

Artykuł przygotowany na konferencję naukową **Współczesna problematyka sieci średnich napięć**, 16 – 18 października 2007 – Kórnik k/Poznań

dr inż. Witold **HOPPEL**

dr hab. inż. Józef **LORENC**

Politechnika Poznańska

Instytut Elektroenergetyki

OGÓLNA OCENA SPOSOBÓW PRACY PUNKTU NEUTRALNEGO SIECI ŚREDNICH NAPIĘĆ

Problematyka wyboru sposobu pracy punktu neutralnego sieci średnich napięć jest ciągle aktualna, chociaż obecnie dobrze rozpoznane są wady i zalety poszczególnych rozwiązań.

Jednakże występuje wiele sytuacji wyjątkowych i bardzo uważnie trzeba studiować takie przypadki, aby nie uwikłać się w niebezpieczne rozwiązanie techniczne, które może być źródłem obniżenia się jakości energii elektrycznej w postaci wydłużenia czasów przerw w jej dostawie czy obniżenia bezpieczeństwa porażeniowego w sieci, szczególnie po stronie niskiego napięcia.

Pojawiają się jednak nowe aspekty – w ostatnim czasie ujawniła się wyraźniej sprawa odporności silników asynchronicznych na przepływ prądu doziemnego oraz możliwość związku wartości prądu ziemnozwarciowego z awaryjnością kabli poprzez uszkodzanie żył powrotnych.

Nie istnieją obecnie żadne przepisy polskie czy unijne (oprócz górnictwa) regulujące, kiedy można stosować określony sposób pracy punktu neutralnego – takich przepisów nie należy się nawet spodziewać. Wybór sposobu pracy punktu neutralnego w sensie prawnym wynika z wartości dopuszczalnych prądów uziomowych, które są częścią prądu ziemnozwarciowego, związanych z szeroko rozumianą ochroną porażeniową.

Może się w tym zakresie okazać, że w najbliższym czasie w sieciach napowietrznych silnie rzutować będzie na to zagadnienie opracowywana norma. Warto wspomnieć, że zasady dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej przy słupach linii napowietrznych w niej

proponowane są mało wyraziste – a raczej nawet nieprecyzyjne. Istnieje propozycja silnego związku ostrości tych wymagań z zabezpieczeniami od skutków zwarć doziemnych.

Pojęcia wstępne

Sieć z punktem neutralnym izolowanym – sieć, w której punkt neutralny nie jest uziemiony w sposób zamierzony, z wyjątkiem połączeń o dużej impedancji przeznaczonych dla celów zabezpieczeń i pomiarów

Sieć skompensowana – sieć, w której przynajmniej jeden punkt neutralny transformatora lub transformatora uziemiającego jest uziemiony przez dławik gaszący, a łączna indukcyjność wszystkich dławików gaszących w sieci jest zasadniczo dostrojona do pojemności doziemnej sieci.

Jako **sieć z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor** rozumieć się będzie sieć, w której składowa czynna prądu ziemnozwarciowego wymuszona przez urządzenia w punkcie neutralnym jest przynajmniej większa od składowej pojemnościowej i zapewnia działanie zabezpieczeń zerowoprądowych w polach liniowych, ale jednocześnie nie jest spełniony warunek skuteczności uziemienia. Dodatkowo – wartość prądu czynnego przekracza 100 A i zapewnia dostateczne tłumienie przepięć ziemnozwarciowych.

O wyborze sposobu uziemienia punktu neutralnego sieci SN najczęściej decydują:

- wartość przepięć ziemnozwarciowych,
- poziom zagrożenia porażeniowego,
- oddziaływanie prądu ziemnozwarciowego na środowisko,
- ciągłość dostawy energii do odbiorców,
- działanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych,
- koszty wykonania danego układu połączenia punktu neutralnego z ziemią.

Dobór ogólny

Zdaniem autorów, sieć z izolowanym punktem neutralnym powinna być stosowana tylko wyjątkowo, np. w nielicznych już i mało rozległych sieciach 30 kV, gdzie są małe pojemnościowe prądy zwarcia doziemnego.

Izolowany punkt neutralny spotyka się również w starszych sieciach SN energetyki zawodowej, ale istnieje wyraźna tendencja odchodzenia od tego rozwiązania.

W Krakowie oraz Zamościu sieć z izolowanym punktem neutralnym jest rozwiązaniem podstawowym. Wynika to z pewnych uwarunkowań - głównie historycznych.

