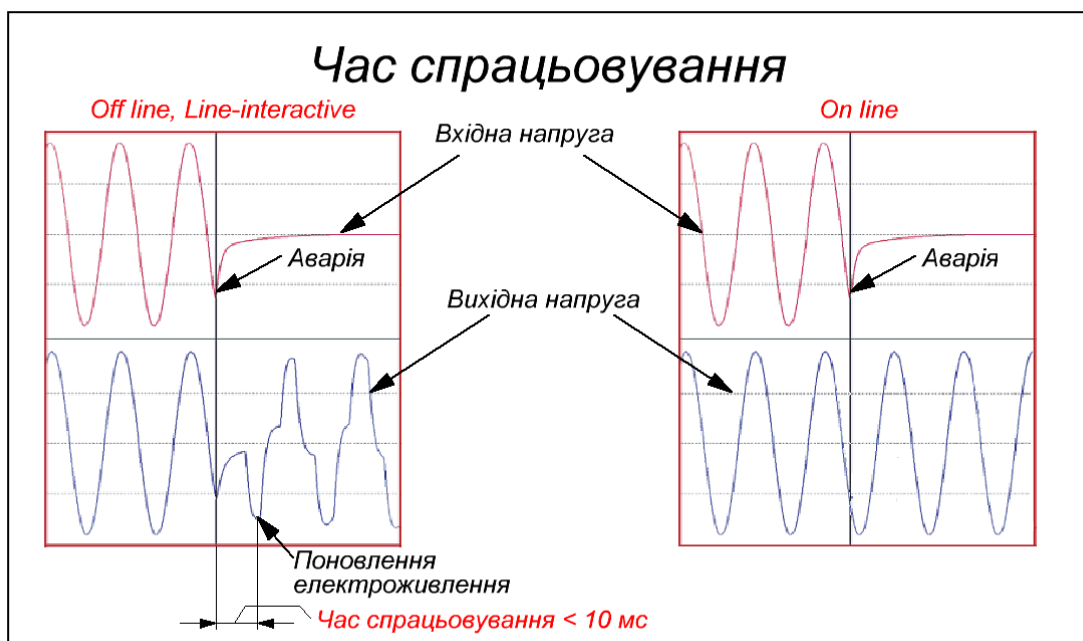
Виробники ДБЖ у технічних характеристиках зазвичай приводять графіки за якими можна визначити орієнтовний час автономної роботи при конкретній потужності навантаження та температурі довколишнього середовища.



Час спрацювання

Наступною характеристикою ДБЖ є час спрацювання, або час перемикання. Цей параметр визначає максимальний час, який пройде між аварією у мережі та поновлення електроживлення обладнання.

На рисунку ви можете бачити, що після виникнення аварії ДБЖ потрібен деякий час на відновлення електроживлення.



За існуючими стандартами, обладнання, що живиться змінним струмом повинно зберігати працездатність при пропаданні електричної енергії на час, не менший ніж половина періоду мережі. Для частоти 50 Гц ця величина дорівнює 10 мс. Тобто, якщо виробник позиціонує свій пристрій як ДБЖ, то час спрацювання повинен бути не більший ніж 10 мс.

Тут є певна технічна складність, оскільки ДБЖ повинна реагувати не тільки на повне пропадання напруги, але й на її відхилення від номінального значення, яке на практиці важко визначити. Тому при відхиленнях напруги ДБЖ може помилково спрацювати або не спрацювати.

Час спрацювання є характеристикою лише ДБЖ класів Off-Line або Line-Interactive. Для ДБЖ класу On-Line, із подвійним перетворенням електричної енергії час спрацювання дорівнює 0.

Форма вихідної напруги

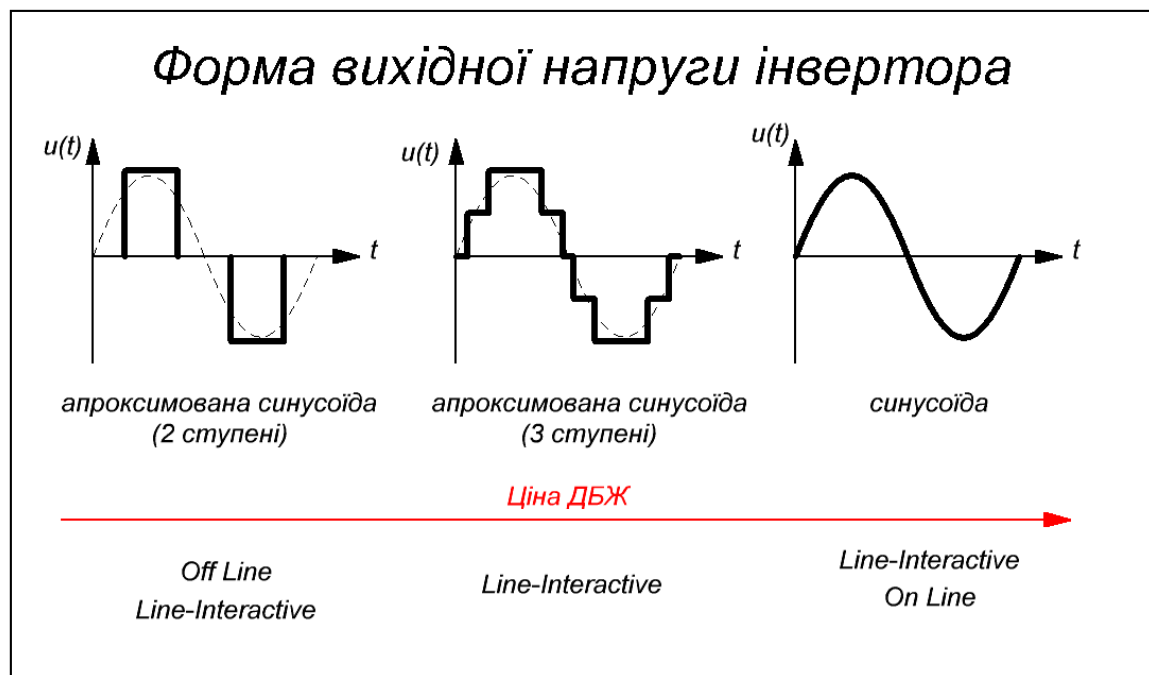
Останньою характеристикою ДБЖ, яку ми з вами докладно розглянемо є форма вихідної напруги інвертора.

Як відомо, коли ДБЖ працює в аварійному режимі обладнання через інвертор живиться від АБ. При цьому інвертор перетворює постійну напругу АБ у змінну напругу, необхідну для роботи навантаження.

У найкращому випадку форма вихідної напруги інвертора ДБЖ повинна бути синусоїдальною. Але інвертор, що має вихідну напругу синусоїдальної форми, та ще й з високим ККД має високу вартість.

Тому вихідну напругу синусоїдальної форми мають лише ДБЖ високої якості і, відповідно, високої вартості. У більш дешевих ДБЖ використовується інвертор, що має вихідну напругу у формі так званої апроксимованої синусоїди.

Чим дешевше ДБЖ тим більше форма вихідної напруги відрізняється від синусоїдальної.

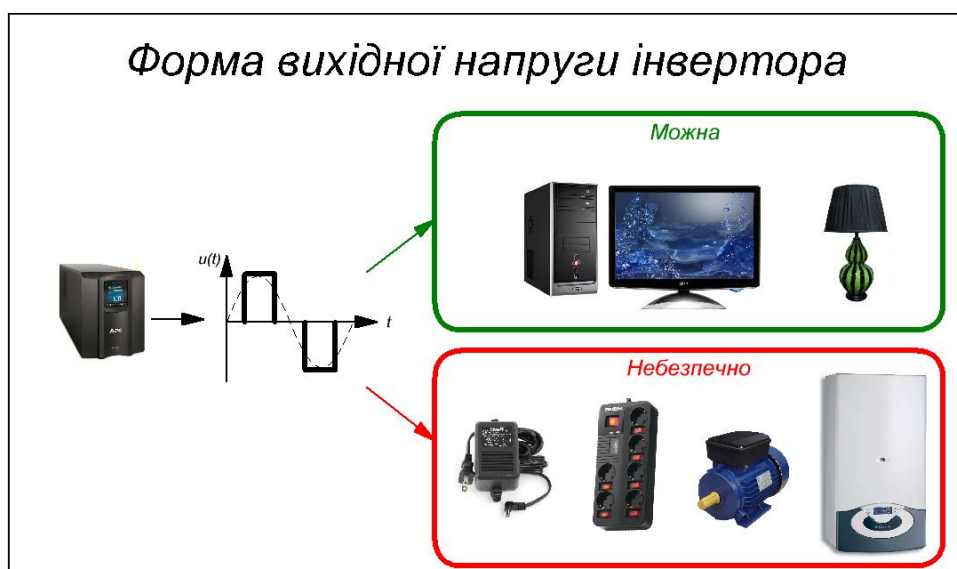


У дешевих моделях ДБЖ класів Off-Line та Line-Interactive використовуються інвертори, що мають вихідну напругу у формі прямокутних імпульсів, так звана двохступінчата апроксимація, або квазі синусоїда.

До ДБЖ, що має вихідну напругу у вигляді апроксимованої синусоїди можна підключити лише те обладнання, яке не критичне до форми живильної напруги.

До такого обладнання відноситься більшість малопотужного обладнання з імпульсними блоками живлення: системні блоки комп'ютерів, монітори, телевізори, тощо.

До обладнання, що критичне до форми напруги живлення відноситься обладнання, що містить трансформатори або електродвигуни, наприклад газові котли, а також різноманітні фільтри височастотних заводів. Підключити обладнання, що критичне до форми живильної напруги до ДБЖ із апроксимованою синусоїдою не можна. Тому що навіть короточасна робота обладнання за такої форми напруги може призвести до виходу з ладу як обладнання, так і ДБЖ.



І на закінчення, не слід забувати, що ДБЖ як і будь-який інший радіотехнічний пристрій має цілий набір загальних характеристик, основні з яких зараз ви бачите на екрані, ці характеристики, як правило, не потребують якихось особливих пояснень чи коментарів.

Загальні характеристики ДБЖ

Габаритні розміри

Форм-фактор (якщо є)

Вага (нетто, брутто)

Діапазон робочих температур

Діапазон температур зберігання

Вид кліматичного виконання

Ступінь захисту від пилу та вологи (клас IP)

Наявність та тип індикації

Можливість підключення до комп'ютера або до обчислювальної мережі

Системи безперебійного живлення

Коли нам потрібно забезпечити безперебійним живленням лише одну одиницю обладнання, то у цьому випадку не виникає ніяких зайвих питань або проблем.

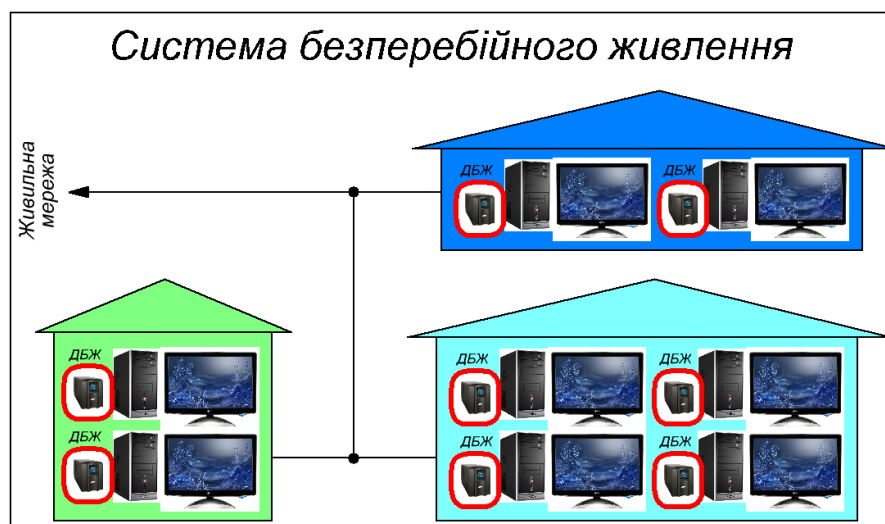
Обрали ДБЖ відповідної потужності, підключили його безпосередньо до мережі живлення та обладнання та й отримали необхідний результат.

А що робити коли у нас декілька одиниць обладнання яке необхідно забезпечити безперебійним живленням.

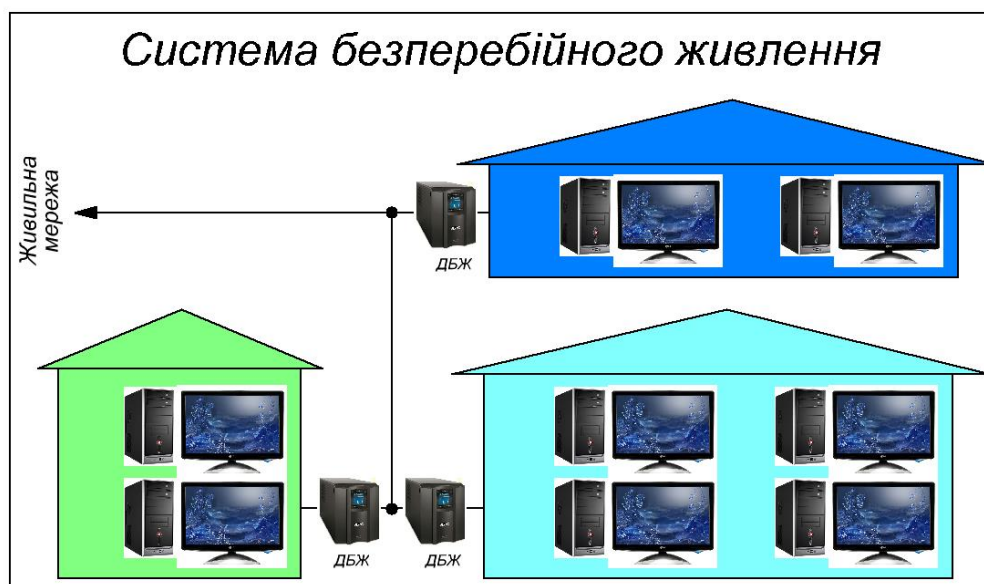
Та ще й це обладнання розташоване на досить великій території підприємства, та знаходиться у різних приміщеннях.

Яке технічне рішення тут необхідно прийняти? Тут є різні варіанти.

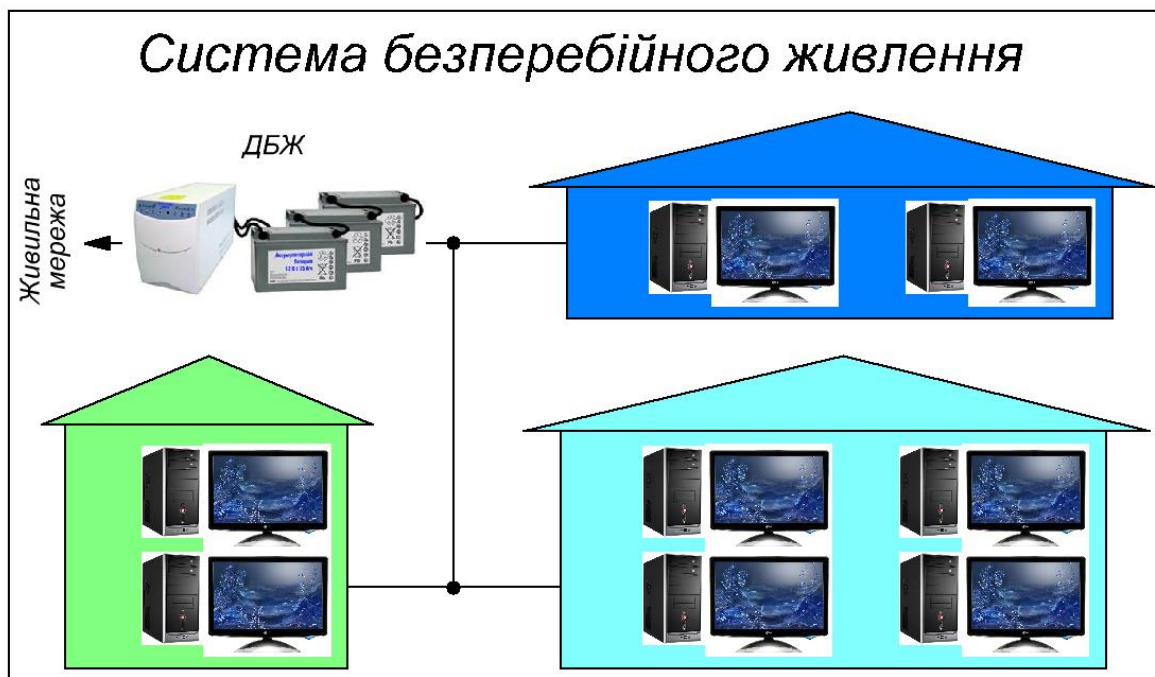
Наприклад, можна живити кожен одиницю обладнання від власної ДБЖ. Це самий простіший варіант, але навряд чи самий дешевий.



Можна згрупувати обладнання за територіальним або функціональним призначенням та підключити кожен групу обладнання до власного ДБЖ.



І на кінець, можна підключити усе обладнання до одного потужного ДБЖ.



Так як організувати безперебійне живлення обладнання? Однозначної відповіді на це питання немає. Тому розглянемо детальніше принцип побудови поширених СБЖ змінного струму.

Спершу визначимо що таке саме поняття “система”. Система безперебійного живлення є комплексом споруд, обладнання, мереж, призначених для транспортування, перетворення, розподілу, регулювання та резервування електричної енергії.

Основним елементом СБЖ є, звісно, джерело (або джерела, якщо їх декілька) безперебійного живлення. ДБЖ є центральним (або головним) елементом будь-якої СБЖ.

До джерел БЖ обладнання підключається за допомогою струморозподільної мережі. Струморозподільна мережа являє собою сукупність кабелів, кабельних каналів, та інших споруд, призначених для передавання електричної енергії від ДБЖ до обладнання.

Також у СБЖ можуть входити різноманітні пристрої автоматики, наприклад, автоматичні вимикачі, призначені для розподілу електричної енергії та захисту її окремих ділянок від перевантаження.

Коли у системі БЖ є лише одне джерело БЖ, то таку систему називають централізованою.

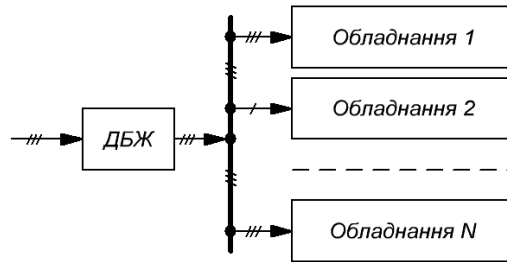
Перевагами централізованої системи є ефективне використання потужності джерела БЖ, зручність обслуговування та ремонту, стійкість до перевантаження і багато інших. Але у цієї системи є два головних недоліки:

При виході із ладу ДБЖ або струморозподільної мережі без електричної енергії залишиться все обладнання.

Для підключення обладнання до ДБЖ потрібна окрема струморозподільна мережа. Добре якщо цю мережу було заплановано при будівництві приміщення. А якщо цього зроблено не було, то монтаж струморозподільної мережі, а це ні що інше як окрема електропроводка, може коштувати досить багато.

