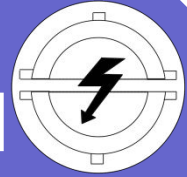


# Пожежо- та вибухозахист від електричного струму

## Попередження пожеж від електричного струму [14]



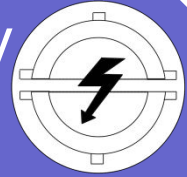
20% всіх пожеж спричиняються електричним струмом (в шахтах – 75%)

### Причини пожеж:

- надмірне підвищення струму: короткі замикання, перевантаження, пошкодження ізоляції, зовнішні механічні дії (удари, вібрацій та ін.), дія хімічно-реактивних речовин, вологи на ізоляцію;
- розмикання під навантаженням кіл (контактних з'єднань, розрив, розріз, злом провідника);
- ненормально високий опір в контактних з'єднаннях;
- замикання на землю (струм витoku на землю);
- несправність апаратів з оливою (особливо трансформаторів);
- поява статичних розрядів;
- неправильний догляд за освітлювальними приладами;
- спалахування горючих матеріалів поблизу електрообладнання;
- пошкодження ізоляції двигунів, трансформаторів, поява міжвиткових замикань, двофазних режимів і т. п.
- пожежна небезпека повітряних ліній, (к. з., займання опор)
- перевищення допустимого часу існування к. з. і ін.
- використання електророзаіррюапння без прийняття необхідних захистівю

# Пожежо- та вибухозахист від електричного струму

## Попередження пожеж від електричного струму



Засоби попередження пожеж (повинні забезпечити їх імовірність виникнення не вище  $10^{-6}$  на рік):

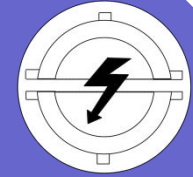
- правильний вибір електрообладнання;
- якісний монтаж обладнання та необхідного з'єднання в колах;
- використання кабелів з негорючою оболонкою;
- належна експлуатація оливового господарства (випробовування на пробій – 6міс.; фізико-хімічний аналіз оливи - 12міс.)
- заміни оливи (кварцевим піском, сухе виконання)
- встановлення електрообладнання в спеціальних камерах, хороше їх провітрювання;
- використання надійних засобів захисту та правильний добір уставок;
- періодичне очищення ламп розжарення від пилу;
- просочення дерев'яних опор ЛЕП негорючими речовинами;
- наявність грозозахисту і ін.

Локалізація та гасання пожеж.

Для гасіння перш за все необхідно зняти напругу з установки. Гасіння зводиться до перекриття доступу кисню до матеріалів, що горять. Використовують активні способи гасіння (водою, піною інертним газом, піском, порошком (використовують спочатку пожежі) та гасіння спочатку пожеж шляхом їх ізоляції (перешкоди, герметичні перемички, протипожежні двері та ін.)

# Захист електроустановок

## Основні види експлуатаційного захисту на гірничих підприємствах

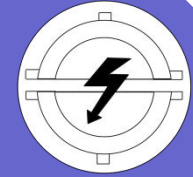


Основні причини появи небезпечного струму:

- для комутаційної апаратури – помилки обслуговуючого персоналу та порушення ПТЕ (35-41%), знос та розрегулювання основних вузлів (25-26%);
- для гнучких кабелів – пошкодження оболонок породюю і механізмами (83%) та експлуатаційним персоналом (17%);
- для вибійного електроустаткування – погіршення ізоляції обмоток статорів двигунів в наслідок дії води (37-45%), пробій через перегрів двигуна (29,6%), відмови внаслідок неякісної ремонту (32%), пошкодження вузлів вибухозахисту конвеєрних двигунів (14,8%), міжвиткове к. з. та пробій ізоляції двигунів насосних станцій (64%) і др.;

# Захист електроустановок

## Основні види експлуатаційного захисту на гірничих підприємствах



Експлуатаційний захист – дві групи (виконується разом з комутаційним апаратом).

Захист від пошкодження – (попередження розвитку пошкодження ізоляції, запобігання дії струму к. з. на непошкоджені елементи):

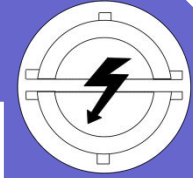
Пошкодження: замикання між фазами, на землю, міжвиткові, обрив чи підвищення опору в колі; захисти: максимальний фільтровий, від струму витoku на землю;

Захист від ненормальних режимів роботи – попередити пошкодження ще справних елементів.

Ненормальні режими: симетричні перевантаження двигунів, технологічне перевантаження пусковими струмами, пускові струми при затяжних пусках, часті ввімкнення двигуна, неповнофазні режими, пониження напруги.

# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з [14,16]



Причини к. з. на гірничих підприємствах (шахтах):  
 пошкодження кабелів пороною, що обвалюється (29,2%);  
 висмикування кабелів із введів електрообладнання (45,8%);  
 пошкодження міжфазної ізоляції (4,2%);  
 неправильний монтаж обладнання (8,3%) та інші пошкодження (12,5%)

Короткі замикання викликають 65% пожеж та 35% вибухів у шахті.

Вимоги до захисту від к. з.:

- висока чутливість, коефіцієнт чутливості:  $k_{\text{ч}} = I_{\text{к.з.мін}} / I_{\text{с}} \geq 1,5$  (1,25)
- висока швидкодія для забезпечення пожежобезпеки кабелів при  $k_{\text{ч}} = 1,5$ ,  $t_{\text{відкл.}} < 0,2 \text{ с}$  (для пускачів і КРУ 6кВ) і  $t_{\text{відкл.}} < 0,1 \text{ с}$  (для АВ);
- зона дії максимального захисту - граничний опір мережі, за якою ще забезпечується захист з необхідною чутливістю.

Вона повинна перевищувати граничний опір мережі, вибраний за умови експлуатації обладнання  $Z_{\text{м.н.}} = (0,53-0,7) Z_{\text{дв.п.}}$ . Визначення зони при налагодженні захисту за  $I_{\text{н.п.}}$  двигуна ( $I_{\text{с}} = I_{\text{н.п.}}^{\text{м.н.}}$ ) та  $k_{\text{ч}} = 1,5$ :

