

Edward SIWY
Kurt ŻMUDA

WYBRANE PROBLEMY PROJEKTOWANIA I EKSPLOATACJI SIECI ZAMKNIĘTYCH NISKIEGO NAPIĘCIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono niektóre problemy związane z projektowaniem oraz budową sieci zamkniętych nN. Problemy te rozpatrzono na przykładzie istniejącej, eksperymentalnej sieci osiedlowej. Przeanalizowano pracę sieci w warunkach normalnych, poawaryjnych oraz przy zakłóceniach zwarciovych. Podano podstawowe zasady eksploatacji sieci zamkniętych.

CHOICE PROBLEMS OF DESIGN AND MAINTENANCE OF CLOSED LOW VOLTAGE NETWORKS

Summary. Some problems related to design and construction of closed low voltage networks are presented. These problems are discussed using an example of existing, experimental urban network. Behaviour of the network at normal, after disturbance and short-circuit conditions is analysed. Basic principles of closed networks maintenance are given.

AUSGEWÄHLTE PROBLEME VON DER PROJEKTIERUNG UND DEM BETRIEB DER NIEDERSPANNUNGSMASCHENNETZE

Zusammenfassung. Der Aufsatz stellt einige Probleme verbundene mit der Projektierung und dem Aufbau der Niederspannungsmaschennetze dar. Diese Probleme wurden am Beispiel von dem existierenden Experimentalwohnviertelnetz untersucht. Das Benehmen des Netzes wurde unter normalen Bedingungen, nach dem Ausfall einer der Netzelemente und beim Kurzschluß analysiert. Die grundsätzliche Regeln des Maschennetzbetriebes sind gegeben.

1. WPROWADZENIE

Spodziewany wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców komunalnych oraz wzrost wymagań co do jej parametrów stwarzają dla energetyki zawodowej konieczność rozbudowy i modernizacji istniejących sieci. Z tego powodu w ostatnim czasie ponownie pojawiło się zainteresowanie możliwością budowy sieci kratowych zamkniętych nN.

Sieci te są stosowane w wielu krajach Europy Zachodniej, USA i in. W Polsce oraz innych krajach Europy Środkowo-Wschodniej prowadzono szereg prac teoretycznych na temat tych sieci. Nie doprowadziły one jednak jak dotąd do ich szerszego praktycznego zastosowania.

Z projektowaniem, budową i eksploatacją sieci zamkniętych nN łączy się szereg specyficznych dla tych sieci problemów. Należą do nich m.in.: niebezpieczeństwo zwrotnego zasilania sieci SN ze strony sieci nN, nieselektywność działania zabezpieczeń, nierównomierność obciążania się transformatorów, wzrost prądów zwarciovych.

Problemy te rozpatrzono dla podlegającej rekonstrukcji sieci osiedlowej nN na osiedlu "Robotnicze-Szczęście Boże" w Zabrze. Istniejąca sieć nN została poddana remontowi kapitalnemu, spowodowanemu bardzo dużym stopniem jej wyeksploatowania. Sieć wykonana była jako napowietrzna, zasilana z czterech stacji transformatorowych SN/nN i pracowała jako otwarta. Założono, że nowa sieć będzie miała charakter eksperymentalny, nie tylko ze względu na swą strukturę (sieć kratowa zamknięta), ale również wyposażenie. Szereg ważnych elementów tego wyposażenia pochodzi z importu.

2. ANALIZA PRACY SIECI W WARUNKACH NORMALNYCH I POAWARYJNYCH

2.1. Założenia do analizy

Na rozpatrywanym osiedlu znajduje się 329 gospodarstw domowych. Przyjęto obciążenie jednostkowe przypadające na gospodarstwo domowe w 2010 r. korzystając ze średniówek PR-5 EP Poznań dla zabudowy jednorodzinnej, poziom dolny, model I (energia elektryczna użytkowana do celów oświetleniowych, drobnego grzejnictwa i zasilania zmechanizowanego sprzętu gospodarstwa domowego). Uwzględniono również przepływowe podgrzewacze wody o mocy $P_p=18$ kW dla 1/3 gospodarstw domowych osiedla. Dla określenia obciążeń poszczególnych elementów sieci korzystano ze współczynników jednoczesności j , przy czym dla podgrzewaczy wody określano współczynniki jednoczesności wg danych austriackich, natomiast dla pozostałych odbiorów korzystano z zależności:

$$j = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

gdzie n - liczba przyłączy (domków jednorodzinnych) zasilanych z danego elementu sieci.