Sieci z izolowanym punktem neutralnym są powszechnie stosowane również w górnictwie (z wyjątkiem odkrywkowego) – narzucone wewnętrznymi przepisami tej dziedziny przemysłu oraz w układach potrzeb własnych elektrowni. Z górnictwa dochodzą jednak sygnały o coraz większych problemach związanych z wielokrotnymi zvarciami doziemnymi.

W dawnym Zakładzie Energetycznym Gliwice stosowana była dość powszechnie dekompensacja, ale wyraźnie i systematycznie odchodzi się od tego rozwiązania. Zastosowanie dekompensacji wynikało z możliwości zastosowania prostszych zabezpieczeń ziemnozwarciowych – głównie biernomocowych.

W zasadzie nie powinno się stosować sieci skompensowanych bez automatyki AWSCZ, ponieważ w takiej sieci nie ma możliwości wykonania wybiórczych zabezpieczeń ziemnozwarciowych. Stosuje się tam zabezpieczenia zero napięciowe, które działają tylko na sygnał. Chociaż jest to zgodne z przepisami, zwiększa się wówczas znacznie niebezpieczeństwo wypadków porażeń ludzi lub zwierząt, bo ręczna lokalizacja zwarcia doziemnego jest bardziej czasochłonna.

Tak więc w sieciach energetyki zawodowej należy wybierać pomiędzy punktem neutralnym uziemionym przez rezystor i siecią skompensowaną, a wyjątkowych przypadkach można korzystać z równoległego układu tych dwóch elementów.

Ten ostatni sposób jest przeznaczony do pewnych wyjątkowych przypadków, gdzie trzeba ograniczyć przepięcia ziemnozwarciowe w sieciach o dużym prądzie pojemnościowym lub w terenach o dużej rezystywności gruntu, gdzie istnieją problemy z osiągnięciem małych rezystancji uziemienia stacji SN/nN.

Równoległe uziemienie punktu neutralnego pod względem intensywności SPZ czy skuteczności gaszenia zwarć przemijających ma właściwości zbliżone do sieci z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor.

Rezystor czy kompensacja

Odpowiedź na to pytanie nie jest jednoznaczna i wiele wskazuje, że nigdy taka nie będzie.

Są dwa brzegowe stwierdzenia:

- w sieciach czysto kablowych wskazane jest stosowanie rezystora,

- w sieciach napowietrznych – kompensacji.

Jednakże sieci czysto napowietrznych już nie ma. (Wyjątkiem są wspomniane wyżej pewne pozostałości sieci 30 kV w okolicach np. Żywca czy w Bieszczadach).

Nie można wskazać, jaki udział linii napowietrznych powoduje, że zalecanym rozwiązaniem będzie kompensacja.

Może się okazać, że w najbliższych latach o kryteriach zadecyduje pewność dostawy energii elektrycznej i jej jakość. Tutaj sieć skompensowana ma lepsze parametry.

Pewną wskazówką w tym zakresie może być zauważony znaczny wzrost sprzedaży dławików we Włoszech.

Szkoda, że w Polsce jest małe zainteresowanie kompensacją płynną. Poza okolicami Opola oraz pojedynczymi zastosowaniami w Vatenfallu i innych spółkach dystrybucyjnych, to dobre rozwiązanie nie przyjmuje się. Również nasz jedyny w Polsce producent dławików nie wprowadza, a nawet nie przewiduje wprowadzenia tego do produkcji pozostając przy dławikach zaczepowych.

Na rynku polskim dostępne są rozwiązania dwóch firm: austriackiego TRENCHA i czeskiego EGE z Czeskich Budziejowic.

Dodatkowe aspekty

Wady i zalety czterech sposobów pracy punktu neutralnego zestawiono w tablicy 1. Warto zwrócić uwagę na wiersz 15, który dotyczy odporności tzw. żelaza silników asynchronicznych (najczęściej o napięciu nominalnym 6 kV) na przepływ prądu ziemnozwarciowego. Niezachowanie odpowiednich warunków grozi po zwarciu doziemnym potrzebą przepakietowania, czyli kapitalnym remontem.

W tym zakresie znane są trzy teorie podane poniżej. Wszystkie są empiryczne.

Graniczne wartości prądu ziemnozwarciowego groźne dla tzw. żelaza silników asynchronicznych są w nich następujące:

a) wg A. Smurowa:

$$I_E \leq \frac{126}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

gdzie:

t – czas trwania zwarcia doziemnego w silniku,

I_E – prąd przepływający przez silnik do ziemi.

