

1. Rodzaje EAZ i sposoby reagowania.

Elektroenergetyczną automatykę zabezpieczeniową można podzielić na **prewencyjną, eliminacyjną i restytucyjną**.

Automatyka zabezpieczeniowa prewencyjna samoczynnie **zapobiega lub likwiduje niektóre zakłócenia**, stwarzające w systemie elektroenergetycznym stan zagrożenia (rys.1.1), eliminując zupełnie lub ograniczając skutki tych zakłóceń. Dotyczy to między innymi takich zakłóceń jak przeciążenia cieplne, zmniejszenie się częstotliwości, wzrosty napięcia i kołysania mocy.

Automatyka zabezpieczeniowa eliminacyjna wyłącza elementy układu dotknięte zakłóceniem zwanym zaburzeniem (rys.1.1). Dotyczy to takich elementów i zakłóceń, przy których bezpieczna praca układu jest niemożliwa. Najczęstszym i najgroźniejszym rodzajem zakłócenia, przy którym działa automatyka eliminacyjna są zwarcia.

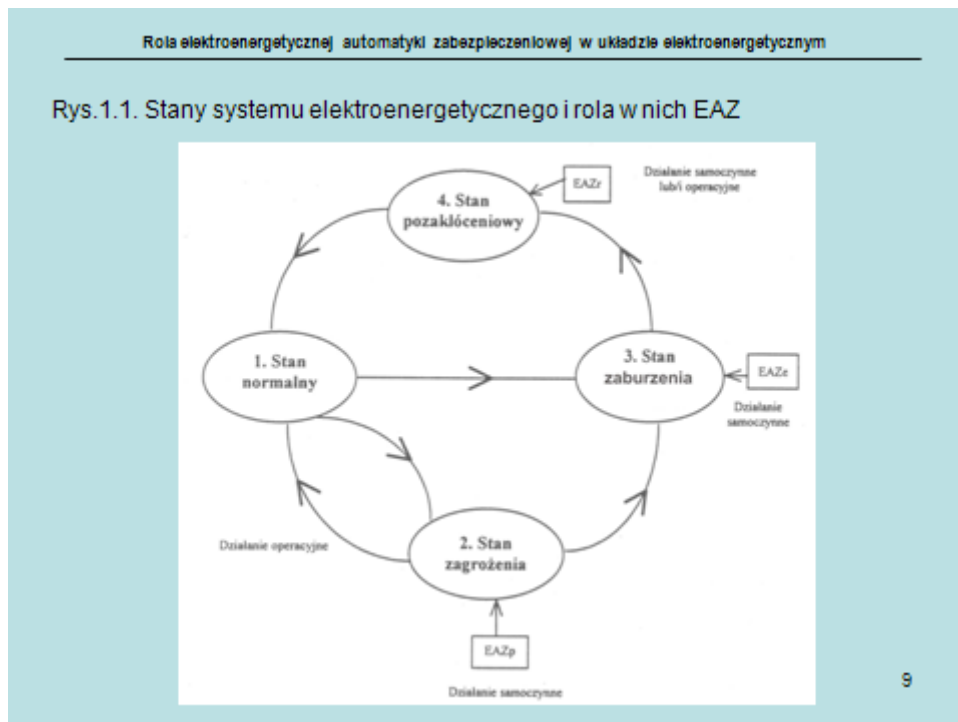
Automatyka restytucyjna ma za zadanie doprowadzić układu elektroenergetyczny do normalnej pracy poprzez dokonanie na nim odpowiednich czynności łączeniowych w stanie pozakłóceniovym po eliminacji zakłócenia (rys.1.1). Przykładami działalności automatyki restytucyjnej mogą być:

- ✓ SPZ - samoczynne ponowne włączenie do pracy elementów uprzednio

wyłączonych przez automatykę eliminacyjną,

- ✓ SZR - samoczynne włączenie do pracy elementów rezerwowych.

2. Stany pracy systemu, na rys.



3. Podstawowe wymagania EAZ

Wymagania stawiane zabezpieczeniom elektroenergetycznym

Wybiorcze działanie zabezpieczenia polega na tym, że zabezpieczenie spowoduje odłączenie od źródeł zasilających jedynie element uszkodzony. Wybiórczość może również dotyczyć rodzaju zwarcia np. w zabezpieczeniu odległościowym. **Zadziałanie niewybiorcze** (zbędne) niektórych zabezpieczeń może spowodować olbrzymie straty materialne. W praktyce dopuszcza się niewybiorcze szybkie działanie zabezpieczeń w przypadkach gdy po takim działaniu następuje włączenie elementu rezerwowego w miejsce wyłączanego przez zabezpieczenie.

Czułość zabezpieczenia może być scharakteryzowana jako zdolność na reagowanie na minimalne zakłócenie, które nie spowoduje jeszcze dużych skutków. Duża czułość działania zabezpieczeń jest wymagana wtedy gdy stan zakłócenia i stan pracy normalnej scharakteryzowany przez określone parametry mało się różnią, przykładowo wartość prądu zwarcia w dolinie obciążenia przy włączonej małej liczbie generatorów od wartości prądu obciążenia w szczycie obciążenia.

Niezawodność zabezpieczenia definiuje się jako prawdopodobieństwo, że zabezpieczenie będzie spełniało swą funkcję prawidłowo przez określony czas. Niezawodność działania zabezpieczenia zależy od materiałów i elementów użytych do jego konstrukcji, poprawnego doboru wartości rozruchowych i warunków eksploatacji.

Wskaźniki niezawodnościowe działania zabezpieczeń elektroenergetycznych wylicza się na podstawie statystyki zadziałań (rys.1.4, tab.1.2).

4. Dlaczego wymagane jest szybkie działanie EAZ?

Żąda się od zabezpieczeń aby działały możliwie jak najszybciej przy maksymalnym zachowaniu wybiórczości i niezawodności działania.

Możliwie duża szybkość działania jest potrzebna w celu:

- ✓ zwiększenia **bezpieczeństwa** pracy obsługi i osób postronnych,
- ✓ **ograniczenie skutków** od łuku i prądu zwarciovego,
- ✓ **zmniejszenie wpływu zaniku napięcia w sieci na pracę odbiorników**, szczególnie silników,
- ✓ **zabezpieczenie synchronicznej współpracy generatorów**,
- ✓ **niedopuszczenie do przekształcania się zwarć doziemnych w międzyfazowe** (w sieci z nieuziemiającym punktem zerowym),
- ✓ **zwiększenie skuteczności działania urządzeń SPZ.**

Nowoczesne zabezpieczenia działają z czasem około $0,02 \div 0,04$ s, natomiast czas wyłączenia szybkich wyłączników wysokonapięciowych wynosi $0,02-0,04$ s.

Najdłuższe czasy trwania zwarć trójfazowych w liniach przesyłowych, wynikające z warunków **zapewnienia stabilności współpracy generatorów**, wynoszą od **0,1 do 0,35 s.**

5. Cel stosowania SPZ.

SPZ - samoczynne ponowne włączenie do pracy elementów uprzednio wyłączonych przez automatykę eliminacyjną.

CEL:

Doprowadzić układu elektroenergetyczny do normalnej pracy poprzez dokonanie na nim odpowiednich czynności łączeniowych w stanie pozakłóceniowym po eliminacji zakłócenia.

6. Definicja czułości EAZ (jedno z wymagań)

Czułość zabezpieczenia może być scharakteryzowana jako zdolność na reagowanie na minimalne zakłócenie, które nie spowoduje jeszcze dużych skutków. Duża czułość działania zabezpieczeń jest wymagana wtedy gdy stan zakłócenia i stan pracy normalnej scharakteryzowany przez określone parametry mało się różnią, przykładowo wartość prądu zwarcia w dolinie obciążenia przy włączonej małej liczbie generatorów od wartości prądu obciążenia w szczycie obciążenia.

7. Czym się różni EAZ przy: zagrożeniu, zaburzeniu?

8. Rodzaje stosowanych w EAZ łącz telekomunikacyjnych.

9. Podstawowe dane znamionowe przekładnika prądowego.

- **Znamionowy długotrwały prąd cieplny**

Jeżeli nie określono inaczej, to znamionowym długotrwałym prądem cieplnym przekładników prądowych jest znamionowy prąd pierwotny.

Przekładniki o klasach dokładności 0,1-0,2-0,5-1 mogą być oznaczone jako przekładniki o rozszerzonym zakresie prądowym, jeżeli spełniają następujące wymagania:

- ✓ znamionowy długotrwały prąd cieplny jest równy prądowi pierwotnemu rozszerzonego zakresu prądowego i jest wyrażony w procentach znamionowego prądu pierwotnego,
- ✓ wartości graniczne błędów prądowego i kątownego określone w normie dla

100% znamionowego prądu pierwotnego są zachowane również przy wartości prądu pierwotnego rozszerzonego zakresu prądowego. Znormalizowanymi procentowymi wartościami prądu pierwotnego rozszerzonego zakresu są: 120%, 150% i 200% (znamionowego prądu pierwotnego).

- **Znormalizowane wartości mocy znamionowych**

Jest to wartość mocy pozornej w woltoamperach, przy określonym współczynniku mocy, którą przekładnik jest zdolny zasilac obwód wtórny przy znamionowym prądzie wtórnym i znamionowym obciążeniu.

Znormalizowanymi wartościami mocy znamionowych są: **2,5; 5,0; 10; 15 i 30 VA**. Wartości większe od 30 VA mogą być stosowane odpowiednio do potrzeby. Jako **znamionowy współczynnik mocy obciążenia ($\cos\phi$)** przyjmuje się wartość **0.8 (ind.)**.

- **Znamionowy krótkotrwały prąd cieplny (I_{th})**

Jest to wartość skuteczna symetrycznego (ustalonego) prądu pierwotnego, którą przekładnik prądowy ze zwartymi uzwojeniami wtórnymi powinien wytrzymać bez uszkodzenia w ciągu jednej sekundy. Znamionowy krótkotrwały prąd cieplny I_{th} określany jest jako wielokrotność znamionowego prądu pierwotnego przekładnika np: $I_{th}=100 \times I_{pn}$, $I_{th}=200 \times I_{pn}$, $I_{th}=500 \times I_{pn}$, itd.

Wartość tego prądu nie może być większa od wytrzymałości cieplnej zacisków pierwotnych $I_{th\ max}$ wyrażonej w kilo amperach

- **Znamionowy prąd dynamiczny (I_{dyn})**

Wartość znamionowego prądu dynamicznego (I_{dyn}) **powinna być normalnie 2,5 razy większa od znamionowego krótkotrwałego prądu cieplnego (I_{th})** i powinna być podana na tabliczce znamionowej, gdy jest inna od tej wartości.

- **Dopuszczalne przyrosty temperatury**

Przyrost temperatury przekładnika prądowego podczas przepływu prądu pierwotnego równego znamionowemu długotrwałemu prądowi cieplnemu, przy obciążeniu znamionowym o współczynniku mocy równym jedności, nie powinien przekraczać odpowiedniej wartości.

- **Obciążenie przekładnika**

Jest to impedancja obwodu wtórnego przekładnika prądowego wyrażona w omach, przy określonym współczynniku mocy. Obciążenie to jest zwykle określane jako moc pozorna wyrażona w woltoamperach, pobierana przy określonym współczynniku mocy i przy znamionowym prądzie wtórnym.