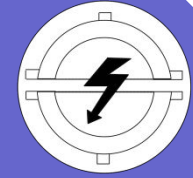
При налагодженні захисту за фактичним пусковим струмом

$$I^{(2)} = U_0 / 2 \sqrt{(X_{\text{мф}} + X_{\text{дв.п.}})^2 + (R_{\text{мф}} + R_{\text{дв.п.}})^2} \quad I_{\text{н.п.}} = U_0 / \sqrt{3} (Z_{\text{дв.п.}}) \quad Z_{\text{мф}} = 0,61 \cdot Z_{\text{дв.п.}}$$

$$Z_{\text{мф}} = 0,62 \cdot Z_{\text{дв.п.}}$$

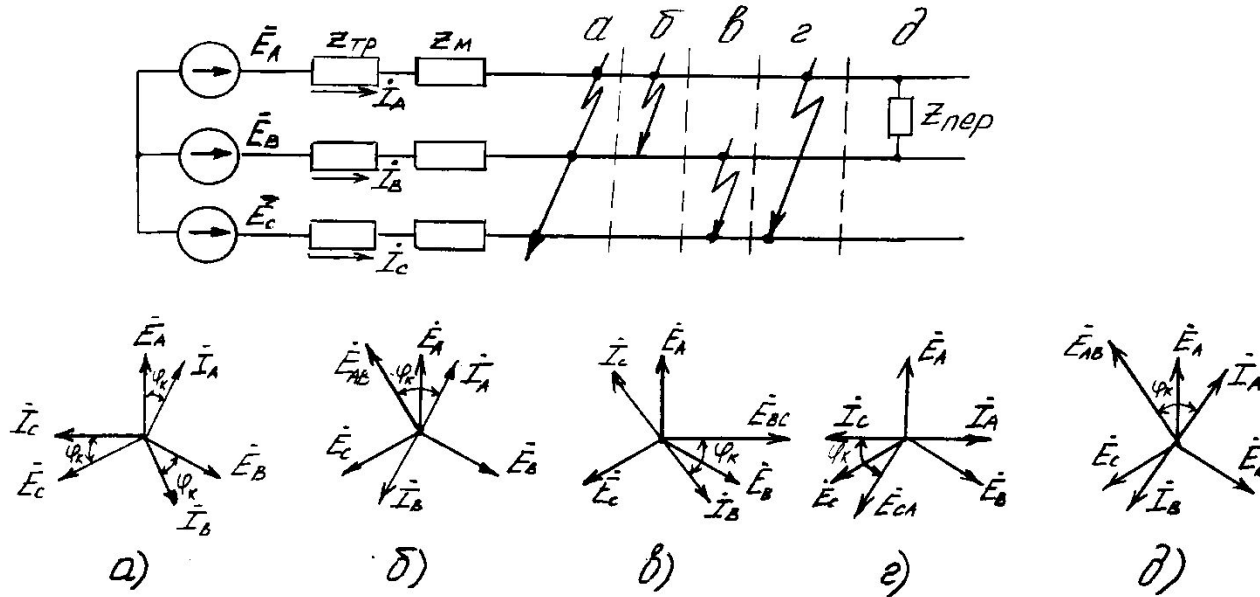
# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з.



Система з ізолюваною нейтраллю: міжфазні к. з., однофазні замикання на землю.

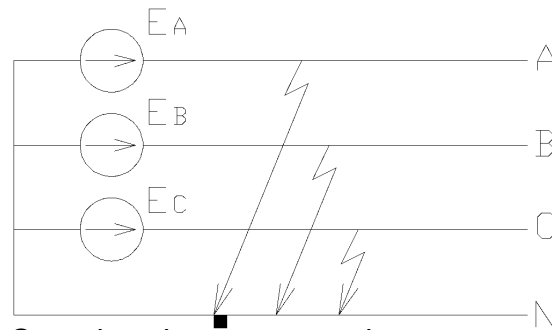
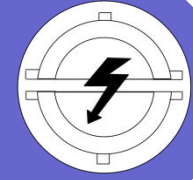
Система з заземленою нетраллю: міжфазні к. з., однофазні к. з.



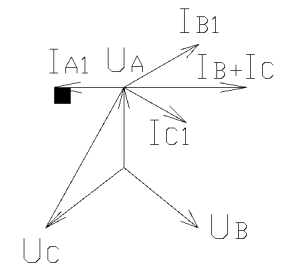
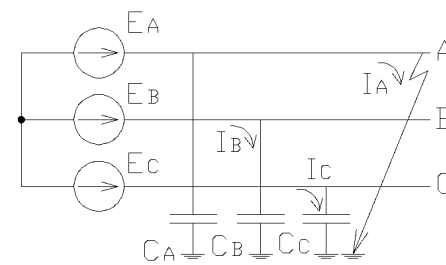
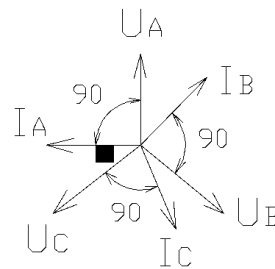
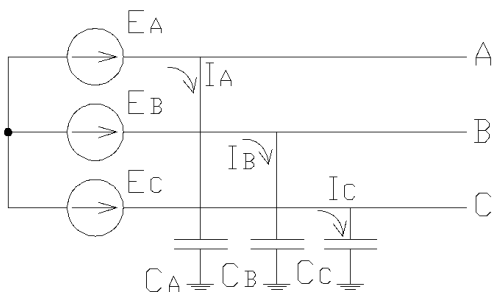
розрахункова схема заміщення та векторні діаграми струмів за різних видів міжфазних коротких замикань

# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з.



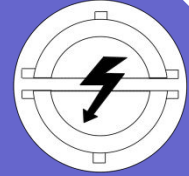
Однофазні к. з. в мережі з заземленою нейтраллю



Однофазне замикання на землю в мережі з ізолюваною нейтраллю

# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з.



Селективність максимального захисту.

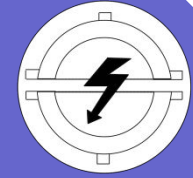
Розрізняють: повну селективність – коли із всіх автоматичних вимикачів, через які проходить аварійний струм спрацює лише один, розташований найближче до місця виникнення аварійної ситуації; часткову селективність – коли вище названа умова не забезпечується при аварійних струмах, що перевищують відповідне значення.

В мережах можливі зверхструми, викликані перевантаженням або к.з. Струми в діапазоні  $(1,1-10)I_p$  – розглядаються як струми перевантаження. Наявність зверх струмів більших значень (к. з.) повинні вимикатись якомога швидше розчеплювачем миттєвої дії (INS) або швиткодуючого (ST) відключення. Крива спрацювання часоструміву характеристику характеристика)  $t_w = \varphi(I_p)$  – в логарифмічній системі координат. Початок зони перевантаження – величина струму зрушення ІЛТ розчеплювача, діючого з витримкою часу.  $t_w = \varphi(I_p)$  – крива зворотньо- залежного типу. Селективність забезпечується, коли час спрацювання СВ1 (верхній) більше максимального часу спрацювання СВ2. Це умова виконується коли  $ILT1 / ILT2 > 1,6$ .



# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з. за допомогою плавких запобіжників [1]



Переваги: простота виконання, економічність, надійність, висока комутаційна здатність, обмеження струмів к. з., відносна висока швидкодія  $I_{кз} \approx 20I_n$ , ідеальній розрив в електричному колі.

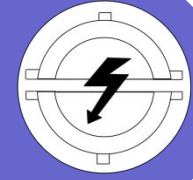
Недоліки: одноразовість дії, нестабільність захисних характеристик, можливість неповно фазних режимів, старіння плавких вставок, можливість використання замість перегорілої вставки різних сурогатів, що порушує умови захисту, запобіжники не захищають двигуни від перевантаження.

$I_{н.в} = \frac{I_{н.с}}{1,6 \dots 2,5}$  не перегорає при 240-250%  $I_n$ .

