

FRANCISZEK SZYMIK

Katedra Sieci i Układów Elektroenergetycznych

O PRAWDOPODOBIENSTWIE POWSTANIA WYŁĄCZENIA W SIECI
Z NIEUZIEMIANYM SZTYWNO PUNKTEM ZEROWYM

/Rękopis dostarczono 6.VII.1959 r./

S t r e s z c z e n i e. Ogólna analiza zagadnienia powstawania zwarcia pojedynczego i podwójnego w sieci z nieuziemionym sztywno punktem zerowym w warunkach obniżenia izolacyjności. Wskaźniki prawdopodobieństwa powstania zwarcia podwójnego w różnych warunkach pracy sieci. Praktyczne zastosowania i porównanie z wynikami eksploatacyjnymi.

1. Ogólna analiza zagadnienia przejścia zwarcia
ziemnego w zwarcie podwójne

Rozpatrując znaczenie długości sieci w zagadnieniu zagrożenia sieci przez zakłócenia zabrudzeniowe, należy wyraźnie rozróżnić sieć z punktem zerowym bezpośrednio uziemionym od sieci z kompensowanym lub izolowanym punktem zerowym. W obydwu rodzajach sieci zjawisko zakłócenia zabrudzeniowego ma różny przebieg.

W sieciach z uziemionym punktem zerowym długość sieci z punktu widzenia omawianego zagrożenia nie ma istotnego znaczenia. W sieciach tych zwarcie spowodowane przeskokiem na izolatorze w jednej fazie zostaje odcięte od reszty sieci przez automatyczne wyłączenie odpowiedniego odcinka linii. Nieznaczne podniesienie napięcia jakie może przy tym powstać na fazach zdrowych jest bardzo krótkotrwałe i tym samym nie stwarza w zasadzie niebezpieczeństwa przerzucenia zakłócenia na inny odległy odcinek sieci w postaci towarzyszącego zwarcia. Prawdopodobieństwo powstania zakłócenia /wyłączenia linii/ związane będzie z prawdopodobieństwem istnienia w sieci jednego izolatora,

wykazującego obniżenie wytrzymałości powierzchniowej do wielkości, odpowiadającej poziomowi napięcia w sieci. Jeżeli przyjmiemy, że liczba izolatorów w sieci jest proporcjonalnie związana z długością rozpatrywanej sieci, to liczba mogących zaistnieć zakłóceń będzie wprost proporcjonalna do długości sieci l

$$N_z = k_z \cdot l \quad /1/$$

Zależność ta obowiązuje dla idealnego przypadku, kiedy cała sieć o długości l znajduje się w jednakowych warunkach zabrudzeniowych i atmosferycznych. W tym przypadku współczynnik proporcjonalności k_z przedstawia prawdopodobną liczbę zakłóceń przypadającą na jednostkę długości sieci /np. 100 km/. W najogólniejszym przypadku, kiedy sieć rozprzestrzeniona jest w terenie wykazującym w poszczególnych punktach różne nasilenie zabrudzeń, prawdopodobieństwo wystąpienia zakłócenia nie będzie w poszczególnych punktach jednakowe.

Współczynnik k_z , przedstawiający jednostkową liczbę zakłóceń, będzie wielkością zmienną zależną od odległości wzdłuż linii x , a wypadkową liczbę zakłóceń dla linii /sieci/ o długości l określać będzie wyrażenie całkowe

$$N_z = \int_0^l k_z(x) dx \quad /2/$$

W sieci z kompensowanym lub izolowanym punktem zerowym, w której zwarcie 1-fazowe doziemne nie powoduje zakłócenia w sensie wyłączenia linii, zagadnienie musi być rozpatrywane inaczej. W razie zaistnienia przeskoku na jednej z faz /np. R/ pod działaniem napięcia fazowego U_f powstanie wzrost napięcia na fazach pozostałych /zdrowych/, określony danymi sieci oraz stopniem rozstrojenia kompensacji /L.1, 3/. Wzrost napięcia obejmie fazy zdrowe sieci stanowiącej jedną galwaniczną całość. Prawdopodobieństwo powstania "drugiego" towarzyszącego przeskoku na jednej z tych obydwu faz - w związku z podniesieniem napięcia - jest oczywiście bardzo duże. Ponieważ poziomy napięć będą na tych fazach różne, musimy je zatem traktować oddzielnie.

