

**Politechnika Lubelska**  
**Wydział elektrotechniki i informatyki**  
**Katedra Sieci Elektrycznych i Zabezpieczeń**



**Laboratorium Sieci Elektroenergetycznych**

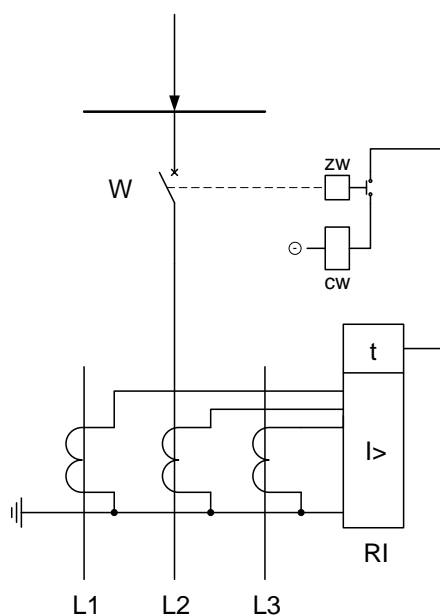
**EAZ**

***Badanie zabezpieczeń kierunkowych***

# 1 Wiadomości wstępne

## 1.1 Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne

Najprostszym, a zarazem najczęściej spotykanym rodzajem zabezpieczenia w układach elektroenergetycznych, złożonych z szeregowo połączonych elementów takich jak, np. odcinków sieciowych i transformatorów zasilanych jednostronnie jest zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne. Zabezpieczenie to pobudza się w chwili przekroczenia przez prąd płynący w kontrolowanym odcinku ponad wartość nastawioną. Po upływie nastawionej zwłoki czasowej, w czasie której natężenie prądu stałego przekracza wartość nastawioną, powinno wysłać impuls na otwarcie wyłącznika, wyłączającego ten prąd. Jeżeli natomiast natężenie przepływającego prądu zmniejszy się poniżej nastawionej wartości, przed upływem nastawionej zwłoki czasowej, zabezpieczenie powinno się odzyskać tzn. powrócić do stanu początkowego. Wybiórczość działania tych zabezpieczeń uzyskuje się przez zastosowanie odpowiedniej zwłoki w zadziałaniu, wynikającej z zasady stopniowania czasów działania.



Rys. 1.1 Schemat blokowy zabezpieczenia nadprądowego zwłocznego

RI – zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne;

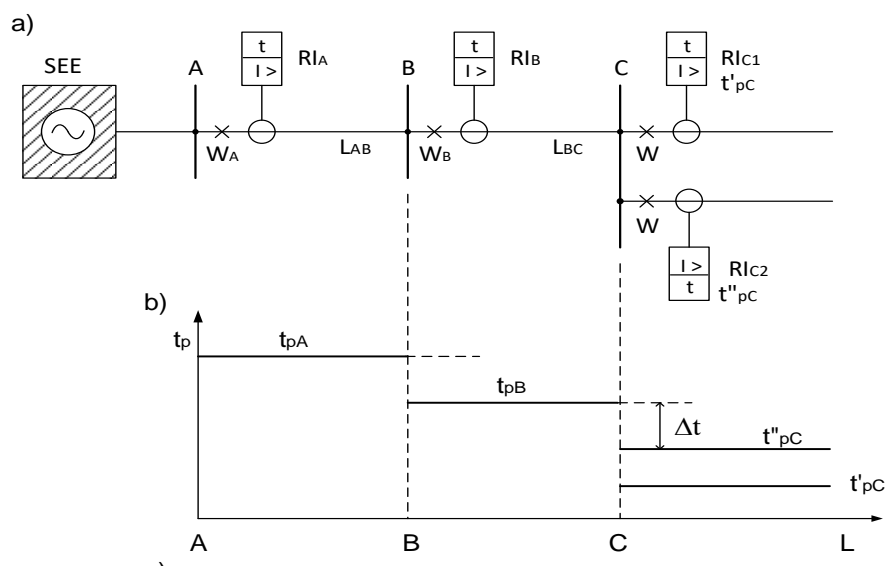
PP – przekładniki prądowe;

CW – cewka napędu wyłącznika;

ZW – zamek wyłącznika.

Zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne może być realizowane za pomocą przekładników nadprądowych zwłocznych o charakterystyce czasowo-prądowej niezależnej, zależnej i częściowo zależnej. W przypadku charakterystyki niezależnej czas zadziałania zabezpieczenia nie

zależy od wartości prądu przepływającego przez przekąźnik. Czas zadziałania zabezpieczenia o charakterystyce niezależnej wybiera się dłuższy od czasu działania dowolnego z zabezpieczeń odcinków linii położonych dalej od źródła zasilającego (rys. 1.2). Czas stopniowania powinien być jak najkrótszy. Wadą zabezpieczenia nadprądowego zwłocznego o charakterystyce niezależnej jest znaczny czas zadziałania w przypadku zwarcia поблизу źródła zasilającego. Wada ta może być częściowo usunięta przez zastosowanie zabezpieczeń o charakterystyce częściowo-zależnej (rys. 1.2) za pomocą której uzyskuje się charakterystykę stopniowania czasowego. Rys. 1.2 przedstawia fragment układu elektroenergetycznego złożonego ze źródła zasilającego i kilku odcinków sieciowych zasilanych jednostronnie z tego źródła. Na początku każdego z odcinków zainstalowane są wyłączniki sterowane zabezpieczeniami nadprądowymi zwłocznymi. Realizacja zabezpieczenia może być oparta na indywidualnych, odpowiednio połączonych przekąźnikach pomiarowych i pomocniczych bądź też na kompletnych zestawach przekąźnikowych wykonanych w systemie modułowym automatyki zabezpieczeniowej (SMAZ). Zabezpieczenia nadprądowe zwłoczne mają bardzo cenną zaletę ponieważ mogą pełnić funkcję zabezpieczeń rezerwowych w stosunku do innych zabezpieczeń od zwarc wielkoprądowych, zarówno tych, które są zainstalowane w tym samym obiekcie (tzw. rezerwowe lokalne), jak i tych, które chronią obiekty sąsiednie (tzw. rezerwowe zdalne). W pierwszym przypadku może to być np. zabezpieczenie nadprądowe bezzwłoczne, w drugim natomiast – zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne, którego rezerwowym zabezpieczeniem jest zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne z sąsiedniego odcinka sieci.