Низька чутливість захисту  $Z_{тв} = (0,21 \dots 0,3) Z_{т.н.}$  (50÷70% - мертва зона).

# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з. за допомогою плавких запобіжників



Відповідно стандарту МЕК-269 запобіжники серії NH (ПН-2) мають класифікацію:

– функціональні класи, що визначають діапазон струмів спрацювання:

а – захист від струмів к. з.

д – захист від струмів к. з. та перенавантажень

– захисна характеристика – визначає залежність часу спрацювання плавкої вставки від перевантаження для типу обладнання: L – кабелі та розподільчі мережі; B – шахтне обладнання; M – комутаційне та пускове обладнання – захист двигунів; R – напівпровідникове обладнання; T – трансформатори.

Найбільш поширені варіанти: дL, аM, дR, аR, аB, дT.

За типорозміром розрізняють:

– Розмір 00 (2, 4, 6, 10, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160A);

– 0 (6, 10, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160A);

– 1 (40, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250A);

– 2 (40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250, 300, 315, 355, 400A)

– 3 (300, 325, 355, 400, 425, 500, 630A);

– 4а (400, 500, 630, 710, 800, 900, 1000, 1250, 1600A).

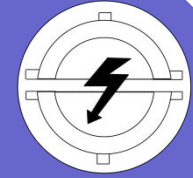
Промисловість випускає комутаційні апарати:

– вимикачі навантаження із запобіжниками, розташованими горизонтально – мультиблоки з In до 630A;

– вимикачі навантаження з вертикальним розташуванням запобіжників – мультиверти.

# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з. за допомогою максимальних реле [1]



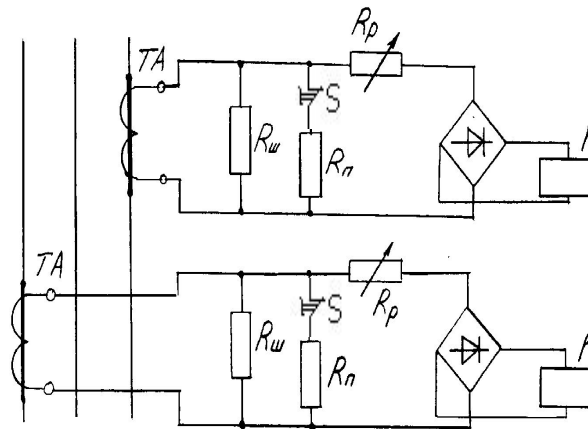
Переваги: миттєве й одночасне вимкнення струмів в трьох фазах, мінімальній час для повторного ввімкнення, легкість регулювання уставок, висока швидкодія.

В схемах захисту підземних електроустановок використовуються: первинні, вторинні реле, розчеплювачі прямої та побічної дії.

Зона дії первинних максимальних реле недостатня

$$Z_{т.н} = (0,47 - 0,54) Z_{дв.п.}$$

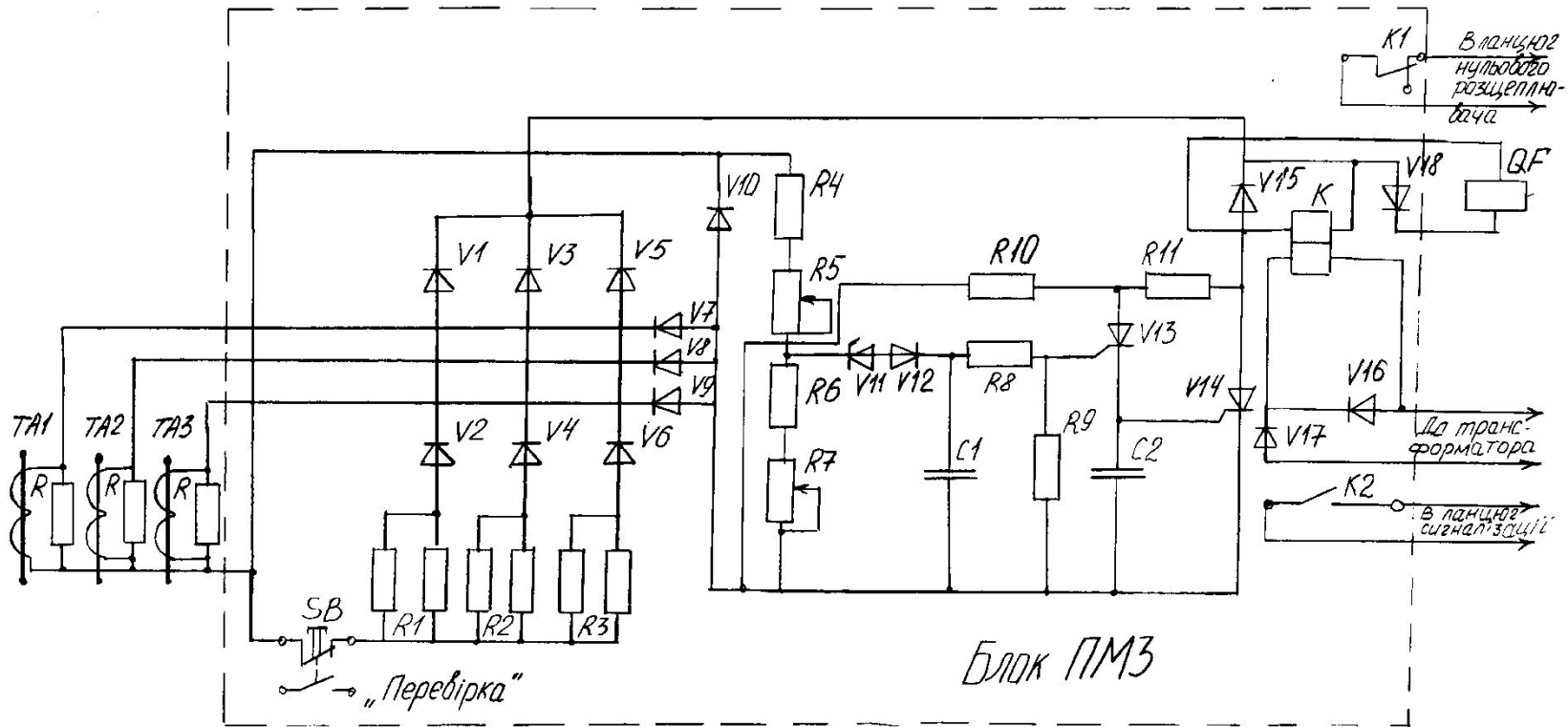
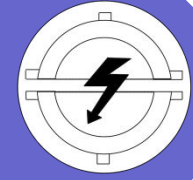
Тому в сучасних апаратах не використовуються.



Принципова схема максимального захисту УМЗ.