W analizie obliczane są sumaryczne spadki napięć w liniach i transformatorach (całkowity spadek w sieci). Spadek nie przekraczający wartości $\Delta U_{\max}=9\%$ przyjęto za dopuszczalny w

stanach normalnych oraz $\Delta U_{\max}=15\%$ w stanach poawaryjnych. Odpowiada to utrzymaniu się odchyłań napięć u odbiorców w granicach $\pm 5\%$ w stanach normalnych oraz $+5\%$, -10% w stanach poawaryjnych.

Dla stanów poawaryjnych uznano przekroczenia obciążalności linii (o ok. 20%) oraz transformatorów (o ok. 30%) za dopuszczalne. Prawdopodobieństwo wystąpienia takich przekroczeń jest jednak niewielkie.

Dla porównania wykonano również wstępny projekt sieci otwartej, która mogłaby zasilac rozpatrywane osiedle.

Plan sieci zamkniętej przedstawiono na rys. 1.

2.2. Warunki normalne

Sumaryczne obciążenie rzeczywiste w szczycie wynosi aktualnie na rozpatrywanym osiedlu ok. 430 kV·A. Obciążenie to w perspektywie roku 2010 wynosi ok. 1100 kV·A. Zakłada się więc ponad 2,5-krotny wzrost obciążenia w ciągu 18 lat. Wprowadza to znaczne utrudnienia przy projektowaniu sieci, zarówno w przypadku sieci otwartej, jak i zamkniętej, przede wszystkim ze względu na przekroczenia obciążalności poszczególnych elementów sieci oraz duże spadki napięć.

W czasie pracy normalnej sieć zamknięta jest zasilana z czterech stacji transformatorowych (133 - 250 kV·A, 113 - 400 kV·A, 112 - 400 kV·A, 403 - 250 kV·A). Stacje te są przyłączone do dwóch ciągów liniowych SN (jak pokazano na rys.1). W przypadku sieci otwartej, ze względu na zbyt duże spadki napięć konieczne byłoby zasilanie z pięciu stacji transformatorowych.

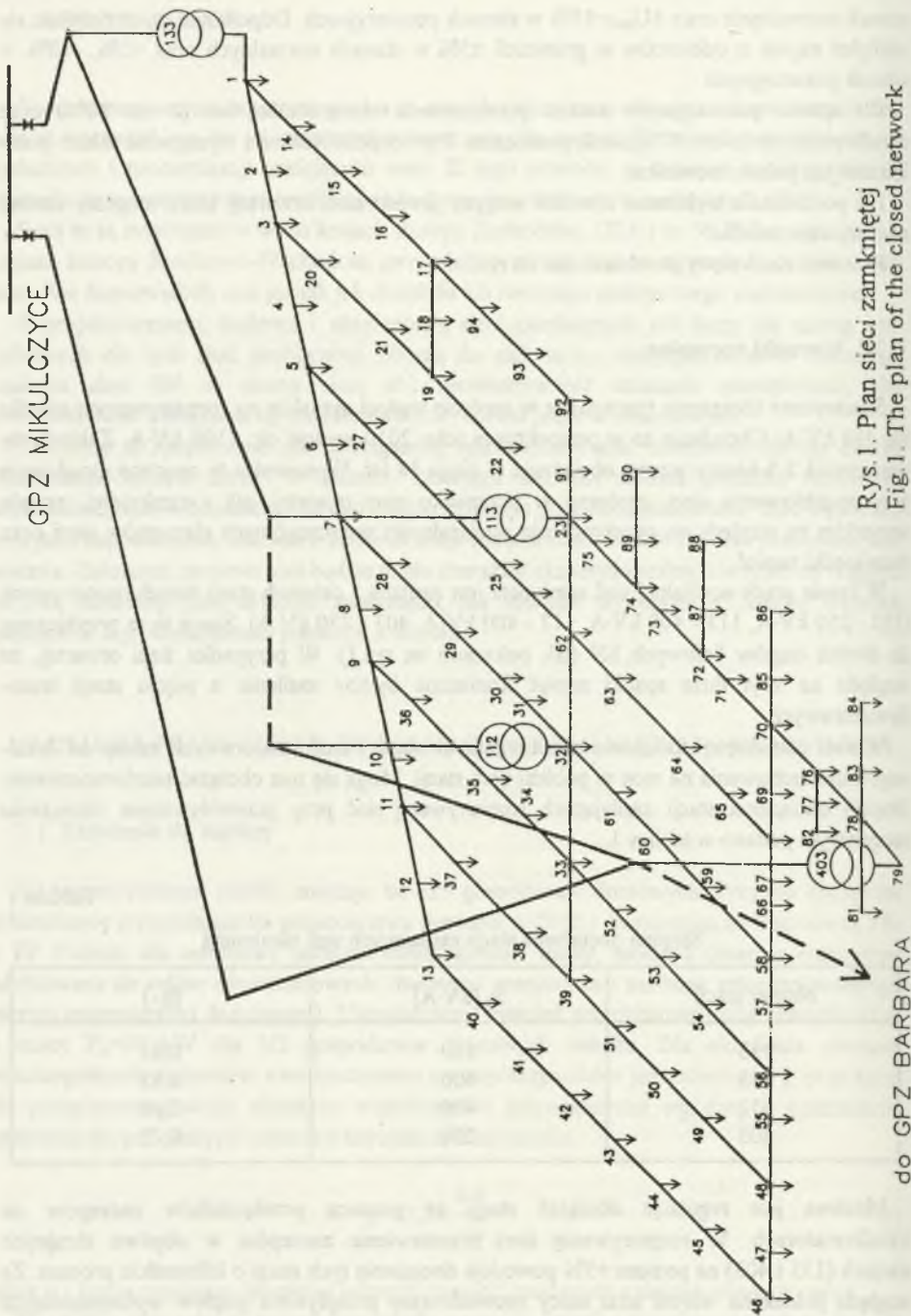
W sieci zamkniętej obciążenie poszczególnych stacji transformatorowych zależy od lokalnego zapotrzebowania na moc w pobliżu tych stacji. Mogą się one obciążać nierównomiernie. Stopień obciążenia stacji zasilających rozpatrywaną sieć przy przewidywanym obciążeniu szczytowym podano w tablicy 1.