Współczynnik wyobrażający prawdopodobną jednostkową liczbę przeskoków wtórnych na jednej z faz zdrowych

/np. S/ oznaczymy przez k_{d1} , a na drugiej fazie zdrowej /T/ przez k_{d2} . W ogólnym przypadku będą to wielkości zmienne, zależne od odległości x . Liczby przeskoków wtórnych na fazach S i T, wywołanych przez doziemienie przyczynowe /pierwsze/ rozpatrywane na elementarnym odcinku dx fazy R, wyniosą odpowiednio

$$dN_{d1} = dN_z \int_0^l k_{d1}(x) dx \quad \text{oraz} \quad dN_{d2} = dN_z \int_0^l k_{d2}(x) dx$$

czyli dla obydwu zdrowych przewodów razem

$$dN_d = dN_{d1} + dN_{d2} = dN_z \int_0^l [k_{d1}(x) + k_{d2}(x)] dx \quad /3/$$

Uwzględniając przeskoki przyczynowe na fazie R całej długości sieci l , otrzymamy wyrażenie na liczbę wszystkich prawdopodobnych przeskoków wtórnych, a więc ogólną liczbę prawdopodobnych zwarc podwójnych wywołujących wyłączenia linii

$$\begin{aligned} N_d &= \int_0^l dN_z \int_0^l [k_{d1}(x) + k_{d2}(x)] dx = \\ &= \iint_0^l k_z(x) [k_{d1}(x) + k_{d2}(x)] dx dx \quad /4/ \end{aligned}$$

W szczególnym przypadku, kiedy cała sieć znajduje się w jednakowych warunkach, współczynniki zakłócenia k_z , k_{d1} i k_{d2} są wielkościami stałymi i wyrażenie na liczbę przeskoków podwójnych przybierze prostszą postać

$$N_d = k_z (k_{d1} + k_{d2}) \iint_0^l dx dx = k_z (k_{d1} + k_{d2}) \cdot l^2 \quad /5/$$

$$\text{Podstawiając } k_d = k_z (k_{d1} + k_{d2}) \quad /6/$$

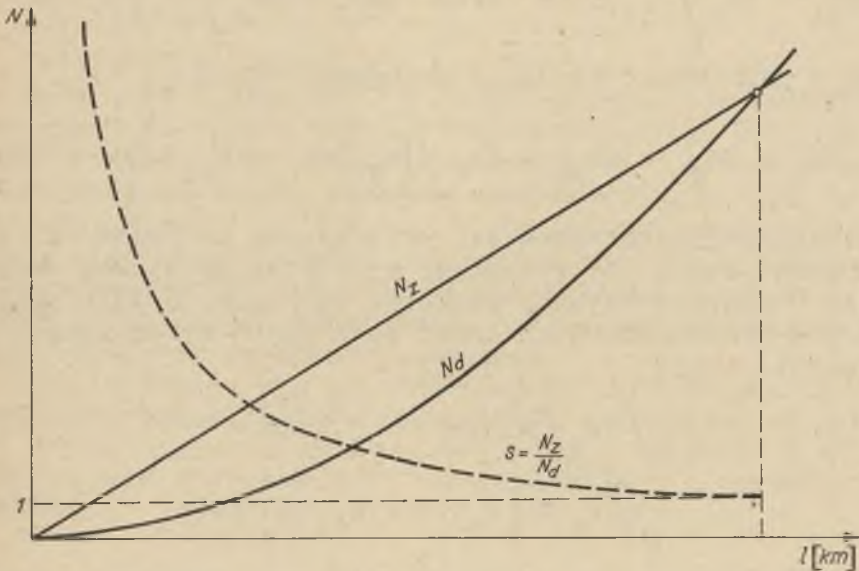
otrzymujemy zależność

$$N_d = k_d \cdot l^2 \quad /7/$$

Porównując dla tego przypadku zależności według wzorów /1/ i /7/ stwierdzamy, że liczba przeskoków doziemnych /przyczynowych/ N_z jest proporcjonalna do długości sieci, natomiast liczba N_d przeskoków podwójnych N_d , spowo-

dowanych przez przeskok przyczynowe, jest proporcjonalna do kwadratu długości sieci. Ze wzrostem długości sieci liczba zwarcí podwójnych rośnie szybciej niż liczba zwarcí doziemnych - pojedynczych.

Zależności powyższe zilustrowane są wykreślnie na rys.1.



Rys.1. Liczby zakłóceń w sieci z nieziemionym bezpośrednio punktem zerowym

Na rysunku tym przedstawiono proporcjonalny wzrost liczby zwarcí przyczynowych N_z oraz kwadratowy wzrost dla zwarcí podwójnych N_d - ze wzrostem całkowitej długości sieci l . Charakterystyczny jest tutaj stosunek $s = \frac{N_z}{N_d}$, którego przebieg przedstawiono na rys.1 linią przerywaną. Wyraża on prawdopodobną liczbę zwarcí przyczynowych - doziemnych, przypadającą na jedno zwarcie podwójne. Widzimy, że ze wzrostem długości sieci wskaźnik s maleje, osiągając przy pewnej długości sieci wartość równą jedności, po czym przybiera wartości mniejsze od jedności. Oznacza to, że każde zwarcie doziemne pojedyncze pociąga za sobą powstanie zwarcia towarzyszącego - prowadzącego do zwarcia podwójnego ($s=1$),

a dla bardzo rozległych sieci jedno zwarcie pojedyncze może wywołać kilka zwarć towarzyszących, a tym samym kilka wyłączeń odcinków linii w różnych punktach sieci $/s < 1/$.

