

Małgorzata Trojanowska
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

STATYSTYCZNA OCENA JAKOŚCI SIECI ŚREDNIEGO I NISKIEGO NAPIĘCIA NA TERENACH WIEJSKICH

Streszczenie

Przeprowadzono ocenę jakości wiejskich sieci dystrybucyjnych na tle jakości sieci miejskich oraz zmian, jakie zaszły w tym zakresie w Polsce w latach 2001-2007. Praca zawiera także ocenę ilościową i wartościową tych sieci. Cel pracy zrealizowano na przykładzie sieci średniego i niskiego napięcia, znajdujących się w rejonie obsługi energetycznej trzech wybranych spółek dystrybucyjnych.

Słowa kluczowe: sieci dystrybucyjne średniego i niskiego napięcia, jakość zasilania energią elektryczną

Wprowadzenie

Według statystyki elektroenergetyki polskiej, znaczna część wiejskich sieci wszystkich napięć wymaga modernizacji i rozbudowy, a potrzeby w tym zakresie przekraczają możliwości finansowe przedsiębiorstw dystrybucyjnych [Ocena przewidywanych potrzeb... 2005]. Wskutek niezadowolającego stanu technicznego sieci elektroenergetycznych, zaopatrzenie w energię elektryczną polskiej wsi nie zawsze odpowiada wymaganiom określonym przez stosowne akty prawne [PN-EN 50160; Dz. U. 2005, Nr 2, poz. 6]. Działania mające na celu poprawę zaopatrzenia w energię elektryczną przez odtwarzanie i rozwój sieci dystrybucyjnych muszą poprzedzać pomiary, obliczenia oraz analizy mierników oceny ich jakości.

Celem pracy jest analiza jakości wiejskich sieci dystrybucyjnych na tle jakości sieci miejskich oraz zmian, jakie zaszły w tym zakresie w Polsce w latach 2001-2007. Praca zawiera także analizę ilościową i wartościową tych sieci.

Przedmiot i metoda badań

Do mierników oceny jakości sieci rozdzielczych zalicza się szczególnie długości ciągów liniowych średniego napięcia (SN), długości obwodów niskiego napięcia (nN), stopień wykorzystania obciążalności dopuszczalnej linii SN i nN, przekroje przewodów linii nN, poziomy napięcia na końcach obwodów nN. W pracy poddano analizie wartości wszystkich tych mierników charakte-

ryzujących jakość zarówno sieci wiejskich, jak i miejskich. Przeanalizowano także rozwój sieci dystrybucyjnych i sprzedaż energii elektrycznej za ich pośrednictwem, a także możliwości finansowania potrzeb odtworzeniowych i rozwojowych sieci.

Cel pracy zrealizowano na przykładzie sieci średniego i niskiego napięcia znajdujących się w rejonie obsługi energetycznej trzech wybranych spółek dystrybucyjnych, na podstawie wyników badań statystycznych prowadzonych przez te przedsiębiorstwa.

Sieci SN na terenach wiejskich to w zasadniczej części linie napowietrzne, z przewodami gołymi, w układach magistralnych przebiegających między głównymi punktami zasilającymi (GPZ). Od linii magistralnych prowadzone są linie odgałęźne do wiejskich stacji transformatorowych SN/nN, będących w większości napowietrznymi stacjami słupowymi. Ze stacji transformatorowych wyprowadzone są linie nN. Obecnie budowane lub modernizowane wiejskie linie nN wraz z przyłączami wykonuje się w systemie linii izolowanych. Również napowietrzne linie SN często wykonywane są jako izolowane.

Wyniki badań

Ocena ilościowa i wartościowa sieci

Dane charakteryzujące rozległość wiejskich sieci rozdzielczych SN i nN, znajdujących się w rejonie obsługi energetycznej trzech wybranych spółek dystrybucyjnych, które oznaczono odpowiednio ZE_1, ZE_2 i ZE_3, zestawiono w tabeli 1. Przedstawione w tabeli 1 dane dotyczą 2007 r.

