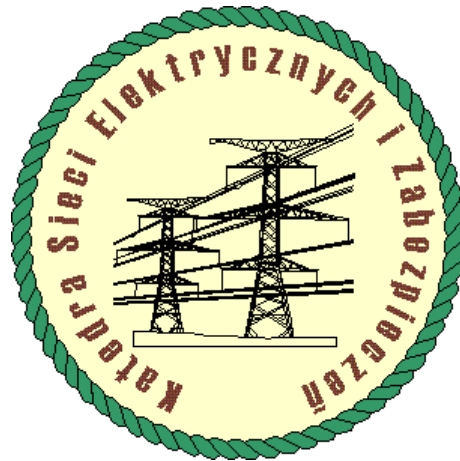


Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Katedra Sieci Elektrycznych i Zabezpieczeń



Badanie zabezpieczenia odległościowego linii WN

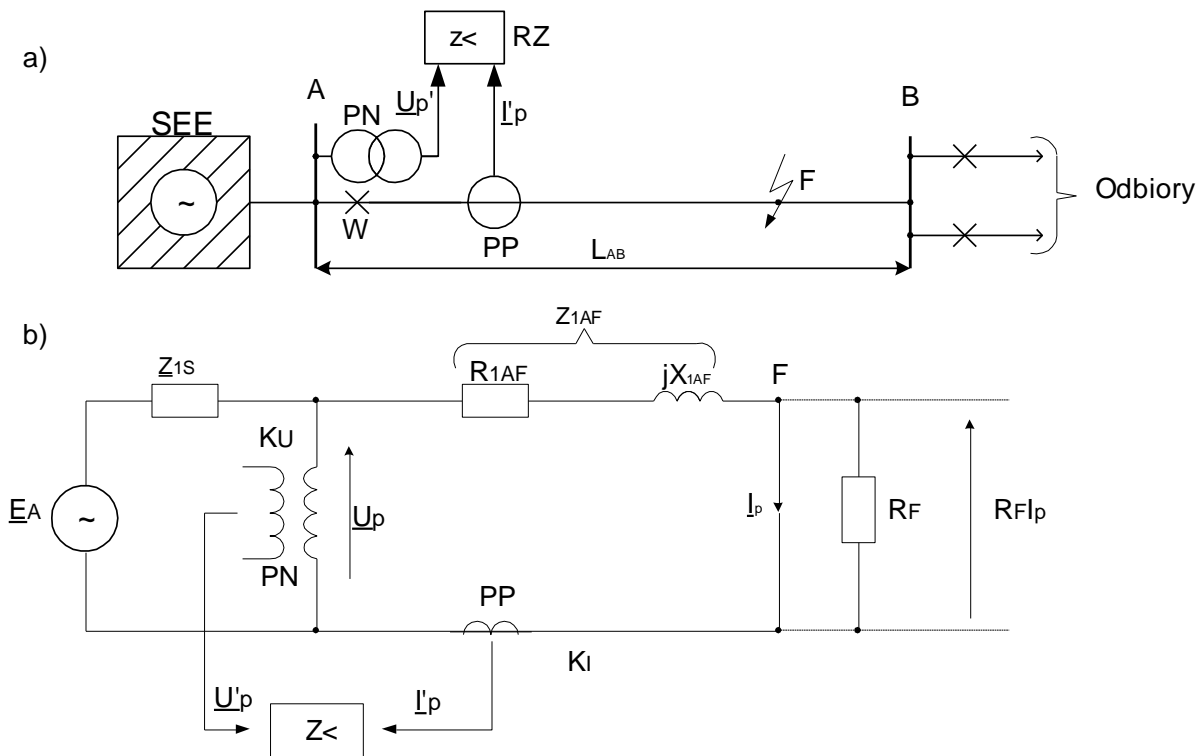
Badanie przekaźnika odległościowego LH1wc

Laboratorium EAZ

Celem ćwiczenia jest poznanie zasady działania zabezpieczenia odległościowego oraz przeprowadzenie pomiarów i badania charakterystycznych parametrów i członów przekaźnika.

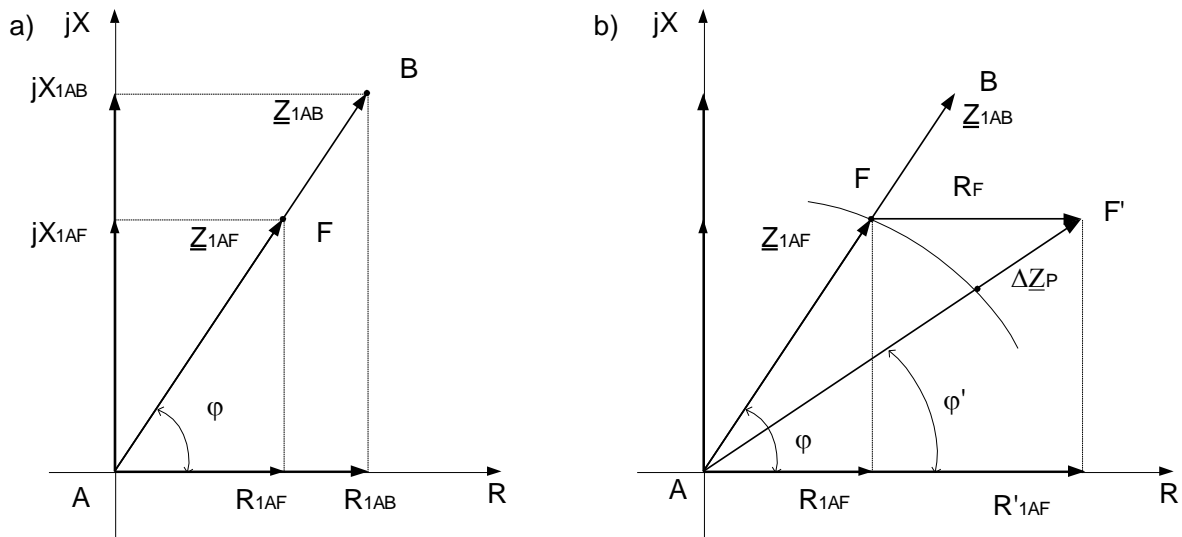
1. Wiadomości wstępne

Zwarciom wielkopiętrowym towarzyszy najczęściej jednoczesny wzrost prądu fazowego ponad wartość dopuszczalnego, długotrwałego obciążenia danego elementu elektroenergetycznego i obniżenia się napięcia fazy lub faz dotkniętych zwarcie. Oznacza to, że przez pomiar ilorazu napięcia i prądu, czyli impedancji (kryterium podimpedancyjne), możliwe jest wykrycie stanu zwarcia w danym obiekcie elektroenergetycznym. Przekładniki odległościowe działają właśnie na zasadzie pomiaru impedancji pętli zwarcia, od miejsca zainstalowania przekaźnika do miejsca zwarcia, jest to pośredni pomiar odległości stąd nazwa przekaźniki odległościowy. Zasada ta przedstawiona jest na rysunku 1.1



Rys. 1.1 Ogólna zasada pomiaru impedancji na przykładzie linii elektroenergetycznej a) układ pierwotny; b) schemat zastępczy obwodu zwarcia

W miarę zwiększania się odległości punktu pomiarowego od punktu zwarcia impedancja obwodu rośnie. Na rysunku 1.2 przedstawiona jest w sposób graficzny impedancja Z_{1AF} na płaszczyźnie impedancji zespolonej o współrzędnych R, jX .

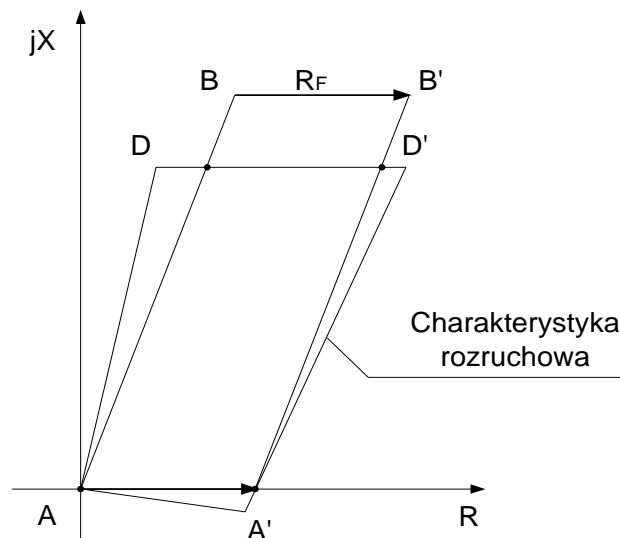


Rys. 1.2 Wektory impedancji mierzone w punkcie zabezpieczeniowym A podczas zwarć:
 a) bezpośredniego i b) pośredniego

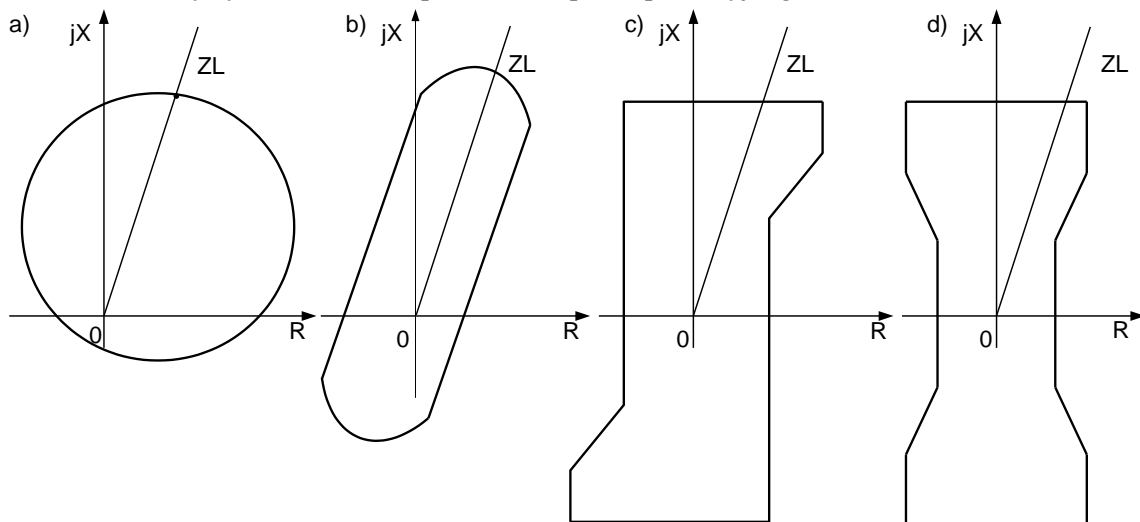
Jeżeli w obwodzie zwarciovym znajduje się tylko impedancja wzdłużna linii, a zwarcie ma charakter bezpośredni, wówczas wektor Z_{1AF} leży na prostej AB. Prosta ta jest nachylona względem osi rzeczywistej R pod kątem $\varphi = \arctg X_{AB}/R_{AB}$. Umieszczenie początku linii, tzn. punktu A ($R=0, X=0$), w początku układu współrzędnych oraz przyjęcie odpowiedniej skali impedancji zgodnej dla linii AB umożliwia optymalny dobór wartości i charakterystyk rozruchowych przekładników podimpedancyjnych. Jest to szczególnie ważne w przypadku, gdy zwarcie ma charakter pośredni, tj., gdy w miejscu zwarcia F występuje dodatkowa rezystancja przejścia R_F . Na rysunku 1.2b widać, że wektor impedancji Z_{1AF} łączy punkty A i F' a nie A i F. Wskutek obecności rezystancji R_F następuje powiększenie wektora impedancji Z_{1AF} o ΔZ_p (odcinek prostej na MF' na prostej AF'). Wywołuje to błąd w pomiarze wartości impedancji Z_p , a zatem i ocenie odległości do miejsca zwarcia.

