

Електротехніка

(частина 2)

Курс лекцій – 30 годин

Лабораторні роботи – 30 годин

Залік – 12 годин

*Лектор – Мрачковський Анатолій Миколайович, кандидат
технічних наук, доцент кафедри електричних машин та
експлуатації електрообладнання, кімн.1, корп.8, тел.209-86-80*

Лекція 2

- 1. Класифікація апаратів керування*
- 2. Вимоги до електричних апаратів*
- 3. Матеріали, що застосовуються в апаратобудуванні*
- 4. Умови експлуатації електричних апаратів в с-г.
електроустановках*

1. Класифікація апаратів керування

Апарати керування і захисту – це електротехнічні пристрої, що застосовуються при використанні електричної енергії, починаючи від її виробництва, передачі, розподілу і споживання.

Кінцевою дією будь-якого електричного апарата є вмикання або вимикання струму в електричному колі за допомогою комутаційного елемента, яким може бути контакт, що замикається або розмикається, або напівпровідниковий пристрій, що змінює свій опір під дією зовнішнього впливу.

Напівпровідникові апарати

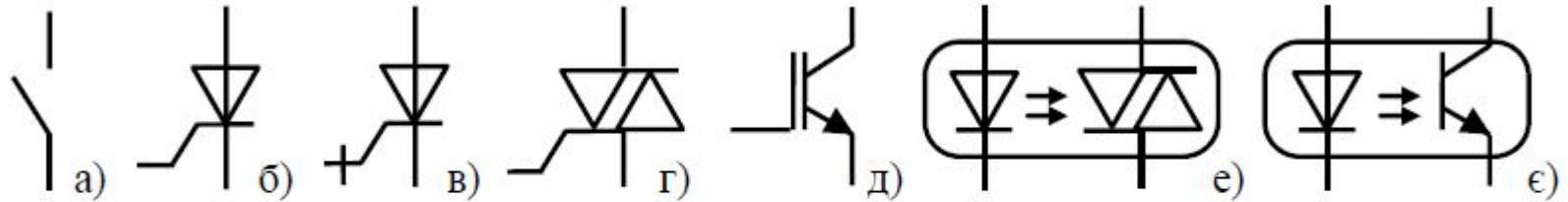
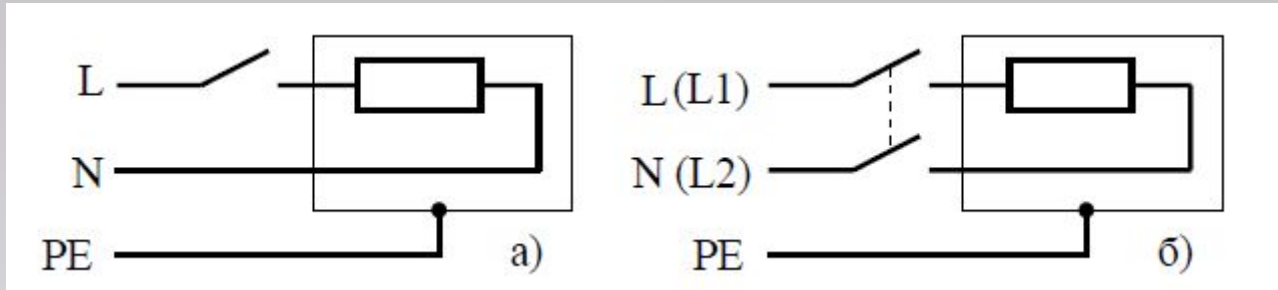


Рис. 1.4. Комутаційні елементи електричних апаратів:

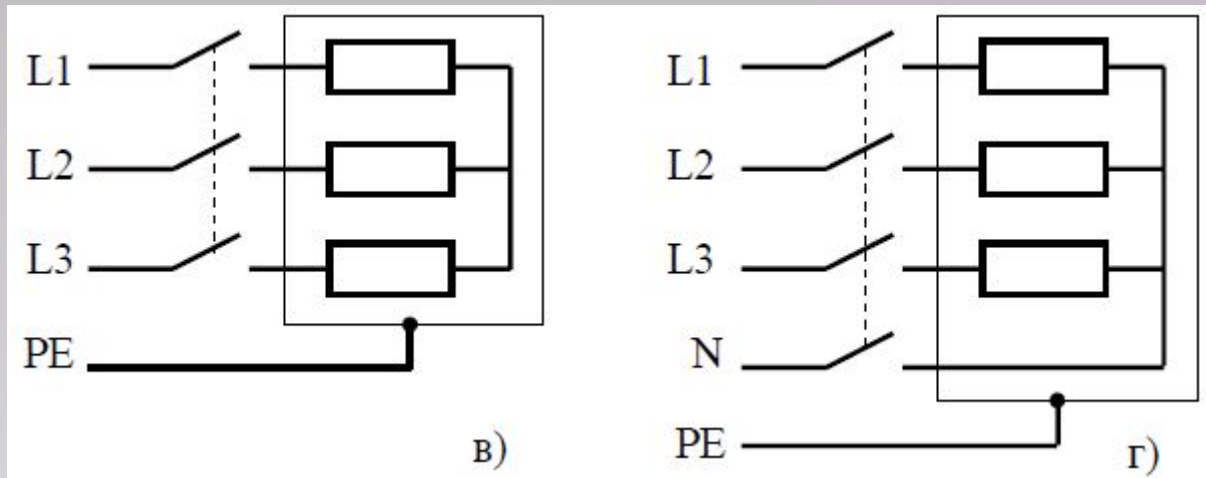
а – контакт; б – одноопераційний тиристор; в – двоопераційний тиристор; г – симістор;
д – інтегрований біполярний транзистор з ізольованим затвором (IGBT транзистор);
е – оптосимістор; є - оптотранзистор

Електромеханічні апарати з контактними комутаційними елементами



В однополюсних апаратах (рис. 1.5-а) приєднання навантаження до живлення здійснюється через контактний елемент до лінійного провідника (line conductor) та так звану безперервну нейтраль (uninterrupted neutral) – струмопровідну гілку, приєднану безпосередньо до нейтрального провідника (N conductor) розподільного пристрою, від якого живиться навантаження.

Комутація однофазних навантажень двополюсними апаратами (рис. 1.5-б) здійснюється в мережах постійного струму для полегшення умов гасіння електричної дуги, що виникає на контактах при їх розмиканні, а також з міркувань безпеки в мережах постійного та змінного струму – при розмиканні контактів навантажень від'єднується від живлення як з боку лінійного, так і з боку нейтрального провідника.



Комутація трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором ((squirrel) cage induction motor) здійснюється триполюсними апаратами (рис. 1.5-в), оскільки спільна точка з'єднання обмоток зазвичай не виводиться на клемну коробку двигуна.

Комутацію трифазних навантажень зі спільною нейтраллю з міркувань безпеки бажано здійснювати чотириполюсним апаратом (рис. 1.5-г) – при розмиканні контактів навантаження повністю від'єднується від живлення.

Класифікація – це процес та результат групування об'єктів дослідження (у тому числі продуктів людської діяльності) у відповідності з їх загальними ознаками.

Класифікація комутаційних електричних апаратів

за функціональним призначенням

- комутація (розподілення електричної енергії)
- керування обладнанням (електричними машинами, технологічними об'єктами) і автоматизація
- захист людей, майна та довкілля
- обмеження надструмів та наднапруг у мережах
- контроль параметрів технологічних процесів та сигналізація про їх стан

за родом струму

- постійного струму

- змінного струму

за номінальною напругою

- до 1000 в – апарати низької напруги

- понад 1000 в –

◇ апарати середньої напруги (до 35 кВ);

◇ апарати високої напруги (понад 35 кВ).

за типом комутаційного елемента

- електромеханічні електричні апарати
- напівпровідникові електричні апарати
- гібридні електричні апарати



Класифікація електричних апаратів відповідно до їх призначення

- комутаційні апарати (здійснюють комутацію електричних кіл при розподіленні електричної енергії);*
- апарати керування (здійснюють керування обладнанням – електричними машинами, технологічними об'єктами) і застосовуються при автоматизації виробничих процесів);*
- апарати захисту (забезпечують захист людей, тварин, майна та довкілля від шкідливої дії електричної енергії);*
- обмежувальні апарати (забезпечують обмеження надструмів та перенапруг у мережах);*
- апарати контролю (здійснюють моніторинг параметрів технологічних процесів та сигналізують про їх стан).*

Класифікація електричних апаратів за родом струму

- *апарати, що працюють винятково у колах змінного струму*
- *апарати, що працюють винятково у колах постійного струму*
- *апарати, що можуть працювати як у колах змінного струму, так і у колах постійного струму.*

Класифікація електричних апаратів за номінативною напругою

(значення номінативної напруги апарата встановлює виробник, причому номінативна напруга апарата повинна відповідати значенню номінальної напруги мережі, у якій має працювати апарат з урахуванням визначених виробником умов). За цією ознакою апарати поділяють так:

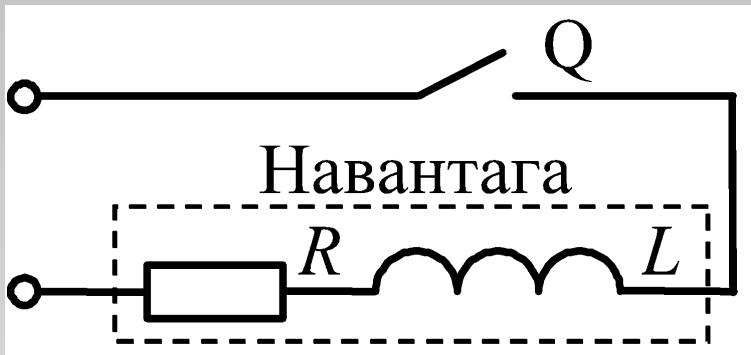
- *апарати низької напруги, тобто апарати з номінативною напругою до ~1000 В (змінного струму) або до 1500 В (постійного струму);*
- *апарати середньої напруги – від ~1000 В до 35 кВ (верхня раниця у деяких країнах є вищою – до ~52 кВ) або від 1,5 кВ до 5 кВ;*
- *апарати високої напруги (вище верхньої границі середніх напруг, причому апарати високої напруги – це переважно апарати змінного струму).*

