Seria: ELEKTRYKA z. 105

Nr kol. 915

Edward LAWERA Marian MIKRUT

Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej

ANALIZA ROZPŁYWU PRĄDÓW ZIEMNOZWARCIOWYCH W IZOLOWANYCH SIECIACH PIERŚCIENIOWYCH W ASPEKCIE DOBORU ZABEZPIECZEŃ

> Streszczenie. Artykuł poświęcony jest analizie rozpływu prądów ziemnozwarciowych w sieciach z izolowanym punktem zerowym, zawierających połączenia pierścieniowe " Na podstawie badań przeprowadzonych dla sieci rozdzielczych 6 kV kopalń węgla kamiennego opracowano strukt turę i parametry sieci modelowych przyjętych do analizy oraz ich schematy obliczeniowe. Dla sieci tych przeprowadzono wielowariantowe obliczenia prądów ziemnozwarciowych i podano wyniki analizy ilościowej ich rozpływów w połączeniach pierścieniowych. Przedstawiono wnioski dotyczące kryteriów i zasad zabezpieczania sieci z połączeniami pierścieniowymi od zwarć jednofazowych z ziemią.

1. Wstep

Sieci rozdzielcze średniowysokiego napięcia, pracujące z izolowanym punktem zerowym, posiadają z reguły konfigurację promieniową. Z uwagi na zwiększenie poziomu ciągłości zasilania, ograniczenie strat mocy i poprawę warunków napięciowych w wielu układach tych sieci korzystne byłoby wprowadzenie połączeń pierścieniowych. Możliwość wprowadzania takich połączeń ograniczona jest między innymi trudnościami w zabezpieczaniu zawierających je sieci od zwarć doziemnych. Mimo tych trudności połączenia pierścieniowe wprowadzane są do sieci rozdzielczych przemysłowych. Przykładem mogą tu być sieci rozdzielcze 6 kV kopalń węgla kamiennego. Zabezpieczanie sieci izolowanych od zwarć doziemnych jest istotne z uwagi na możliwość ich przetodzenia się w zwarcia międzyfazowe. W sieciach przemysłowych - szczególnie sieciach w zakłedach górniczych - z uwagi na zagrożenie pożarowe zabezpieczenia ziemnozwarciowe stają się najważniejsze i winny działać na wyłączenie odcinka linii dotkniętej zwarciem.

Dotychczasowe prace pozwoliły rozwiązać problem zabezpieczenia linii wielotorowych [2], [3] od zwarć doziemnych. Dla rozpatrzenia możliwości zabezpieczania sieci z połączeniami pierścieniowymi o ilości odcinków większej od dwóch konieczna jest analiza rozpływu prądów w takich sieciach przy zwarciach doziemnych.

2. Charakterystyka sieci modelowej przyjętej do analizy

Analizę rozpływu prądów ziemnozwarciowych przeprowadzono dla sieci zawierającej połączenie pierścieniowe złożone z trzech odcinków. Schemat zastępczy sieci do obliczeń rozpływów prądów ziemnozwarciowych przedstawiono na rys. 1. Sieć S_A na schemacie przedstawia część połączonej galwanicznie



Rys. 1. Schemat zastępczy sieci z połączeniem pierścieniowym do obliczeń rozpływu prądów ziemnozwarciowych

Fig. 1. Equivalent scheme of the network with a ring connection for the calculation of ground fault currents propagation

sieci przyłączonej do szyn stacji A, z której zasilany jest fragment stanowiący połączenie pierścieniowe. Stacja A pośrednio lub bezpośrednio zasilana jest z uwzojenia wtórnego transformatora pracującego z izolowanym punktem zerowym. Sieci S_B i S_C na schemacie z rys. 1 przedstawiają części sieci zasilane z szyn stacji B i C objętych połączeniem pierścieniowym. Dla umożliwienia przeprowadzenia analizy wpływu miejsca zwarcia na rozpływ prądu ziemnozwarciowego rozpatrzono zwarcia w punktach K1, K2, K3, K4 sieci. W analizie przyjęto następujące oznaczenia:

- I_zC prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności doziemnej całej rozpatrywanej sieci,
- I. prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności sieci S.,

Induit2 0

I_{SB} - prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności sieci S_B, I_{SC} - prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności sieci S_C, I_{C1} - prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności linii L₁, I_{C2} - prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności linii L₂, I_{C3} - prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności linii L₃, I_{C4} - prąd ziemnozwarciowy odpowiadający pojemności linii L₃, I_{C5} - prąd jednostkowy ziemnozwarciowy linii L₁, L₂, L₃, I₁ - długość linii L₁, I₂ - długość linii L₂, I₃ - długość linii L₃.

3. Obliczenia rozpływów prądów ziemnozwarciowych

Celem obliczeń było wyznaczenie prądów płynących na początku i na końcu każdego odcinka połączenia pierścieniowego sieci ze schematu na rys. 1. Zgodnie z oznaczeniami na tym schemacie będą to prądy: I_{p1} i I'_{p1} dla lini L_1 , I_{p2} i I'_{p2} dla lini L_2 , I_{p3} i I'_{p3} dla lini L_3 . Wartości tych prądów wyznaczono rozpatrując zwarcia w punkach K_1 , K_2 , K_3 , K_4 sieci, które odpowiedały:

- 0.5 [[+(1+2)(1-2)] an(1-2)[+-1)b-2(1

+ 0 2,0- - 12

+ 0 2.0- + -1

- 3 2.0- = 21

- - - (1)

0 E.0- - 1

 K_1 - zwarciu w linii L₁ w odległości k od stacji A, K_2 - zwarciu w linii L₃ w odległości k od stacji C, K_3 - zwarciu w dowolnym punkcie sieci S_A, K_4 - zwarciu w dowolnym punkcie sieci S_B.

Przy zwarciu w punkcie K₁ prądy ziemnozwarciowe w odcinkach sieci pierścieniowej określone są relacjami:

$$I_{p1} = 0,5 [(2-k)a+(1-k)b+(2-k-1)c+(1-k)d]I_{zC}$$

$$I_{p1} = -0,5 [k a +(1+k)b + (k+1)c + k d]I_{zC}$$

$$I_{p2} = 0,5 [k a -(1-k)b - (2-k-1)c - (1-k)d]I_{zC}$$

$$I_{p2}' = 0,5 [k a -(1-k)b - (2-k-1)c - (1-k-1)d]I_{zC}$$

$$I_{p3} = 0,5 [k a -(1-k)b + (k+1)c + (k+1-1)d]I_{zC}$$

$$I_{p3}' = 0,5 [k a -(1-k)b + (k+1)c + (k+1-1)d]I_{zC}$$

. - searche v link L, v adlantant x ad

servin a downland think of a long way someth a putche K, proby standar

(ad) = 0,0(0 = -(1-0)) = (2-0)(c = (ba)

1 - 0,3 = -(1-4) + (1-1) - x a]t_{ac}

Das (Lad Stranger) and (das)

Przy zwarciu w punkcie K2 prądy ziemnozwarciowe w odcinkach sieci pierścieniowej określane są relacjami:

Przy zwarciu w punkcie K_x prądy ziemnozwarciowe w odcinkach sieci pierścieniowej można wyznaczyć z relacji:

$$I_{p1} = -0.5 [b + lc + d]I_{zC}$$

$$I_{p1} = -0.5 [b + lc]I_{zC}$$

$$I_{p2} = -0.5 [b + (2-l)c + d]I_{zC}$$

$$I_{p2} = -0.5 [b - lc + (1-l)d]I_{zC}$$

$$I_{p3} = -0.5 [b - lc + (1-l)d]I_{zC}$$

$$I_{p5} = -0.5 [b - lc + (1-l)d]I_{zC}$$

(2)