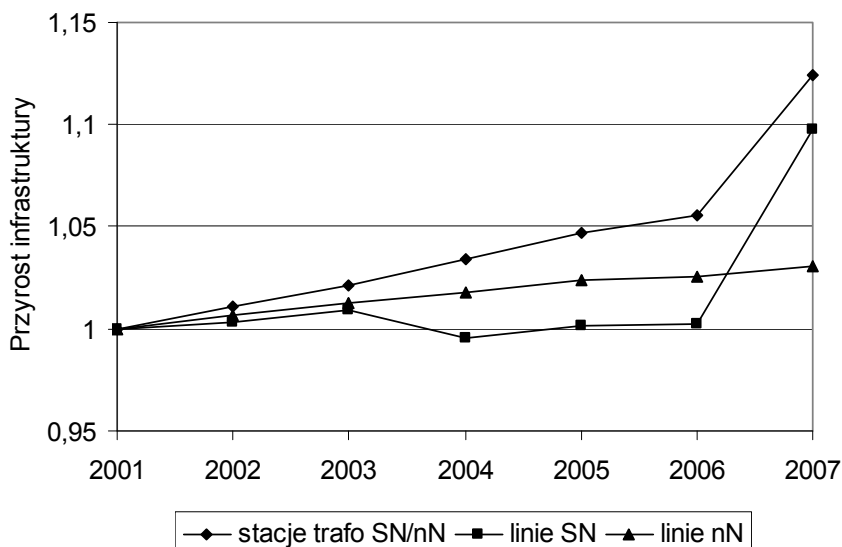
Tabela 1. Charakterystyka wiejskich sieci dystrybucyjnych
Table 1. Characteristics of the rural power distribution networks

Wielkość	Spółka dystrybucyjna		
	ZE_1	ZE_2	ZE_3
Liczba stacji transf. SN/nN (tys. sztuk)	8,4	5,4	2,9
Długość linii SN (tys. km)	10,6	6,4	3,4
Długość linii nN (tys. km)	16,6	14,7	7,9
Stopień zamortyzowania stacji transf. SN/nN (%)	79	67	65
Stopień zamortyzowania linii SN (%)	69	59	64
Stopień zamortyzowania linii nN (%)	75	67	67

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych spółek dystrybucyjnych

Analizując rozwój wiejskiej infrastruktury elektroenergetycznej począwszy od 2001 r. można zauważyć, że na badanych obszarach przebiegał on w sposób zróżnicowany. I tak liczba stacji transformatorowych na terenach obsługiwanych przez przedsiębiorstwo ZE_2 wzrosła w latach 2001-2007 o 22%, gdy na obszarze działania spółki ZE_3 tylko o 3%. W tym czasie wzrost długości linii SN zmieniał się od 1% w przedsiębiorstwie ZE_3 do 17% w ZE_2,

zaś linii nN od ok. 3% w spółce ZE_3 do blisko 5% w ZE_2. Przykładowo na rysunku 1 przedstawiono dynamikę rozwoju infrastruktury elektroenergetycznej na terenach wiejskich obsługiwanych przez spółkę ZE_1.



Rys. 1. Dynamika rozwoju wiejskiej infrastruktury elektroenergetycznej (ZE_1) [Źródło: obliczenia własne na podstawie danych spółek dystrybucyjnych]

Fig. 1. Development dynamics in rural electric power infrastructure [Source: own calculations based on the data of distribution companies]

Ponieważ wszędzie przyrost liczby stacji transformatorowych był większy od przyrostu długości linii, zmniejszyła się średnia długość obwodów nN o 3-5% i obecnie jest ona rzędu 660 m, 880 m i 860 m odpowiednio na terenach spółek ZE_1, ZE_2 i ZE_3. W ciągu siedmiu analizowanych lat przyrost liczby stacji transformatorowych SN/nN w miastach był tego samego rzędu co na terenach wiejskich, ale już linii SN i nN dwa, trzy razy większy. W tym czasie liczba odbiorców energii elektrycznej na analizowanych terenach wiejskich wzrosła średnio o 3%, a na terenach miejskich o ok. 7%. Wiejskie sieci elektroenergetyczne mają dominujący udział w infrastrukturze elektroenergetycznej spółek dystrybucyjnych, który w przedsiębiorstwach ZE_1 i ZE_3 wynosi 80%, a w spółce ZE_2 - 60% w odniesieniu do stacji transformatorowych i ok. 70% w odniesieniu do linii.

Odbiorcy zasilani za pośrednictwem wiejskich sieci dystrybucyjnych to w 90% gospodarstwa domowe i rolne. Jednostkowe zużycie energii elektrycznej po stronie niskiego napięcia na wsi w 2007 r. i dynamikę jego zużycia w okresie 2001-2007 pokazano w tabeli 2. W tabeli tej dla porównania zestawiono także analogiczne dane dla miast. Aktualnie sprzedaż energii elektrycznej statystycznemu odbiorcy jest o 20-30% niższa na wsi niż w mieście, ale w przeliczeniu na stację transformatorową jest to mniej o 3-4 razy.