Класифікація електричних апаратів за типом комутаційного елемента:

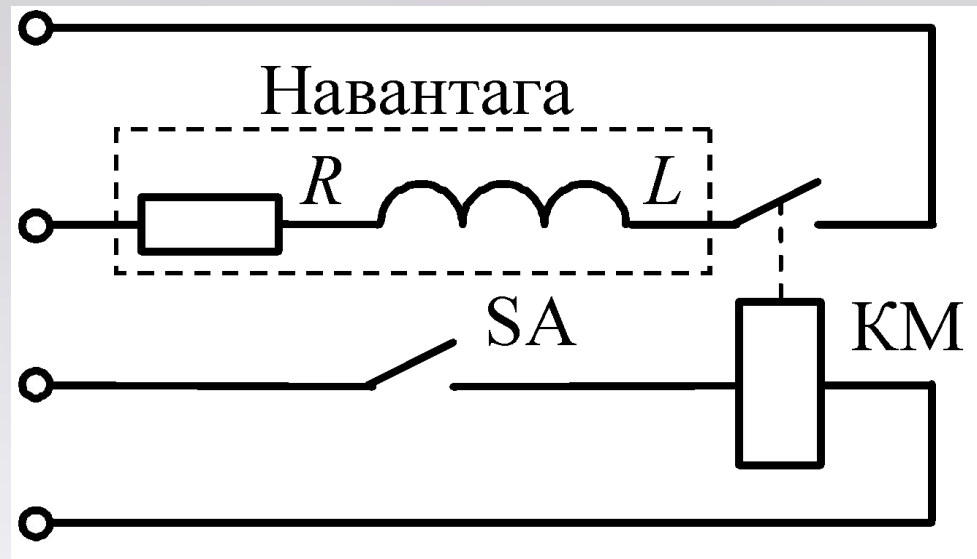
- *електромеханічні електричні апарати;*
- *напівпровідникові електричні апарати;*
- *гібридні електричні апарати.*

Електромеханічні комутаційні апарати (mechanical switching device) замикають та розмикають електричні кола за допомогою контактів, причому будь-який з цих апаратів може бути визначений відповідно до середовища, де його контакти розмикаються та замикаються, наприклад повітряний, елегазовий, вакуумний тощо.

електромеханічні апарати



з ручним керуванням



з не ручним керуванням

Переваги електромеханічних комутаційних апаратів

- можливість забезпечення функції роз'єднання*
- незначне падіння напруги на комутаційному елементі*
- велика перевантажувальна здатність*

Недоліки електромеханічних комутаційних апаратів

- наявність рухомих частин*
- виникнення дуги на контактах*

Напівпровідникові електричні апарати

(semiconductor switching device) призначені для вмикання струму в електричних колах за допомогою керування провідністю напівпровідника.

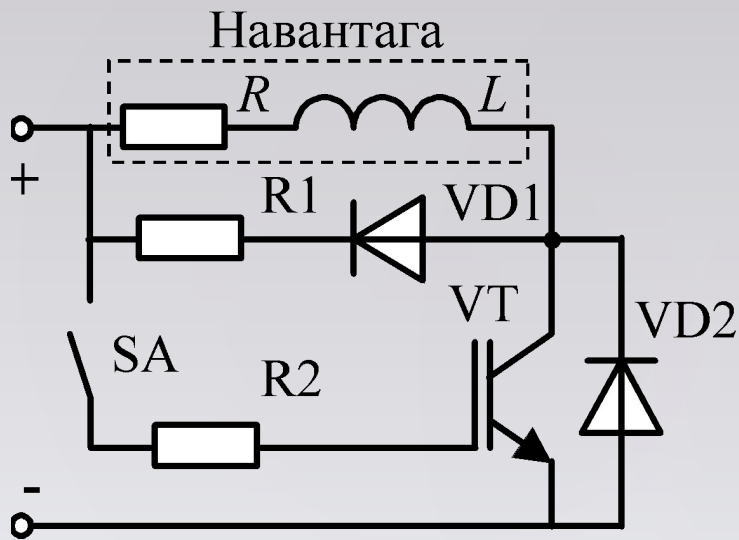


Схема підключення напівпровідникового комутаційного апарата постійного струму до навантаги

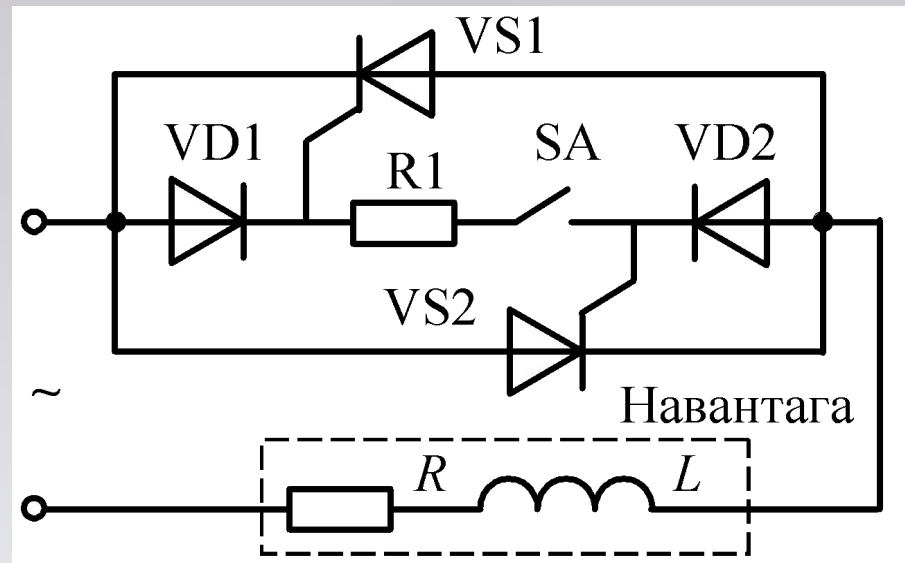


Схема підключення напівпровідникового комутаційного апарата змінного струму

Переваги напівпровідникової комутаційної апаратури

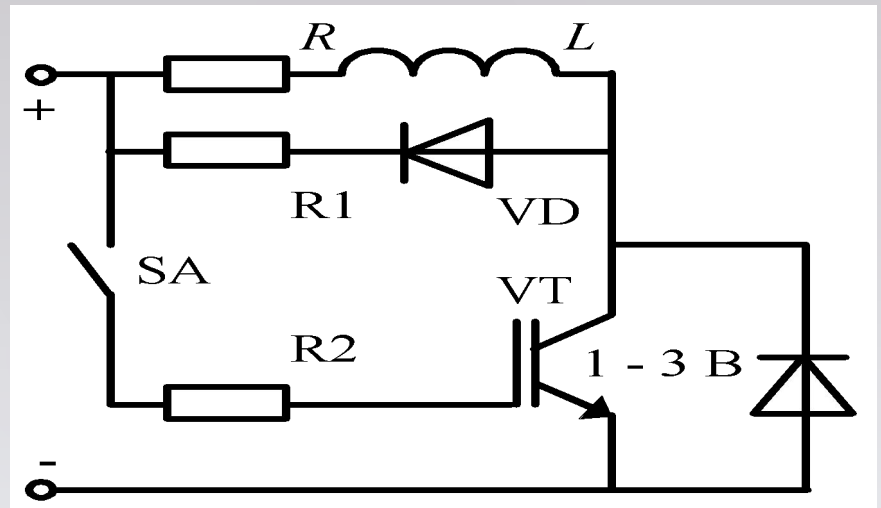
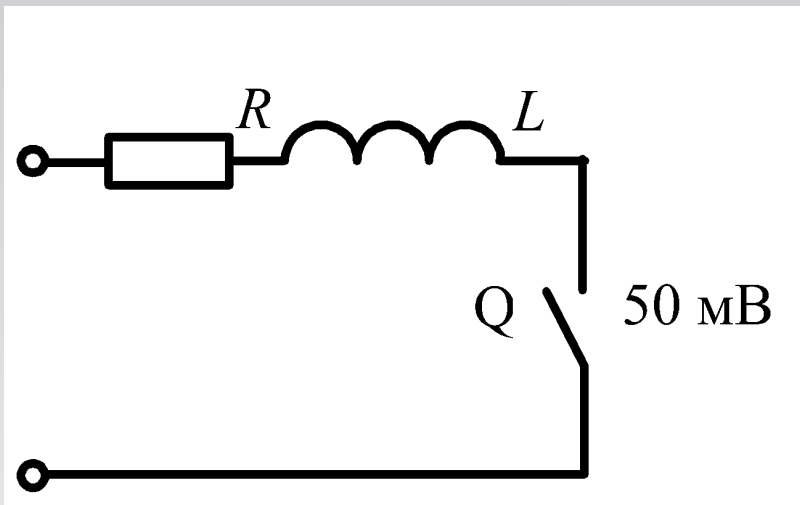
- відсутність рухомих частин*
- відсутність електричної дуги*
- висока швидкодія*
- велика частота комутацій*

Недоліки напівпровідникової комутаційної апаратури

- відсутність функції роз'єднання;*
- велике падіння напруги на комутаційному елементі;*
- великі габарити і вартість;*
- низька перевантажувальна здатність;*
- чутливість до температури середовища;*
- чутливість до перенапруг;*
- схильність до процесу старіння;*
- створення радіоперешкод.*

Недоліки напівпровідникової комутаційної апаратури

*велике падіння напруги
на комутаційному елементі*



Сфери застосування напівпровідникової комутаційної апаратури

- *плавне регулювання параметрів*
- *висока частота комутацій*
- *висока швидкодія*
- *передача сигналів з малою енергією*
- *робота у вибухонебезпечному середовищі*