Przy zwarciu w punkcie K, prądy ziemnozwarciowe w odcinkach sieci pierścieniowej można wyznaczyć z relacji:

$$I_{p1} = 0,5 [a + (1-1)o]I_{zC}$$

$$I_{p1} = 0,5 [a+(1-1)c + d]I_{zC}$$

$$I_{p2} = 0,5 [a - (1-1)c]I_{zC}$$

$$I_{p2} = 0,5 [a - (1-1)c + 1 d]I_{zC}$$

$$I_{p3} = 0,5 [a + (1+1)c + d]I_{zC}$$

$$I_{p3} = 0,5 [a + (1+1)c + d]I_{zC} \cdot$$

relacjach od (1) do (4) przyjęto następujące oznaczenia:

$$a = \frac{I_{SA}}{I_{zC}} = 1 - b - c - d ,$$

$$b = \frac{I_{SB}}{I_{zC}} ,$$

$$c = \frac{I_{SC}}{I_{zC}}$$

$$I = \frac{I_{C1} + I_{C2} + I_{C3}}{I_{zC}},$$

1₁ = 1 długość linii L₁ w jednostkach względnych,

 $1 = \frac{12}{14} diugość linii L_2 w jednostkach względnych,$

 $l_3 = l_1 - l_2 = 1 - l długość linii L_3 w jednostkach względnych,$ $k = k_1 odległość względna punktu zwarcia K_1 od szyn A (rys. 1)$

k = k₂ odległość względna punktu zwarcia K₂ od szyn C. Obliczenie rozpływu prądów przeprowadzono dla różnych udziałów prądu ziemnozwarciowego części sieci S_B i S_C, czyli różnych wartości współczynników b i c.

Część wyników obliczeń rozpływów prądów ziemnozwarciowych przedstawiono na rysunkach 2, 3, 4, 5.

35

(4)

(5)









Analiza rozpływu prądów ziemnozwarciowych.

4. Analiza rozpływów prądów w sieci z połączeniami pierścieniowymi

Analizę ilościową przeprowadzono przy założeniu, że $I_{zC} = 50 \text{ A}$, $I_{cj} = 1,3 \text{ A/km}$, $l_1 = l_2 + l_3 = (0,4 + 1,2) \text{ km}$, $l_2 = (0,2 + 1,0) \text{ km}$, $l_3 = 0,2 \text{ km}$. Dane te przyjęto w oparciu o dokonane rozeznanie fragmentów sieci 6 kV pracujących w układach elektroenergetycznych kopalń węgla kamiennego.

Otrzymane wyniki obliczeń były podstawą analizy wpływu parametrów i warunków pracy sieci z połączeniami pierścieniowymi oraz miejsca zwarcia na rozpływ prądów ziemnozwarciowych (p. rys. 2, 3, 4, 5).

Analiza ta pozwala sfornułować następujące wnioski:

- a) Wartości modułów prądów na krańcach odcinków połączenia pierścieniowego zmieniają się liniowo wraz ze zmianą miejsca zwarcia występującego na jednym z odcinków (punkty K1, K2 na rys. 1), czyli przy zmianie k. Wartości modułów tych prądów dla danego k zmieniają się w szerokich granicach w zależności od wartości współczynników a, b, c.
- b) Kierunki prądów w odcinkach nie dotkniętych zwarciem przy danym k zależą również od wartości współczynników a, b, c.
- c) Zmiana długości poszczególnych odcinków połączenia pierścieniowego, powodująca zmianę ich udziałów w prądzie ziemnozwarciowym, będąca równoznaczna z odpowiednimi zmianami przekroju lub jednostkowego prądu ziemnozwarciowego przy niezmiennych długościach odcinków, wpływa w znacznie mniejszym stopniu na wartości i kierunki prądów na krańcach odcinków przy zwarciu w K1 lub K2 dla danego k niż zmiana wartości a, b, c.
- d) Wartości modułów i kierunki prądów na początku i końcu odcinka, w którym wystąpiło zwarcie, są różne w całym obszarze analizy.
- e) Wartości modułów prądów na początku i końcu odcinków pierścienia nie dotkniętych zwarciem są do siebie zbliżone przy danym k i określonych a, b, c. Nieznaczne różnice tych wartości spowodowane są własnym prądem ziemnozwarciowym odcinka.
- f) Kierunki prądów na początku i końcu odcinków pierścienią nie dotkniętych zwarciem mogą być w pewnych szczególnych przypadkach różne. Tak będzie np. przy zwarciu w punkcie K1, jeśli k = 0,5; a = b = 0,4; c = 0; d = = 0,2; l = 0,8 oraz przy zwarciu w dowolnym punkcie sieci, gdy a = b = = c = 0.
- g) Wartości modułów i kierunki prądów na początku i końcu odcinków układu pierścieniowego są zależne od wartości a, b, c również przy zwarciach poza pierścieniem.