Tablica 1

Stopień obciążenia stacji zasilających sieć zamkniętą

Numer stacji	S_n [kV·A]	β [-]
133	250	0,61
113	400	0,83
112	400	0,99
403	250	0,75

Możliwa jest regulacja obciążeń stacji za pomocą przełączników zaczeów na transformatorach. W rozpatrywanej sieci przestawienie zaczeów w obydwu skrajnych stacjach (133 i 403) na poziom $+5\%$ powoduje dociężenie tych stacji o kilkanaście procent. Ze względu jednak na wzrost strat mocy spowodowany przepływem prądów wyrównawczych możliwość tę należałoby wykorzystywać tylko w razie konieczności.



Rys. 1. Plan sieci zamkniętej
Fig. 1. The plan of the closed network

do GPZ BARBARA

Maksymalny spadek napięcia w sieci wynosi $\Delta U_{\max}=9\%$. Dla porównania wyznaczono również maksymalny spadek napięcia dla sieci otwartej, która była wstępnie projektowana na rozpatrywanym osiedlu. Spadek ten wynosił $\Delta U_{\max}=11\%$ (przy zasilaniu z pięciu stacji transformatorowych).

W przypadku wzrostu obciążenia do poziomu przewidywanego w 2010 r. prąd szczytowy na odcinku 32-33 przekroczy o ok. 20% prąd dopuszczalny długotrwale. Zachodzi więc konieczność budowy drugiego toru równoległego na tym odcinku.

2.3. Warunki poawaryjne

Najniekorzystniejsze warunki pracy sieci występują po awarii linii SN, która wiąże się z wypadnięciem dwu stacji transformatorowych. W przypadku konieczności zasilania osiedla ze stacji 133 i 113 występowałyby niedopuszczalne spadki napięć u odbiorców, znaczne przeciążenie stacji 113 oraz odcinków linii 23-63 i 23-75. Z powyższych względów konieczne jest dobudowanie drugiego toru równoległego na tych odcinkach. Przewidziano również wymianę transformatorów w stacjach 112 i 113 po osiągnięciu odpowiedniego poziomu obciążenia.

3. ANALIZA PRACY SIECI PRZY ZAKŁÓCENIACH ZWARCIOWYCH

3.1. Zwarcia w liniach nN

Dla przypadku zwarcia w linii nN przeanalizowano przede wszystkim problem selektywnego działania bezpieczników oraz warunki skuteczności działania ochrony przeciwporażeniowej.