- **Napięcie probiercze izolacji**

Izolacja uzwojeń wtórnych przekładników prądowych powinna wytrzymać w ciągu 1 minuty napięcie probiercze o częstotliwości sieciowej i wartości skutecznej 3 kV.

Napięcie probiercze izolacji międzyzwojowej powinno wytrzymać w ciągu 1 minuty przepięcie o wartości maksymalnej 4,5 kV występujące na zaciskach kompletnego uzwojenia wtórnego.

- **Współczynnik graniczny dokładności (ALF)**

Współczynnik graniczny dokładności oznacza się przez ALF (jęz. ang.: Accuracy Limit Factor).

Znormalizowanymi wartościami współczynnika ALF są: 5-10-15-20-30.

W przekładnikach rozdzielnic wewnętrznych średnich napięć, najczęściej stosowane są współczynniki ALF=10 lub 15. Liczbę oznaczającą współczynnik graniczny dokładności umieszcza się bezpośrednio po literze P oznaczenia klasy dokładności przekładnika do zabezpieczeń, np. 5P10.

- **Klasa dokładności przekładników prądowych do zabezpieczeń jest oznaczona przez największy dopuszczalny błąd całkowity wyrażony w procentach**, przy znamionowym granicznym prądzie pierwotnym (iloczyn znamionowego prądu pierwotnego przez ALF) dla danej klasy dokładności, poprzedzający literę P. Znormalizowanymi wartościami klas dokładności przekładników prądowych zabezpieczeniowych są: **5P i 10P** (tab.2.3).

10. Znamionowy graniczny współczynnik dokładności (wzór).

Współczynnik graniczny dokładności (ALF)

Współczynnik graniczny dokładności oznacza się przez ALF (jęz. ang.: Accuracy Limit Factor).

Znormalizowanymi wartościami współczynnika ALF są: 5-10-15-20-30.

W przekładnikach rozdzielnic wewnętrznych średnich napięć, najczęściej stosowane są współczynniki ALF=10 lub 15. Liczbę oznaczającą współczynnik graniczny dokładności umieszcza się bezpośrednio po literze P oznaczenia klasy dokładności przekładnika do zabezpieczeń, np. 5P10.

Współczynnik dokładności

$$K_G = \frac{F_{1G}}{I_{1n}}$$

silnie zależy od wartości impedancji

$$\underline{Z}_w = \underline{Z}_z + \underline{Z}_{obc}$$

Można w przybliżeniu przyjąć, że współczynnik K_G jest odwrotnie proporcjonalny do impedancji Z_w ,

$$\frac{K_{G1}}{K_{G2}} \approx \left(\frac{Z_{w2}}{Z_{w1}} \right)$$

Od przekładników prądowych przeznaczonych do współpracy z zabezpieczeniami wymaga się, aby zabezpieczenia pracowały prawidłowo przy zwarciach, a więc transformacja prądów wielokrotnie większych od prądu znamionowego powinna być poprawna. Zakres prądu pierwotnego, przy którym transformację można za taką uważać, wyznacza znamionowy graniczny prąd pierwotny (I_{1G}). Jest to największa wartość prądu pierwotnego I_{1G} , przy którym błąd całkowity przekładnika obciążonego znamionowo osiąga wartość określoną w normie dla przekładników danej klasy.

11. Niekonwencjonalne konstrukcje przekładników prądowych.

Specjalne konstrukcje i niekonwencjonalne rozwiązania przekładników prądowych

Do specjalnych konstrukcji przekładników prądowych do których zaliczane są :

- ✓ transreaktor,
- ✓ przekładniki kaskadowe,
- ✓ przekładniki z sumowaniem magnetycznym (Ferrantiego),
- ✓ przekładnik z pomocniczym źródłem zasilania,
- ✓ przekładnik oparty na zjawisku Faradaya (magnetooptyczny),
- ✓ przekładniki różniczkująco – całkujące.

Transreaktor

Transreaktor przekształca prąd pierwotny na proporcjonalne doń napięcie dzięki temu, że nie ma zamkniętego rdzenia ferromagnetycznego.

Transreaktory bywają niezbędne w niektórych układach automatyki zabezpieczeniowej, utrzymują bowiem stałą dokładność transformacji składowej okresowej prądu pierwotnego.

Przekładniki kaskadowe

Przy produkcji przekładników na najwyższe napięcia (500 kV, 750 kV, 1150 kV) trudności w wykonaniu izolacji między uzwojeniem pierwotnym i wtórnym stają się ogromne. Z technologicznego punktu widzenia **korzystne jest podzielenie tej izolacji** — a zarazem całego przekładnika — na stopnie połączone w szereg, kaskadowo. **Błędy prądowe i kątowe przekładnika kaskadowego są sumą błędów każdego stopnia transformacji.** Natomiast **błędy całkowite nie podlegają algebraicznemu sumowaniu i trzeba je wyznaczyć z wykresu wektorowego.**

Przekładniki z sumowaniem magnetycznym (Ferrantiego)

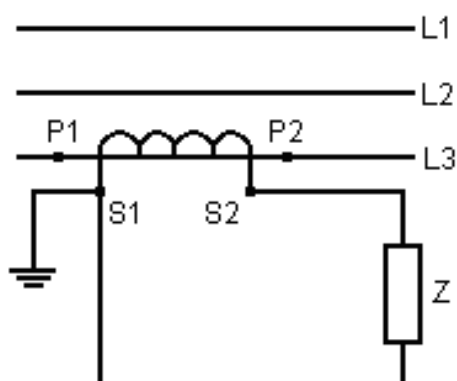
Służące do pomiaru składowej zerowej prądu trójfazowego. Dzięki sumowaniu magnetycznemu uzyskuje się znacznie większą dokładność niż przez odpowiednie łączenie (sumowanie elektryczne) uzwojeń wtórnych przekładników fazowych. Przekładniki Ferrantiego stosuje się wówczas, gdy należy wykrywać bardzo małe prądy składowej zerowej, często o dwa, trzy rzędy wielkości mniejsze niż prądy znamionowe poszczególnych faz.

12. Układy połączeń przekładników prądowych, zakres ich stosowania.

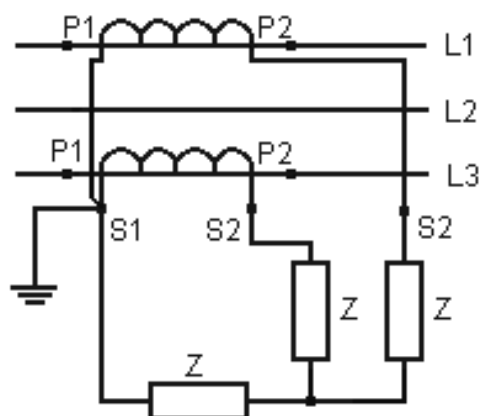
a) do pomiaru prądu jednej fazy, przy założeniu symetrii prądów w trzech fazach,

b) do pomiaru trzech prądów fazowych przy użyciu dwóch przekładników

a)



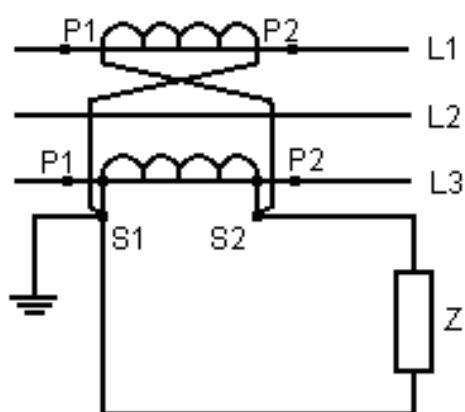
b)



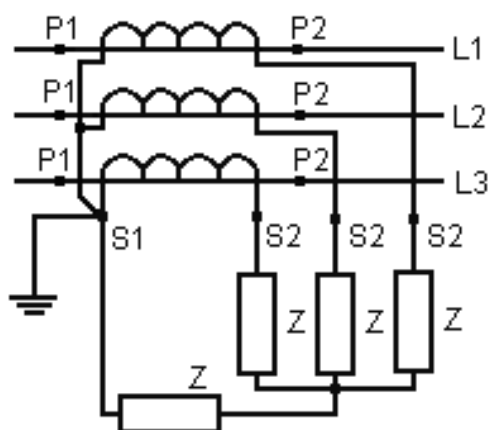
a) do pomiaru różnicy prądów w dwóch fazach, przy założeniu symetrii prądów w trzech fazach

b) do pomiaru zarówno prądów fazowych, jak i potrójnej składowej zerowej tych prądów

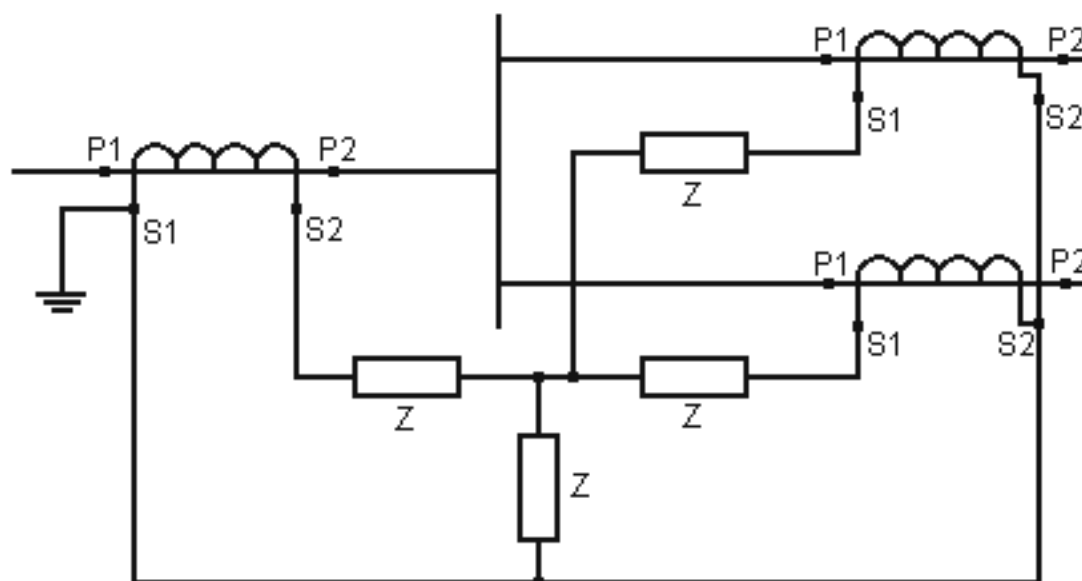
a)