Z przedstawionego rozumowania wynika wniosek praktyczny odnośnie celowości stosowania kompensacji ziemnozwarciowej w sieci pracującej w warunkach zabrudzeniowych. Okazuje się, że w rozległych sieciach zwarcia doziemne pojedyncze nie będą występowały samoistnie, gdyż zwarcia te z dużym prawdopodobieństwem rozwiną się w zwarcia podwójne, na które cewka gasikowa nie ma żadnego wpływu ochronnego. Zwarcie doziemne prowadzi więc do wyłączenia linii, a nawet do równoczesnego wyłączenia kilku odcinków linii. W tym ostatnim przypadku stosowanie kompensacji nie jest celowe, a nawet szkodliwe.

Wprowadzone w rozważaniach współczynniki k_z , k_{d1} , k_{d2} oraz wypadkowy współczynnik k_d będą posiadały określone wartości dla konkretnego stanu izolacji sieci, pracującej w określonych warunkach atmosferycznych. W miarę pogarszania się stanu izolacji na skutek starzenia izolatorów oraz narastania zabrudzeń, wartości poszczególnych współczynników zakłóceniovych k będą wzrastały. Odwrotnie - poprawiając stan izolacji sieci przez wymianę izolatorów starych na nowe oraz przez zmywanie zabrudzeń - uzyskujemy mniejsze wartości współczynników.

Należy wyraźnie podkreślić, że ze zmianą stanu izolacji poszczególne współczynniki k nie będą się zmieniały w jednakowej mierze, gdyż niejednakowo objawiać się będzie działanie napięcia na każdej z obydwu faz zdrowych. Również z tej przyczyny ścisłe ujęcie analityczne problemu zagrożenia zakłóceniovego w sieci z nieuziemionym bezpośrednio punktem zerowym jest w najogólniejszym przypadku bardzo uciążliwe i skomplikowane. Jednakże w realnych warunkach zabrudzeniowych sprawa znacznie się uprości.

2. Prawdopodobieństwo powstania zwarcia podwójnego

Miernikiem zagrożenia awaryjnego w sieci z kompensowanym punktem zerowym jest wartość prawdopodobieństwa powstania zwarcia podwójnego; jest ono prawdopodobieństwem warunkowym. Warunkiem możliwości powstania zwarcia po-

dwójnego jest uprzednie powstanie zwarcia ziemnego na jednej fazie, które związane jest z pewnym prawdopodobieństwem P' . Przejście zwarcia pojedynczego w zwarcie podwójne związane jest z prawdopodobieństwami powstania przeskołu na fazach zdrowych, a mianowicie P'' na fazie drugiej oraz P''' na fazie trzeciej.

Obydwa prawdopodobieństwa P'' i P''' odnoszą się do zdarzeń niezależnych lecz wykluczających się wzajemnie, wobec czego prawdopodobieństwo przejścia zwarcia ziemnego w zwarcie podwójne określone będzie wyrażeniem

$$P_{I-II} = 1 - (1 - P'') \cdot (1 - P''') = P'' + P''' - P''P''' \quad /8/$$

Prawdopodobieństwo warunkowe powstania zwarcia podwójnego wyniesie

$$P_{II} = P' \cdot P_{I-II} = P' \cdot (P'' + P''' - P''P''') \quad /9/$$

Należy jeszcze scharakteryzować pochodzenie i znaczenie poszczególnych czynników P' , P'' i P''' .

Prawdopodobieństwo P' związane będzie z całkowitą liczbą łańcuchów n ; wywołane ono będzie przez napięcie fazowe, zatem "zapas" napięcia ΔU będzie stosunkowo duży, a wartość P' na ogół bardzo mała. Prawdopodobieństwa P'' i P''' odnosić się będą każde do liczby łańcuchów 1 fazy, a więc $\frac{n}{3}$; napięcia obydwu faz będą różne i zdecydowanie większe od napięcia fazowego. Wartości P'' i P''' w porównaniu z P' będą przeważnie duże.

Analizując wzory /8/ i /9/ możemy stwierdzić, że prawdopodobieństwo przejścia zwarcia ziemnego w zwarcie podwójne P_{I-II} będzie na ogół duże - w większości przypadków bliskie jedności.