Chcąc w sposób prawidłowy wyznaczyć odległość między punktami A i miejscem zwarcia F w linii AB niezależnie od charakteru zwarcia należy spowodować sytuację, w której człon pomiarowy, mierząc impedancję zabezpieczanego odcinka nie będzie reagował na rezystancję przejścia R_F . Jest to możliwe przy wybraniu nie jednej wartości rozruchowej a charakterystyki pokrywającej pewien obszar impedancji mierzonych podczas obydwu rodzajów zwarć, jak na (rys. 1.3). Ze względu na błędy występujące w pomiarze impedancji, wynikające z uchybu przekładni przekładników pomiarowych lub z niedokładności wyznaczenia rzeczywistej wartości impedancji zgodnej jednostkowej przewodów linii, ogranicza się zasięg działania zabezpieczenia do 80÷90 % długości linii AB. Działanie to umożliwia zapewnienie selektywnej pracy zabezpieczeń zainstalowanych w obiekcie. Przy zwarciu w liniach

odchodzących od stacji B zabezpieczenie w stacji A zareaguje ze zwłoką czasową wynikającą z zasady stopniowania, czyli z zwłoką czasową umożliwiającą prawidłowe i pewne zadziałanie zabezpieczenia umieszczonego w stacji B. Niezależnie od kształtu charakterystyki rozruchowej zadziałanie zabezpieczenia opartego na kryterium podimpedancyjnym nastąpi tylko wówczas, gdy wektor impedancji mierzonej znajdzie się wewnątrz charakterystyki rozruchowej.



Rys. 1.3 Obszar impedancji mierzonych podczas zwarć na linii AB z rys. 1.1. oraz możliwa charakterystyka rozruchowa przekąźnika podimpedancyjnego

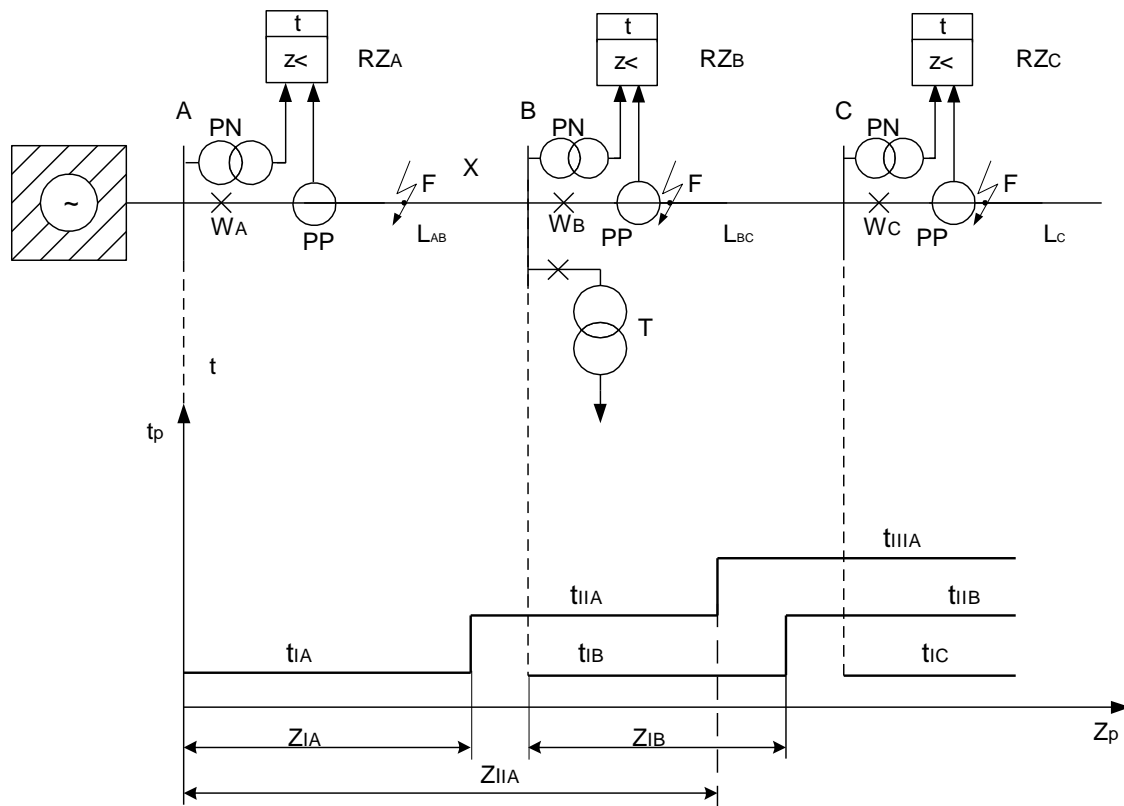


Rys. 1.4 Przykładowe charakterystyki rozruchowe w kształcie okręgu (a) oraz figur złożonych (b-d) stosowane w przekąźnikach najnowszej generacji) przekąźników podimpedancyjnych

1.1. Wielostrefowość przekąźników odległościowych

Podstawową zaletą przekąźników odległościowych jest ich wielostrefowość działania, która polega na tym, że przekąźnik zainstalowany w określonym obiekcie elektroenergetycznym, np. na linii przesyłowej, jest zdolny do wykrywania zwarć i wyłączania zwarć występujących na sąsiednich liniach, i to z czasem odpowiednio krótkim

w porównaniu z zabezpieczeniami nadprądowo-zwłocznymi.[1] Wynika to z charakterystyk czasowo-impedancyjnych przedstawionych na rys. 1.5 odpowiadających przekaźnikom odległościowym RZ_A, RZ_B, RZ_C zainstalowanych w sieci promieniowej.



Rys. 1.5 Charakterystyka czasowo-impedancyjna zabezpieczeń odległościowych na przykładzie sieci promieniowej.

Przełącznik pierwszy RZ_A ma trzy strefy działania Z_{IA} pierwsza strefa, Z_{IIA} druga strefa, Z_{IIIA} trzecia strefa działania. Czasy działania w pierwszej strefie t_{IA} przekaźników odległościowych jest nienastawialny i odpowiada czasowi własnemu. Strefa ta jest nazywana „strefą szybką”, a czas w niej działania „czasem szybkim”, w najnowszych rozwiązaniach przekaźników wynosi (30-50) ms, a w starszych, zwłaszcza elektromechanicznych (70-100) ms. Czasy pozostałych stref określa się zgodnie z zasadą stopniowania czasowego w taki sposób, aby zapewnić selektywność działania względem przekaźników zainstalowanych na sąsiednich odcinkach linii. Zasięg pierwszej strefy przyjmuje się najczęściej $80 \div 90\%$ długości podstawowej linii zabezpieczanej,

$$Z_{IA} = 0,85Z_{AB} \quad (1.1)$$

Chcąc nastawić tę wartość impedancji w przekaźniku, należy ją oczywiście przeliczyć na stronę wtórną przekładników prądowych i napięciowych zgodnie ze wzorem

$$Z'_{IA} = \frac{Z_{IA}}{K_z} \quad (1.2)$$

gdzie $K_z = K_U / K_I$

Zasięg drugiej strefy zabezpieczenia RZ_A wybiera się tak, aby nie przekroczyć zakresu pierwszej strefy RZ_B , co uzyskuje się przez dobór Z'_{IIA}

$$Z'_{IIA} \leq \left| \underline{Z}_{AB} + 0,5 \underline{Z}_{BC} \right| \cdot \frac{1}{K_z} \quad (1.3)$$

Jednocześnie zabezpieczenie zainstalowane w stacji A nie powinno działać przy zwarciah poza transformatorem zainstalowanym w stacji B, co można sprawdzić na podstawie zależności:

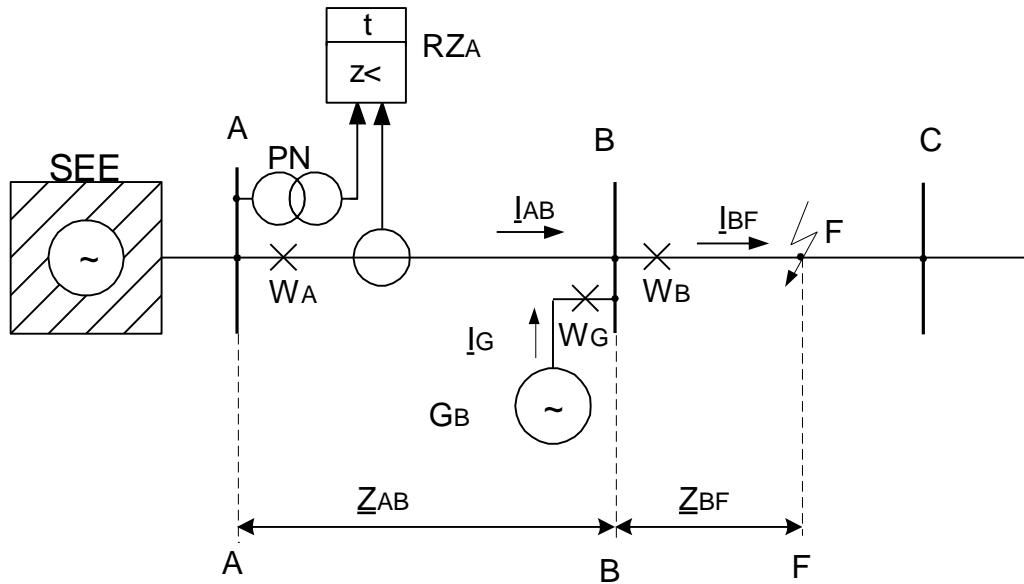
$$Z'_{IIA} \leq k_b \left| \underline{Z}_{AB} + \underline{Z}_T \right| \cdot \frac{1}{K_z} \quad (1.4)$$

gdzie $k_b = 0,8 \div 0,9$; Z_T – impedancja transformatora T.

Trzecia strefa zabezpieczenia w stacji A nie powinna sięgać dalej niż na 90% długości drugiej strefy najkrótszej linii odchodzącej ze stacji B, czyli powinna obejmować ok. 25% linii wychodzącej ze stacji B, co opisuje zależność

$$Z'_{IIIA} \leq \left| \underline{Z}_{AB} + \underline{Z}_{BC} + 0,25 \underline{Z}_{CD} \right| \cdot \frac{1}{K_z} \quad (1.5)$$

Często zasięg trzeciej strefy uzależnia się od największego zasięgu członów rozruchowych zabezpieczenia odległościowego. Przy rozpatrywaniu sposobu nastawiania zasięgu poszczególnych stref w zabezpieczeniu odległościowym trzeba pamiętać o zjawisku fałszowania pomiaru odległości w wyniku nie uwzględnienia zjawiska, tzw. „spływu prądowego w stacji sąsiedniej” czyli faktycznego stanu układu sieci. Są to zjawiska związane ze spływem prądów w danym węźle sieci wynikającym z obecności odczepów od linii, czy też generatorów produkujących energię elektryczną. Wyjaśnia to rysunek 1.6



Rys. 1.6 Wyjaśnienie pojęcia sływu prądów, powodującego fałszowanie pomiaru impedancji

Jeżeli zwarcie wystąpi w punkcie F, przekaźnik RZ_A powinien zmierzyć impedancję

$$\underline{Z}_p = \underline{Z}_{AF} = \underline{Z}_{AB} + \underline{Z}_{BF} \quad (1.6)$$

w rzeczywistości mierzy zaś

$$\underline{Z}_p = \frac{U_p}{I_p} = \frac{I_{AB} \cdot \underline{Z}_{AB} + I_{BF} \cdot \underline{Z}_{BF}}{I_{AB}} = \underline{Z}_{AB} + \frac{I_{BF}}{I_{AB}} \cdot \underline{Z}_{BF} \quad (1.7)$$

Przyjmując, że $I_{BF}/I_{AB} = k_{rg}$ jest współczynnik rozgałęziowości, otrzymujemy ostatecznie

$$\underline{Z}_p = \underline{Z}_{AB} + k_{rg} \underline{Z}_{BF} \quad (1.8)$$

Z porównania równań (1.6) i (1.8) widać, że zjawisko sływu prądowego jest powodem zwiększenia wartości impedancji mierzonej przez przekaźnik RZ_A, co oznacza skrócenie zasięgu strefy drugiej Z_{IIA}, i trzeciej Z_{IIIA}. W celu uniknięcia nieprawidłowego, nieselektywnego zadziałania zabezpieczenia pod wpływem opisanego zjawiska należy wprowadzić współczynnik rozgałęziowości k_{rg} do wzorów wyznaczających Z_{IIA}, i Z_{IIIA}.

$$\underline{Z}'_{IIA} \leq \left| \underline{Z}_{AB} + 0,5 k_{rg} \underline{Z}_{BC} \right| \cdot \frac{1}{K_Z} \quad (1.9)$$

$$\underline{Z}'_{IIIA} \leq \left| \underline{Z}_{AB} + k_{rg} (\underline{Z}_{BC} + 0,25 \underline{Z}_{CD}) \right| \cdot \frac{1}{K_Z} \quad (1.10)$$

Z analizy układu z rysunku 1.5 można zauważyć, że cenną zaletą zabezpieczeń odległościowych jest zdolność zdalnego rezerwowania zabezpieczeń zainstalowanych w liniach sąsiednich.

