

Józef LORENC*
Jacek HANDKE*
Andrzej KWAPISZ*
Bogdan STASZAK*

OCENA ALGORYTMÓW ZABEZPIECZEŃ ADMITANCYJNYCH LINII ŚREDNICH NAPIĘĆ

W artykule przedstawiono wyniki prowadzonych w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej badań nad oceną skuteczności działania zabezpieczeń admitancyjnych od skutków jednofazowych zwarć z ziemią w sieciach średniego napięcia. Badania efektywności stworzonych algorytmów zabezpieczeniowych prowadzone są z wykorzystaniem sygnałów uzyskanych z modeli laboratoryjnych i rzeczywistych układów sieciowych. Opracowane modele zabezpieczeń admitancyjnych pozwalają na dobór istotnych parametrów algorytmów decyzyjnych. Zamieszczono wyniki analizy działania zabezpieczeń realizujących wybrane kryteria admitancyjne dla określonych przypadków zwarć doziemnych. Symulacje wykonano za pomocą pakietów oprogramowania EMTP.

1. WPROWADZENIE

Od wielu lat w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej prowadzone są badania związane z zagadnieniami zakłóceń ziemnozwarciowych w sieciach średnich napięć. Zabezpieczenia od skutków zwarć doziemnych najczęściej wykorzystują jako sygnały pomiarowe składową zerową napięcia U_0 i składową zerową prądu I_0 . Uzależnienie wartości tych sygnałów od rezystancji przejścia, od poziomu wielkości uchybowych, asymetrii parametrów doziemnych oraz zmian konfiguracji sieci, występowanie zwarć łukowych, jest powodem występowania trudności z prawidłowym doбором nastaw tradycyjnych zabezpieczeń i przyczyną poszukiwania nowych kryteriów. Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że najskuteczniejszym rozwiązaniem jest wykorzystanie kryteriów admitancyjnych [1, 2, 3].

Badanie nowych kryteriów zabezpieczeniowych ułatwiają współczesne programy komputerowe typu EMTP [4, 5]. Testowania zamodelowanych zabezpieczeń można dokonać, wykorzystując sygnały pomiarowe U_0 i I_0 wygenerowane w czasie komputerowej symulacji lub w laboratoryjnym modelu

* Politechnika Poznańska.

sieci SN, a także zapisane podczas rzeczywistych doziemień przez rejestratory zakłóceń lub cyfrowe zespoły przekaźnikowe.

2. KRYTERIA ADMITANCYJNE

Pojęcie *kryteria admitancyjne* obejmuje kryteria: admitancyjne $Y0>$, konduktancyjne $G0>$, susceptancyjne $B0>$, kryteria kierunkowe $G0k$ i $B0k$, kryteria łączone (np. $YG0$), a także kryterium porównawczo-admitancyjne $YY0$. Do działania zabezpieczeń admitancyjnych jest wymagane spełnienie warunku napięciowego:

$$U_0 \geq U_{0n} \quad (1)$$

gdzie U_{0n} oznacza wartość nastawczą składowej zerowej napięcia, a U_0 - wartość pomiarową.

Ponadto dla kryterium admitancyjnego $Y0>$ obszar działania określa relacja:

$$Y_0 \geq Y_{0n} \quad (2)$$

gdzie Y_0 oznacza wartość pomiarową, a Y_{0n} - wartość nastawczą składowej zerowej admitancji.

Natomiast dla kryterium konduktancyjnego $G0>$ warunek działania opisuje zależność:

$$\left| |1 + k_{yg} Y_0| - |1 - k_{yg} Y_0| \right| \geq G_{0n} \quad (3)$$

gdzie: k_{yg} - współczynnik proporcji, G_{0n} - wartość nastawczą składowej zerowej konduktancji.

Pożądanee skutki działania zabezpieczeń konduktancyjnych uzyskuje się w sieciach skompensowanych współpracujących z układami automatyki wymuszania składowej czynnej AWSCz.

