

**Artykuł przygotowany na sympozjum w Konstancinie w maju 2011 r. Tytuł konferencji: Zabezpieczenia sieci średnich napięć**

Wydrukowany w Automatyce Elektroenergetycznej nr 4/2011

dr inż. Witold Hoppel, doc. PP

prof. dr hab. inż. Józef Lorenc

Politechnika Poznańska

Instytut Elektroenergetyki

## **MOŻLIWOŚCI POPRAWY JAKOŚCI KOMPENSACJI ZIEMNOZWARCIOWEJ W POLSKICH SIECIACH SN**

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono zasady i możliwości stosowania kompensacji ziemnozwarciowej w polskich sieciach SN. Omówiono przede wszystkim sposoby realizacji kompensacji za pomocą dławików o płynnej regulacji oraz zalecenia odnośnie ich doboru. Przedstawiono również możliwości automatycznej kompensacji za pomocą statycznych dławików o regulacji zaczepowej.

### **1. Wprowadzenie**

Kompensacja ziemnozwarciowa w polskich sieciach SN realizowana jest najczęściej w sposób tradycyjny przy wykorzystaniu w tym celu dławików nie posiadających możliwości automatycznego dostosowywania parametrów do bieżących potrzeb sieci. Doraźna regulacja zaczepowa realizowana jest bardzo rzadko i wymaga angażowania specjalistycznych służb energetycznych. Taki sposób prowadzenia kompensacji jest mało efektywny i w sieciach o zmiennej pojemności doziemnej nieskuteczny.

Znacznie lepszym rozwiązaniem jest kompensacja z płynną regulacją prądu indukcyjnego. Takie urządzenia oferują na polskim rynku dwie firmy: EGE z Czeskich Budziejowic i austriacki TRENCH. EGE stosuje przy tym regulatory niemieckiej firmy Eberle [4]. Po kilkuletnich doświadczeniach w zakresie stosowania płynnej kompensacji można stwierdzić pewien nadmiar jej pozytywnych właściwości: płynna regulacja prądu indukcyjnego jest zbędna, wystarczyłaby regulacja zaczepowa, n. p. co 5-10 A. Wydaje się, że regulacja płynna wynika z technologicznych możliwości wykonania dławików regulowanych i być może z pewnych zaszczości historycznych.

Wyprzedzając nieco końcowe wnioski można wstępnie stwierdzić, że kompensacja o regulowanym prądzie indukcyjnym jest bardzo dobrym sposobem uziemienia punktu neutralnego sieci zapewniającym najlepsze warunki dla gaszenia zwarć łukowych, jednakże

stosowanie rozwiązań obecnie dostępnych na rynku jest około czterokrotnie droższe od rozwiązań bez regulacji.

## 2. Cele kompensacji

Podstawowym celem kompensacji jest gaszenie zwarć łukowych w liniach napowietrznych. Ten sam cel realizuje automatyka SPZ, ale połączone jest to z chwilowym pozbawieniem zasilania odbiorców, co staje się coraz większym mankamentem tej automatyki. Szacuje się, że w sieci z prawidłowo prowadzoną kompensacją gaszone jest 70-80 % zwarć doziemnych, chociaż dane mogą być bardzo przybliżone. Spotkać można się z inną opinią: po przejściu sieci z kompensacji na punkt neutralny uziemiony przez rezystor, intensywność automatyki SPZ wzrasta w granicach 2-4 razy. Skłaniać się należy nawet do górnych wartości podanego zakresu, jeśli w podobny sposób prowadzi się eksploatację obu rodzajów sieci. Niższe mnożniki wystąpią przy często prowadzonej wycince gałęzi drzew.

Kompensacja daje również inne korzyści, z których wymienione zostaną dwie:

- a) w razie konieczności można chwilowo pracować z siecią ze zwarciem doziemnym, przy czym należy to rozumieć tylko jako dopuszczenie do ręcznej lokalizacji zwarcia doziemnego,
- b) istnieją łagodniejsze wymagania dla ochrony przeciwporażeniowej – szczególnie wymaganych rezystancji uziemienia stacji SN/nn i przy słupach linii napowietrznych.