Плавне регулювання параметрів



Регулятор швидкості обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

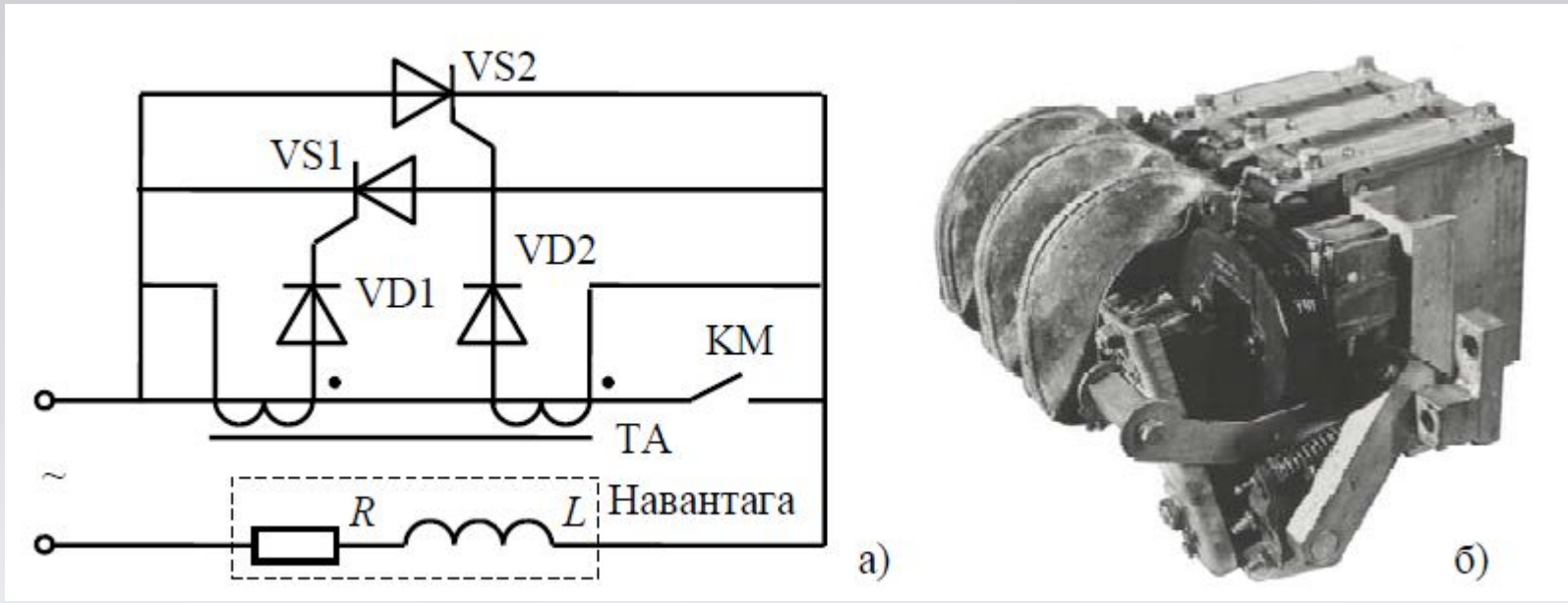


Робота у вибухонебезпечному середовищі



Триполюсний напівпровідниковий контактор

Принципова електрична схема головного кола полюсу гібридного контактора змінного струму (а) та зовнішній вигляд контактора КТ 6433 (б)



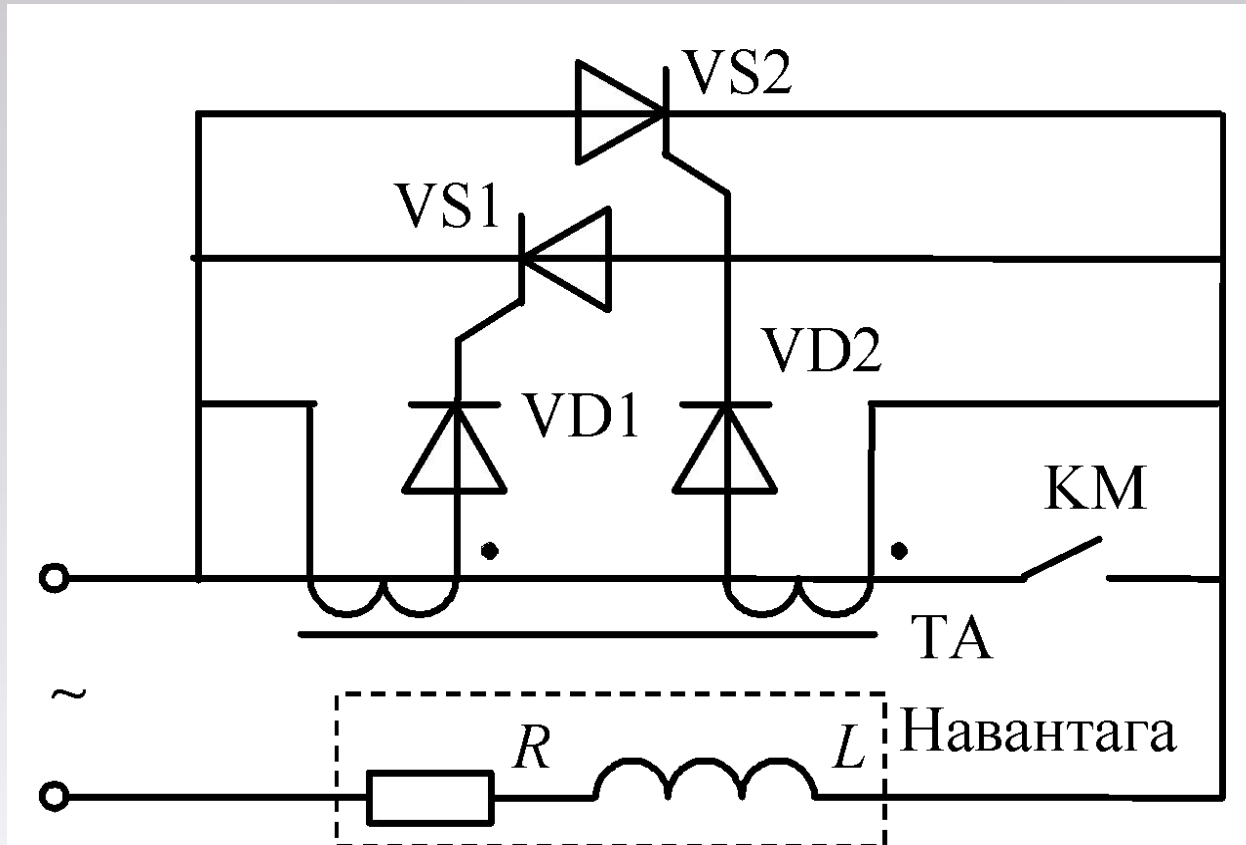
Передача сигналів з малою енергією



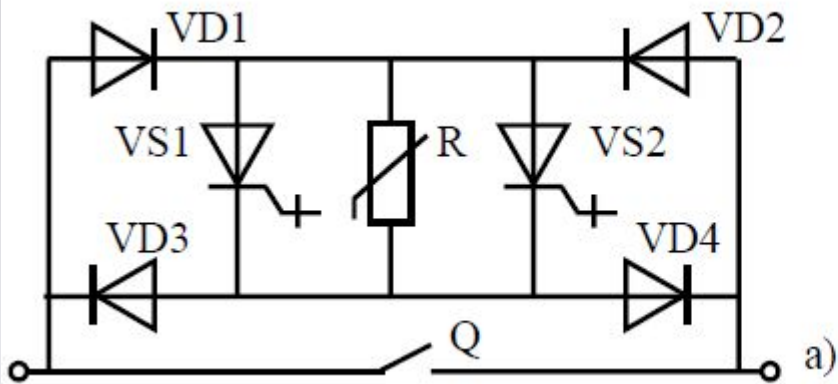
Електромеханічна та цифрова АТС

Гібридні електричні апарати

(*hybrid switching device*) – це апарати, у головних колах яких застосовуються як контактні елементи, так і напівпровідникові прилади.



Принципова електрична схема головного кола швидкодійного гібридного відмикача постійного струму (а) та зовнішній вигляд макетного зразка (б) такого відмикача (Jean-Marc Meyer, Alfred Rufer – Laboratory of Industrial Electronics, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne)



Недоліки гібридної комутаційної апаратури

відсутність функції роз'єднання

2. Вимоги до електричних апаратів

Вимоги до електричних апаратів

```
graph TD; A[Вимоги до електричних апаратів] --> B[Вимоги щодо безпеки]; A --> C[Експлуатаційні вимоги]; B --> D[Вимоги щодо запобігання створенню небезпечних ситуацій для людей, майна й довкілля (запобігання створенню небезпек)]; B --> E[Вимоги щодо запобігання утворенню перешкод для нормальної роботи інших елементів системи, у якій апарат працює, та стійкість до таких перешкод (запобігання утворенню перешкод)]; C --> F[Загальні вимоги, що висуваються до всіх апаратів]; C --> G[Специфічні вимоги до різних типів апаратів, що висуваються відповідними профільними стандартами];
```

Вимоги щодо безпеки

Вимоги щодо запобігання створенню небезпечних ситуацій для людей, майна й довкілля (запобігання створенню небезпек)

Вимоги щодо запобігання утворенню перешкод для нормальної роботи інших елементів системи, у якій апарат працює, та стійкість до таких перешкод (запобігання утворенню перешкод)

Експлуатаційні вимоги

Загальні вимоги, що висуваються до всіх апаратів

Специфічні вимоги до різних типів апаратів, що висуваються відповідними профільними стандартами

Вимоги щодо безпеки

Вимоги щодо запобігання створенню небезпечних ситуацій для людей, майна й довкілля

- застосування обладнання відповідного класу захисту;*
- застосування оболонок;*
- застосування блокувальних пристроїв;*
- попередження травмування іскрою та дугою;*
- попередження опіків при дотиках до нагрітих частин;*
- попередження травмування рухомими частинами;*
- пожежна безпечність;*
- вибухобезпечність;*
- запобігання утворенню шкідливих хімічних сполук, аерозолів;*
- запобігання утворенню дискомфортних умов.*

Вимоги щодо запобігання утворенню перешкод для нормальної роботи інших елементів системи, у якій апарат працює

- запобігання утворенню комутаційних перенапруг;*
- запобігання утворенню електромагнітних перешкод;*
- запобігання утворенню механічних перешкод;*
- запобігання впливу на форму струму у мережі;*
- запобігання зниженню коефіцієнту потужності – $\cos \phi$.*