# Захист електроустановок

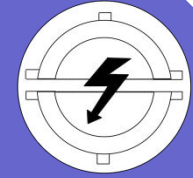
## Захист від струмів к. з. за допомогою максимальних реле



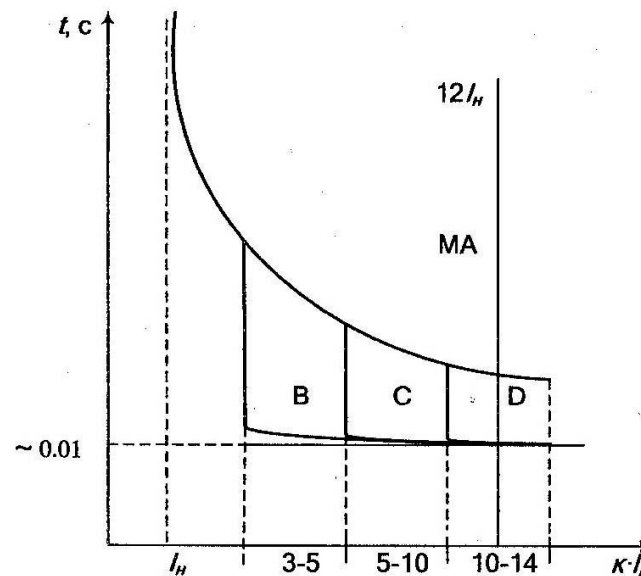
Принципова схема максимального захисту ПМЗ.

# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з. за допомогою максимальних реле



В сучасних комутаційних апаратах ( автоматичних вимикачах використовують теплоелектромагнітні та електронні реле. Захисні характеристики (В, С, Д) мають обернену залежну часо-струмову характеристику, характеристику типу МА – тільки струму відсічку.



Захисні характеристики максимального захисту

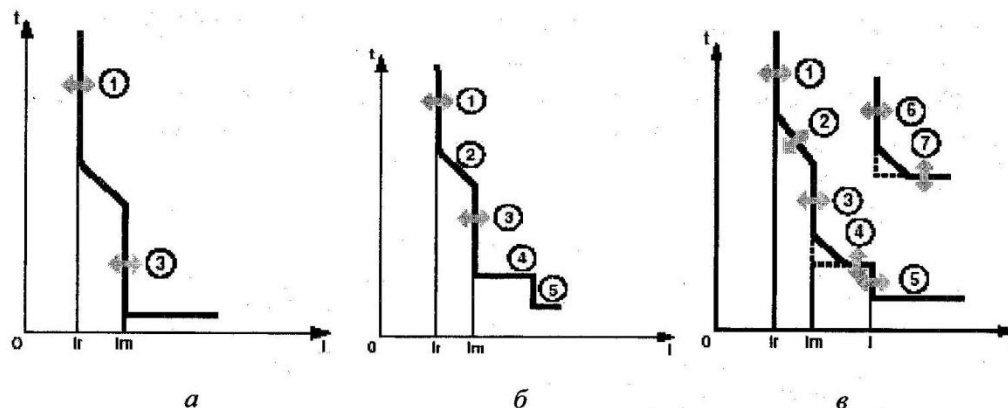
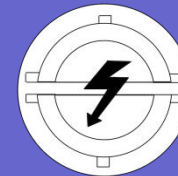
В –  $(3-5)I_n$  – для навантажень з мінімальними струмами пуску; (електронні пристрої)

С –  $(5-10)I_n$  – для кіл загального призначення (побутові мережі, освітлення з відносно невеликими струмами

(пуску, увімкнення), Д –  $(10-14)I_n$  – для кіл живлення асинхр. двигунів з нечастими комутаціями.

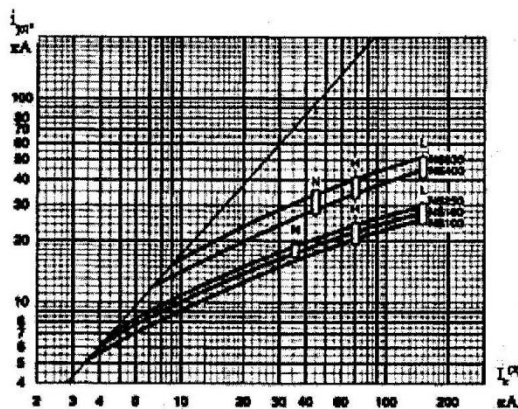
# Захист електроустановок

## Захист від струмів к. з. за допомогою максимальних реле

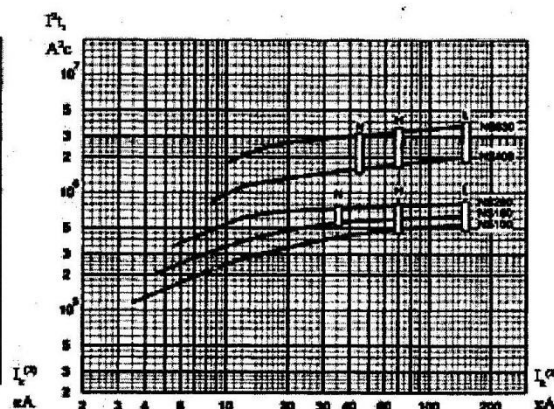


Захисні характеристики теплоелектромагнітного та електронних розщеплювачів:

- 1- захист від перевантаження,
- 2 – витримка часу,
- 3 – захист від к. з.,
- 4 – витримка спрацювання від к. з.,
- 5 – миттєва відсічка,
- 6 – регулювання уставки відсічки,
- 7 – регулювання часу відсічки для спеціального розщеплювача.



г

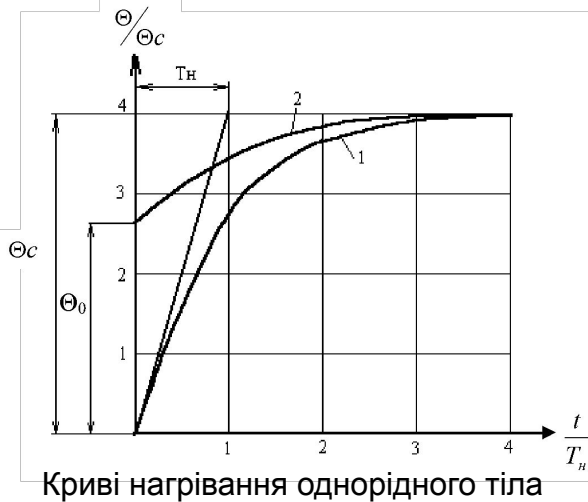
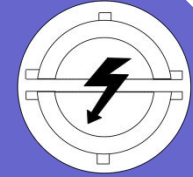


д

а, б, в – характеристики теплоелектромагнітного та електронних розщеплювачів  
 г – криві обмеження пікових значень струму к.з.  
 д – криві обмеження теплового імпульсу струму к.з.

# Захист електроустановок

## Захист від перевантаження [1]



Розрізняють перевантаження: малі –  $(1,1-1,15)I_n$ ; середні –  $(1,2-1,5)I_n$ ; великі – понад  $1,5I_n$ .