1.2. Rodzaje przekaźników odległościowych

Rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje przekaźników odległościowych, których odmiennosć uwydatnia się wyraźnie w rozwiązaniach analogowych. Są to:

- przekaźniki jednosystemowe,
- przekaźniki wielosystemowe.

Przekaźniki jednosystemowe mają jeden człon pomiarowy (mierzący), do którego w trakcie zwarcia doprowadzane są odpowiednie wielkości napięcia i prądu pętli zwarciowej, w zależności od rodzaju zwarcia. Zwarcie wykrywają i identyfikują jego rodzaj człony rozruchowe przekaźnika, które oddziałują na człon logiczny doprowadzający wybrane wielkości pomiarowe do wejść członu mierzącego. Przekaźniki te, ze względu na długi czas własny działania w strefie pierwszej (50-100) ms (co jest ich wadą), stosowane są w sieciach przemysłowo-rozdzielczych. Dlatego w sieci WN zwłaszcza w sieciach najwyższych napięć, stosuje się przekaźniki mające wiele systemów, członów pomiarowych stąd nazwa *przekaźniki wielosystemowe*. Wśród przekaźników odległościowych analogowych spotyka się najczęściej dwa rozwiązania: cztero lub sześćosystemowe, współpracujące z taką samą liczbą członów rozruchowych spełniających te same zadania, co w przekaźnikach jednosystemowych. Klasycznym przykładem czterosystemowego przekaźnika odległościowego jest rozwiązanie, w którym istnieją trzy człony pomiarowe reagujące na zwarcia jedno fazowe lub zwarcie trójfazowe oraz jeden człon pomiarowy działający podczas zwarć dwufazowych. Przekaźniki sześćosystemowe posiadają trzy człony pomiarowe reagujące na zwarcia jednofazowe i trzy człony na zwarcia między fazowe. Przy dowolnym rodzaju zwarcia zawsze przynajmniej jeden człon pomiarowy poprawnie mierzy impedancję zwarciową linii. Przekaźniki te należą do zabezpieczeń bardzo szybkich (w strefie I) ich czas własny działania wynosi od 1 do 1,5 okresu częstotliwości sieciowej.

1.3. Podsumowanie wiadomości dotyczących przekaźników odległościowych

Przekaźnik odległościowy charakteryzuje się tym, że czas jego zadziałania jest funkcją odległości punktu zwarcia do miejsca zainstalowania przekaźnika. Miarą tej odległości jest impedancja pętli zwarciowej. Przekaźnik odległościowy nie określa rzeczywistej impedancji występującej przy zwarcia, ustala tylko, czy jest mniejsza od wartości nastawionej. Przekaźniki odległościowe znalazły zastosowanie w sieciach średniego i wysokiego napięcia o złożonej konfiguracji i tam, gdzie nie można uzyskać należytej czułości, wybiórczości lub szybkości działania zabezpieczenia nadprądowego. O ich stosowaniu decydują następujące zalety:

- krótkie czasy działania,
- samoczynne dostrajanie do zmian konfiguracji systemu elektroenergetycznego,
- krótki czas zadziałania rezerwowego,
- uniwersalność.

Wadę stanowi niemożliwość objęcia zasięgiem pierwszej strefy całego odcinka zabezpieczanego.

Pomiar odległości między punktem zwarciovym i punktem zabezpieczeniowym jest utrudniony przez następujące czynniki:

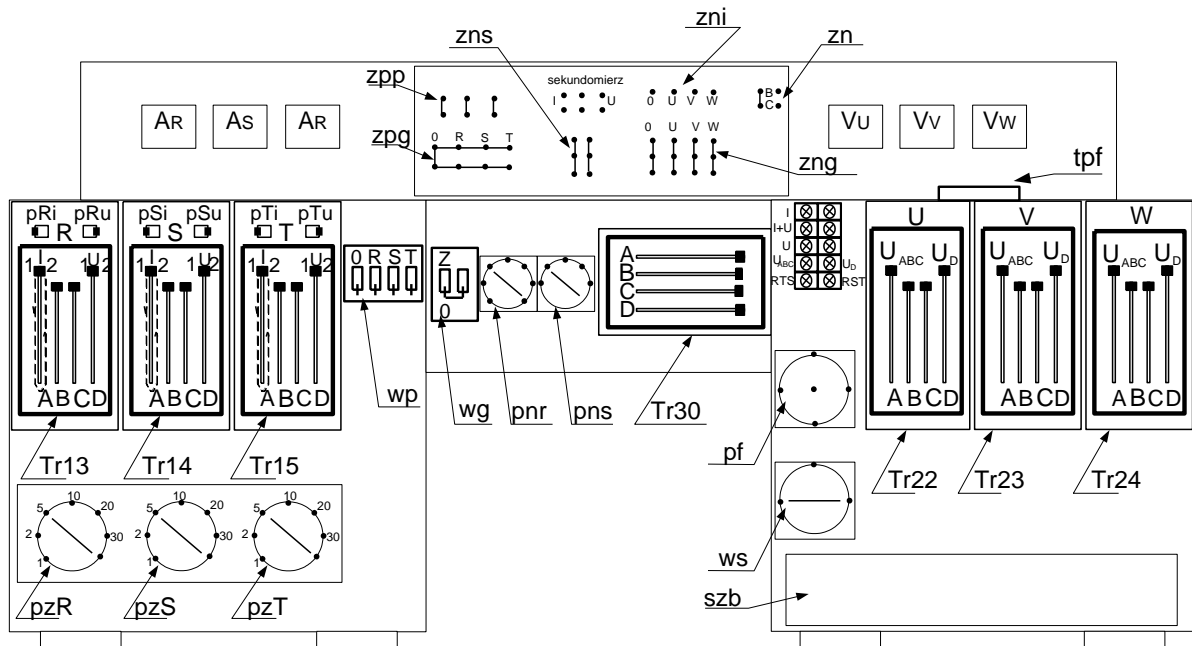
- fałszowanie pomiarów odległości wskutek spływu prądów,
- kołysania mocy w systemie elektroenergetycznym,
- występowania rezystancji przejścia w punkcie zwarciovym,
- uchyb przekładników prądowych i napięciowych.

W skład każdego przekaźnika odległościowego wchodzi odpowiednie człony podstawowe: rozruchowy, pomiarowy, czasowy, kierunkowy, przełączający, nastawczy. Oprócz tych zasadniczych członów przekaźnik może posiadać człon sygnałowy, człon blokady kołysaniowej, człon SPZ.

2. Charakterystyka stanowiska laboratoryjnego typu SL-5

2.1. Opis ogólny

Stanowisko laboratoryjne typu SL-5 służy do badań statycznych aparatury przekaźnikowej ze szczególnym uwzględnieniem przekaźników odległościowych konwencjonalnych i tranzystorowanych oraz przekaźników kierunkowych mocy. Stanowisko typu SL-5 wykonane jest jako stacjonarne. Na rys.2.1 pokazano widok ogólny stanowiska.



Rys. 2.1 Widok ogólny stanowiska laboratoryjnego typu SL-5

Oznaczenia:

pzR; pzS; pzT - przełączniki zakresów prądów fazowych,

wp - wyłączniki prądu,

zpp - zaciski pomiarowe prądowe,

zpg - zaciski prądowe główne,

zni - zaciski napięciowe napięcia dodatkowego,

wg - wyłącznik główny napięcia pomocniczego,

pnr - przełącznik napięcia pomocniczego,

zns - zaciski napięcia stałego,

pns - przełącznik napięcia symetrycznego,

pf - pokrętło przesuwnika fazowego,

zng - zaciski napięciowe główne,

ws - wyłącznik sterowania,

zn - zaciski napięcia dodatkowego,
tpf- tarcza przesuwника fazowego,
gs - gniazda sieciowe (220 V~),
szb - szafka zabezpieczeń,
Tr 13; Tr 14; Tr 15 - autotransformatory regulacji wartości prądu,
Tr 22; Tr 23; Tr 24 - autotransformatory regulacji wartości napięcia,
Tr 30 - autotransformator symetrycznej regulacji napięcia.

Stanowisko laboratoryjne posiada następujące obwody:

1. Główny obwód prądów przemiennych.
2. Główny obwód napięć przemiennych.
3. Obwód symetrycznej regulacji napięcia.
4. Obwód napięcia stałego.
5. Obwody sterowania i sygnalizacji.

2.2. Główny obwód prądów przemiennych

W głównym obwodzie prądowym zastosowano trójfazowe źródło prądu wyposażone w każdej fazie w autotransformatory regulacyjne z ciągłą regulacją prądu.

Dodatkowo w każdej fazie zabudowane są dwa układy regulacji dokładnej oparte na transformatorach dodawczych, pozwalające na regulację 2,8 % - wą i 1,4 % - wą prądów fazowych. Regulację ciągłą prądów fazowych można przeprowadzać w 7 podzakresach skokowych do następujących wartości prądu:

1 A	moc osiągalna	250 VA/f
2A	-//- -//-	500 VA/f
5A	-//- -//-	1000 VA/f
10A	-//- -//-	2000 VA/f
20A	-//- -//-	2000 VA/f
50A	-//- -//-	2000VA/f
100A	-//- -//-	2000VA/f

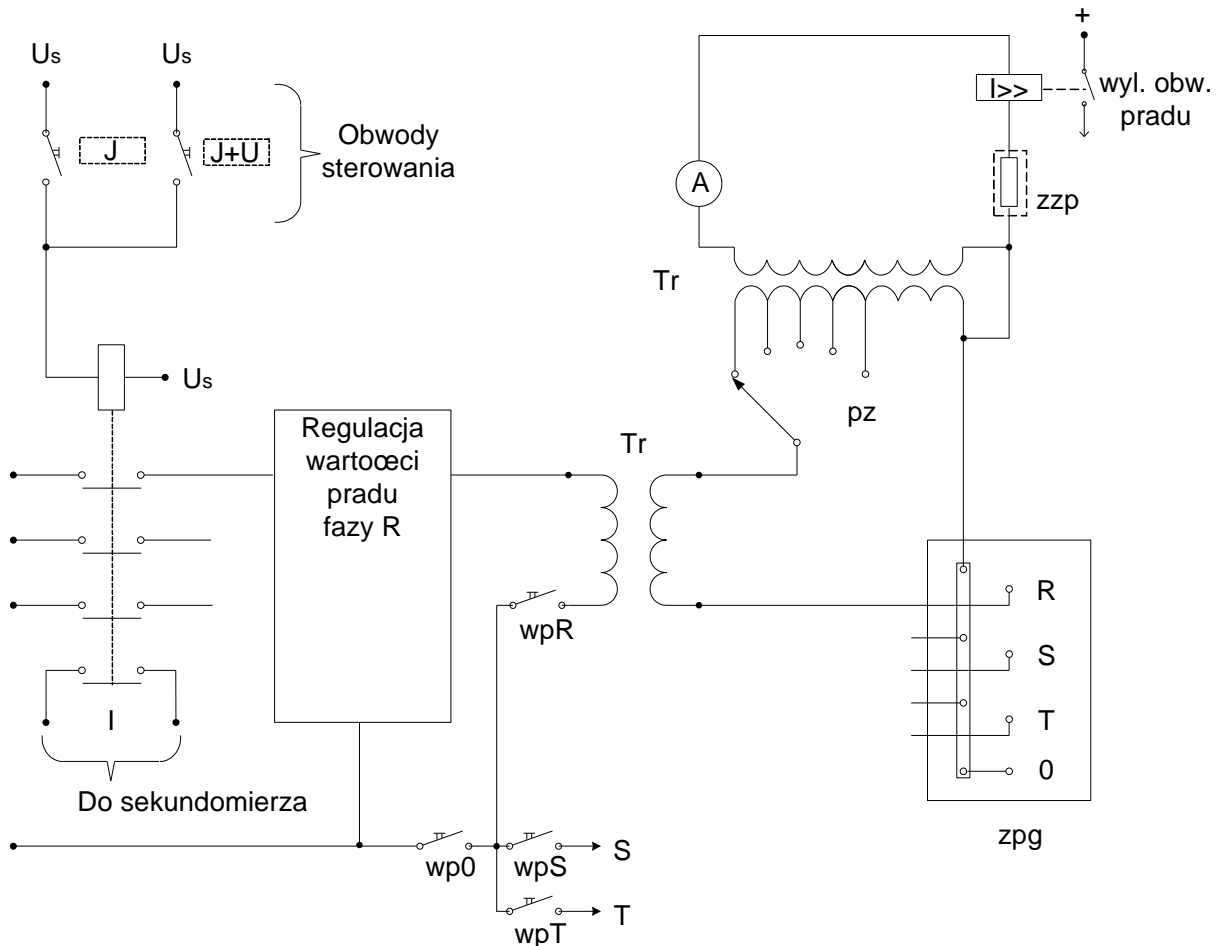
Na rys. 2.2 pokazano uproszczony schemat obwodów prądowych (jednej fazy).

