

ANALIZA STANU TECHNICZNEGO SIECI NISKIEGO NAPIĘCIA NA TERENACH WIEJSKICH PODKARPACIA

Małgorzata Trojanowska

Katedra Energetyki Rolniczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przeanalizowano wartości wybranych wskaźników opisujących stan techniczny sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia na podkarpackiej wsi, a także jakość zasilania w energię elektryczną odbiorców wiejskich. W pracy przedstawiono również zmiany, jakie zaszły w tym zakresie w latach 2001-2006.

Słowa kluczowe: wiejskie sieci elektroenergetyczne, jakość energii elektrycznej, ciągłość zasilania.

WSTĘP

W Polsce rynek energii elektrycznej jest całkowicie zliberalizowany, co oznacza, że każdy odbiorca energii elektrycznej może swobodnie wybierać jej dostawcę. Przy wyborze dostawcy użytkownik energii elektrycznej powinien kierować się nie tylko ceną energii, ale i możliwą do zapewnienia przez dystrybutora jakością jej dostaw.

Na jakość dostaw energii elektrycznej składają się: jakość napięcia (zwana też jakością energii elektrycznej), niezawodność (ciągłość) zasilania i jakość obsługi odbiorców. Jakość energii elektrycznej i ciągłość jej dostaw jest w dużym stopniu zdeterminowana przez niezawodność systemu elektroenergetycznego, a w szczególności przez stan techniczny wchodzących w jego skład elementów i urządzeń.

Ważnym ogniwem w systemie elektroenergetycznym są sieci niskiego napięcia (nN). Bezpośrednia ich bliskość z odbiorcami powoduje, że każde pogorszenie jakości dostaw energii jest przypisywane właśnie tym sieciom. Zatem stan techniczny sieci nN wymaga szczególnej troski.

Znacznie łatwiej jest dbać o stan techniczny sieci elektroenergetycznych w miastach, w których występuje duża gęstość odbiorców pobierających energię elektryczną, pozwalając wykorzystywać w wysokim stopniu możliwości przesyłowe sieci i osiągać przychody gwarantujące zysk przedsiębiorstwom energetycznym. Natomiast znacznie trudniej jest rozwijać i eksploatować sieci w gminach obejmujących głównie tereny wiejskie, w których odbiorcy są rozproszeni, a pobór energii elektrycznej przeznaczony jest niekiedy wyłącznie do zasilania odbiorników gospodarstwa domowego. Stopień wykorzystania tych sieci jest zazwyczaj bardzo niski. Składają się one w dużej części z najtańszych linii napowietrznych z przewodami gołymi i napowietrznych, transformatorowych stacji słupowych, wykonanych jeszcze w ramach programu Elektryfikacji Polski [Ocena przewidywanych potrzeb... 2005].

Poprawa stanu technicznego sieci wymaga systematycznego odtwarzania elementów wyeksploatowanych i przestarzałych. Działania te muszą poprzedzać pomiary oraz analizy parametrów charakteryzujących stan sieci.

CEL PRACY

Celem pracy była analiza wybranych wskaźników opisujących stan techniczny wiejskich sieci elektroenergetycznych nN na Podkarpaciu i związanej z nim jakości zasilania w energię elektryczną odbiorców wiejskich. W pracy przeanalizowano również zmiany, jakie zaszły w tym zakresie na przestrzeni ostatnich pięciu lat.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były sieci elektroenergetyczne nN na terenach wiejskich Podkarpacia, obsługiwane przez jeden zakład energetyczny odpowiedzialny za zaopatrzenie w energię elektryczną niespełna 330 tys. odbiorców wiejskich, którzy w 2006 r. zużyli ok. 570 GWh energii. Odbiorcy ci to w przeważającej większości, rozliczane według taryfy G, gospodarstwa domowe i gospodarstwa rolne, do których energia elektryczna dostarczana jest za pośrednictwem 9,6 tys. km linii średniego napięcia (SN), 16,5 tys. km linii niskiego napięcia (nN) oraz 7,9 tys. stacji transformatorowych SN/nN.