Rys. 1.2 Fragment sieci wyposażonej w zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne (a), oraz zasada doboru opóźnień za pomocą przekąźników o charakterystyce niezależnej (b) i zależnej (c)

## 1.2 Zakres stosowania kryterium kątowoprądowego

W automatyce zabezpieczeniowej kryterium kątowoprądowe wykorzystywane jest w następujących przypadkach:

- jako uzupełnienie kryterium nadprądowego w celu selektywnego zlokalizowania zwarć wielkoprądowych;
- do selektywnego wykrywania zwarć małoprądowych w sieciach rozdzielczych SN;
- do wykrywania pracy silnikowej generatorów synchronicznych.

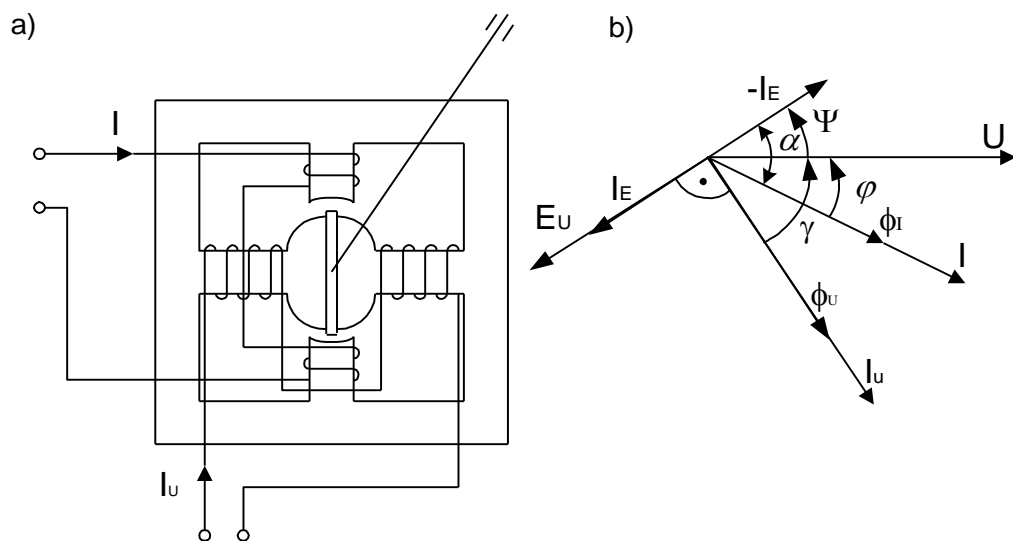
## 1.3 Przekąźnik kierunkowy – zasada działania, typowe rozwiązania konstrukcyjne

Zasada stopniowania czasów zapewniająca wybiórczość działania zabezpieczeń linii pracujących promieniowo staje się bezużyteczna dla linii pracujących równolegle wielostronnie zasilanych, w których kierunek przepływu mocy zwarciowej w poszczególnych odcinkach zabezpieczanej sieci zmienia się przy zmianie lokalizacji miejsca zwarcia. Powyższy problem rozwiązuje się uzupełniając zabezpieczenie nadprądowo-zwłoczne o dodatkowy przekąźnik kierunkowy, którego działanie uzależnione jest od przesunięcia fazowego pomiędzy prądem i napięciem podczas zwarcia w zabezpieczanej linii. W ten sposób przy przepływie prądu zwarcia do szyn zbiorczych następuje blokowanie działania zabezpieczenia, a przy przepływie prądu zwarcia od szyn w kierunku na chronioną linię następuje zezwolenie na wyłączenie. Działanie zabezpieczenia nadprądowo-zwłocznego kierunkowego uzależnione jest od :

- przekroczenia pewnej ustalonej wartości prądu, zwanej wartością rozruchową,
- stwierdzenia kierunku przepływu mocy zwarciowej od szyn w kierunku na chronioną linię,
- czasu trwania zwarcia.

Czułość przekąźnika (członu) kierunkowego jest określona procentową wartością napięcia niezbędnego do zadziałania przekąźnika przy przepływie przez cewkę prądową prądu znamionowego tego przekąźnika. Czułość zabezpieczenia będzie tym większa, im mniejsza będzie procentowa wartość napięcia zadziałania przekąźnika (czułość kierunkowa). Przy zwarciu na szynach zbiorczych lub w ich pobliżu, napięcie to może być niskie, ale przekąźnik powinien zadziałać i wskazać kierunek przepływającej mocy zwarciowej w linii. W związku z tym istotne znaczenie mają następujące charakterystyki przekąźnika kierunkowego  $U_r=f(\varphi)$  przy  $I=I_n=const$ ,  $U_r=f(I)$  i  $S_r=f(I)$  dla  $\varphi=\Psi$ . Kąt  $\Psi$  jest kątem przesunięcia wewnętrznego