W celu przeanalizowania selektywności działania bezpieczników wyznaczano współczynnik prądowy bezpiecznika k_b , zdefiniowany jako stosunek prądu płynącego przez bezpiecznik, który powinien działać, do maksymalnego z prądów płynących przez bezpieczniki, które nie powinny działać. Zgodnie z danymi katalogowymi podawanymi przez producenta bezpieczników, które zastosowano w rozpatrywanej sieci, bezpieczniki te działają selektywnie, jeżeli współczynnik $k_b \geq 1,25$.

Warunki działania bezpieczników zależą od miejsca zwarcia, a w szczególności od odległości miejsca zwarcia od węzła sieci. Można wyróżnić dwa ekstremalne przypadki: zwarcie w pobliżu węzła lub zwarcie w pobliżu środka odcinka. Jak wynika z analizy zwarć, najniekorzystniejsze warunki do selektywnego działania bezpieczników panują w przypadku zwarcia w pobliżu węzła i o selektywności decyduje prawidłowe działanie pierwszego bezpiecznika, tzn. bezpiecznika, przez który płynie większy prąd. Po prawidłowym zadziałaniu pierwszego bezpiecznika warunki do selektywnego działania bezpiecznika znajdującego się w węźle bardziej oddalonym od miejsca zwarcia są zawsze korzystniejsze od warunków działania tego bezpiecznika w przypadku zwarcia w pobliżu węzła.

Minimalny współczynnik prądowy w sieci wynosi $k_b=1,27$, a więc pozostaje spełniony warunek $k_b \geq 1,25$. W przypadku nieselektywnego zadziałania bezpieczników awaria rozszerza

się na sąsiednie odcinki linii (możliwe jest wyłączenie większej liczby odbiorców), co nie prowadzi jednak do rozpadu sieci.

Maksymalny prąd zwarciovowy w przypadku zwarcia w sieci nN nie przekracza 25 kA.

Zgodnie z PBUE z.6, aby zapewnić skuteczność działania ochrony przeciwporażeniowej, wyłączenie zasilania musi nastąpić w czasie krótszym niż 5 s. Zgodnie z charakterystyką czasowo-prądową bezpieczników, które zostaną zastosowane w rozpatrywanej sieci, wyłączenie w czasie do 5 s następuje, gdy prąd zwarciovowy jest ok. pięciokrotnie większy od prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej. Warunek ten nie jest spełniony w części odcinka między węzłami 11 i 48. Z tego względu odcinek ten rozcięto i w miejscu rozcięcia zainstalowano bezpieczniki o mniejszym prądzie znamionowym wkładki $I_b=100$ A.

3.2. Zwarcia w transformatorach SN/nN

Zwarcie w transformatorze SN/nN współpracującym z siecią zamkniętą jest zasilane ze strony sieci SN (jak w sieci otwartej) oraz ze strony nN poprzez pozostałe transformatory i linie sieci zamkniętej. Ze strony SN zwarcie wyłączają bezpieczniki lub wyłącznik (w zależności od wyposażenia pola transformatorowego po stronie SN), natomiast ze strony nN zwarcie wyłącza wyłącznik zwrotny. Bardziej szczegółowo opisano działanie wyłącznika zwrotnego w punkcie 5. W przypadku metalicznego zwarcia trójfazowego na zaciskach nN w stacji 113 lub 112 istnieje pewne niebezpieczeństwo wcześniejszego zadziałania bezpieczników w jednym z odcinków wychodzących ze stacji. W następnej kolejności działa już wyłącznik zwrotny. Prawdopodobieństwo zaistnienia takiej sytuacji jest jednak niewielkie.

3.3. Zwarcia w liniach SN

Zwarcie w linii SN jest zasilane od strony GPZ oraz ze strony sieci zamkniętej nN poprzez transformatory przyłączone do linii dotkniętej zwarcie. Zwarcie to musi więc zostać wyłączone przez zabezpieczenie w GPZ oraz przez wyłączniki zwrotne w stacjach przyłączonych do tej linii.

Prąd zwarciovowy płynący przez wyłączniki zwrotne tylko w niewielkim stopniu zależy od miejsca zwarcia. Impedancja sieci zamkniętej wraz z przyłączonymi transformatorami jest wielokrotnie większa od sprowadzonych na stronę nN impedancji linii SN i transformatora w GPZ. Wartości prądów płynących przez wyłączniki zwrotne podczas zwarc w liniach SN podano w tablicy 2.