W związku z tym prawdopodobieństwo powstania zwarcia podwójnego P_{II} w takich przypadkach będzie bliskie wartości prawdopodobieństwa powstania pierwszego przeskołu przyczynowego P' ; oznacza to - zgodnie z przewidywaniem, że każde zwarcie ziemne przechodzić będzie na ogół w zwarcie podwójne $P_{II} \approx P'$.

3. Praktyczne zastosowanie teorii i porównanie z wynikami eksploatacji

Rozpatrzmy sieć 60 kV z kompensowanym punktem zerowym, z liczbą łańcuchów $n = 3000$, każdy łańcuch złożony jest z 5-ciu izolatorów kołpakowych typu K3. Zakładamy idealny przypadek jednorodności zabrudzenia i zamglenia na całym terenie rozpatrywanej sieci. Wielkość współczynnika charakteryzującego stan izolacji w sieci /wskaźnik rozrzutu wartości napięcia przeskoku/, przyjmujemy $\sigma = 10\%$. Za pomocą metody autora /L. 1 i 4/ określamy wielkości prawdopodobieństw powstania zwarcia pierwszego /ziemnego/ oraz zwarcie podwójnych przy różnych stopniach rozstrojenia kompensacji $\nu = (I_L - I_z) / I_z$ /L. 3/.

Przy przyjęciu w sieci napięcia o 5% wyższego od napięcia znamionowego, tzn. równego 63 kV /wartość fazowa 36,4 kV/, uzyskujemy wielkość prawdopodobieństwa powstania przeskoku pierwszego $P' = 0,08$ /8%/.

Dla przypadku całkowicie odłączonej kompensacji, czyli dla $\omega L = \infty$ lub $\nu = -100\%$ niedokompensowania, otrzymujemy $P''_{1000} = 0$ oraz $P'''_{1000} = 1$. Odpowiada to pełnemu /100%-mu/ prawdopodobieństwu przejścia zwarcia ziemnego w zwarcie podwójne wg wzoru /8/: $P_{I-II} = 0 + 1 - 0 = 1$ /100%/ , czyli prawdopodobieństwo warunkowe powstania zwarcia podwójnego jest takie same jak dla pierwszego zwarcia z ziemią $P_{II} = P' = 0,08$.

Dla wszystkich innych stopni niedokompensowania sytuacja będzie podobna, tzn. przejście zwarcia ziemnego w zwarcie podwójne odbywać się będzie w rozpatrywanej sieci ze 100%-owym prawdopodobieństwem. Wynika to stąd, że napięcia na fazach zdrowych we wszystkich zakresach niedokompensowania są zawsze większe od napięć dla granicznego przypadku rozpatrywanego. /L. 3/.

Przekompensowanie sieci $/I_L > I_z/$ daje podobne zjawisko jak niedokompensowanie, lecz tylko do pewnej war-

*) Przykład niniejszy ma na celu porównanie zachowywania się w warunkach zabrudzeniowych sieci o różnych długościach i różnym stopniu zabrudzenia izolacji. Uwzględnienie realnych warunków ze zmieniającymi się w terenie nasileniami zabrudzenia i zamglenia, możliwe jest przy zastosowaniu zasad podobnych jak dla sieci ze sztywno uziemionym punktem zerowym /L.1,4/.

tości stopnia rozstrojenia ν . W rozpatrywanej sieci dla $\nu = 60\%$ otrzymujemy jeszcze $P_{I-II} = 100\%$. Dopiero przy dalszym wzroście przekompensowania prawdopodobieństwo przejścia w zwarcie podwójne maleje i dla np. $\nu = 80\%$ wynosi $P_{I-II} = \text{ok. } 86\%$, po czym przy dalszym wzroście przekompensowania maleje szybko zdużając do zera.

