



Piotr Begier,* Andrzej Grzybowski,** Krzysztof Hajdrowski,**
Aleksandra Rakowska*/**

AWARYJNOŚĆ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ EKSPLOATOWANEJ PRZEZ SPÓŁKI DYSTRYBUCYJNE

Streszczenie: W artykule zestawiono dane, uzyskane przez Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej ze Spółek Dystrybucyjnych (Zakładów Energetycznych), dotyczące linii energetycznych oraz stacji transformatorowo-rozdzielczych. Omówiono także awaryjność i niezawodność niektórych elementów sieci elektroenergetycznych ze szczególnym uwzględnieniem uszkodzalności izolatorów liniowych oraz linii napowietrznych izolowanych.

Słowa kluczowe: sieci elektroenergetyczne, awaryjność, niezawodność eksploatacyjna

1. Wstęp

W Polsce działają 33 Spółki Dystrybucyjne, których głównym zadaniem jest rozdział i dystrybucja energii elektrycznej. Elektroenergetyczna sieć dystrybucyjna eksploatowana przez energetykę zawodową składa się z linii o napięciach do 110 kV oraz stacji transformatorowych WN/SN i SN/nn. Dla urządzeń technicznych pracujących w sieciach energetyki zawodowej przyjmuje się 25-letni okres zwrotów nakładów inwestycyjnych. Zgodnie z danymi uzyskanymi przez Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej (skupiające wszystkie Spółki Dystrybucyjne) sieć ta jest w znacznym stopniu zamortyzowana. I tak: na koniec 1996 roku linie elektroenergetyczne były zamortyzowane w 64,4% natomiast stacje transformatorowo-rozdzielcze

* Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej, ul. Nowowiejskiego 10, 62-731 Poznań

** Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

w 80,6%. Ponad 70% sieci średniego i niskiego napięcia to sieci wiejskie, które dostarczają energię elektryczną zaledwie do 35% ogólnej liczby odbiorców w kraju. Potrzeby roczne na remonty i modernizację sieci znacznie przekraczają możliwości zakładów energetycznych. Powoduje to stosunkowo dużą awaryjność sieci. W niniejszym artykule przedstawiono problemy związane z awaryjnością poszczególnych elementów sieci eksploatowanej przez energetykę zawodową.

2. Sieć rozdzielcza energetyki zawodowej

W tabeli 1 zestawiono podstawowe elementy sieci eksploatowanych przez Spółki Dystrybucyjne (stan na koniec 1995 r.).

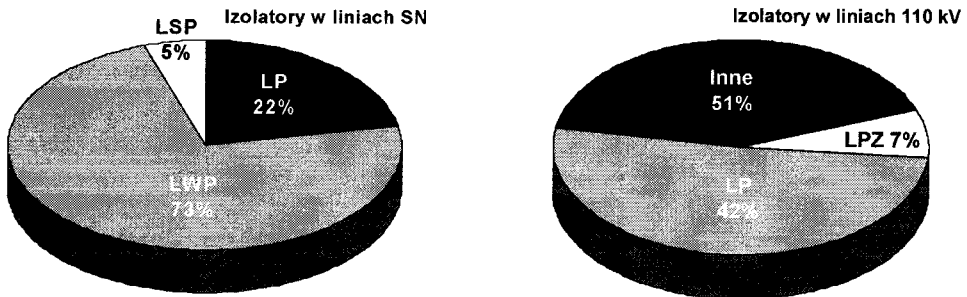
3. Awaryjność elementów sieci rozdzielczej

3.1. Linie napowietrzne

Linie napowietrzne stanowią ponad 70% sieci dystrybucyjnej. Na ich awaryjność wpływa szczególnie uszkodzalność następujących elementów: konstrukcji wsporczych, izolatorów i osprzętu.

Najwyższa awaryjność notowana jest w liniach średniego napięcia prowadzonych na słupach żelbetonowych typu ŻN przy zastosowaniu izolatorów LSP. Izolatory te, pomimo szerokiej akcji ich wymiany, stanowią ciągle ponad 5% izolacji liniowej.

Na rysunku 1 przedstawiono procentowy udział poszczególnych typów izolatorów stosowanych w liniach średniego napięcia i 110 kV.



Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych typów izolatorów w liniach SN i 110 kV

Poziom awaryjności sieci elektroenergetycznych ocenia się na podstawie współczynnika awaryjności wyrażanego w liczbie awarii na 100 km linii w ciągu roku. Przykładowo w Spółkach Dystrybucyjnych w roku 1996, średni poziom awaryjności w liniach napowietrznych SN wyniósł 8,6.