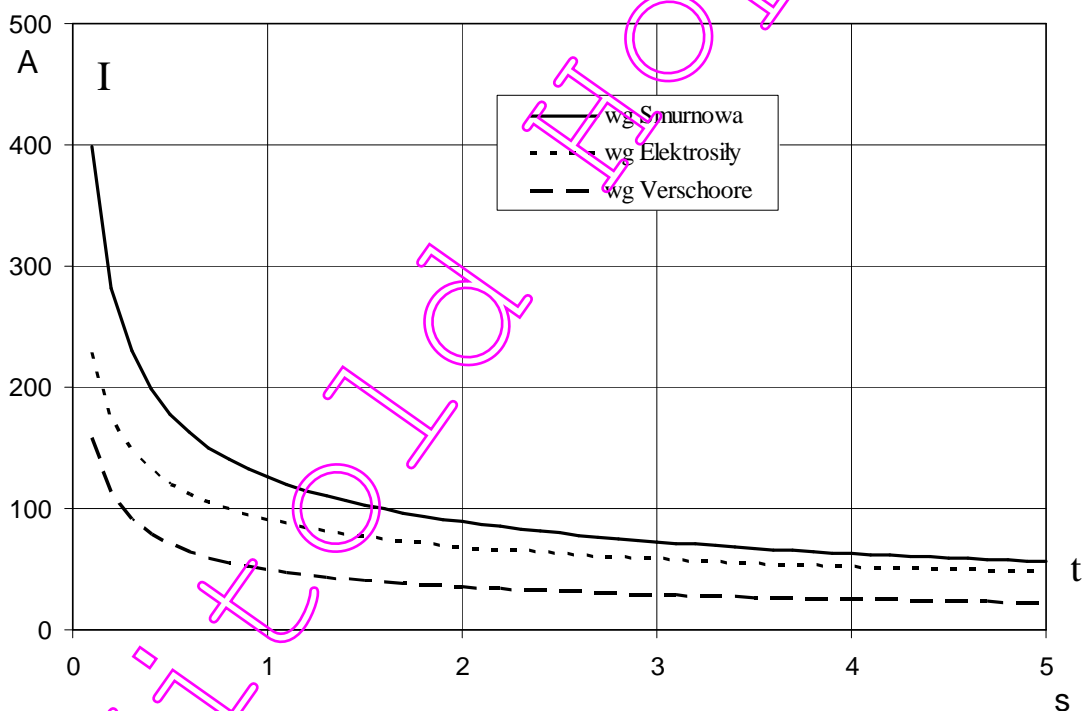
b) wg „Elektrosiły”:

$$I_E \leq \frac{91}{t^{0,4}} \quad (2)$$

c) wg Verschoore J.:

$$I_E^2 t \leq 2500 \quad (3).$$

Zależności określone wzorami pokazano na rys.1 wyraźnie się od siebie różnią. Może to wynikać z faktu, że wzory 1 i 2 opracowano dla prawdopodobnie przewymiarowanych silników radzieckich czy rosyjskich, a wzór 3 dla silników zachodnioeuropejskich oszczędniejszych materiałowo.



Rys.1. Zależność dopuszczalnego czasu trwania zwarcia doziemnego z punktu widzenia możliwości uszkodzenia „żelaza” silnika asynchronicznego wysokiego napięcia

Proponuje się więc zachować wymaganie określone wzorem (3) i krzywą na rys.1. Orientacyjnie dla czasu trwania zwarcia 1 s, dopuszczalny prąd zwarcia doziemnego wynosi ok. 50 A, dla czasu 0,3 s – zbliża się do 100 A. Te dwa warunki mogą w pewnym stopniu

ograniczać wartość prądu ziemnozwarciowego rezystora w przemysłowych sieciach 6 kV, ale należy również pamiętać, że sieci te nie charakteryzują się dużymi wartościami pojemnościowego prądu zwarcia doziemnego.

Na marginesie można zauważyć, że słuszna wydaje się dotychczasowa teoria, że przy prądach doziemnych do 10 A zabezpieczenia od skutków zwarcí doziemnych silników asynchronicznych mogą działać na sygnał.

W pewnych obszarach polski zauważono wzrost awaryjności kabli polietylenowych, jeśli dochodzi do wzrostu prądu ziemnozwarciowego powyżej 500 A – np. w sytuacji połączenia sekcji do pracy równoległej i włączeniu się dwóch pól potrzeb własnych z rezystorami.