2.2.1. Złączenie obwodów prądowych

Złączenie odbywa się przyciskami sterowniczymi:

[I] - załączenie obwodu prądu,

[I+U] - równoczesne załączenie obwodu prądu i obwodu głównego napięcia.



Rys.2.2 Schemat obwodów prądowych fazy R

Oznaczenia:

wp - wyłączniki prądów,

pz - przełączniki zakresów,

zpg - zaciski prądowe główne,

zpp - zaciski prądowe pomiarowe $I = (0 - 5)A$

Uwaga: przełączniki „wp” służą do modelowania rodzaju zwarcia, a jednocześnie zamykają obwody prądowe poszczególnych faz.

2.2.2. Pomiar wartości prądu

Wartość prądu można odczytać z amperomierzy zainstalowanych na stanowisku. Mierzą one wartości prądów fazowych i włączone są w główny obwód prądowy poprzez

przekładniki prądowe o przekładni uzależnionej od położenia przełączników zakresów prądowych „pz”. Zakres pomiarowy amperomierzy zawiera się w granicach 0 do 6A.

Wtórne obwody prądowe wyprowadzone są na zaciski „zpp”, pomiędzy które można włączyć amperomierze laboratoryjne o zakresie prądowym do 5A i które umożliwiają dokładny pomiar prądu.

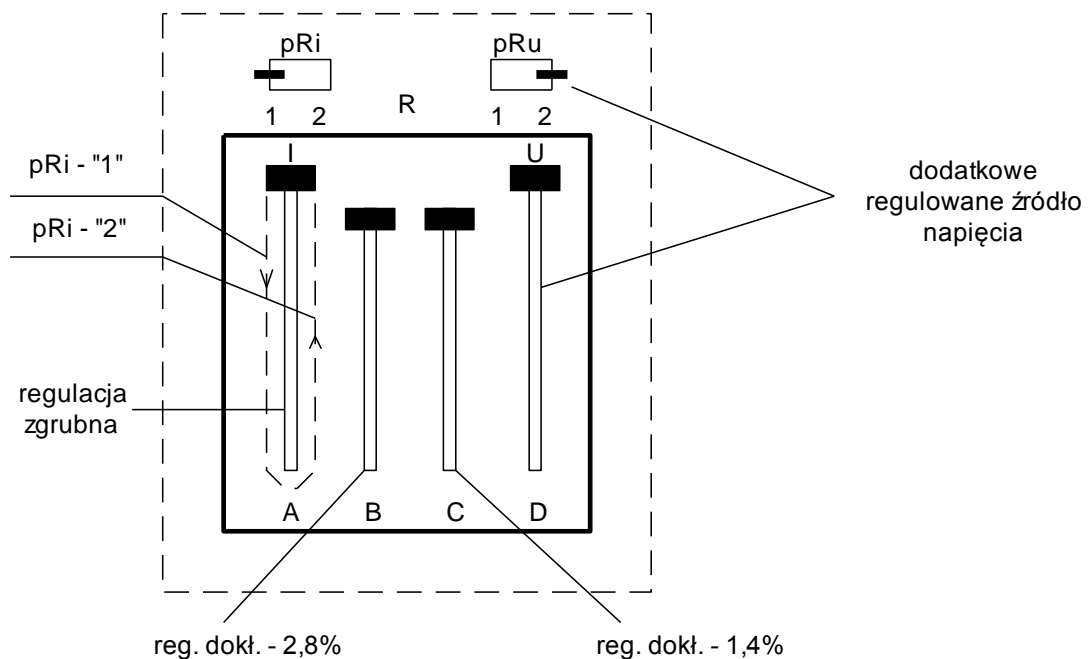
2.2.3. Zabezpieczenie obwodów prądowych

W obwodach prądowych wtórnych włączone są przekaźniki nadprądowe bezzwłoczne (w każdej fazie), które nastawione są na wartość prądu $I = 5,8A$ (rys 2.2). Po przekroczeniu tej wartości następuje wyłączenie obwodu prądowego.

2.2.4. Regulacja wartości prądów fazowych

W obwodach prądowych zabudowane są trzy autotransformatory regulacyjne, które pozwalają na uzyskanie zgrubnej i dokładnej regulacji prądu niezależnie dla każdej fazy.

Do wyboru zakresu prądów służą przełączniki „pz”. Należy je przełączać w stanie bezprądowym. Przełączniki „pz” należy ustawiać w pozycji odpowiadającej maksymalnej wartości wymaganego w danym układzie pomiarowym prądu. Na rys. 2.3 pokazano widok płyty czołowej regulatora w obwodzie prądowym.



Rys.2.3 Widok płyty czołowej regulatora w obwodzie prądowym fazy R

2.2.5. Regulacja zgrubna - suwak A

Przed załączeniem obwodu prądowego przełączniki „pRi”; „pSi” oraz „pTi” powinny znajdować się w położeniu „1” a suwaki autotransformatorów w górnym położeniu.

Po załączeniu obwodu prądu przesuwając uchwyt suwaka A w kierunku dolnego położenia zwiększamy wartość prądu. Gdy suwaku A znajdzie się w dolnym położeniu, należy w celu zwiększenia wartości prądu przełącznik dźwigienkowy przełączyć w położenie „2”. Wtedy ruchem suwaka A w górę powodujemy dalsze zwiększenie wartości prądu. Przejście do danej wartości prądu do zera należy wykonać w kolejności odwrotnej.

2.2.6. Regulacja dokładna

Do uzyskania dokładnej wartości prądu służą suwaki B i suwaki C autotransformatorów regulacyjnych.

- suwak B - umożliwia regulację do 2,8 % wartości maksymalnej dla danego zakresu,
- suwak C - umożliwia regulację do 1.4 % wartości maksymalnej dla danego zakresu.

Ruch suwaków w dół powoduje wzrost wartości prądu, a w górę - zmniejszenie wartości prądu.

2.2.7. Dodatkowe regulowane źródło napięcia

Suwak D autotransformatora może być wykorzystany jako dodatkowe źródło napięcia o zakresie regulacji wartości napięcia od 0 - 220 V/f. Regulację napięcia wykonujemy w analogiczny sposób jak regulację zgrubną prądu, z tym, że korzystamy tu z przełącznika dźwigienkowego „pRu”; „pSu”; „pTu”. Napięcie to jest wprowadzane na zaciski „zni”.

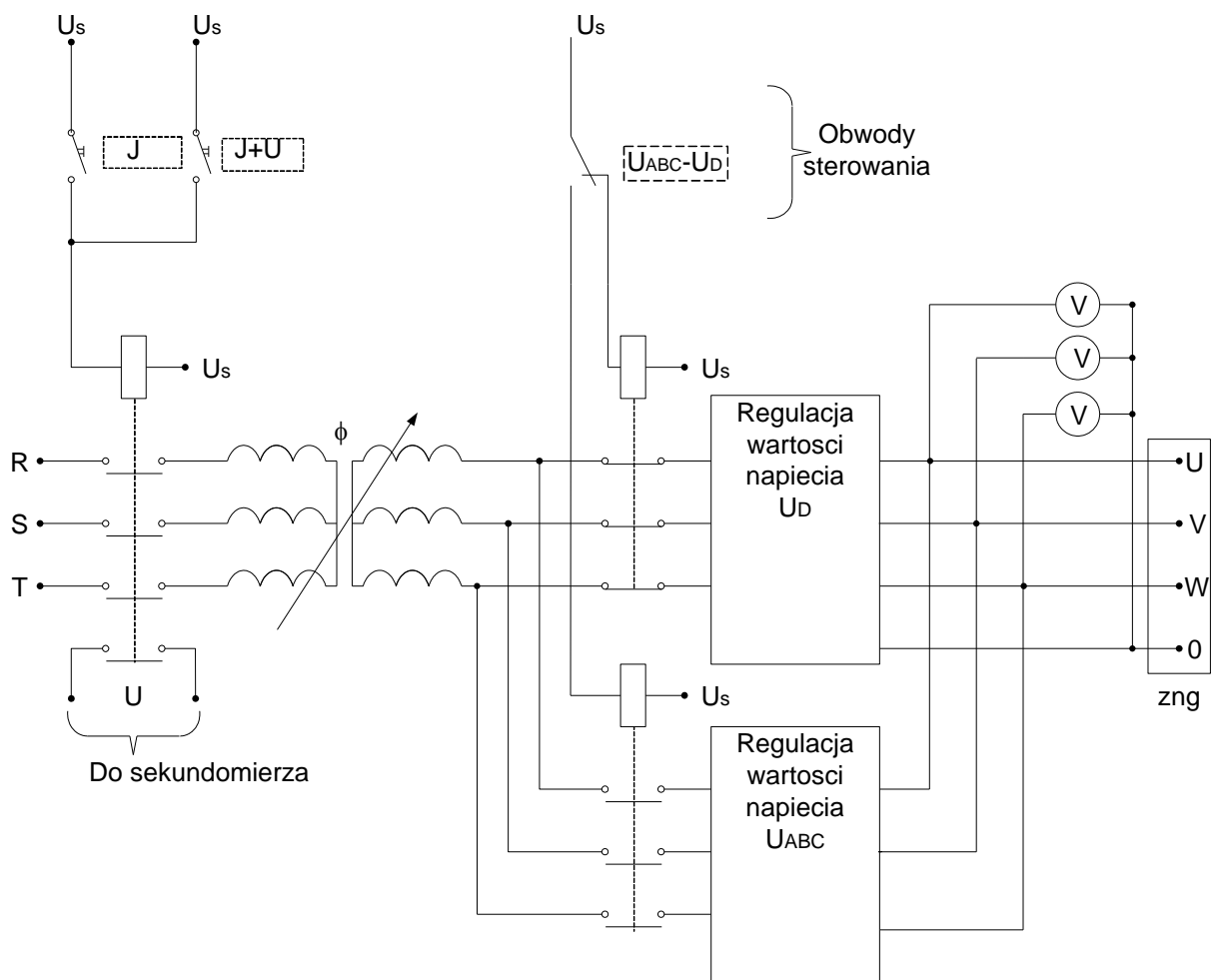
2.3. Główny obwód napięć przemiennych

Na rys. 2.4 pokazano uproszczony schemat głównego obwodu napięć przemiennych. Obwód napięciowy stanowiska wyposażony jest w każdej fazie w autotransformatory regulacyjne z ciągłą regulacją napięcia w zakresie 0-110 V/f. Dodatkowo w każdej fazie zabudowane są dwa układy regulacyjne oparte na transformatorach dodatkowych, pozwalające na regulację 5 %-wą i 2,5 %-wą napięć fazowych. Zastosowany w obwodzie napięć układ przełączający pozwala na bezprzerwowe przełączanie napięć z regulowanych (U_{ABC}) na napięcie $\frac{3 \cdot 100}{\sqrt{3}}$ (U_D) i odwrotnie. W obwodzie tym pracuje trójfazowy przesuwnik fazowy pozwalający na płynną regulację przesunięcia fazowego w stosunku do prądów i napięć

z innych układów. Regulację kąta przesunięcia fazowego wykonuje się pokrętkiem „ pf ” (rys. 2.1). Wartość kąta odczytuje się na tarczy przesuwnika fazowego. Pełny obrót tarczy stanowi dwa pełne kąty elektryczne tzn. 720° . Maksymalna obciążliwość układu napięcia wynosi 600 VA/f przy dopuszczalnym obciążeniu prądowym do 6,5 A.