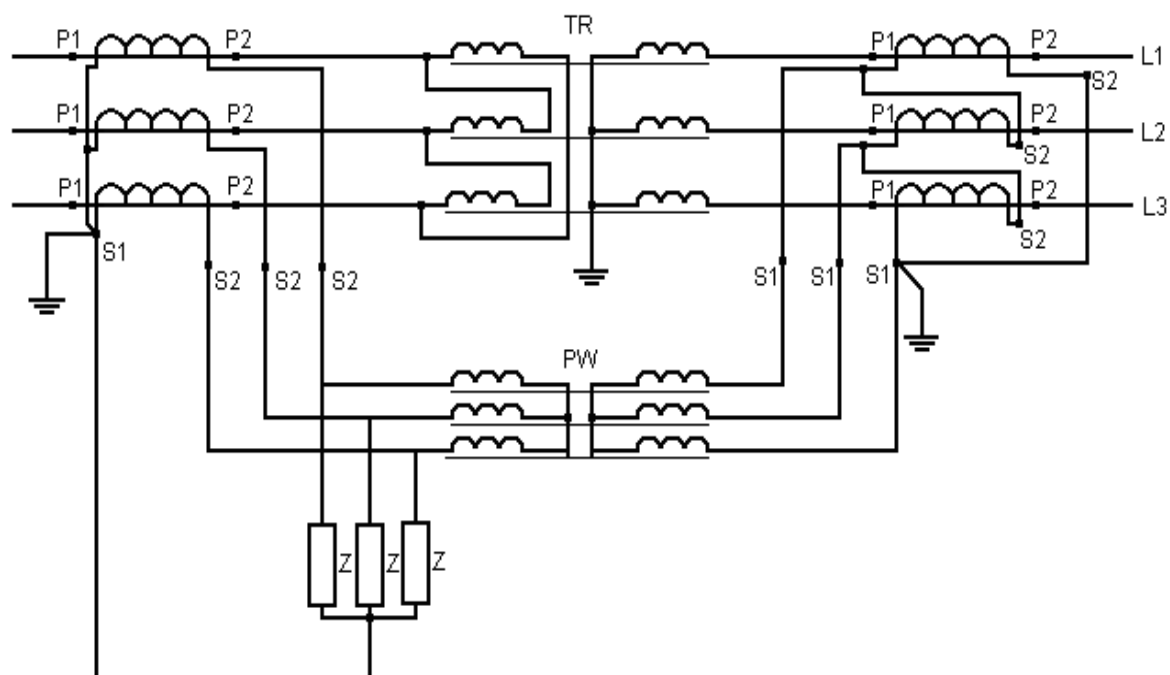
b)



Schemat połączeń trójfazowego różnicowego układu przekładników stosowanego do **zabezpieczenia generatorów**



Schemat połączeń układu różnicowego przekładników stosowanego **do zabezpieczenia transformatora o grupie połączeń trójkąt/gwiazda**



13. Różnice wymagań stawiane przekł. prąd.: pomiarowym i zabezpieczeń.

Zabezpieczeń.:

Od przekładników prądowych przeznaczonych do współpracy z **zabezpieczeniami** wymaga się, aby zabezpieczenia pracowały prawidłowo przy zwarcia, a więc transformacja prądów wielokrotnie większych od prądu znamionowego powinna być poprawna.

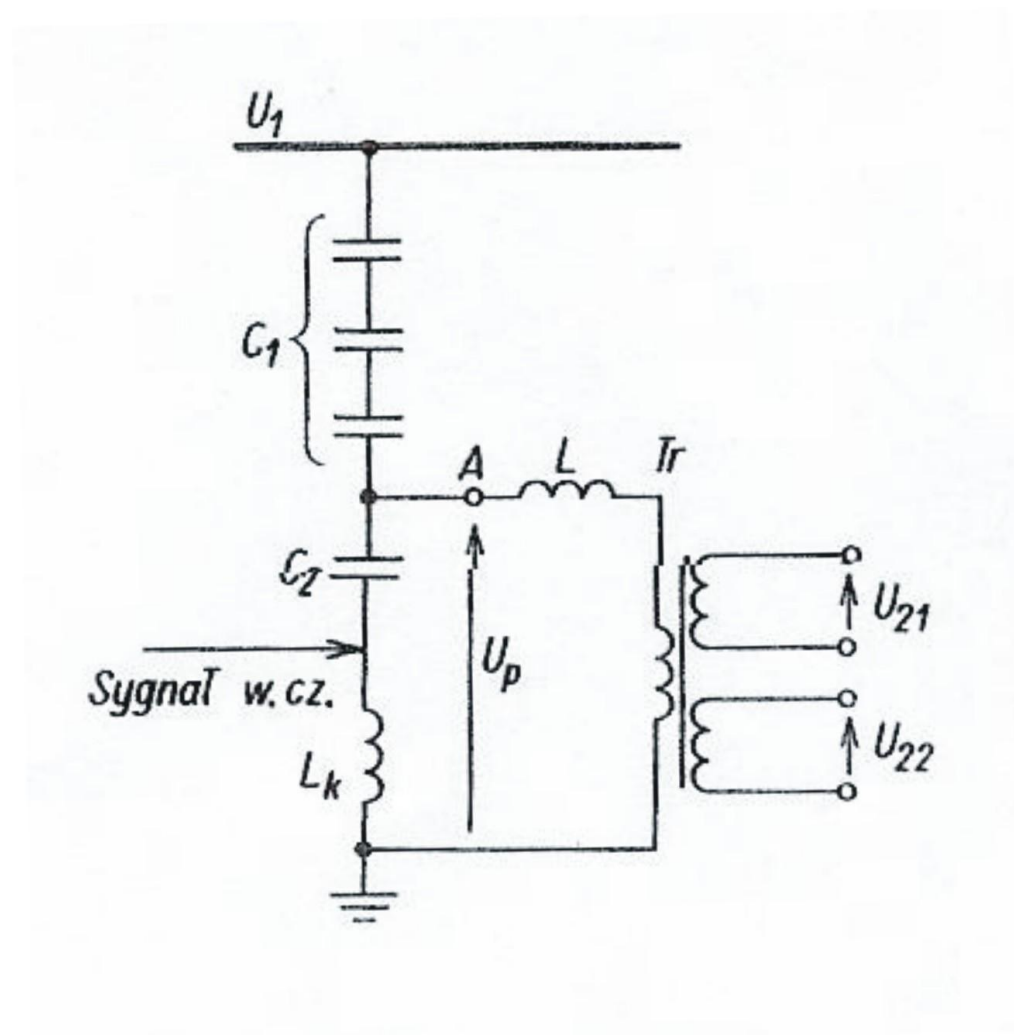
Kryteria doboru przekładników prądowych do zabezpieczeń

Przekładniki prądowe powinny spełniać następujące kryteria

- ✓ znamionowe napięcie izolacji przekładnika powinno być nie mniejsze od znamionowego napięcia pierwotnego układu elektroenergetycznego;
- ✓ znamionowy prąd pierwotny przekładnika prądowego powinien być dostosowany do znamionowego prądu urządzenia pierwotnego;
- ✓ znamionowy prąd wtórny przekładnika prądowego powinien być równy znamionowemu prądowi przekładników przyłączonych po stronie wtórnej, wynoszącemu przeważnie 5A
- ✓ największa spodziewana wartość szczytowa prądu pierwotnego w nieustalonych stanach zwarciovych powinna być mniejsza od wartości określającej wytrzymałość dynamiczną przekładnika.
- ✓ największa wartość skuteczna składowej okresowej tego prądu zwarciovego powinna być mniejsza od wartości określającej wytrzymałość cieplną, przeliczonej na rzeczywisty czas przepływu prądu zwarciovego;
- ✓ znamionowy prąd szczytowy przekładnika prądowego powinien być co najmniej równy udarowemu prądowi zwarciovemu w punkcie zainstalowania tego przekładnika;
- ✓ moc znamionowa przekładnika prądowego powinna być nie mniejsza niż całkowita moc pobierana przez przyrządy przyłączone do obwodów wtórnych, przy przepływie przez te obwody prądu znamionowego;
- ✓ klasa dokładności i graniczny współczynnik dokładności przekładnika powinna być taka aby zapewnione było poprawne działanie zabezpieczenia.

14. Ukł. poł. przekł. napięciow. pojemn.

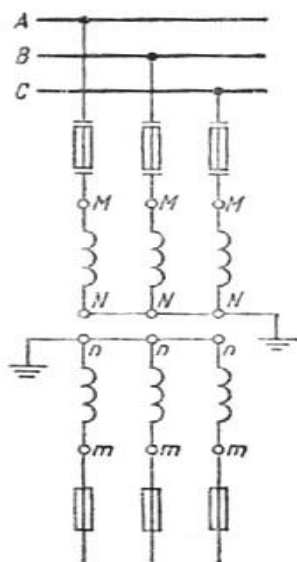
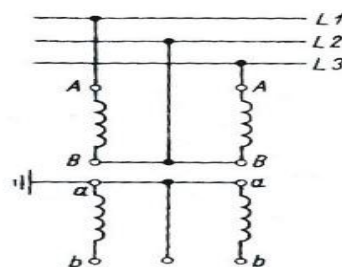
Rys. 2.4. Układ połączeń przekładnika napięciowego pojemnościowego.



15. Układy połączeń przekładników napięciowych, zakres stosowania.

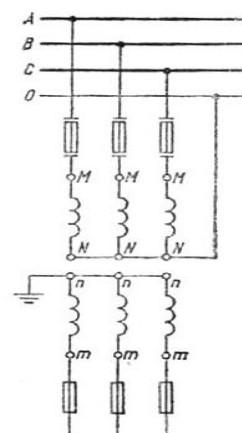
Przekładniki napięciowe budowane są przeważnie jako konstrukcje jednofazowe. Najczęściej jednak pracują w sieciach trójfazowych, więc łączone są w odpowiednie układy: układ V i układ gwiazdowy.

Układ V jest stosowany w sieciach z izolowanym punktem neutralnym, a więc w sieciach średnich napięć. W układzie tym napięcia znamionowe pierwotne równe są napięciu międzyprzewodowemu sieci, a napięcia wtórne wynoszą 100 V.



Układ gwiazdowy z uziemionym punktem gwiazdowym, przedstawiony na rys. 2.11, umożliwia **pomiar napięć między przewodami a ziemią w sieci trójprzewodowej z izolowanym punktem neutralnym**. W układzie tym można zmierzyć po stronie wtórnej przekładnika napięcie międzyprzewodowe oraz napięcie przewodów w stosunku do ziemi. W przypadku doziemienia jednej fazy, napięcie między przewodem a ziemią może osiągnąć wartość napięcia międzyprzewodowego.

Układ gwiazdowy w sieci czteroprzewodowej (rys. 2.12) umożliwia odtworzenie po stronie wtórnej zarówno trójkąta napięć międzyprzewodowych jak i gwiazdę napięć fazowych.