Експлуатаційні вимоги

Загальні вимоги, що висувуються до всіх апаратів

- надійності;*
- ремонтпридатності;*
- зручності монтування та демонтування;*
- зручності оперування;*
- ізоляції, відстаней витоку та зазорів;*
- експлуатаційних витрат;*
- компактності, трудомісткості та матеріаломісткості;*
- естетичності конструкції;*
- працездатності у різних кліматичних умовах та умовах розміщення;*
- працездатності в умовах механічних впливів.*

Специфічні вимоги до різних типів апаратів, що висуваються відповідними профільними стандартами

- висока механічна та електрична зносостійкість (для реле та контакторів);*
- струмообмежувальна здатність (для окремих видів відмикачів та запобіжників);*
- здатність до відмикання коротких замикань (для запобіжників та окремих видів відмикачів);*
- здатність витримувати наскрізні струми коротких замикань впродовж визначеного часу (вимикачі, роз'єднувачі, перемикачі уземлення тощо);*
- визначена форма часо-струмової характеристики (для окремих видів реле, а також відмикачів та запобіжників);*
- чутливість (для окремих видів реле, а також відмикачів, керованих різницевиими струмами).*

Вимоги щодо безпеки (безпечності конструкції) електричних апаратів

Вимоги щодо безпеки

```
graph TD; A[Вимоги щодо безпеки] --> B[Вимоги щодо запобігання створенню небезпечних ситуацій для людей, майна й довкілля (запобігання створенню небезпек)]; A --> C[Вимоги щодо запобігання утворенню перешкод для нормальної роботи інших елементів системи, у якій апарат працює, та стійкість до таких перешкод (запобігання утворенню перешкод)];
```

*Вимоги щодо запобігання створенню небезпечних ситуацій для людей, майна й довкілля
(запобігання створенню небезпек)*

Вимоги щодо запобігання утворенню перешкод для нормальної роботи інших елементів системи, у якій апарат працює, та стійкість до таких перешкод (запобігання утворенню перешкод)

Запобігання створенню небезпек

- 1. застосування обладнання відповідного класу захисту*
- 2. застосування оболонок та блокувальних пристроїв*
- 3. застосування індивідуальних електрозахисних засобів*
- 4. попередження травмування іскрою та дугою*
- 5. попередження опіків при дотиках до нагрітих частин*
- 6. попередження травмування рухомими частинами*
- 7. пожежна безпечність*
- 8. вибухобезпечність*
- 9. запобігання утворенню шкідливих хімічних сполук, аерозолів*
- 10. запобігання утворенню дискомфортних умов*

1. Застосування обладнання відповідного класу захисту від ураження електричним струмом

Класи електротехнічних виробів

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартів безпеки труда.

Изделия электротехнические. общие требования безопасности

IEC 61140 Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

0

0

Вироби, що мають робочу ізоляцію і не мають елементів для уземлення

0I

I

Вироби, що мають робочу ізоляцію і елемент для уземлення

I

I

Вироби, що мають робочу ізоляцію і елемент для уземлення, що приєднується до ре-провідника за допомогою вилки із захисним контактом

II

II

Вироби, що мають подвійну ізоляцію і не мають елементів для уземлення

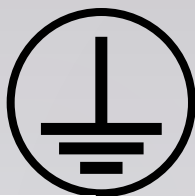
III

III

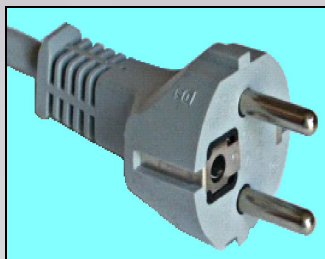
Вироби, що не мають ані внутрішніх, ані зовнішніх кіл з напругою понад 42 в

Електротехнічні вироби різних класів захисту від ураження електричним струмом

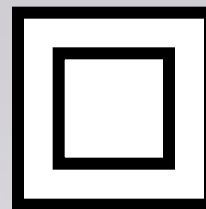
0



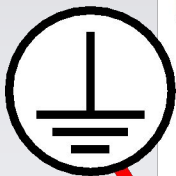
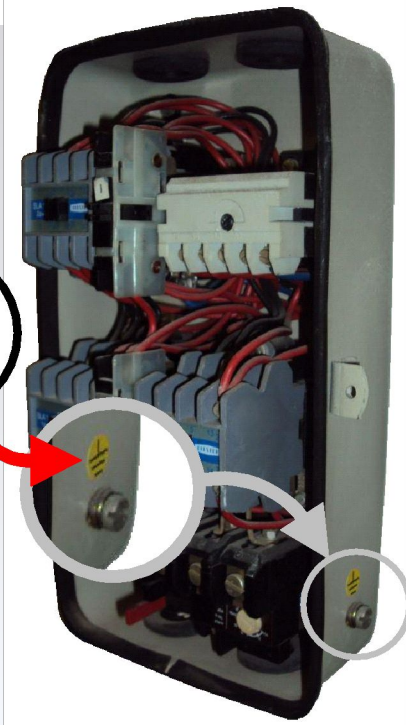
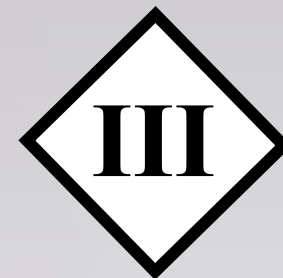
I



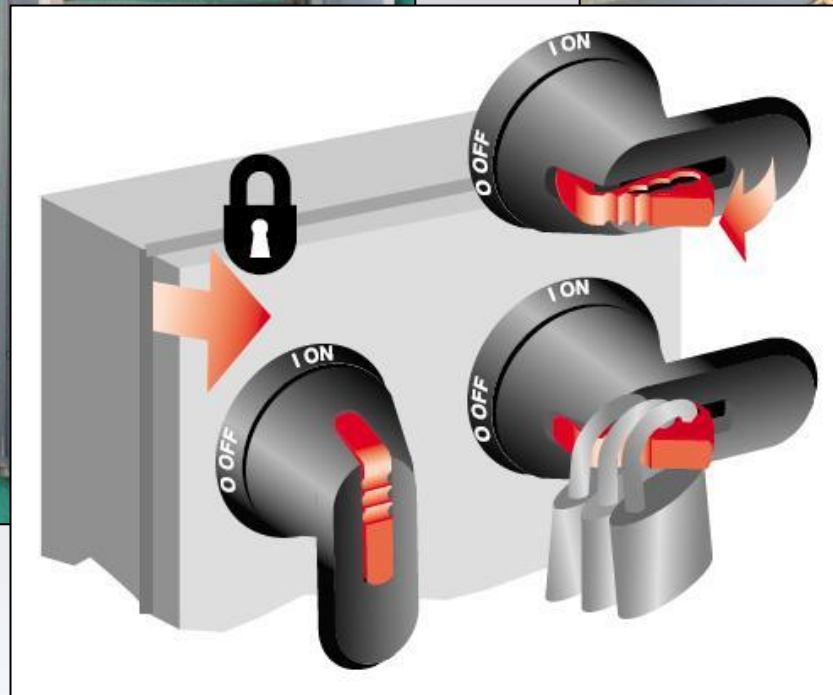
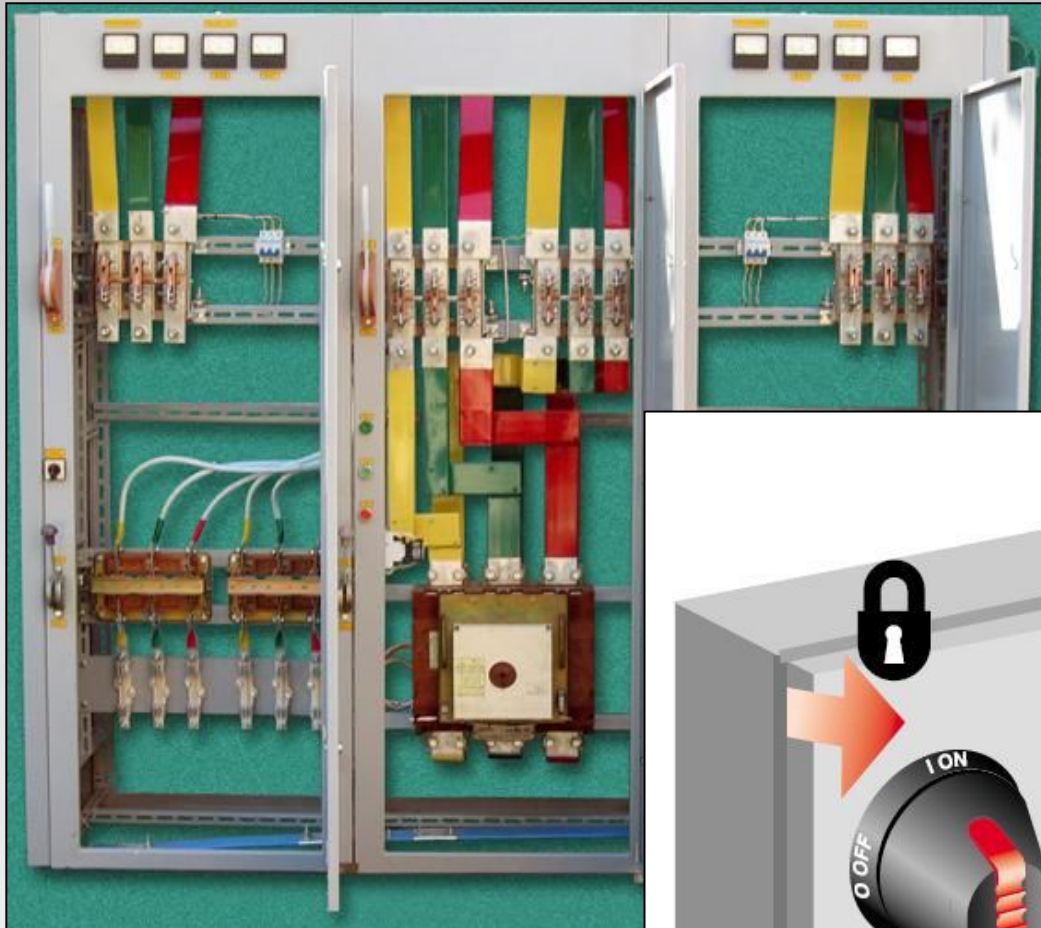
II