Ще один недолік цієї системи вже стане зрозумілий коли ви побачите як виглядає точка підключення до системи безперебійного живлення. Це звичайна електрична розетка, яка кольором, або якимось іншим способом, відрізняється від звичайних розеток.

Централізована система



Переваги:

- Ефективне використання встановленої потужності ДБЖ
- Стійкість до перевантаження
- Можливість збільшення часу автономної роботи за рахунок частини обладнання
- Зручність обслуговування, контролю та ремонту

Недоліки:

- Висока вартість
- Більша вірогідність виходу із ладу
- У разі виходу з ладу ДБЖ або розподільної мережі зупиняється все обладнання
- Необхідність виділення окремої площі або приміщення для системи

Централізована система



Розетки, підключені до системи безперебійного живлення (червоного кольору) у коробі на стіні офісного приміщення

Зрозуміло, що які б застережливі написи не були б на цих розетках, усе одно рано чи пізно спрацює людський фактор і хтось підключить до джерела БЖ обладнання, яке не призначене для такого підключення, наприклад, обігрівач.

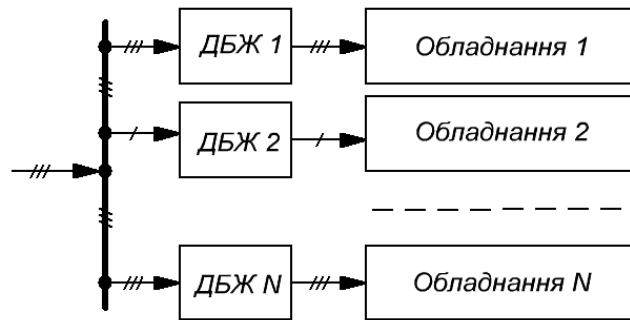
У цьому випадку спрацює система запуску і частина, або все обладнання, залишиться знеструмленим.

Цього недоліку немає у децентралізованій системі у якій кожна одиниця обладнання живиться від окремого ДБЖ.

Така система не потребує окремих приміщень. Джерела БЖ використовуються невеликої потужності, якщо вийде з ладу одне джерело БЖ, то остальне обладнання буде нормально функціонувати.

Зрозуміло, що така система потребує більш складного обслуговування, але головними недоліками цієї системи є те, що потужність кожного джерела БЖ використовується неефективно, бо кожне джерело БЖ повинно мати запас потужності необхідний для включення обладнання. Цей запас залежить від рівня пускових струмів конкретного обладнання.

Децентралізована система



Переваги:

- Не потребує струморозподільної системи
- Просте збільшення потужності та зміна конфігурації
- При виході з ладу 1 ДБЖ перестає працювати лише частина обладнання
- Не потребує спеціальних приміщень для встановлення

Недоліки:

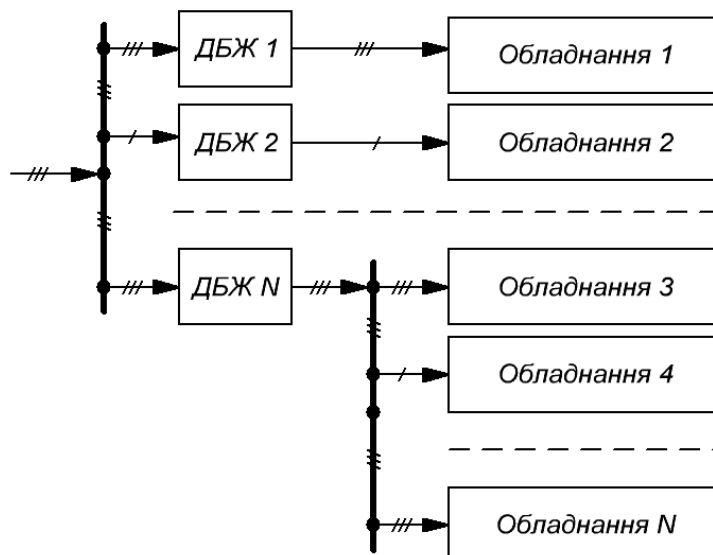
- Неефективне використання потужності ДБЖ та акумуляторних батарей
- Час автономної роботи неоднаковий для різного обладнання
- Складність обслуговування

У централізованій системі цей запас забезпечується потужним джерелом БЖ, а в децентралізованій системі виходить так, що загальна потужність усіх джерел БЖ виходить більша, ніж потужність одного джерела БЖ у еквівалентній централізованій системі.

Оскільки централізований і децентралізований принципи побудови систем БЖ мають певні недоліки, на практиці часто використовують змішаний принцип побудови систем БЖ.

При змішаному принципі якась частина обладнання може бути згрупована та живитися від одного потужного джерела БЖ.

Змішана система



А для обладнання, яка територіально розташоване на значній відстані, використовується децентралізований принцип, тобто це обладнання живиться від власного ДБЖ.

Таким чином, централізована система безперебійного живлення використовується тоді, коли обладнання виконує одну загальну задачу та складається із однотипних по призначенню та надійності елементів.

Це можуть бути

- телекомунікаційні центри
- видавничі центри
- офісні приміщення
- серверні стойки
- тощо.



Децентралізована система доцільна у використанні коли обладнання має слабу ступінь об'єднання, територіально розташоване на значній відстані, або взагалі немає можливості створити децентралізовану систему (наприклад, коли немає окремого приміщення, або неможливо розгорнути додаткову струморозподільну мережу).



Децентралізований спосіб безпосереднього живлення використовується для живлення окремих комп'ютерів, окремого мережового обладнання (комутаторів, концентраторів, моделей, тощо).

Децентралізована система



Живлення робочої станції (системного блока та монітора)

У всіх інших випадках, а таких випадків переважна більшість, слід використовувати змішану систему безперебійного живлення.

Практична робота 7. Обладнання автоматики і захисту

Обладнання автоматики і захисту призначено для автоматичної підтримки системи електроживлення у максимально працездатному стані при виникненні аварійних ситуацій і запобігання їх подальшого розвитку. Аварійні ситуації можуть привести до призупинення надання послуг зв'язку, ушкодження обладнання, а також створювати загрозу для життя і здоров'я персоналу.

Існують наступні основні види аварійних ситуацій:

- **зникнення (короткочасне або повне) живильної напруги**, виникає при аваріях або планових роботах у системі електропостачання району – у цьому випадку виникає загроза зупинки роботи обладнання і, як наслідок, призупинення надання телекомунікаційних послуг;

- **перевантаження за напругою** (у вигляді спотворення, імпульсної завади, відхилення частоти) виникає при аваріях у системі електропостачання, при розрядах блискавок або інших подіях, в результаті яких утворюється потужний електромагнітний імпульс, – у цьому випадку живильна напруга може значно перевищувати гранично допустимі значення і привести до виходу із ладу елементів системи електроживлення (кабелів, розподільних пристроїв) і телекомунікаційного обладнання;

- **перевантаження за струмом** виникає при аваріях у системі електропостачання підприємства зв'язку або в телекомунікаційному обладнанні – у цьому випадку виникає загроза виходу з ладу розподільних пристроїв системи електроживлення з подальшою можливою пожежею;

- **пошкодження ізоляції** може виникнути у будь-яких електричних пристроях – у цьому випадку виникає загроза для здоров'я і життя персоналу, оскільки деякі металеві частини, не призначені для протікання електричного струму, можуть виявитися під небезпечною для життя і здоров'я напругою.

Автомат вводу резерву

Автомат вводу резерву (АВР) – електричний комутаційний пристрій, призначений для відновлення електропостачання обладнання за рахунок автоматичного підключення резервних джерел.

При аварії основного джерела електропостачання АВР автоматично підключає резервні джерела. При потребі АВР може подати команду на запуск дизель-генераторної установки. При відновленні основного джерела АВР автоматично підключає обладнання до основної мережі. Сучасні АВР здійснюють постійний контроль наявності напруги в колах основного і резервного джерел живлення.

До АВР висуваються наступні основні вимоги:

- мінімальний час перемикання;
- надійність спрацьовування (під час зникнення напруги АВР повинен спрацьовувати завжди, незалежно від причини);
- затримка перемикання (в деяких випадках, наприклад, під час запуску потужних електродвигунів) для ігнорування можливого зниження напруги;
- одноразове спрацьовування АВР у випадку якщо зникання напруги викликане внутрішнім коротким замиканням у системі.

До складу АВР входять реле різного призначення, обладнання захисту (автоматичні вимикачі), потужні перемикачі (контактори), мікропроцесорний блок керування (контролер АВР) з панеллю індикації й керування.

Промисловістю випускаються як готові щити АВР (ЩАВР) (рис. 1), так і окремі контролери (блоки керування) АВР (БКАВР) (рис. 2).

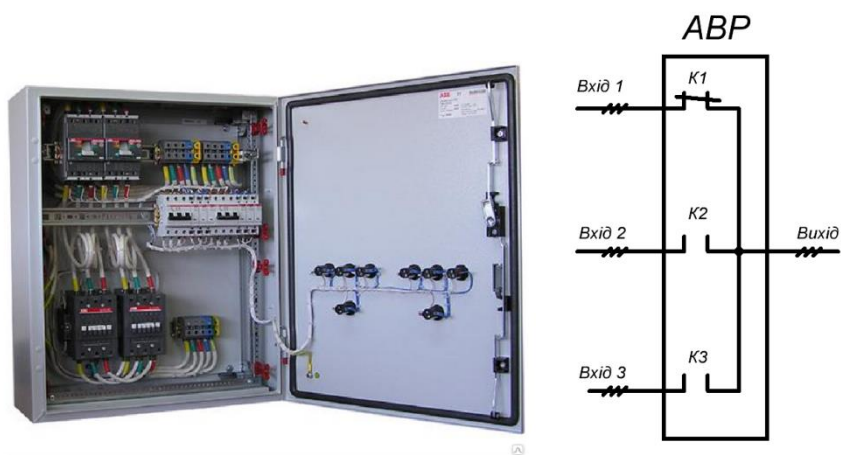


Рисунок 1 – Щит АВР (ЩАВР)



Рисунок 2 – Контролери АВР (БКАВР)

Плавкі вставки

Плавкий запобіжник (fuse) (рис. 3, 4) – пристрій, призначений для захисту від перевантаження за струмом. При виникненні перевантаження внутрішній провідник плавиться і розмикає електричне коло.

Плавкий запобіжник є найслабкішою ділянкою електричного кола, що плавиться в аварійному режимі, тим самим розриваючи коло і запобігаючи подальшому руйнуванню найбільш цінних елементів електричного кола через перегрів або займання, що викликані надмірним збільшенням струму.



Рисунок 3 – Плавкі вставки

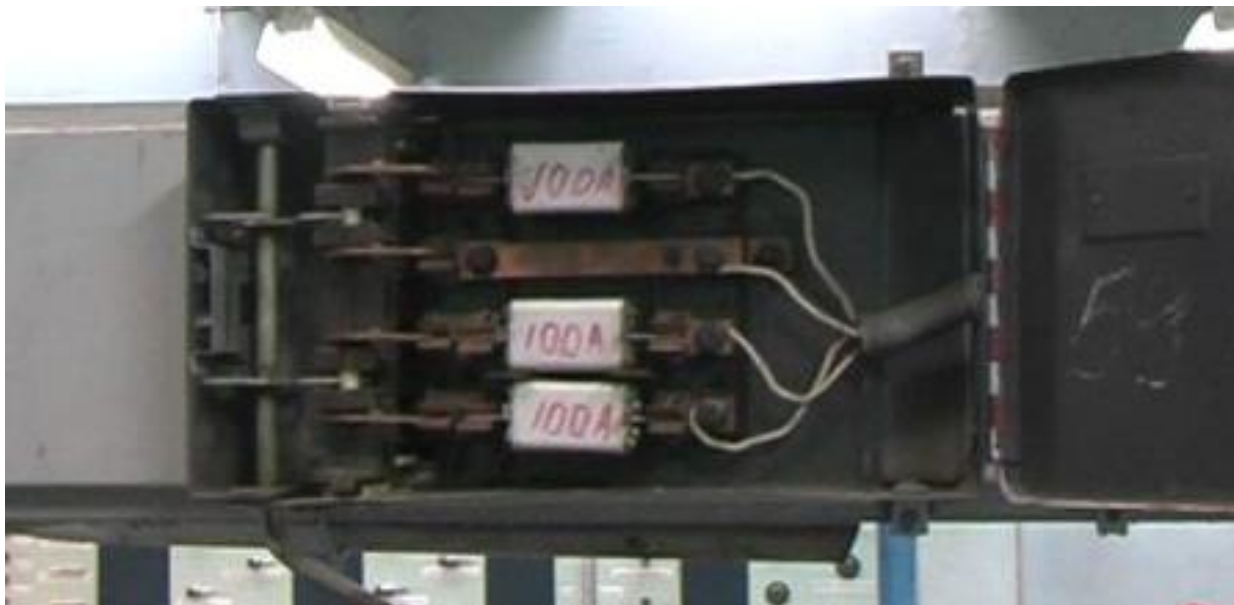


Рисунок 4 – Плавкі запобіжники в розподільному щиті

До переваг плавких запобіжників відноситься простота, висока надійність і низька вартість. Основним недоліком плавких запобіжників є їх одноразовість. Після спрацювання плавкої вставки вона підлягає заміні. Шунтування плавких вставок (використання «жучків»), тому що при використанні «жучків» при повторному виникненні аварійної ситуації часто призводить до пожежі.

Автоматичні вимикачі

Автоматичний вимикач («автомат») – механічний комутаційний апарат, призначений для комутації кола й автоматичного його розчеплення (розриву), якщо струм перевищує задане значення впродовж певного часу.

До переваг автоматичних вимикачів відноситься можливість багаторазового спрацювання, а також відключення трьох фаз при виникненні перевантаження на одній будь-якій фазі.

До недоліків автоматичних вимикачів можна віднести складність конструкції, внаслідок чого знижується надійність спрацювання (автоматичний вимикач може спрацювати при меншому струмі, або не спрацювати взагалі). Також вартість автоматичних вимикачів, як правило, набагато вище за вартість плавких вставок.

Для підвищення надійності коло, що захищається автоматичним вимикачем, додатково захищають плавкою вставкою.

До основних параметрів автоматичних вимикачів відносяться:

- кількість полюсів – кількість кіл, що одночасно захищаються;
- номінальний струм (А) – максимальний струм, який автоматичний вимикач може пропускати тривалий час без спрацювання;
- характеристика спрацювання – визначає поведінку автоматичного вимикача при перевищенні номінального струму.

Характеристики деяких автоматичних вимикачів надані у табл. 1.

У системах електроживлення найчастіше використовуються однополюсні (рис. 5, а), двополюсні (рис. 5, б) – для застосування в однофазних мережах, триполюсні (рис. 5, в) – для застосування в трифазних мережах з характеристиками спрацювання типу А, В і С.

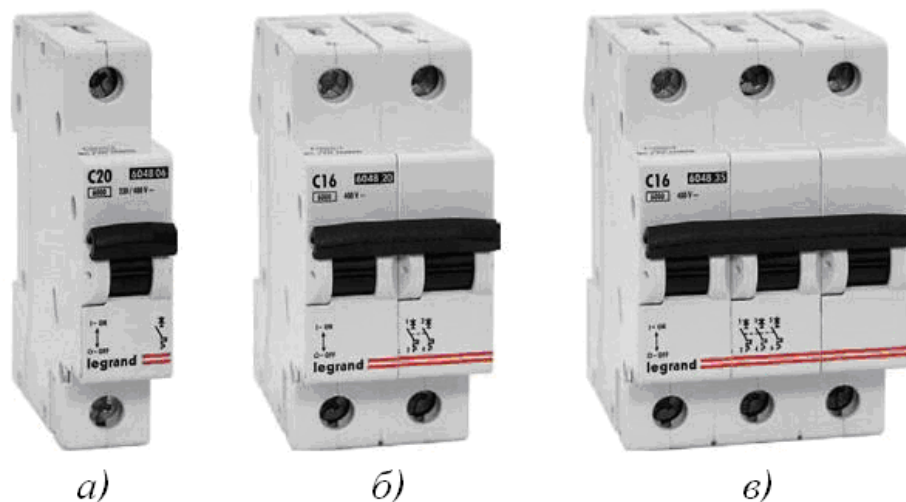


Рисунок 5 – Автоматичні вимикачі: однополюсний – а; двополюсний – б; триполюсний – в

Таблиця 1 – Характеристики автоматичних вимикачів

Тип	Номинальний струм, А	Кількість полюсів, шт.	Номинальна робоча напруга, 50/60 Гц, В	Розчеплювальна здатність, кА	Число перемикань при номінальному навантаженні
BA 69-29	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40	1, 3	230, 400	6	20000
	50, 63	1, 3	230, 400	4	20000
BA 69-100	80	1	230/400	10	
	100	3	400	10	
DPX-125 (фірма Legrand)	16, 25, 40, 63, 100 125	1,3,4	500 В ~	16	8500 механ. 4500 електр.
			250 В =	30	
DPX-160	25, 40, 63, 100, 160	3,4	500 В ~ 250 В =	36	7000, 1000

Автоматичні вимикачі з характеристикою типу А є найбільш чутливими до перевантажень. спрацювання може відбутися при струмі 1,3 від номінального, при цьому час відключення становить близько години. При струмі в 2 рази більше номінального часу, максимальний час спрацювання складає 20...30 с. При струмі в 3 рази більше номінального, час спрацювання складає соті частини секунди. Вимикачі з характеристикою типу А встановлюються в колах, де короточасні перевантаження не можуть виникнути при нормальному режимі роботи, наприклад, в колах живлення телекомунікаційної апаратури.

Автоматичні вимикачі з характеристикою типу В встановлюються в колах, де пускові струми невеликі або відсутні взагалі, наприклад, у системах освітлення. Гарантоване спрацювання автоматичного вимикача відбувається при струмі в 5 (для змінного струму) або в 7,5 (для постійного струму) разів, що перевищує номінальне значення. При триразовому перевантаженні автоматичний вимикач спрацює протягом 4,5 секунд.

Автоматичні вимикачі з характеристикою спрацювання типу С відрізняються ще більшою перевантажувальною здатністю. Гарантоване спрацювання таких вимикачів відбувається при 10-кратному (для змінного струму) або 15-кратному (для постійного струму) перевантаженні впродовж сотих часток секунди. При 5-кратному перевантаженні

автоматичний вимикач спрацює впродовж 1,5 секунд. Автоматичні вимикачі типу С встановлюють у колах зі змішаним навантаженням в яких можуть короткочасно виникати великі пускові струми.

Обладнання захисного відключення

Пристрої захисного відключення (ПЗВ) (вимикачі диференціального струму, диференціальний вимикач) (residual current device – RCD) – механічний комутаційний апарат (рис. 6), призначений для захисту людини від ураження електричним струмом і (або) від виникнення пожежі, унаслідок витoku струму через пошкоджену ізоляцію проводів.

Принцип роботи ПЗВ ґрунтований на вимірі балансу струмів між провідниками за допомогою диференційного трансформатора струму. Якщо баланс струмів порушений, то ПЗВ розмикає всі контактні групи, що входять до нього, і відключає аварійний сегмент мережі.



Рисунок 6 – ПЗВ: однофазний (ліворуч), трифазний (праворуч)

Пристрої захисту від перевантаження за напругою

У системах електроживлення використовуються два типи захисних пристроїв: розрядники (рис. 7, а, б) і варистори (рис. 7, в).