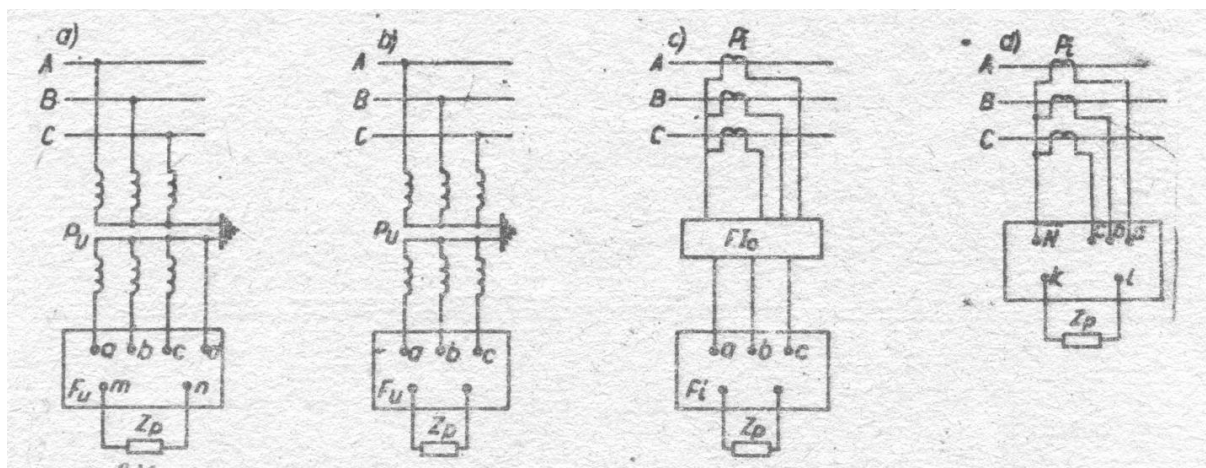


16. Różnice wymagań przekładników napięciowych: **pomiar. i zabezpieczeń.**

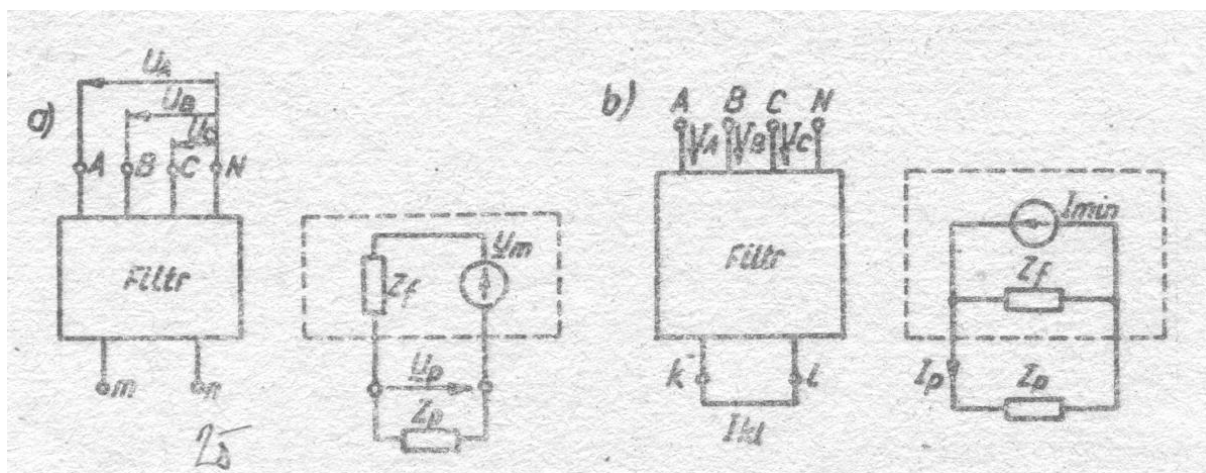
17. Schematy filtrów składowych symetrycznych: zerowej, prądu i nap.

W praktyce stosuje się najczęściej filtry wydzielające jedną ze składowych (zgodną, przeciwną lub zerową).

Rys. 2.1. Typowe układy połączeń zewnętrznych filtrów napięciowych (a i b) i prądowych (c i d)

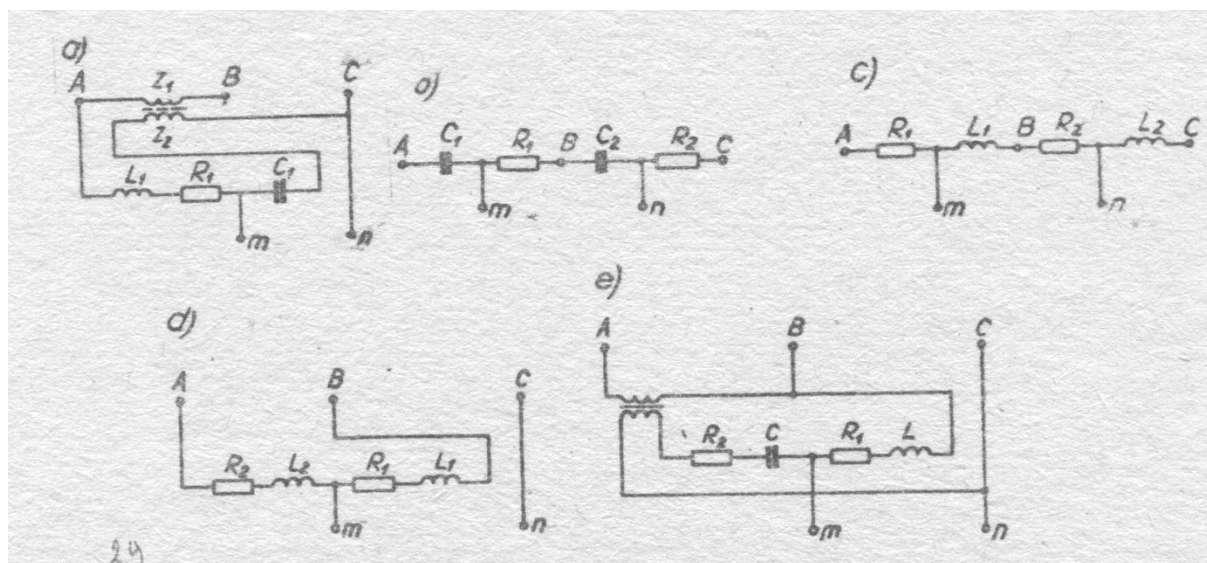


Rys. 2.2. Schematy ogólne i zastępcze filtrów składowych symetrycznych: a) napięcia, b) prądu

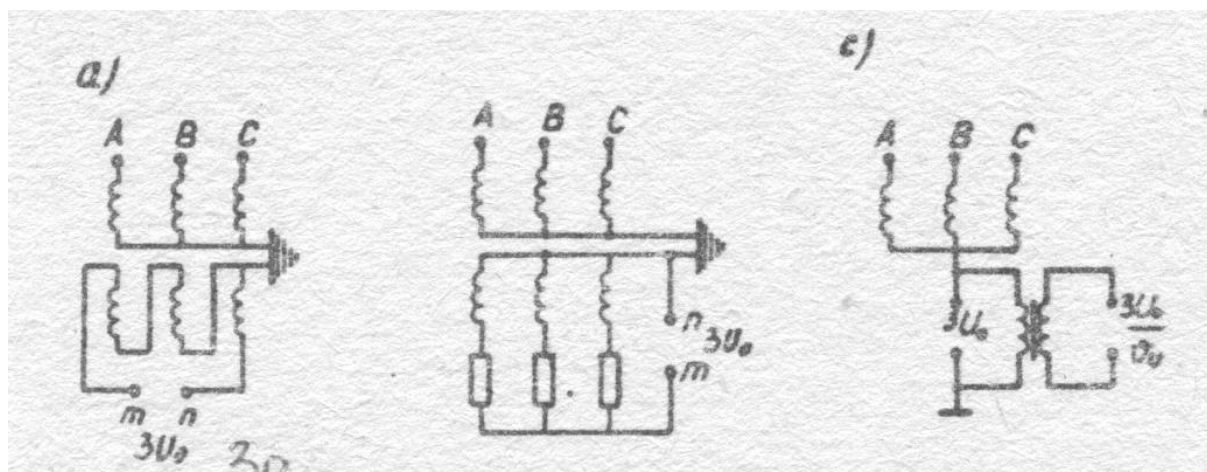


Na rysunku tym dla filtru napięciowego symbolem Z_p oznaczono impedancję filtru widzianą z zacisków wyjściowych w mn (po zwarceniu zacisków wejściowych) a symbolem U_m napięcie na zaciskach wyjściowych w jałowym stanie pracy filtru.

Rys. 2.6. Typowe schematy połączeń filtrów składowych symetrycznych, zgodnych i przeciwnych napięcia



Rys. 2.7. Typowe układy filtrów składowych zerowych napięcia



18. Ch-ka rezyst. w funkcji temp. termistora.

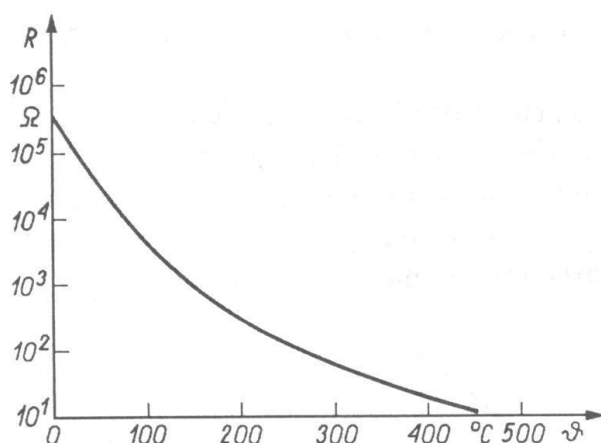
Czujniki temperatury

W układach sterowania jako czujniki temperatury wykorzystuje się dziś przeważnie **nieliniowe rezystory zwane termistorami**. Są to elementy, których rezystancja jest zależna od temperatury.

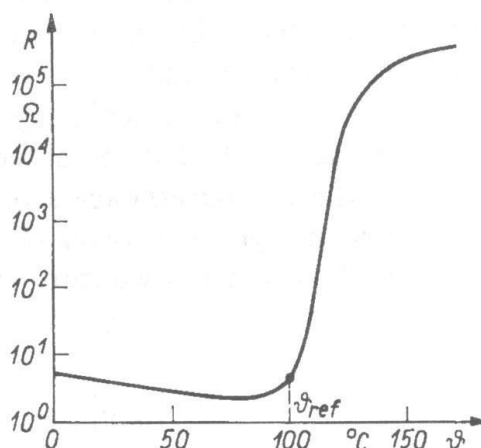
Istnieją dwa rodzaje termistorów: te, w których wraz ze wzrostem temperatury rezystancja maleje, zwane termistorami **NTC** (ang. *Negative Temperature Coefficient*) i te, w których występuje zjawisko odwrotne, zwane termistorami **PTC** (ang. *Positive Temperature Coefficient*).

Jeżeli zachodzi potrzeba pomiaru temperatury, w której jest umieszczony termistor, to stosuje się układy przeważnie z elementami NTC. Na rysunku 3.31 pokazana jest przykładowa charakterystyka zależności rezystancji termistora NTC od temperatury. Jak widać, zakres pomiarowy może być bardzo znaczny. Charakterystyka jest silnie nieliniowa (na osi rezystancji skala jest logarytmiczna), ale w układach pomiarowych można stosować wiele metod linearyzacyjnych. Realizacja układów pomiarowych, które w rozległym zakresie temperatur wykazują błąd nie przekraczający 1%, nie nasuwa poważniejszych trudności.