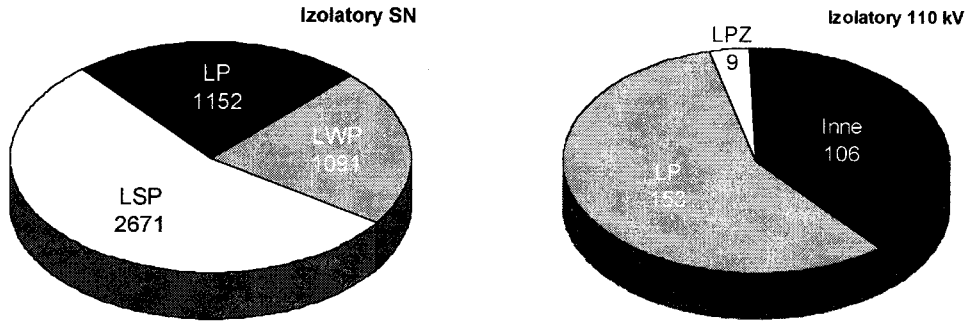
Główny udział w zaistniałych awariach w liniach napowietrznych mają izolatory liniowe. Na rysunku 2 przedstawiono ilość uszkodzonych w 1996 r. izolatorów lino-

Tabela 1. Urządzenia techniczne eksploatowane przez Zakłady Energetyczne SA

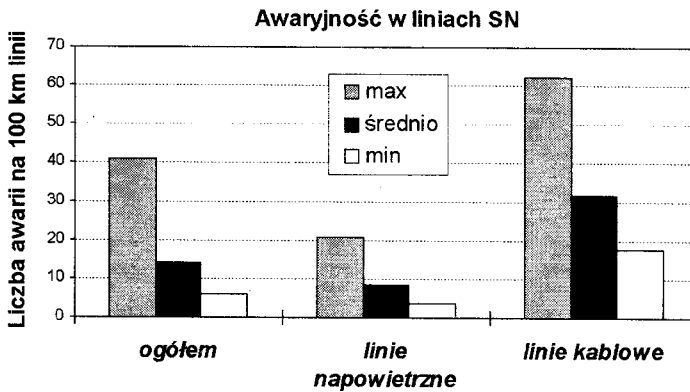
Spółka Dystrybucyjna — siedziba Zarządu	Długość linii [km]			Liczba stacji [szt.]		Sum. moc transform. [MVA]
	WN	SN	nn	WN/SN	SN/nn	
Białystok	1 416	17 723	19 349	49	12 766	2 631
Będzin	822	3 804	6 893	45	3 130	3 133
Bielsko-Biała	696	4 184	9 342	33	3 833	1 888
Bydgoszcz	1 121	8 980	11 453	40	7 051	2 189
Częstochowa	872	4 832	7 003	33	3 421	1 634
Elbląg	387	4 544	5 689	14	2 997	759
Gdańsk	861	7 755	12 493	40	6 236	2 641
Gliwice	1 800	8 035	21 504	87	8 065	5 923
Gorzów Wlkp.	538	4 907	5 249	24	2 932	1 112
Jelenia Góra	599	3 325	4 700	20	2 159	1 284
Kalisz	1 064	10 478	14 139	42	9 141	2 137
Koszalin	637	6 204	5 637	21	4 006	1 337
Kraków	1 402	8 739	19 907	50	7 934	3 341
Legnica	898	3 639	3 386	26	2 556	1 299
Lublin	1 042	11 271	15 572	42	8 136	2 422
Łódź	378	3 807	8 267	33	3 259	2 207
Łódź-Teren	1 198	13 303	17 469	53	10 393	3 099
Olsztyn	831	8 724	10 511	24	5 987	1 358
Opole	1 482	6 486	7 417	43	4 761	2 446
Płock	916	11 323	14 976	34	9 339	1 888
Poznań	1 465	17 367	20 631	69	12 035	4 601
Rzeszów	1 751	12 410	20 315	47	9 171	2 974
Skarżysko-Kamienna	1 597	14 277	19 752	63	10 897	3 052
Słupsk	454	4 855	4 807	19	3 231	1 236
Szczecin	1 030	7 150	6 223	41	4 080	2 086
Tarnów	580	4 484	9 162	23	3 605	1 224
Toruń	988	9 666	14 995	32	8 280	1 861
Wałbrzych	698	3 741	5 035	27	2 839	1 512
Warszawa	445	5 021	7 408	28	4 000	3 821
Warszawa-Teren	1 414	15 751	21 303	60	14 175	3 856
Wrocław	923	5 778	7 586	31	4 743	2 359
Zamość	1 005	13 238	14 334	37	8 045	1 974
Zielona Góra	807	5 142	5 601	29	3 155	1 484
Razem	32 117	270 943	378 108	1259	206 358	76 768

wych, przy ogólnej liczbie izolatorów eksploatowanych przez ZE wynoszącej ponad 5500 tysięcy sztuk.

