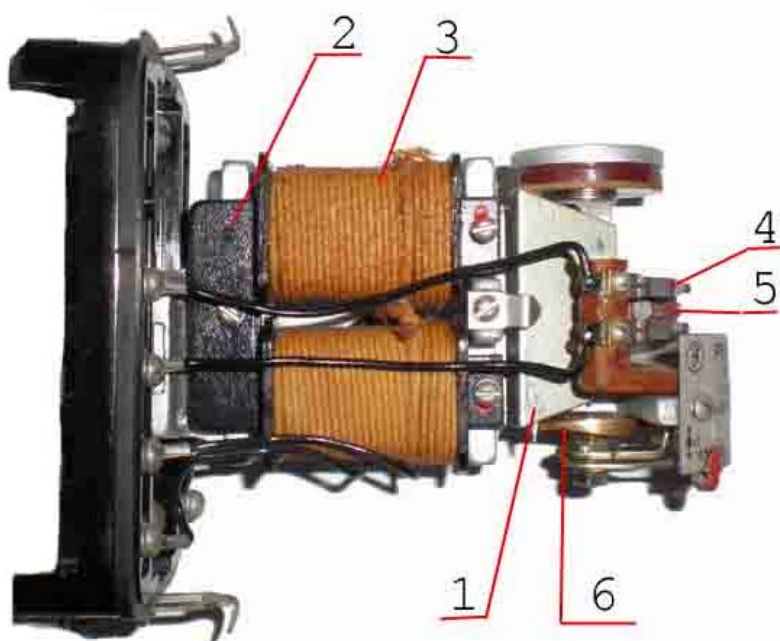


3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ПРИСТРОЇВ РЗА

3.1. Загальні відомості про електромеханічні системи

До електромеханічних реле відносяться електромагнітні, індукційні і магнітоелектричні реле. За призначенням вони поділяються на вимірні і логічні. Під електромеханічними реле розуміють електричне реле, робота якого ґрунтується на використанні відносного переміщення його механічних елементів під дією струму, що проходить через його обмотку. Реле логічної частини (проміжні і реле часу) виконуються електромагнітними. Магнітоелектричні реле виконуються як реагуючі елементи схем порівняння.

3.2. Використання електромагнітного принципу для виконання реле



Для побудови електромагнітного реле використовуються системи з поворотним якорем, з якорем, що втягується із поперечним рухом якоря. Дія таких реле ґрунтується на притяганні сталюого осердя рухомого якоря 1 до електромагніта 2 через обмотку 3 якого проходить струм I_R . Реле непрямої дії має контактну систему, яка складається з нерухомої 4 і рухомої 5 частини.

За відсутності струму в обмотці якор втримується у вихідному положенні пружиною 6. При цьому одна пара контактів замкнена, а друга розімкнена (для реле типу РТ – 40 РН–50).

При проходженні через обмотку реле струму виникає магнітний потік, який замикається через магнітопровід і повітряний проміжок довжиною δ . Електромагнітна сила визначається:

$$F = \frac{I_p^2 W_p^2}{\delta^2} K,$$

де I_p – струм, який проходить через реле; W_p – кількість витків обмотки реле

Умова дії реле:

$$F_{ED} \geq F_n + F_t,$$

де F_n – сила пружності пружини; F_t – сила тертя в підшипниках реле

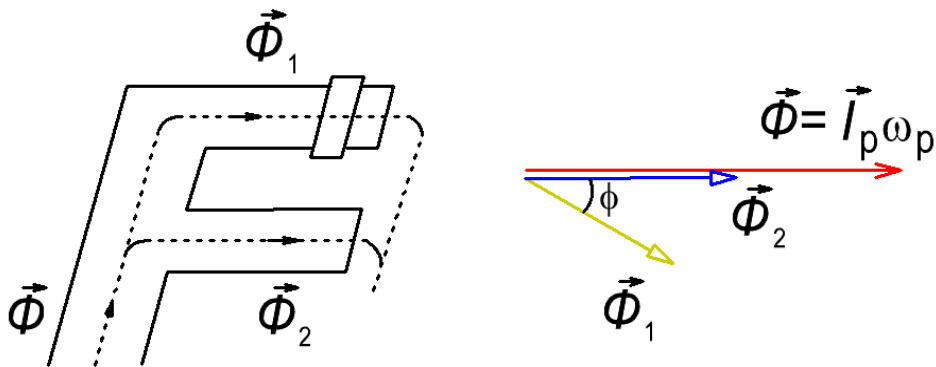
Мінімальний струм, за якого виконується ця умова, називається струмом дії реле. Максимальний струм, за якого виконується умова:

$$F_{ED} \leq F_n - F_t,$$

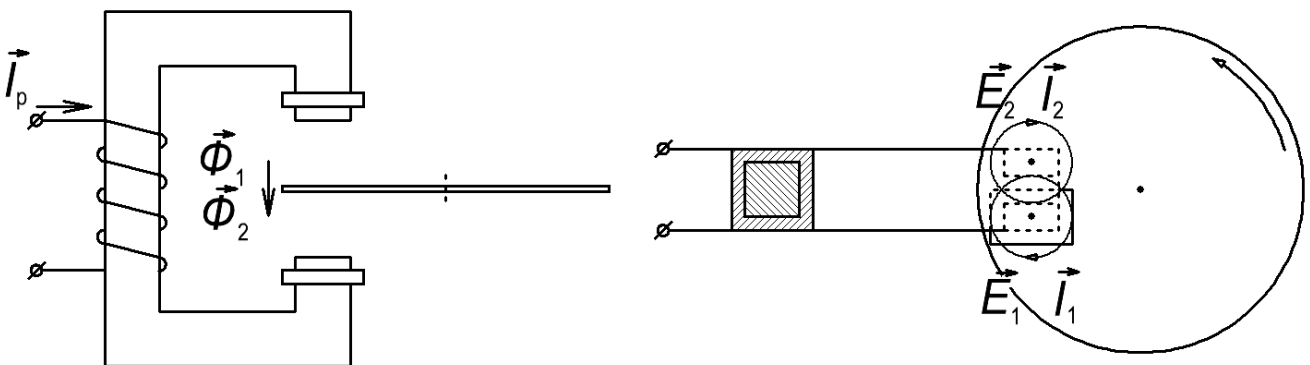
називається струмом відпускання реле. Коефіцієнт відпускання – це відношення струму відпускання до струму спрацювання реле.

$$K_B = \frac{I_{BP}}{I_{CP}}$$

Максимальне реле виконують свої функції при збільшенні струму. Тому їх спрацювання співпадає з дією, а струм дії називається струмом спрацювання. Струм відпускання – це струм повернення. Коефіцієнтом відпускання називається коефіцієнт повернення. Він завжди більший за одиницю для максимального реле. Для мінімального реле напруги спрацювання співпадає з відпусканням, тому напруга спрацювання рівна напрузі відпускання, а напруга повернення напрузі дії. Для них коефіцієнт повернення більший 1. Надлишкова дія повинна бути достатньою для надійної роботи обладнання, але не впливати на коефіцієнт повернення. Це досягається застосуванням П – подібної схеми з поперечним рухом якоря. Оскільки миттєва величина електромагнітної сили пропорційна квадрату струму, то вона не залежить від його знака. Для уникнення вібрації використовують розділення магнітного потоку за допомогою короткозамкненого витка.



3.3. Використання індукційного принципу для виконання реле



Робота індукційних реле ґрунтується на взаємодії змінних магнітних полів нерухомих обмоток із струмом, індукованим цими обмотками в рухомому елементі циліндричного барабана або диску. Тому такі реле використовуються лише на змінному струмі. Умовою виникнення обертального моменту є наявність не лише двох магнітних потоків, зсунутих у просторі і за фазою. Обертальний момент визначається: $M_{об} = K\Phi_1\Phi_2\sin\varphi = KI_p^2$.

Умови спрацювання реле:

$$M_{об} \geq M_{ін} + M_r + M_{п.м},$$

$$M_{ін} = J \frac{d^2 \alpha}{dt^2},$$

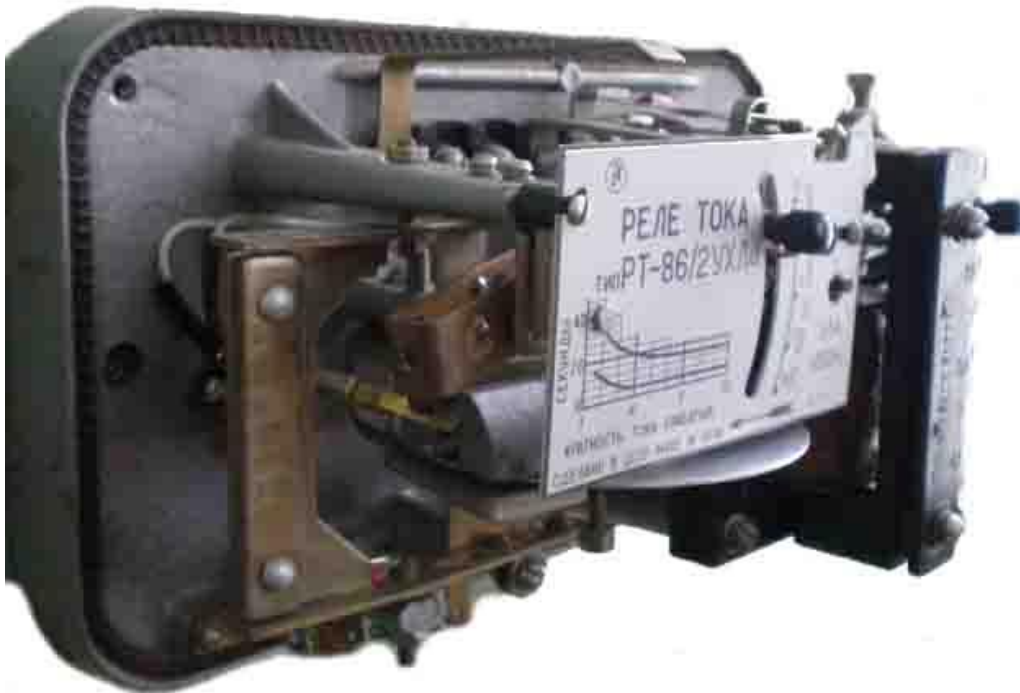
$$M_r = K \frac{d\alpha}{dt} I_p^2,$$

$$M_{п.м} = K_{п.м} d\alpha/dt,$$

де $M_{ін}$ – момент інерції диска або барабана; M_r – гальмівний момент, зумовлений взаємодією потоку і струму викликаного іншим потоком; $M_{п.м}$ – момент постійного магніту, який використовується для сповільнення обертання диска.

Для зменшення часу спрацювання необхідно кут повороту α прийняти мінімальним, циліндричний ротор вибрати малого діаметра і створити максимальний надлишковий момент. Ці вимоги виконуються в реле напрямку потужності. Для сповільнення спрацювання крім встановлення постійних магнітів як рухома частина використовується диск. Ці заходи стосуються реле струму РТ – 80, РТ – 90.

3.4. Індукційні вимірювальні реле. Реле струму РТ – 80, РТ – 90



Ці реле є комбінованими. Індукційний елемент з диском створює обмежено залежну витримку часу, а електромагнітний елемент миттєвої дії спрацьовує при великій кратності струму в обмотці реле. Вони використовуються для захисту від перевантажень і КЗ. Чим більший струм, тим менша витримка часу. Обмежено залежна характеристика витримки часу означає, що при збільшенні струму більше ніж на $7 I_{ср}$ для РТ – 80 і $4 I_{ср}$ для РТ – 90, витримка часу не залежить від кратності струму, що проходить через обмотку. Реле РТ – 85,

РТ– 86, РТ – 95 мають підсиленні перемикаючі контакти, завдяки яким можна дешунтувати електромагніт вимкнення. За допомогою гвинта встановлюється кратність струму спрацювання відсічки до струму спрацювання МСЗ, а не величина струму. При спрацюванні електромагнітного елемента реле діє без витримки часу.