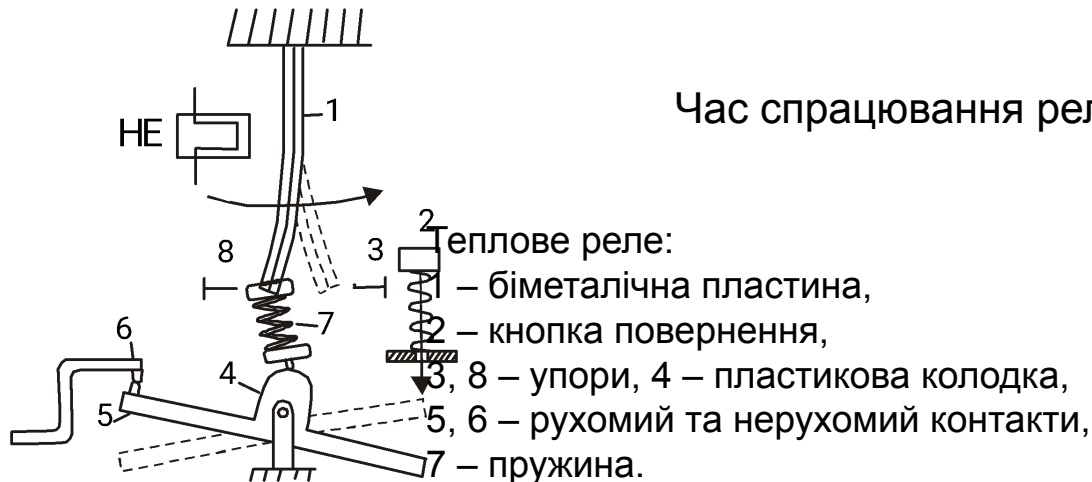
Нагрівання з холодного стану  $Q = Q_c(1 - e^{-t/T_n})$

Нагрівання з нагрітого стану  $Q = Q_c(1 - e^{-t/T_n}) + Q_0 e^{-t/T_n}$

Допустимий час перевантаження електродвигуна

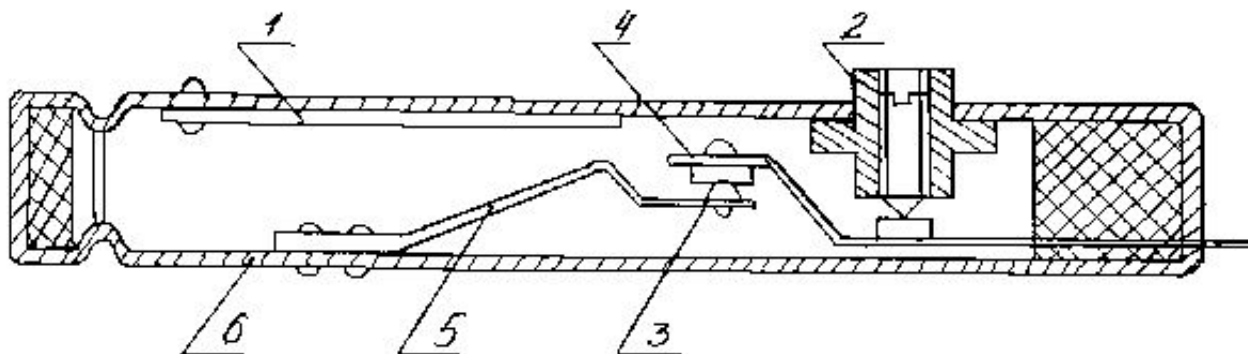
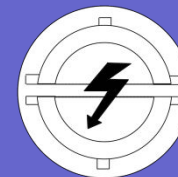
$$t_{\text{пер}} = T_n \ln \frac{1}{1 - \frac{Q_{\text{т.доп}} - Q_0}{K_n^2 Q_{\text{макс}}}}$$

Час спрацювання реле  $t_c = T_{н.р} \ln \frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{\text{макс}} - Q_{0р}}$

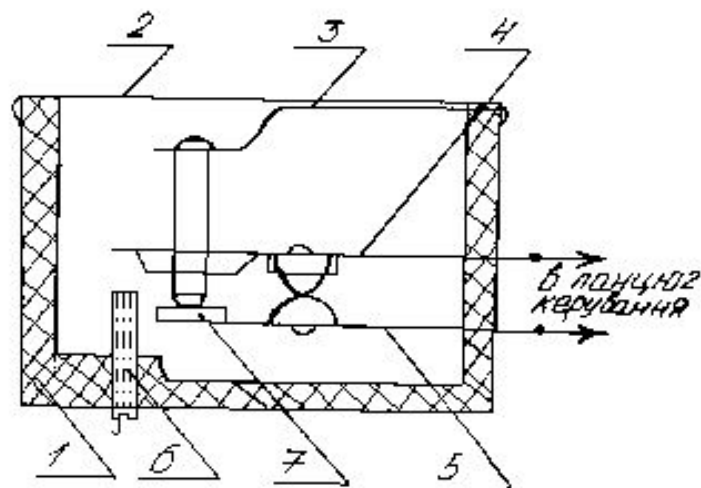


# Захист електроустановок

## Захист від перевантаження



Термобіметалічний датчик температури ТМ-4

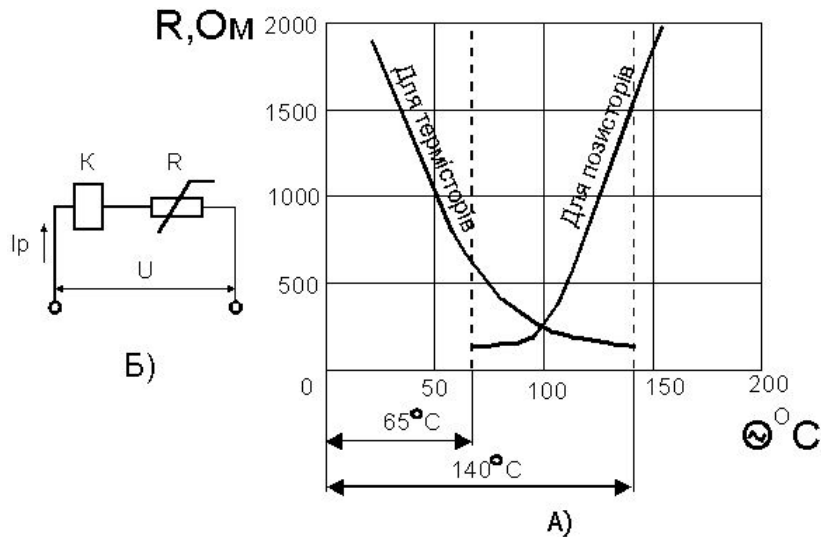
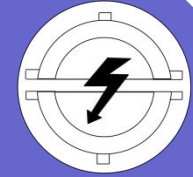