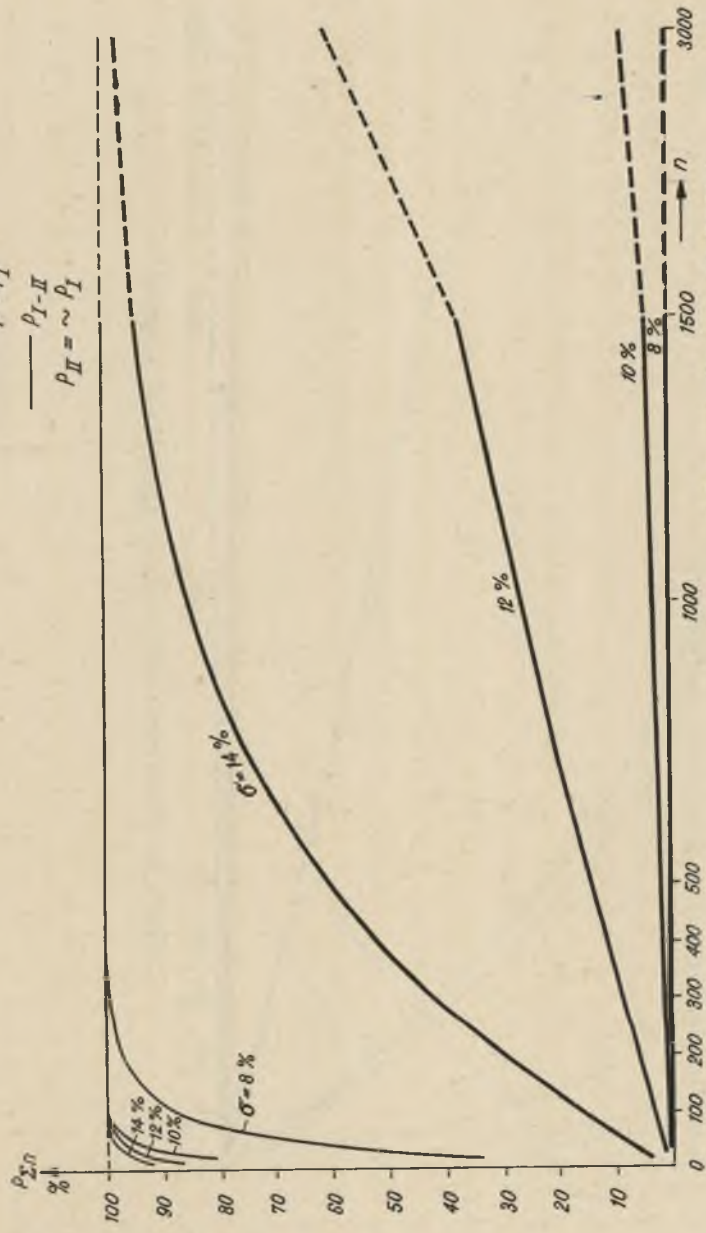
Dla granicznego przypadku przekompensowania / $\omega L = 0$, $\nu = 0$ / równoznacznego z bezpośrednim uziemieniem punktu zerowego, otrzymujemy $P_{I-II} = 0$ oraz $P_{II} = 0$.

Pojęcie przejścia zwarcia ziemnego w podwójne nie ma tu realnego sensu, gdyż zwarcie ziemne stanowi już samo w sobie zakłócenie powodujące wyłączenie linii z prawdopodobieństwem równym $P' = 0,08$.

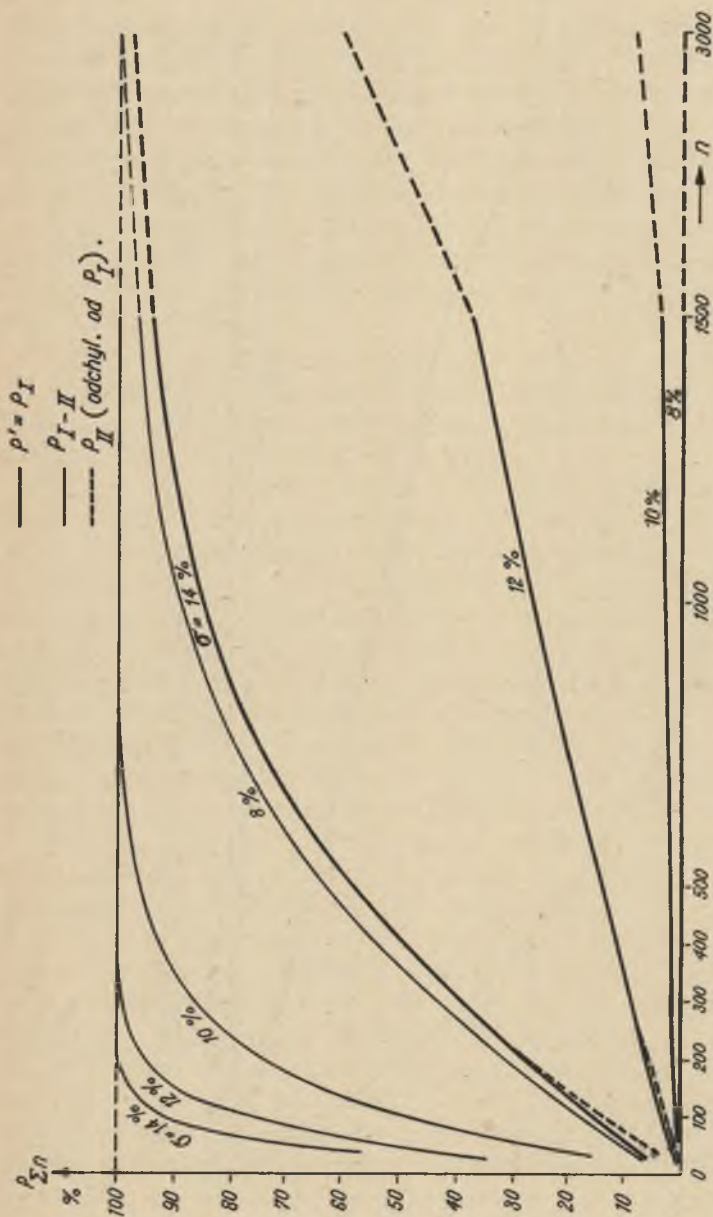
Dla trzech wymienionych charakterystycznych stanów kompensacji, przeprowadzono obliczenia prawdopodobieństwa powstania zwarc pierwszego /ziemnego/ P_I oraz podwójnego P_{II} w zależności od liczby łańcuchów, która w pewnej skali może odpowiadać długości sieci. Rozważania te odniesione są zatem do idealnego przypadku, kiedy tylko pewna część sieci odpowiadająca rozważanej każdorazowo liczbie łańcuchów, znajduje się w jednorodnych warunkach zabrudzeniowo - mgłowych, przy czym reszta sieci jest niezagrożona w ogóle, tzn. znajduje się na przykład poza obszarem działania zawilgocenia /mgły/.