При виникненні перенапруги в розряднику відбувається пробій газу і відбувається коротке замикання кола, що захищається, з подальшим спрацюванням захисту від перевантаження за струмом.

На відміну від розрядника варистор перетворює енергію перенапруги в тепло, обмежуючи рівень напруги на своїх клеммах. При великих енергіях імпульсу (наприклад, при прямому попаданні блискавки) також можливе спрацювання захисту від перевантаження за струмом.

Перевагою варистора, порівняно з розрядником, є висока швидкодія, це дозволяє також ефективно використовувати його для захисту від імпульсних завад.

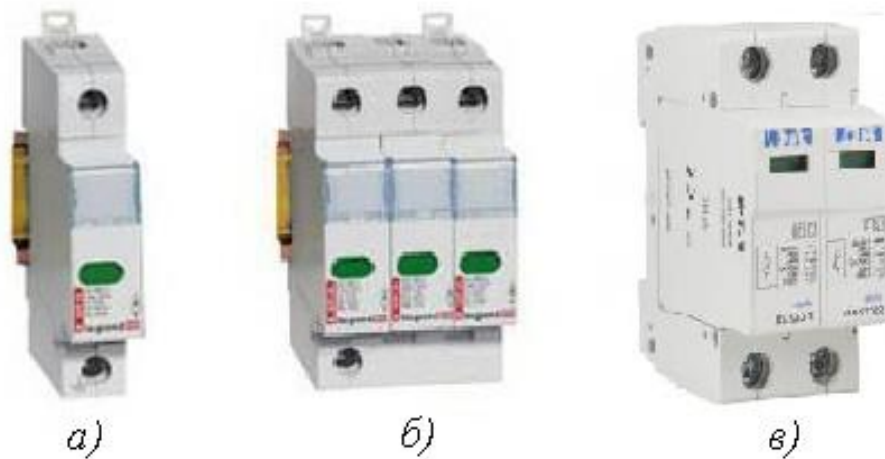


Рисунок 7 – Обладнання захисту від перенапруження: однофазний розрядник – а, трифазний розрядник – б, двофазний варистор – в

Заземлення технічних засобів підприємств зв'язку

Заземлення – умисне електричне з'єднання частин електрообладнання, що нормально не перебуває під напругою, із заземлювальним пристроєм. Під землею розуміють середовище, електропровідність якого визначається ґрунтом. Потенціал «землі» умовно приймається рівним нулю.

На підприємствах зв'язку система заземлення є частиною системи електроживлення, призначена одночасно для створення нормальних умов для роботи обладнання зв'язку (робоче заземлення), для захисту персоналу від ураження електричним струмом (захисне заземлення), для одночасного використання функцій робочого та захисного заземлення (робоче-захисне заземлення), для лінійно-кабельних споруд телекомунікаційної мережі (лінійно-захисне заземлення) і для контролю вимірів електричного опору робочого та захисного заземлювальних пристроїв.

На підприємствах зв'язку робоче і захисне заземлення рекомендується підключати до одного заземлювального пристрою.

На підприємстві зв'язку слід розрізняти типи заземлення для систем електроживлення постійного і змінного струмів.

Для систем змінного струму заземлення може бути здійснено безпосереднім підключенням до заземлювального пристрою, до заземленої нейтралі або до окремого заземлюючого провідника, який у свою чергу, може бути підключений як до заземлювача, так і до заземленої нейтралі.

Існує п'ять найбільш поширених систем заземлення:

- система TN – система, в якій нейтраль джерела електроживлення глухо заземлена, а відкриті частини обладнання, що проводять електричний струм, приєднані до глухозаземленої нейтралі джерела за допомогою нульових захисних провідників;

- система TN-C – як система TN, в якій нульовий захисний і нульовий робочий провідники поєднані в одному провіднику на всій його довжині (рис. 8, а);

- система TN-S – як система TN, в якій нульовий захисний і нульовий робочий провідники розділені по всій їх довжині (рис. 8, б);

- система TN-C-S – як система TN, в якій функції нульового захисного і нульового робочого провідників поєднані в одному провіднику в якійсь її частині, починаючи від джерела електроживлення (рис. 8, в);

- система IT – система, в якій нейтраль джерела електроживлення ізольована від землі або заземлена через прилади або пристрої, що мають великий опір, а відкриті частини обладнання, що проводять електричний струм, заземлені (рис. 8, г).

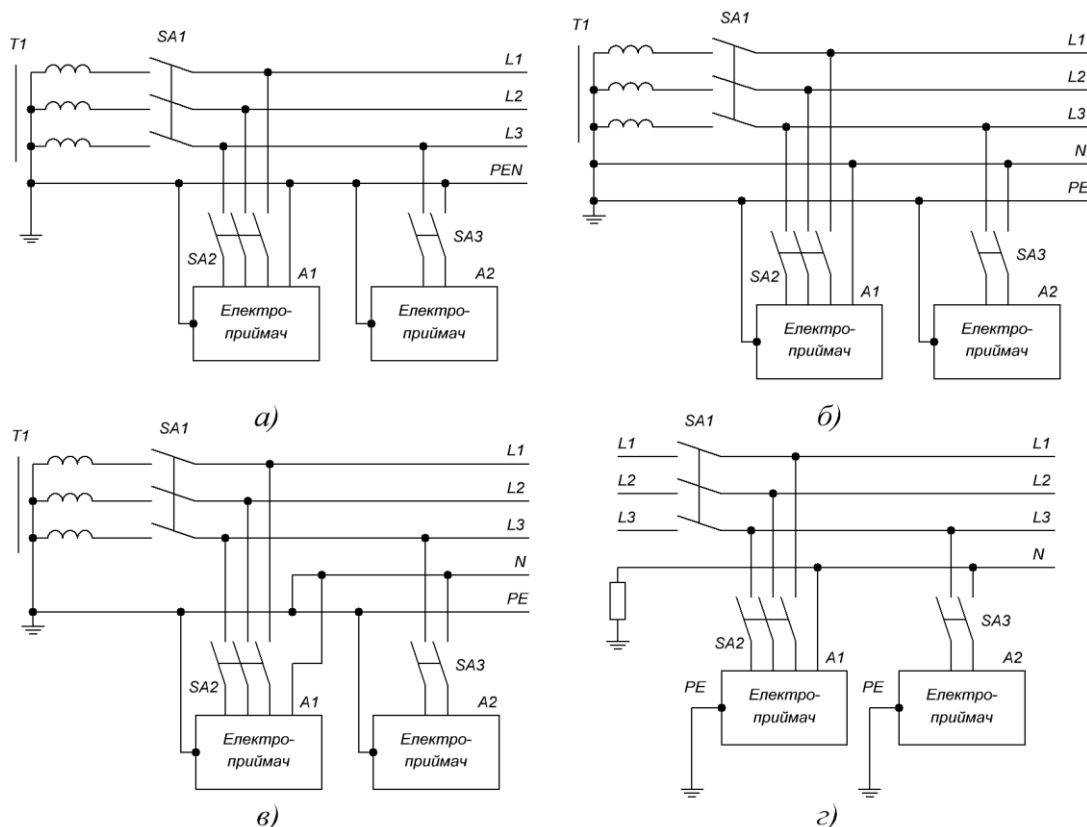


Рисунок 8 – Схеми заземлення на стороні змінного струму: система TN-C – а; система TN-S – б; система TN-C-S – в; система IT – г

У системах електроживлення постійного струму до заземлення можуть бути підключені або тільки корпуси обладнання, або корпуси обладнання та один із полюсів живильної напруги (позитивний або негативний). На підприємствах зв'язку звичайно заземлюється позитивний полюс джерел живлення.

Найбільш поширеними схемами заземлення обладнання постійного струму є: двопровідна система (TN-C) з заземленням струмопровідного провідника (рис. 9, а); трипровідна система (TN-S) (рис. 9, б); двопровідна система з роздільним заземленням струмопровідного провідника і корпусу струмоприймача (TT) (рис. 9, в); двопровідна система з заземленням корпусу струмоприймача (IT) (рис. 9, г).

Заземлювальні пристрої

Заземлювальні прилади складається із заземлювача і заземлювальних провідників. Як заземлювачі часто використовують природні заземлювачі: прокладені в землі сталі водопровідні труби; сталеві броні і свинцеві оболонки силових кабелів, прокладених в землі; металеві конструкції споруд і будівель, що мають надійний контакт з землею. На підприємствах зв'язку обов'язковим є використання штучних заземлювачів.

Конструктивно штучний заземлювач виконується у вигляді одного або декількох рядів вертикальних (рідше горизонтальних) електродів (рис. 10). Як вертикальні електроди використовуються залізні труби або кутики довжиною 2,5...5 м. Верхній кінець вертикального електроду повинен знаходитися на глибині 0,5...1,5 м від поверхні. Відстань між електродами повинна бути не менше 2,5...3 м. Вертикальні електроди з'єднуються між собою горизонтальними залізними смугами. Електричне з'єднання між вертикальними і горизонтальними електродами, як правило, відбувається зварюванням.

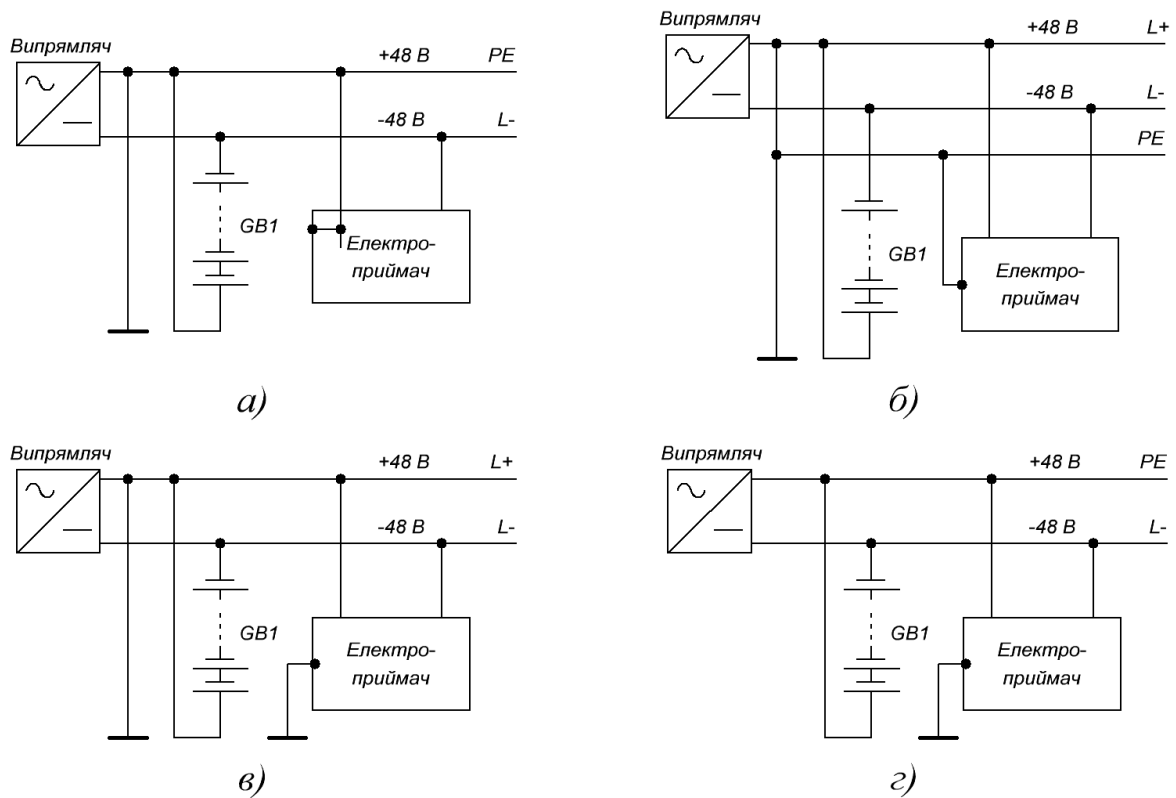


Рисунок 9 – Схеми заземлення обладнання постійного струму:
TN-C – а; TN-S – б; TT – в; IT – г

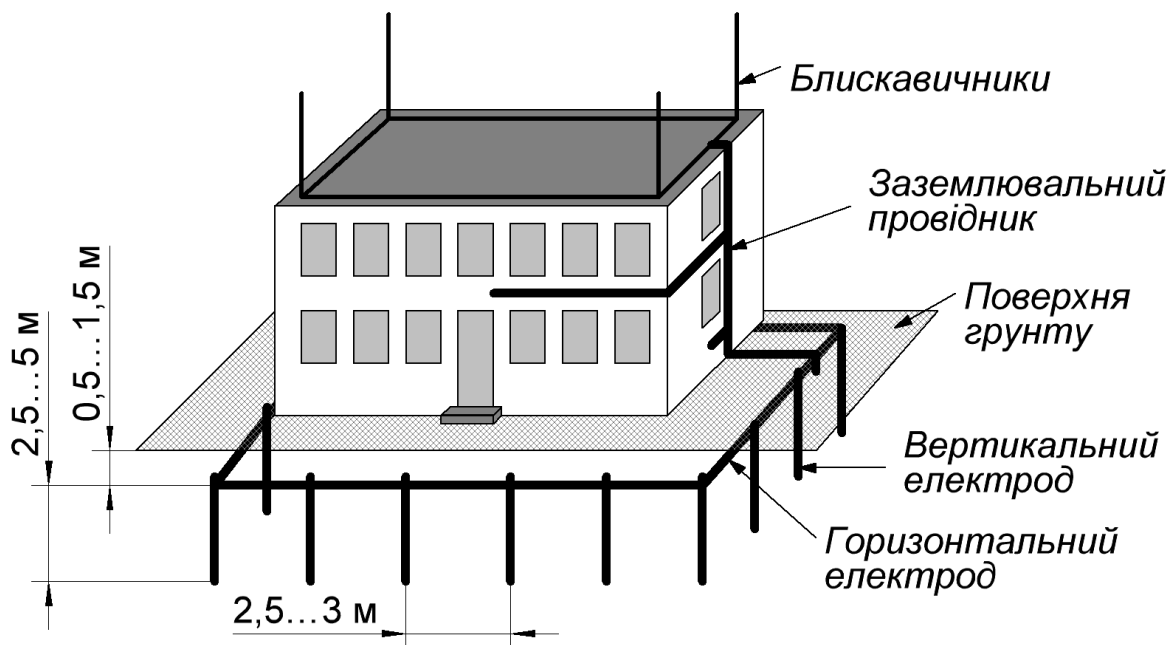


Рисунок 10 – Обладнання заземлення

Обладнання з'єднується з заземлювачем провідниками. Як заземлювальні провідники можуть використовуватися спеціальні провідники, переріз яких повинен бути не менше струмопровідних провідників і визначаються «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ).

Практична робота 8. Електроживлення персональних комп'ютерів

Персональні комп'ютери залишаються одним із найпоширеніших видів обчислювальних пристроїв. На сьогоднішній день вже важко знайти професію, де б не використовувались персональні комп'ютери, або як основний робочий інструмент (письменники, бухгалтери, оператори) або як допоміжний (наприклад, довідникова система слюсаря СТО для пошуку запчастин).

У сучасних бізнес-центрах можуть одночасно працювати кілька тисяч комп'ютерів. А це означає, що фахівці, що вміють налагоджувати, ремонтувати та підтримувати цю техніку у робочому стані, буде робота щонайменше на кілька десятиліть наступних років, поки не вигадають якийсь інший пристрій, що зможе замінити персональні комп'ютери. Але поки що пристрої, які б могли повноцінно замінити персональні комп'ютери, відсутні навіть у творах письменників-фантастів.

Використання персональних комп'ютерів



У цій лекції мова піде про особливості електроживлення персональних комп'ютерів. Ця інформація буде корисна у першу чергу для фахівців, що планують у подальшому працювати із комп'ютерною технікою: збирати, налагоджувати або ремонтувати системні блоки персональних комп'ютерів.

Енергоспоживання будь-якої цифрової мікросхеми, побудованою за КМОН-технологією, залежить від фізичних розмірів транзисторів, із яких вона побудована, напруги живлення та частоти роботи. Зараз нас у першу чергу цікавить саме напруга живлення, оскільки на розміри транзисторів та частоту роботи ми навряд чи можемо якось вплинути. Тому слід зрозуміти головне: енергоспоживання будь-якої КМОН-мікросхеми, а усі мікросхеми процесорів, відео-, звукових та мережних карт, оперативної пам'яті, та усіх інтерфейсів побудовані саме за КМОН-технологією, пропорційні квадрату напруги живлення. Тому напруга живлення цих мікросхем ніяк не може бути великою.

Також слід з'ясувати стандартні напруги живлення цифрових мікросхем, бо ми сьогодні з цими напругами будемо досить активно працювати. Зараз найбільш поширеними напругами живлення є 5 В та 3,3 В. Є дуже велика кількість мікросхем, розрахованих на живлення від безпосередньо напругами 5 В або 3,3 В, наприклад, контролери клавіатури, миші, а також більшості USB-пристроїв, бо 5 В є стандартною напругою живлення інтерфейсу USB.

Особливості енергоспоживання мікропроцесорів

- Енергоспоживання мікропроцесорів залежить від геометричних розмірів напівпровідникових компонентів
- Типова напруга живлення сучасних мікропроцесорів дорівнює 5 В або 3,3 В (мікросхеми малої та середньої працездатності), для потужних процесорів – 0,8...2,5 В
- Енергоспоживання мікропроцесора залежить від змісту програми та оброблюваних даних

Напруга 12 В у комп'ютерному обладнанні також присутня, але для безпосереднього живлення цифрових мікросхем вона не використовується (за винятком кількох специфічних інтерфейсів, наприклад, RS232). Напруга 12 В призначена, у першу чергу, для живлення двигунів та приводів. Напруга 12 В подається на вентилятори, зчитувачі жорстких дисків (використовується для двигунів розкрутки магнітних пластин та приводів позиціонування магнітних головок), зчитувачі CD-ROM (розкрутка диску, позиціонування лазера, механізм заміни диску), зчитувачі гнучких дисків (якщо вони є) та усіх інших вузлів, у яких можливо використання двигунів. Крім того, деякі материнські плати мають вбудовані контролери світлодіодного підсвічування, а живлення потужних (не індикаторних) світлодіодів також простіше забезпечити від напруги 12 В.

А ще потрібно згадати, що потужні цифрові мікросхеми, такі як процесори, контролери оперативної пам'яті, процесори відеокарт, мають меншу напругу живлення, тому що вони мають велику кількість компонентів, і збільшення напруги живлення призвело б до значних виділень тепла.