Диференціальне температурне реле ТДР

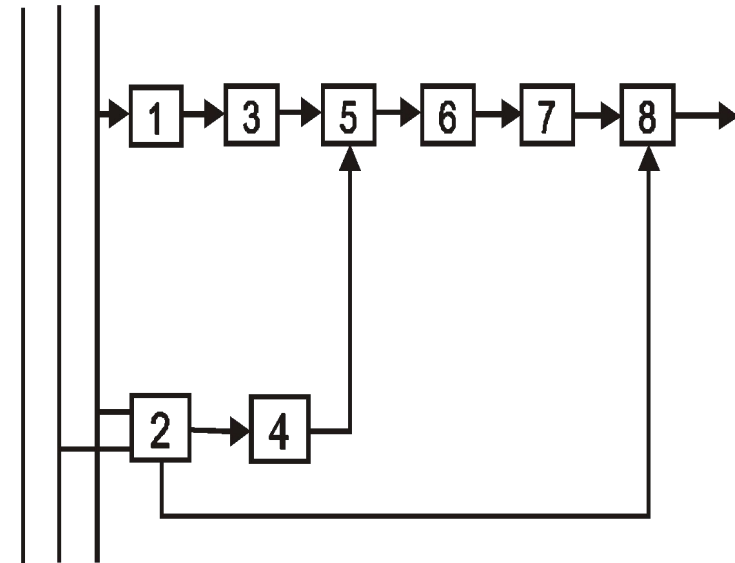


# Захист електроустановок

## Захист від перевантаження



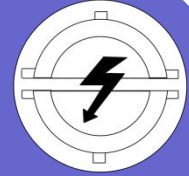
Залежність опору терморезисторів від температури (а), схема підключення (б)



Структурна схема аналогового захисту

- 1 – датчик струму,
- 2- датчик напруги,
- 3, 4 – квадратори струму та напруги,
- 5 – суматор,
- 6 – тепловий аналог,
- 7 – підсилювач,
- 8 – виконавчий орган.

# Захист електроустановок Мінімальний та нульовий захист [1,14]



Забезпечують:

- захист електродвигунів від надструмів, що виникають після відновлення напруги, після відключення к. з.,
- захист двигунів від надструмів, що спричиняються їх запуском після перерви у живленні,
- захист двигунів та машин від пошкодження при запуску машин без пускових пристроїв,
- запобігання несподіваних включень машини після перерви в живленні.
- покращення захисту від струмів к.з. в груповому комутаційному апараті, завдяки напруженою одночасно включення всіх електроспоживачв

# Захист електроустановок Мінімальний та нульовий захист [16]

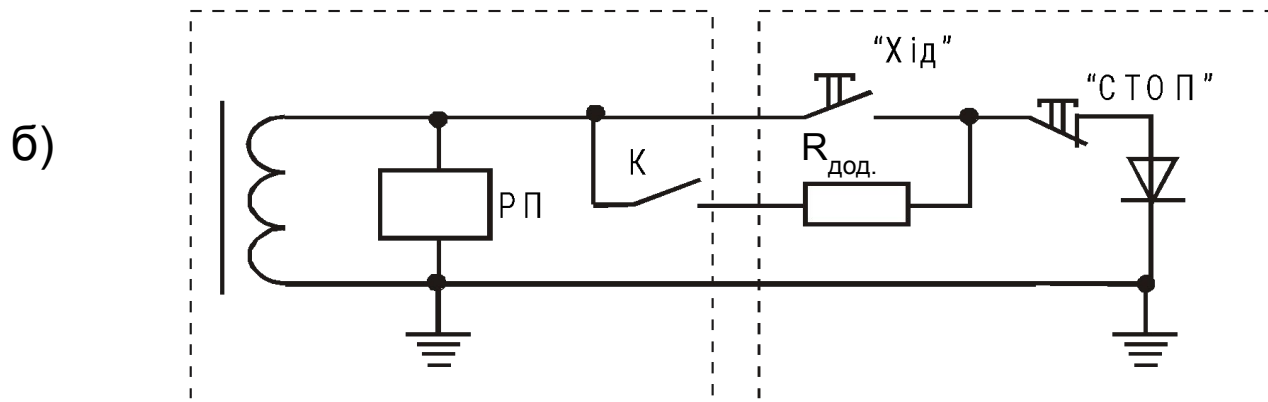
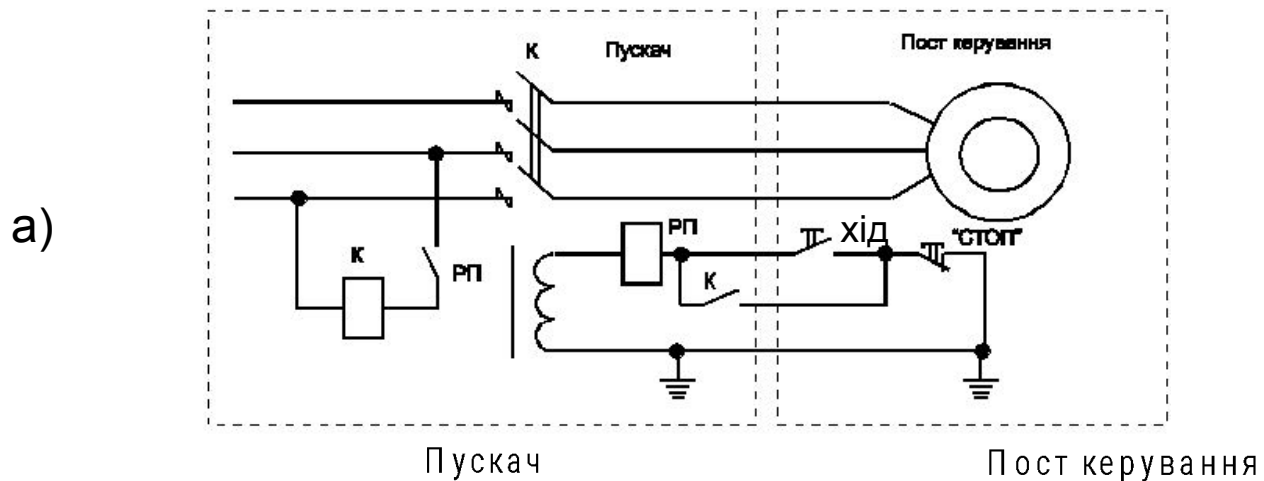
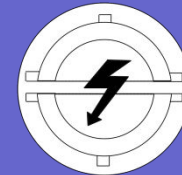