Analizę stanu technicznego sieci i wynikającej z niej jakości zaopatrzenia odbiorców wiejskich w energię elektryczną dokonano na podstawie wyników badań własnych, przeprowadzonych w wybranych stacjach transformatorowych i na końcach obwodów, przy użyciu analizatorów parametrów sieci *AS-3 plus* oraz na podstawie danych zakładu energetycznego.

WYNIKI BADAŃ

Podstawową normą z zakresu jakości energii elektrycznej obowiązującą w krajach Unii oraz w Polsce jest norma PN-EN 50160: *Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych*. Normę tę należy traktować jako zestaw wskazówek dotyczących kształtowania parametrów jakościowych napięcia dla zachowania kompatybilności elektromagnetycznej sieci zasilającej i urządzeń odbiorczych. Poszczególne kraje mogą jednak dla własnych potrzeb określać inne standardy niż te zawarte w normie. I tak w Polsce standardy jakościowe obsługi odbiorców energii elektrycznej zawarte są w *Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy* [Dz. U. z 2005 r., nr 2, poz. 6] (tab. 1).

Tab. 1. Wybrane parametry określające standardy jakościowe obsługi odbiorców energii elektrycznej
Tab. 1. Selected parameters describing quality standards of the service of electric energy consumers

Parametr	Wartość	Warunki dodatkowe	
Napięcie zasilające	400/230 V $\pm$ 10%	przez 95% tygodnia	czas uśredniania 10 min.
Niesymetria napięć	$K_{2U}^* \leq 2\%$	przez 95% tygodnia	czas uśredniania 10 min.
Harmoniczne napięcia	$THD^{**} \leq 8\%$	przez 95% tygodnia	czas uśredniania 10 min.
Czas trwania jednorazowej awaryjnej przerwy w zasilaniu	≤ 24 h		
Łączny czas wyłączeń awaryjnych	≤ 48 h	w ciągu roku	

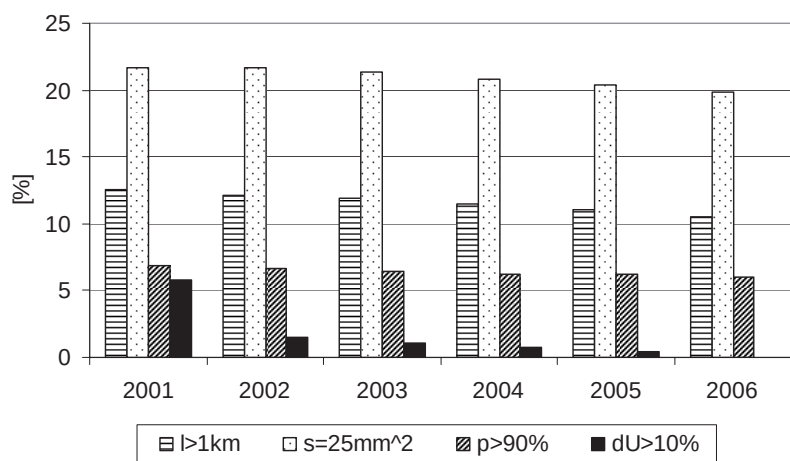
* K_{2U} – współczynnik asymetrii napięciowej, równy stosunkowi składowej symetrycznej przeciwnej do składowej zgodnej napięcia,

** THD – współczynnik odkształcenia harmonicznym napięcia zasilającego określony zależnością:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n U_h^2}}{U_1},$$

w której: U_h – wartość skuteczna h-tej harmonicznej napięcia,
 U_1 – wartość skuteczna 1-szej harmonicznej napięcia.

Poziom napięcia zasilającego na końcach obwodów niskiego napięcia zależy od impedancji obwodów, która jest wprost proporcjonalna do ich długości l , a odwrotnie proporcjonalna do przekrojów przewodów linii s oraz od obciążenia linii (stopnia wykorzystania obciążalności dopuszczalnej p). Zestawienie wyników pomiarów powyższych wielkości w latach 2001-2006 przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących stan techniczny sieci nN na Podkarpaciu w latach 2001-2006

Fig. 1. Results of measurements of parameters characterizing the technical state of LV power networks in the province of Podkarpacie in the years 2001-2006

Źródło: obliczenia na podstawie badań własnych i danych zakładu energetycznego za rok 2006.