2.3.1. Pomiar wartości napięć

Pomiar napięć fazowych odbywa się trzema woltmierzami klasy 2.5 włączonymi w główny obwód napięciowy.



Rys. 2.4. Uproszczony schemat głównego obwodu napięć przemiennych

Oznaczenia: zng - zaciski napięciowe głównego obwodu napięciowego.

2.3.2. Załączanie obwodu głównego napięcia

Załączanie odbywa się przyciskami sterowniczymi

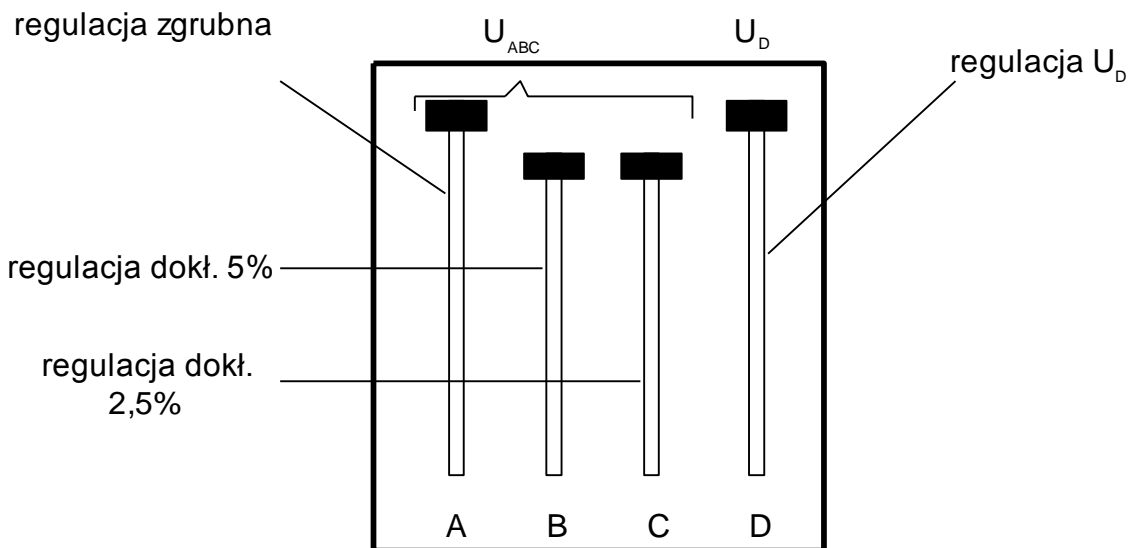
[U]- załączenie obwodu napięcia

[I + U]- równoczesne załączenie obwodu prądu i głównego obwodu napięciowego
Przełączenie rodzaju napięcia odbywa się przyciskiem sterowniczym [$U_{ABC} - U_D$]

- przycisk wciśnięty - załączone napięcie regulowane (U_{ABC}),
- przycisk wyciśnięty - załączone napięcie U_D .

2.3.3. Regulacja wartości napięć

Do regulacji wartości napięć służą suwaki autotransformatorów Tr22;Tr23.iTr24(rys. 2.1)
Rysunek poglądowy autotransformatora służącego do regulacji napięć jednej fazy pokazano poniżej.



Rys. 2.4 Widok płyty czołowej regulatora w obwodzie napięciowym

2.3.4. Regulacja napięcia U_{ABC}

Regulacja zgrubna - suwak A autotransformatora.

Regulacja dokładna:

- suwak B - do 5 % wartości maksymalnej,
- suwak C - do 2,5 % wartości maksymalnej.

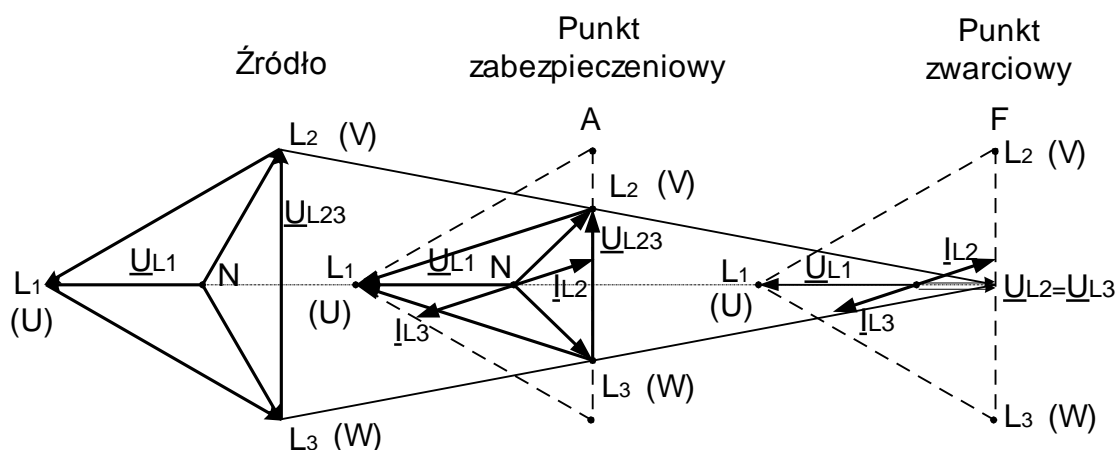
2.3.5. Regulacja napięcia U_D

Regulacji dokonujemy suwakiem D autotransformatora. Ruch suwaków w dół powoduje wzrost wartości napięcia, a w górę - zmniejszenie wartości napięcia.

2.3.6. Obwód symetrycznej regulacji napięcia

Układ elektryczny stanowiska pozwala na symetryczną regulację jednego dowolnie wybranego napięcia międzyprzewodowego, odwzorowując tym samym zależności kątowe w trójfazowym układzie napięć przy zwarceniu dwufazowym bez udziału ziemi. W układzie tym jest możliwość regulacji zgrubnej i dokładnej napięcia.

Wykres wskazowy napięć dla zwarcia dwufazowego przedstawiono na rys. 2.5



Rys. 2.5 Napięcie i prąd w punktach zabezpieczeniowych A i zwarcia F podczas bezpośredniego zwarcia dwufazowego L₂-L₃ (V-W). (L₁, L₂, L₃ nowe oznaczenia faz, U, V, W stare oznaczenia faz)

Symetryczna regulacja napięcia odbywa się w obwodzie napięć regulowanych (U_{ABC}), ale obwody regulacji symetrycznej zasilane są z obwodu napięcia normalnego (U_D). Dlatego też czynności regulacyjne powinny być wykonywane przy załączonych napięciach U_D .

Przejdźcie na układ symetrycznej regulacji napięcia wykonujemy w następujący sposób: dla dowolnie wybranego napięcia międzyprzewodowego np. dla faz zwartych V i W ustawiamy pokrętko przełącznika krzywkowego „pns” (rys. 2.1) w pozycję VW. Otrzymamy wtedy napięcie międzyprzewodowe VW regulowane, zaś w fazie U napięcie fazowe nieregulowane o wartości $\frac{100}{\sqrt{3}}$.

W analogiczny sposób można otrzymać symetryczną regulację napięcia międzyprzewodowego UV lub WU w zależności od ustawienia pokrętkła przełącznika krzywkowego „pns”. Należy pamiętać o uprzednim nastawieniu U_D o wartościach $\frac{100}{\sqrt{3}}$ suwakiem D autotransformatorów faz U, V, W w obwodzie głównym napięć.

2.3.7. Regulacja wartości wybranego napięcia międzyprzewodowego

- regulacja zgrubna - realizowana jest suwakiem A autotransformatora Tr 30 (rys.2.1),

Zakres regulacji - 0 - 100 V.

- regulacja dokładna - realizowana jest suwakiem D autotransformatora Tr 30,

Zakres regulacji - do 5 % wartości maksymalnej.

2.3.8. Dodatkowe źródło napięcia

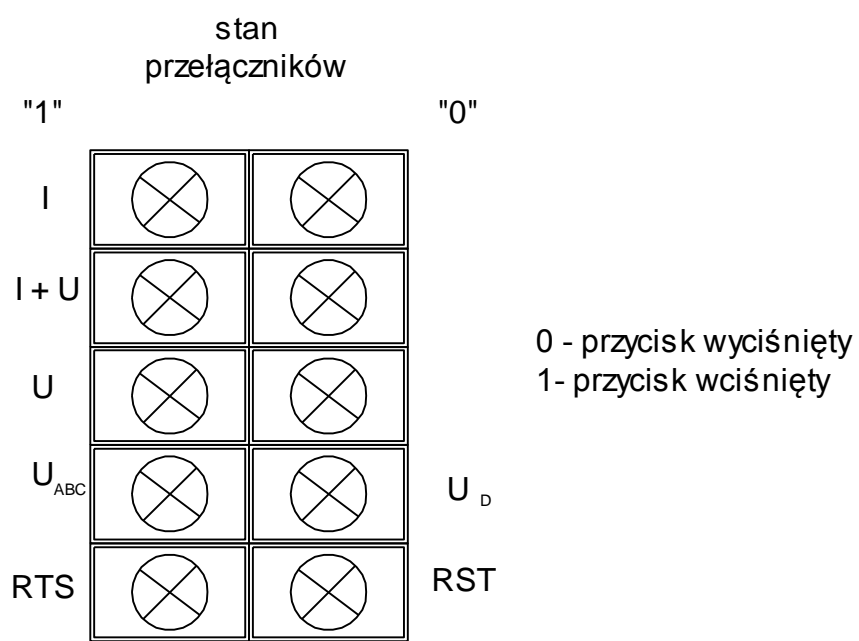
Napięcia uzyskane z suwaków B i C autotransformatora Tr 30, wyprowadzone są na zaciski „zn” (rys. 2.1) Zakres regulacji wartości napięcia-0- 50 V.

2.4. Obwody napięcia stałego

Załączenie obwodów napięcia stałego odbywa się przez ustawienie przełącznika „wg” w pozycję „z” (rys. 2.1). Przełącznikiem „pns” (przełącznik napięcia stałego; rys. 2.1) wybieramy żądane napięcie. Regulacja napięcia jest skokowa i możliwe jest uzyskanie następujących wartości napięć: 110V-30%; 110 V; 110 V+10%; 220 V-30%; 220 V; 220 V + 10 %. Napięcie stałe wyprowadzone jest na zaciski „zns” (np. 1.)

2.5. Obwody sterowania i sygnalizacji

Sterowanie - włączanie i wyłączanie obwodów prądowych i napięciowych; przełączanie napięć z regulowanych (U_{ABC}) na normalne (U_D) i odwrotnie oraz zmiana kolejności faz odbywa się przyciskami sterowniczymi. Elementami łączeniowymi są styczniki. O stanie załączenia poszczególnych obwodów informuje sygnalizacja świetlna umieszczona w przyciskach sterowniczych. Widok ogólny tablicy przycisków obwodów sterowania przedstawiono na rys. 2.6



Rys. 2.6 Widok ogólny tablicy przycisków obwodów sterowania

3. Opis zabezpieczenia odległościowego LH1 wc

3.1. Budowa i konstrukcja mechaniczna zabezpieczenia odległościowego LH1wc

Zabezpieczenie posiada czterostrefową charakterystykę impedancyjną o czterech stopniach czasowych (jeden stopień bezkierunkowy). Pobudzenie zabezpieczenia zapewniają trzy człony podimpedancyjna ZA posiadające charakterystykę w kształcie okręgu ze środkiem położonym w środku układu współrzędnych (R , jX). Wartość rozruchowa członu ZA w małym stopniu zależne są od wartości prądu i są nastawialne w szerokich granicach. Przy zwarcia z ziemią człony rozruchowe ZA przyłączane są na napięcia i prąd fazowy. Pomiar odległości od miejsca zwarcia oraz kierunku, przeprowadza człon pomiarowy CM. Pomiar przeprowadzony jest w układzie różnicowym, w oparciu o doprowadzone do zabezpieczenia napięcie zwarcia linii oraz spadek napięcia proporcjonalny do prądu zwarcia. Przy zwarcu na kierunku działania zabezpieczenia do członu pomiarowego CM doprowadzone są kolejno napięcia poprzez zestyki styczników czasowych odpowiadające zasięgom poszczególnych stref zabezpieczenia. Działanie członu pomiarowego CM powoduje wyłączenie wyłącznika w przypadku wystąpienia zwarcia na odcinku chronionym oraz przy impedancji od miejsca zwarcia mniejszej od nastawionej impedancji odwzorowującej chronioną linią [12]. Odchylenie częstotliwości w sieci nie wpływa na działanie zabezpieczenia, ponieważ jednakowo oddziałują na impedancje linii oraz na impedancję odwzorowującą. Człon pomiarowy jest niewrażliwy na kołysania mocy oraz w niewielkim stopniu uzależniony od oporności łuku.