Rys.3.31. Przykładowa charakterystyka termistora NTC



Rys. 3.32. Przykładowa charakterystyka termistora PTC



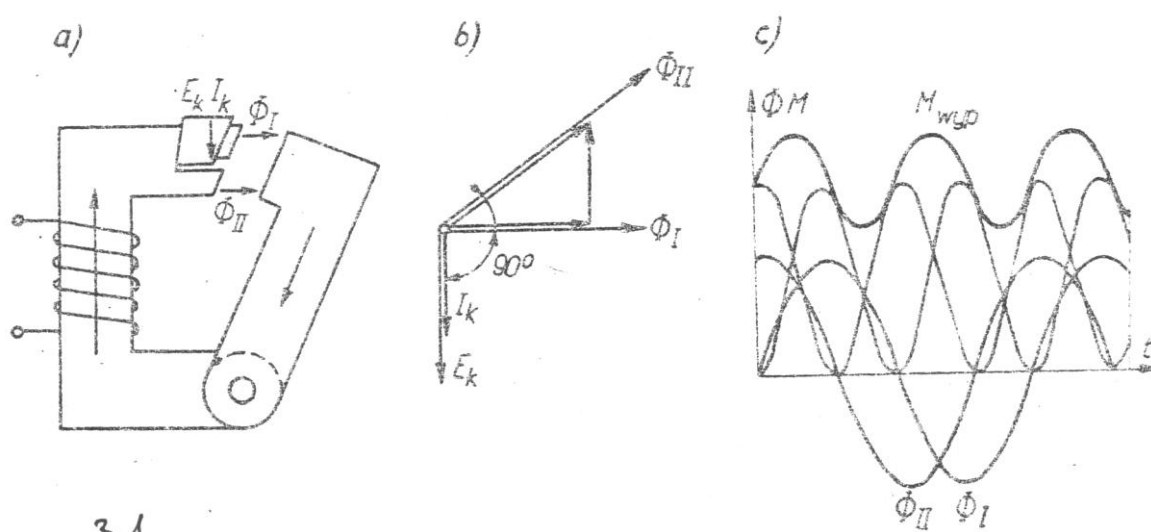
W układach zabezpieczeń cieplnych wykorzystuje się przeważnie termistory PTC. Przykładowa charakterystyka takich elementów pokazana jest na rys. 3.32. Jak z niej widać, stromość narastania rezystancji po przekroczeniu temperatury referencyjnej, która na pokazanej charakterystyce wynosi 100°C , jest bardzo wielka, stąd przydatność tych elementów w układach zabezpieczających.

Istnieje także wiele innych rozwiązań czujników temperatury działających na zasadzie termopar, elementów bimetalicznych itp.

19. Konstrukcja przekaźnika EM ze zworą przyciąg. Różnice przy „-„ i „~”

Przekaźniki pomocnicze pośredniczące elektromechaniczne wykonywane są przeważnie jako elektromagnetyczne o zworze przyciąganej (rys.3.1).

Rys. 3.1. **Konstrukcja**, wykres wskazowy i przebieg momentów **przekaźnika elektromagnetycznego** pośredniczącego.



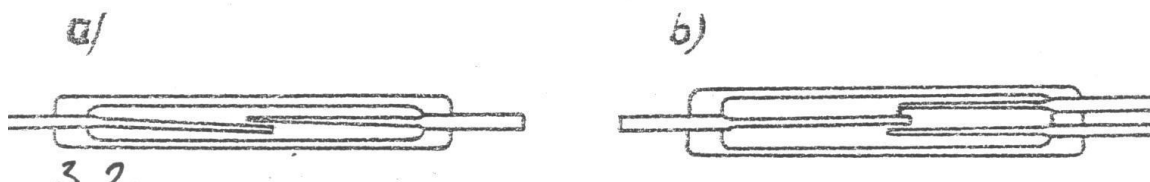
Przekaźnik składa się z żelaznego rdzenia z uzwojeniem oraz zwory, która pod wpływem siły elektromagnetycznej większej od siły mechanicznej sprężyny zwracającej zostaje przeciągnięta do rdzenia. **Przekaźnik na prąd przemienny** ma rdzeń wykonany z blach w celu ograniczenia strat na prądy wirowe. Pierścień zwarty osadzony na rdzeniu powoduje rozkład głównego strumienia magnetycznego na dwie składowe przesunięte w czasie dzięki czemu usunięte jest brzęczenie przekaźnika wskutek przemienności prądu.

Wytwarzane przemienne siły elektromagnetyczne działające na zworę są względem siebie przesunięte w fazie o kąt ϕ i wyrażają się równaniami

W przypadku wykonania **przekaźnika pośredniczącego elektromagnetycznego na prąd stały** stosuje się rdzeń pełny o przekroju okrągłym z miękkiego żelaza dla uniknięcia pozostałości magnetycznej powodującej przylepanie się zwory. Przekaźniki pośredniczące prądu stałego wykonuje się często z opóźnionym działaniem bez nastawialnej zwłoki czasowej. W tym celu umieszcza się na rdzeniu tuleję miedzianą, która w zależności od miejsca jej umieszczenia wpływa bardziej na wydłużenie czasu zadziałania lub powrotu.

20. Konstrukcja przekaźnika kontaktronowego.

Rys. 3.2. Konstrukcje kontaktronów ze stykiem: a) zwiernym i b) przełącznym



Przekaźniki kontaktronowe odznaczają się małymi wymiarami, krótkim czasem działania, małym poborem mocy, odpornością na wstrząsy i dużą trwałością. Stosowane są jako przekaźniki pośredniczące w przekaźnikach tranzystorowych.

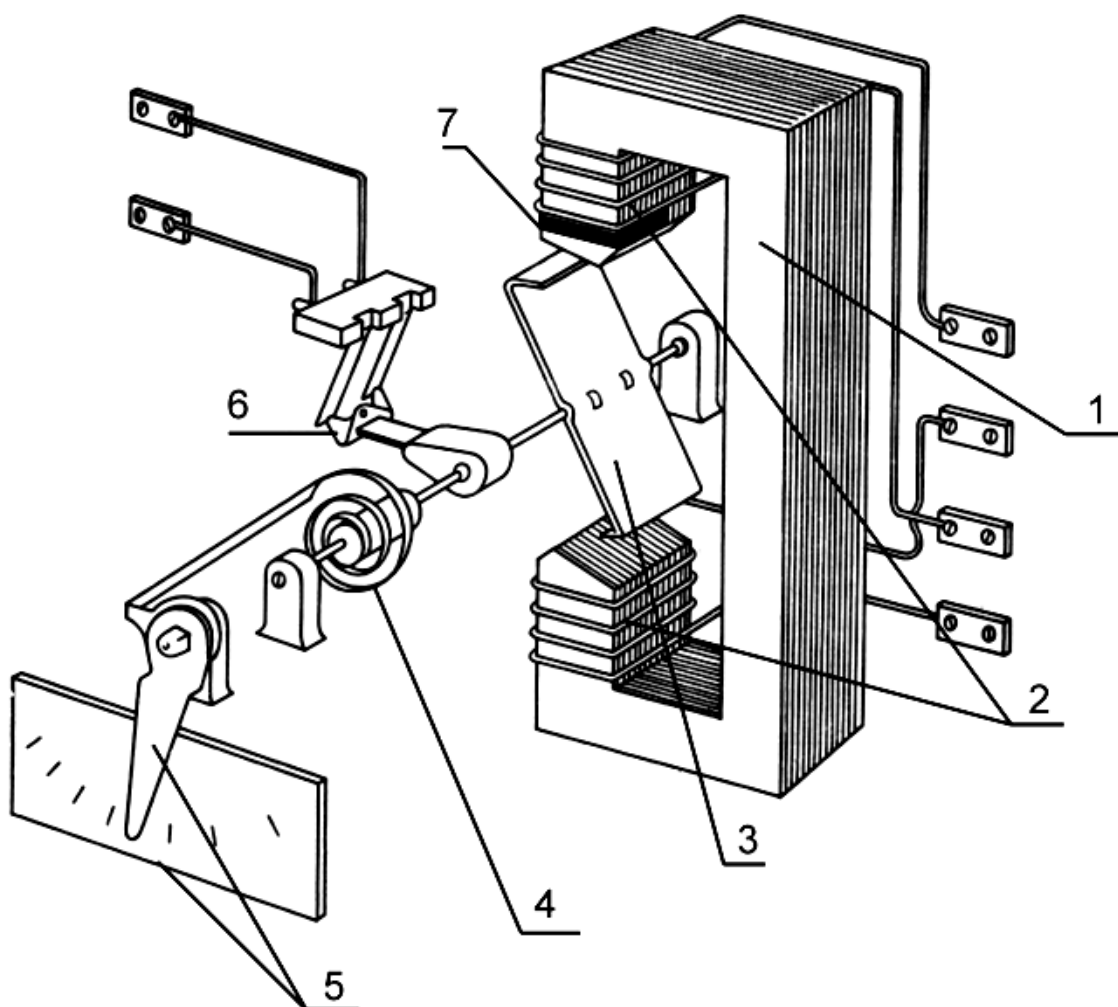
Najbardziej rozpowszechnione obecnie układy wyjściowe elektronicznych przekaźników i zespołów automatyki zabezpieczeniowej są oparte na kontaktronach próżniowych (głównie w obwodach sterowania wyłącznikami) oraz przekaźnikach pomocniczych stykowych. W niektórych obwodach sterowania zamiast przekaźników pomocniczych kontaktronowych próżniowych stosuje się układy tyrystorowe lub wysokonapięciowe układy tranzystorowe.

21. Konstrukcja przekaźnika EM pomiarowego.

Z przekaźników nadprądowych elektromechanicznych najbardziej rozpowszechnione są konstrukcje elektromagnetyczne. W zależności od rozwiązania ustroju ruchomego, przekaźniki elektromagnetyczne dzielą się na **przekaźniki o zworze przyciąganej, zworze obrotowej i rdzeniu wciągany**. Konstrukcja elektromagnetyczna o **zworze przyciąganej** znalazła zastosowanie przede wszystkim w przekaźnikach pomocniczych, natomiast konstrukcja z rdzeniem wciągany ze względu na mniejszą niezawodność działania oraz większe trudności wykonania ruchomej zwory, jest rzadko stosowana.

W przekaźnikach pomiarowych stosowana jest wyłącznie konstrukcja o **zworze obrotowej**, ponieważ ma ona wystarczająco duży współczynnik powrotu (0,85...0,95). Szkic konstrukcyjny takiego przekaźnika przedstawiono na rys. 3.6.