Stosowanie w algorytmach zabezpieczeń cyfrowych powyższych kryteriów wymaga przetwarzanie próbek sygnałów pomiarowych U_0 i I_0 w sygnały S_1 , S_2 , S_3 , S_4 określone według zależności:

$$S_{1X} = |mU_{0X} + nI_{0X}| \quad (4)$$

$$S_{2X} = |mU_{0X} - nI_{0X}| \quad (5)$$

$$S_{3X} = |mU_{0X} + nI_{0Y}| \quad (6)$$

$$S_{4X} = |mU_{0X} - nI_{0Y}| \quad (7)$$

gdzie: x - indeks kolejnej próbki, y - indeks próbki przesuniętej o 1/4 okresu, m , n - współczynniki wagi dla próbek składowej zerowej napięcia i prądu.

Sygnały S_1 i S_2 są wykorzystywane w kryteriach $G0>$ i $YY0$ współpracujących z urządzeniami AWSCZ, natomiast sygnały S_3 i S_4 w kryteriach ukierunkowanych na współpracę z układami wymuszania składowej biernej prądu AWSB.

Zależności (8) i (9) przedstawiają warunki rozruchowe dla opisywanych w artykule kryteriów admitancyjnego i konduktancyjnego bezkierunkowego. Znak W oznacza wartości uśrednione poszczególnych sygnałów.

$$W(I_{0X}) \geq Y_{0n} W(U_{0X}) \quad (8)$$

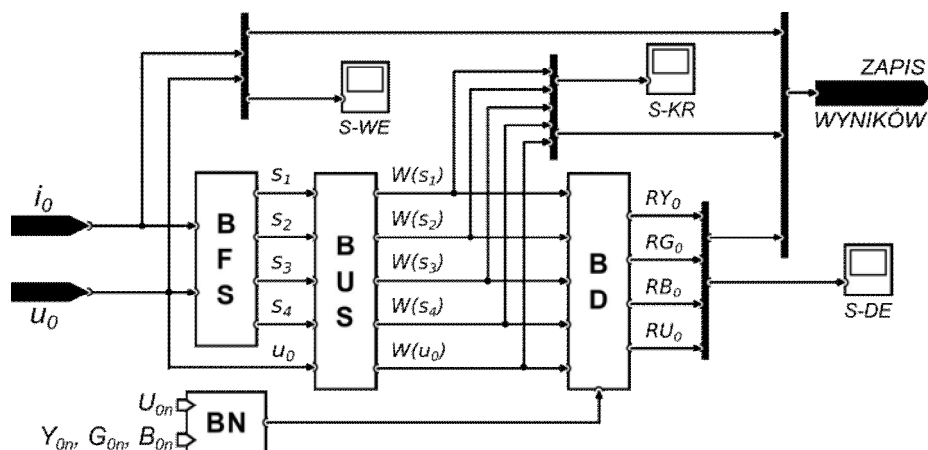
$$|W(S_{1X}) - W(S_{2X})| \geq G_{0n} W(U_{0X}) \quad (9)$$

Badanie kryteriów admitancyjnych następuje wyłącznie wtedy, gdy zostanie spełniona relacja:

$$W(U_{0X}) \geq U_{0n} \quad (10)$$

3. MODEL SYMULACYJNY

Do testowania kryteriów admitancyjnych przyjęto model umożliwiający wczytywanie sygnałów pomiarowych zarejestrowanych w rzeczywistej sieci SN lub na modelu laboratoryjnym.