Схема нульового захисту

# Захист електроустановок Мінімальний та нульовий захист

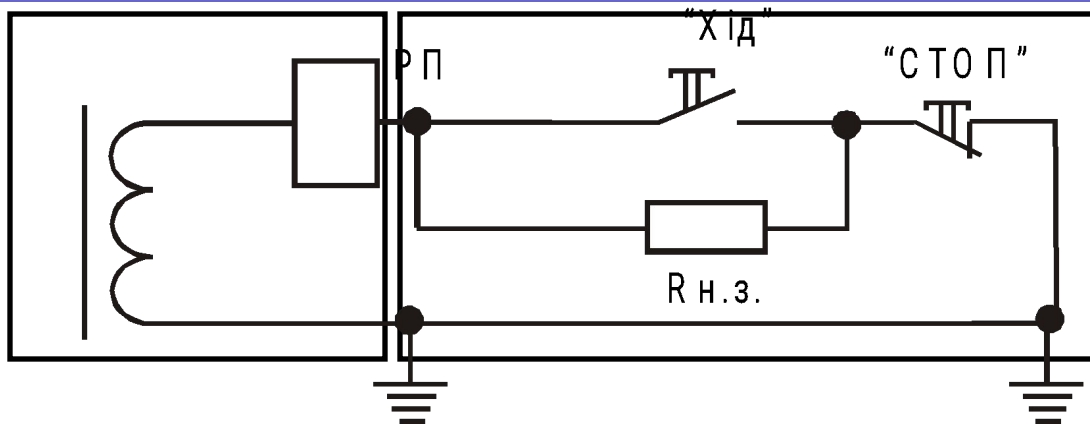
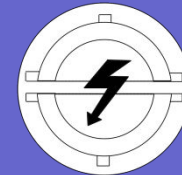


Схема нульового захисту з резистором нульового захисту

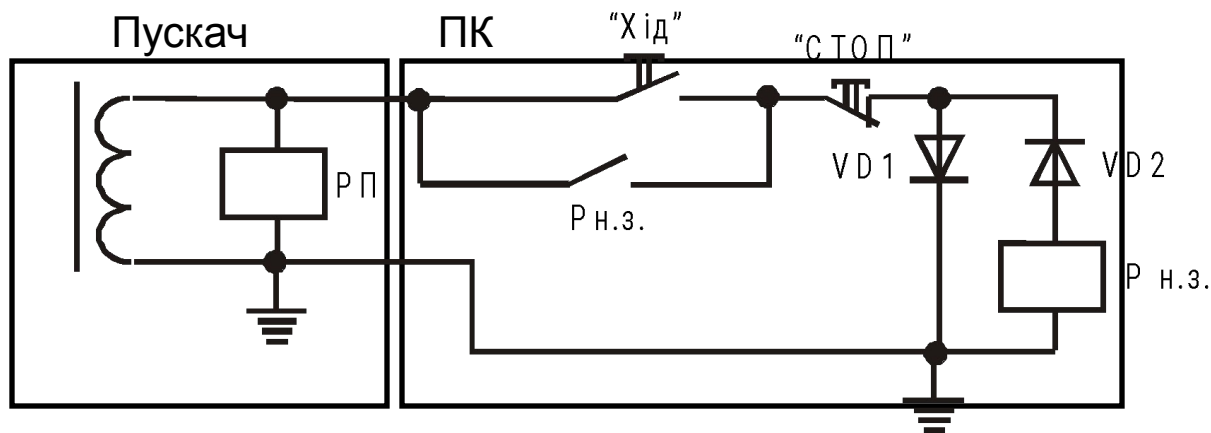


Схема нульового захисту з реле нульового захисту

# Захист електроустановок Захист від втрати керування [1]

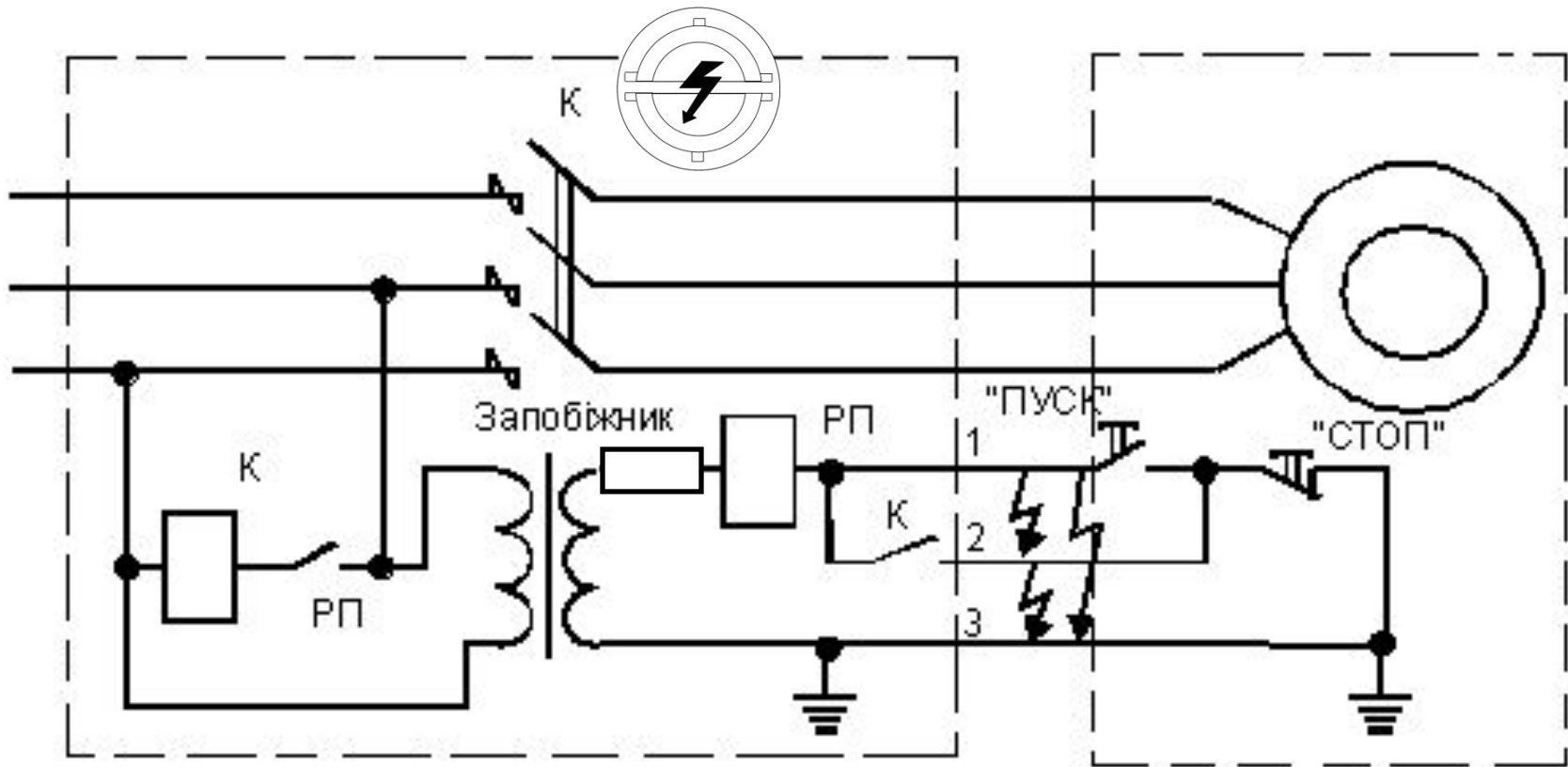
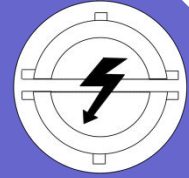
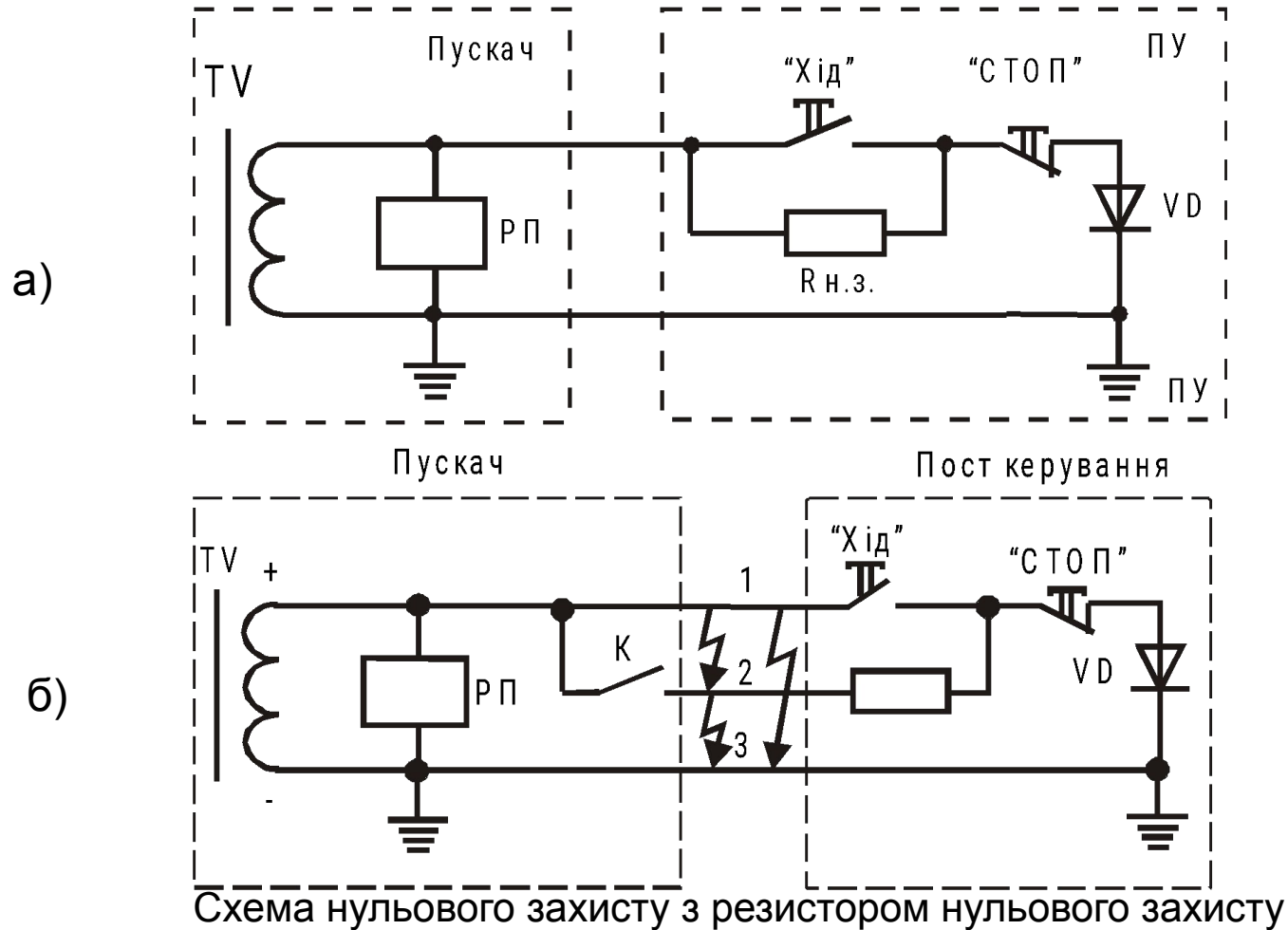
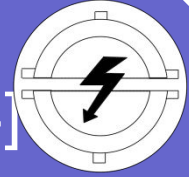