Wyjaśniając punkt a należy dodać, że aktualna norma PN/E-05115 nie pozwala na długotrwałą pracę sieci z doziemieniem, a tylko na ewentualną lokalizację zwarcia przez obsługę. Wystarcza to jednak dla braku konieczności stosowania wymagania obowiązującego dla sieci o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor, że w razie braku zadziałania zabezpieczenia ziemnozwarciowego w polu liniowym, a stwierdzonym przepływie prądu przez rezystor uziemiający w polu potrzeb własnych, wyłączane zostaje zasilanie całej sekcji. W jednej ze spółek dystrybucyjnych w sieciach o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor stosuje się wyłączanie pola transformatora uziemiającego, a w trakcie projektowania jest doświadczalna instalacja z jednofazowym wyłącznikiem w obwodzie samego rezystora uziemiającego. Obydwa rozwiązania prowadzą do chwilowej pracy sieci z izolowanym punktem neutralnym, co grozi wywołaniem znacznych przepięć ziemnozwarciowych. Trzeba jednak uznać, że przepięcia te będą pojawiać się incydentalnie, a w tej spółce istnieje bardzo wielu odbiorców nadzwyczaj czułych na zaniki napięcia, nawet krótkotrwałe.

W celu osiągnięcia właściwego gaszenia zwarć łukowych powinien być spełniony warunek:

$$I_{K1} < I_{gran} \quad (1)$$

gdzie:

$I_{K1}$  – prąd ziemnozwarciowy,

$I_{gran}$  – graniczny prąd gaszenia zwarć łukowych.

Przez kilkadziesiąt lat w Polsce akceptowano wartości zawarte w tabelicy 1, podane np. w [1], ale przytaczane również w innej literaturze. Nazywano je „dopuszczalnymi” bez określenia przyczyn takiego sformułowania. Pierwotne źródło tych wartości jest nieznane.

**Tablica 1**

**Dopuszczalne wartości pojemnościowego prądu jednofazowego zwarcia z ziemią w sieci napowietrznej lub napowietrzno-kablowej wg [1]**

L.p.	Napięcie znamionowe sieci w kV	Graniczny prąd jednofazowego zwarcia z ziemią w A
1	3	30
2	6	30
3	10	20
4	15	15
5	20	15
6	30	10

W dawnej literaturze niemieckiej podawano, że prąd graniczny należy przyjmować (źródło również nieznane) jako 1,2 A/kV napięcia przewodowego. Dla sieci 15 kV otrzymuje się wówczas 18 A. Jest jednak podstawowa sprzeczność pomiędzy tymi dwoma zasadami. W tabelicy 1 prąd graniczny jest odwrotnie proporcjonalny do napięcia. Przyjmując 1,2 A/kV otrzymuje się wzrost prądu granicznego w funkcji napięcia, co wydaje się słuszne, ponieważ rosną odległości przewodu do konstrukcji i wielkość izolatorów, co ułatwia gaszenie łuku elektrycznego.

W [4] podano wartości prądu granicznego w postaci krzywej. Dla sieci 15-20 kV wynikają z nich następujące wartości:

- o izolowanym punkcie neutralnym – około 35 A,
- dla sieci skompensowanych – około 60 A.

Zróznicowanie dla sieci o izolowanym punkcie neutralnym i skompensowanych wynika z różnego przesunięcia fazowego pomiędzy prądem i napięciem w obu przypadkach. Ogólnie wiadomo, że najtrudniejsze warunki gaszenia łuku występują dla obciążenia o charakterze pojemnościowym.

Sami autorzy instrukcji chyba powątpiewają w słuszność tej krzywej, bo domyślne wartości dla regulatora przyjmują na poziomie 10 A.

Z całą pewnością można podać tylko jedną zasadę: im mniejszy prąd resztkowy, tym większe prawdopodobieństwo zgaszenia zwarcia łukowego. Dodać przy tym należy, że skuteczność gaszenia zależy będzie od konstrukcji linii napowietrznej i aktualnych warunków atmosferycznych.

Proponuje się przyjęcie dla sieci o napięciu nominalnym 15 i 20 kV wartości 30 A jako granicznej – jednakowej dla izolowanego punktu neutralnego i sieci skompensowanych.