III



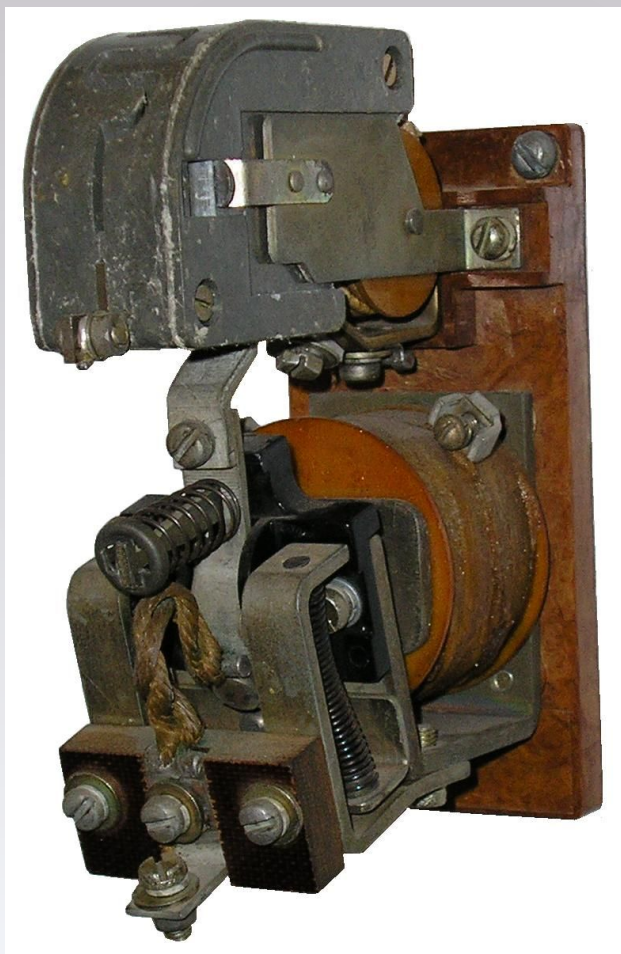
2. Застосування оболонок та блокувальних пристроїв



3. Застосування індивідуальних електрозахисних засобів



4. Попередження травмування іскрою та дугою



5. Попередження опіків при контактуванні з нагрітими частинами

Границі перевищення температури доступних частин
IEC 60947-1, Table 3

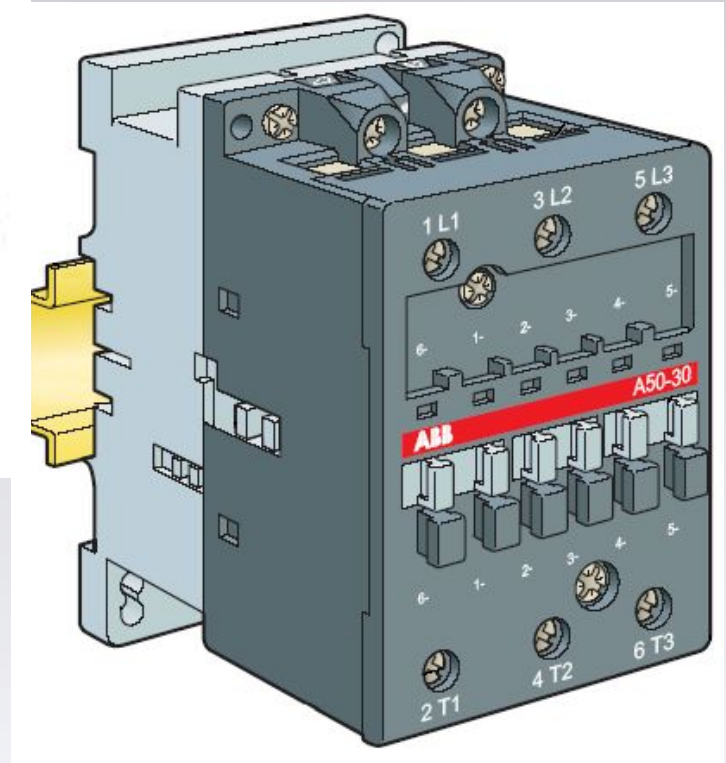
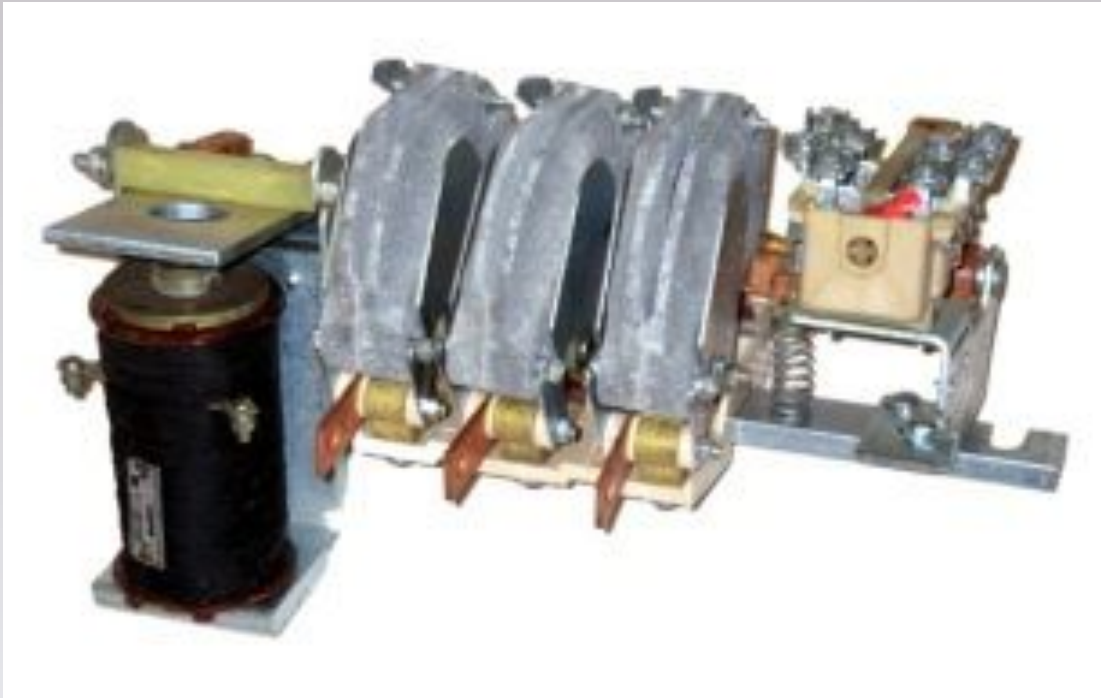
<i>Доступні частини апарату</i>	<i>Межа перевищення температури, °C</i>
<i>Елементи для оперування рукою або пальцем</i>	
- металеві	15
- неметалеві	20
<i>Частини, доступні для дотику при оперуванні, але ті, що не оперуються рукою</i>	
- металеві	30
- неметалеві	40
<i>Частини, які при нормальному оперуванні не доступні для дотику – зовнішня поверхня оболонки поблизу вводу кабелів</i>	
- металеві	40
- неметалеві	50
<i>Зовнішні поверхні оболонок для резисторів</i>	200
<i>Повітря, що виходить з вентиляційних отворів оболонок для резисторів</i>	200

Попередження утворення, обмеження та ізоляція горючого середовища в електричних апаратах:

- *Застосування матеріалів, що не підтримують горіння*
- *Обмеження маси та об'єму горючих матеріалів*
- *Ізоляція горючого середовища*



6. Попередження травмування рухомими частинами



7. Пожежна безпека електричних апаратів

Гост 12.1.004-85. Система стандартів безпеки труда. Пожарная безопасность. Общие требования

Пожежна безпека

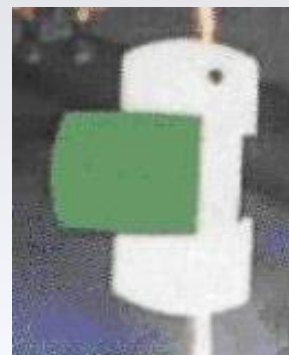
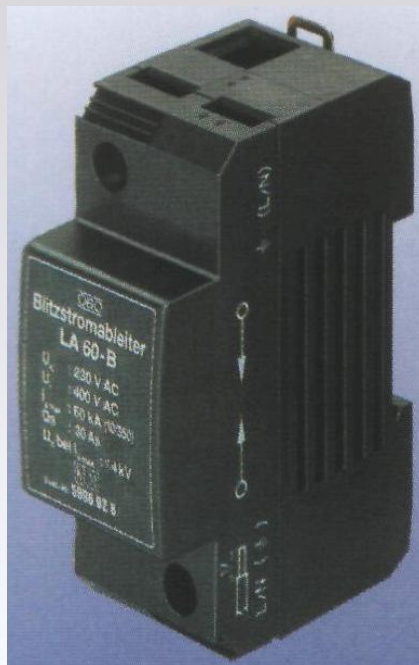
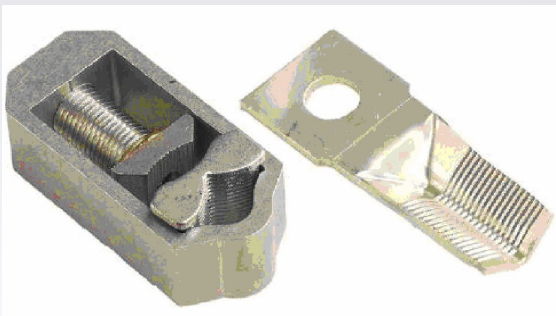
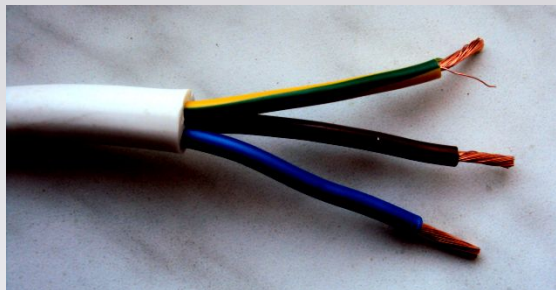
- Система попередження пожежі*
- Система протипожежного захисту*
- Система організаційно-технічних заходів*