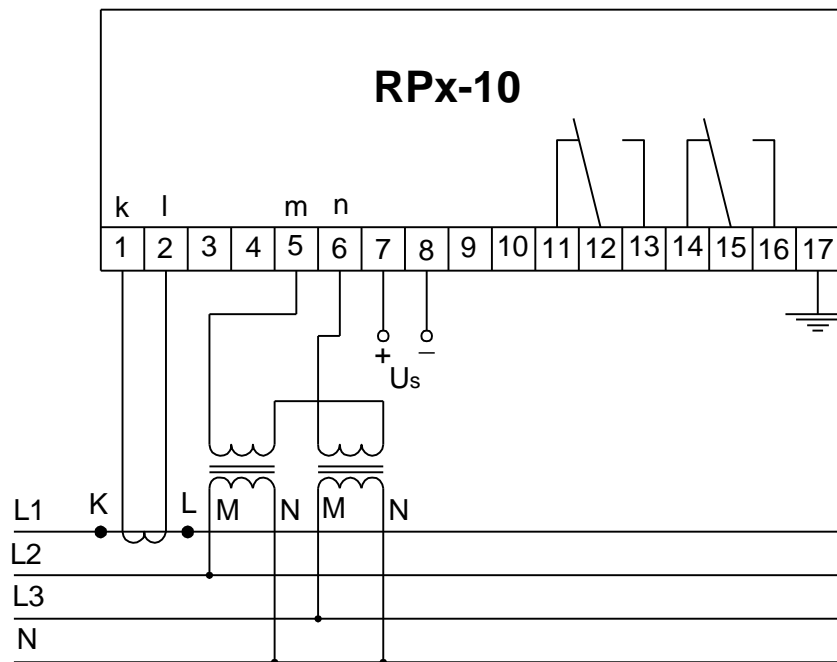
przełącznika kierunkowego. Jest podstawowym parametrem ważnym dla każdej charakterystyki kątowej przełącznika informującym o przesunięciu fazowym między prądem i napięciem na zaciskach przełącznika, przy którym występuje największa czułość kierunkowa przełącznika. Ze względu na budowę przełącznika kierunkowego można podzielić na elektromechaniczne i statyczne. Niezależnie od budowy mają one zbliżone właściwości eksploatacyjne. Przełączniki elektromechaniczne, które są najczęściej stosowane w praktycznych zastosowaniach, budowane są na zasadzie indukcyjnej, elektrodynamicznej lub indukcyjno-elektrodynamicznej. Zasada działania zostanie omówiona na przykładzie przełącznika kierunkowego indukcyjno-elektrodynamicznego. Przełącznik ten wykonany jest z rdzenia magnetycznego zewnętrznego posiadającego cztery wydane bieguny przesunięte względem siebie o kąt  $90^\circ$ . Obwód magnetyczny napięciowy nie posiada szczeliny powietrznej. Rolę ruchomej części przełącznika spełnia miedziana ramka umocowana na kolumnie z uzwojeniem napięciowym. Na Rys. 1.3 przedstawiono ogólną zasadę budowy i działania przełącznika oraz wykres wektorowy.



Rys. 1.3 Budowa i zasada działania przełącznika indukcyjno-elektrodynamicznego: a) obwód magnetyczny, b) uproszczony wykres wektorowy

Przełącznik kierunkowy indukcyjno-elektrodynamiczny ma dwa niezależne obwody: prądowy i napięciowy. Przepływający przez uzwojenie prądowe prąd  $I$  powoduje powstanie strumienia magnetycznego  $\phi_I$ . Zmienny strumień magnetyczny  $\phi_U$  wytworzony przez prąd  $I_U$  płynący w uzwojeniu napięciowym powoduje powstanie w ruchomej ramce siły elektromotorycznej  $E_U$ . Pod wpływem tej siły elektromotorycznej w obrotowej miedzianej ramce płynie prąd  $I_E$ , który powoduje powstanie strumienia  $\phi_E$ . Wskutek oddziaływania strumienia  $\phi_I$  na prąd płynący

nący w ramce oraz oddziaływania strumienia  $\Phi_E$  na prąd  $I$  płynący w uzwojeniu prądowym, powstaje moment obrotowy wychylający ramkę. Do ramki umocowane jest ramię działające na zespół sprężyn stykowych. Zależnie od kierunku wychylenia się ramki następuje przełączenie styków przełącznika. Przełącznik kierunkowy typu RPX-10 wykorzystywany w ćwiczeniu należy do grupy przełączników statycznych. Przeznaczony jest do zabezpieczeń nadprądowych w liniach średnich napięć. Wykonany jest z zespołów Systemu Modułowego Automatyki Zabezpieczeniowej (SMAZ).

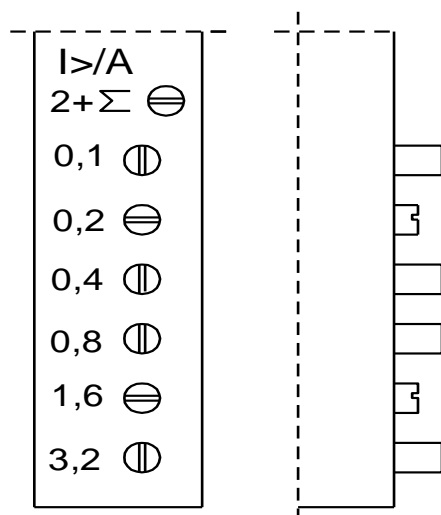


Rys. 1.4. Schemat połączeń zewnętrznych

Nastawianie wartości rozruchowej prądu dokonuje się przez wciśnięcie i obrót o  $90^\circ$  przycisków nastawnika. Wartość nastawiona równa jest sumie wartości początkowej podanej nad nastawnikiem oraz wartości wciśniętych przycisków np.:

$$I = 2 + 0,2 + 1,6 = 3,8 \text{ A}$$

Nastawianie odbywa się w sposób skokowy.



Rys. 1.5. Sposób nastawienia przekaźnika kierunkowego RPX-10

### Dane techniczne:

Obwody wejściowe prądowe

Prąd znamionowy  $I_n$

5 A

Częstotliwość

50 Hz

Trwała obciążalność obwodów prądowych

$2,2 \cdot I_n$

Wytrzymałość cieplna 1-sekundowa

$25 \cdot I_n$

Wytrzymałość dynamiczna

$2,5 \cdot 25 \cdot I_n$  ;