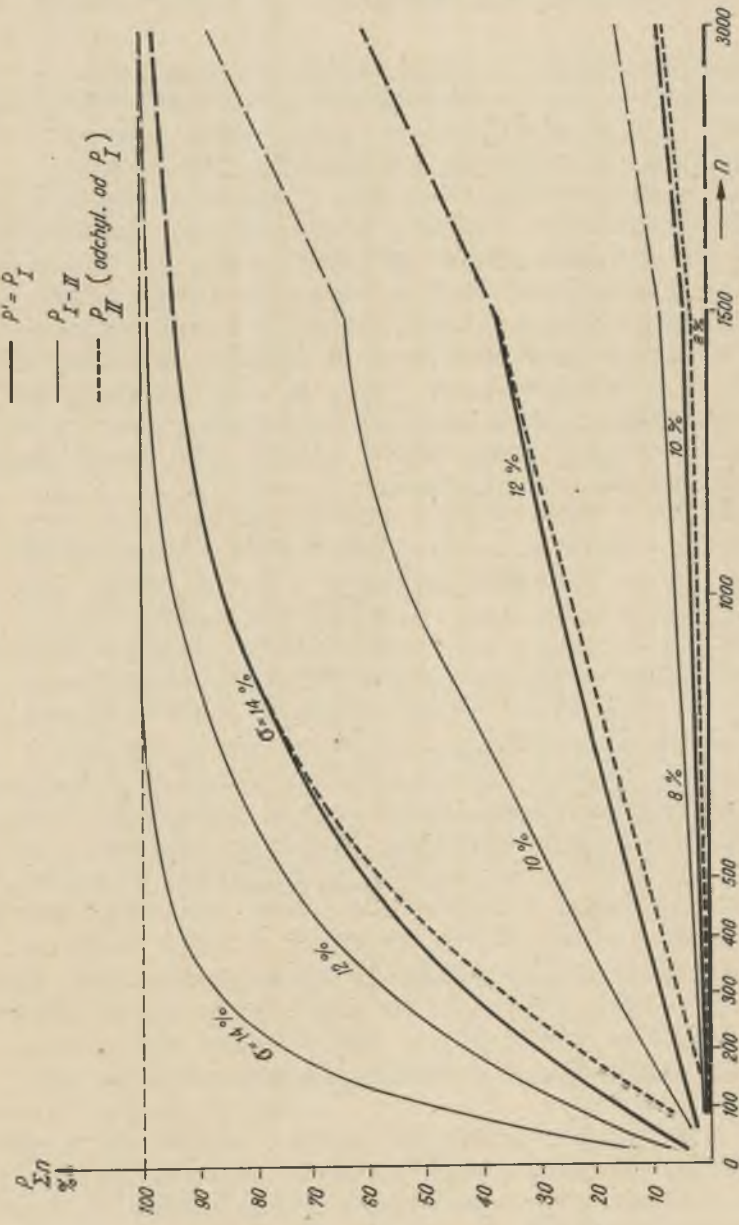
Przedstawione zostały same wyniki obliczeń, w postaci wykresów na rys.2, 3 i 4. Każdy z rysunków odnosi się do jednego stanu nastrojenia kompensacji, a mianowicie rys. 2 do stanu całkowicie izolowanego punktu zerowego / $\omega L = \infty$, $\nu = -100\%$ /, rys.3 do sieci niedokompensowanej ze stopniem $\nu = +60\%$ oraz rys.4 podobnie lecz ze stopniem $\nu = +80\%$. Podkreślić należy, że w przypadku innej sieci oraz innej charakterystyki łuku zwarciego aniżeli to przyjęte zostało w niniejszym przykładzie, wykresy prawdopodobieństw opracowane na rys.2 ÷ 4 będą miały podobny charakter, tylko inne będą odpowiednie wartości stopnia rozstrojenia na osi odciętych.