Jednoczesne wyłączenie linii może być realizowane poprzez pracę zabezpieczeń z wydłużoną pierwszą strefą lub za pomocą łącza telekomunikacyjnego, przystosowanego do przesyłania rozkazów o charakterze wyłączającym.

Przy współpracy zabezpieczenia z łączem telekomunikacyjnym istnieje możliwość realizacji układów:

- Wydłużenia pierwszej strefy przy pierwszym wyłączeniu (układ współbieżny),
- Przesłanie impulsu wyłączającego na drugi koniec linii.

Zabezpieczenie może współpracować z drugim zabezpieczeniem odległościowym o krótszym czasie zadziałania przy zmienionym zakresie działania. Stan zadziałania sygnalizowany jest w zabezpieczeniu przy pomocy optycznych wskaźników zadziałania poszczególnych podzespołów. Możliwe jest również współdziałanie z zewnętrznym blokiem

sygnalizacyjnym, układem centralnej sygnalizacji stacji oraz z rejestratorami zakłóceń. Zabezpieczenie zasilane jest napięciem stałym 110V lub 220V prądu stałego.

3.2. Sposób działania członów zabezpieczenia LH1 wc

Dla przeprowadzenia poprawnego pomiaru impedancji przy zwarciach w sieci z uziemionym punktem zerowym, a tym samym określenia odległości do miejsca zwarcia konieczne jest wybranie odpowiedniego z sześciu napięć i sześciu prądów i doprowadzenie do członu pomiarowego CM. Prawidłowy wybór napięć i prądów w zabezpieczeniu dokonują człony rozruchowe ZA za pośrednictwem swoich styczników pomocniczych PA i odpowiednie wybrane wielkości doprowadzone są do członu CM. Człon rozruchowy ZA reaguje na stany zakłóceniami występujące na linii WN. Stwierdza występowanie zwarcia oraz jego rodzaj. Członem rozruchowym działającym tylko przy zwarciach doziemnych jest członem RLV. Stycznik pomocniczy PA i PE są uruchamiane przez człony rozruchowe. Poprzez zestyki styczników doprowadzone są odpowiednie do rodzaju zakłóceń, napięcia i prądy do obwodów pomiarowych przekaźnika indukcyjnego CM. Człon pomiarowy CM jest głównym członem zabezpieczenia odległościowego. Dokonuje on jednocześnie pomiaru odległości i kierunku miejsca zwarcia, przy czym odległość ta jest jednakowo mierzona dla zwarć międzyfazowych i z ziemią. Wysłanie impulsu wyłączającego do wyłącznika jest realizowane przez stycznik PD. W dalszej części opisana została budowa i znaczenie poszczególnych podzespołów zabezpieczeń odległościowych typu LH1wc.

3.2.1. Człon podimpedancyjny ZA

Zabezpieczenie odległościowe posiada w każdej z trzech faz człon rozruchowy, podimpedancyjny ZA (Z_{AR} , Z_{AS} , Z_{AT}). Człony te są podłączone na stałe do prądów i napięć odpowiednich faz i działają przy obniżeniu impedancji roboczej poniżej nastawionej wartości. Wartość rozruchowa członu ZA nie zależy od przesunięcia fazowego między prądem i napięciem i kierunkiem przepływu energii i na płaszczyźnie $Z(R, jX)$ ma kształt okręgu. Nastawienie wartości rozruchowej uzyskuje się przez zmianę liczby amperozwojów w obwodzie napięciowym, realizowana potencjometrem. Potencjometr wyskalowany jest w wartościach Ω/f i umożliwia nastawianie impedancji rozruchowej w zakresie:

$$1 - 7 \Omega \quad \text{dla } I_n = 5A$$

$$5 - 35 \Omega \quad \text{dla } I_n = 1A$$

3.2.2. Stycznik pomocniczy PA członów rozruchowych

W celu zwiększenia ilości zestyków i zdolności łączeniowej każdy człon podimpedancyjny jest wyposażony w styczniki pomocnicze PA (PA_R , PA_S , PA_T). Zestyki styczników pomocniczych dokonują przełączeń w obwodach prądów i napięć przemiennych oraz prądu stałego, członu pomiarowego CM i innych. Każdy stycznik PA jest zaopatrzony w mechaniczny wskaźnik zadziałania, który przy analizowaniu awarii określa fazę, na której nastąpił rozruch zabezpieczenia.

3.2.3. Człon ziemnozwarciowy RLV

Zadaniem członu ziemnozwarciowego RLV jest spowodowanie w przypadku zwarcé doziemnych, przełączeń w obwodach napięciowych i prądowych zabezpieczenia tak, aby człony podimpedancyjne ZA włączone zostały na wielkości fazowe, a człon CM otrzymał dodatkowo składową zerową prądu. Człon ziemnozwarciowy RLV jest przekaźnikiem nadmiarowo-prądowym włączonym w obwód składowej zerowej prądu (przewód zerowy) zabezpieczenia. Zakres zadziałania wybiera się przez szeregowo lub równoległe połączenie cewek za pomocą mostków, uzyskać można przez to różne wartości prądu znamionowego członu RLV (2,5A lub 5A przy $I_n=5A$; 0,5A lub 1A przy $I_n=1A$). Następnie tarczą nastawczą nastawia się można żadaną wartość prądu.

3.2.4. Stycznik pomocniczy PE członu ziemnozwarciowego

Zadaniem stycznika PE pobudzanego przekaźnikiem RLV jest zwiększenie liczby zestyków oraz zdolności łączeniowej. Stycznik PE wyposażony jest w mechaniczny wskaźnik zadziałania, informujący o fakcie zwarcia doziemnego.

3.2.5. Człon pomiarowy CM

Przekaźnik indukcyjny CM jest głównym członem zabezpieczenia odległościowego. Mierzy on impedancję od miejsca zwarcia do punktu zainstalowania zabezpieczenia, stwierdzając równocześnie kierunek prądu zwarciego.

3.2.6. Pomocniczy przekładnik prądowy SH 1

Przekładniki prądowe umieszczone w zabezpieczeniu odległościowym spełniają następujące zadania:

- a) galwanicznie oddzielają zabezpieczenie od obwodów wtórnych przekładników prądowych głównych,

- b) obniżają wartości prądów ułatwiając ich przełączanie w zabezpieczeniu,
- c) tworzą obwód dla składowej zerowej prądu niezbędny do poprawnego pomiaru impedancji przy zwarciach doziemnych.

Przekładnik prądowy SH1 posiada trzy uzwojenia włączone w następujące obwody:
 Uzwojenie pierwotne 3-4, włączone w obwód prądu fazowego, wtórnej strony przekładników prądowych głównych. Uzwojenie pierwotne 1-2, włączone w obwód składowej zerowej prądu. Przy zwarciach doziemnych wspólnie z uzwojeniem 3-4 zapewnia prawidłowy pomiar impedancji wprowadzając współczynnik kompensacji ziemnozwarciowej k przy pomocy zaczepek. Zaczepy odpowiadają wartościom współczynnika k od 0,4 do 1,0 i są odpowiednio oznaczone. Wartość współczynnika k wyznacza się z zależności:

$$k = \frac{1}{3} \left(\frac{X_0}{X_1} - 1 \right)$$

X_0 -składowa symetryczna reaktancji kolejności zerowej zabezpieczanej linii,

X_1 -składowa symetryczna reaktancji kolejności zgodnej zabezpieczanej linii.

3.2.7. Impedancja zastępcza M

Impedancja zastępcza M służy do odtworzenia linii zabezpieczanej tak, aby otrzymać na niej spadek napięcia proporcjonalny do prądu zwarciovego. Spadek napięcia na impedancji zastępczej M porównany z napięciem fazy zwartej umożliwia lokalizację zwarcia w obrębie strefy działania przez człon pomiarowy CM. Impedancja zastępcza składa się z cewki o reaktancji 40 om przy 50 Hz oraz szeregowo z nią włączonego regulowanego rezystora, przy pomocy, którego można odwzorować $\cos \phi = \frac{R}{Z}$ zabezpieczanej linii (nie mylić ze współczynnikiem mocy $\cos \phi$ obciążenia linii). Kąt fazowy impedancji zastępczej można nastawiać płynnie od $\cos \phi = 0,1$ do $\cos \phi = 0,85$.

3.2.8. Transformator nastawczy V

Transformator nastawczy V umożliwia dobranie zakresu pomiarowego dla poszczególnych stref zabezpieczenia. Przez zmianę zaczepek, można dowolnie zmienić zakres pomiarowy. Transformator nastawczy V składa się z dwu jednakowych uzwojeń tj. jednego uzwojenia od zacisku I do zacisku C=1, drugiego od zacisku I do zacisku C=0,5. Pierwsze uzwojenie dodatkowo podzielone jest na dwie części. Pierwsza część posiada 10 odczepów od 0 do 9, przy czym pomiędzy dwoma sąsiednimi odczepami znajduje się 1%

całej ilości zwojów pierwszego uzwojenia. Druga część posiada 9 odczepów od 10 do 90, przy czym pomiędzy dwoma sąsiednimi odczepami znajduje się 10 % całej ilości zwojów pierwszego uzwojenia. Wyszczególnione odczepy są wyprowadzone przy pomocy giętkich przewodów na zaciski I, II, III, IV, A. Każdej ze stref zabezpieczenia odpowiada para przewodów umożliwiających nastawienie procentowe N na transformatorze nastawnym V, a tym samym nastawienie zakresu pomiarowego każdej ze stref. Napięcie z transformatora V do członu pomiarowego doprowadzone jest poprzez zestyki styczników pomocniczych członu czasowego PSII i PSIII. Zaczep I normalnie włączony jest tak, że przy zwarciu w zasięgu pierwszej strefy po zadziałaniu członu CM może bezzwłocznie zostać pobudzony stycznik wyłączający PD. Jeżeli zwarcie znajduje się dalej niż zasięg pierwszej strefy lub po stronie szyn zbiorczych stacji (za plecami) to po upływie nastawionego czasu opóźnienia w drugiej strefie, zestyk TII włączy stycznik pomocniczy PSII, który swoimi zestykami doprowadzi do członu pomiarowego napięcie z zaczepek II transformatora V. Podobnie będzie po upływie czasu opóźnienia, w trzeciej strefie, gdy po zadziałaniu stycznika PSIII, człon pomiarowy przyłączony zostanie do zacisków III transformatora V uzyskując zakres pomiarowy strefy trzeciej.

Procentowa wartość napięcia (N) pętli zwarciowej nastawianej na transformatorze powinna być taka, że przy zwarciu w odległości odpowiadającej impedancji danej strefy równoważy ona spadek napięcia na impedancji odwzorowującej Z_M . Warunek ten może być zapisany równaniem:

$$\frac{C \cdot N}{100} \cdot \underline{U} = \underline{I} \cdot \underline{Z}_M \quad (3.1)$$

w którym: C – stała (zaczep 1 lub 0,5), nastawiona na transformatorze V,

N – procentowe wartości nastawcze na zaczepek transformatora V,

\underline{U} – napięcie pętli zwarciowej,

\underline{I} – prąd zwarciowy.