$t \leq 0,15$  s

Pobór mocy przy  $I = I_n$

$\leq 0,6$  V·A

Obwód wejściowy napięciowy

Napięcie znamionowe  $U_n$

100 V;  $100 \cdot \sqrt{3}$  V

Częstotliwość

50 Hz

Minimalne napięcie rozruchowe

0,6 %  $U_n$

Napięcie dopuszczalne trwałe

$2,2 U_n$

Pobór mocy przy  $U = U_n$

$\leq 0,75$  V·A

*Inne dane*

Zakres prądu rozruchowego

2-8,3 A; 4-16,6 A

Skok napięcia

5% wartości początkowej

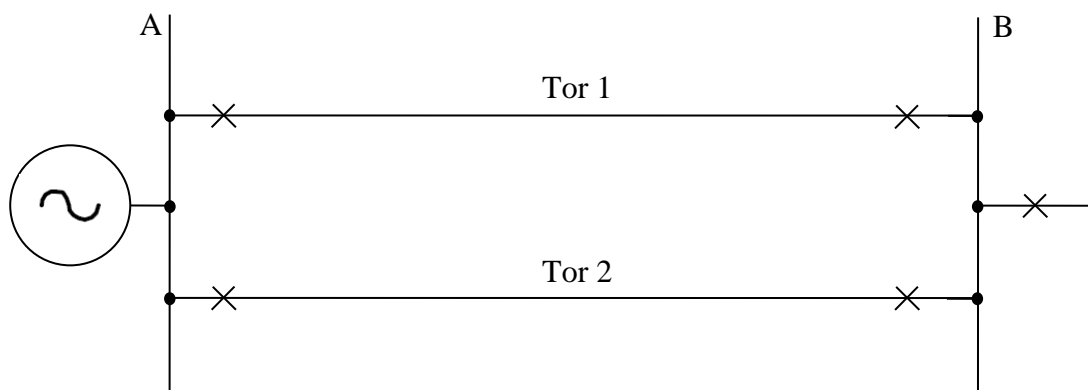
Uchyb względny nastawienia prądu	$\pm 2,5 \%$
Rozrzut działania członu prądowego	$5 \%$
Współczynnik powrotu	$\geq 0,95$
Kąt przesunięcia wewnętrznego	$0^\circ$ lub $-90^\circ$
Szerokość strefy działania	$\varphi_s \pm 87^\circ$
Czas zadziałania	$0,120 \text{ s}$
Czas powrotu	$\leq 0,1 \text{ s}$
Zasilanie pomocnicze prądu stałego $U_p$	$110, 220 \text{ V}$
Napięcie pracy	$(0,8 - 1,1) U_n$

#### 1.4 Zastosowanie kryterium kątowo prądowego do selektywnego wykrywania zwarć wieloprądowych

Wykorzystanie samego kryterium nadprądowego do wykrywania i zlokalizowania zwarć wieloprądowych nie we wszystkich układach elektroenergetycznych jest możliwe. Istnieją takie konfiguracje sieci, w których konieczne jest wprowadzenie dodatkowego kryterium. Kryterium to bada kierunek przepływu prądu zwarciovego, dzięki niemu bowiem może być zapewniona selektywność działania zabezpieczeń nadprądowych zwłocznych. Do tych konfiguracji należą:

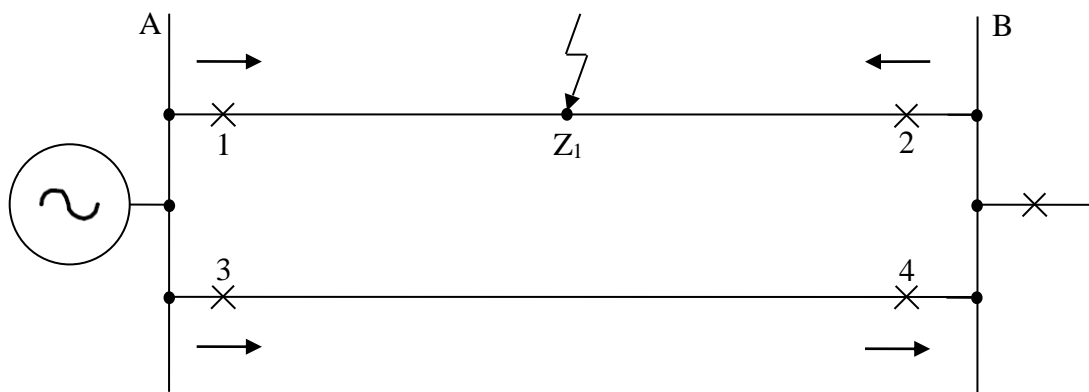
- linie wielotorowe równoległe, zasilane jednostronnie;
- transformatory pracujące równoległe;
- sieci pierścieniowe, zasilane tylko z jednego punktu.

Na rysunku przedstawiono konfigurację linii dwutorowej zasilanej jednostronnie

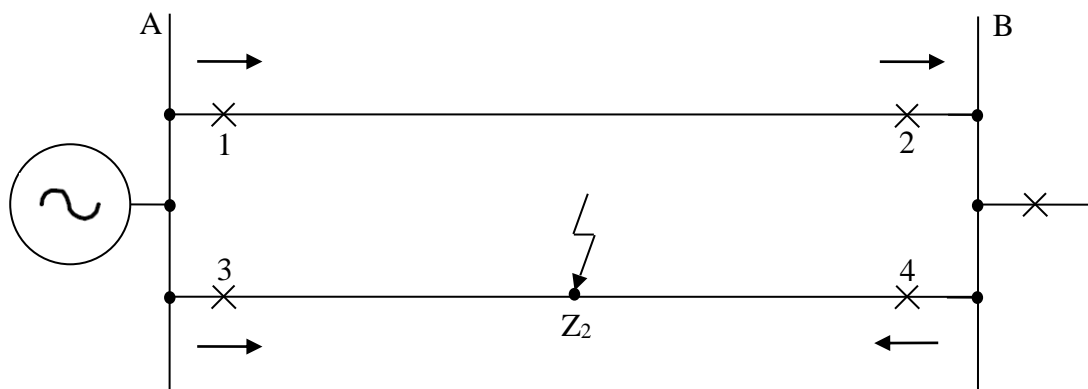


Rys. 1.6 Konfiguracja sieci wymagająca stosowania kryterium kątowo prądowego: linie równoległe





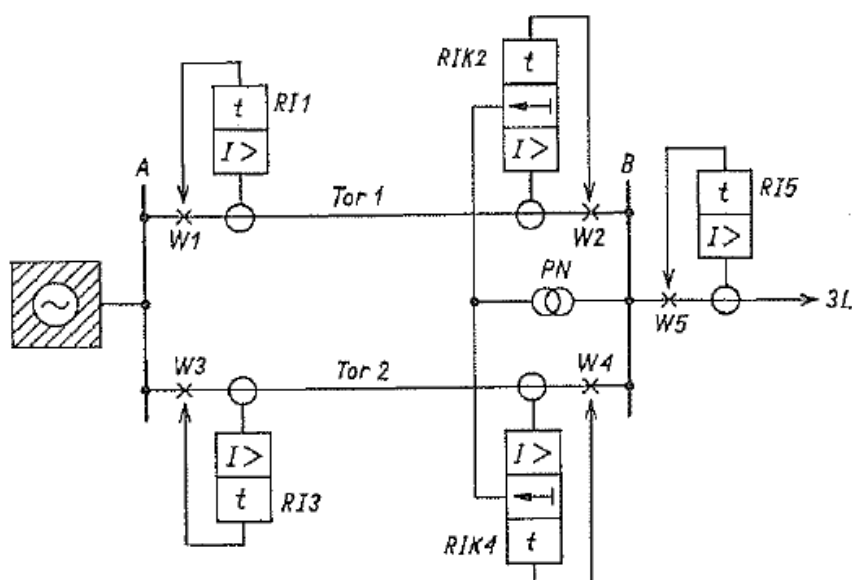
Rys. 1.7 Przepływ prądów i mocy zwarciovych przy zwarciu w torze 1