Z tej wartości można wyprowadzić również wartość graniczną prądu zwarcia doziemnego dla galwanicznie połączonej sieci. Jeśli przyjąć, że optymalna wartość współczynnika rozkompensowania wynosi 0,1, to przy prądzie ziemnozwarciowym równym 300 A zostanie osiągnięty graniczny prąd gaszenia łuku. Przyjęta wartość 0,1 współczynnika rozkompensowania wynika z praktyki eksploatacyjnej jako wystarczająca dla uniknięcia wzrostu składowej zerowej napięcia przy rezonansie.

### 3. Dobór dławików zaczepowych

To rozwiązanie jest w Polsce najpowszechniej stosowane i oparte o dławiki oraz transformatory uziemiające produkowane przez Fabrykę Transformatorów w Żychlinie.

Transformator uziemiający musi być odpowiednio dobrany do zakresu prądów dławika kompensującego i posiada specjalną konstrukcję umożliwiającą osiągnięcie małych wartości impedancji dla składowej zerowej.

Natomiast dławik należy dobrać do najczęściej spotykanego układu pracy danej sieci, czyli tzw. układu normalnego, wg następujących zależności:

$$I_L = (1,05 - 1,15)I_C \quad (2)$$

$$I_{res} < I_{gran} \quad (3)$$

przy czym w przybliżeniu:

$$I_{res} = I_C - I_L \quad (4)$$

gdzie:

$I_C$  – pojemnościowy prąd zwarcia doziemnego sieci,

$I_L$  – prąd dławika dla konkretnego zaczepru,

$I_{res}$  – prąd resztkowy.

Należy zauważyć, że zależność (3) ma większe znaczenie od zależności (2), ale głównie w znaczeniu, że współczynnik w tej drugiej może być większy od 1,15, ale nigdy nie powinien być mniejszy od 1,05.

Dławiki z Żychlina mają pięć zaczeprów prądu kompensującego nastawianych ma 0,5; 0,625; 0,75, 0,875 i 1,0 prądu znamionowego. W karcie katalogowej podane jest, że fabryka wykonuje dławiki o wybranych zakresach prądów do 180 A, ale na zamówienie dostarcza nawet do 300 A. Stąd dla dławików o prądzie znamionowym 180 A "skok regulacji" pomiędzy zaczeprami wynosi aż 22,5 A, dla dławików o prądzie 300 A skok wyniesie aż 37,5 A. Już przy dławikach o górnym zakresie 180 A mogą wystąpić trudności z realizacją zależności (2) i (3). Stąd jeśli prąd kompensujący ma przekroczyć wartość 180 A, warto zastosować dwa połączone równolegle dławiki i najlepiej o różnych prądach znamionowych, co daje większą liczbę stopni regulacji.

Od jakiegoś czasu w kartach katalogowych FT w Żychlinie podawane są orientacyjne impedancje transformatorów uziemiających dla składowej zerowej oraz ujawniona została zasada, że wartości prądów kompensujących dławików są podane dla współpracy z odpowiednim typem transformatora. W praktyce oznacza to, że gdyby określony dławik podłączyć do sieci przez transformator innego producenta, to trzeba przeprowadzić kontrolę (obliczeniowo lub pomiarowo) prądu kompensującego – może on być inny, niż wynika z opisu zaczepru. Różnice nie są duże (szacuje się je najwyżej na kilka A) i raczej nie spowodują wyjścia poza wartość prądu granicznego.

W Polsce następuje obecnie w wielu sieciach znaczny wzrost prąd pojemnościowych prądów zwarć doziemnych w związku z budową wielu linii kablowych i narasta problem właściwego prowadzenia kompensacji, kompensacja zaczeprowa nie zawsze jest wystarczająco dokładna.

## **5. Dobór dławików z płynną regulacją**

Na rynku polskim dławiki o płynnej regulacji oferują firmy EGE i TRENCH.

Firma EGE oferuje dławiki, których maksymalne moce pracy ciągłej wynoszą od 1000 kVA do 3600 kVA. Podstawowym parametrem doboru jest moc kompensacji. Na tej podstawie zostały obliczone zakresy regulacji dla sieci 15 i 20 kV. Warto zwrócić uwagę, że zakres regulacji zaczyna się już przy 0,1 prądu maksymalnego, czyli jest nadzwyczaj szeroki.