Tablica 2

Prądy płynące przez wyłączniki zwrotne w czasie zwarc w liniach SN

Numer stacji	I_{wz3f} [kA]	I_{wz2f} [kA]
133	0,8	0,7
113	3,6	3,1
112	3,3	2,9
403	1,1	1,0

W stacjach 113, 112 i 403 zarówno w przypadku zwarć trój-, jak i dwufazowych w linii SN powinien pobudzić się człon bezzwłoczny zabezpieczenia kierunkowego. Wyłączenie zwarcia nastąpi po ok. 0,1 s. W stacji 133, szczególnie w przypadku zwarcia dwufazowego w linii SN, człon bezzwłoczny może nie zostać pobudzony. Pobudzi się natomiast człon zwłoczny reagujący na zwrotny przepływ mocy, który działa z pewną zwłoką czasową. Zwarcie w linii SN zostanie w tym przypadku wyłączone po czasie związanym z tą zwłoką. Prądy płynące w tym czasie przez sieć nie spowodują nieselektywnych zadziałań bezpieczników.

4. ANALIZA CIĄGŁOŚCI ZASILANIA ODBIORCÓW

Wskaźniki charakteryzujące ciągłość zasilania odbiorców na rozpatrywanym osiedlu zależą od sposobu rozwiązania sieci nN i SN zasilających odbiorców oraz od jednostkowych wskaźników zakłóceń i uszkodzeń występujących w tych sieciach.

Dokonano oceny rocznej liczby i czasu trwania przerw w dostawie energii dla sieci zamkniętej oraz dla porównania dla sieci otwartej. Uzyskane wartości podano w tablicy 3.

Tablica 3

Roczna liczba W oraz roczny czas trwania wyłączeń T_w przeciętnego odbiorcy

Przyczyna wyłączenia	Sieć promieniowa		Sieć zamknięta	
	$W[1/a]$	$T_w[h/a]$	$W [1/a]$	$T_w[h/a]$
Uszkodzenie linii nN	1,04	2,60	0,48	1,20
Uszkodzenie transformatora	0,01	0,06	0	0
Uszkodzenie linii SN	0,79	2,13	0	0
Razem	1,84	4,79	0,48	1,20

5. OPIS WYBRANYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA SIECI

Linie nN w sieci wykonane są za pomocą napowietrznych linii kablowych NLK o przekroju 120 mm². Wykorzystano kable w izolacji z polietylenu sieciowanego produkcji Bydgoskiej Fabryki Kabli oraz osprzęt firmy ENSTO.

W węzłach sieci kratowej zamkniętej obok słupów zabudowano szafki kablowe z tworzywa sztucznego produkcji JEAN MÜLLER. W szafkach znajduje się 4 do 6 obwodów bezpiecznikowych, w których umieszczone są specjalne bezpieczniki nN do sieci zamkniętej o prądzie

znamionowym wkładki 250 A (również produkcji JEAN MÜLLER). Bezpieczniki tego typu nie są w Polsce produkowane. Charakteryzują się one przede wszystkim selektywnością działania przy niskim współczynniku prądowym k_b (zdefiniowanym w rozdziale 4) oraz specjalnym wykonaniem wskaźnika zadziałania. Charakterystyka czasowo-prądowa wkładki bezpiecznikowej jest charakterystyką pasmową, przy czym dolna krzywa określa najmniejszy czas przedłukowy, natomiast górna największy czas wyłączenia wkładki. Szerokość pasma tej charakterystyki musi być więc niewielka, co wiąże się z dokładnością oraz powtarzalnością wykonania poszczególnych egzemplarzy bezpieczników. Z tych względów w praktyce stosuje się w danej sieci zamkniętej bezpieczniki tego samego typu i tego samego producenta.

W sieci otwartej po przepaleniu się wkładki topikowej na nożach bezpiecznika panuje pełne napięcie fazowe. W sieci zamkniętej w przypadku przepalenia się bezpieczników tylko z jednej strony danego odcinka linii na nożach bezpiecznika panuje niewielkie napięcie wynikające jedynie ze spadków napięć w sieci. Nie przekracza ono zazwyczaj kilku woltów. Wskaźnik zadziałania musi więc reagować pod wpływem tego napięcia. Wskaźniki zadziałania bezpieczników zastosowanych w rozpatrywanej sieci działają przy napięciu nie przekraczającym 4 V (dla bezpieczników stosowanych w sieciach tradycyjnych napięcie to powinno być niższe od 100 V). W przypadku nieprawidłowego działania wskaźnika przepalenie się pojedynczego bezpiecznika w sieci zamkniętej byłoby praktycznie niewykrywalne dla obsługi.