Rys. 3.6. Szkic konstrukcyjny elektromagnetycznego przekaźnika pomiarowego. Oznaczenia: 1 – rdzeń magnetyczny, 2 - uzwojenia, 3 - zwora, 4 - sprężyna zwracająca, 5 - układ nastawczy, 6 - zestyk, 7 - zwój zwarty

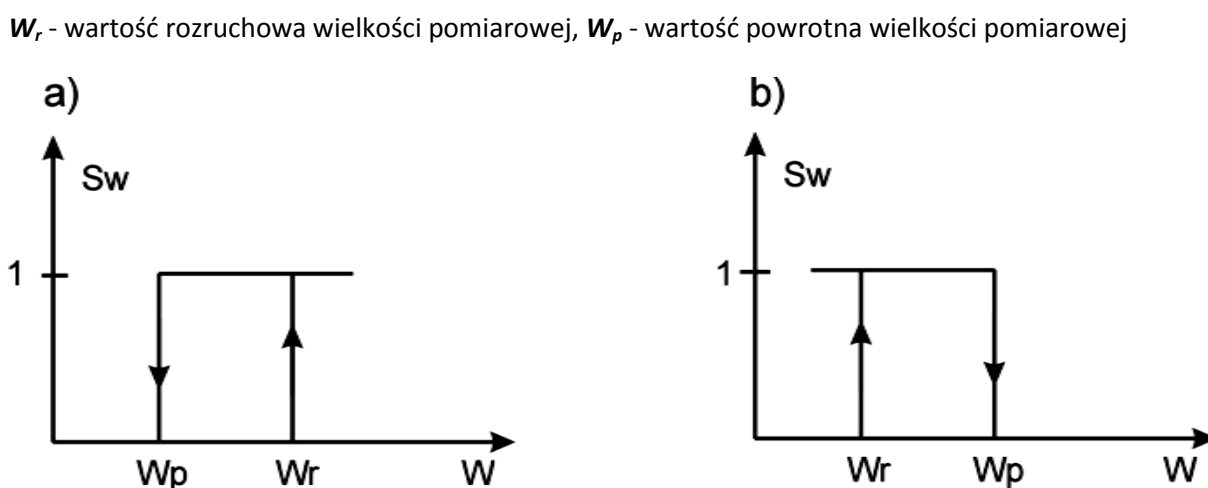


22. Definicja współczynnika powrotu k_p przekaźników nadmiarowych i niedmiarowych.

Przekaźniki pomiarowe o charakterystykach czasowo niezależnych działają w taki sposób, że po przekroczeniu wartości rozruchowej wielkości pomiarowej ich czas zadziałania nie zależy od wartości wielkości pomiarowej (rys.3.4). Mogą występować jako **nadmiarowe** bądź jako **niedmiarowe**.

Współczynnik powrotu k_p dla przekaźników nadmiarowych jest mniejszy od jedności, a dla przekaźników niedmiarowych – większy od jedności.

Rys. 3.4. Zależność sygnału wyjściowego S_w od wartości wielkości pomiarowej W dla przekaźników pomiarowych: a) nadmiarowego, b) niedmiarowego. Oznaczenia:



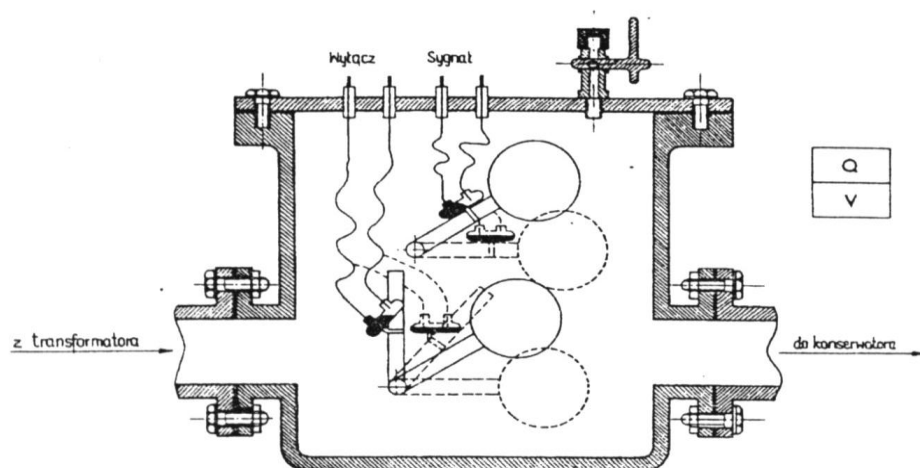
23. Konstr. przekaźnika Bucholtza - zasada działania.

Przekaźnik gazowo-przepływowy (zabezpieczenie Buchholza) instaluje się w przewodzie rurowym łączącym każdą transformatora z konserwatorem.

Przekaźniki gazowo-przepływowe mają człon sygnalizacyjny i wyłączeniowy. Wewnątrz przekaźnika umieszczone są dwa pływaki wykonane w formie puszek z metalu lub plastyku. Zamocowane są na różnej wysokości w sposób wahliwy, tak iż możliwy jest niezależny ruch każdego z nich do góry i na dół. Każdy z pływaków zaopatrzony jest w styk rtęciowy (przekaźniki krajowe) lub współpracujący z kontaktronem magnes (przekaźniki produkcji niemieckiej), który jest do niego na stałe przymocowany i razem z nim się porusza (rys. 3.29).

W czasie normalnej pracy, kiedy wewnątrz przekaźnika wypełnione jest olejem transformatorowym, obydwa pływaki są unoszone i znajdują się w górnej pozycji. Oba styki robocze przekaźnika są wtedy otwarte.

Rys. 3.29 Przekaźnik gazowo-przepływowy kadzi transformatora



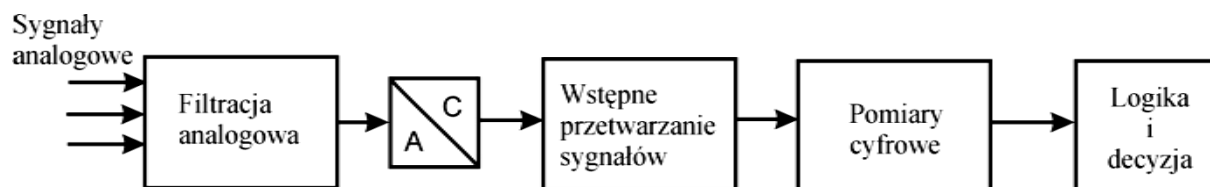
Jeśli nastąpi powolne wydzielanie się gazów, świadczących przeważnie o nieznacznym uszkodzeniu izolacji, bądź też w przypadku uwalniania się powietrza zawartego wewnątrz transformatora lub przy obniżeniu się poziomu oleju, przekaźnik powinien uruchomić sygnalizację ostrzegawczą (pierwszy stopień) sterowaną górnym pływakiem. Pływak ten opada wówczas, gdy zbiera się w przekaźniku $100\div 250\text{ cm}^3$ gazu (na skutek rozkładu termicznego izolacji). Istnieją również inne przyczyny zadziałania pierwszego stopnia przekaźnika, takie jak:

- uszkodzenie styku rtęciowego lub pływaka,
- nagłe ochłodzenie transformatora; przy zmianie temperatury od 75°C do 25°C może wydzielić się powietrze absorbowane przez olej w ilości odpowiadającej 1,2% objętości oleju.

24. Schemat blokowy przekaźnika półprzewodnikowego.

25. S. blokowy przekaźnika cyfrowego.

Rys. 3.9. Struktura przetwarzania sygnałów w przekaźniku cyfrowym



Filtracja analogowa dolnoprzepustowa niezbędna do tego, aby z sygnałów wyeliminować składowe o dużej częstotliwości aby zapewnić odpowiednią dokładność zamiany przebiegów ciągłych na dyskretne.

Odfiltrowany sygnał do przetwornika A/C (niekiedy jest podawany przez **multiplekser**, czyli urządzenie pozwalające na podawanie sekwencyjne wielu sygnałów do jednego przetwornika). Przetwornik próbkuje sygnał z odpowiednią częstotliwością, zamieniając każdą z próbek na słowo o długości m bitów (plus bit znaku, określający polarność sygnału).

Do **wstępnego przetwarzania** zalicza się najczęściej dwie operacje: **filtrację cyfrową** oraz **ortogonalizację** przebiegów sinusoidalnych. Filtracja ma na celu wydobyć z sygnału tych składowych (częstotliwościowych lub symetrycznych), które są podstawą do określenia wielkości kryterialnych w procesie podejmowania decyzji. Natomiast ortogonalizacja ma na celu wyznaczenie składowych ortogonalnych przebiegu sinusoidalnego celem obliczenia jego amplitudy i fazy.

Pomiary cyfrowe służą do określenia wielkości elektrycznych, które są podstawą do podjęcia decyzji przez zabezpieczenie. Są to tak zwane wielkości kryterialne zabezpieczenia. Odbywa się to w układzie mikroprocesorowym zgodnie z odpowiednimi algorytmami pomiarowymi.

Najczęstszym sposobem pomiaru amplitudy prądu przemiennego jest wykorzystanie składowych ortogonalnych. Łatwo bowiem zauważyć, że mając takie składowe wyznaczone dowolną metodą - np. dzięki filtracji SOI, opóźnieniu, lub zastosowaniu filtru Kalmana

26. Zalety przekazników cyfrowych.

27. nadprądowe zwłoczne

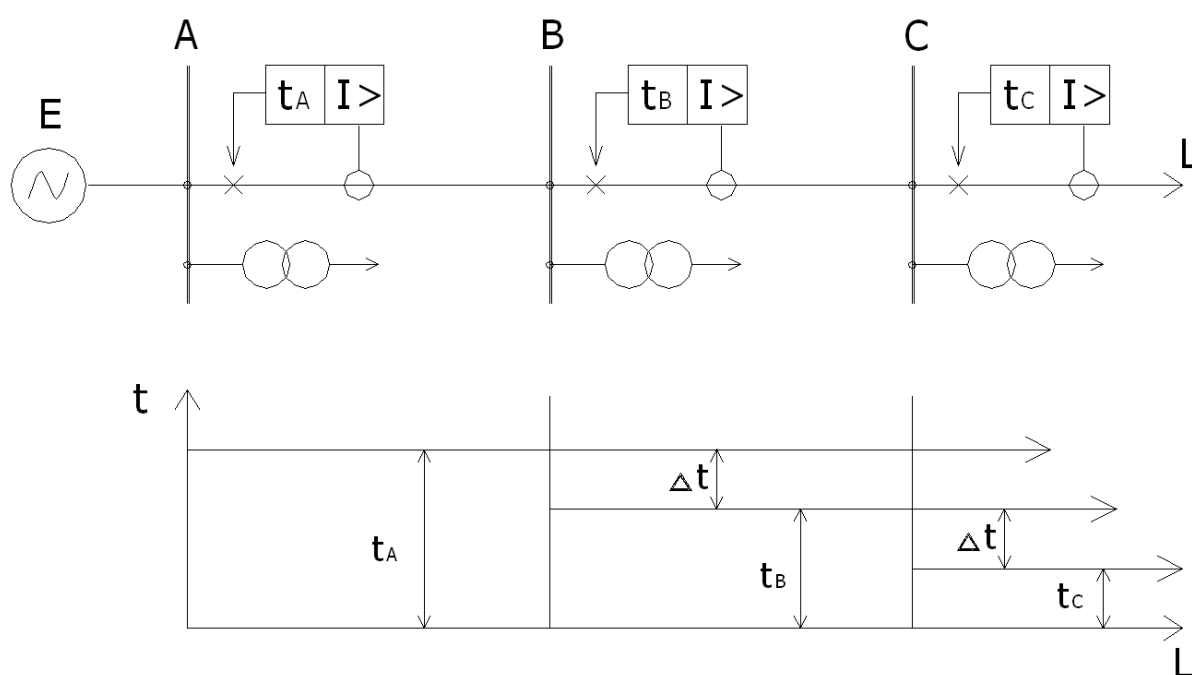
Zabezpieczenia nadprądowe zwłoczne

Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne jest **stosowane w liniach jednostronnie zasilanych**. Reaguje ono na wzrost natężenia prądu w chronionym odcinku sieci. Wybiórczość zabezpieczenia uzyskuje się przez zastosowanie odpowiedniej zwłoki czasowej wynikającej z zasady stopniowania czasów działania.