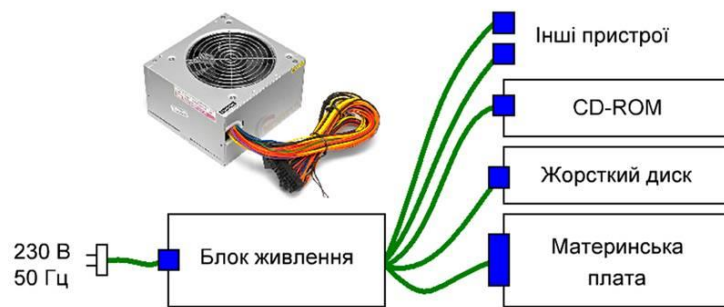
Стандартні напруги живлення цифрової техніки

- **3...15 В** (зазвичай – **12 В**) – напруга живлення низькочастотних (до 1 МГц) КМОН мікросхем (охоронні системи, пристрої протипожежного захисту, нескладна промислова автоматика, автомобільна автоматика)
- **5 В** – напруга живлення ТТЛ мікросхем, комп'ютерних портів PS/2, USB, цифрових КМОН мікросхем та мікроконтролерів загального призначення («розумний будинок», пристрої Інтернету речей, побутова техніка, промислова автоматика)
- **3,3 В** – наступний (після 5 В) стандарт напруги, розповсюджений так же широко, як і стандарт 5 В
- **2,5...2,7 В** – наступний (після 3,3 В) стандарт напруги, поки що не набув широкого використання
- **0,8...2,5 В** – потужні мікропроцесори (комп'ютери, смартфони тощо)

У персональному комп'ютері за забезпечення усіх вузлів електричною енергією відповідає блок живлення. З точки зору дисципліни електроживлення блок живлення персонального комп'ютера є джерелом вторинного електроживлення (тобто сам він не створює електричну енергію), який перетворює параметри промислової мережі змінного струму. Фактично він перетворює змінну напругу із частотою 50 Гц у декілька постійних напруг, які необхідні для живлення обладнання, тобто, є випрямним пристроєм.

Конструктивно блок живлення персонального комп'ютера є окремим блоком, що має певні розміри (форм-фактор). На одній із сторін корпусу блока живлення, що виходить на задню стінку системного блока розташований роз'єм для підключення з'єднувального шнура для підключення до розетки промислової мережі. З іншого боку з блока живлення виходить комплект з'єднувальних проводів на кінцях яких присутні роз'єми для підключення до материнської плати, приводів жорстких дисків, зчитувачів оптичних та гнучких дисків та інших пристроїв, що можуть бути присутніми у системному блоці.

Структурна схема системи електроживлення персонального комп'ютера



Потужність, яку споживають системні блоки персональних комп'ютерів, зазвичай, не перевищує 1000 Вт, тому більшість комп'ютерних блоків живлення розраховані на підключення до однієї фази із напругою 230 В. Для підключення до мережі використовується роз'єм C14, що відповідає міжнародному стандарту ІЕС 60320. Це дозволяє один і той самий блок живлення використовувати у країнах із різними стандартами електричних розеток. Блок живлення, призначений для використання у певній країні, комплектується відповідним шнуром. Наприклад, для України блоки живлення комплектуються шнуром на одному кінці якого встановлено роз'єм C13 (відповідна частина роз'єму C14), а на іншому – електрична вилка CEE 7/7. А для продажу у Швейцарії цей блок живлення вже буде комплектуватися шнуром, обладнаним вилкою SEV-1011, бо саме такі розетки використовуються у електричних мережах цієї країни.

Роз'єми C13/C14 мають три контакти, два з яких призначені для подачі напруги (на який подавати фазу, а на який нуль, зазвичай, немає значення), а третій (центральний) призначений для підключення захисного заземлення. Тому такий спосіб підключення є не тільки універсальним, а ще й відповідає усім вимогам електробезпеки.

Роз'єм для підключення до промислової мережі



Перші моделі комп'ютерних блоків живлення разом із роз'ємом C14 для підключення до мережі дуже часто мали додатковий роз'єм C13, до якого можна було підключати монітор. На той час рівень енергозбереження комп'ютерного обладнання був невисоким, а блоки живлення формату АТ мали можливість фізичного відключення від мережі. Тому така функція була дуже зручною: однією кнопкою на системному блоці можна було одночасно відключити від мережі і системний блок і монітор. Після переходу на стандарт АТХ, що не має функції повного відключення від мережі, великої необхідності у такому роз'ємі вже немає. Проте деякі виробники комп'ютерних блоків живлення ще й досі встановлюють цей роз'єм. Він дозволяє зменшити необхідну кількість електричних розеток і підключати системний блок та монітор лише до однієї розетки.

На деяких блоках живлення на задній стінці встановлюють вимикач, що дозволяє, відключити блок живлення від електричної мережі. Великої потреби у цьому вимикачеві немає, проте інколи його використовують для повного перезавантаження материнської комп'ютера (у випадку зависання її компонентів).

Досить велика кількість ранніх моделей комп'ютерних блоків живлення мала ручний перемикач напруги (115/230 В), що дозволяв один і той самий блок живлення використовувати у країнах із різними напругами. Проте від цього вимикача було більше шкоди ніж користі, тому що його неправильне встановлення могло за кілька секунд повністю вивести із ладу і блок живлення і внутрішнє обладнання системного блоку. Зараз краще придбати блоки живлення, що вже розраховані на живлення від напруги країни, де вони плануються використовувати. У будь якому випадку, при наявності такого перемикача слід бути особливо уважними, тому що в українських електромережах із напругою 230 В, включення блока живлення із перемикачем, встановленим на 115 В, дуже швидко призведе до виходу блока живлення із ладу.

Варіанти оснащення блока живлення

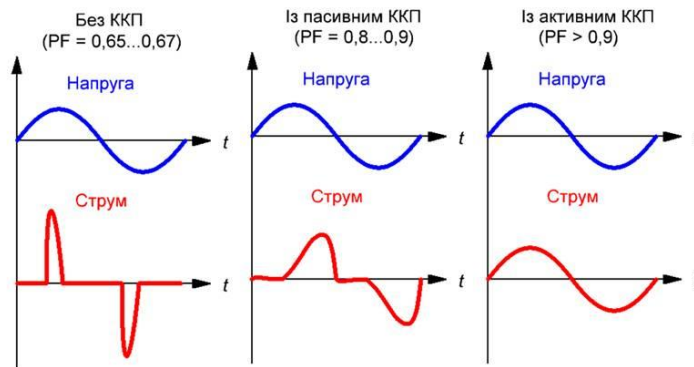


Оскільки блок живлення комп'ютера підключається до мережі змінного струму, то одним із його важливих параметрів є якість споживання електричної енергії, яка визначається коефіцієнтом потужності (Power Factor PF). У найпростішому блоці живлення форма струму, споживаного із мережі, має яскраво виражену нелінійну форму із коефіцієнтом потужності $PF = 0,65 \dots 0,67$. Така форма споживаного струму створює додаткові навантаження на електричну мережу, особливо у нульовому проводі, і при великій кількості комп'ютерів може призвести до перегорання нульового проводу та виходу із ладу усього обладнання, що підключене до цього сегменту мережі.

Відповідно до діючих в Україні стандартів таку форму споживаного струму може мати обладнання із споживаною потужністю до 300 Вт, яке не відноситься до освітлювальних пристроїв (для світильників без ККП потужність не повинна перевищувати 80 Вт). Тому усі блоки живлення персональних комп'ютерів потужністю більше 300 Вт повинні мати у своєму складі спеціальний вузол – коректор коефіцієнту потужності (ККП). Проте наявність ККП збільшує вартість блока живлення, тому на ринку України є велика кількість дешевих моделей комп'ютерних блоків живлення потужністю більше 300 Вт, не обладнаних ККП. У домашніх комп'ютерах такі блоки живлення можна використовувати без особливих наслідків, але на виробництві, особливо у бізнес центрах, слід вживати додаткових заходів по підвищенні коефіцієнту потужності.

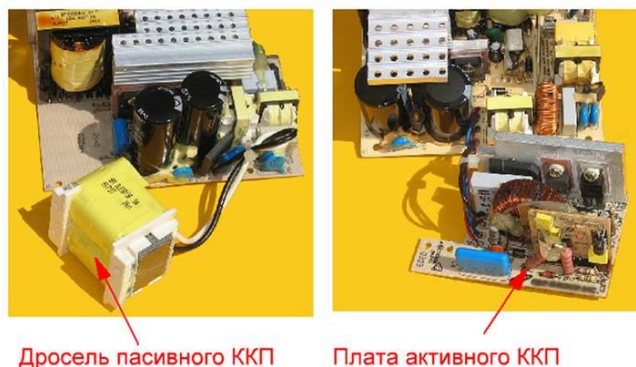
Існує два види ККП, які використовуються у комп'ютерних блоках живлення: пасивні та активні. Пасивні ККП більш прості та дешеві, проте форма струму у блоків живлення із пасивним ККП також не синусоїдальна. Типовий коефіцієнт потужності блока живлення із пасивним ККП знаходиться у межах $0,8 \dots 0,9$, що вкладається у межі стандартів. Блоки живлення із активними ККП мають майже синусоїдальну форму споживаного струму. Їх коефіцієнт потужності наближається до 1, проте вони і більш дорогі і мають менший ККД.

Форма струму, споживаного різними моделями блоків живлення



Пасивний ККП складається із низькочастотного (50 Гц) дроселя, що включається послідовно із входним випрямлячем. При необхідності його можна вилучити, замкнувши між собою точки його підключення, при цьому блок живлення буде нормально функціонувати хоч і з меншим коефіцієнтом потужності. Активний ККП використовує імпульсний спосіб перетворення електричної енергії і є доволі складним та дорогим пристроєм, який і більшості випадків не можна просто вилучити із блока живлення. У деяких моделях активний коректор змонтований на окремій платі, але у більшості випадків ККП розташовується на одній друкованій платі із іншими вузлами блока живлення.

Активний vs. пасивний ККП



Зазвичай виробники, щоб обґрунтувати високу вартість блока живлення із ККП, вказують його наявність безпосередньо на маркуванні, акцентуючи увагу, що це є конкурентною перевагою цього виробу. Реальний коефіцієнт потужності повинен вказуватися у технічній документації на блок живлення. Якщо цього параметра у технічній документації немає, як і немає ніякого маркування на корпусі приладу, то це скоріш за все означає, що у цьому блоці живлення немає ніякого ККП і його коефіцієнт потужності дорівнює типовому значенню – 0,65...0,67.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) типового блока живлення дорівнює 65...70%, що, враховуючи масове використання комп'ютерів, є доволі низьким значенням. З 2007 року проводяться заходи із підвищення ККД комп'ютерних блоків живлення. Так, наприклад, у рамках стандарту енергозбереження Energy Star 4.0 було запроваджено сертифікацію 80 PLUS для енергоефективності блоків живлення. І хоч перші версії сертифікатів 80 PLUS були розраховані лише на блоки живлення, що працюють лише у мережах із напругою 115 В, починаючи із рівня 80 PLUS Bronze такий сертифікат можуть отримати і блоки живлення, що розраховані для роботи у мережах із напругою 230 В.

Блок живлення із активним ККП



Рівні ККД комп'ютерних блоків живлення по сертифікації 80 PLUS

Сертифікат	Навантаження (процент від максимальної потужності)			
	10 %	20 %	50 %	100 %
80 PLUS	—	80 %	80 %	80 %
80 PLUS Bronze	—	81 %	85 %	81 %
80 PLUS Silver	—	85 %	89 %	85 %
80 PLUS Gold	—	88 %	92 %	88 %
80 PLUS Platinum	—	90 %	94 %	91 %
80 PLUS Titanium	90 %	94 %	96 %	91 %

Зверніть увагу, що системний блок типового персонального комп'ютера дуже рідко споживає від блока живлення енергію більше ніж на 80% його максимальної потужності, а більшість часу його навантаження взагалі складає приблизно 20...30% від максимальної потужності блока живлення. Тому значення ККД при низьких рівнях завантаження є дуже важливим, оскільки це безпосередньо впливає на рівень витрат коштів на електроенергію, яка використовується для живлення комп'ютерів.

Сертифікат 80 PLUS на маркуванні блока живлення персонального комп'ютера



Усі блоки живлення для персональних комп'ютерів мають певні геометричні розміри, та роз'єми для підключення до інших елементів комп'ютера. Це дає змогу використовувати блоки живлення різних виробників у різних корпусах системних блоків. На сьогоднішній день існує досить велика кількість форм-факторів блоків живлення, проте в Україні найпоширенішим із них, є форм-фактор ATX. Цей форм-фактор був розроблений у 1995 році компанією Intel для корпусів системних блоків у яких можна було встановлювати повнорозмірні материнські плати сучасних (на той час) персональних комп'ютерів.

Саме цей стандарт ми і будемо розглядати далі. І хоч зараз все більше виробників корпусів для системних блоків орієнтуються на більш компактні рішення, усе одно вони у своїй більшості багато в чому аналогічні форм-фактору АТХ.

Параметри деяких форм-факторів блоків живлення

Форм-фактор	Розміри, мм	Розробник	Застосування
XT	216 × 279	IBM, 1983	Оригінальна архітектура IBM PC/XT
AT	305 × 279...330	IBM, 1984	Архітектура IBM PC/AT (Desktop/Tower)
Baby-AT	216 × 254...330	IBM, 1985	Архітектура IBM PC/XT,
ATX	305 × 244	Intel, 1995	Основна архітектура повнорозмірних плат для установки в системних блоках типів MiniTower, FullTower.
microATX	244 × 244	Intel, 1997	Скорочений формат АТХ.
FlexATX	244 × 190,5...244	Intel, 1999	Підмножина формату MicroATX,
Mini-ATX	284 × 208	AOOpen, 2005	Розроблені з використанням технології MoDT для мобільних процесорів.

Але перед тим як перейти до розгляду блоків живлення АТХ, слід спочатку звернути увагу на попередні блоки живлення формату АТ, який зараз вже не використовується. Це дозволить зрозуміти як йшла еволюція блоків живлення, і чому сучасні блоки живлення мають саме таку архітектуру.

Особливістю цих блоків живлення була наявність мережного вимикача, який дозволяв фізично відключити блок живлення разом із монітором, який підключався до відповідного роз'єму на задній стороні блока живлення, від мережі. Ця кнопка була розташована на передній панелі системного блоку і активно використовувалася користувачами.

Системний блок АТ



Мережний вимикач

Оскільки більшість операційних систем, особливо Windows, перед вимкненням комп'ютера потребують виконання певних операцій, то перед тим як вимкнути живлення користувач натискав кнопку «Завершити роботу» (вона залишилась і зараз) а потім чекав доки на екрані не з'явиться дозвіл на фізичне вимкнення живлення. У ранніх версіях Windows раптове вимкнення живлення могло закінчитися катастрофічно для системного блоку. У найгіршому випадку непередбачуване вимкнення живлення могло призвести до виходу із ладу жорстких дисків (пошкодження поверхні магнітного носія зчитувальною голівкою) або, у кращому випадку, потребувало переустановлення операційної системи.

Блок живлення підключався до материнської плати за допомогою двох однорядних роз'ємів і формував усього чотири напруги. Напруга +12 В використовувалась для живлення електродвигунів приводів жорстких та гнучких дисків, CD-ROM та вентиляторів. Цифрові мікросхеми, у тому числі і процесор, живилися від напруги +5 В. Негативні напруги -5 В та -12 В необхідні були для роботи мікросхем певних інтерфейсів. Наприклад, інтерфейс

RS232, який був дуже розповсюджений у той час, використовує біполярні сигнали +12 В (логічний нуль) та -12 В (логічна одиниця). Тому саме для цього інтерфейсу і використовувалась ця напруга. Напруги -5 В та -12 В також використовувались у старих системних шинах, наприклад, ISA. Ці шини також ще деякий час використовувалися і на материнських платах стандарту ATX, тому блоки живлення формату ATX також формують ці напруги, хоч на сучасних материнських платах вони практично не використовуються (хоча стандарт RS232 ще й досі може використовуватися у промислових системах та засобах автоматизації).

Із сигналів самодіагностики існував лише сигнал «Power Good» («Живлення у нормі»), який формувался контролером блока живлення і сигналізував BIOS материнської плати, що усі напруги живлення знаходяться у допустимих межах. У нормальному режимі роботи на цьому виводі присутній сигнал із напругою +5 В. Якщо контролер блока живлення виявляв, що хоч одна із напруг виходить за межі допустимих значень (стає або більшою або меншою за норму), то рівень сигналу зменшувався до 0 В а BIOS материнської плати, для запобігання фізичного пошкодження обладнання, терміново вимикав усі системи.

Роз'єм для підключення материнської плати стандарту AT

Color	Pin	Signal
Orange	P8.1	Power good
Red	P8.2	+5 V
Yellow	P8.3	+12 V
Blue	P8.4	-12 V
Black	P8.5	Ground
Black	P8.6	Ground
Black	P9.1	Ground
Black	P9.2	Ground
White	P9.3	-5 V
Red	P9.4	+5 V
Red	P9.5	+5 V
Red	P9.6	+5 V

Стандарт AT був першим із стандартів живлення персональних комп'ютерів, який набув масового розповсюдження. Проте вже у першій половині 90-х років XX сторіччя стало зрозуміло, що його недоліки вже не дозволяють комп'ютерній техніці розвиватися. Тому у 1995 році компанія Intel розробила новий стандарт ATX, який з 2001 року став домінуючим стандартом живлення комп'ютерного обладнання.

Недоліки стандарту AT



- Немає підтримки мікросхем із напругою живлення 3,3 В
- Немає можливості дистанційного керування комп'ютером
- Неповний контроль над живленням
- Мала потужність
- Невдалий роз'єм для підключення до материнської плати (дві однакових частини які частот плутали між собою)

Блок живлення формату ATX формує ті ж самі основні напруги, що і блок живлення AT (+5 В, +12 В, -5 В та -12 В). Проте для підтримки обладнання із напругою живлення 3,3 В у ньому з'явилася ще одна основна напруга живлення +3,3 В. Крім того, щоб забезпечити повноцінне керування живленням блок живлення формує напругу +5 В SB (Standby). Особливістю цієї напруги є те, що вона присутня завжди, навіть коли комп'ютер

вимкнений (але фізично підключений до мережі). На сучасних материнських платах ця напруга подається на певні вузли і забезпечує можливість дистанційного керування комп'ютером.

У першу чергу напруга +5 В SB подається на BIOS, забезпечуючи його живлення та економію заряду батарейки, встановленої на материнській платі, необхідної для живлення системного годинника під час, коли системний блок фізично відключений від мережі. Ця напруга також може подаватися на мережну карту, що дозволяє увімкнути або вимкнути комп'ютер через локальну інформаційну мережу. Якщо відповідна функція активована, то мережна карта навіть під час простою комп'ютера продовжує оброблювати інформаційні пакети і при виявленні відповідної команди може увімкнути або вимкнути живлення комп'ютера. Крім того напруга +5 В SB може подаватися на контролери клавіатури та миші, і, якщо, наприклад, клавіатура підтримує необхідні функції, то увімкнути або вимкнути основне живлення комп'ютера можна простим натисканням на відповідну клавішу.

