

Bernard Wiecha

Nowe kryteria detekcji zwarcí doziemnych w sieciach rozdzielczych średniego napięcia

streszczenie rozprawy doktorskiej napisanej pod kierunkiem

dr hab. inż. Mirosława Łukowicza, prof. uczelni

Konwencjonalne zabezpieczenia ziemnozwarciowe oparte w swym działaniu na kryterium nadnapięciowym, zerowo prądowym, czynno- i bierno mocowym, admitancyjnym i z grupy admitancyjnej (susceptancyjne, konduktancyjne) wykorzystują jedynie składowe podstawowe sygnałów zabezpieczeniowych i jako takie nie zapewniają odpowiednio dużej czułości i selektywności podczas zwarcí rezystancyjnych i przerywanych. W związku z tym poszukuje się innych metod wykrywania zwarcí, szczególnie wysokorezystancyjnych i przerywanych. W metodach tych wykorzystuje się komponenty wysokoczęstotliwościowe sygnałów zabezpieczeniowych lub inne charakterystyczne cechy zjawisk ziemnozwarciowych. Podstawowym założeniem w tych metodach jest możliwość wykorzystania wyższych harmonicznych pojawiających się w składowych zerowych napięcia i prądów w chronionych liniach. Do analizy mocy sygnałów zwarciovych w wybranych pasmach częstotliwości proponuje się również zastosowanie transformaty Hilberta].

Innym kryterium wystąpienia zwarcia w linii sieci SN może być losowość zjawisk ziemnozwarciowych lub też asymetria przebiegów wielkości zasilających zabezpieczenia. W innych metodach detekcja ukierunkowana jest na rozpoznawanie charakterystycznych wzorców w sygnałach zabezpieczeniowych, które wykrywane są z wykorzystaniem transformaty falkowej.

Należy również wspomnieć o całej grupie metod zaliczanych do tzw. nurtu sztucznej inteligencji lub zwanych też metodami miękkimi. Ekstrakcję wzorców lub relacji między użytecznymi wzorcami charakterystycznymi dla przebiegów zwarciovych w liniach uszkodzonych próbuje się przeprowadzać wykorzystując sztuczne sieci neuronowe lub technikę zbiorów rozmytych

Można też znaleźć propozycje rozwiązań hybrydowych, które na drodze adaptacji są wykorzystywane do wykrywania zwarcí zarówno nisko- jak i wysokorezystancyjnych .

Innym problemem związanym ze zwarciami w sieciach rozdzielczych jest efektywna lokalizacja zwarcí. Ze względu na złożoność sieci rozdzielczych przy względnie ubogim ich opomiarowaniu zadanie to stanowi znacznie poważniejsze wyzwanie w porównaniu z problemem lokalizacji w sieciach przesyłowych. Należy przy tym rozróżnić problem lokalizacji zwarcia w sieci od problemu detekcji linii ze zwarciem. Treść rozprawy dotyczy drugiego z wymienionych problemów.

Przedłożona rozprawa poświęcona jest nowej metodzie detekcji zwarcí niskorezystancyjnych w sieciach rozdzielczych SN o różnym sposobie uziemienia punktu neutralnego. Celem postawionym w pracach badawczych była poprawa czułości wykrywania zwarcí niskorezystancyjnych, tzn. zwarcí przez niskie rezystancje, ale skutkujące niewielkim przyrostem wartości składowej zerowej napięcia i prądów kolejności zerowej mierzonych w

chronionych liniach. Drugim celem opracowanego algorytmu jest możliwość wykrywania zwarć przerywanych o względnie długich przerwach między zapłonami łuku zwarcowego.

W rozdziale przedstawiony został cel pracy oraz główne założenia upraszczające oraz ograniczono modelowanie sieci SN i zjawisk ziemnozwarciowych do określonego, ograniczonego zbioru przypadków. Zamodelowano trzy sieci SN z pięcioma polami liniowymi:

- sieć 20 kV z izolowanym punktem neutralnym o całkowitym pojemnościowym prądzie ziemnozwarciowym około 79,5 A;
- sieć o całkowitym pojemnościowym prądzie ziemnozwarciowym około 79,5 A z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor 105 Ω ;
- sieć o całkowitym pojemnościowym prądzie ziemnozwarciowym około 79,5 A z punktem neutralnym uziemionym przez cewkę Petersena, z Automatycznym Wymuszaniem Składowej Czynnej (AWSCz) o wartości 20,6 A.