Tabela 2. Sprzedaż energii elektrycznej
Table 2. The sale of electric energy

Wielkość	Spółka dystrybucyjna		
	ZE_1	ZE_2	ZE_3
Sprzedaż energii elektr. na 1 odbiorcę na wsi w 2007 r. (MWh)	2,4	3,1	2,3
Sprzedaż energii elektr. na 1 odbiorcę w miastach w 2007 r.(MWh)	2,9	3,7	3,0
Sprzedaż energii elektr. na 1 stację transf. na wsi w 2007 r. (MWh)	101	179	117
Sprzedaż energii elektr. na 1 stację transf. w miastach w 2007 r. (MWh)	384	535	470
Dynamika sprzedaży energii elektr. na wsi 2007/2001 (%)	116	113	109
Dynamika sprzedaży energii elektr. w miastach 2007/2001 (%)	114	113	111

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych spółek dystrybucyjnych

Duża rozległość sieci wiejskich, przy małej ilości energii elektrycznej sprzedawanej za ich pośrednictwem i wysokim, bo dochodzącym do 80%, stopniu dekapitalizacji tych sieci (tab. 1), świadczy o dużych potrzebach finansowych w zakresie eksploatacji, odtworzenia i modernizacji wiejskiej infrastruktury elektroenergetycznej, przy małych zyskach ze sprzedaży energii elektrycznej. Obecnie realizacja układów sieciowych zasilających odbiorców wiejskich jest więc nieopłacalna. Przy obowiązujących stawkach opłat przesyłowych gwarantowałyby one zysk dopiero przy ok. dwukrotnie większej liczbie odbiorców i ok. dwukrotnie większej sprzedaży energii elektrycznej przypadającej na jedną wiejską stację transformatorową SN/nN.

W przedsiębiorstwach trudniących się przesyłem i dystrybucją energii elektrycznej brakuje jednoznacznych statystyk pozwalających ocenić potrzeby odtworzeniowe elementów sieci elektroenergetycznej na różnych poziomach napięć znamionowych. Potrzeby te można tylko oszacować na podstawie tzw. ekonomicznego okresu eksploatacji elementów układów sieciowych, który dla poszczególnych elementów sieci rozdzielczej SN i nN przyjmowany jest średnio na poziomie 25 lat. Wynika stąd, że w każdym roku kalendarzowym powinno ulec wymianie ok. 4% elementów tych sieci.

Biorąc pod uwagę stan ilościowy wiejskich sieci elektroenergetycznych w 2007 r., bardzo szacunkowa ocena rocznych potrzeb finansowych na cele odtworzeniowe, przy założeniu stosunkowo niskich jednostkowych kosztów inwestycyjnych poszczególnych elementów sieciowych [Ocena przewidywanych potrzeb ...2005] kształtuje się w zakładach ZE_1, ZE_2 i ZE_3 na poziomie odpowiednio 73mln zł, 55 mln zł i 30 mln zł, gdy na wymianę elementów sieci wiejskiej 2,5, 1,5 i 3 razy mniej.

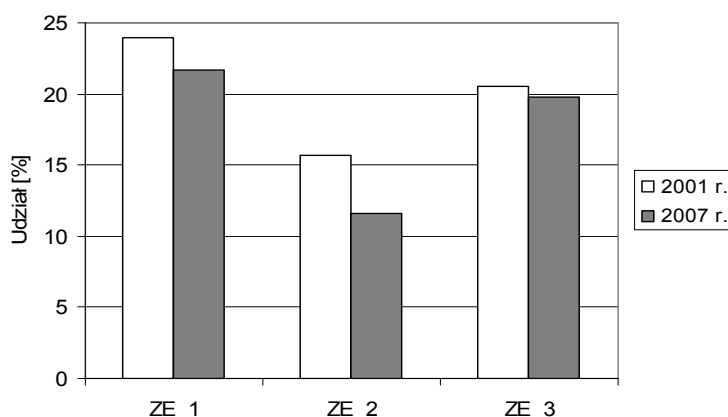
Na podstawie danych badanych spółek dystrybucyjnych stwierdzono, że roczne odpisy amortyzacyjne nie wystarczą na pokrycie nawet połowy aktualnych potrzeb otworzeniowych wiejskich sieci elektroenergetycznych, przy czym w praktyce są one niemal w całości przeznaczane na ich rozwój.