Czas działania zabezpieczenia jest dłuższy o czas stopniowania Δt od najdłuższego czasu działania dowolnego z zabezpieczeń odcinków sieci położonych dalej od źródła. Czas stopniowania powinien być jak najkrótszy. Minimalna wartość czasu stopniowania uwzględnia błędy czasowe zabezpieczeń oraz czas wyłączenia wyłącznika. Czas ten zawiera się od 0,2 do 0,8 s, najczęściej przyjmuje się 0,5s.

Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne **zapewnia rezerwę zdalną**.

(E – umowne źródło zasilania)



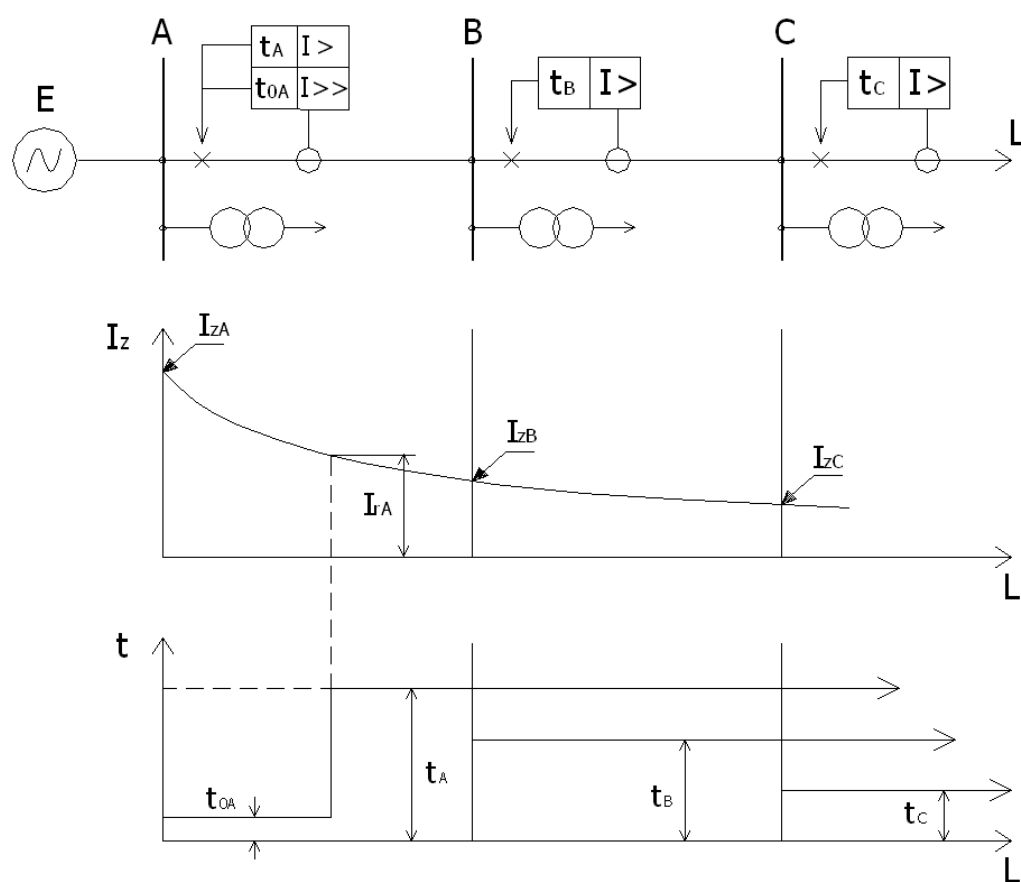
28. nadprądowe bezzwłoczne.

Zabezpieczenia nadprądowe bezzwłoczne

Wybiórczość działania zabezpieczenia nadprądowego bezzwłocznego uzyskuje się przez **odpowiednie nastawienie prądu rozruchowego** stosownie do zmian wartości prądu zwarcia wzdłuż impedancji linii promieniowej. Zabezpieczenie nadprądowe bezzwłoczne ($I >>$), zwane odcinającym lub zwarciovym, **zwykle współpracuje z zabezpieczeniem nadprądowym zwłocznym** ($I >$), dzięki czemu czasy wyłączenia zwarć bliskich źródła zasilania są małe.

Czas t_{0A} przedstawiony na rys. 4.11 może być czasem własnym zabezpieczenia odcinającego lub celowo wprowadzonego opóźnienia (0,05÷0,30)s w celu skoordynowania jego działania z bezpiecznikami topikowymi po stronie wysokiego napięcia w sieciowych stacjach transformatorowych SN/nn.

Rys. 4.11. Zabezpieczenie nadprądowe bezzwłoczne i zwłoczne: a) schemat ideowy układu; b) wartość prądu zwarcia trójfazowego w zależności od miejsca zwarcia; c) charakterystyka czasowa zabezpieczeń linii. Oznaczenia: I_{rA} – prąd rozruchowy zabezpieczenia odcinającego w stacji A, I_{zA} , I_{zB} , I_{zC} - prąd zwarcia w stacji A, B, C



29. zwłoczne z blokadą kierunkową.

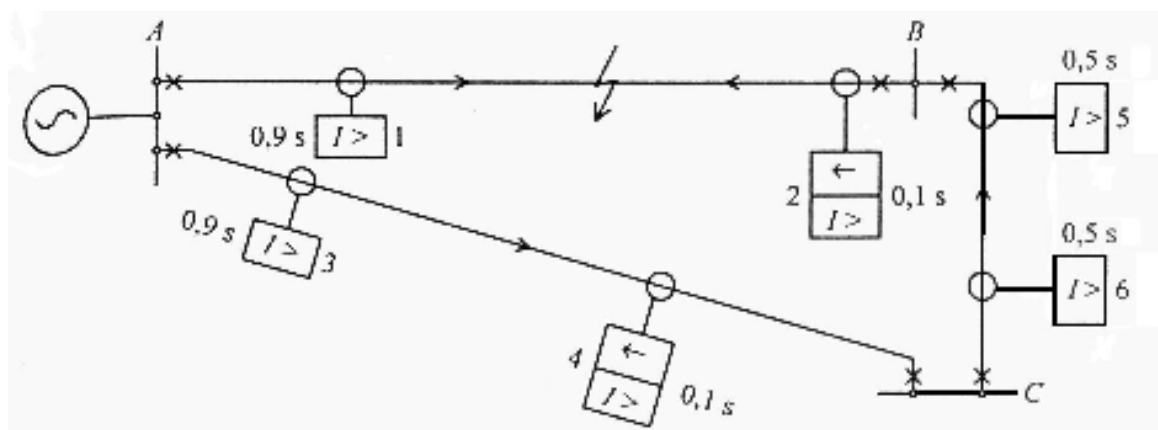
Zabezpieczenia nadprądowe z blokadą kierunkową

Zabezpieczenia nadprądowe zwłoczne nie spełniają warunków selektywności działania w przypadku linii pracujących równolegle lub w układzie zamkniętej pętli. W takich układach selektywność uzyskuje się dzięki wprowadzeniu do zabezpieczeń nadprądowych członu kierunkowego.

Człon kierunkowy zezwala na **działanie zabezpieczenia nadprądowego zwłocznego, jeżeli podczas zwarcia przepływ energii następuje od szyn zbiorczych stacji do linii. W przeciwnym przypadku tzn. przepływu prądu zwarciovego od linii do szyn zbiorczych działanie zabezpieczenia jest blokowane.**

Przykład zastosowania przekładników nadprądowo-kierunkowych zwłocznych do zabezpieczenia sieci pierścieniowej przedstawiono na rys.4.12. Nie wszystkie przekładniki muszą mieć człony kierunkowe. Nie wymagają ich zabezpieczenia na tych końcach linii, gdzie nie wstępuje zmiana kierunku przepływu mocy zwarciovowej (stacja A). Natomiast tam, gdzie taka zmiana zachodzi (stacje B i C), człony kierunkowe są niezbędne tylko dla zabezpieczeń o krótszym czasie działania.

Rys. 4.7. Przykład zastosowania przekładników nadprądowo-kierunkowych zwłocznych do zabezpieczenia sieci pierścieniowej



Właściwe nastawienie zabezpieczeń nadprądowych z blokadą kierunkową polega na:

- nastawieniu (obliczeniu) odpowiedniej wartości prądu rozruchowego członów prądowych,
- odpowiednim przyłączeniu członu kierunkowego,
- doborze nastawień członów czasowych zapewniających wybiórczość

działania.

30. odległościowe.

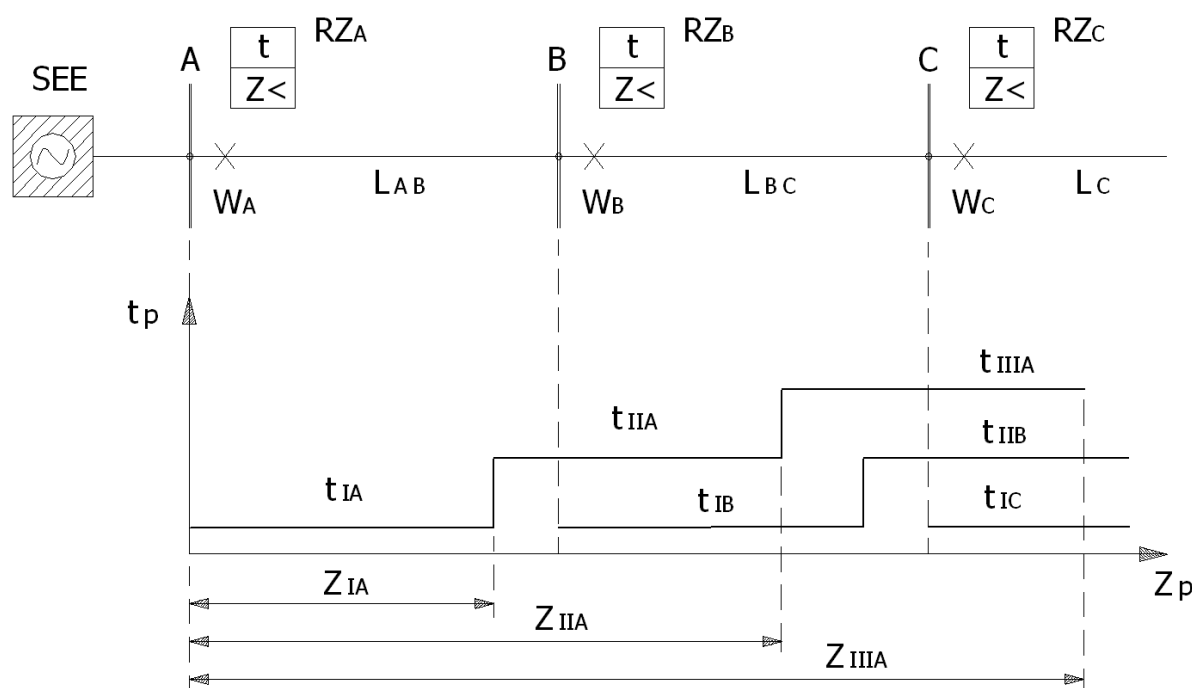
Zabezpieczenia odległościowe

Zabezpieczenie odległościowe, nazywane często zabezpieczeniem **podimpedancyjnym**, jest najbardziej uniwersalnym zabezpieczeniem linii elektroenergetycznej. Zabezpieczenie to jest stosowane w sieciach SN, jeśli prostsze zabezpieczenia nie zapewniają wymaganej czułości, wybiórczości lub szybkości działania.