Роз'єм для підключення материнської плати стандарту ATX

Color	Signal	Pin	Pin	Signal	Color
Orange	+3.3 V	1	13	+3.3 V	Orange
Orange	+3.3 V	2	14	-12 V	Blue
Black	Ground	3	15	Ground	Black
Red	+5 V	4	16	Power on	Green
Black	Ground	5	17	Ground	Black
Red	+5 V	6	18	Ground	Black
Black	Ground	7	19	Ground	Black
Grey	Power good	8	20	-5 V	White
Purple	+5 V standby	9	21	+5 V	Red
Yellow	+12 V	10	22	+5 V	Red
Yellow	+12 V	11	23	+5 V	Red
Orange	+3.3 V	12	24	Ground	Black

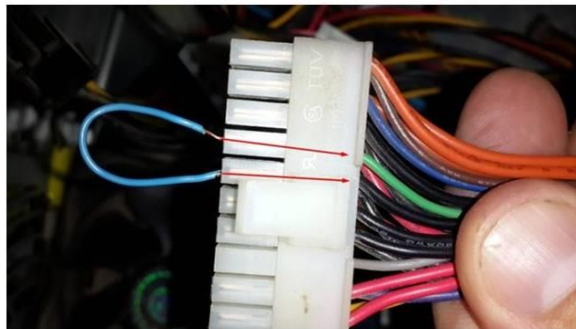
Наявність постійного живлення +5 В SB може стати причиною збоїв у роботі комп'ютера, навіть коли він вимкнений. Причиною цих збоїв у більшості випадків є електромагнітні завади, що наводяться у довгих лініях. Особливо до них чутливі мережні карти. Аварії у мережі живлення (увімкнення або вимкнення потужного навантаження, короткі замикання) або розряди блискавок можуть навести у проводах локальної мережі та проводах живлення значну електрорушійну силу, яка призведе до збою у роботі мережної карти або BIOS. Тому якщо комп'ютер не вмикається, або якісь його системи після включення не працюють, наприклад, немає доступу до локальної обчислювальної мережі, то необхідно у першу чергу фізично відключити системний блок від мережі за допомогою вимикача або, якщо він відсутній, фізично вимкнути системний блок із розетки, почекати не менше 10 секунд, а вже потім пробувати відновити його роботу.

Коли потрібно повністю вимикати живлення системного блоку (знімати напругу +5 В SB)

- Якщо системний блок не вмикається
- Якщо клавіатура, миша чи якийсь інший пристрій (особливо USB) не працює, або працює некоректно
- Якщо не працює мережна карта (немає доступу до обчислювальної мережі, хоча система не виявляє ніяких помилок)
- У всіх інших незрозумілих ситуаціях

Ще одною відмінністю блоків живлення ATX від AT є можливість керування основним блоком живлення. Для цього призначений вивід «Power on» («Увімкнути живлення»). Цей сигнал виведений на 16 вивід роз'єму для підключення материнської плати (для 24-вивідного варіанту), а провід, який підключений до цього виводу, зазвичай, має зелений колір. Для того увімкнути основний блок живлення без материнської плати, наприклад, для того щоб перевірити його працездатність, необхідно з'єднати його ізлюбим із проводів, що з'єднані із загальним проводом (зазвичай, вони мають чорний колір ізоляції). Якщо блок живлення працездатний, то після такого з'єднання з'являться усі напруги і почне крутитися вентилятор. На материнській платі цю функцію виконує спеціальний електронний ключ, який керується BIOS.

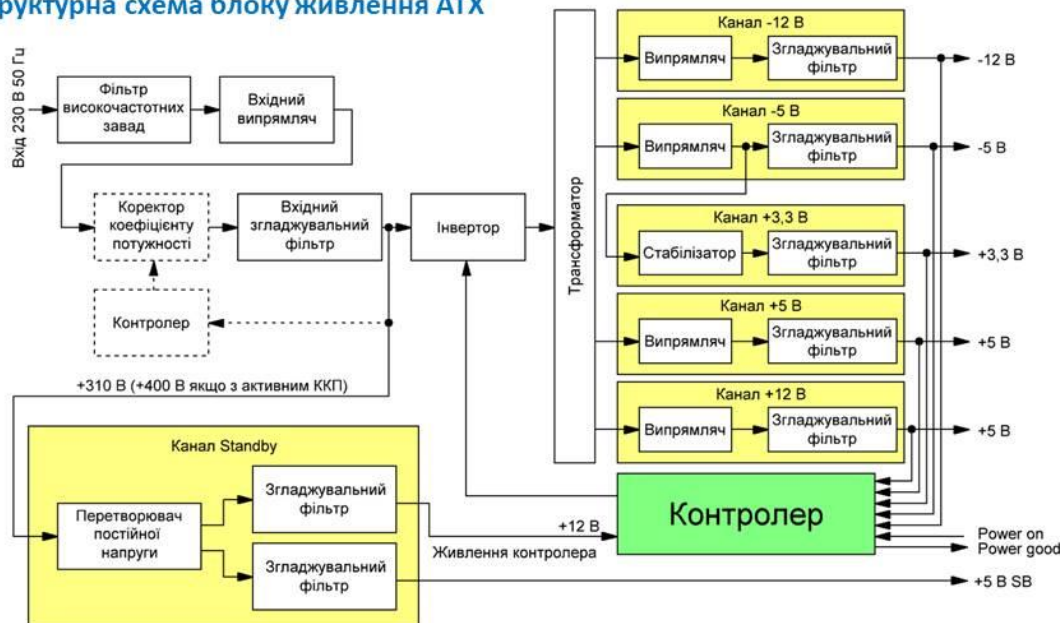
Включення блока живлення без материнської плати



Структурна схема блока живлення ATX складається із наступних вузлів. Вхідна напруга подається на фільтр високочастотних завад, який з одного боку не пропускає завади зі мережі до основної схеми, а з іншого перешкоджає потраплянню завад, що створює блок живлення, у мережу. Після цього вхідна напруга за допомогою випрямляча на згладжувального фільтра перетворюється на постійну із величиною близько 300 В. Якщо у блоці живлення є активний коректор коефіцієнту потужності, то він встановлюється між вхідним випрямлячем та його згладжувальним фільтром. Коректор коефіцієнту потужності зазвичай має власний контролер, який підтримує напругу на виході згладжувального фільтра на рівні приблизно 400 В. Постійна напруга 300 В або 400 В подається на перетворювач постійної напруги, який формує дві стабілізовані напруги +5 В та +12 В. Напруга величиною +5 В подається на материнську плату (напруга +5 В SB), а напруга +12 В використовується для живлення мікросхем контролера блока живлення. Сам контролер формує сигнали керування транзисторами інвертора, який перетворює постійну напругу 300 В або 400 В на змінну напругу із частотою від 50 кГц до 500 кГц (частота залежить від конкретної схеми блока живлення). Високочастотна змінна напруга подається на основний силовий трансформатор, який її понижує та забезпечує гальванічну розв'язку. До вторинних обмоток

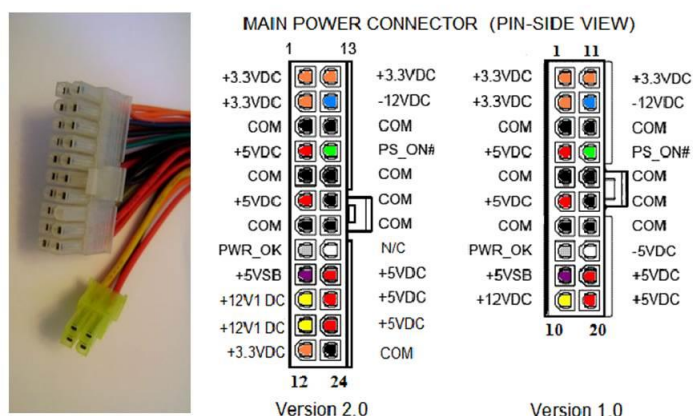
трансформатора підключені відповідні випрямлячі та згладжувальні фільтри, які перетворюють її на напруги +5 В, +12 В, -5 В та -12 В. Напруга +3,3 В, зазвичай, формується окремим стабілізатором із напруги +5 В. Контролер забезпечує групову стабілізацію усіх напруг та формує сигнал Power good. При високому рівні сигналу Power on контролер перестає формувати сигнали керування транзисторами інвертора, що призводить до зникнення напруг +3,3 В, +5 В, +12 В, -5 В та -12 В, а виході блока живлення залишається тільки напруга +5 В SB.

Структурна схема блоку живлення АТХ



Перші блоки живлення формату АТХ підключалися до материнської плати за допомогою 20-контактного роз'єму. Та після появи шини PCI Express їх вже стало не вистачити для забезпечення необхідної потужності. Тому до 20-контактного роз'єму додали ще 4 контакти, при цьому була забезпечена сумісність із попередніми версіями материнських плат. Роз'єм блока живлення мав таку конструкцію, що при необхідності додаткові чотири контакти можна було від'єднати, залишивши тільки 20 контактів.

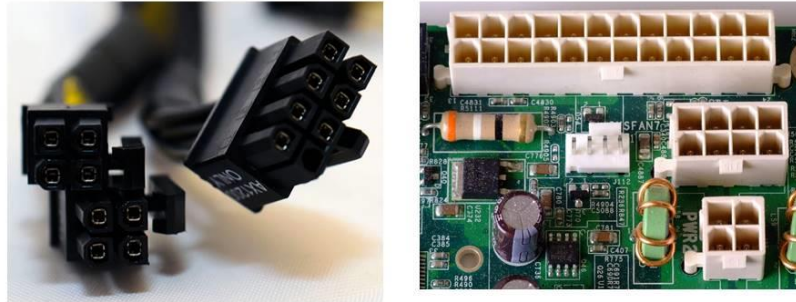
Роз'єм для підключення материнської плати стандарту АТХ



Перші процесори живилися від напруги +5 В, яка понижувалась до величини, необхідної для живлення процесора (близько 1,6 В), за допомогою потужного багатоканального перетворювача постійної напруги. Та після появи багатоядерних процесорів електроспоживання материнських плат зросло, і цей роз'єм вже не міг забезпечити необхідну потужність. Тому кількість проводів, що виходить із блока живлення була збільшена, і на материнських платах були встановлені додаткові роз'єми на які

подавалася напруга +12 В, від якої і забезпечувалося живлення перетворювача процесора. Спершу було додано 4-контактний роз'єм, що міг теоретично забезпечити потужність до 190 Вт, проте реальна його потужність не перевищувала 150 Вт. Потім, для збільшення потужності, було додано ще чотири контакти. Для забезпечення сумісності ці роз'єми робили розбірними, що дозволяло використовувати одні і ті ж блоки живлення із материнськими платами, що мають як 4-контактні, так і 8-контактні роз'єми для підключення блока живлення.

Додаткові роз'єми для живлення потужних процесорів



Отже, незважаючи на усі заходи по забезпеченню сумісності, не кожен блок живлення може підійти для конкретної материнської плати. Але тут є наступна тенденція. Як правило, нові блоки живлення можна використовувати із більшістю старих материнських плат. А от нові материнські плати на старих блоках живлення вже навряд чи будуть працювати. І річ не тільки у рівні потужності, чи рівнях напруги – усі блоки живлення ATX мають стандартні напруги – у наявності відповідних роз'ємів. Звісно, існують перехідники, що, можливо, зможуть вирішити цю проблему. Але на практиці, краще за все використовувати ті блоки живлення, які найбільш відповідають потребам конкретної материнської плати.

А ще потрібно пам'ятати головне. Блок живлення може вивести із ладу материнську плату і усе обладнання, що знаходиться у системному блоці. Тому на блоках живлення не можна економити, оскільки заощадивши кілька гривень на блоці живлення потім доведеться купувати усе устаткування системного блоку, у тому числі, і блок живлення.

Висновки

- Системи живлення персональних комп'ютерів постійно розвиваються
- Є кілька стандартів електроживлення персональних комп'ютерів із яких самим популярним є ATX
- Блок живлення повинен відповідати потребам материнської плати не тільки за рівнем потужності, а ще й за наявністю необхідних роз'ємів

Практична робота 9. Особливості використання літієвих батарейок

1. Практичне завдання

Підготувати письмові відповіді на контрольні питання. Відповіді завантажити в систему дистанційної освіти.

1. В яких застосунках використовуються літієві батарейки?
2. Яких типів бувають літієві батарейки і в чому особливість кожного типу?
3. Які параметри мають батарейки?
4. У яких одиницях вимірюється енергетична ємність батарейок?
5. Яку номінальну напругу мають літієві батарейки різних типів?
6. Що таке ефект пасивації і від чого він виникає?
7. Як розвивається ефект пасивації протягом роботи літієвих батарейок?
8. Навіщо потрібно враховувати ефект пасивації при використанні батарейок?
9. Яким чином відбувається компенсація ефекту пасивації?
10. Яким чином в обладнанні вимірюється кількість споживаної енергії?

2. Теоретичні положення

На сьогоднішній день джерела електричної енергії на основі літію мають найбільшу питому ємність серед хімічних джерел електричної енергії, тобто вони містять найбільшу кількість електричної енергії порівняно із аналогічними елементами, що мають такі самі розміри або вагу. Тому зрозуміло, що вони з кожним роком набувають все більшого поширення серед виробників електроніки.

Літієві джерела живлення



Не заважаючи на те, що літієві джерела живлення мають досить велику кількість недоліків, головними з яких є висока вартість та пожежонебезпечність, зараз існує цілий ряд додатків, де замінити літієві батарейки чи акумулятори фактично нічим.

Приклади використання літієвих джерел живлення

- **Обладнання, що носить та використовується людиною кожен день** (смартфони, ноутбуки, інтелектуальні годинники, фітнес браслети тощо)
- **Електроінструмент та електротранспорт**
- **Обладнання або його частина, що повинно працювати тривалий час (кілька років) без заміни джерела живлення** (годинники, різноманітні датчики)
- **Пристрої Інтернету-речей та обладнання для інтелектуальних систем** («розумний» будинок/район/місто)

У першу чергу, це пристрої, що носяться та використовуються людиною кожного дня. Це мобільні телефони, смартфони, електронні книги, музичні плеєри, акустичні колонки, бездротові навушники, фітнес-браслети, GPS-трекери, інтелектуальні годинники та багато інших подібних пристроїв, більшість з яких з'явилася у ХХІ сторіччі. Причому поява багатьох із цих пристроїв стала можливою саме завдяки появі літій-іонних акумуляторів з високою питомою ємністю. Наприклад, зараз немає реальної заміни мініатюрним але високоемним літієвим акумуляторам бездротових навушників. А якщо і є, то вони будуть набагато дорожчими за існуючі літієві.

Приклади використання літієвих джерел живлення (пристрої, що носяться)



Як і в пристроях, що носяться, високе значення питомої потужності є головним для акумуляторів, що використовуються для живлення ручного електроінструменту та електротранспорту. Але у цих випадках вимоги до питомої ємності джерел живлення не такі жорсткі, тому у цих додатках літієві акумулятори ще конкурують із більш дешевими свинцево-кислотними, що досі використовуються в електричному транспорті, та нікель-метал-гідридними, що використовувалися в ручних електроінструментах задовго до появи літій-іонних аналогів та стали своєрідною традицією.

Приклади використання літієвих джерел живлення (електроінструмент)

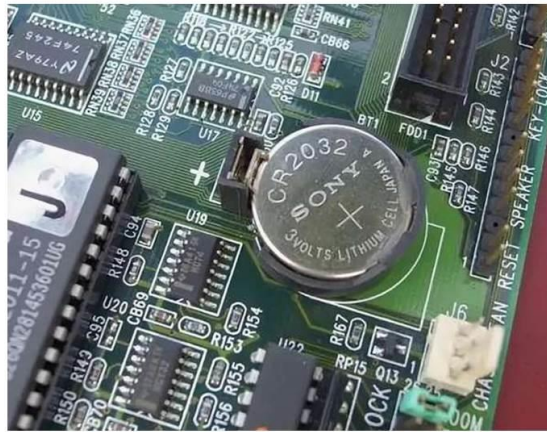


Приклади використання літієвих джерел живлення (транспорт)



Ще одним цікавим прикладом використання літієвих джерел живлення є пристрої або вузли які повинні працювати автономно, незалежно від того чи працює основне джерело живлення чи ні. У першу чергу це пов'язано із необхідністю працювати у режимі реального часу, тому коли у складі якогось складного пристрою є годинник, то він майже завжди має окреме джерело живлення у якості якого зараз усе частіше використовують літієві батареї. Наприклад, вам вже повинно бути відомо, що на материнській платі персональних комп'ютерів є літієва батарея, яка підтримує роботу годинника реального часу та енергозалежній пам'яті у якій зберігаються налаштування материнської плати. Якщо цю батарею вийняти, то усі налаштування повернуться до значень, встановлених на заводі, а час буде встановлений на момент написання програми для BIOS материнської плати.

Приклади використання літієвих джерел живлення (материнська плата комп'ютера)



Годинники реального часу присутні у багатьох пристроях, тому виробники електронних компонентів вже не одне десятиріччя випускають відповідні спеціалізовані мікросхеми, які користуються сталим попитом на ринку. Причому деякі виробники випускають не тільки окремі мікросхеми, а й готові модулі, до складу яких входить три традиційних для даного вузла компоненти: мікросхема годинника реального часу, кварцовий резонатор з резонансною частотою 32768 Гц та літієва батарейка CR2032 з напругою 3 В, запасу енергії у якій вистачає не менше ніж на 10 років безперервної роботи подібного годинника. У деяких випадках запланований термін служби пристрою може бути меншим за 10 років, тому випускаються модулі годинників реального часу, у яких заміна джерела живлення не передбачена. При необхідності такий модуль замінюється повністю, разом із літієвою батарейкою.

Модулі годинників реального часу



Модуль годинника реального часу для платформи Arduino



Мікросхема годинника реального часу із вбудованою літієвою батарейкою

І до недавнього часу це були майже усі найбільш поширені приклади використання літієвих джерел живлення, та інтенсивна цифровізація та інтелектуалізація усіх предметів нашого побуту призвела до появи абсолютно нових додатків, у яких літієві джерела живлення є основним, а у деяких випадках і безальтернативним джерелом електричної енергії. Мова йде про сучасні автоматизовані інтелектуальні системи, наприклад системи моніторингу стану довколишнього середовища, або системи «розумний» будинок, до складу яких входять велика кількість різноманітних датчиків, розташованих у таких важкодоступних місцях у які важко, а інколи і недоцільно, прокласти електричний кабель.

Приклади використання літєвих джерел живлення (розумний будинок)



Важливою темою сучасного життя є моніторинг стану довколишнього середовища у тому числі і різних інженерних об'єктів, таких як будинки, мости, шляхопроводи, щогли і інші подібних конструкцій. Дуже часто на верхівці, наприклад, якоїсь високої споруди встановлюють датчик, що вимірює рівень нахилу цієї споруди – щоб своєчасно виявити, наприклад, непередбачуваний рух ґрунту. А разом із цим, ще додатково вимірюються температура, вологість повітря, концентрація шкідливих газів та рівень радіації. Кількість інформації, що збирається та передається таким датчиком, невелика і її не потрібно часто передавати, тому його енергоспоживання буде невеликим. Та от добратися до цього датчика доволі складно, тому елемент живлення, у якості якого також використовують літєві батарейки повинен забезпечувати якнайдовшу роботу цього датчика.

Моніторинг довколишнього середовища



- Температура
- Вологість
- Концентрація вуглекислого газу, азоту, аміаку, формальдегіду та інших шкідливих речовин
- Радіація
- Метеорологічні дані
- Рівень води
- Рівень сейсмічних коливань

Ще одним прикладом необхідності автономного живлення пристроїв не протязі тривалого часу є автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів. Сучасні лічильники та інтелектуальні витратоміри можуть на протязі кількох років працювати від одного джерела живлення і при цьому дистанційно передавати дані на сервер для подальшої обробки. Як ви вже здогадалися, живлення електронної частини цього лічильника

забезпечується від літєвих батарейок, і альтернативи такому варіанту живлення поки що нема.