Ocena jakości sieci

Do mierników oceny jakości sieci można zaliczyć stopień zamortyzowania. Jednak zawarta w nim informacja dotyczy jedynie wieku obiektów czy urządzeń. O wiele lepiej jakość sieci charakteryzują parametry, które mają wpływ na jakość dostarczania energii elektrycznej, szczególnie wartość napięcia zasilającego.

Sieci dystrybucyjne SN

Poziom napięcia na końcach ciągów liniowych zależy od ich długości, przekroju przewodów oraz obciążenia linii (stopnia wykorzystania obciążalności dopuszczalnej). Uznaje się, że aby zapewnić wymagany poziom napięcia na końcach ciągów liniowych SN, sumaryczna długość linii zasilanych z jednego pola rozdzielni WN/SN nie powinna przekraczać 50 km. Udział ciągów liniowych SN o długości przekraczającej 50 km na terenach wiejskich przedstawiono na rysunku 2. Jest on dosyć duży i niewiele się zmniejszył w ciągu ostatnich 7 lat. Zdecydowane zmniejszenie długości tych ciągów jest możliwe przez budowanie nowych GPZ, co jest przedsięwzięciem bardzo kosztownym i nie wszędzie uzasadnionym ekonomicznie.



Rys. 2. Udział ciągów liniowych SN o długości przekraczającej 50 km w całkowitej liczbie ciągów (Źródło: obliczenia własne na podstawie danych spółek dystrybucyjnych)

Fig. 2. Share of medium voltage power supply lines of the length above 50 km, in total number of the lines (Source: own calculations based on the data of distribution companies)

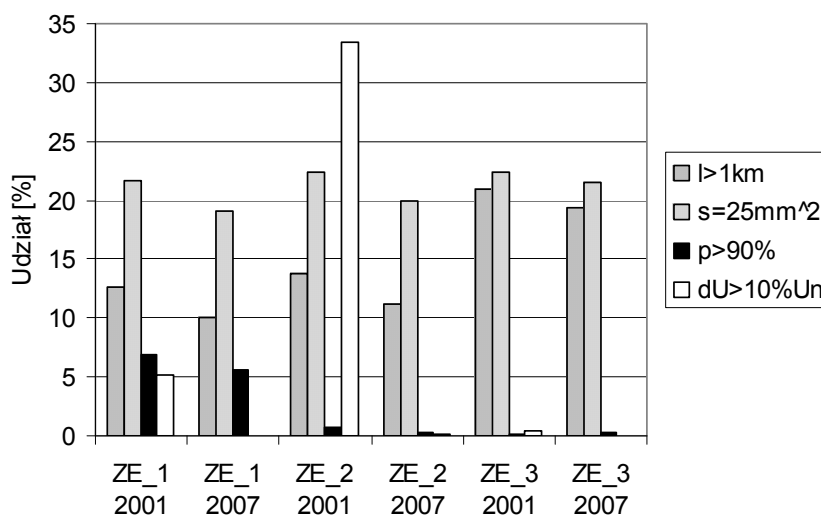
Podczas badań stwierdzono, że w blisko 90% ciągów liniowych SN, zarówno na terenach wiejskich jak i miejskich, wykorzystanie obciążalności dopusz-

czalnej jest mniejsze niż 50%. Być może niskie obciążenie ciągów liniowych pozwala utrzymywać napięcie na akceptowanym poziomie nawet na końcach ciągów o długości powyżej 100 km, których jest jeszcze, na terenach wiejskich obsługiwanych przez spółkę ZE_1, blisko 3%.