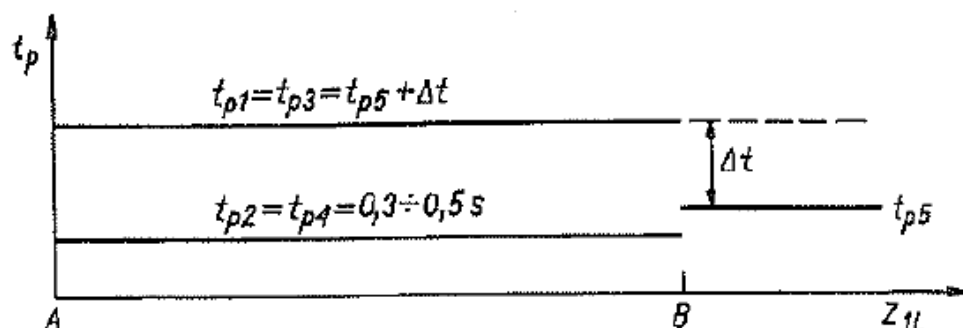
Rys. 1.8 Przepływ prądów i mocy zwarciovych w linii dwutorowej przy zwarciu w torze 2

Słuszność zastosowania kryterium kątoowo prądowego zostanie pokazana na przykładzie linii dwutorowej z rysunku 1.6. Oznaczając miejsca zainstalowania zabezpieczeń nadprądowych zwłocnych tak jak ma to miejsce na rysunku 5.4, można przeanalizować kierunki prądów zwarciovych podczas zwarć wielkoprądowych położonych na przemian: w torze 1 i torze 2 (rys. 1.7). Gdyby założyć, że we wszystkich punktach zabezpieczeniowych od 1 do 4 zastosowano zwykle zabezpieczenia nadprądowe zwłoczne, to okaże się, że w punktach 2 i 4 nie ma możliwości doboru takiej nastawy czasu działania zabezpieczenia aby został otwarty tylko ten wyłącznik, który jest zainstalowany w uszkodzonym torze. Przykładowo, gdy zwarcie wystąpi w punkcie  $Z_1$ , wówczas ten sam prąd zwarciovowy przepływa przez punkty 2 i 4, przez co obydwa zabezpieczenia nadprądowe zadziałają. Przy jednakowych nastawach czasów opóźnień ( $t_{p2} = t_{p4}$ ) może nastąpić jednakowe otwarcie wyłączników 2 i 4. Przy czym w przypadku wyłącznika 2 będzie to prawidłowe zadziałanie, zaś wyłącznika 4 nieprawidłowe. Gdyby przyjąć, że ( $t_{p2} < t_{p4}$ ), wówczas przy zwarciu w punkcie  $Z_1$  rzeczywiście można by uzyskać selektywne zadziałanie zabezpieczenia 2. W tym przypadku dla zwarcia w punkcie  $Z_2$  (rys. 1.8) zabezpieczenia nie zadziałają selektywnie, ponieważ jako pierwsze zadziała za-

bezpieczenie w punkcie 2. Z powyższego wynika, że w punktach 2 i 4 koniecznością jest wprowadzenie do zabezpieczeń nadprądowych zwłoczných dodatkowego członu, który jest w stanie rozróżnić kierunek przepływu prądu zwarciego. Przedstawione na rysunku 1.4 oraz 1.5 strzałki oznaczają kierunek przepływu prądu zwarciego podczas zwarcia w punkcie Z1 oraz w punkcie Z2. Kierunek ten zmienia się w punktach 2 oraz 4 w zależności od położenia miejsca zwarcia, nie zmienia się natomiast w punktach 1 i 3. Jeśli więc zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne zawiera dodatkowy człon kierunkowy, umożliwiając wysłanie impulsu wyłączającego tylko dla kierunku przepływu prądu zwarciego od szyn stacji B w stronę linii, to wtedy jest zapewnione selektywne wyłączenie miejsca zwarcia. Natomiast przepływ prądu zwarciego od linii do szyn zbiorczych stacji B wymaga zablokowania impulsu wyłączającego.

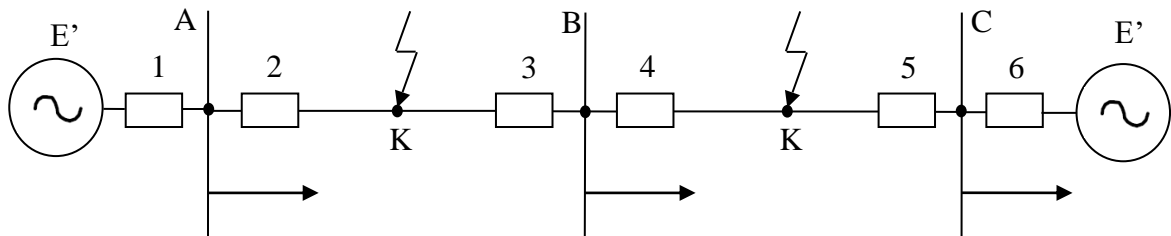


Rys. 1.9 Sposób doboru zabezpieczeń nadprądowych i nadprądowych kierunkowych linii dwutorowej



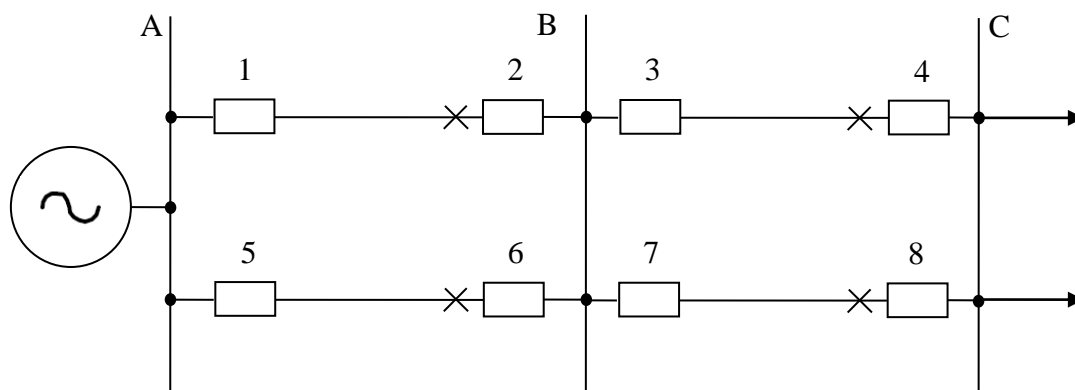
Rys. 1.10 Zasada doboru opóźnień czasowych