Інтелектуальний газовий лічильник RSE/1,2 LA G4 «Pietro Fiorentini»



- Вимірювання кількості газу
- Підтримка багатотарифного обліку
- Дистанційне передавання даних
- Дистанційне керування подачею газу (відключення боржників)
- Захист від несанкціонованого втручання
- Пам'ять на 70 діб

До 15 років безперервної роботи без заміни батарейок

Metrologic battery: >15 years (non-replaceable)
Radio transmission battery: >15 years (replaceable on request)
GPRS transmission battery: >8 years (replaceable)

Отже, ви вже зрозуміли, що на ринку існують літєві батарейки та літєві акумулятори. За своїми перевагами та недоліками ці два типи хімічних джерел живлення взаємно доповнюють один одного. Проте вибір джерела живлення для конкретного пристрою залежить тільки від його цільового призначення. Для випадків коли енергію необхідно віддавати у великій кількості кожен день, і цей прилад завжди знаходиться у межах доступності, перевагу необхідно надавати, безумовно, акумуляторам. Та коли пристрій повинен роками працювати без участі людини, тут батарейки поки що знаходяться поза межами конкуренції. Тільки батарейки мають мінімальний на сьогоднішній день струм саморозряду, який дозволить зберігати їх заряд на протязі десятків років. Причому такі характеристики мають тільки літєві батарейки. Усі інші популярні типи батарейок, наприклад, соляні або лужні, мають набагато менший термін зберігання, що не перевищує кількох років, свідчить про неможливість їх використання у подібних системах.

Літєві джерела живлення

Батарейки

- Одноразові (не можна заряджати)
- Мають меншу вартість
- Потребують утилізації
- Не потребують специфічного контролю та обслуговування
- Мають менший струм саморозряду

Використовуються коли необхідно забезпечувати енергію або одноразово (у великій кількості) або на протязі тривалого часу (але у невеликій кількості)

Акумулятори

- Багаторазові (можна повторно заряджати)
- Мають більшу вартість
- Потребують утилізації
- Потребують спеціального контролера заряду, що захищає акумулятор від роботи у критичних режимах
- Мають більший струм саморозряду

Використовуються у випадках, коли необхідно забезпечувати енергією кожен день у великій кількості

До основних характеристик любого хімічного джерела енергії, незалежно від його технології виготовлення, та незалежно від того чи є це акумулятор, чи одноразова батарейка, відносяться у першу чергу напруга та його ємність. З напругою зрозуміло – це один із

найважливіших параметрів у системах електроживлення. Вона вимірюється у вольтах і залежить лише від матеріалів, із яких виготовлено джерело живлення.

Із ємністю усе трішки складніше. Історично ємність хімічних джерел живлення визначали у ампер-годинах. Тобто, якщо ємність батарейки дорівнює, наприклад, 2100 мА·год або 2,1 А·год, як у батарейки, яку ви зараз бачите на екрані, то це означає, то вона, теоретично, може забезпечити навантаження струмом 2,1 А на протязі однієї години. Після цього енергія у ній закінчиться і її потрібно буде замінити. Для того, що отримати кількість енергії у звичних для нас ват-годинах, або кіловат-годинах, необхідно знайти добуток ємності батареї у ампер-годинах на її напругу. Добуток напруги та струму дасть нам потужність, а добуток потужності та часу – кількість електричної енергії.

Основні параметри хімічних джерел електричної енергії



- Технологія виготовлення
- Напруга, В
- Ємність, А·год (A·h)
- Кількість електричної енергії, Вт·год (W·h)

$$\text{Кількість електричної енергії} \\ E [\text{Вт}\cdot\text{год}] = C [\text{А}\cdot\text{год}] \cdot V [\text{В}]$$

Отже з ємністю усе приблизно зрозуміло. У даному випадку ця батарейка містить 7,56 Вт·год електричної енергії. Яку ми, чисто теоретично можемо отримати із будь якою швидкістю. Тобто, ми можемо витратити її за одну годину, у цьому випадку батарейка буде працювати із потужністю 7,56 Вт і забезпечувати струм 2,1 А. А можемо витрати одразу усю енергію, наприклад за 3,6 секунд. При цьому у колі живлення буде протікати струм 2100 А, а батарейка розів'є потужність більше 7 кВт.

А є ще інший варіант ми можемо цю енергію споживати помалу. Наприклад, якщо обладнання буде споживати струм 2,1 мА, то енергії цієї батарейки вистачить майже на 1,5 місяці безперервної роботи. А якщо зменшити струм ще у тисячу разів – до 2,1 мкА, це обладнання буде працювати і після смерті більшості із нас, оскільки, згідно розрахункам, запасу енергії вистачить більше ніж на 100 років безперервної роботи обладнання.

Основні параметри хімічних джерел електричної енергії



$$E = CV = 2,1 \cdot 3,6 = 7,56 \text{ Вт}\cdot\text{год}$$

2,1 А – 1 година (7,56 Вт)

21 А – 0,1 година (6 хвилин) (75,6Вт)

210 А – 0,01 година (36 секунд) (756 Вт)

2100 А – 0,001 година (3,6 секунд) (7,56 кВт)

2,1 мА – 1000 годин (1,5 місяця)

2,1 мкА – 1000000 годин (114 років)

Та мені щось якось не віриться у подібні цифри. Я можу повірити, що ця батарейка віддасть свою енергію за одну годину із потужністю 7,56 Вт. Літєві батарейки на таке цілком спроможні. Але от розвинути потужність більше 100 Вт, а тим більше 1 кВт ця батарейка навряд чи спроможна. Її виводи фізично не витримують такий струм і

розплавляться набагато раніше, ніж у ній закінчиться енергія. Отже щось у цих розрахунках зроблено неправильно.

Так само і при розряді малим струмом – півтора місяця – це цілком нормальний строк для розряду, але 114 років навряд чи ця батарейка буде працювати, навіть якщо її буде виготовлено із самих якісних матеріалів.

Основні параметри хімічних джерел електричної енергії



$$E = CV = 2,1 \cdot 3,6 = 7,56 \text{ Вт-год}$$

2,1 А – 1 година (7,56 Вт)

21 А – 0,1 година (6 хвилин) (75,6Вт)

210 А – 0,01 година (36 секунд) (756 Вт)

2100 А – 0,001 година (3,6 секунд) (7,56 кВт)

2,1 мА – 1000 годин (1,5 місяця)

2,1 мкА – 1000000 годин (114 років)

Отже реальний термін служби літієвої батарейки чи акумулятора залежить від багатьох додаткових параметрів, головними з яких є внутрішній опір та умови експлуатації. Саме від них залежить у якому режимі можна експлуатувати конкретну батарейку чи акумулятор.

У загальному випадку ці дані повинні бути вказані у технічній документації на конкретний пристрій. І відомі світові виробники хімічних джерел живлення саме так і роблять. Та окрім цього є чимало маловідомих виробників, особливо з Китаю, які обмежуються тільки основними характеристиками. Тому на практиці, при заміні батарейок вас може очікувати неприємний сюрприз, який проявиться у непередбачуваний відмові обладнання, причому через кілька років після заміни елемента живлення.

Додаткові параметри хімічних джерел електричної енергії



- Максимальний струм
- Струм саморозряду
- Термін зберігання
- Умови зберігання
- Умови експлуатації

Усі ці параметри залежать від технології виготовлення хімічного елемента

На сьогоднішній день проектування будь-якого приладу, здатного працювати більше 10 років від однієї батарейки в складних умовах навколишнього середовища, більше схоже на мистецтво, ніж на рутинну інженерну роботу, оскільки будь-якої чіткої методики розрахунку часу роботи батареї на такий строк не існує. Річ у тому, що навіть використання найдорожчої, та самої ємної літієвої батарейки найвищої якості найвідомішого виробника не гарантує тривалої і стабільної роботи обладнання. На практиці періодично виникають

випадки, коли час автономної роботи в реальних режимах експлуатації відрізняється від розрахункового в кілька разів. Оскільки тривалість безперервної роботи обчислюється роками, а заміна батареї у подібному обладнанні пов'язана з великою кількістю додаткових організаційних заходів, така розбіжність зменшує рівень довіри до виробників батарейок і, як наслідок, стримує широке поширення подібного обладнання.

Літієва батарея на друкованій платі газового лічильника



Розглянемо основні особливості використання літієвих батарей, які необхідно враховувати при проектуванні або обслуговуванні пристроїв з тривалим часом автономної роботи.

Літієві елементи діляться на три основні групи, які мають різний хімічний склад, характеристики і, відповідно, різні особливості і сфери застосування.

Елементи на основі діоксиду сірки (Li-SO_2) мають напругу 2,9 В, тривалий термін зберігання (до 20 років) і здатні працювати в умовах екстремально низьких температур. Вони в основному застосовуються у військових додатках. Для цивільного і комерційного застосування, як правило, використовуються елементи на основі діоксиду марганцю і тіонілхлориду.

Елементи на основі діоксиду марганцю (Li-MnO_2) є найбільш вивченими як з точки зору технології виготовлення, так і особливостей експлуатації і, відповідно, найбільш затребуваними на ринку. Ці елементи мають номінальну напругу 3,0 В і здатні, залежно від конструкції, забезпечувати струм від 0,1 до декількох ампер. Термін зберігання даних елементів становить 5...10 років, тривалість роботи – 5...15 років при температурі навколишнього середовища до -40°C .

Елементи на основі тіонілхлориду (Li-SOCl_2) мають найбільшу питому ємність. Тіонілхлоридний елемент, в залежності від конструкції, здатний генерувати струм від декількох мікроампер до декількох сотень міліампер при напрузі 3,6 В. Тривалість зберігання цих елементів становить 10...15 років, а термін експлуатації – 10...20 років. Завдяки низькій температурі замерзання тіонілхлориду, який дорівнює -130°C , ці елементи мають найширший діапазон робочих температур. Звичайний тіонілхлоридний елемент здатний ефективно функціонувати при температурі $-55...85^\circ\text{C}$. При цьому існують елементи, здатні працювати в умовах як екстремально низькою (-150°C), так і високою (200°C) температурах.

Основні типи літієвих батарей

- **На основі діоксиду сірки (Li-SO_2)** – напруга елемента – 2,9 В, термін зберігання – 20 років)
- **На основі діоксиду марганцю (Li-MnO_2)** – напруга елемента – 3,0 В, термін роботи – 5...15 років при температурі до $-40\text{ }^\circ\text{C}$
- **На основі тіонілхлориду (Li-SOCl_2)** – напруга елемента – 3,6 В, термін роботи – 10...20 років при температурі – $-55\text{...}85\text{ }^\circ\text{C}$ ($-150\text{...}200\text{ }^\circ\text{C}$)

Максимальний струм, який може віддавати літієвий елемент, залежить від його конструкції, яка може бути бобінною або спіральною.

Типи літієвих батарей



Елементи з бобінною конструкцією мають низький рівень саморозряду і призначені для тривалого застосування в додатках з невеликим струмом постійного або імпульсного характеру, що не перевищує 150 мА. При правильній експлуатації термін служби бобінного елемента може досягати більше 20 років.

Елементи спіральної конструкції, завдяки більшій площі літієвого контакту, в імпульсному режимі здатні забезпечити струм до 4 А, а у режимі постійного розряду – 0,1 ... 1,8 А, однак саморозряд спіральних елементів на порядок більше, ніж у бобінних (до 10% в рік при несприятливих умовах зберігання або експлуатації), що не дозволяє їх використовувати в додатках, що вимагають тривалого часу роботи без заміни батареї.

Бобінний vs. спіральний

Бобінний

- Низький рівень саморозряду
- Максимальний струм – 150 мА
- Термін служби – до 20 років

Ідеально підходять для тривалого живлення обладнання

Спіральний

- Високий рівень саморозряду
- Максимальний струм 4 А (короткочасний), 0,1...1,8 А (довготривалий)

Не призначені для тривалого живлення обладнання

Особливістю літєвих батарей змінне значення внутрішнього опору, що постійно змінюється через пасивації анода. Цей ефект найбільш яскраво проявляється в тїонїлхлоридних елементах. Рїч у тому, що лїтїй і тїонїлхлорид мають високий рівень хїмїчної активностї. При складаннї батареїки цї двї речовини реагують один з одним, в результатї чого на поверхнї анода утворюється плївка хлориду лїтїю, що не розчиняється в тїонїлхлоридї. Ця плївка зупиняє реакцїю, запобїгаючи подальших витрат лїтїю.

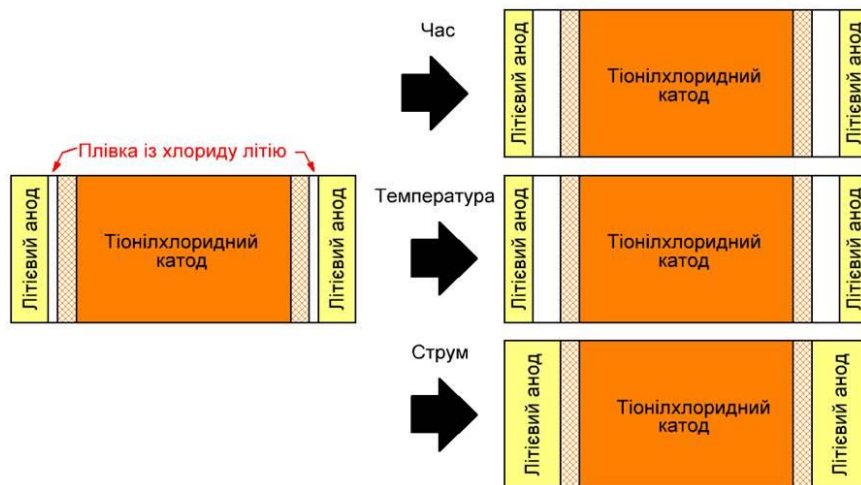
Приблизно така ж сама хїмїчна реакцїя вїдбувається з алюмїнїєм, який також є надзвичайно активним металом. При зїткненнї з повїтрям на поверхнї алюмїнїєвих виробів утворюється мїцна, хїмїчно пасивна плївка, що припиняє подальше окислення. Завдяки їй алюмїнїєвї вироби можна використовувати як в повїтрі, так і у водї без будь-якої додаткової захисту вїд корозїї, хоча сам алюмїнїй є дуже активним металом.

Ефект пасивації збільшує внутрішній опір батареї



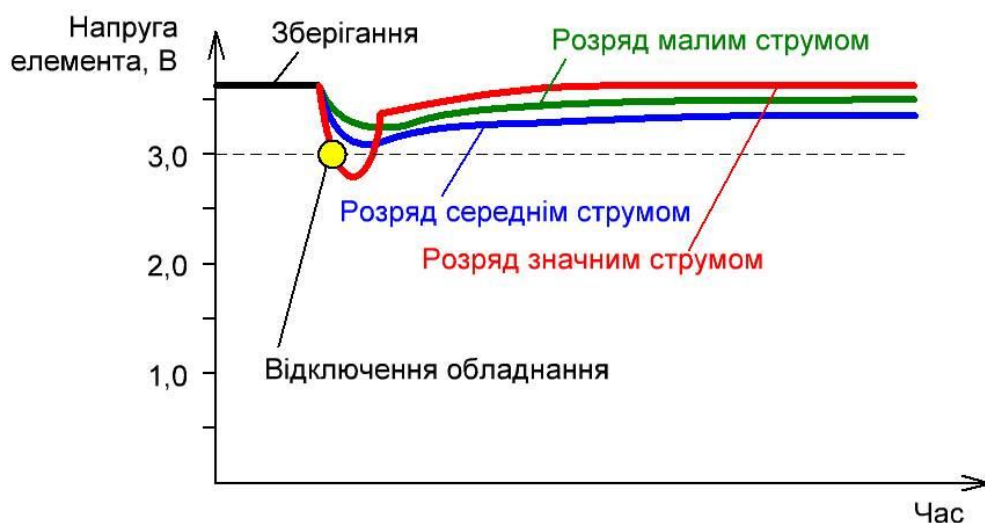
Товщина ізолюючої плївки тїонїлхлоридних елементів непостїйна і залежить вїд великої кїлькостї факторів. Утворення плївки вїдбувається безперервно, незалежно вїд того, використовується батареїка чи нї. Оскїльки плївка утворюється в результатї хїмїчної реакцїї, то швидкїсть її утворення безпосередньо залежить вїд температури навколишнього середовища. При збїльшеннї температури швидкїсть утворення плївки збїльшується, тому чим довше зберїгається елемент і чим вище температура його зберїгання – тим бїльше товщина плївки. Зменшити товщину плївки можна або шляхом механїчного впливу, або шляхом пропускання через елемент розрядного струму. Причому, ізолювальну плївку ефективно розчиняє навіть невеликий розрядний струм.

Вплив основних факторів експлуатації батарейки на товщину плівки з хлориду літію



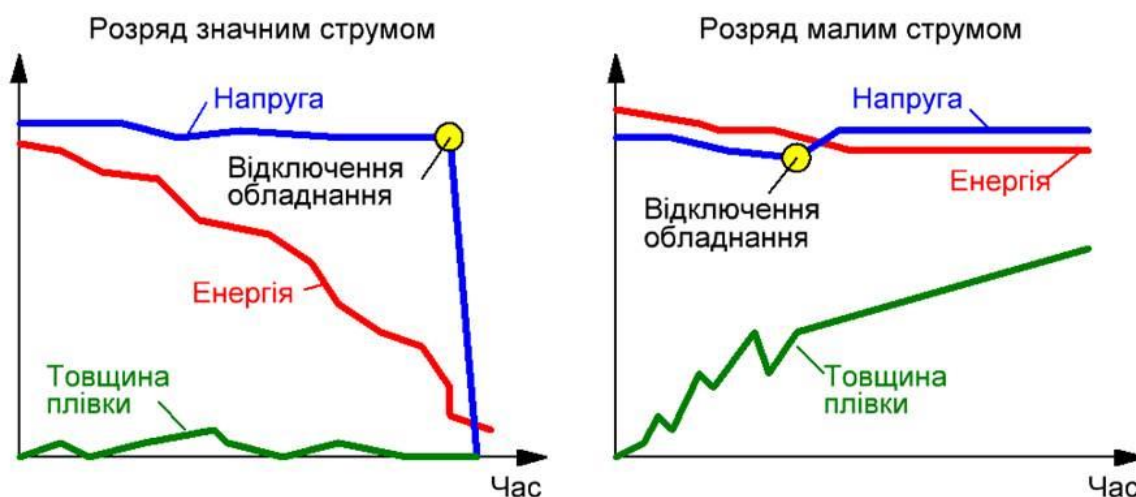
Оскільки пасивація призводить до збільшення внутрішнього опору, то після тривалого зберігання при високих температурах батарейка, незважаючи на наявність достатнього запасу енергії, в перший час просто не здатна забезпечити прилад електричною енергією у необхідній кількості. Через наявність ізолювальної плівки під час розряду на внутрішньому опорі батарейки виникає падіння напруги, пропорційне величині розрядного струму. При невеликих токах розряду зменшення напруги незначне і не призводить до відмови приладу, але при збільшенні струму напруга на виводах батарейки може виявитися менше напруги відключення приладу. У цьому випадку перед встановленням батарейки необхідно попередньо виконати її депасивацію, яка полягає в розряді невеликим струмом до тих пір, поки напруга на її виводах не стабілізується.