Sieci dystrybucyjne nN

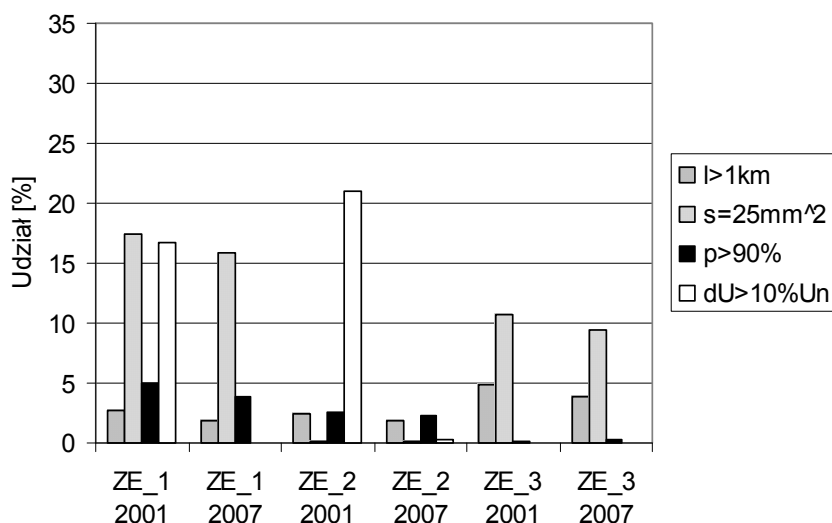
Zestawienie wyników pomiarów długości l obwodów nN, przekrojów s ich przewodów, stopnia wykorzystania obciążalności dopuszczalnej p , czyli wielkości mających wpływ na spadki napięć w obwodach, a także wyniki pomiarów samych spadków napięć dU przedstawiono w odniesieniu do terenów wiejskich na rysunku 3, a w odniesieniu do miast na rysunku 4. W szczególności podano udziały procentowe obwodów nN o długościach, przekrojach przewodów, stopniu wykorzystania obciążalności dopuszczalnej i spadkach napięć w obwodach, których wartości nie są akceptowane.

Jak wynika z rysunków 3 i 4, jakość sieci nN na terenach wiejskich jest gorsza niż w miastach, ale i ta ostatnia budzi szereg zastrzeżeń. W ciągu 7 lat badań nastąpiła poprawa wszystkich analizowanych parametrów, a zwłaszcza jakości napięcia zasilającego. Pilnej modernizacji wymaga nadal blisko 3% obwodów, zarówno na terenach wiejskich, jak i miejskich, w których stwierdzono wyższy niż 90% stopień wykorzystania obciążalności dopuszczalnej tym bardziej, że są to często obwoły bardzo długie (>1 km), o małych przekrojach przewodów (25 mm^2).



Rys. 3. Wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących jakość sieci nN na terenach wiejskich (Źródło: obliczenia własne na podstawie danych spółek dystrybucyjnych)

Fig. 3. Measured parameters characterizing the quality of low voltage network on rural areas (Source: own calculations based on the data of distribution companies)



Rys. 4. Wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących jakość sieci nN w miastach (Źródło: obliczenia własne na podstawie danych spółek dystrybucyjnych)

Fig. 4. Measured parameters characterizing the quality of low voltage networks on urban areas (Source: own calculations based on the data of distribution companies)

Wnioski

Przeprowadzona analiza, oparta na ogólnych badaniach statystycznych, nie daje odpowiedzi na pytanie, które konkretnie odcinki sieci elektroenergetycznych należy odtworzyć, zmodernizować czy rozbudować. Daje ona natomiast ogólny obraz jakości sieci średniego i niskiego napięcia, znajdujących się w rejonach obsługi energetycznej trzech wybranych spółek dystrybucyjnych. A obraz ten nie jest zadowalający zarówno w odniesieniu do sieci wiejskich, jak i miejskich.

Jednakże poprawa jakości sieci wiejskich wiąże się z relatywnie wysokimi kosztami inwestycyjnymi, przy niezapewnionej rentowności inwestycji, co stanowi poważny problem dla spółek dystrybucyjnych. Wysokość rocznych odpisów amortyzacyjnych nie pozwala ponadto na bieżące odtworzenie majątku wiejskich sieci elektroenergetycznych, czego konsekwencją może być dalsza ich dekapitalizacja, która aktualnie sięga już 80%.

Konieczne staje się więc pozyskiwanie na odtworzenie i modernizację wiejskich sieci dystrybucyjnych zewnętrznych środków pomocowych. Można też próbować przesunąć w czasie inwestycje sieciowe, mające na celu poprawę jakości zasilania wdrażając programy sterowania stroną popytową - DSM (z ang. Demand Side Management) [Trojanowska 1966]. Są to programy, których głównym celem jest wpływanie na zmianę sposobu użytkowania energii przez odbiorców, a szczególnie na zmniejszenie jej zużycia.

Bibliografia

Ocena przewidywanych potrzeb rozwojowych i odtworzeniowych sieci elektroenergetycznej średniego i niskiego napięcia na obszarach o małym zagęszczeniu odbiorców. 2005. Materiał źródłowy PTPiREE, Poznań

PN-EN 50160. 2002. Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 20 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu i eksploatacji tych sieci. Dz. U. 2005, Nr 2, poz. 6

Trojanowska M. 1996. Kształtowanie popytu na energię elektryczną na obszarach wiejskich. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Nr 443, s. 183-187