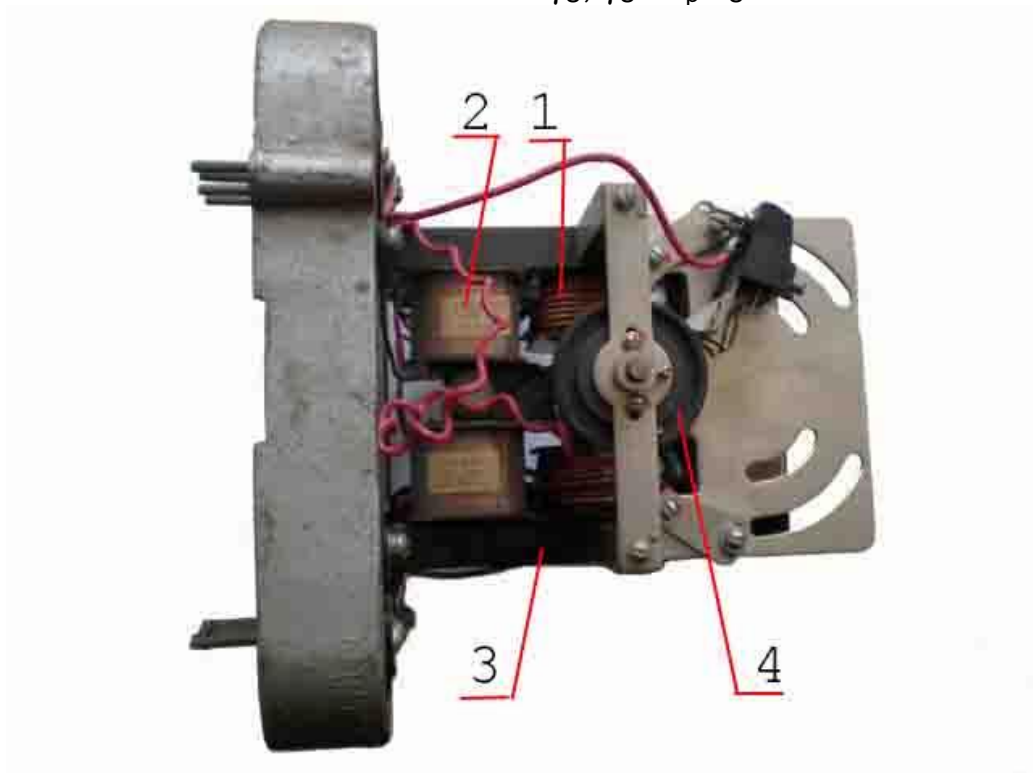
Переваги реле: можливість виконання захисту на одному реле, швидкодіючий від КЗ, а від перевантажень з витримкою часу, яка пропорційна струму перевантажень. Недоліки: складність, значна споживана потужність при спрацюванні.

3.5. Реле напряду потужності типу РБМ

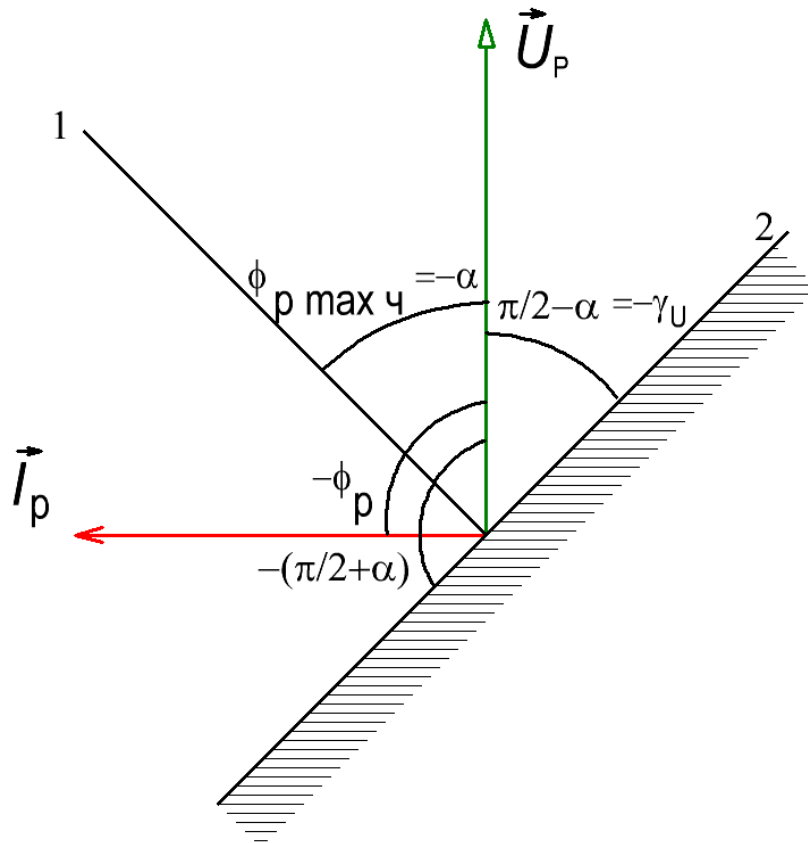
Це реле є вимірним органом з двома діючими величинами, що порівнюються за фазою. Обертальний момент:

$$M_{об} = KU_p I_p \cos(\varphi_p + \alpha),$$

$$\alpha = \pi/2 - \gamma_U, \quad \gamma_U = U_p \wedge U.$$



Розрізняють реле косинусні, які реагують на $\cos \varphi_p$, тобто на напрям активної потужності, і синусні, які реагують на $\sin \varphi_p$, тобто на напрям реактивної потужності та змішаного типу. Пряма 1 – це лінія максимальної чутливості, 2 – лінія нульової чутливості.



Зона роботи реле обмежується кутами $-(\pi/2+\alpha)$ і $(\pi/2+\alpha)$. При розташуванні вектора струму в цій зоні, тобто зліва від лінії нульової чутливості, реле спрацює.

3.6. Електромеханічні реле з постійним магнітом

Такі реле мають мале споживання потужності, високу чутливість і швидкодію. Завдяки постійному магніту вони реагують на напрям постійного струму. Ці реле використовуються як реагуючі елементи (0 – індикатори) напівпровідникових схем порівняння. А в релейному захисті використовуються поляризовані і магнітоелектричні реле. Поляризованими називаються електричні реле постійного струму, зміна стану якого залежить від полярності його вхідної діючої величини.

Переваги реле:

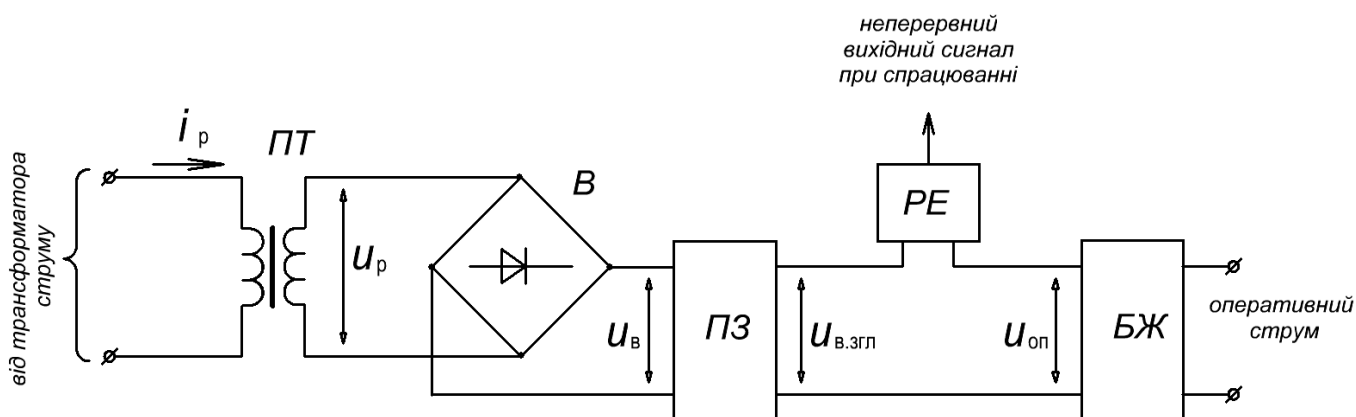
1. Надійна робота реле при малих підведених величинах, а при великих – відсутні вібрації і удари рухомої частини.
2. Висока чутливість і швидкодія.
3. Споживання потужності при спрацюванні мале.

Магнітоелектрична дія ґрунтується на взаємодії магнітного поля постійного магніту і струму в обмотці, яка розташована на рухомій рамці. Як і в поляризованих реле сила лінійно залежить від струму. Із зміною напрямку постійного струму змінюється напрям сили. Тому на таких реле будуються реле напрямку потужності. Їх перевагами є висока чутливість і мала потужність спрацювання.

3.7. Реле на герконах

Основним елементом реле є герметизований магнітокерований контакт. Воно складається із заповненої інертним газом скляної колби, впаяних в неї пружинних пластин з феромагнітного матеріалу і обмотки, яка намотана поверх колби. Струм в обмотці викликає магнітний потік, що проходить через пластину й утворює електромагнітну силу, яка притягує пластину. Реле розраховане на постійний струм, оскільки контакти пластини мають малу інерційність. Переваги: висока надійність комутації; малий час спрацювання; тривалий час роботи; відсутність впливу навколишнього середовища.