Вплив ефекту пасивації при встановленні нової батарейки



Більш складні процеси відбуваються під час роботи приладу. При розряді постійним струмом із величиною, яка відповідає струму саморозряду батареї, швидкість наростання плівки може виявитися більше швидкості її розчинення. Якщо не вживати ніяких заходів, то наростання плівки і, відповідно, зменшення напруги батарейки будуть відбуватися безперервно аж до відмови приладу, який зазвичай настає набагато раніше запланованого часу. Час настання відмови залежить від температури зберігання і експлуатації і може сильно відрізнятися навіть для обладнання із однієї партії. Оскільки відмова приладу стається через пасивацію елемента живлення, а не через його розряд, то вирішення проблеми «у лоб» – встановлення батарейки більшої місткості – може тільки погіршити ситуацію, оскільки елементи більшої ємності, як правило, мають і більшу швидкість наростання плівки. Тому при такому підході може вийти парадоксальна ситуація, при якій прилад з більш ємною батареєю буде працювати меншу кількість часу, ніж з елементом меншої ємності.

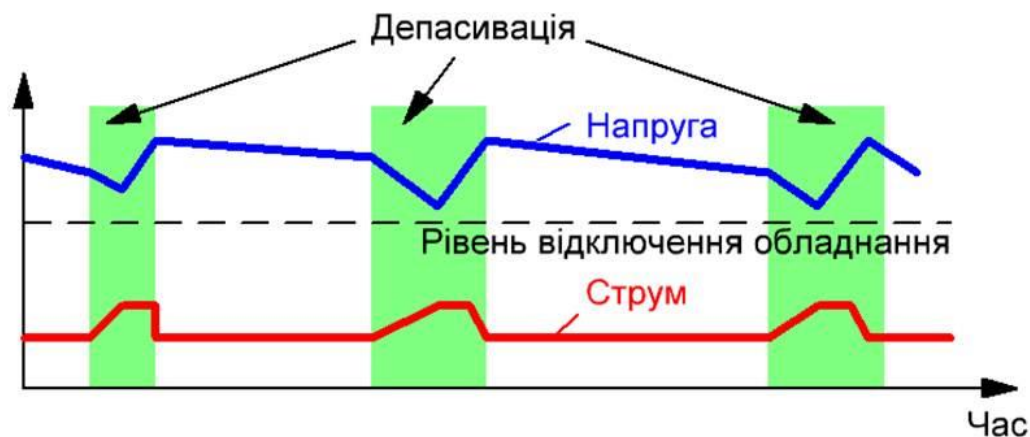
Вплив ефекту пасивації на роботу літієвої батарейки



Якщо не враховувати ефект пасивації, то батарея більшої ємності буде працювати менше часу!

Для продовження часу роботи обладнання, яке споживає постійний струм невеликої величини, під час роботи необхідно виконувати періодичну депасивацію елемента живлення шляхом збільшення споживаного струму. Частоту виконання депасивації і величину розрядного струму в більшості випадків необхідно підбирати експериментально, в залежності від реальних умов експлуатації. Рекомендується плавне збільшення розрядного струму з обов'язковим контролем напруги живлення до моменту його стабілізації на деякому рівні. Депасивацію імпульсним струмом великої величини для подібних приладів робити не рекомендується, оскільки в цьому випадку напруга живлення може істотно зменшитися, що призведе до відмови приладу. Також слід пам'ятати, що на депасивацію витрачається частина енергії батарейки, тому занадто часте її виконання також призводить до зменшення часу автономної роботи.

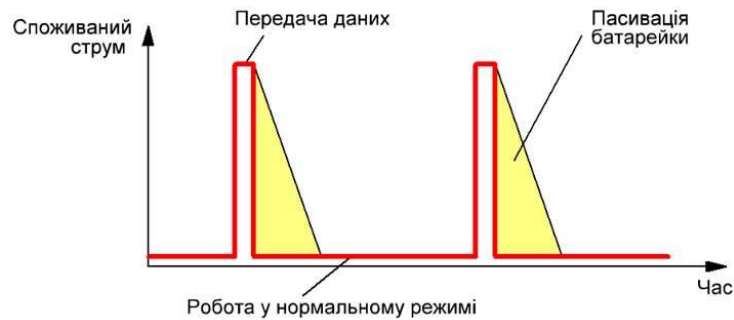
Для тривалої роботи обладнання від літієвих батарей необхідно проводити їх періодичну депасивацію



Ще більш складна ситуація в обладнання, що містить радіомодулі або оптичні інтерфейси. Передача даних по цим інтерфейсам вимагає великої витрати енергії, тому така техніка має яскраво виражений імпульсний характер споживання струму. З одного боку, це усуває проблему пасивації – під час сеансу передачі даних ізолювальна плівка в більшості випадків розчиняється без залишку. З іншого боку, повне розчинення плівки також негативно позначається на терміні служби елемента. Після закінчення сеансу передачі даних, коли споживаний струм зменшується майже до нуля літій і тіонілхлорид відразу ж вступають в хімічну реакцію, швидкість якої через відсутність захисного бар'єру набагато більше, ніж швидкість утворення плівки при розряді постійним струмом. Таким чином, при кожному сеансі зв'язку енергія батарейки витрачається не тільки на передачу даних, а й на її подальшу пасивацію. При частих сеансах зв'язку цей призводить до додаткових витрат енергії, що необхідно обов'язково враховувати при проектуванні, оскільки це може призвести до помітного скорочення часу роботи батарейки.

Кількість літію, який витрачається на утворення плівки після імпульсу струму, залежить від багатьох параметрів, які у технічній документації ніколи навіть не і будуть наводитися, оскільки для цього доведеться розкривати технологію виготовлення батарейки, а це є комерційною таємницею. Тому при яскраво вираженому імпульсному характері споживання для розрахунку середнього терміну служби батареї слід звернутися до виробника, оскільки тільки він знає всі особливості фізико-хімічних процесів, що відбуваються всередині неї. Нічого особливого у цьому немає, і деякі виробники батарейок роблять такі розрахунки для своїх клієнтів безкоштовно.

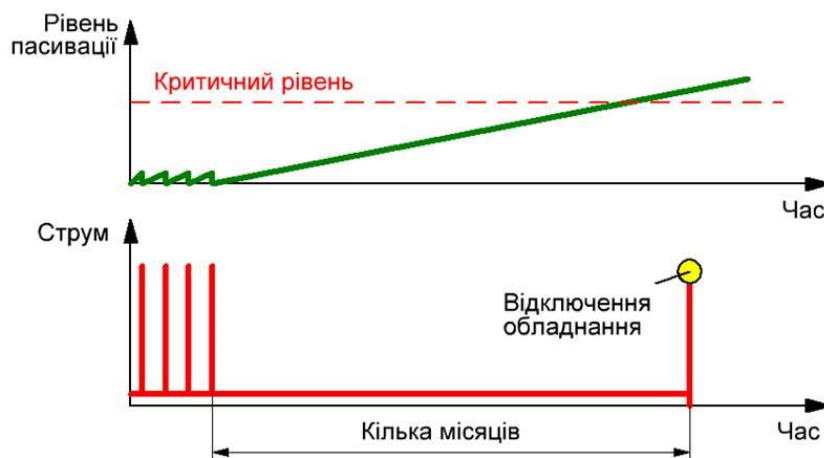
Обладнання із радіо- або оптичними інтерфейсами передачі даних



В обладнанні із радіо- або оптичними інтерфейсами передачі даних частина енергії батарейки може витратитися на її пасивацію!

При імпульсному характері споживання ще однією проблемою може виявитися тривалість часу між сеансами зв'язку. При регулярному обміні даними з невеликими проміжками часу, наприклад, при безперервному моніторингу системи, пасивація елемента може не відбутися. Однак якщо тривалість між інтервалами зв'язку становить місяць і більше, що для інколи буває цілком нормально, то за цей час може статися пасивація, і батареяка виявиться не в змозі забезпечити обладнання енергією, достатньою для обміну даними. Ця ж ситуація може статися, якщо обладнання тривалий час не використовується, наприклад, при моніторингу сезонних об'єктів. В цьому випадку в прилад також необхідно вбудовувати необхідні вузли, і при великих перервах між сеансами зв'язку періодично проводити депасивацію.

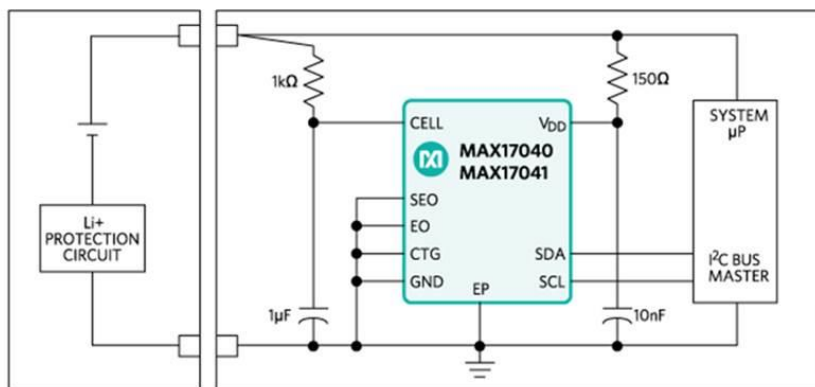
Відмова обладнання при великій перерві між сеансами зв'язку



Термін служби елемента живлення, особливо у приладах з оптичними або радіоінтерфейсом, безпосередньо пов'язаний з кількістю сеансів обміну даними. При визначенні їх ймовірної кількості слід звертати увагу на особливості роботи обладнання в аварійних режимах роботи системи. Наприклад, при використанні GSM/GPRS-технологій енергія батареї витрачається не тільки на передачу даних, а й на пошук і реєстрацію приладу в мережі мобільного оператора. Якщо лічильник розташований в зоні невпевненого прийому або мобільний оператор в цій соті працює нестабільно, то кількість сеансів обміну, в тому числі – і невдалих, може істотно перевищувати розрахункове значення.

У будь-якому випадку кількість витраченої енергії рекомендується ретельно контролювати. Для цієї мети можна використовувати спеціалізовані мікросхеми, наприклад, MAX17xx виробництва компанії MAXIM Integrated, які для оцінки заряду батареї використовують спеціально розроблені математичні моделі літєвого елемента ModelGauge. Мікросхеми визначають кількість витраченої енергії, спожитої від батареї, у тому числі – і з урахуванням температури навколишнього середовища. На підставі цих даних можна прогнозувати, кількість енергії, що залишилась у батареї, і, відповідно, доступний час роботи.

Вимірювачі кількості енергії MAX17040/MAX17041



Вимірювачі кількості енергії літєвих батарей та акумуляторів роблять обчислення на основі патентованої математичної моделі ModelGauge з урахуванням великої кількості параметрів, у тому числі і температури

Отже літєві батарейки та акумулятори можуть стати потужним джерелом електричної енергії, що здатен забезпечити електричною енергією ваше обладнання на протязі десятків років. Але можливо це за умови чіткого розуміння як хімічних процесів, що відбуваються всередині елемента, так і енергетичних процесів всередині обладнання. Але у будь-якому випадку вам, як майбутнім фахівцям в області інформаційних або телекомунікаційних технологій чи автоматизації слід пам'ятати деякі речі. Нескладно поміняти батарейку у пульті дистанційного керування телевізором, якщо вона навіть не буде працювати, то нічого страшного не відбудеться. Але якщо вам необхідно це зробити у професійному обладнанні, що розраховується на тривалий термін роботи і розташовується десь у важкодоступному місці, то краще звернутися до технічної документації, бо там, можливо, є чіткі вказівки як це необхідно робити. І якщо цього не зробити і бездумно замінити батарейку на якусь іншу, можливо навіть набагато кращу за оригінальну, то потім, можливо навіть через кілька років, може статися велика неприємність, яку, вам доведеться усувати за власні гроші.

Практична робота 10. Визначення параметрів джерела живлення

1 Мета роботи

Визначення основних характеристик джерела живлення

2 Ключові положення

Кожне джерело живлення має свої характеристики, обмеження та рекомендовану сферу використання.

До основних характеристик джерела живлення відносяться:

- номінальна напруга (визначається у вольтах);
- максимальний струм (визначається у амперах);
- максимальна потужність (визначається у ватах).

Крім того важливою характеристикою джерела живлення є наявність захисту від аварійних ситуацій, у першу чергу – від перевантажень по струму.

Перевантаження по струму виникає у випадку, коли до джерела живлення підключають обладнання, для роботи якого необхідний струм, більший ніж, максимально допустимий струм, що спроможне забезпечити джерело живлення без ризику його пошкодження або виходу із ладу.

На практиці, характеристики джерела живлення повинні відповідати характеристикам живильного обладнання, тобто у нормальному режимі роботи джерело живлення не повинно функціонувати у режимі перевантаження по струму. Якщо це відбувається, то це означає, що для даного навантаження джерело живлення було обрано неправильно і потребує заміни на більш потужне.

Але навіть при правильно обраному джерелі живлення на практиці можуть виникнути (і періодично виникають) ситуації, коли можливе перевантаження по струму. Нижче наведені типові ситуації, коли виникає перевантаження по струму:

- вихід із строю обладнання, коли воно починає споживати струм, більший ніж вказано у його технічних характеристиках;
- пошкодження у розподільчій мережі, наприклад коротке замикання кабелю, що з'єднує джерело живлення і навантаження;
- помилка персоналу, наприклад підключення до джерела живлення додаткового обладнання.

У будь якому випадку, незалежно від причин виникнення аварійної ситуації, перевантаження по струму повинно бути обов'язково оброблено штатними системами захисту, інакше це може призвести до виходу із ладу джерела живлення, розподільчих мереж (кабелів, струмопровідних шин, комутаційних елементів, тощо), а у гіршому випадку – до виникнення пожежі та загибелі людей. Основна причина цього полягає у виділенні великої кількості енергії (збільшення потужності) на елементах системи. Якщо ця енергія буде вивільнена у малому об'ємі, то це призведе до значного підвищення температури, що може пошкодити окремі елементи системи та призвести до їх займання.

Основні технічні характеристики джерел живлення наводяться у їх технічній документації. У більшості випадків ця інформація знаходиться безпосередньо на корпусі приладу (Рисунок 1). Але інколи виникають ситуації, коли ця інформація невідома, або викликає сумнів, наприклад, коли невідомо, чи відповідає джерело живлення характеристикам, заявленим виробником. У цих випадках визначити характеристики можна шляхом нескладного експерименту, який можна швидко провести навіть у «польових» умовах, наприклад, безпосередньо на місці розташування джерела живлення без його демонтажу.



Рисунок 1 – Етикетка блока живлення із вихідною напругою 12 В та максимальним струмом 20,8 А (250 Вт)

Найпростішим способом визначення характеристик джерела живлення є побудова його зовнішньої характеристики – залежності вихідної напруги від вихідного струму. Для побудови простої зовнішньої бажано мати два вимірювальні прилади (рис. 2): вольтметр PV1 та амперметр PA1, а також комплект резисторів, що будуть виконувати роль навантаження. Також ж бажано мати додатковий вимикач SW1 за допомогою якого можна повністю відключити навантаження та виміряти напругу холостого ходу. Але у крайньому випадку достатньо лише вольтметра, оскільки при відомому опорі навантаження на відомій напрузі на ньому струм можна визначити за законом Ома.

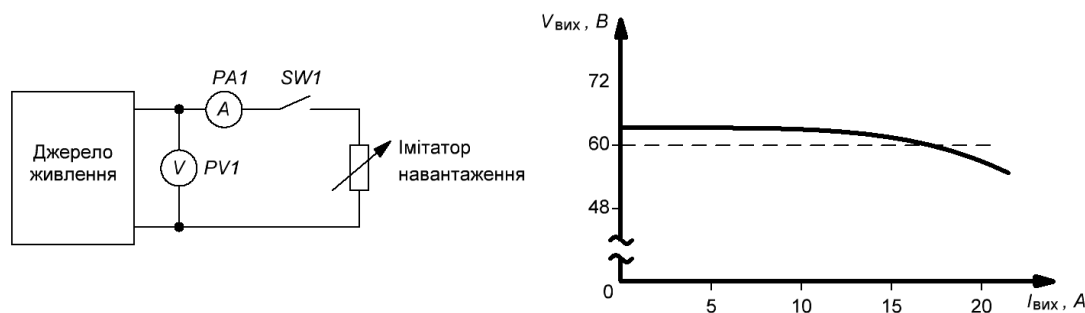


Рисунок 2 – Рекомендована схема для визначення зовнішньої характеристики та типова зовнішня характеристика

При побудові зовнішньої характеристики по горизонтальній вісі відкладається вихідний струм $I_{\text{вих}}$, а по вертикальній – вихідна напруга $V_{\text{вих}}$, що вимірюються, відповідно, амперметром PA1 та вольтметром PV1. У більшості випадків у якості вольтметра та амперметра можна використовувати поширені мультиметри, наприклад, DT830, DT831, DT832, DT838 (рис. 3), що недорого коштують і мають цілком пристойні характеристики для даних задач. Також, можна використовувати штатні вимірювальні прилади джерела живлення (якщо вони є).

При побудові зовнішньої характеристики використовують наступний порядок дій. Спершу відключають навантаження та вимірюють напругу холостого ходу (вихідний струм при цьому дорівнює нулю). Після цього встановлюють максимальний опір навантаження та підключають його до джерела живлення. А вже потім поступово зменшують опір навантаження до мінімально можливого. При цьому слід звертати увагу на стан джерела

живлення, особливо при малих опорах (близько нуля). Якщо у джерелі живлення немає захисту від перевантаження по струму, або ця система працює неправильно, то такий експеримент може пошкодити джерело живлення. Тому у випадку виникнення надмірного нагріву, шуму, запахів гарі, диму або інших тривожних явищ слід припинити експеримент, вимкнути джерело живлення та дати йому час, щоб охолонути.



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд мультиметра DT832

У загальному випадку може бути чотири види зовнішніх характеристик (рис. 1.4). Якщо у джерелі живлення немає захисту від перевантаження по струму, то його зовнішня характеристика має плавний характер, на якому спостерігається поступове зменшення рівня вихідної напруги по мірі збільшення струму (рис. 4, а). При короткому замиканні такого джерела живлення спостерігається певний струм, який обмежений лише внутрішнім опором джерела живлення. Таку характеристику мають велика кількість первинних джерел живлення: наприклад, акумулятори та батарейки, а також вторинні джерела живлення, що не мають захисту від перевантаження по струму. При дослідженні таких джерел живлення будьте обережні, оскільки у цьому режимі уся енергія буде вивільнюватися всередині джерела живлення, що може призвести до його займання та навіть вибуху. Особливо це стосується потужних акумуляторів та літєвих батарейок – ніколи не замикайте їх виводи – це дуже небезпечно.

Але для деяких джерел живлення, наприклад, для зарядних пристроїв акумуляторів коротке замикання є нормальним режимом роботи. При малих вихідних струмах вони працюють у режимі стабілізації напруги, а при збільшенні вихідного струму переходять у режим стабілізації або обмеження струму (рис. 4, б). Таким чином, навіть при короткому замиканні виходу вихідний струм не перевищує максимально допустимого значення і джерело живлення не виходить з ладу. Така характеристика необхідна, наприклад, при заряді глибоко розряджених акумуляторів, коли напруга на них дорівнює майже нулю, а після заряду, коли акумулятор вже не споживає струму вихідна напруга обмежується на певному рівні, щоб не допустити його перезаряду. Аналогічні характеристики мають також зварювальні інвертори чи зварювальні трансформатори. Це дозволяє автоматично стабілізувати характеристики зварювальної дуги та уникати пошкоджень у випадках, коли електрод торкається зварювальної поверхні.