W porównaniu z zabezpieczeniem nadprądowym zwłocznym jest ono znacznie szybsze, w stosunku do zabezpieczenia nadprądowego bezzwłocznego znacznie czulsze. Nad zabezpieczeniem różnicowo-prądowym przeważa tym, że jego działanie nie zależy od sprawności łącza.

Czas działania zabezpieczenia jest funkcją impedancji (odległości) mierzonej przez przekąznik. Zwarcia bliskie miejsca zainstalowania zabezpieczenia, patrząc od szyn w kierunku chronionej linii, są wyłączane prawie natychmiast, natomiast dalsze z pewnym opóźnieniem, według zasady, że im dalej nastąpiło uszkodzenie, tym czas działania jest większy.

W celu uzyskania możliwości łatwego odstrajania się od nastaw poszczególnych zabezpieczeń w ciągu liniowym **charakterystyka robocza zabezpieczenia odległościowego ma kształt linii schodkowej**. Na rys. 4.14. przedstawione zostały charakterystyki czasowo-impedancyjne przekązników odległościowych R_{ZA} , R_{ZB} i R_{ZC} zainstalowanych w sieci promieniowej złożonej z linii L_{AB} , L_{BC} i L_C .



31. różnicowe wzdłużne.

Zabezpieczenia różnicowe

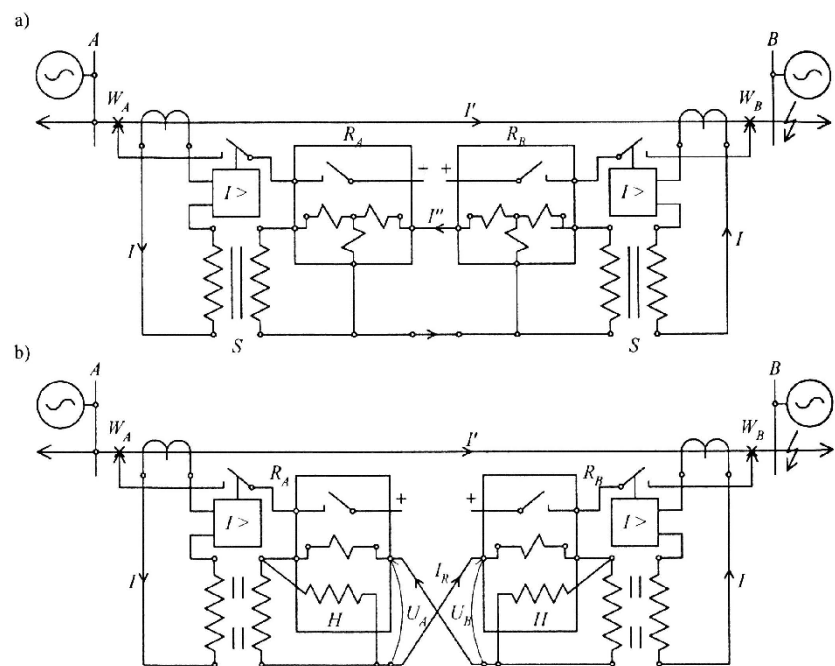
W sieciach średnich napięć **zabezpieczenia różnicowe wzdłużne stosuje się w przypadku gdy zwykle stosowane zabezpieczenia**, nadprądowe zwłoczne i bezzwłoczne oraz nadprądowe zwłoczne z blokadą kierunkową, **nie zapewniają odpowiedniej selektywności, czułości i szybkości działania.**

Zabezpieczenie to składa się dopasowanych fabrycznie dwóch półkompletów zainstalowanych oddzielnie na obydwu końcach zabezpieczanego obiektu (np. linii elektroenergetycznej). Oba półkomplety połączone są łączem pilotującym. Ponadto w celu zminimalizowania wpływu prądów uchybowych na pracę zabezpieczenia, przekaźniki różnicowe wykonuje się jako stabilizowane.

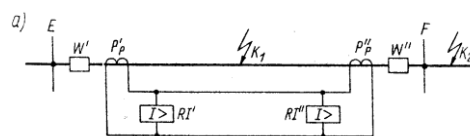
Wyróżnia się dwie podstawowe zasady realizacji zabezpieczeń różnicowych linii:

- z porównaniem prądów,
- z porównaniem napięć (proporcjonalnych do prądów).

W układzie z porównaniem prądów (rys.4.12a) przy zwarcie zewnętrznym (lub przy normalnym obciążeniu linii) prądy wyjściowe I'' sumowników S mają zgodny kierunek i zamykają się poprzez łącze pilotowe i uzwojenia hamujące przekaźników różnicowych. **Przy wystąpieniu zwarcia wewnętrznego** w linii prądy na obu końcach linii mają kierunki wzajemnie przeciwne i zamykają się przez uzwojenia robocze przekaźników, które działają i powodują obustronne wyłączenie linii



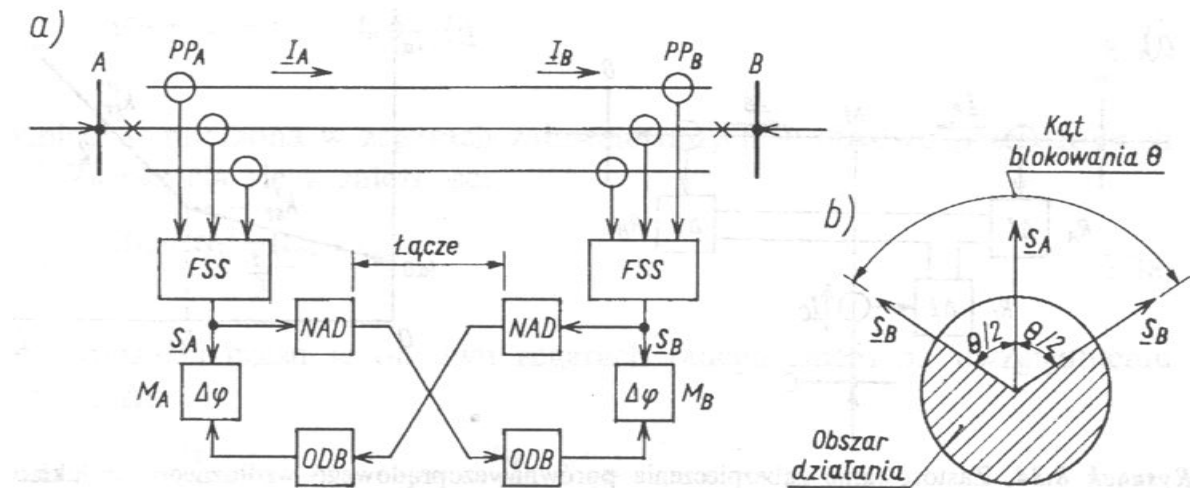
W układzie z porównaniem napięć (rys. 4.12b) w sytuacji normalnej (brak zwarcia wewnętrznego) napięcia wyjściowe sumowników na obu końcach są sobie równe ($U_A \approx U_B$) i skierowane w obwodzie roboczym przeciwnie (prąd I_R bliski zera). **Przy wystąpieniu zwarcia wewnętrznego** napięcia wyjściowe sumowników (U_A i U_B) w obwodzie roboczym mają kierunki zgodne, powodując przepływ prądu I_R i zadziałanie przekaźników, a w konsekwencji obustronne wyłączenie linii.



32. porównawcze wzdlużne.

Zasada działania zabezpieczenia porównowczofazowego polega na porównaniu wartości fazy prądów płynących na końcach chronionego odcinka linii (rys.5.10).

Rys. 5.10. Zasada porównywania argumentów w zabezpieczeniach porównawczofazowych: a) uproszczony schemat zabezpieczenia jednosystemowego; b) obszary działania i blokowania zabezpieczenia



Przełączniki porównawczofazowych zainstalowane na końcach chronionego odcinka linii połączone są za pomocą dwóch częstotliwościowych kanałów łączności. Informacja o wartości fazy prądów uzyskana z filtru składowej symetrycznej FSS, na początku i końcu linii, przekształcana jest na jednofazowy prąd lub napięcie. Sygnały $\underline{S}_A$ i $\underline{S}_B$ proporcjonalne do tego prądu lub napięcia są odpowiednio kodowane i przesyłane do członów pomiarowych M_B .

Łącze pilotujące zabezpieczenia jest samoczynnie stale kontrolowane i w przypadku jego uszkodzenia następuje automatyczne zablokowanie zabezpieczenia.

W ważnych liniach przesyłowych NN stosuje się trójsystemowe zabezpieczenia porównawczofazowe, które mają trzy oddzielne systemy pomiarowe, dla każdej z faz L1 – L3 osobno.

W zabezpieczeniach trójsystemowych spotyka się przełączniki porównawczofazowe, które porównują nie tylko dodatnie półokresy prądów, ale także półokresy ujemne, co bardzo poprawia pewność działania zabezpieczeń, zwłaszcza gdy w prądzie zwarciovym występują sygnały nieokresowe.

33. ziemnozwarciowe w sieci SN.

Rodzaj zabezpieczenia ziemnozwarciowego zależy od sposobu pracy punktu neutralnego sieci. Wyróżnia się tutaj trzy rodzaje pracy punktu neutralnego sieci: sieć izolowana, sieć skompensowana, sieć uziemiona przez rezystor.

- **W sieci z izolowanym punktem neutralnym** jako uniwersalne zabezpieczenia ziemnozwarciowe są widziane zabezpieczenia w postaci **przełączników kierunkowych na składową bierną prądu zerowej kolejności faz lub przełączników admitacyjnych**. W wielu przypadkach wystarczają jednak proste przełączniki prądowe na $3I_0$. Wymagana jest sygnalizacja i rejestracja wystąpienia doziemienia tj. wzrostu napięcia $3U_0$ powyżej określonej wartości (np. przez liczniki doziemień) oraz pomiar i ewentualna rejestracja wartości napięcia $3U_0$.
- **W sieci z kompensacją prądów ziemnozwarciowych** powinny być stosowane zabezpieczenia ziemnozwarciowe w postaci:
 - **przełączników kierunkowych reagujących na składową czynną prądu zerowej kolejności faz**, lub lepiej, kierunkowych rezystancyjnych, współpracujące z automatyką wymuszania składowej czynnej prądu doziemnego (tzw. AWSC);
 - **przełączników porównawczo admitacyjnych z automatyką wymuszania składowej biernej (AWSB)**.

W wielu przypadkach zastosowanie przełączników prądowych na $3I_0$ też jest możliwe, szczególnie w głębi sieci, gdy wartość pojemnościowego prądu doziemnego danego promienia (fragmentu sieci) jest wystarczająco mała.

Wymagana jest sygnalizacja i rejestracja wystąpienia doziemienia i działania AWSC. Zalecane jest oddzielne rejestrowanie wzrostu napięcia $3U_0$ i prądu $3I_0$ powyżej określonych wartości.

- **W sieci z uziemionym punktem neutralnym przez rezystor** mogą być stosowane proste zabezpieczenia nadprądowe zerowoprądowe albo admitacyjne.