Rozwiązanie takie jest dopuszczalne, ponieważ nie istnieje dawny podział na sieci o małym i dużym prądzie zwarcia doziemnego. Jednakże może wzrastać wówczas awaryjność kabli i wiąże się ten problem z wytrzymałością cieplną żył powrotnych. Zagadnienie nie jest dobrze rozpoznane, ale warto na nie zwrócić uwagę.

Wnioski

Wieloaspektowość problemu wyboru sposobu pracy punktu neutralnego powoduje, że nie można w prosty sposób wskazać do konkretnej sieci najlepszego rozwiązania.

Oprócz zagadnień wymienionych w tabelicy warto uwzględnić przygotowanie personelu do obsługi urządzeń, specjalne konfiguracje sieci, jej wyposażenie czy uwarunkowania historyczne

Dużą rolę odgrywają zabezpieczenia ziemnozwarciowe, a konieczność ich wymiany przy przechodzeniu z jednego sposobu pracy punktu neutralnego na inny jest często silnym hamulcem.

Literatura

1. Synal B.: Zabezpieczenia sieci rozdzielczych średnich napięć – zagadnienia wybrane. Materiały konferencji: Aktualne problemy w elektroenergetycznej automatyce zabezpieczeniowej, USTRÓŃ, 19-20 maja 2005 r.

Tablica 1

Ocena sposobów pracy punktu neutralnego sieci SN

L.p.	Parametr	Sposób pracy punktu neutralnego			
		izolowany	dławik+AWSCz	rezystor	równoległy
1	Przebiecia ziemnozwarciowe	zdecydowanie największe	duże	małe	małe, takie jak w sieci uziemionej przez rezystor
2	Prawdopodobieństwo zwarć wielokrotnych	zdecydowanie największe	duże	małe	małe, takie jak w sieci uziemionej przez rezystor
3	Zagrożenie porażeniowe	przeciętne	najmniejsze	największe	przeciętne
4	Wymagania w odniesieniu do rezystancji uziemienia stacji SN/nn	przeciętne	najmniejsze	największe	przeciętne
5	Napięcie asymetrii naturalnej	przeciętne	największe	małe	małe
6	Gaszenie zwarć łukowych	małe	najlepsze	brak	brak
7	Intensywność automatyki SPZ	średnia	mała	duża	duża
8	Ogólna ocena zabezpieczeń ziemnozwarciowych	dobra	dobra, wadą jest konieczność eksploataowania AWSCz	dobra	dobra
9	Konieczność stosowania LRW dla pól liniowych	zbędne	zbędne	wskazane	wskazane
10	Postępowanie przy braku działania zabezpieczeń w polach liniowych	sygnalizacja U ₀ , działanie dyspozytora	sygnalizacja U ₀ , działanie dyspozytora	dwustronne wyłączenie transformatora 110 kV/SN	dwustronne wyłączenie transformatora 110 kV/SN

L.p.	Parametr	Sposób pracy punktu neutralnego			
		izolowany	dławik+AWSCz	rezystor	równoległy
11	Działanie zabezpieczeń podczas zwarć doziemnych na szynach zbiorczych i stronie SM transformatora 110 kV/SN	sygnalizacja Uo, działanie dyspozytora	sygnalizacja Uo, działanie dyspozytora	dwustronne wyłączenie transformatora 110 kV/SN	dwustronne wyłączenie transformatora 110 kV/SN
12	Wpływ błędu w pojemnościowym prądzie zwarcia doziemnego sieci na prawidłowość doboru parametrów urządzeń uziemiających	żaden	duży	mały	mały
13	Wpływ błędu w pojemnościowym prądzie zwarcia doziemnego na prawidłowość doboru nastaw zabezpieczeń ziemnozwarciowych	nadprądowych – duży, kierunkowych - mały	konduktancyjnych – żaden	konduktancyjnych – żaden, zerowoprądowych i admitancyjnych – duży	konduktancyj. – żaden zerowoprąd. i admitancyjnych – duży
14	Wpływ uchybów filtrów składowej zerowej prądu podczas zwarć dwufazowych na warunki nastawcze zabezpieczeń zerowoprądowych	mały	-	duży	duży
15	Zagrożenie dla „żelaza” silników asynchronicznych o napięciu powyżej 1 kV	przy prądach do 10 A prawie żadne, powyżej zależny od czasu, zagrożenie minimalne		znaczne, ale zależne od czasu zwarcia	znaczne, ale zależne od czasu zwarcia
16	Zagrożenie dla żył powrotnych kabli polietylenowych od prądów ziemnozwarciowych	żadne	żadne	może wystąpić przy rezystorach o dużych prądach znamionowych	