3.8. Напівпровідникові реле



У напівпровідникових реле порівнюється підведений струм або відповідно йому напруга з еталонною опорною величиною. Є два способи порівняння. В першому випадку вимірна величина випрямляється і порівнюється з постійним опорним струмом або напругою.

У другому випадку миттєва величина струму або напруги порівнюється з параметром спрацювання якого-небудь однопорогового елемента.

Структурна схема першого способу.

Проміжний трансформатор ТТ перетворює вхідний струм до виду i рівня, який зручний для роботи напівпровідникової частини і гальванічно розділяє кола первинного ТС і напівпровідникового кола. Параметр після двопівперіодного випрямляча В і пристрою згладжування ПЗ порівнюється з опорною величиною. Схема порівняння має реагуючий елемент РЕ, який ввімкнений на різницю вимірної і опорної величини і після спрацювання дає неперервний вихідний сигнал, коли ця різниця досягає його рівня спрацювання. Реагуючий елемент підсилює подані на нього сигнали і стрибкоподібно змінює струм в керованих колах.

3.9. Мікропроцесорний захист

Програмний захист реалізується на мікроЕОМ або мікропроцесорних системах. За їх допомогою можна проводити багатосторонню обробку інформації по роботі, пускові та аварійні режими елементів. Мікропроцесорна система

захисту можуть доповнюватися вихідними каналами для керування режимами. Мікропроцесорний захист ґрунтується на вимкненні не діючих, а миттєвих величин усіх симетричних складових струмів через певний проміжок часу (1/40 періоду) з одночасним аналізом динаміки зміни струму. При аналізі можуть використовуватися дані вимірювань напруги. Висновок про необхідність вимкнення елемента, що захищається, виробляється на основі 3–5 послідовних вимірювань, що забезпечує набагато більшу швидкодію захисту, ніж у випадку використання інших систем реле.

Мікропроцесорна база дозволяє одночасно реалізувати захисти будь-якої складності, практично від усіх видів пошкоджень та особливих режимів, з урахуванням вимог до гнучкості захисних характеристик.

3.10. Загальні відомості про електротеплові елементи

Найрозповсюдженіший електротепловий елемент – це плавка вставка, яка є вимірювальною і виконавчою частиною плавкого запобіжника. Захист тим ефективніший, якщо плавка вставка сплавиться раніше, ніж температура елемента який захищається, досягне недопустимих величин. Захисна характеристика запобіжника – це залежність повного часу перегорання вставки від струму, що проходить через неї. Недоліки плавкої вставки:

1. Не захищає при перевантаженні, тобто при малій кратності струму (час перегорання більший, ніж допустимий).
2. Нестабільність часу перегорання, який залежить від довжини, перерізу, матеріалу, форми, величини окислення навколишніх умов.

В РЗ використовуються дві металічні пластини, робота яких ґрунтується на виділенні теплоти при проходженні струму. В електротеплових реле захисні характеристики кращі при малій кратності струму ніж запобіжники.

Недоліки біметалічних пластин:

1. Мала швидкодія, тому вони не використовуються для захисту від КЗ.
2. Залежність захисної характеристики від навколишнього середовища.

Для захисту низьковольтних двигунів використовуємо температурні реле на основі біметалічних елементів і терморезисторів. Опір терморезисторів при певній температурі змінюється стрибками. В температурних реле використовуються позистори, опір яких збільшується.

3.11. Керовані запобіжники

Вони побудовані на основі принципу механічного розриву струмопровідного кола запобіжника з сигналом релейного захисту. В одних конструкціях розривається плавка вставка, в інших розмикається контакт, ввімкнений послідовно з плавкою вставкою. У запобіжниках до 1 кВ на основі запобіжника типу ПМ2 при перевантаженнях спрацьовує пристрій релейного

захисту і приводить в рух привод. При КЗ вони працюють як звичайні запобіжники, оскільки перегорять швидше ніж працює релейний захист і подіє привод.

У керованих запобіжниках на основі кварцового запобіжника типу ПКТ об'єднана плавка вставка і біметалічний елемент (мембрана), які діють відповідно при КЗ і перевантаженнях. Вигинаючись, мембрана розмикає коло вставок і через кожен вставку по чергово проходить струм перевантаження.