Analizując przedstawione na wykresach zależności możemy stwierdzić, że dla normalnych stanów kompensacji, a więc dla kompensacji zupełnej / $\nu = 0$ /, dla wszelkich stanów niedokompensowania, a także przekompensowania w zakresach praktycznie wchodzących w rachubę, prawdopodobieństwo przejścia zwarcia ziemnego w zwarcie podwójne jest pełne 100%-owe. Prawdopodobieństwo powsta-



Rys.2. Punkt zerowy izolowany $\omega L = \infty / \nu = 100\% /$.

Rys.3. Przekompensowanie sieci / $\nu = 60\%$



Rys.4. Przekompensowanie sieci / $v = 80\%$ /

nia zwarcia podwójnego P_{II} jest na ogół równe prawdopodobieństwu powstania zwarcia ziemnego /pierwszego/ P_I .

Każde zwarcie ziemne - mimo istnienia kompensacji ziemnozwarciowej - jest w warunkach zabrudzeniowo-mgłowych równoznaczne z zakłóceniem ruchu, gdyż poprzez zwarcie podwójne prowadzi do wyłączenia linii.

Kompensacja ziemnozwarciowa nie posiada zatem w warunkach zabrudzeniowych żadnego praktycznego znaczenia. Co więcej - na jej niekorzyść przemawia to, że towarzyszące zwarcia występować mogą w różnych nieraz odległych od siebie punktach sieci, wskutek czego zjawisko zakłóceń i wyłączeń wystąpić może w sposób lawinowy na całej sieci. W odróżnieniu od tego, w sieci z punktem zerowym uziemionym, każde zwarcie 1-fazowe prowadzi do lokalnego wyłączenia odpowiedniej linii, bez wywierania istotnego wpływu na inne linie.

Pewne różnice w wartościach prawdopodobieństw P_{II} i P_I / $P_{II} < P_I$ / dają się zauważyć w sieci mocno przekompensowanej i to przede wszystkim w przypadkach nie-dużej liczby łańcuchów, tzn. niezbyt rozległej części sieci, objętej warunkami zabrudzeniowo-mgłowymi. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż w miarę przekompensowywania przechodzimy w granicy do stanu, którym jest bezpośrednio uziemiony punkt zerowy, a w miarę zmniejszania liczby łańcuchów /zmniejszanie obszaru sieci objętej warunkami zabrudzeniowo-mgłowymi/ coraz mniejsze jest prawdopodobieństwo "znalezienia" łańcucha słabego - "towarzysza" do wywołania zwarcia podwójnego. Również poprawa stanu izolacji prowadzi do coraz znaczniejszych różnic P_{II} i P_I /stosunkowo biorąc/, a więc zaczyna wykazywać pewien efekt kompensacja ziemnozwarciowa. Inna sprawa, że w tych przypadkach zagrożenie przez zakłócenia zabrudzeniowe staje się w ogóle coraz mniejsze, gdyż wartości wskaźnika dla zwarć pierwszych P_I są bardzo małe.

Uzyskane w powyższej analizie wyniki upoważniają nas do stwierdzenia, że przy rozpatrywaniu zagrożenia sieci w warunkach zabrudzeniowo-mgłowych, niezależnie od systemu pracy punktu zerowego, podstawą do określenia prawdopodobieństwa powstania wyłączenia jest prawie zawsze przeskok pierwszy, powstający pod działaniem napięcia fazowego. Stwierdzenie to znajduje potwierdzenie w wynikach z badań eksploatacyjnych podanych niżej.

W poniższej tabeli zestawiono ilości zakłóceń w kompensowanej sieci 60 kV Okręgu Południowego w latach 1952-1956 /L.1, 2/

Rok	Ogólna liczba zakłóceń						Liczba zakł.zabr.				U w a g i
	w tym						w tym				
	suma	z	d	w	-	?	suma	z	d	?	
1952	32	3	9	14	5	1	5	-	4	1	Wzmocnienie izolacji w sieci
1953	37	4	15	7	6	5	14	1	13	-	
1954	39	9	7	14	6	3	7	-	7	-	
1955	19	2	3	11	3	-	1	-	1	-	
1956	28	5	10	4	9	-	1	-	1	-	
Razem	155	23	44	50	29	9	28	1	26	1	

Objaśnienia oznaczeń:

- z zwarcia z ziemią pojedyncze
- d zwarcia podwójne
- w zwarcia wielofazowe
- przyczyną wyłączenia nie jest zwarcie
- ? nieustalony przebieg elektryczny.