Węzły sieci zamkniętej stanowią również szyny zbiorcze rozdzielnic nN w stacjach 112 i 113. Zastosowano rozdzielnicę produkcji JEAN MÜLLER, przy czym pola odpływowe wyposażono w jednobiegunowe rozłączniki z bezpiecznikami. W polach transformatorowych tych rozdzielnic umieszczone są wyłączniki zwrotne.

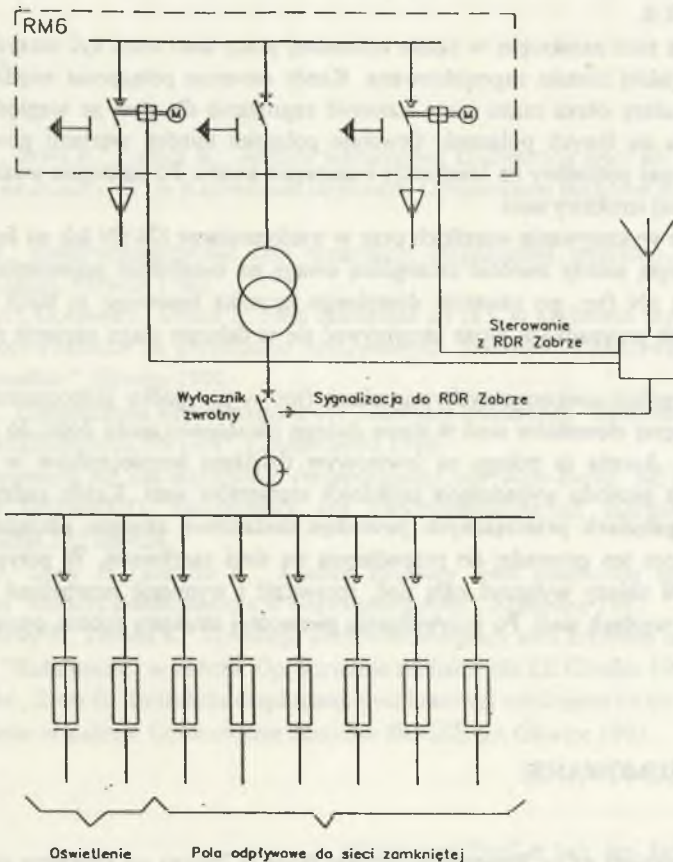
Budowa wyłącznika zwrotnego nie różni się zasadniczo od budowy zwykłych wyłączników nN. Wyłącznik ten jest pozbawiony wyzwalaczy nadprądowych (przeciążeniowych i zwarciowych) oraz podnapięciowych. Nie reaguje on w przypadkach, kiedy występuje normalny kierunek przepływu mocy, tzn. od transformatora SN/nN do sieci nN. Wyłącznik ten nie stanowi więc zabezpieczenia od zwarć w sieci nN. Zwarcia te muszą być likwidowane przez bezpieczniki. Wyłącznik zwrotny współpracuje natomiast z zabezpieczeniem kierunkowym powodującym otwarcie tego wyłącznika w przypadku zwrotnego przepływu mocy, tzn. od sieci nN do transformatora SN/nN. Zastosowane zabezpieczenie kierunkowe posiada działający bezzwłocznie człon kierunkowo-prądowy nastawiany na prąd $I_{zab}=2I_{nT}$ lub $I_{zab}=1,6I_{nT}$ oraz człon kierunkowo-mocowy działający zwykle z pewną zwłoką czasową (np. 5 s) nastawiony na wartość $S_{zab}=0,15\div 0,5\cdot S_{nT}$, gdzie I_{nT} oraz S_{nT} są odpowiednio prądem i mocą znamionową transformatora, z którym współpracuje dany wyłącznik zwrotny. W rozpatrywanej sieci zainstalowano wyłączniki zwrotne produkcji KLÖCKNER MOELLER współpracujące z przekaźnikami kierunkowymi produkcji AEG. Zastosowany wyłącznik zwrotny posiada dodatkowo cechy odłącznika (zgodnie z normą IEC 408), tzn. położenie wyłącznika w pozycji otwartej może być traktowane jako widoczna przerwa w obwodzie. Obudowa wyłącznika jest przezroczysta i widoczne jest położenie jego styków.