W przypadku linii jednotorowych dwustronnie zasilanych (rys. 1.11) zrealizowanie wybiórczego zadziałania zabezpieczeń nadprądowych zwłoczných należy w celu ustawienia czasów zadziałania poszczególnych zabezpieczeń zastosować zasadę przeciwbieżnego stopniowania czasów zadziałania zabezpieczeń. Zgodnie z zasadą rozpatruje się kolejno dwie możliwości zasilania linii poprzez tylko źródło E lub poprzez tylko źródło E'. Dla każdej z możliwości ustala się czasy zadziałania zabezpieczeń zainstalowanych na początku odcinków linii, stosując zasadę stopniowania czasów zadziałania zabezpieczeń nadprądowych zwłoczných. Następnie zakłada się, że oba źródła są czynne jednocześnie, kontroluje się wybiórczość zadziałania zabezpieczeń w przypadku rozmaitej lokalizacji zwarcia i typuje się zabezpieczenia, które powinny być wyposażone w blokadę kierunkową.



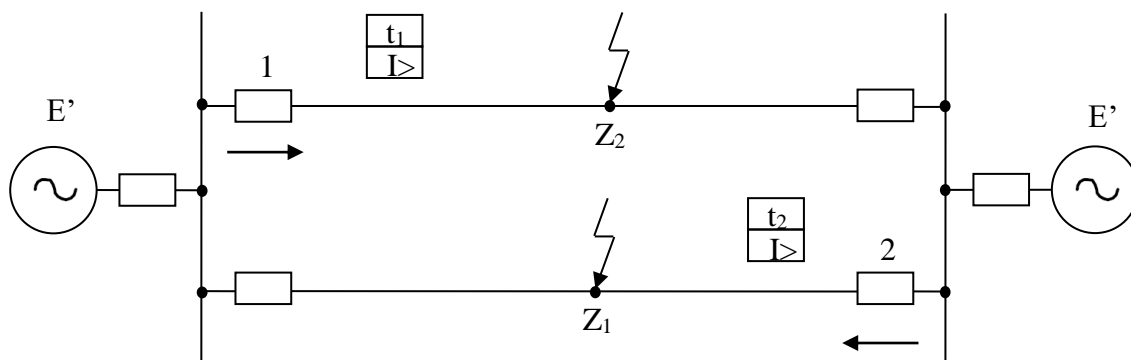
Rys. 1.11 Schemat linii jednotorowej zasilanej dwustronnie.

W przypadku zabezpieczeń, których czas zadziałania jest dłuższy od czasu działania któregośkolwiek z zabezpieczeń pozostałych odcinków sieciowych odgałęzionych od stacji nie ma potrzeby stosowania zabezpieczeń wyposażonych w blokadę kierunkową. W rozpatrywanej linii w blokadę kierunkową powinno zostać wyposażone jedno z zabezpieczeń nadprądowych zwłoczných numer 2 lub numer 3, wybierając zabezpieczenie o krótszym czasie zadziałania, czyli w tym przypadku zabezpieczenie 3. Jeżeli zabezpieczenia 2 i 3 miałyby jednakowe czasy zadziałania to oba powinny zostać wyposażone w blokadę kierunkową. Na rysunku 1.12 pokazano schemat linii dwutorowej wieloodcinkowej zasilanej jednostronnie. Analiza przepływu prądów zwarciovych przy różnych lokalizacjach punktów zwarciovych w poszczególnych odcinkach tej linii wykazuje, że selektywność zabezpieczeń może być uzyskana poprzez zastosowanie w punktach 1, 3, 5 oraz 7 zabezpieczeń zwłoczných, natomiast w punktach 2, 4, 6 oraz 8 zabezpieczeń nadprądowych zwłoczných wyposażonych w blokadę kierunkową.



Rys. 1.12 Schemat linii wieloodcinkowej dwutorowej zasilanej jednostronnie

Zabezpieczeń nadprądowych zwłoczących wyposażonych w blokadę kierunkową nie należy stosować w takich sieciach, w których jakakolwiek zmiana konfiguracji mogłaby naruszać realizację zasady stopniowania czasów zadziałania zabezpieczeń. W przypadku linii dwutorowej dwustronnie zasilanej (rys. 1.13) podczas zwarcia w punkcie  $Z_1$  przy wyłączonym lub słabszym zasilaniu ze źródła 2 czas zadziałania  $t_1$  zabezpieczenia sterującego wyłącznikiem 1 powinien być dłuższy od czasu zadziałania  $t_2$  zabezpieczenia sterującego wyłącznikiem 2. W sytuacji odwrotnej, przy zwarcu w punkcie  $Z_2$  czas zadziałania  $t_2$  powinien być dłuższy od czasu  $t_1$ .



Rys. 1.13 Schemat linii wieloodcinkowej dwutorowej zasilanej jednostronnie

Wymagania te są wobec siebie sprzeczne, przez co stosowanie blokady kierunkowej nie pomoże ponieważ mamy do czynienia z kierunkiem przepływu mocy zwarciowej od szyn zbiorczych do linii.

## 2 Stanowisko do badania zabezpieczeń kierunkowych

### 2.1 Budowa stanowiska

Stanowisko laboratoryjne jest modelem linii dwutorowej zasilanej dwustronnie. Tory są połączone stacjami A i C, przy czym tor 1 jest dodatkowo rozdzielony stacją B. Model umożliwia badanie zwarć międzyfazowych w trzech miejscach linii:

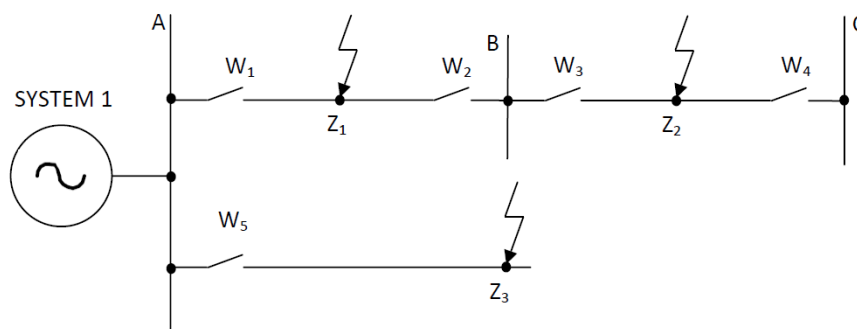
- w torze 1 między stacjami A i B;
- w torze 1 między stacjami B i C;
- w torze 2 między stacjami A i C.