Wprowadzony na początku /rys.1/ wskaźnik liczby zwarć przyczynowych /"pierwszych"/ przypadających na jedno zwarcie podwójne wynosi na podstawie powyższych danych statystycznych, odnoszących się do ogółu zakłóceń w ciągu 5 lat pracy omawianej sieci

$$s = \frac{N_z}{N_d} = \frac{z + d}{d} = \frac{67}{44} = 1,52$$

Dla zwarć bez uwzględnienia zwarć zabrudzeniowych wskaźnik ten wynosi

$$s' = \frac{40}{18} = 2,22$$

a dla samych zwarć związanych z zakłóceniami zabrudzeniowymi

$$s'' = \frac{27}{26} = 1,04 = \sim 1,0$$

Ta ostatnia wartość wskaźnika dla zakłóceń zabrudzeniowych, stanowi potwierdzenie wniosku z teorii, że $P_{II} = \sim P'$.

Jeżeli chodzi o sieć kompensowaną pracującą w warunkach normalnych /niezabrudzeniowych/, to wartości wskaźnika w granicach $s = 5 \div 10$ uważa się jako świadczące o zadowalającym stanie sieci. Chcąc zachować możliwie dużą wartość tego wskaźnika należy dążyć do podziału sieci na niezależne /zasilane z oddzielnych transformatorów/ rejony, o niezbyt dużej sumarycznej długości linii oraz dobrym stanie izolacji.

Przyjmując, że długość sieci 60 kV omawianego okręgu wynosi około 1000 km, można określić długość sieci rejonów, na które należy podzielić tę sieć, aby uzyskać wartość wskaźnika np. $s_r = 5$.

Ponieważ licznik stosunkowego wskaźnika s zmienia się proporcjonalnie do długości, a mianownik proporcjonalnie do kwadratu długości sieci, zgodnie z wzorami /1/ i /7/, możemy znaleźć długość sieci rejonu l_r , odpowiadającą żądanej wartości wskaźnika s_r - z zależności

$$\frac{s_r}{s} = \frac{l}{l_r} \quad /10/$$

W naszym przypadku dla $s = 1,52$ /ogół zakłóceń/ pożądana długość sieci w rejonie byłaby

$$l_r = l \cdot \frac{s}{s_r} = 1000 \cdot \frac{1,52}{5,0} = \underline{304 \text{ km}}$$

Dla zwarć nie obejmujących zwarcia pochodzenia zabrudzeniowego wskaźnik s' wyniesie wtenczas

$$s'_r = 2,22 \cdot \frac{1000}{304} = 7,3$$

Ta ostatnia wartość leży mniej więcej w środku pożądanego zakresu /5 ÷ 10/. Podział na rejony o długości ok. 300 km, należy uznać - dla danej sieci - za najwłaściwszy.

LITERATURA

1. F.Szymik - Dysertacja naukowa "Zagrożenie awaryjne sieci napowietrznej pracującej w warunkach zabrudzeniowych". Politechnika Śląska i Instytut Energetyki Gliwice 1958.
2. F.Szymik - "Eksploatacja sieci 60 i 110 kV w terenach zabrudzeniowych". Gliwice - Instytut Energetyki - praca 30/55 - 56.
3. F.Szymik - "Wpływ napięcia znamionowego i systemu pracy punktu zerowego na zakłócenia zabrudzeniowe w liniach napowietrznych wys. napięcia". Energetyka 1957 Nr 4.
4. F.Szymik - "Zagrożenie awaryjne sieci napowietrznej w warunkach zabrudzeniowych". Biul. Instytutu Energetyki 1959 Nr 1 i 2 /Energetyka 1959 Nr 3 i 4/.

Резюме

В работе дан общий анализ возникновения единичного и двойного короткого замыкания в сети с изолированной нейтралью в случае недостаточного состояния изоляции. Даны показатели вероятности возникновения двойного короткого замыкания в разных условиях сети. Указывается на практическое использование и сравнивается её с результатами эксплуатации.

Résumé

Analyse générale des court — circuits simples et doubles à la terre dans les réseaux avec neutre isolé en cas de diminution de rigidité de l'isolation. Indices de probabilité des court — circuits doubles dans diverses conditions. L'utilisation pratique en comparaison avec les résultats d'exploitation.