W podstawowym założeniu dławik regulowany powinien zapewnić prawidłową kompensację nie tylko dla sieci pracującej w układzie normalnym, ale w miarę możliwości we wszystkich innych stanach. Stąd dobór dławika powinien być dokonany do maksymalnego prądu pojemnościowego sieci z uwzględnieniem perspektywy jej rozwoju. Do tego sformułowania należy jednak podchodzić z pewną ostrożnością analizując każdy przypadek indywidualnie. Przykładem może być sieć, z której zasilane są trzy RS-y dwusekcyjne, a każda z sekcji zasilanych rezerwowo może wnieść prąd pojemnościowy odpowiednio 30, 40 i 50 A. Powstaje pytanie – czy należy uwzględnić przypadek, że przełączenia awaryjne wystąpią we wszystkich trzech RS-ach i prąd pojemnościowy może powiększyć się aż o 120 A? Prawdopodobieństwo powstania takiej sytuacji jest minimalne i nawet być może nie będzie można do niej dopuścić ze względu na groźbę przeciążenia transformatora. W tym przypadku można dobór dławika wykonać dla sumy prądu pojemnościowego w układzie normalnym i największego wnoszonego w układzie awaryjnym, czyli 50 A.

Wskazując przypadki, w których zalecana jest kompensacja automatyczna przyjęto założenie, że jest to pożądane, jeśli jedna zmiana w układzie sieci powoduje utratę zdolności sieci do gaszenia zwarc łukowych, czyli wzrost prądu resztkowego powyżej prądu granicznego. Taką zmianą może być wyłączenie pojedynczej linii lub wyłączenie czy załączenie jakiegoś fragmentu sieci przez automatykę SZR-u. Powiększenie prądu pojemnościowego możliwe jest przez „przerzucenie” całego RS-u do innego obszaru kompensacji, ale również przy zadziałaniu SZR-u w układzie rezerwy ukrytej, czyli połączenie sekcji do pracy na jeden zasilacz. Oczywiście do tych stwierdzeń należy podchodzić z pewną rezerwą, bo zdolność ta będzie mocno zależeć od szczegółowych relacji prądu pojemnościowego sieci i konkretnych nastaw zaczepów dławika. Stąd wykonując pracę dla jednego za zakładów dystrybucyjnych zalecono, aby kompensację płynną stosować, jeśli:

- pojemnościowy prąd zwarcia pojedynczej linii osiąga wartości rzędu 30 A lub więcej,
- do sieci może być przyłączona lub z niej zostać odłączona sieć zasilana z RS-u o prądzie pojemnościowym rzędu 30 A lub więcej.

Przy wyłączeniu pojedynczej linii utrata zdolności gaszenia łuku może być krótkotrwała, ponieważ dość szybko dokonuje się lokalizacji uszkodzenia i w większości przypadków na dłuższy okres czasu wyłączona zostaje tylko część linii, czyli prąd resztkowy jest powiększony nie o cały pojemnościowy prąd ziemnozwarciowy linii, ale o jego część.

Natomiast przełączanie sieci zasilanej z RS-u przeważnie jest wykonywane na dłuższy okres czasu, ponieważ występuje najczęściej przy uszkodzeniu tzw. zasilacza czyli linii go zasilającej. Zasilacze są przeważnie kablami, czyli lokalizacja uszkodzenia i jego naprawa

wymaga więcej czasu, rzędu nawet kilku dni. Bardziej niebezpieczny jest przypadek, kiedy RS jest przyłączany do sieci, ponieważ przy kompensacji zaczepowej może wystąpić przypadek rezonansu.

Wprowadzenie kompensacji regulowanej najczęściej podtrzyma zdolność sieci do gaszenia zwarć łukowych.

Można zauważyć, że RS-y najczęściej są zasilane liniami kablowymi, czyli wątpliwa jest potrzeba kompensacji. Jednakże do takich sieci przeważnie przyłączone są również linie napowietrzne wychodzące poza obszary gęsto zabudowane. Długość tych linii napowietrznych jest na tyle duża, że uzasadnia stosowanie kompensacji.

Na marginesie należy zauważyć, że w Polsce utrwalił się zwyczaj wprowadzania kompensacji w jednym miejscu – punkcie zasilania sieci. Kompensacja może być wprowadzana w kilku miejscach sieci. Gdyby RS-y wyposażać w transformatory uziemiające, w przypadku zmiany kierunku zasilania przechodziłyby one do innej sieci z własną, dobraną do ich parametrów, kompensacją. Obecnie taka modernizacja okazuje się niemożliwa – tak ze względów ekonomicznych, ale i z powodu braku terenu. RS-y są często „upychane” pomiędzy budynki mieszkalne w silnie zurbanizowanych dzielnicach.