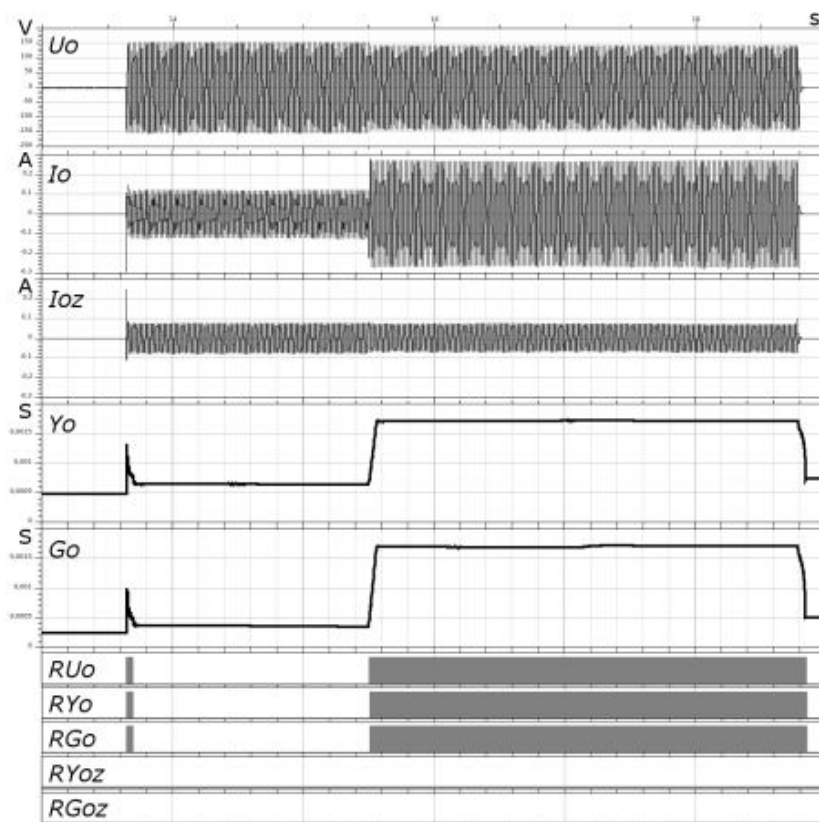


Rys. 1. Schemat ideowy modelu symulacyjnego służącego do testowania algorytmów zabezpieczeń admitancyjnych

Schemat ideowy modelu przedstawiono na rysunku 1. W bloku BFS są formowane sygnały pomocnicze, natomiast w bloku BUS następuje ich uśrednianie. Blok BN służy do deklaracji wartości nastawczych związanych z poszczególnymi kryteriami. W bloku BD są generowane dwustanowe sygnały decyzyjne, opisywane przedrostkiem R. Należy dodać, że decyzja o zadziałaniu podejmowana jest z wykorzystaniem sygnałów składowej zerowej prądu i napięcia o częstotliwości podstawowej. Opisany model z powodzeniem zrealizowano za pomocą programu MATLAB/SIMULINK i jest fragmentem projektu uwzględniającego również model sieci SN i modele zakłóceń.

4. WYNIKI BADAŃ

W procedurach badawczych skuteczność kryteriów admitancyjnych sprawdzono podczas zwarć jednofazowych, uwzględniając różne sposoby pracy punktu neutralnego sieci SN, charakter przebiegu zwarcia (ciągłe, przerywane), różne wartości rezystancji przejścia. Badano również selektywność działania zabezpieczeń.