Zgodnie ze światowymi trendami od roku 1991–92 wprowadza się w Polsce linie napowietrzne z przewodami izolowanymi. Na koniec kwietnia 1997 eksploatowanych w Polsce przez energetykę zawodową było około 3500 km torów głównych linii napowietrznych nn z przewodami izolowanymi, ponad 6000 km przyłączy oraz ponad



Rys. 2. Liczba uszkodzonych izolatorów liniowych



Rys. 3. Awaryjność sieci SN w roku 1996

200 km linii izolowanych średniego napięcia, z których głównie (98%) są to linie z przewodami w osłonie izolacyjnej.

Doświadczenia eksploatacyjne potwierdzają spodziewane korzyści ze stosowania linii napowietrznych izolowanych. Do czerwca 1997 w liniach SN zaobserwowano tylko kilka awarii, z których większość polegała na zetknięciu się przewodów na skutek upadku drzewa. Często linie te eksploatowano nadal bez widocznych zakłóceń w pracy, a ich wyłączenie nastąpiło w wyniku działania obsługi. Z 36 awarii w liniach nn, 10 zostało wywołanych zewnętrznymi czynnikami mechanicznymi. Pozostałe awarie to skutek wadliwego montażu elementów linii, głównie zacisków przebijających izolację.

Ze względu na fakt, że linie napowietrzne izolowane stanowią, jak dotychczas, niewielki procent ogólnej długości linii energetycznych nn i SN, trudne jest przeprowadzenie analizy awaryjności tych linii według obowiązujących kryteriów. Także okres eksploatacji linii izolowanych w Polsce jest jeszcze stosunkowo krótki. Jednakże na podstawie dotychczas zebranych danych można stwierdzić, że w liniach wybud-

wanych zgodnie z wymogami technicznymi doświadczenia eksploatacyjne są bardzo pomyślne.

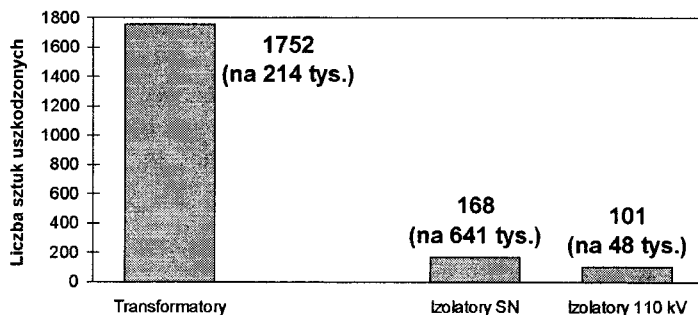
3.2. Linie kablowe

Jak wykazują zebrane materiały, awaryjność polskich elektroenergetycznych linii kablowych jest stosunkowo wysoka i w roku 1996 osiągnęła dla linii SN średnią wartość 31,7 uszkodzeń/100 km. Na awaryjność linii kablowych wpływa wiele złożonych czynników, wśród których na pierwszym miejscu znajduje się kultura układania kabli i zachowanie właściwej technologii wykonywania osprzętu kablowego. Wiele awarii powstaje w czasie eksploatacji na skutek uszkodzeń mechanicznych spowodowanych brakiem uaktualnionych podkładów geodezyjnych.

Większość (ponad 60%) eksploatowanych kabli SN posiada izolację papierową. Pierwsze doświadczenia ze stosowaniem izolacji polimerowej doprowadziły do znacznego zwiększenia awaryjności linii kablowych ułożonych kablami wyprodukowanymi na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Ten sam „wstrząs” przeżyły i inne energetyki na świecie, które obecnie coraz szerzej wprowadzają do sieci dystrybucyjnej kable o izolacji z polietylenu usieciowanego (XLPE=XS). W Polsce udział tych kabli jest niższy od 20% ogólnej długości linii kablowych i stanowi mniej niż połowę kabli o izolacji suchej. Awaryjność kabli o izolacji z XLPE jest szczegółowo omówiona w innym artykule niniejszego Sympozjum.