Jak wynika z rys. 1 w ciągu ostatnich 5 lat na Podkarpaciu nastąpiła poprawa wszystkich tych parametrów, a zwłaszcza jakości napięcia zasilającego. Gdy jeszcze w 2001 r. niemożliwe było utrzymanie wymaganych poziomów napięć w 6% obwodów zasilających odbiorców wiejskich, to obecnie zdarzają się tylko sporadycznie przypadki przekroczenia dopuszczalnej wartości spadku napięcia. Jest to następstwem skracania długości obwodów poprzez dobudowywanie nowych stacji transformatorowych. W latach 2001-2006 liczba stacji transformatorowych SN/nN na analizowanych terenach wiejskich wzrosła o 43%. Pilnej modernizacji wymaga nadal ok. 6% obwodów, w których stwierdzono wyższy niż 90% stopień wykorzystania obciążalności dopuszczalnej, tym bardziej że są to obwody bardzo długie ($>1 \text{ km}$), a do tego o małych przekrojach przewodów (25 mm^2).

Prowadzone pomiary wykazały, że pozostałe parametry charakteryzujące jakość napięcia zasilającego nie przekraczały wartości prawnie dopuszczalnych. I tak współczynnik asymetrii napięciowej mierzony w reprezentatywnych stacjach transformatorowych nie przekroczył nigdzie

wartości 1%, zaś współczynnika THD, będący miarą odkształcenia napięć zasilających, 6%. Pomimo tego wydaje się, że w najbliższej przyszłości odkształcenia napięć zasilających mogą stać się na terenach wiejskich znaczącym problemem. Źródłem wyższych harmonicznych są odbiorniki nieliniowe. Należą do nich m. in. obok silników elektrycznych, sprzęt RTV, komputery, świetlówki standardowe, świetlówki kompaktowe, lampy o sterowanym poborze mocy, sprzęt gospodarstwa domowego sterowany fazowo, tj. kuchnie elektryczne, odkurzacze, miksery, różnego rodzaju energooszczędne odbiorniki energii elektrycznej zawierające przekształtniki energoelektroniczne. Liczba tego typu urządzeń na terenach wiejskich szybko wzrasta. Przykładowo obecnie co dziesiąte gospodarstwo wiejskie wyposażone jest w pojedyncze świetlówki kompaktowe, ale ok. 35% gospodarstw przewiduje ich zakup w najbliższym czasie. Komputery posiada aktualnie 16% gospodarstw, kolejnych 16% planuje zakup sprzętu komputerowego. Wymienione odbiorniki są źródłem 3-ciej i 5-tej harmonicznej o znacznych wartościach. W prądzie pobieranym przez świetlówki kompaktowe i komputery zawartość 3-ciej harmonicznej przekracza 80%, a 5-tej jest rzędu 50% [Trojanowska, Nęcka 2007].

Obok jakości napięcia inną nie mniej ważną cechą charakteryzującą jakość zasilania odbiorców w energię elektryczną jest niezawodność jej dostaw. Wiejskie sieci elektroenergetyczne są w przeważającej części sieciami napowietrznymi, a więc szczególnie narażonymi na awarie wywołane czynnikami atmosferycznymi. Linie kablowe stanowią na terenach wiejskich Podkarpacia niespełna 4% ogólnej długości linii nN, gdy w miastach 69%.

Polskie spółki dystrybucyjne sporządzają corocznie charakterystyki awaryjności sieci rozdzielczych. W szczególności podają one liczbę przerw awaryjnych w dostawie energii elektrycznej przeliczoną na 100 km linii zasilających oraz średni czas trwania tych przerw. Taki zestaw wskaźników mało mówi przeciętnemu użytkownikowi energii elektrycznej o ciągłości zasilania.

W krajach Europy jest używanych kilka wskaźników oceny ciągłości dostaw energii elektrycznej [Paska 2003]. Do najczęściej stosowanych należą:

- a) SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) – systemowy wskaźnik średniej liczby (częstości) przerw na odbiorcę, zdefiniowany jako stosunek liczby wszystkich długich przerw nieplanowanych w ciągu roku do liczby odbiorców przyłączonych do sieci,
- b) SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) – systemowy wskaźnik średniego (przeciętnego) rocznego czasu trwania przerw, wyznaczany jako iloraz rocznej sumy czasu trwania wszystkich przerw, do całkowitej liczby odbiorców przyłączonych do sieci,
- c) CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) – średni czas trwania przerwy długiej, obliczany jako suma czasu trwania wszystkich przerw długich w zasilaniu odbiorców (w minutach) podzielona przez liczbę wszystkich wyłączeń odbiorców,
- d) AENS (*Average Energy Not Supplied*) – średnia (oczekiwana) roczna ilość energii niedostarczonej, określana jako stosunek energii niedostarczonej odbiorcom w ciągu roku do liczby odbiorców przyłączonych do sieci.