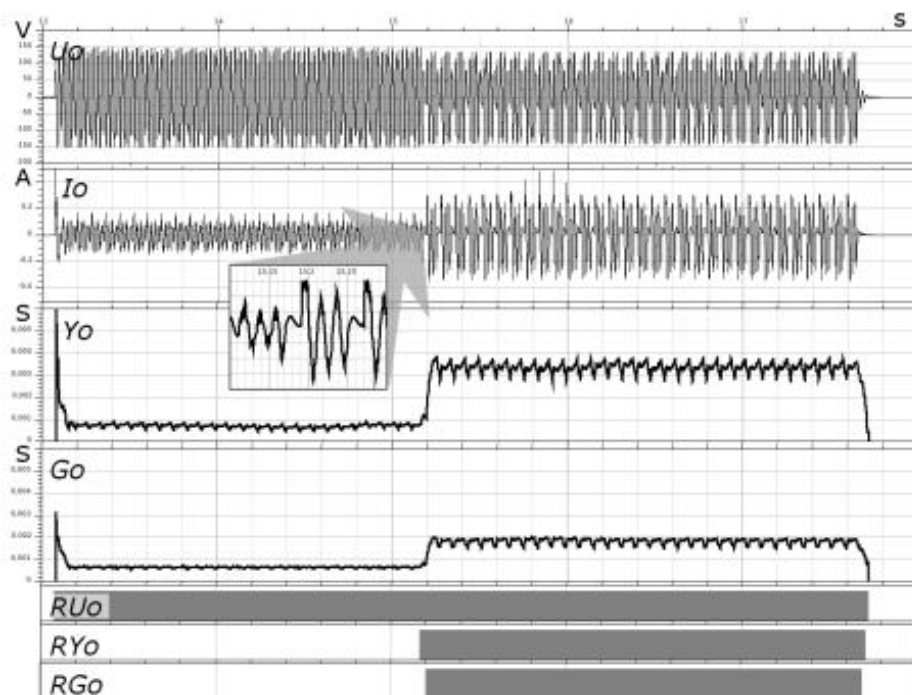


Rys. 2. Wyniki symulacji dla przypadku doziemienia ciągłego w sieci skompensowanej z działającym układem AWSCz

Wyniki badań dotyczą typowych zakłóceń spotykanych w rzeczywistych warunkach. Analiza obejmuje dwa zdarzenia. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki symulacji zwarcia ciągłego w sieci skompensowanej, w której po 2 sekundach od chwili wystąpienia doziemienia zadziałał układ AWSCz. Od góry pokazano przebiegi składowej zerowej napięcia U_0 , składowej zerowej prądu w linii doziemionej I_0 i linii *zdrowej* I_{0z} (linii o takich samych parametrach doziemnych),

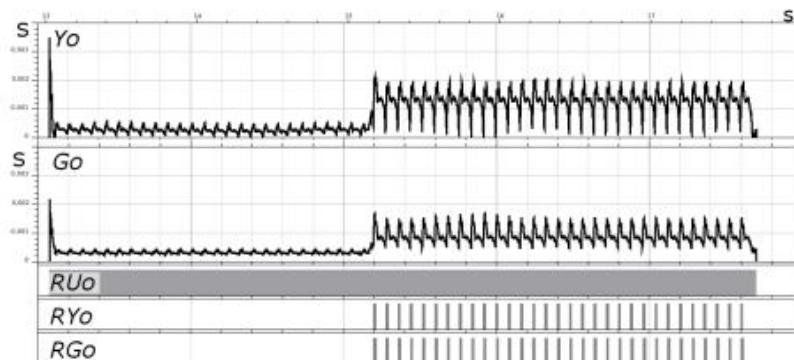
a następnie obliczone przebiegi sygnałów kryterialnych Y_0 i G_0 oraz sygnałów decyzyjnych kryteriów zerowonapięciowego RU_0 , admitancyjnego RY_0 i konduktancyjnego RG_0 . Dodatkowo zaprezentowano przebiegi sygnałów decyzyjnych dla linii zdrowej RY_{0z} i RG_{0z} , wskazujące na selektywne działanie zabezpieczeń admitancyjnych.

Na rysunkach 3 i 4 zobrazowano wyniki symulacji w przypadku pojawienia się zwarcia o charakterze przerywanym dla takiej samej konfiguracji sieci SN, jak w zdarzeniu pierwszym.



Rys. 3. Wyniki symulacji dla przypadku zwarcia przerywanego w sieci skompensowanej z działającym układem AWSCz, okno uśredniania równe 3 okresom

Wszystkie przebiegi dotyczą linii doziemionej. Na efektywność działania zabezpieczenia znaczący wpływ ma odpowiednio dobrane okno uśredniania. Dla rzeczywistych zwarcí doziemnych przerywanych wartość tego parametru równa 3 okresom składowej podstawowej napięcia sieciowego jest wystarczająca dla zapewnienia wybiórczego działania zabezpieczenia wykorzystującego kryteria admitancyjne.