Ponad to ujęto problemu wykrywania linii ze zwarcem w sieci rozdzielczej SN, a także przegląd zgromadzonej literatury.

Rozdział 3 poświęcony jest sposobom uziemienia punktów neutralnych najczęściej eksploatowanych w kraju sieci rozdzielczych SN. W rozdziale scharakteryzowane zostały zostały sieci z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym tzn. przez rezystor, przez dławik, sieci izolowane oraz przedstawione zostały wielkości charakterystyczne dla poszczególnych sposobów uziemienia punktu neutralnego. Poświęcono uwagę stanom awaryjnym – zwarciovym oraz ich wpływowi na wielkości charakteryzujące sieci z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym

W rozdziale 4 zebrano podstawowe informacje na temat automatyki zabezpieczeniowej od zwarć doziemnych w sieciach SN. Porównano kryteria detekcji zwarć doziemnych oraz ich charakterystyczne parametry determinujące ich skuteczność detekcji w sieciach o nieskutecznie uziemionym punkcie neutralnym sieci średnich napięć.

Rozdział 5 zawiera szczegółowy opis modelu sieci SN opracowany w programie EMTP, który posłużył do generacji przebiegów sygnałów zasilających nowe ziemnozwarciowe algorytmy zabezpieczeniowe. Dane otrzymane z modelowania opisanej sieci posłużyły do optymalizacji filtrów tychże sygnałów oraz testowania funkcji zabezpieczeniowych przedstawionych w dalszej części pracy.

Podane zostały również cztery modele różnych przebiegów (scenariuszy) zjawisk w miejscu zwarcia. Zaproponowane modele nie są dokładnymi replikami modeli proponowanymi w literaturze, ponieważ wprowadzono w nich pewne uogólnienia, które pozwalają na uwzględnienie tzw. „dziwnych” zachowań łuku zwarcowego, wynikających z nieokreślonych przyczyn lub spowodowanych zmiennymi warunkami środowiskowymi. Takie podejście podyktowane było m.in. obawami o „sztywny” w wyniku optymalizacji dobór parametrów proponowanych kryteriów zabezpieczeniowych do ewentualnych „sztywnych” modeli zwarciovych.

W rozdziale 6 przedstawiono przedstawiano zasadniczą ideę proponowanego wieloczęstotliwościowego kryterium admitancyjnego oraz jego stopniowe uproszczenia prowadzące do kryteriów mocowych. Na drodze kolejnych, indywidualnych optymalizacji odpowiednich współczynników formuł oraz otrzymanych na tej drodze kryteriów i ich testów, został przeprowadzona wstępna weryfikacja ich skuteczności, z którą można zapoznać się w kolejnym rozdziale dysertacji.

W rozdziale 7 przedstawiono wyniki badań nad skutecznością programowania nieliniowego w optymalizowaniu wybranych nowych kryteriów detekcji doziemień w liniach rozdzielczych sieci SN. Zaproponowaną metodę optymalizacyjną wykorzystano do projektowania filtrów sygnałów zabezpieczeniowych stosowanych w zabezpieczeniach ziemnozwarciowych sieci SN.

Wnioski zawarte zostały w rozdziale 8 zakończone konkluzją Wynikiem przeprowadzonych badań było udowodnienie tezy, że istnieje możliwość rozszerzenia spektrum częstotliwościowego obecnie stosowanych kryteriów wykrywania doziemień w sieciach SN. Należy rozumieć przez to, że można i należy wykorzystywać w podejmowaniu decyzji również informacje wnoszone przez stany przejściowe prowokowane (generowane) przez nieliniowy lub niestacjonarny charakter zjawisk fizycznych występujących w miejscu zwarcia.

Bernard Wiecha