Система попередження пожежі

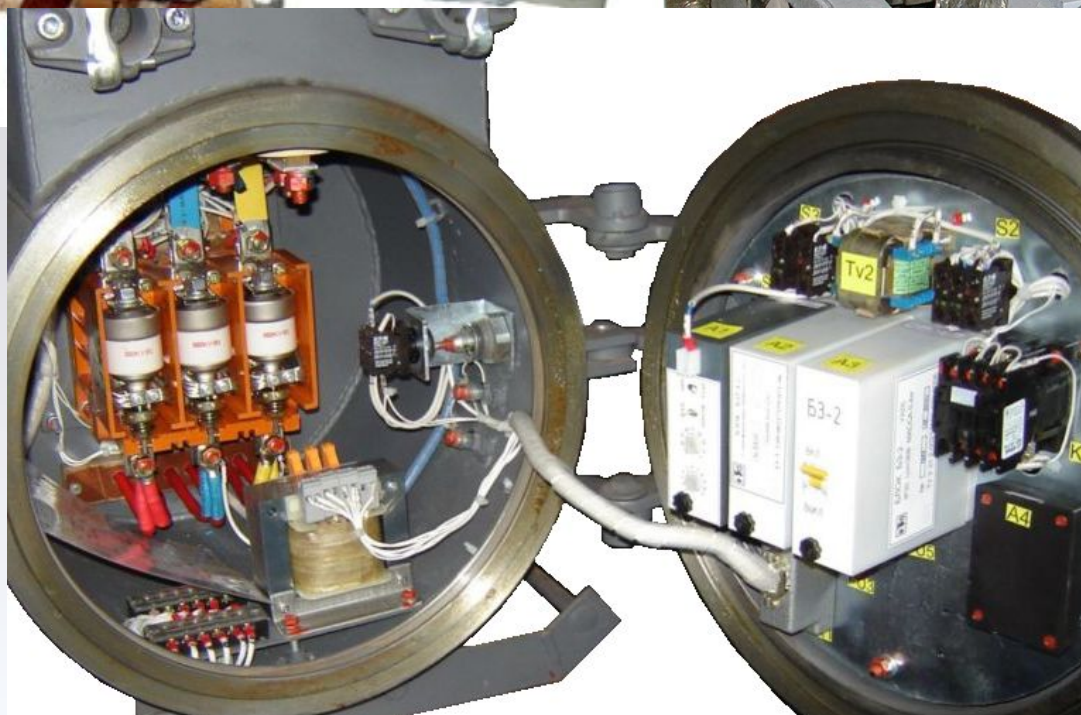
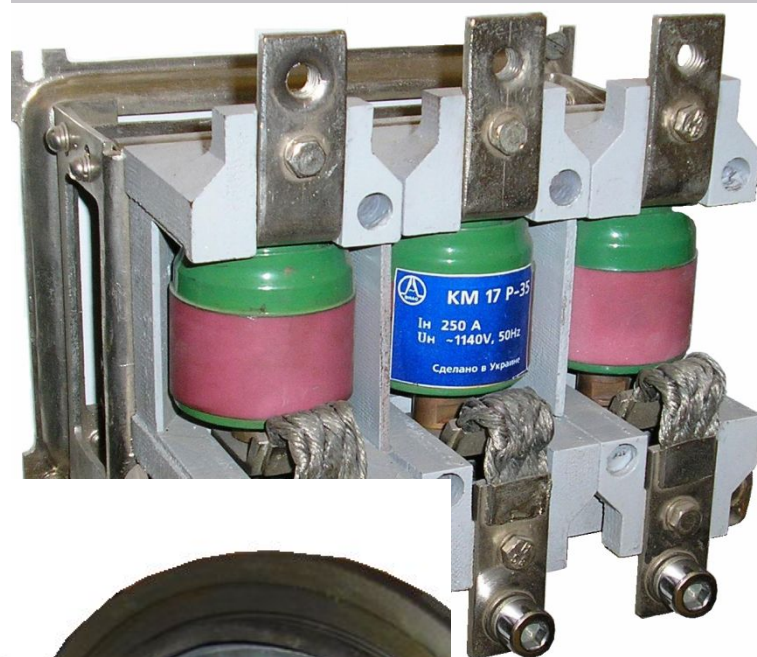
- Попередження утворення горючого середовища*
- Попередження утворення джерел займання*

Попередження утворення джерел займання в електричних апаратах:

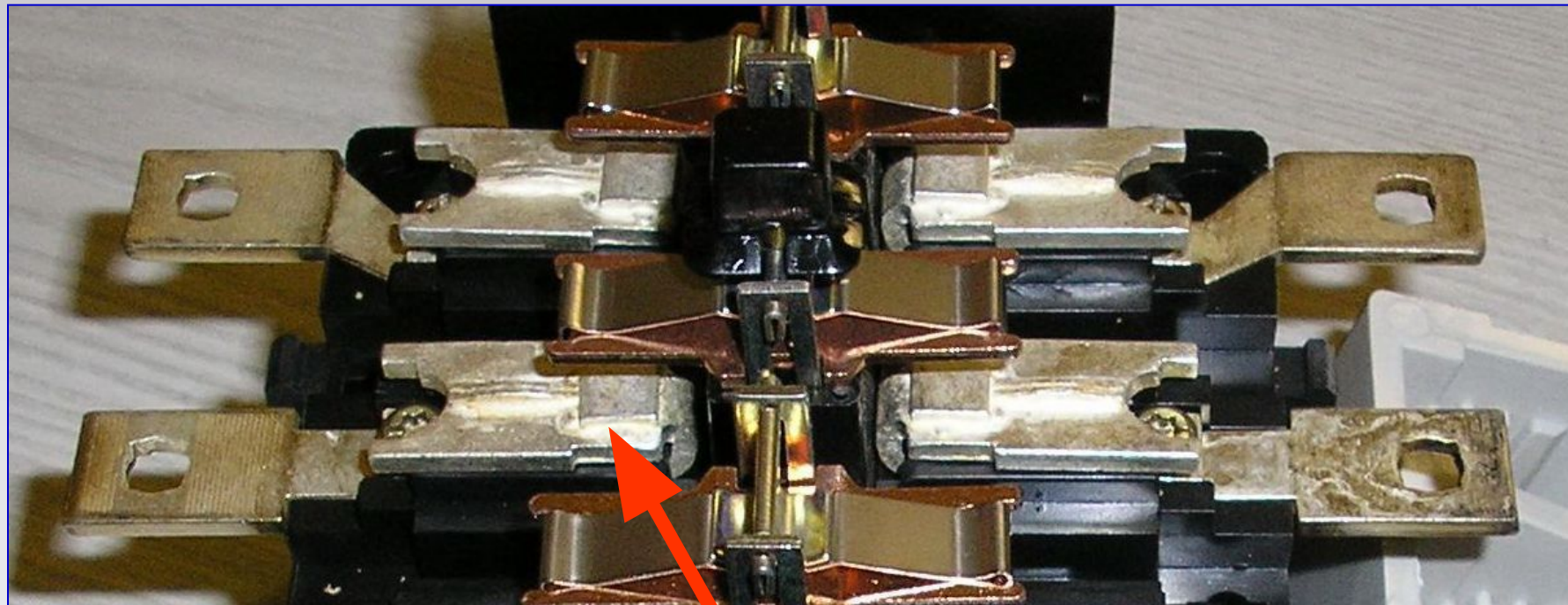
- *Застосування надійної ізоляції*
- *Застосування надійних контактних з'єднань*
- *Локалізація або обмеження дії електричної дуги*
- *Застосування надійних полум'ягасників*
- *Застосування відмикачів різницевого струму*



8. Вибухобезпечність електричних апаратів



9. Запобігання утворенню шкідливих хімічних сполук, аерозолів



AgSnO
O

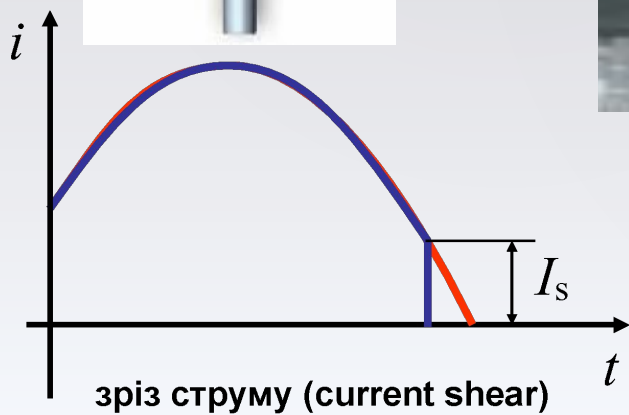
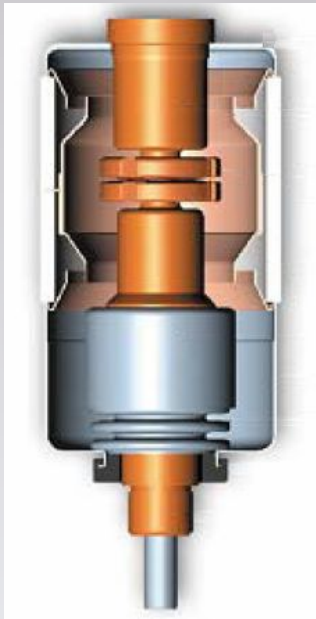
*10. Запобігання утворенню дискомфортних умов
(шум, вібрації, електромагнітні поля,
шкідливі випромінювання)*



Запобігання утворенню перешкод

1. *запобігання утворенню комутаційних перенапруг*
2. *запобігання утворенню електромагнітних перешкод*
3. *запобігання утворенню механічних перешкод*
4. *запобігання впливу на форму струму у мереж*
5. *запобігання зниженню коефіцієнту потужності – $\cos \phi$*

1. Запобігання утворенню комутаційних перенапруг та стійкість до них



2. Запобігання утворенню електромагнітних перешкод та стійкість до них

електромагнітна сумісність (*electromagnetic compatibility; EMC: 161-01-07*) – це здатність обладнання або системи задовільно функціонувати у власному електромагнітному оточенні, не створюючи неприпустимих електромагнітних перешкод будь-чому в цьому оточенні

електромагнітне випромінювання (*electromagnetic emission: 161-01-08*) – явище, відповідно до якого електромагнітна енергія походить від джерела