Rys. 4. Wyniki symulacji dla przypadku zwarcia przerywanego w sieci skompensowanej z działającym układem AWSCz, okno uśredniania równe 1 okresowi

Krótsze okno uśredniania może spowodować niestabilność sygnału decyzyjnego, a nawet pobudzenie się zabezpieczeń w linia niedoziemionych. Opisany przypadek zilustrowano na rysunku 4.

5. PODSUMOWANIE

Jednym z trudniejszych przypadków zakłóceń w sieciach SN są zwarcia doziemne, którym niejednokrotnie towarzyszy wysoka rezystancja przejścia lub niestabilne zjawisko przerywanego łuku elektrycznego. Dla uzyskania wystarczającej skuteczności algorytmów zabezpieczeń admitancyjnych konieczne są badania symulacyjne wykorzystujące zbliżone do rzeczywistych sygnały pomiarowe składowej zerowej prądu i napięcia. Badania takie pozwalają na właściwy dobór parametrów algorytmów zabezpieczeniowych. Z doświadczeń wynika m. in., że relacja między współczynnikami m i n ze wzorów (4), (5), (6) i (7) powinna wynosić przynajmniej 3. Symulacje umożliwiają również wyznaczenie właściwej szerokości okna uśredniania, co pozwala uniknąć niestabilnych lub nieselektywnych zadań zabezpieczeń.

Odwzorowanie za pomocą aplikacji typu EMTP rzeczywistych warunków pracy sieci SN i występujących w niej różnorodnych zjawisk ziemnozwarciowych, uwzględnienie zmian konfiguracji pracy punktu neutralnego (wyłączenia pola Potrzeb Własnych, działania układów automatów AWSCz i AWSB itp.) ułatwia ponadto dobór wymaganych wartości nastawczych zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

W artykule przedstawiono przykłady analiz działania zabezpieczeń wykorzystujących kryterium admitacyjne $Y0>$ i konduktancyjne $G0>$. Prowadzone w podobny sposób analizy dla pozostałych kryteriów ($G0k$, $B0k$, $BG0$, $YG0$, $YY0$) dowodzą dużej skuteczności zabezpieczeń admitancyjnych.

LITERATURA

- [1] Lorenc J., Admitancyjne zabezpieczenia ziemnozwarciowe, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2007.
- [2] Kwapisz A., Lorenc J., Musierowicz K., Efficiency of Admittance Relays During Faults with High Fault Resistance Values in MV Networks, IEEE International Conference PowerTech 2005, Sankt Petersburg, 2005.
- [3] Lorenc J., Rakowska A., Staszak B., Limitation of Earth-Fault Disturbances and their Effects in Medium Voltage Overhead Lines, Przegląd Elektrotechniczny, nr 4, 2007.
- [4] Smolarczyk A., Modelowanie zwarć doziemnych w sieciach SN za pomocą program PSCAD/EMTDC, Wiadomości Elektroenergetyczne, nr 6, 2007..
- [5] Marciniak L., Modeling of digital earth fault protection using PSCAD, Przegląd Elektrotechniczny, nr 3, 2009.

EVALUATION OF ADMITTANCE PROTECTION FOR MEDIUM VOLTAGE LINE

The results of evaluation of the earth fault admittance protection efficiency in MV networks developed in the Institute of the Electrical Power Engineering at Poznań University of Technology are presented in this paper. Efficiency tests of developed protection algorithms are made with utilization of measurement signals acquired from models and from network systems. The model of admittance protection allows to determinate important parameters of decision making algorithm. The results of protection operating analyses for selected admittance criterion are included. Simulation are made with use of EMTP applications.