W pracy obliczono wartości tych wskaźników dla poszczególnych lat i stwierdzono, że nie różnią się one znacząco między sobą. Ich wartości średnie zestawiono w tab. 2.

Tab. 2. Wskaźniki opisujące ciągłość zasilania odbiorców wiejskich na Podkarpaciu
Tab. 2. Indices illustrating of the continuity of power supply to rural consumers from Podkarpacie

SAIFI liczba przerw/100 odbiorców	SAIDI min przerw/odbiorcę	CAIDI min/przerwę	AENS kWh niedost. en./odbiorcę
5	8	160	3

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zakładu energetycznego za rok 2006.

Z tab. 2 wynika, że odbiorca wiejski z Podkarpacia może spodziewać się średnio w roku ok. 0,05 nieplanowanych przerw w zasilaniu i 8 minut przerw w dostawie energii elektrycznej, czego następstwem jest ponad 3 kWh niedostarczonej energii. Choć prawdopodobieństwo wystąpienia nieplanowanej przerwy jest małe, to w przypadku jej zaistnienia trzeba się liczyć średnio z 3-godzinny czasem usuwania awarii. Wartości powyższych wskaźników są miastach od 3 do 8 razy lepsze.

PODSUMOWANIE

Wiejskie sieci elektroenergetyczne mają dominujący udział w infrastrukturze elektroenergetycznej, który na Podkarpaciu wynosi 74%, gdy zysk ze sprzedaży energii za ich pośrednictwem stanowi niespełna 30% całkowitych dochodów zakładu energetycznego z tego tytułu. Stan dekapitalizacji analizowanych sieci (stopień umorzenia majątku sieciowego) sięga 60%. Pilnej modernizacji wymaga obecnie na Podkarpaciu przeszło 20% wiejskich sieci nN. Ponadto, zważywszy na okres amortyzacji dla poszczególnych elementów sieci rozdzielczych, przyjmowany średnio na poziomie 25 lat, w każdym roku kalendarzowym powinno ulec wymianie ok. 4% ich elementów.

Wielkość środków finansowych pozyskiwanych z odpisów amortyzacyjnych z wartości brutto sieci wiejskich nie pozwala zakładowi energetycznemu na pełne odtworzenie rzeczowe istniejących sieci, a tym bardziej na ich rozwój i modernizację. Konsekwencją może być dalsza dekapitalizacja majątku sieciowego na obszarach o małym zagęszczeniu odbiorców, jakimi są obszary wiejskie. Konieczne jest więc pozyskiwanie na ten cel zewnętrznych środków pomocowych, albo od samorządów terytorialnych, które ustawowo odpowiedzialne są również za zaopatrzenie w energię elektryczną, albo ze środków unijnych.

BIBLIOGRAFIA

- Ocena przewidywanych potrzeb rozwojowych i odtworzeniowych sieci elektroenergetycznej średniego i niskiego napięcia na obszarach o małym zagęszczeniu odbiorców. 2005: Materiał źródłowy PTPiREE, Poznań.
- Paska J. 2003: Jakość zasilania. Elektroenergetyka 4, 1-9.
- PN-EN 50160. 2002: Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 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., Nęcka K. 2007: Analiza jakości napięcia zasilającego gospodarstwa wiejskie. Inżynieria Rolnicza 7(95), 221-227.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL STATE OF LV POWER NETWORKS IN RURAL AREAS OF PODKARPACIE

Summary. In the paper values of selected indices describing the technical state of LV power networks in the province of Podkarpacie are analyzed, as well as the power supply quality. The paper also includes changes in that respect in the years 2001-2006.

Key words: rural power networks, electrical energy quality, continuity of power supply.