Jako rozdzielnicę SN w stacjach 112 i 113 zastosowano rozdzielnicę 20 kV typu RM-6 izolowaną SF₆ produkcji MERLIN GERIN. Składa się ona z 2 pól liniowych z rozłącznikami i uziemnikami oraz pola transformatorowego wyposażonego w wyłącznik z uziemnikiem. Rozłączniki liniowe posiadają napęd elektryczny silnikowy oraz układ zdalnego sterowania

pozwalający na ich załączanie i wyłączenie z RDR Zabrze. Sterowanie to odbywa się drogą radiową.

We wszystkich stacjach zasilających sieć zamkniętą zainstalowano również sygnalizację radiową położenia wyłączników zwrotnych do RDR Zabrze. Sygnalizacja ta jest konieczna ze względu na ewentualne uszkodzenie transformatora. W tradycyjnej sieci otwartej uszkodzenie to jest sygnalizowane przez odbiorców pozbawionych zasilania wskutek wyłączenia uszkodzonego transformatora. W sieci zamkniętej wyłączenie transformatora nie powoduje przerwy w zasilaniu żadnego z odbiorców, a więc mogłoby pozostać praktycznie niezauważone.

Na rys.2 przedstawiono schemat jednej ze stacji SN/nN zasilającej sieć zamkniętą.



Rys. 2. Schemat stacji SN/nN zasilającej sieć zamkniętą

Fig. 2. The scheme of the substation supplying the closed network

6. PODSTAWOWE ZASADY EKSPLOATACJI SIECI KRATOWEJ ZAMKNIĘTEJ

Cała sieć kratowa zamknięta musi być zasilana z jednej sekcji szyn zbiorczych GPZ. Podstawową zasadą, której należy przestrzegać jest więc niedopuszczenie do jednoczesnego zasilania sieci zamkniętej z dwu różnych GPZ zarówno w czasie normalnej pracy sieci, jak i we wszystkich przypadkach sytuacji awaryjnych.

Rozpatrywana sieć kratowa zamknięta musi być zasilana z co najmniej dwu stacji transformatorowych SN/nN (przy czym jedną z nich musi być stacja 113 lub 112). We wszystkich stacjach transformatorowych zasilających sieć zamkniętą należy stosować transformatory o takim samym przesunięciu godzinowym i mocy od 250 do 630 kV·A.

We wszystkich węzłach sieci zamkniętej należy stosować wyłącznie bezpieczniki przeznaczone specjalnie do sieci zamkniętej produkcji JEAN MÜLLER o prądzie znamionowym wkładki 250 A.

Struktura sieci zamkniętej w czasie normalnej pracy sieci musi być utrzymywana w takiej postaci, w jakiej została zaprojektowana. Każde otwarcie połączenia między węzłami sieci trwające dłuższy okres czasu może stanowić zagrożenie dla sieci ze względu na możliwość przeciążania się innych połączeń. Otwarcie połączeń między węzłami powinno trwać nie dłużej niż czas potrzebny na lokalizację i usunięcie awarii. Po usunięciu awarii należy wrócić do pierwotnej struktury sieci.

W czasie wykonywania wszelkich prac w transformatorze SN/nN lub na linii SN zasilającej sieć zamkniętą należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość pojawienia się napięcia ze strony sieci nN (np. po otwarciu dowolnego łącznika liniowego w stacji 113 lub 112 w szczególnych przypadkach może utrzymywać się w dalszym ciągu napięcie na całej długości linii SN).

W szczególnie niekorzystnych warunkach (np. w przypadku jednoczesnego wypadnięcia dwu lub więcej elementów sieci w stanie dużego obciążenia) może dojść do awarii całej sieci zamkniętej. Awaria ta polega na lawinowym działaniu bezpieczników w gałęziach przeciążonych z powodu wypadnięcia sąsiednich elementów sieci. Każde zadziałanie bezpieczników w gałęziach przeciążonych powoduje dodatkowe znaczne obciążenie pozostałych gałęzi. Proces ten prowadzi do rozpadnięcia się sieci zamkniętej. W przypadku zaistnienia takiej awarii należy wyłączyć całą sieć, sprawdzić i wymienić przepalony bezpiecznik we wszystkich węzłach sieci. Po przywróceniu pierwotnej struktury można ponownie uruchomić sieć.

7. PODSUMOWANIE

Sieć zamknięta na os. Robotnicze-Szczęście Boże w Zabrze ma charakter eksperymentalny i powinna umożliwić sprawdzenie - praktycznie po raz pierwszy w kraju - założeń dotyczących projektowania, budowy i eksploatacji takich sieci. Dlatego też nie rozpatrywano ekonomicznego uzasadnienia dla zastosowania sieci zamkniętej na rozpatrywanym osiedlu.