Схема дистанційного керування (класична).

# Захист електроустановок

## Обмеження кількості пусків електродвигуна [14]



# Захист електроустановок

## Контроль цілісності кола заземлення

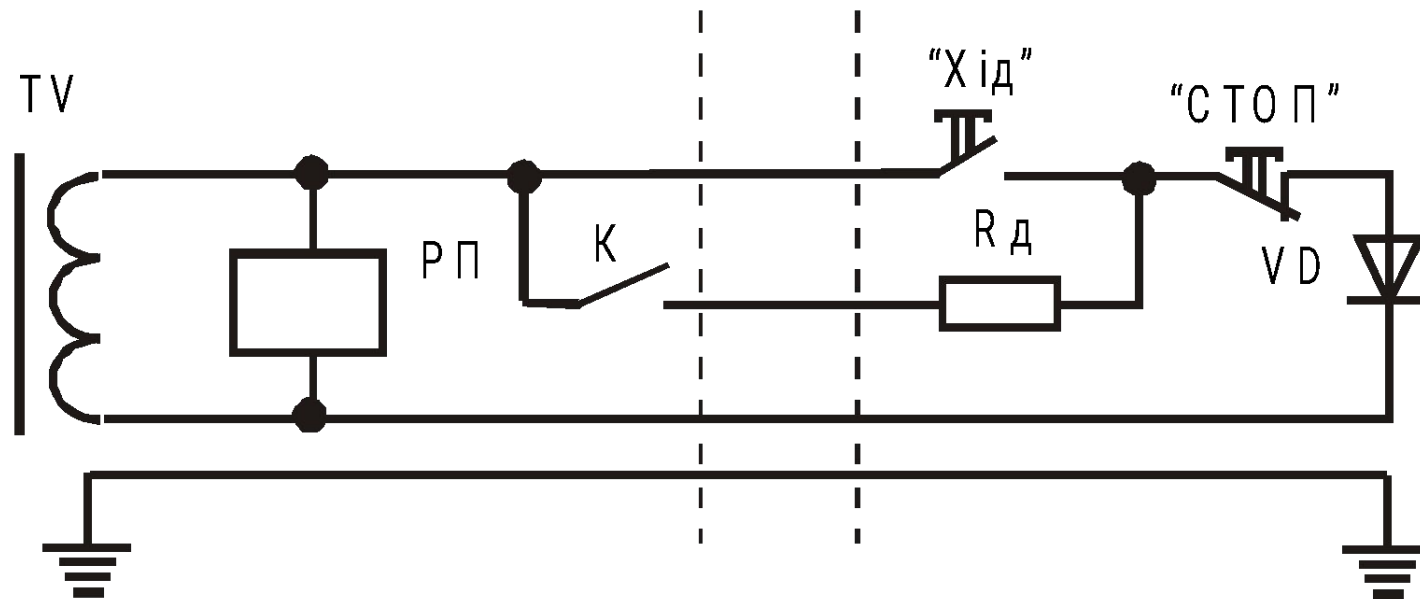
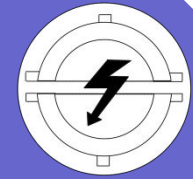


Схема заземлення пересувної машини без контролю цілісності заземлюючої жили.