Uwzględniając to, że impedancja danej strefy $\underline{Z} = \underline{U} / \underline{I}$ oraz, że w przekaźniku nastawiony $\arg Z_M = \arg Z$ (czyli $Z_M / Z = \omega L / X$), otrzymuje się ostatecznie wzór na obliczanie nastawień zaczepek transformatora V

$$N = \frac{\omega L}{CX} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

przy czym: ωL – nastawiona na transformatorze SH1 reaktancja podstawowa (składowa bierna impedancji Z_M),

X – wartość wtórna reaktancji dla poszczególnych stref w(Ω/f),

C – stała (zaczep 1 lub 0,5), nastawiona na transformatorze V.

3.2.9. Człon czasowy T

Człon czasowy T przeznaczony jest do stopniowego powiększenia zakresu pomiarowego przekaźnika CM po zadziałaniu członów rozruchowych zabezpieczenia ZA, a tym samym do uzyskania odpowiednich czasów zadziałania dla poszczególnych stref zabezpieczenia. Umożliwiają one nastawienie opóźnień czasowych i sterują zestykami wyjściowymi członu T.

Zmianę nastawień poszczególnych krzywek członu zwłocznego T należy przeprowadzić w sposób następujący:

- 1) zwolnić nakrętkę mocującą i kontrolującą umieszczoną po prawej bocznej stronie członu T.
- 2) przekręcić tarczę w kierunku wzrastających opóźnień czasowych aż do pokrycia się żądanej wartości zwłoki czasowego z cienką kreską, naznaczoną na szkle powiększającym, zamocowanym w przedniej części członu czasowego T. W przypadku przekręcenia tarczy poza żadaną wartość opóźnienia czasowego, należy wykonać pełny jej obrót, a nie wykonywać obrotu w kierunku przeciwnym.
- 3) po nastawieniu żądanych opóźnień czasowych na trzech tarczach należy dokręcić śrubę kontruującą.

3.2.10. Człon rezerwowy PTA Δ

Człon rezerwujący jest przekaźnikiem pomocniczym o nastawionym czasie zadziałania od 0,05 do 0,2 s. Przy bliskich zwarcjach trójfazowych czułość kierunkowa członu pomiarowego CM jest niewystarczająca dla poprawnego zadziałania w kierunku na wyłączenie lub blokowanie i wówczas wyłączenie wyłącznika następuje przez człon PTA Δ .

Człon PTA Δ jest pobudzany tylko przy zwarcjach trójfazowych tj, gdy zadziałają wszystkie człony ZA i styczniki PA.

3.2.11. Stycznik blokujący PB

Stycznik PB po zadziałaniu blokuje swoimi zestykami wysłanie impulsu wyłączającego względnie pobudzenie stycznika wyłączającego PD.

3.2.12. Stycznik wyłączający PD

Przeznaczony jest do wysłania impulsu wyłączającego wyłącznik mocy. Pobudzany jest zestykiem członu pomiarowego CM.

4. Realizacja poszczególnych rodzajów pomiarów

Przed przystąpieniem do pomiarów należy nastawić przełącznik odległościowy. Konieczna do tego jest znajomość następujących wielkości (**podaje je prowadzący ćwiczenia**):

- 1) reaktancje poszczególnych stref omowych, na podstawie, których oblicza się nastawienie zaczeów transformatora V, zgodnie z punktem 3.2.8,
- 2) wartości stopni czasowych poszczególnych stref,
- 3) argument impedancji zabezpieczanej linii, $\cos\varphi$ nastawiany na impedancji odwzorowującej M,
- 4) współczynnik kompensacji prądowej k.

Numer zestawu nastaw przełącznika podaje prowadzący lub wynika on z numeru grupy ćwiczącej.

Przykładowe nastawy zabezpieczeń odległościowych LH1wc pracujących w LZE LUBZEL

1. Linia 110 kV BELŻYCE

Przekładnia prądowa 600/5A/A przekładnia oporowa 9,167

DANE WEJŚCIOWE:

$X1L=9,86 \Omega/f$ $R1L=3,17 \Omega/f$ $Z1L=10,53 \Omega/f$

$X0L=31,56 \Omega/f$ $X0w=0,00$ $\varphi L=69^{\circ}22'$

REAKTENCJA STREF:

$X1=8,38 \Omega/f$ wtórne: $X1=0,914 \Omega/f$

$XA=11,28 \Omega/f$ $XA=1,231 \Omega/f$

$X2=12,43 \Omega/f$ $X2=1,356 \Omega/f$

$X3=56,41 \Omega/f$ $X3=6,154 \Omega/f$

$ZA=36 \Omega/f$

NASTAWIENIA:

$ZA=4,0 \Omega/f$ $\Omega L=0,40$ $P_{ta\Delta}=0,15 \text{ s}$

$RLv=2,5 \text{ A}$ $C=0,50$ $P_{TrW}=5,00 \text{ s}$

$\cos(\varphi L)=0,35$ $ko=0,7$

$V1=87 \%$ $t1=0,1 \text{ s}$

$VA=65 \%$ $t2=0,5 \text{ s}$

$V2=59 \%$ $t3=3,2 \text{ s}$

$V3=13 \%$ $t5=\text{blok.}$

Przerwa beznapięciowa SPZ – 3 faz. $T_{SPZ\ 3f}=0,5$

2. Linia 110 kV WROTKÓW

DANE WEJŚCIOWE:

$$X1L=1,87 \Omega/f \quad R1L=1,66 \Omega/f \quad Z1L=2,50 \Omega/f$$

$$X0L=4,20 \Omega/f \quad X0w=0,00 \Omega/f \quad \varphi L=48^{\circ}24'$$

REAKTENCJA STREF:

$$X1=1,59 \Omega/f \quad \text{wtórne: } X1=0,173 \Omega/f$$

$$XA=2,15 \Omega/f \quad XA=0,234 \Omega/f$$

$$X2=3,26 \Omega/f \quad X2=0,356 \Omega/f$$

$$X3=41,25 \Omega/f \quad X3=4,490 \Omega/f$$

$$ZA=27,50 \Omega/f$$

NASTAWIENIA:

$$ZA=3,0 \Omega/f \quad \Omega L=0,15 \quad P_{ta\Delta}=0,15 \text{ s}$$

$$R_{Lv}=2,5 \text{ A} \quad C=1,00 \quad P_{TrW}=5,00 \text{ s}$$

$$\cos(\varphi L)=0,50 \quad k_0=0,6$$

$$V1=87 \% \quad t1=0,1 \text{ s}$$

$$VA=64 \% \quad t2=0,5 \text{ s}$$

$$V2=42 \% \quad t3=2,2 \text{ s}$$

$$V3=3 \% \quad t5=\text{blok.}$$

Przerwa beznapięciowa SPZ – 3 faz. $T_{SPZ\ 3f}=1,0$

3. Linia Nadrybie Chelm

DANE WEJŚCIOWE:

$$X1L=, \Omega/f \quad R1L=, \Omega/f \quad Z1L=, \Omega/f$$

$$X0L=, \Omega/f \quad X0w=, \Omega/f \quad \varphi L=^{\circ} \prime$$

REAKTENCJA STREF:

$$X1=13,09 \Omega/f \quad \text{wtórne: } X1=1,427 \Omega/f$$

$$XA=18,93 \Omega/f \quad XA=2,064 \Omega/f$$

$$X2=19,00 \Omega/f \quad X2=2,072 \Omega/f$$

$$X3=75,00 \Omega/f \quad X3=8,179 \Omega/f$$

$$ZA=50,50 \Omega/f$$

NASTAWIENIA:

$$ZA=5,5 \Omega/f \quad \Omega L=0,40 \quad P_{ta\Delta}=0,15 \text{ s}$$

$$RL_v=2,5 \text{ A} \quad C=0,50 \quad P_{TrW}=5,00 \text{ s}$$

$$\cos(\varphi_L)=0,30 \quad k_o=0,7$$

$$V1=56 \% \quad t1=0,1 \text{ s}$$

$$VA=39 \% \quad t2=0,6 \text{ s}$$

$$V2=39 \% \quad t3=2,1 \text{ s}$$

$$V3=10 \% \quad t5=\text{blok.}$$

Przerwa beznapięciowa SPZ – 3 faz. $T_{SPZ\ 3f}=1,0$

4. Linia 110 kV ELEKTROWNIA

DANE WEJŚCIOWE:

$$X1L=, \Omega/f \quad R1L=, \Omega/f \quad Z1L=, \Omega/f$$

$$X0L=, \Omega/f \quad X0w=, \Omega/f \quad \varphi_L=^\circ$$

REAKTENCJA STREF:

$$X1=1,85 \Omega/f \quad \text{wtórne: } X1=0,202 \Omega/f$$

$$XA=2,50 \Omega/f \quad XA=0,273 \Omega/f$$

$$X2=2,62 \Omega/f \quad X2=0,286 \Omega/f$$

$$X3=36,67 \Omega/f \quad X3=4,000 \Omega/f$$

$$ZA=27,50 \Omega/f$$

NASTAWIENIA:

$$ZA=3,0 \Omega/f \quad \Omega L=0,20 \quad P_{ta\Delta}=0,15 \text{ s}$$

$$RL_v=2,5 \text{ A} \quad C=1,00 \quad P_{TrW}=5,00 \text{ s}$$

$$\cos(\varphi_L)=0,50 \quad k_o=0,6$$

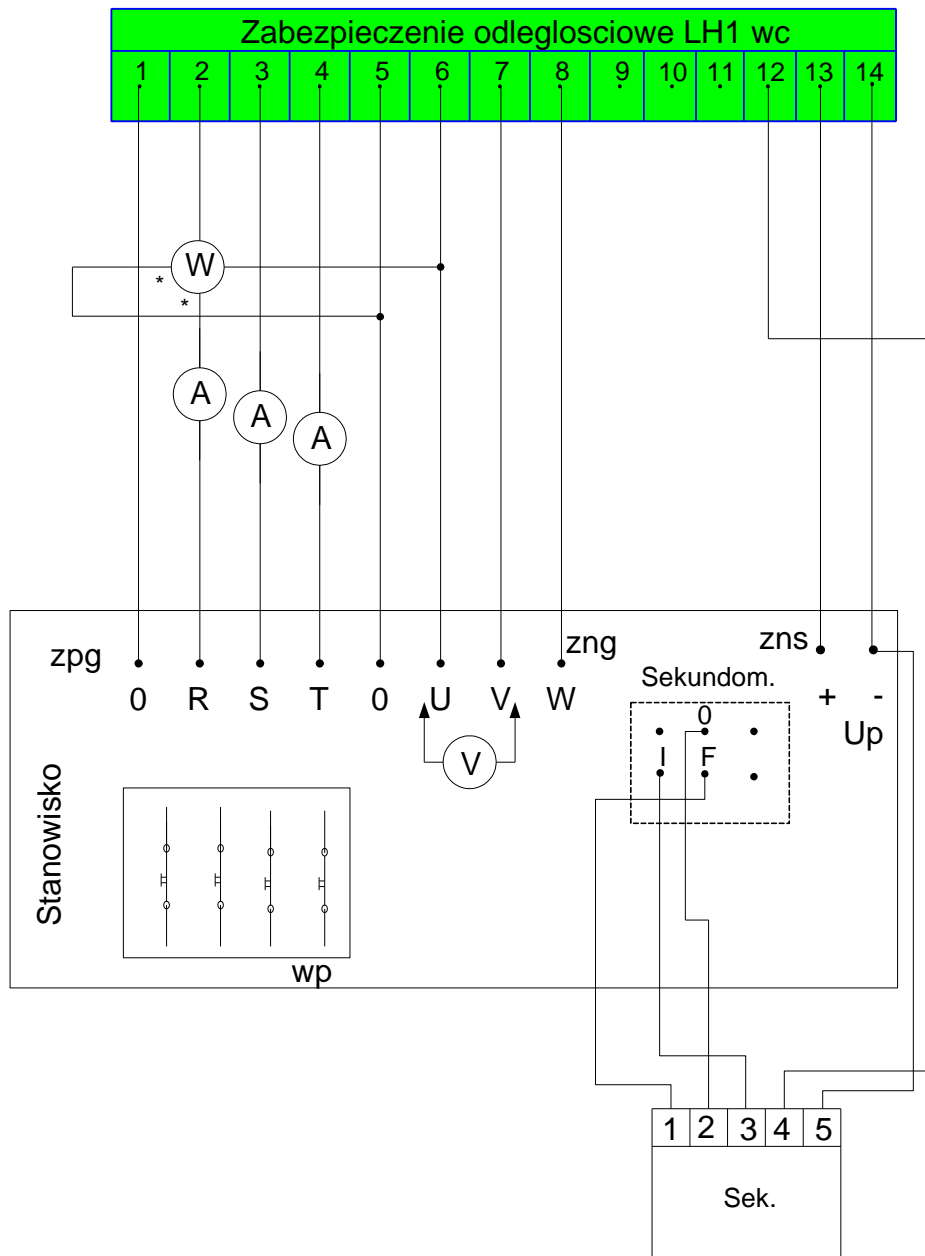
$$V1=99 \% \quad t1=0,1 \text{ s}$$

$V_A=73\%$ $t_2=0,5\text{ s}$

$V_2=70\%$ $t_3=2,2\text{ s}$

$V_3=3\%$ $t_5=\text{blok.}$

Przerwa beznapięciowa SPZ – 3 faz. $T_{SPZ, 3f}=1,0$



Rys.4.1 Schemat układu pomiarowego do badania przekaźnika odległościowego

Oznaczenia:

wp - wyłączniki prądu,

zpg - zaciski prądowe główne,

- zng - zaciski napięciowe główne,
zns - zaciski napięcia stałego.