Przeprowadzona analiza pracy sieci wykazała, że sieć zamknięta nN wykonana zgodnie z rys.1 powinna pracować prawidłowo zarówno w warunkach normalnych, jak i poawaryjnych. Jednocześnie zapewnione są warunki do prawidłowego likwidowania zakłóceń w poszczególnych elementach sieci - liniach nN, transformatorach SN/nN oraz liniach SN.

Zasadniczą korzyścią wynikającą z zamknięcia sieci jest zwiększenie pewności zasilania, zmniejszenie spadków napięć i strat mocy. Umożliwia to bardziej intensywne wykorzystanie sieci, a więc uzyskiwanie większych wpływów ze sprzedaży energii na jednostkę majątku zamrożonego w sieciach. Korzystną cechą sieci zamkniętych jest także ich duża elastyczność, umożliwiającą łatwą rozbudowę sieci w miarę wzrostu obciążenia

Rozpatrywana sieć zamknięta wyposażona jest w szereg elementów pochodzących z importu. W przyszłości, w innych sieciach elementy te mogą być zastąpione przez tańsze elementy krajowe. Dotyczy to zwłaszcza wyłączników zwrotnych i bezpieczników nN.

LITERATURA

1. Paszek G., Siwy E., Żmuda K.: Analiza wariantowej konfiguracji sieci nN i oświetlenia ulicznego na osiedlu "B" w Katowicach-Brynowie. Opracowanie studialne dla ZE Gliwice 1992.
2. Popczyk J.: Elektroenergetyczne sieci rozdzielcze (zagadnienia wybrane). Skrypt Politechniki Śląskiej, Gliwice 1980.
3. Delawski A., Gołąbek J., Urban J.: Sieci zamknięte do 1kV w zakładach przemysłowych. Analiza porównawcza na przykładzie rzeczywistych obiektów. Opracowanie studialne "Elektroprojektu", Gliwice 1980.
4. Smajek L.: Uproszczona sieć zamknięta nN. Materiały konferencji "Rekonstrukcja miejskich sieci rozdzielczych SN i nN", Częstochowa 1986.
5. Grundsatzplanung für das elektrische Verteilungsnetz von West-Berlin. BEWAG Druckschrift Nr DSI90402D, Sonderdruck aus Elektrizitätswirtschaft Jahrgang 78, Heft 11/1979, Seite 372 bis 424.
6. Paszek G., Siwy E., Żmuda K.: Analiza struktury sieci osiedlowej nN. Materiały sympozjum "Metody matematyczne w elektroenergetyce", Zakopane 1993.
7. Ciura S., Siwy E., Żmuda K.: Symulacja komputerowa pracy sieci kratowej zamkniętej nN na osiedlu "Robotnicze" w Zabrze. Opracowanie studialne dla ZE Gliwice 1993.
8. Janoszka M., Siwy E.: Instrukcja eksploatacji sieci kratowej zamkniętej na os. Robotnicze-Szczęść Boże w Zabrze. Opracowanie studialne dla GZE SA Gliwice 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Kulczycki

Wpłynęło do Redakcji dnia 27 marca 1994 r.

Abstract

The article presents certain problems connected with design, construction and maintenance of closed low voltage networks. They are among other things: the danger of back supply of middle voltage side from the low voltage one, unselective protection functioning, not uniform transformers load, increasing of short-circuit current rate. These problems are discussed for an urban network in an estate "Robotnicze-Szczęść Boże" in Zabrze. The network has an experimental character not only because of its structure but also because of its equipment. Many equipment elements are imported. Fig.1 shows the plan of the network.

Behaviour of the network in normal, after disturbance and short-circuit conditions is analysed. For the comparison, an open network that could supply the considered housing estate is designed. Continuity of supply by the closed and open network is estimated. Results are presented in the table III.

Choice equipment elements of closed networks are presented. Construction and functioning of fuses and circuit breakers is described. Fig.2 shows the scheme of one of the substations supplying the network.

Basic principles of the closed network maintenance are also given in the article. The analyse of behaviour of the network has proved that the closed low voltage network constructed according to Fig.1 should work properly at normal and after disturbance state. Simultaneously, good conditions for elimination of disturbances in every network element are also secured.

Basic advantages resultant from closing of the network are: increasing of supply continuity, decreasing of drops and power losses.