3.3. Stacje transformatorowo-rozdzielcze

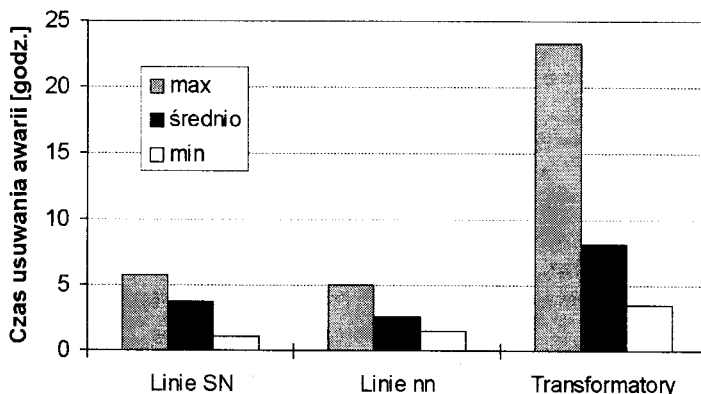
Na koniec 1996 r. ZE eksploatowały ponad 210 tysięcy stacji transformatorowych. Udział stacji WN/SN stanowi mniej niż 1% tej liczby. Stacje transformatorowo-rozdzielcze SN/nn to w większości (około 70%) stacje na terenach wiejskich eksploatowane w bardzo trudnych warunkach. W roku 1996 uległy uszkodzeniu 1752 transformatory. Na rysunku 4 przedstawiono liczbę uszkodzonych transformatorów i izolatorów aparatowych w liniach SN i 110 kV.



Rys. 4. Liczba uszkodzonych transformatorów i izolatorów aparatowych

4. Niezawodność pracy sieci

Zgodnie z wymogami nowego Prawa Energetycznego Spółki Dystrybucyjne będą zobowiązane do maksymalnego ograniczenia przerw w dostawie energii elektrycznej. Aktualnie średni czas przerw wynikłych z powodu awarii w liniach nn wynosi — 2,65 godz., a w liniach SN — 3,63 godz. Średni czas wymiany transformatora wynosi 8,08 godz. Na rysunku 5 zestawiono czasy maksymalne, minimalne i średnie usunięcia awarii.



Rys. 5. Czas usuwania awarii w liniach SN i nn oraz czas naprawy transformatorów

5. Podsumowanie

Szczególnie bardzo wysoka awaryjność linii kablowych oraz liniowych izolatorów stojących SN powoduje, że w niektórych Spółkach Dystrybucyjnych roczne wydatki na remonty sięgają nawet około 300 zł/km linii SN. Wprowadzane nowe technologie w produkcji kabli (konstrukcje uszczelnione, ulepszone materiały izolacyjne) i izolatorów (porcelana 130, izolatory kompozytowe) powinny spowodować znaczne zmniejszenie awaryjności poszczególnych elementów sieci. Do tego celu prowadzą także zmiany konstrukcyjne w produkcji transformatorów, aparatury łączeniowej i osprzętu sieciowego oraz wprowadzane do eksploatacji całkowicie nowe generacje systemów zabezpieczających niezawodną pracę sieci elektroenergetycznej.

Literatura

- [1] PTPiREE — Biuletyn Informacyjny, wrzesień 1996
- [2] **Begier P., Brzozowski S.:** *Ocena stanu technicznego sieci rozdzielczych SN i nn*, PTPiREE, Opracowanie na zlecenie PCPM SA, maj 1997
- [3] **Rakowska A., Grzybowski A.:** *Linie napowietrzne z przewodami izolowanymi eksploatowane przez polską energetykę zawodową*, Komunikat przygotowany i wygłoszony na NIWE'97 Bielsko-Biała, 26–27 czerwiec 1997

- [4] **Rakowska A., Grzybowski A.:** *Doświadczenia z eksploatacji linii napowietrznych z przewodami izolowanymi*, Biuletyn Informacyjny PTPiREE nr 6, 1997
- [5] **Rakowska A.:** *Linia kablowa czy linia napowietrzna — dylemat nie tylko techniczny*, Biuletyn Informacyjny PTPiREE nr 6, 1997
- [6] Ankiety dotycząca izolatorów SN i WN, PTPiREE, maj 1997

FAULT — STATISTICS OF POWER DISTRIBUTION NETWORK

A fault statistics of power MV and HV lines serviced by Distribution Companies is shown in this paper. Some estimation of reliability of power substations and insulators is presented too.