Zamodelowana linia jest chroniona przed zwarciami międzyfazowymi za pomocą zabezpieczeń nadprądowych uzupełnionych o człon czasowy, w celu możliwości stopniowania czasów zadziałania poszczególnych zabezpieczeń. Stanowisko laboratoryjne wyposażone jest również w dwa przekładniki kierunkowe, do których doprowadzany jest pomiar prądu z dowolnych przekładników prądowych zainstalowanych w każdej stacji oraz dwóch przekładników napięciowych zainstalowanych w stacjach A i C. Wyłączniki zostały zasymulowane za pomocą styczników. Styczniki sterowane są za pomocą przekładników pomocniczych. Stanowisko laboratoryjne umożliwia badanie zwarć w liniach:

- jednotorowych jednostronnie zasilanych;
- jednotorowych dwustronnie zasilanych;
- dwutorowych jednostronnie zasilanych;
- dwutorowych dwustronnie zasilanych.

### 2.2 Model linii jednotorowej jednostronnie zasilanej

Do zabezpieczenia linii jednotorowej jednostronnie zasilanej przed zwarciami międzyfazowymi stosuje się zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne, a w uzasadnionych przypadkach również zabezpieczenia nadprądowe bezzwłoczne.



Rys. 2.1. Schemat linii jednotorowej zasilanej jednostronnie

Model linii jednotorowej jednostronnie zasilanej można uzyskać przez użycie jednego z systemów oraz jednego lub dwóch torów linii dwutorowej. W rozpatrywanym przypadku należy wykorzystać system 1, cały tor 1 oraz fragment toru 2, tworząc linię promieniową. Zgodnie z zasadą stopniowania czasów ustala się czasy zadziałania zabezpieczeń zainstalowanych na początku odcinków linii, dlatego zabezpieczenia nadprądowe zwłoczne (wyłączniki  $W_2$  oraz  $W_4$ ) należy odstroić od zwarć w punktach  $Z_1$  oraz  $Z_2$ . Przyjąć zwłokę czasową  $\Delta t=0,5s$ .

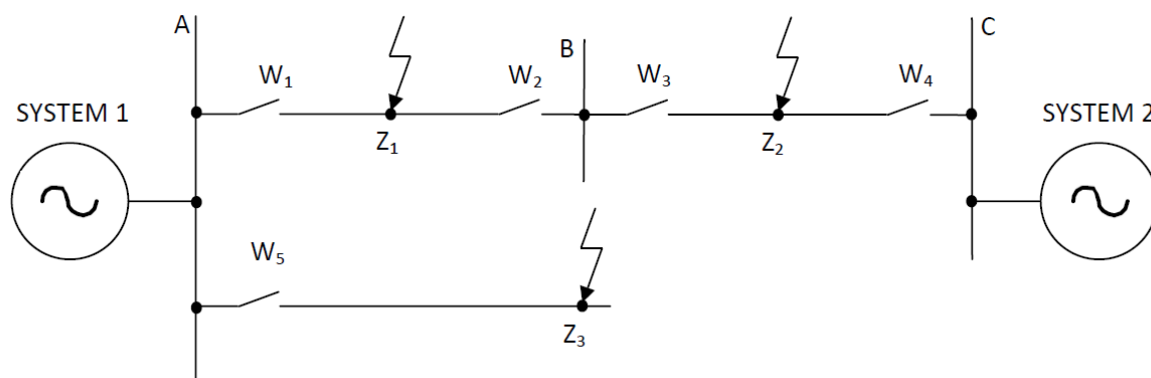
1. Zamodelować linię jednotorową jednostronnie zasilaną według schematu (Rys. 2.1.):
  - wyłączniki  $W_1, W_2, W_3, W_4$ , zamknięte,
  - wyłącznik  $W_6$  otwarty.
2. Zaprojektować układ zabezpieczeń przed skutkami zwarć międzyfazowych. Zabezpieczenia wyłączników  $W_2$  i  $W_4$  odstroić od prądów zwarciovych. Zewrzeć obwody wtórne przekładników prądowych.
3. Określić wpływ załączania toru 2 na rozływ i wartości nastaw czasowych. Czy zamodelowany układ wymaga użycia przekaźników kierunkowych?
4. Dokonać praktycznego sprawdzenia reakcji układu na zwarcia w poszczególnych miejscach sieci. Uzyskane wyniki zamieścić w tablicy 2.1.

Tablica 2.1. Reakcja układu na poszczególne zwarcia

Miejsce zwarcia	Reakcje układu
$Z_1$	
$Z_2$	
$Z_3$	

### 2.3 Model linii jednotorowej dwustronnie zasilanej

Stanowisko laboratoryjne umożliwia zamodelowanie wieloodcinkowej linii jednotorowej dwustronnie zasilanej.



Rys. 2.2. Schemat linii jednotorowej zasilanej dwustronnie.

W liniach zasilanych dwustronnie do określenia czasów zadziałania zabezpieczeń stosuje się zasadę przeciwbieżnego stopniowania czasów. Zgodnie z tą zasadą rozpatruje się kolejno dwa warianty zasilania linii – tylko przez system 1 lub tylko przez system 2. Dla każdego wariantu ustala się czasy zadziałania zabezpieczeń zainstalowanych na początku każdego odcina linii zgodnie z zasadą stopniowania czasów zadziałania zabezpieczeń nadprądowych zwłoczných.