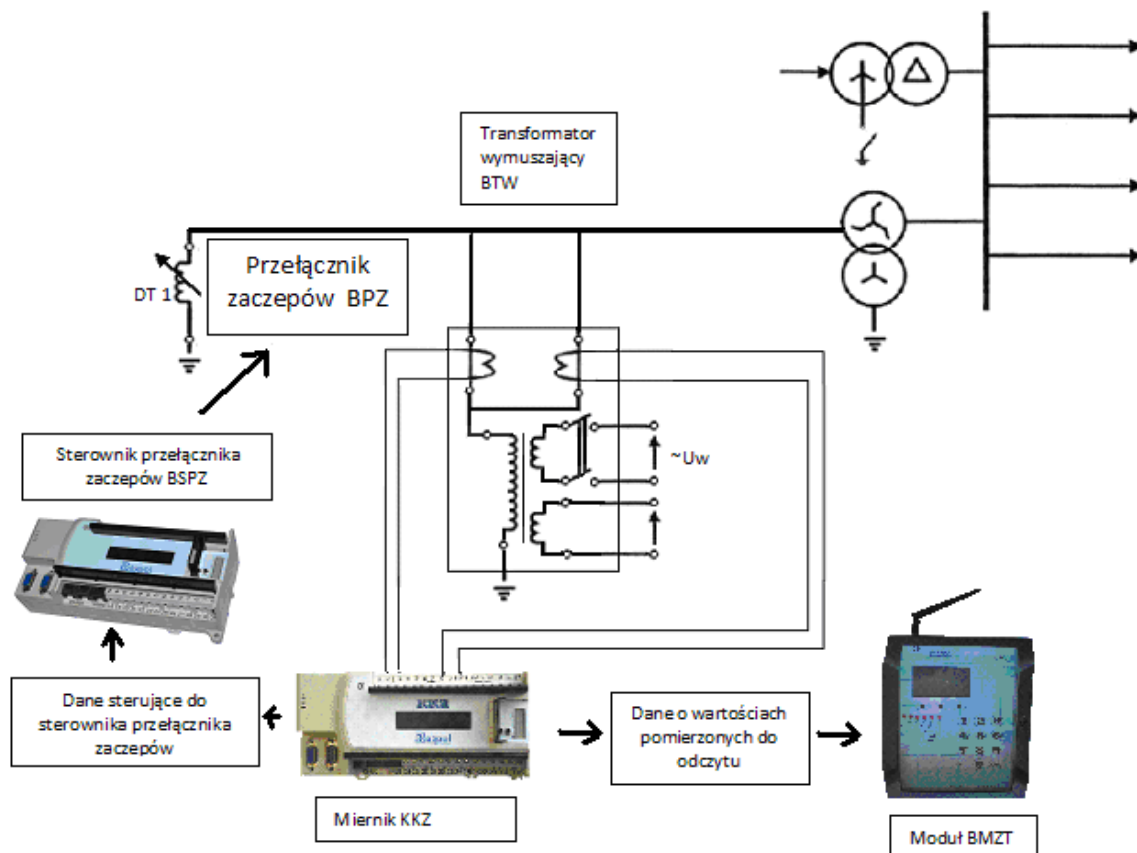
## **6. Kompensacja automatyczna przy wykorzystaniu dławików o regulacji zaczepowej**

Metoda rezonansowa jest najpowszechniej stosowana w płynnej regulacji dławika kompensującego. Należy jednak pamiętać, że kompensacja taka jest rozwiązaniem relatywnie drogim i wymaga stosowania urządzeń kompensujących o złożonej oraz dość skomplikowanej konstrukcji. Metoda rezonansowa może być trudna do zrealizowania w sieciach o bardzo dobrej symetrii doziemnej (sieci kablowe) lub w sieciach, w których źródła asymetrii doziemnej mają charakter konduktancyjny. W związku z tym prowadzone są również badania nad kompensacją mniej wymagającą i równocześnie tańszą. Jednym z takich rozwiązań może być układ przedstawiony poniżej. Jest to rozwiązanie opracowane przez firmę Bezpól przy współpracy z Instytutem Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej.