5. Wnioski

W układach pierścieniowych sieci pracujących z izolowanym punktem zerowym prądy ziemnozwarciowe na początku i końcu odcinka, w którym wystąpiło zwarcie jednofazowe z ziemią, różnią się znacznie zarówno co do wartości modułów, jak i kierunku przepływu. Stwarza to możliwość zastosowania w takich układach sieciowych zabezpieczeń porównawczo-prądowych wzdłużnych. Warunki sprzyjające zadziałaniu tych zabezpieczeń na odcinkach zdrowych układu pierścieniowego wskutek występującej nieznacznej różnicy prądów na obydwu krańcach można wyeliminować poprzez odpowiedni dobór prądu rozruchowego zabezpieczenia.

Właściwości rozpływu prądów ziemnozwarciowych w sieciach zawierających układy pierścieniowe wykluczają możliwość zastosowania skutecznych zabezpieczeń innego rodzaju niż zabezpieczenia porównawczo-prądowe wzdłużne. Zastosowanie zabezpieczeń innego rodzaju jest możliwe po uprzedniej zmianie struktury, czyli dokonaniu samoczynnych przełączeń rozcinających pierścień [1].

LITERATURA

- 1 Lawera E., Mikrut M., Trynkiewicz J.: Analiza i opracowanie wytycznych zabezpieczeń ziemnozwarciowych w sieciach elektroenergetycznych kopalń węgla kamiennego. Praca Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej, Gliwice 1986.
- 2 Mikrut M., Sauczek M., Pilch Z.: Warunki działania zabezpieczeń ziemnozwarciowych kablowych linii wielotorowych. Materiały III Miądzynarodowej Konferencji Naukowej nt. "Aktualne problemy automatyki w energetyce", Gliwice 1979.
- 3 Betkiewicz B.: Propozycja wytycznych wyposażenia układów równoległych sieci 6 kV w zabezpieczenia ziemnozwarciowe. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa Nr 3/1985.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Zbigniew Kowalski

one-poses. Itne-ta-merbb fault.

Wpłynęło do redakcji 5 stycznia 1987 r.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ИЗОЛИРОВАННЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СЕТКХ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЫБОРА УСТРОЛСТВА ЗАЦИТН

Резюме

В статье дан анализ распределения токов однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью, содержающих кольцевые соединения. На основе проведеных испытаний для горных распределительных сетей 6 кв, разработана структура и параметры моделей принятых в анализе и их схемы замещения. Для этих сетей сделаны многовариантные расчеты токов однофазного замыкания на землю. В статье замещены результаты количественного анализа распределения этих токов в сетях с кольцевыми соединениями. Представлены выводы относительно критериев и принципов действия защит от замыканий на землю в сетях с кольцевыми соединениями.

Summary

The paper is devoted to the analysis of the propagation of ground fault currents in unearthed networks with ring connexions. On the basis of investigation of 6 kV distribution networks in coal mines the structure and parameters of model networks accepted for analysis as well as their equivalent diagram were found. For these networks the multi-wariant calculations of ground fault currents were made and the results of quantitative analysis of their propagation in ring connexions were given. The conclusions were presented on criterions and principles of protecting the ring networks from one-phase, line-to-earth fauls.

Any and the second of saling the strain for the second strain of the second strain of the second strain second str

the Lewon we haple , but , ded to apen private pray among & a content on a

a rest o encourse manufactor, contraction and to and the second of a

ANALSSING REALING DECEMBER OF STREET, STREET,