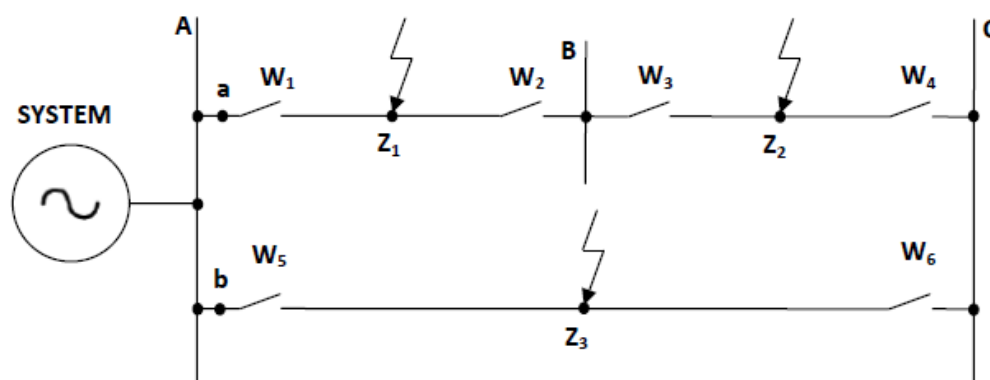
1. Zamodelować linię jednotorową dwustronnie zasilaną według schematu (Rys. 2.2.):
  - wyłączniki systemu 1, systemu 2,  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$ ,  $W_5$  zamknięte,
  - wyłącznik  $W_6$  otwarty.
2. Zaprojektować układ zabezpieczeń przed skutkami zwarć międzyfazowych.
3. Określić wpływ załączania toru 2 na rozptyw i wartości nastaw czasowych. Czy zamodelowany układ wymaga użycia przekaźników kierunkowych?
4. Dokonać praktycznego sprawdzenia reakcji układu na zwarcia w poszczególnych miejscach sieci. Uzyskane wyniki zamieścić w tablicy 2.2, przy czym należy przygotować dwie tablice, jedną dla sprawdzenia poprawności działania zabezpieczeń bez stosowania blokady kierunkowej oraz drugą z zastosowaniem poprawnie dobranych członów kierunkowych.

Tablica 2.2. Reakcja układu na poszczególne zwarcia

Miejsce zwarcia	Reakcje układu
$Z_1$	
$Z_2$	
$Z_3$	

## 2.4 Model linii dwutorowej jednostronnie zasilanej

Przedstawiony model linii dwutorowej jednostronnie zasilanej tworzy pierścień sieciowy. W celu ustalenia czasów zadziałania zabezpieczeń nadprądowych należy przerwać układ w punkcie a oraz ustalić czasy zadziałania zabezpieczeń wyłączników  $W_1$ ,  $W_3$ ,  $W_6$ , a następnie dla przerwy w punkcie b ustalić czasy zadziałania zabezpieczeń wyłączników  $W_2$ ,  $W_4$ ,  $W_5$ .



Rys. 2.3. Schemat linii dwutorowej zasilanej jednostronnie

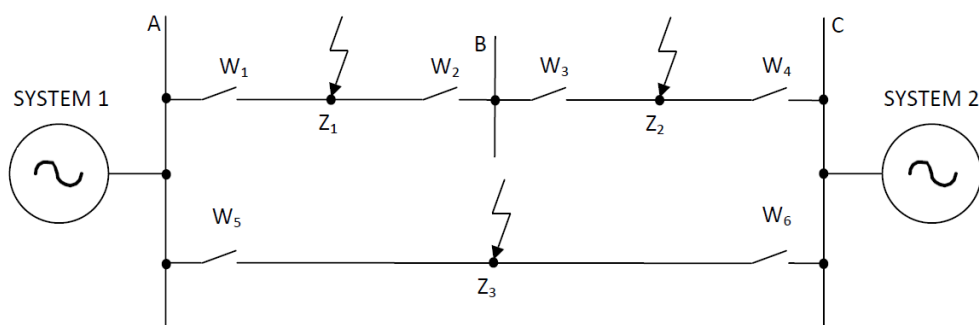
1. Zamodelować linię dwutorową jednostronnie zasilaną według schematu (Rys. 2.3):
  - wyłączniki systemu  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$ ,  $W_5$  i  $W_6$  zamknięte,
2. Zaprojektować układ zabezpieczeń przed skutkami zwarć międzyfazowych.
3. Określić wpływ załączania poszczególnych torów na rozptył i wartości nastaw czasowych. Czy zamodelowany układ wymaga użycia przekaźników kierunkowych?
4. Dokonać praktycznego sprawdzenia reakcji układu na zwarcia w poszczególnych miejscach sieci. Uzyskane wyniki zamieścić w tabeli 2.3, przy czym należy przygotować dwie tablice, jedną dla sprawdzenia poprawności działania zabezpieczeń bez stosowania blokady kierunkowej oraz drugą z zastosowaniem poprawnie dobranych członów kierunkowych.

Tabela 2.3. Reakcja układu na poszczególne zwarcia

Miejsce zwarcia	Reakcje układu
$Z_1$	
$Z_2$	
$Z_3$	



## 2.5 Model linii dwutorowej dwustronnie zasilanej



Rys. 2.4. Schemat linii dwutorowej zasilanej dwustronnie

1. Zamodelować linię dwutorową dwustronnie zasilaną według schematu (Rys. 2.4.):
  - wyłączniki systemu 1, systemu 2,  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$ ,  $W_5$  i zamknięte.
2. Zaprojektować układ zabezpieczeń przed skutkami zwarcia międzyfazowych.
3. Określić wpływ załączania poszczególnych torów na rozptył i wartości nastaw czasowych. Czy zamodelowany układ wymaga użycia przekaźników kierunkowych?
4. Dokonać praktycznego sprawdzenia reakcji układu na zwarcia w poszczególnych miejscach sieci. Uzyskane wyniki zamieścić w tabelicy 2.4, przy czym należy przygotować dwie tablice, jedną dla sprawdzenia poprawności działania zabezpieczeń bez stosowania blokady kierunkowej oraz drugą z zastosowaniem poprawnie dobranych członów kierunkowych.

Tablica 2.4. Reakcja układu na poszczególne zwarcia

Miejsce zwarcia	Reakcje układu
$Z_1$	
$Z_2$	
$Z_3$	

## 5. Wnioski końcowe

Na podstawie przeprowadzonego ćwiczenia należy napisać wnioski dotyczące doboru nastaw zabezpieczeń nadprądowych oraz zasadności stosowania zabezpieczeń kierunkowych w liniach SN dwutorowych lub dwustronnie zasilanych.