W proponowanym rozwiązaniu (rys.1) kompensacja odbywa się w sposób skokowy wykorzystując odpowiednią liczbę zaczepów umieszczonych na uzwojeniu dławika. Podstawowym elementem pomiarowym jest tutaj układ kontroli parametrów doziemnych sieci (KKZ). Działa on w oparciu o metody, w których sygnały pomiarowe uzyskuje się w wyniku chwilowego włączenia w obwody doziemne sieci dodatkowego źródła energii. Metoda ta jest bardzo zbliżona do rozwiązania stosowanego w przenośnych miernikach typu

MPZ [2, 3]. Wykonanie urządzenia w wersji stacjonarnej pozwala na bieżącą kontrolę poziomu parametrów doziemnych sieci.

Częścią składową układu pomiarowego jest jednofazowy transformator wymuszający (BTW) o mocy na poziomie 5 kVA, zainstalowany punkcie neutralnym sieci równoległe do dławika kompensującego. Urządzenie wykonane jest w wersji olejowej. W momencie pomiaru uzwojenie niskiego napięcia tego transformatora zasila się przez 2-3 sekundy niskim napięciem. Przekładnia zwojowa transformatora jest dobrana tak, aby podczas włączenia źródła napięcie pierwotne w punkcie neutralnym przyjmowało wartości na poziomie 10% napięcia fazowego sieci (np. dla sieci 15 kV pojawia się w punkcie neutralnym napięcie na poziomie 1 kV). Zainstalowane na wyjściach uzwojeń transformatora wymuszającego przekładniki zbierają sygnały pomiarowe, których wartości są proporcjonalne do prądów w obwodzie dławików kompensujących oraz do prądów w obwodach pojemności doziemnych sieci. Na podstawie pomierzonych sygnałów mikroprocesorowy układ miernika kontroli kompensacji ziemnozwarciowej KKZ dokonuje odpowiednich obliczeń, których wyniki odczytuje się bezpośrednio na ekranie ciekłokrystalicznym.



Rys.1. Schemat połączeń elementów systemu pomiaru i kompensacji prądów ziemnozwarciowych.



Główną wielkością wyznaczaną przez miernik jest współczynnik zestrojenia kompensacji ziemnozwarciowej określany zależnością:

$$K = \frac{I_{bdl}}{I_{bcs}} \quad (5)$$

gdzie:

$K$  - współczynnik kompensacji ziemnozwarciowej,

$I_{bdl}$  – składowa bierna prądu mierzonego w obwodzie dławików kompensujących,

$I_{bcs}$  – składowa bierna prądu mierzonego w obwodach pojemności doziemnej sieci.

Przy ocenie poziomu kompensacji ziemnozwarciowej częściej wykorzystuje się wartość współczynnika rozstrojenia kompensacji. Współczynnik ten oznacza się literą  $s$ , a jego wartość oblicza według wzoru:

$$s = \frac{I_{bdl} - I_{bcs}}{I_{bcs}} = K - 1 \quad (6)$$

Informacje uzyskiwane za pomocą miernika KKZ wykorzystywane są przede wszystkim do bieżącej oceny dostrojenia dławika kompensującego. Miernik pozwala również na pozyskiwanie danych o tłumienności obwodu doziemnego sieci ( $d_0$ ), maksymalnej wartości pojemnościowego prądu zwarcia doziemnego ( $I_{cs}$ ) lub maksymalnej wartości prądu resztkowego w miejscu doziemienia ( $I_{res}$ ). Do tego celu układ mikroprocesorowy dokonuje obliczeń według następujących zależności:

$$d_0 = \frac{I_{gd} + I_{gps}}{I_{bcs}} \quad (7)$$

$$I_{cs} = I_{bcs} \frac{U_{0max}}{U_{0p}} \quad (8)$$

$$I_{res.K} = I_{bcs} \sqrt{s^2 + d_0^2} \quad (9)$$

gdzie:

$I_{bdl}$  – składowa czynna prądu mierzonego w obwodzie dławików kompensujących,

$I_{bcs}$  – składowa bierna czynna mierzonego w obwodach pojemności doziemnej sieci,

$U_{0max}$  – maksymalna wartość składowej zerowej napięcia sieci mierzonego w obwodach wtórnych przekładników napięciowych (najczęściej  $U_{0max} = 100$  V),

$U_{0p}$  - napięcie  $U_0$  mierzone w czasie działania miernika KKZ.