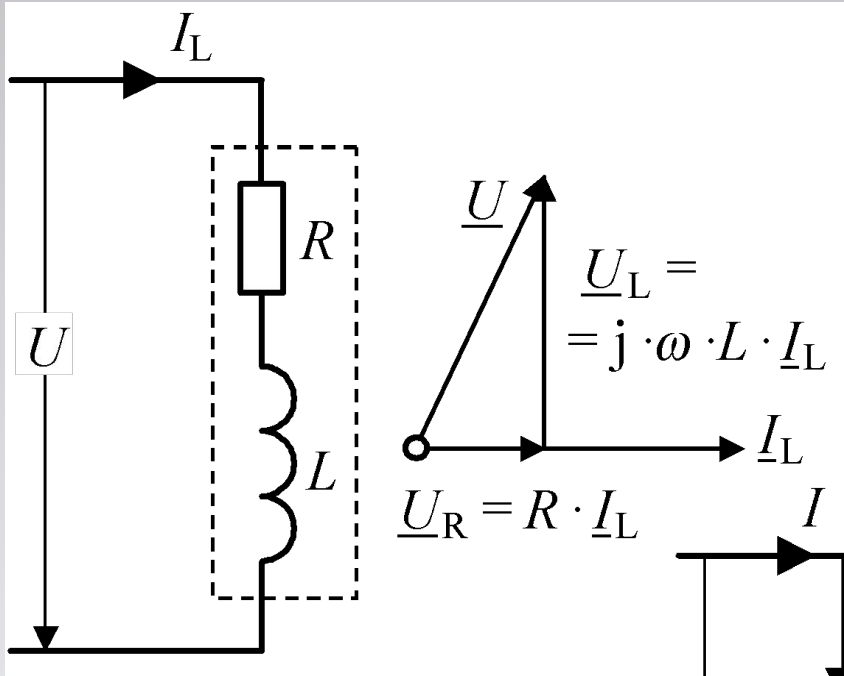
стійкість до збурень (*immunity to a disturbance: 161-01-20*) – здатність пристрою, обладнання або системи функціонувати без погіршення характеристик за наявності **електромагнітного збурення** (*electromagnetic disturbance: 161-01-05*)

3. Запобігання утворенню механічних перешкод та стійкість до них

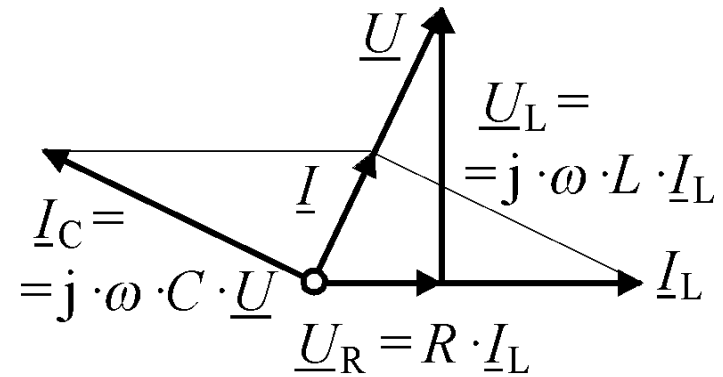
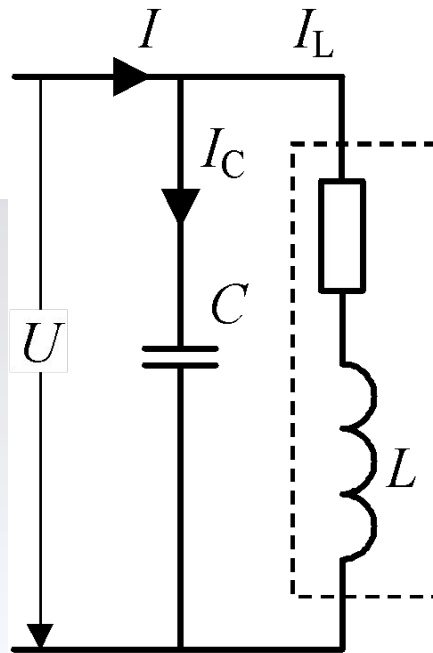
- ❖ Зменшення швидкості та маси рухомих частин апарата*
- ❖ Застосування амортизаторів*
- ❖ Застосування ударостійких матеріалів*
- ❖ Застосування ударостійких елементів конструкції апарата*

4. Запобігання впливу на форму струму у мережі

5. Запобігання зниженню коефіцієнту потужності ($\cos \phi$)



$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$



4. Умови експлуатації електричних апаратів в с-г. електроустановках

Умови експлуатації апаратів в с-г відрізняються від умов їх роботи на виробництві, де більшість апаратів знаходиться в нормальних умовах оточуючого середовища і вони працюють у режимах, які передбачені державними стандартами та технічними умовами.

В сільському господарстві більшість апаратів знаходиться в складних умовах експлуатації, функціонують вони в ненормальних режимах роботи, підведена напруга мережі часто нестабільна.

Причинами несправностей апаратів є:

- вплив умов оточуючого середовища;*
- специфічні умови роботи;*
- невідрегульованість захисних пристроїв апаратів;*
- низька якість електроенергії;*
- незадовільна експлуатація апаратів.*
- дефекти виготовлення, монтажу та ремонту.*

Приклад:

При дослідженні ЕМП в кількості 2 000 шт. протягом 3-х років було виявлено 324 відмови. Причини відмов і характер несправностей ЕМП наведені в таблиці:

<i>Види відмов (несправностей)</i>	<i>Відмови, %</i>
<i>1. Електротеплові (електрична ерозія контактів, зварення контактів, пошкодження котушок, корпусу, електротеплових реле)</i>	<i>68%</i>
<i>2. Фізико-механічні (зниження опору ізоляції та пробій, утворення непробійних плівок на контакт-деталях, послаблення і відмова контактних пружин)</i>	<i>17%</i>
<i>3. Механічні (пошкодження рухомої частини пристрою, порушення з'єднання між контакт-деталлями і контакто-тримачем; пошкодження блок-контактів, забруднення робочих поверхонь електромагніту)</i>	<i>15%</i>
<i>Всього по пускачах</i>	<i>100</i>

*Нормальні умови експлуатації
комутаційних апаратів та апаратів керування низької напруги
(іес 60947-1, 6.1)*

Температура навколишнього повітря (6.1.1)

температура навколишнього повітря не повинна перевищувати +40 °С та її середнє значення впродовж доби (24 години) не повинно перевищувати +35 °С.

Граничним нижнім значенням температури навколишнього повітря є –5 °С.

Висота над рівнем моря (6.1.2)

висота над рівнем моря знаходження установки не повинно перевищувати 2 000 м.

Нормальні умови експлуатації комутаційних апаратів та апаратів керування низької напруги (іес 60947-1, 6.1)

Атмосферні умови (6.1.3)

***Вологість** (6.1.3.1)*

*відносна вологість повітря не повинна перевищувати 50 %
при максимумі температури +40 °С.*

*Допускається збільшення відносної вологості при
нижчих температурах, наприклад 90% при +20 °С.*

*Спеціальні заходи можуть бути необхідними при виникненні
конденсації внаслідок змін температури.*

***Ступінь забруднення** (6.1.3.2)*

*ступінь забруднення пов'язують з умовами оточення,
для яких обладнання призначене. Наприклад, для апаратів
побутового та аналогічного призначення нормальною
(стандартною) вважається ступінь забруднення 2, а для
апаратів промислового призначення – ступінь забруднення 3.*

Категорії застосування

Нормальне застосування апарата передбачає його використання відповідно до визначеної виробником для нього певної категорії застосування

***Категорія застосування** (utilization category: 60947-1, 4.4) обладнання визначає його характерне використання та має вказуватися у стандарті на відповідний продукт; вона характеризується одним чи декількома з таких умов експлуатації:*

- струмом (струмами), вираженим(и) у кратності до номінативного робочого струму;*
- напругою (напругами), вираженим(и) у кратності до номінативної робочої напруги;*
- коефіцієнтом потужності або сталою часу;*
- умовами короткого замикання;*
- селективністю;*
- іншими умовами експлуатації (за необхідністю).*

*Номінативні режими
комутаційних апаратів та апаратів керування
(іес 60947-1, 4.3.4)*

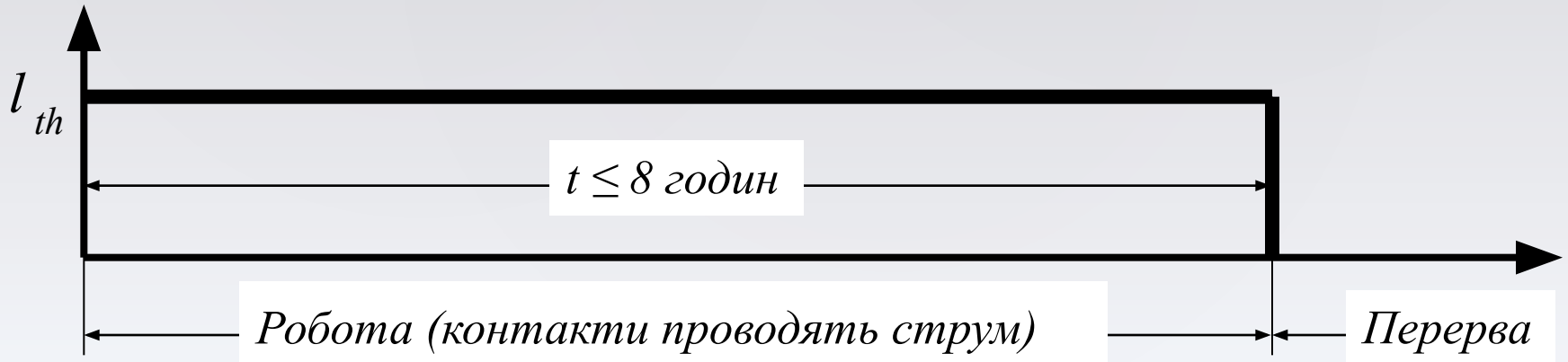
1. *Восьмигодинний режим (eight-hour duty)*
2. *Безперервний режим (uninterrupted duty)*
3. *Переривчастий періодичний режим або переривчастий режим (intermittent periodic duty or intermittent duty)*
4. *Короткочасний режим (temporary duty)*
5. *Періодичний режим (periodic duty)*

Восьмигодинний режим

Восьмигодинний режим (eight-hour duty: 60947-1, 4.3.4.1) – це режим, у якому головні контакти апарата лишаються замкненими, проводячи усталений струм, достатньо довго, щоб апарат досяг теплової рівноваги, але не більше восьми годин без переривання.