Але для електронного обладнання розглянуті вище зовнішні характеристики не дуже добре підходять, оскільки збільшення споживаного струму обладнання у більшості випадків означає його пошкодження, тому у випадках перевищення струму таке обладнання слід якнайшвидше відключити від джерела електричної енергії для запобігання подальших пошкоджень та руйнувань. У таких випадках добре себе зарекомендувало аварійне відключення виходу блока живлення у разі виявлення споживання надмірного струму (рис. 4, в). Саме таку характеристику мають більшість комп'ютерних блоків живлення типу АТХ. У випадку виявлення перевищення вихідного струму вони автоматично переходять у режим захисту, вийти з якого можна лише після повного відключення блока живлення від мережі.

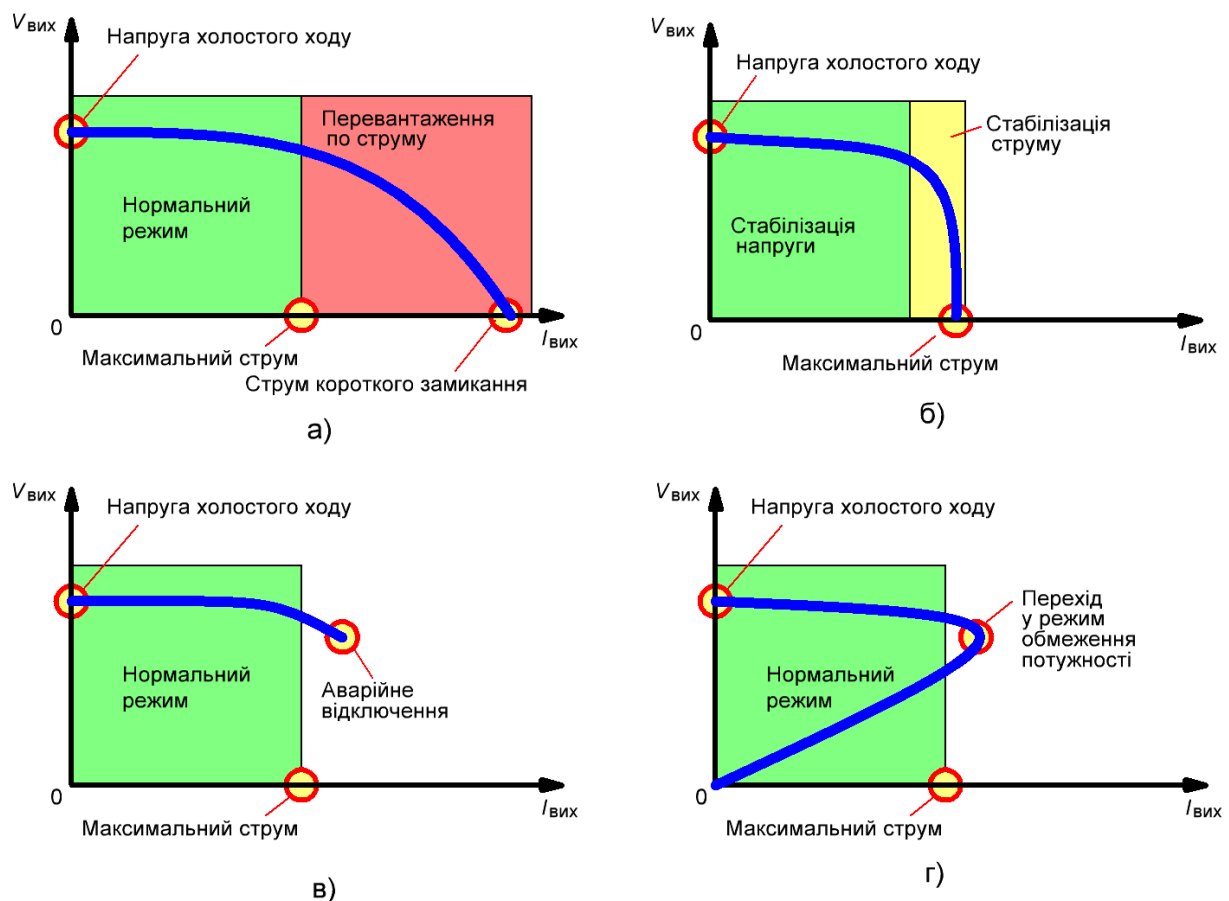


Рисунок 4 – Види зовнішніх характеристик

На жаль, метод аварійного відключення має певні недоліки, оскільки у подальшій діагностиці інколи буває дуже складно виявити вузол, який визиває спрацьовування системи захисту. Тому більшість вторинних джерел живлення мають систему захисту, що базується на використанні режиму обмеження потужності (рис. 4, г). Цей режим подібний до режиму аварійного відключення, але при його реалізації перезапуск блока живлення відбувається автоматично через певний проміжок часу. У англійській літературі цей режим називається «режим гикавки» (Hiccup Mode). У результаті у навантаження передаються невеличкі порції енергії, величина яких недостатня для нанесення будь яких серйозних пошкоджень, як джерелу живлення, так і обладнанню, і тому цей варіант реалізації захисту від перевантажень по струму найбільш безпечним.

Отже, побудувавши зовнішню характеристику, можна визначити основні характеристики джерела живлення, а також тип захисту від перевантаження по струму. Але за допомогою цих вимірювань можна відповісти на ще одне важливе питання: «Чи зможе обладнання працювати із цим джерелом живлення, чи ні»? У характеристиках любого обладнання, що споживає електричну енергію, завжди вказується допустимий діапазон напруги живлення, на максимальний споживаний струм. Якщо відкласти їх на зовнішні характеристики, то ми отримаємо область стійкої роботи (рис. 5). Якщо зовнішня характеристика не виходить за межі цієї області, то це означає, що таке джерело живлення можна використовувати із цим обладнанням, а якщо виходить за її межу – то ні (рис. 6).

Отже, зовнішня характеристика є однією із головних характеристик любого джерела живлення, що дозволяє визначити не тільки його реальні характеристики, а це й визначити правильність вибору джерела живлення для конкретного обладнання.

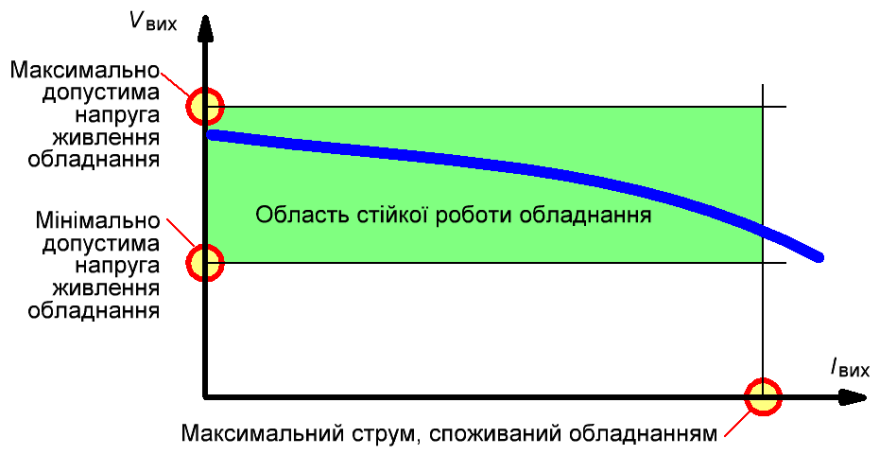


Рисунок 5 – Побудова області стійкої роботи обладнання

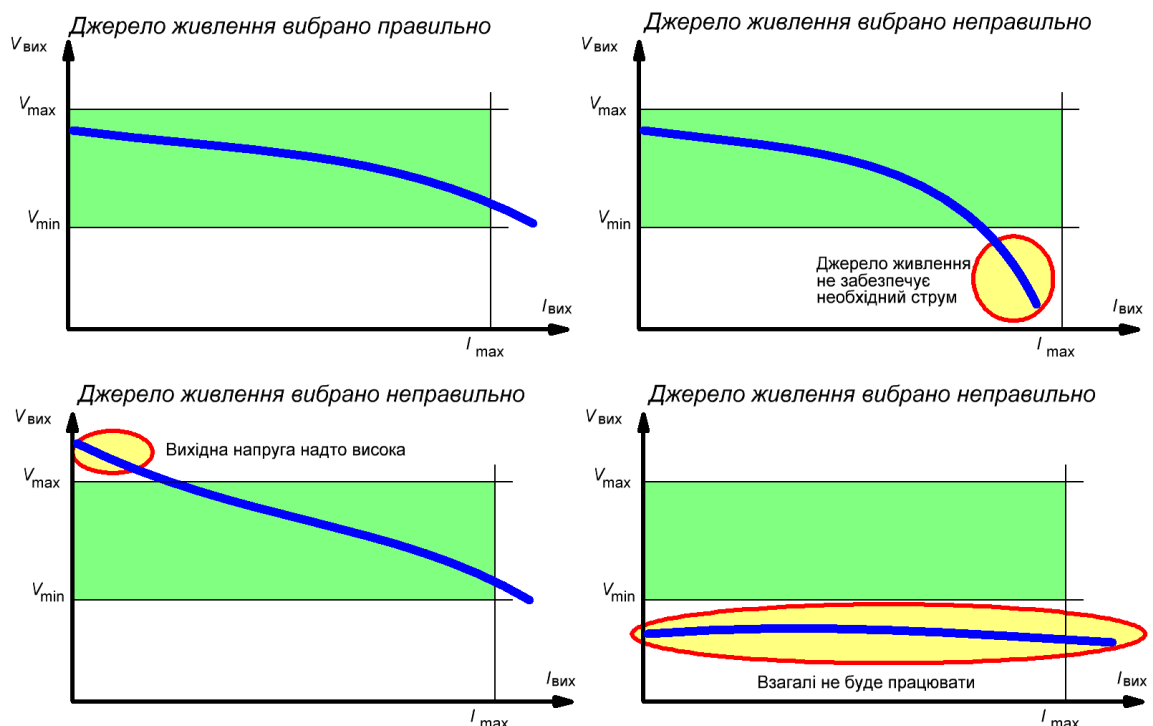


Рисунок 6 – Визначення правильності вибору джерела живлення

3 Опис лабораторного макета

Лабораторний макет для дослідження характеристики джерела живлення призначений для роботи на персональних комп'ютерах під керуванням операційної системи Windows. Він складається із двох частин: файлу ядра «Labs.exe» та файлу макету, який зазвичай має назву «PS_x_x.dll», де x_x – порядковий номер лабораторної роботи у навчальному курсі.

Файли «Labs.exe» та «PS_x_x.dll» можуть розташовуватися у любых директоріях комп'ютера, але для роботи зручніше коли вони розташовані в одній папці.

Після запуску файлу «Labs.exe» відкриється вікно вибору лабораторної роботи (рис. 7), у якому слід обрати необхідний макет. Якщо у списку немає жодної роботи, тоді слід вказати шлях до місця розташування файлу «PS_x_x.dll» за допомогою кнопки «Каталог». Вікно вибору роботи також можна відкрити у будь який момент через меню «Файл» → «Обрати роботу».

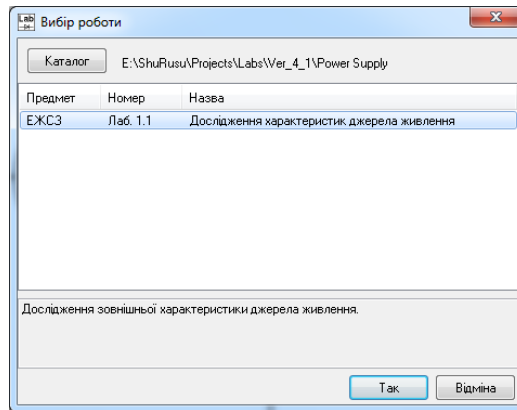


Рисунок 7 – Вікно вибору лабораторного макету

Після вибору необхідного лабораторного макета відкриється головне вікно програми (рис. 8), у якому можна налаштувати необхідну мову інтерфейсу.

Перед початком проведення досліджень слід встановити номер макета через меню «Налаштування» → «Номер макету».

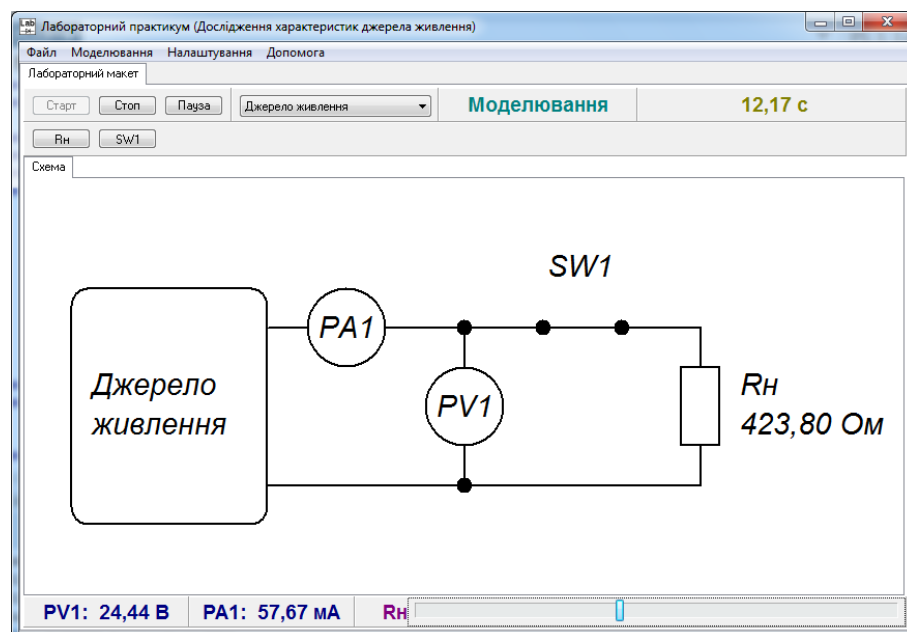


Рисунок 8 – Зовнішній вигляд лабораторного макета

Досліджувана схема лабораторного макета містить:

- досліджуване джерело живлення;
- тестове навантаження R_n із регульованим опором, яке можна відключити від за допомогою вимикача SW1;
- амперметр PA1, що вимірює середнє значення вихідного струму;
- вольтметр PV1, що вимірює середнє вихідної напруги;

На панелі оперативних регулювань макета розташований регулятор, за допомогою якого можна змінювати величину опору навантаження (регулятор « R_n »).

4 Практичне завдання

1. Вивчити за рекомендованою літературою теоретичний матеріал про основні типи та технічні характеристики джерел живлення.

2. Ознайомитися із лабораторним макетом, його особливостями та органами керування.

3. Визначити основні характеристики досліджуваного джерела живлення.

4. Зробити висновки, у яких слід обов'язково зазначити:

- номінальну вихідну напругу джерела живлення;
- максимальний вихідний струм джерела живлення;
- максимальну вихідну потужність джерела живлення;
- наявність та тип захисту від перевантаження по струму.

5 Контрольні питання

1. Які основні характеристики джерел живлення?
2. Що таке захист від перевантаження по струму?
3. Навіщо необхідний захист від перевантаження по струму?
4. Які бувають типи захисту від перевантаження по струму?
5. Що таке зовнішня характеристика?
6. Навіщо необхідна зовнішня характеристика?
7. Який порядок побудови зовнішньої характеристики?
8. По відомим характеристикам джерела живлення та обладнання визначити чи обране джерело живлення?
9. Як називається прилад, що вимірює напругу?
10. Як називається прилад, що вимірює струм?

6 Методика виконання роботи

Рекомендований алгоритм проведення досліджень наступний.

1. Виміряйте напругу холостого ходу, відключивши навантаження R_n за допомогою вимикача SW1.

2. Встановіть максимальний опір навантаження R_n та підключіть його до джерела живлення за допомогою вимикача SW1.

3. Змінюючи опір навантаження R_n до мінімального значення або до нуля з певним кроком (на власний розсуд) побудуйте зовнішню характеристику джерела живлення. Для цього доцільно використовувати таблицю (табл. 1).

Таблиця 1 – Зразок таблиці для визначення зовнішньої характеристики

R_n , Ом								
U, В								
I, А								
P, Вт								

Побудуйте зовнішню характеристику, яка повинна мати вигляд, аналогічний вигляду, показаному на рисунку (рис. 2).

Визначте наявність та тип захисту від перевантаження по струму, для цього слід порівняти побудовану зовнішню характеристику із прикладами, наведеними на рисунку (рис. 4).

7 Зміст протоколу

1. Назва та мета роботи
2. Схема досліджуваної установки
3. Результати досліджень
4. Висновки

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Василега П.О. Електропостачання. Університетська книга. 2023. 416с. ISBN: 9789666803668.
2. Правила улаштування електроустановок. Індустрія. 2022. 925с. ISBN: 9789662160222.
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Основа. 2022. 328с. ISBN: 9789666999453.
4. ДСТУ EN 61140:2019 Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (EN 61140:2016, IDT; IEC 61140:2016, IDT)
5. J. Paul Guyer, P.E., R.A. An Introduction to Electric Power Systems Protection Engineering. 2021. 74p.
6. ДСТУ Lekha J, Lija Jacob, R. Gunavathi, S. Vijayalakshmi, Savita Dahiya Smart Power Systems Grid Modernization Using AI and IoT-Based Applications. Springer Nature Switzerland. 2025. 438p. ISBN: 9783031894589, 3031894588
7. Robert Delauter UPS Handbook. Quirauk Mountain Publishing. 2020. 124p. ISBN: 9781735942001, 1735942006.

Допоміжна

8. Frede Blaabjerg, Pooya Davari, Tomislav Dragicevic Applications of Power Electronics Volume 1. MDPI AG. 2019. 476 p. ISBN: 9783038979746, 3038979740.
9. Frede Blaabjerg, Pooya Davari, Tomislav Dragicevic Applications of Power Electronics Volume 2. MDPI AG. 2019. 500 p. ISBN: 9783039210206, 3039210203.
10. Mauro Feliziani, Tommaso Campi, Silvano Cruciani, Francesca Maradei Wireless Power Transfer for E-Mobility Fundamentals and Design Guidelines for Wireless Charging of Electric Vehicles. Elsevier Science. 2023. 240p. ISBN: 9780323995245, 0323995241.
11. Johnson I. Agbinya Wireless Power Transfer. River Publishers. 2022. 720p. ISBN: 9781000793338, 1000793338.
12. A. D. Dhass Energy Harvesting Technologies for Powering WPAN and IoT Devices for Industry 4.0 Up-gradation. Nova Science Publishers, Incorporated. 2020. 253p. ISBN: 1536169447, 9781536169447.

Інформаційні ресурси

13. Національна бібліотека ім. В.І.Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
14. Одеська обласна універсальна наукова бібліотека ім. М.С. Грушевського. URL: <https://biblioteka.od.ua/>
15. Портал «Electronic Design». URL: <https://www.electronicdesign.com/>
16. Портал «Power Electronics» URL: <https://power-electronics.com/en>

Навчальне видання

Русу Олександр Петрович

ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів вищої освіти,
які навчаються за спеціальностями галузі «Інформаційні технології»

Українською мовою