Pośrednio miernik KKZ umożliwia również uzyskiwanie informacji o prądach doziemnych poszczególnych linii pracujących w sieci. Jest to jednak możliwe tylko po krótkotrwałym wyłączeniu (poniżej jednej minuty) analizowanej linii.

Ocenę parametrów ziemnozwarciowych dokonuje się podczas normalnej pracy sieci i bez wprowadzenia do niej zakłóceń zwarciovych. Proponowany układ pozwala również na zdalne monitorowanie wyników (np. z poziomu dyspozytora ruchu), a częstość pomiarów jest ustawiana przez administratora sieci i może być wykonywana:

- na żądanie (w stacji lub zdalnie z RDR),
- wg programu zegarowego (np. kilka razy w ciągu doby),
- wg programu automatyki realizowanej po przełączeniach w polach liniowych.

Poza transformatorem wymuszającym bardzo ważną rolę w układzie pomiarowym odgrywają moduły transmisji danych BMZT. Moduł przesyłu danych umożliwia zdalny monitoring parametrów doziemnych sieci. Może być zrealizowany w komunikacji przewodowej lub bezprzewodowej wykorzystując w tym celu system GSM lub sieć Ethernet. Zamocowany w polu pomiarowym miernik przesyła dane pomiarowe do modułu odbiornika zamontowanego zgodnie z życzeniem personelu stacji.

Informacja pozyskana przez miernik KKZ zostaje przesłana do mikroprocesorowego sterownika przełącznika zaczepów (BSPZ), w którym następuje wybór zaczepek dławika zgodnie z oczekiwanym stopniem zestrojenia kompensacji. W wersji prototypowej dławik gaszący wyposażono w układ dwunasto-zaczepekowy, a przełącznik zaczepów BPZ jest wykonany w formie zamontowanego na dławiku zespołu przełączników próżniowych.

Miernik KKZ z modułem zdalnej transmisji BMZT może być również wykorzystany jako sterownik w sieciach z dławikami o automatycznej regulacji. W tym przypadku staje się on układem kontrolnym dławika i decyduje o jego parametrach strojenia.

## **7.Wnioski**

a) Kompensacja regulowana stwarza możliwość osiągnięcia dobrych warunków gaszenia zwarć łukowych w wielu przypadkach, kiedy kompensacja dławikami zaczepekowymi jest niewystarczająca. Zalecane jest jej stosowanie, kiedy wyłączenie lub załączenie jednego elementu sieci może spowodować przekroczenie granicznego prądu resztkowego koniecznego dla umożliwienia gaszenia zwarć łukowych. W uproszczeniu proponuje się przyjmować tą wartość na około 30 A.

b) Dławiki nieregulowane należy dobierać do najbardziej prawdopodobnego układu pracy sieci, czyli tzw. normalnego. Dławiki regulowane należy dobierać na maksymalny pojemnościowy prąd zwarcia sieci.

c) Elastyczna i bezpieczna metoda bieżącego pomiaru parametrów ziemnozwarciowych sieci średniego napięcia umożliwia stosowanie automatycznej kompensacji dławikami o regulacji zaczepowej. Przykładem takiego rozwiązania jest system BSKKZ.

## **Literatura**

[1] Arciszewski J., Komorowska I.: Ochrona sieci elektroenergetycznych od przebiegów. PTPiREE, Poznań, marzec, 1999 i 2005 r.

[2] Lorenc J., Rakowska A., Staszak B.: Limitation of Earth-Fault Disturbances and their Effects in Medium Voltage Overhead Lines. Przegląd Elektrotechniczny nr 4, 2007 ss. 75-79.

[3] Lorenc J., Hoppel W., Staszak B.: Układ pomiaru parametrów ziemnozwarciowych w kompensowanych sieciach SN. Narada Techniczna nt. "Aparatura zabezpieczeniowa i Systemy Komunikacyjne w Elektroenergetyce", ALSTOM, Ceske Budejovice, czerwiec 2001, ss. 25-31.

[4] Regulator dławików Petersena REG-DP. Instrukcja obsługi. A-Eberle. Wersja 2.1.09 z dnia 16.06.2002.