4.1. Badanie członu rozruchowego ZA

4.1.1. Pomiar charakterystyki $Z_r=f(I)$ członu rozruchowego ZA

Celem pomiaru jest wyznaczenie wartości impedancji zadziałania i odpadania członów ZA dla różnych wartości prądu. Przeprowadza się je w warunkach zwarcia dwufazowego (patrz rys. 2.5) w układzie pomiarowym na rys. 4.1. Przed przystąpieniem do pomiarów należy na skali członu ZA nastawić żadaną wartość rozruchową Z_{rn} . Po załączeniu odpowiednich wyłączników wg, wp i U_D (rys 2.1) za pomocą autotransformatora (Tr22, Tr23, Tr24) nastawia się znamionowe wartości napięcia na zaciskach przełącznika. Pomiar rozpoczynamy od wyznaczenia prądu rozruchowego członu ZA. W tym celu ustawia się wartość autotransformatora (Tr30) w pozycji zerowej, podnosząc prąd autotransformatorami (Tr13-14) aż do pobudzenia się członu ZA, a następnie obniża się wartość prądu aż do odpadnięcia członu ZA. Wartości notujemy w tabeli 4.1. Następnie dokonujemy nastawienia wartości znamionowej napięcia, w obwodzie prądowym dokonujemy regulacji wartości prądu do wartości większej niż prąd rozruchowy. Przy niezmienniej wartości prądu obniżamy napięcie (symetryczna regulacja napięcia patrz punkt 2.3.5) do wartości, przy której nastąpi zadziałanie członu ZA. Stosunek napięcia rozruchowego do prądu płynącego w obwodzie daje nam impedancje rozruchową przełącznika.

$$Z_r = \frac{U_r}{2 \cdot I} \quad (4.1)$$

Po zadziałaniu zwiększa się napięcie zasilające do momentu odwzbudzenia się członu ZA. Z odczytanej wartości napięcia odwzbudzenia wyznacza się impedancję powrotną.

$$Z_p = \frac{U_p}{2 \cdot I} \quad (4.2)$$

Pomiary wykonywane są dla kilku wartości prądu. Przy przekroczeniu wartości prądu $1,6 \cdot I_n$ pomiary należy wykonywać szybko i z przerwami z uwagi na to, aby nie spalić cewki prądowej. Na podstawie pomiarów wykreśla się charakterystyki $U_r=f(I)$, $Z_r=f(I)$ i $Z_p=f(I)$.

Tabela 4.1 Tabela pomiarowa

Przekaznik odległościowy LH1wc $U_n=.....V$ $I_n=.....A$								
Lp.	Z_{rn}	I	U_r	U_p	Z_r	Z_p	k_p	Uwagi
	Ω	A	V	V	Ω	Ω	--	
1		$I_r=$ $I_p=$	0	0	0	0		Próg rozruchowy
2								
3								
4								

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów obliczamy z zależności (4.1), (4.2) i (4.3)

Współczynnik powrotu:

$$k_p = \frac{I_p}{I_r} \quad (4.3)$$

4.1.2. Pomiar charakterystyki $Z=f(\varphi)$ członu rozruchowego ZA

Charakterystyka $Z=f(\varphi)$ przy $I=\text{constans}$ i $Z_r=\text{constans}$ przedstawia zależność wartości kąta przesunięcia fazowego między prądem a napięciem. Charakterystykę wyznacza się w układzie współrzędnych R, jX przyjmując kierunek prądu I zgodnie z dodatnim kierunkiem osi odciętych i zmieniając przy pomocy przesuwника fazowego położenie wskazania napięcia. Pomiar przeprowadza się w warunkach zwarcia dwufazowego (patrz rys. 2.5) w układzie pomiarowym na rys. 4.1 (podobnie jak w poprzednim punkcie 4.1.1.). Dla każdej ustalonej wartości kąta przesunięcia fazowego (pokrętko pf w stole laboratoryjnym) doprowadza się do zadziałania członu ZA przez obniżenie napięcia przy stałej wartości prądu $2I_n$. Pomiar rozpoczyna się przy kącie $\varphi=0^\circ$ zmieniając je, co 10° . Wyniki pomiarów notujemy w tabeli 4.2

Tabela 4.2 Tabela pomiarowa

Przekaznik odległościowy LH1wc $U_n=.....V$ $I_n=.....A$					
Lp.	I	Φ	U_r	Z_r	Uwagi
	A	1°	V	Ω	
1		0°			
2		10°			
3		20°			
4					

4.2. Pomiar charakterystyki czasowo-impedancyjna (schodkowej) przekaźnika odległościowego

Charakterystykę schodkową wyznacza się dla następujących rodzajów zwarć:

- b) jednofazowe zwarcie z ziemią: R-0, S-0, T-0,
- c) zwarcie dwufazowe: R-S, S-T, T-R,
- d) zwarcie trójfazowe: R-S-T.

Przed przystąpieniem do pomiarów należy nastawić przekaźnik odległościowy. Konieczna do tego jest znajomość następujących wielkości (**podaje je prowadzący ćwiczenia**):

- 1) reaktancje poszczególnych stref omowych, na podstawie, których oblicza się nastawienie zaczepek transformatora V, zgodnie z punktem 3.2.8,
- 2) wartości stopni czasowych poszczególnych stref,
- 3) argument impedancji zabezpieczanej linii, $\cos\varphi$ nastawiany na impedancji odwzorowującej M,
- 4) współczynnik kompensacji prądowej k.

Autotransformatorem Tr22, Tr23, Tr24 (w przypadku zwarcia dwufazowego regulacji dokonujemy Tr30) nastawiamy napięcie równe napięciu znamionowemu przekaźnika, zaś autotransformatorem Tr13, Tr14, Tr15 nastawia się wartość prądu na wartość $I=2I_n$. Za pomocą watomierza ustala się położenie zerowe przesuwnika, a następnie nastawia się kąt przesunięcia fazowego między prądem a napięciem, równym kątowi nastawionemu na impedancji zastępczej M przekaźnika. Po wykonaniu powyższych czynności wyłącza się wyłącznik [I+U] (patrz punkt 2.5 rys. 2.6) obniża się napięcie do zera, załącza się napięcie pomocnicze przekaźnika. Przy napięciu równym zero włącza się wyłącznik [I+U] wskutek tego w obwodzie płynie prąd o wartości $2I_n$, przekaźnik działa następuje wyłączenie, następnie pomiar wykonujemy w ten sam sposób, przy różnych wartościach napięcia regulowanego, co 5V. Punkty pomiarowe zagęszcza się przy przechodzeniu z jednej strefy na drugą. Podczas trwania pomiarów kontroluje się wartość prądu $I=2I_n$. Wyniki pomiarów notuje się w tabeli 4.3.

Tabela 4.3

Przekaznik odległościowy LH1wc $U_n=.....V$ $I_n=.....A$							
Lp.	I	U	Zm	t	Nastawienia		t
	A	V	Ω	s	strefa	X	s
					--	Ω	
1					I		
2					II		
3					III		
4							

Impedancje mierzoną Z_m oblicza się następująco:

dla zwarcia z udziałem ziemi

$$Z_m = \frac{U}{I(1+k)} \quad (4.4)$$

k - współczynnik kompensacji prądowej przy zwarciu z ziemią, którego wartość określona jest zaczepem przekładnika SH1

dla zwarcia dwufazowego izolowanego

$$Z_m = \frac{U}{2 \cdot I} \quad (4.5)$$

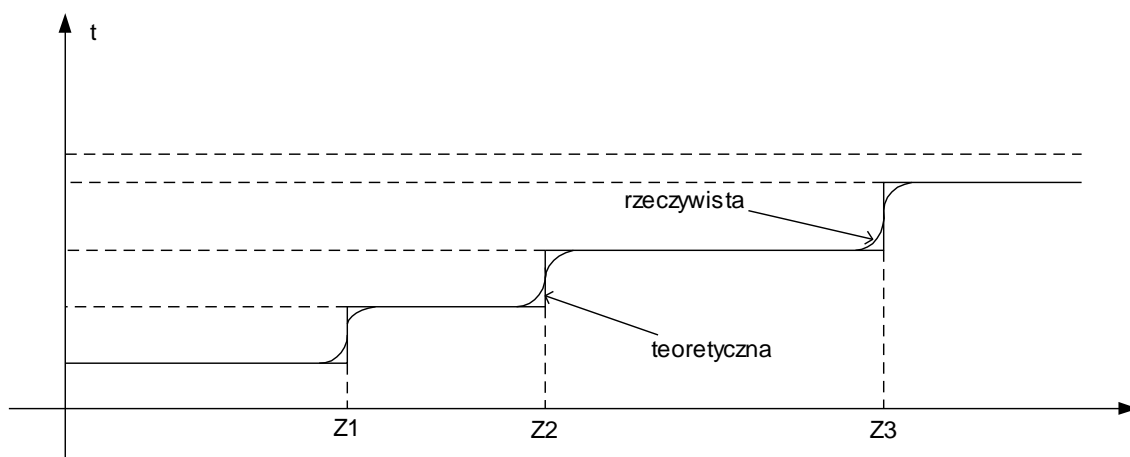
dla zwarcia trójfazowego

$$Z_m = \frac{U(\text{fazowe})}{I} \quad (4.6)$$

odpowiednie wartości impedancji Z poszczególnych stref charakterystyki nastawczej oblicza się według wzoru

$$Z = \frac{X}{\sin \varphi} \quad (4.7)$$

Na podstawie wyników wyznacza się charakterystykę $t=f(Z)$. dla porównania wykreśla się również charakterystykę nastawioną $t=f(Z)$. Przebieg rzeczywistej charakterystyki impedancyjno-czasowej w miejscach przejścia z jednej strefy do drugiej, różni się od charakterystyki teoretycznej wskutek bezwładności ustroju pomiarowego. Charakterystykę $t=f(z)$ pokazano na rys.4.2



Rys. 4.2 Charakterystyka impedancyjno-czasowa przekaźnika odległościowego

Literatura

- [1] Winkler W., Wiszniewski A.: Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych., Warszawa, WNT 1999.
- [2] Bohdan S.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [3] Poradnik Inżyniera Elektryka.: Warszawa, WNT 1997
- [4] Żydanowicz J., Namiotkiewicz M., Kowalewski B.:Zabezpieczenia i automatyka w energetyce, Warszawa, WNT
- [5] Zabezpieczenia odległościowe sieci wysokich napięć, f. Brown Boveri
- [6] Instrukcja montażu i eksploatacji przekaźników odległościowych typu LH1, Warszawa 1974