Примітка 1. Цей режим є базовим для визначення для обладнання умовних теплових струмів i_{th} або i_{the} .

Примітка 2. Переривання означає відмикання струму шляхом оперування самим апаратом.



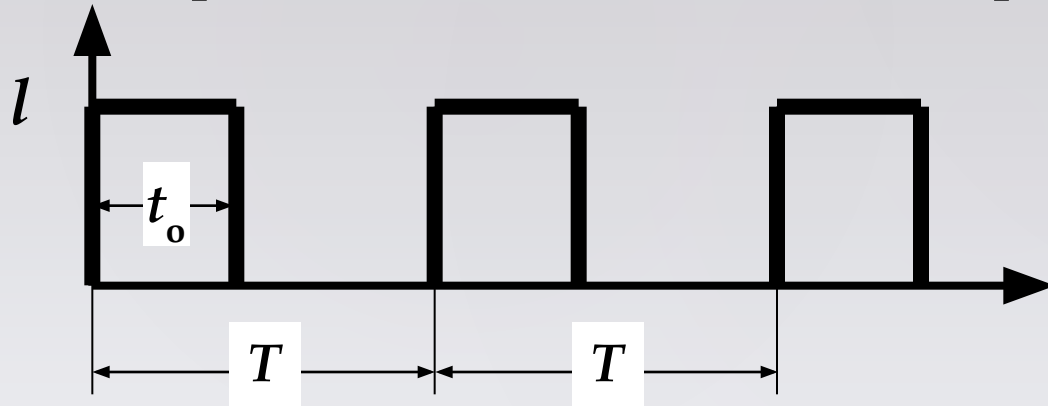
Безперервний режим

Безперервний режим (*uninterrupted duty: 60947-1, 4.3.4.2*) – це режим без будь-якого періоду відсутності навантаження, у якому головні контакти апарата лишаються замкненими, проводячи усталений струм без переривання понад вісім годин (впродовж тижнів, місяців або навіть років).

Примітка такий спосіб експлуатації відрізняється від восьмигодинного режиму, оскільки на контактах можуть накопичуватися оксиди і бруд, викликаючи поступове збільшення нагрівання. Для апаратів, що працюють у безперервному режимі або вводять коефіцієнт зниження (струму, потужності), або застосовують спеціальні конструктивні засоби (наприклад, срібні контакти).

Переривчастий періодичний режим або переривчастий режим

Переривчастий режим (intermittent periodic duty or intermittent duty: 60947-1, 4.3.4.3) – це режим з періодами навантаження, під час яких головні контакти апарата лишаються замкненими впродовж часу, який знаходиться у визначеному співвідношенні з періодами відсутності навантаження, причому обидва інтервали є надто малими, щоб апарат встиг досягти теплової рівноваги.



$$k = \text{ПВ} = \frac{t_o}{T} \cdot 100\%$$

Classes of the number of operating cycles per hour:

1, 3, 12, 30, 120, 300, 1 200, 3 000, 12 000, 30 000, 120 000, 300 000

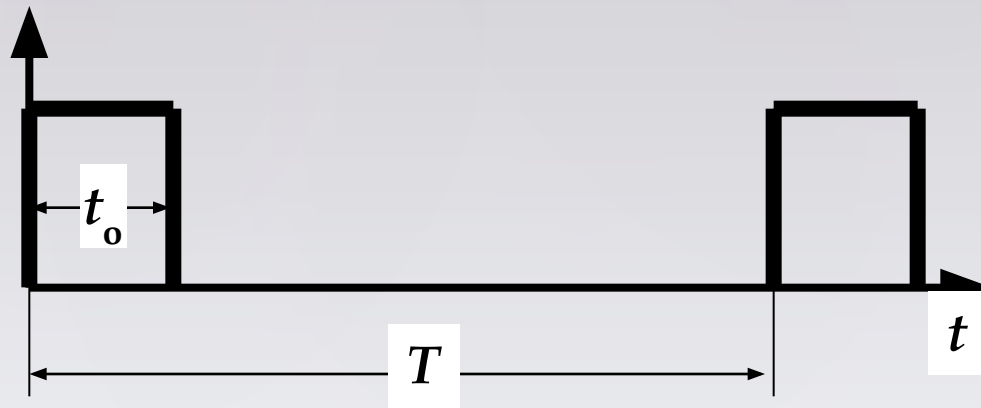
Standardized values of the on-load factor:

15 %, 25 %, 40 % and 60 %.

100 A, class 12, 40%

Короткочасний режим

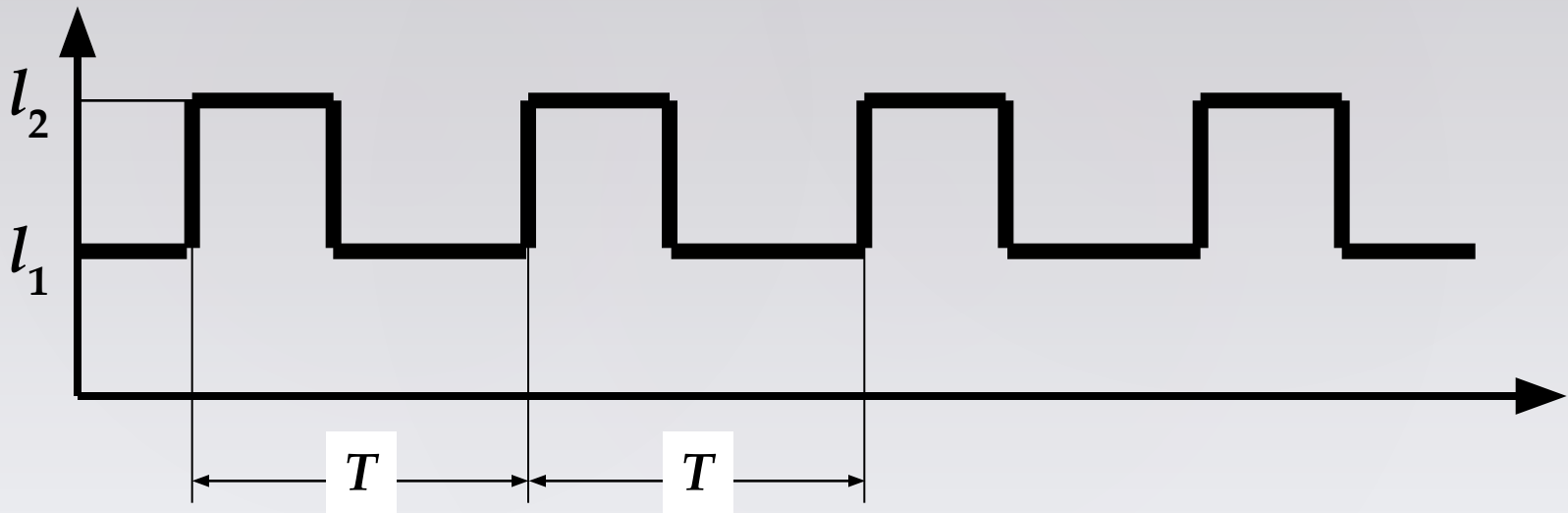
Короткочасний режим (temporary duty: 60947-1, 4.3.4.4) – це режим, у якому головні контакти апарата лишаються замкненими впродовж періодів, що є надто короткими для досягнення апаратом теплової рівноваги, причому періоди навантаження чергуються з періодами відсутності навантаження, які є достатньо довгими, щоб відновити рівність температури (апарата) з температурою оточення.



Стандартизованими значеннями (періодів навантаження) для короткочасного режиму є 3, 10, 60 та 90 хвилин при замкнених контактах.

Періодичний режим

Періодичний режим (periodic duty: 60947-1, 4.3.4.5) – це режим, у якому оперування з постійним або змінним навантаженням регулярно повторюється



Номінативні напруги та струми комутаційних апаратів та апаратів керування

Номінативна робоча напруга (U_e) – це значення напруги, яке, у поєднанні з номінативним робочим струмом, визначає призначення апарата та на яке орієнтуються при проведенні відповідних випробувань та встановлення категорії застосування

Номінативний робочий струм, I_e (rated operational current: (60947-1, 4.3.2.3) – це встановлене виробником значення робочого струму з урахуванням номінативної робочої напруги, номінативної частоти, номінативного режиму, категорії застосування та типу захисної оболонки за її наявності.

Номінативна частота (rated frequency: 60947-1, 4.3.3) – це частота живлення, при якій має працювати апаратура та до якої відносяться інші характеристики..

Номінативні та умовні струми

Номінативний безперервний струм, I_u (rated uninterrupted current: 60947-1, 4.3.2.4) – це встановлене виробником значення струму, який апаратура може витримувати у безперервному режимі

Умовний тепловий струм на відкритому повітрі, I_{th} (conventional free air thermal current: 60947-1, 4.3.2.1) – а це максимальне значення випробувального струму, яке застосовується при теплових випробуваннях апаратури відкритого виконання на відкритому повітрі.

Значення умовного теплового струму на відкритому повітрі не повинно бути менше номінативного робочого струму апаратури відкритого виконання у восьмигодинному режимі

Умовний тепловий струм в оболонці, I_{the} (conventional enclosed thermal current: 60947-1, 4.3.2.1) – це встановлене виробником значення струму, який має застосовуватися при теплових випробуваннях апаратури, що змонтована у передбаченій для неї оболонці.

Ненормальні умови роботи електричних апаратів

На відміну від нормальних умов роботи електричних апаратів, ці умови діють короткочасно і пов'язані з такими чинниками:

джерела займання

зовнішні

зовнішнє полум'я

розжарені металеві частини й дроти

внутрішні

електрична дуга

ненадійні контактні з'єднання

імпульсні виплески

грозові

комутаційні

ненормальні умови у головних колах