



Aleksandra Rakowska\*

## KABLE ELEKTROENERGETYCZNE ŚREDNIEGO NAPIĘCIA O IZOLACJI XLPE — DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE

**Streszczenie:** Na przykładzie Polski i kilkunastu państw europejskich omówiono współczynniki uszkodzeń linii kablowych, ze szczególnym uwzględnieniem kabli o izolacji z polietylenu usieciowanego. Dla porównania przedstawiono niektóre dane wynikające z doświadczeń eksploatacyjnych z kablami średniego napięcia o innych rodzajach izolacji.

**Słowa kluczowe:** kabel elektroenergetyczny, izolacja XLPE, współczynniki uszkodzeń

### 1. Rozwój linii kablowych średniego napięcia

W sieci elektroenergetycznej z roku na rok wzrasta procentowy udział linii kablowych. Tendencja ta obserwowana jest zarówno w sieciach średnich jak i wysokich napięć. Wielokrotnie o decyzji budowy linii kablowej, w miejsce linii napowietrznej oraz przy budowie nowych linii, nie decydują tylko aspekty techniczne lub ekonomiczne podejmowanej inwestycji. Coraz częściej presja społeczna i opinia ludzi mieszkających w pobliżu linii energetycznej jest czynnikiem decydującym o charakterze tej linii. W tabeli 1 zestawiono sumaryczne długości linii napowietrznych i kablowych na napięcie od  $>1$  kV do 30 kV [1].

Dla kabli średnich napięć obecnie stosowane są trzy rodzaje izolacji:

- papier-syciwo (najczęściej syciwo nieściekające),
- izolacja polietylenowa (najczęściej polietylen usieciowany XLPE),
- izolacja z gumy etylenowo-propylenowej (EPR).

---

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

**Tabela 1.** Całkowita długość linii kablowych i napowietrznych w wybranych państwach [1]

Typ linii	Długość linii w tys. km w poszczególnych państwach													
	UK	D	F	I	ESP	B	NL	A	DK	N	P	G	CH	S
kablowa	122	270	119	83	26	54	89	14	32	23	6	6	23	99
napowietrzna	151	184	446	214	155	16	0	21	22	66	43	69	27	78

Kable o izolacji z impregnowanego papieru pracują w liniach średnich napięcia od wielu dziesiątek lat. W niektórych państwach kable te pracują bezawaryjnie od ponad osiemdziesięciu lat. Doświadczenia eksploatacyjne są bardzo pozytywne, chociaż konstrukcje stosowane w poszczególnych krajach różnią się nieco. Używane są inne materiały: syciwo ściekające i nieściekające, odmienne rodzaje papieru, itd. Kable te są produkowane przy użyciu stosunkowo skomplikowanej technologii, a osprzęt stosowany przy ich układaniu jest często o znacznych wymiarach i wymaga wysokiej klasy specjalistów do jego wykonania. Kable te stanowią, w odczuciu społecznym, pewnego rodzaju zagrożenie ekologiczne w przypadku uszkodzenia warstw zewnętrznych i przedostania się impregnatu do wód gruntowych.

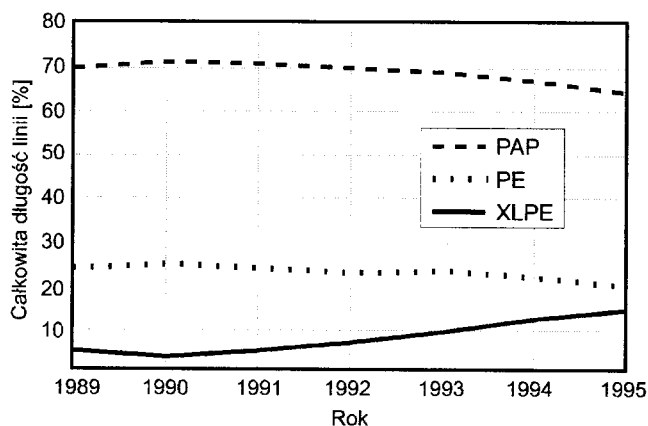
Na całym świecie kable SN o izolacji papierowej zastępowane są szeroko przez kable o izolacji wytłaczanej. Jako izolację wytłaczaną głównie stosuje się polietylen usieciowany. I tak przykładowo, w Niemczech, Szwecji i Francji w liniach 20 kV stosowane są głównie kable o izolacji XLPE.

Międzynarodowe Stowarzyszenie Dystrybutorów Energii Elektrycznej UNIPEDA powołało w 1981 roku Grupę Ekspertów ds. kabli o izolacji syntetycznej. Członkowie grupy reprezentują 15 państw. Są to przedstawiciele: Austrii, Belgii, Danii, Irlandii, Izraela, Francji, Hiszpanii, Holandii, Niemiec, Norwegii, Szwajcarii, Szwecji, Węgier, Włoch i Wielkiej Brytanii (w roku 1996 dołączył do Grupy również przedstawiciel Polski). Głównym zadaniem tej grupy było opracowanie danych statystycznych dotyczących awaryjności linii kablowych o izolacji polimerowej. W tabeli 2 zestawiono sumaryczną długość linii kablowych z podziałem na poziom napięcia znamionowego tych linii oraz rodzaj zastosowanej izolacji kablowej. Dane obrazują stan na koniec 1995 r., a podana długość stanowi sumę długości poszczególnych linii w wyżej wymienionych krajach.

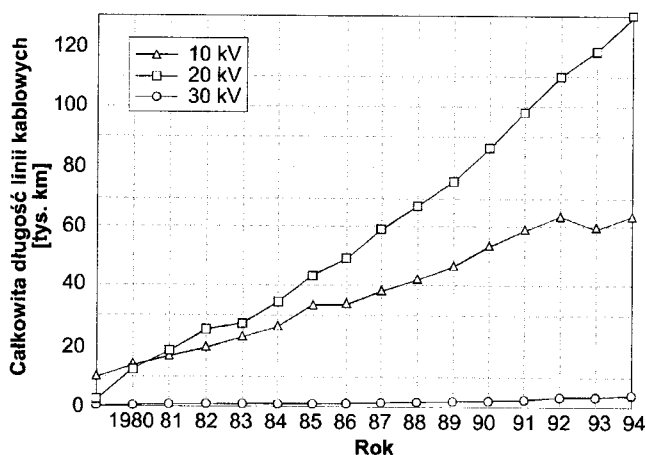
**Tabela 2.** Całkowita długość linii kablowych — raport UNIPEDA DISCAB [2]

Napięcie znamionowe [kV]	Całkowita długość linii kablowej o izolacji danego rodzaju w [km]					
	XLPE	EPR	PCV	PE	Papier +impregnat	Sumaryczna długość
10	71 212	1 844	780	6 258	291 725	371 819
20	139 378	1 568	130	12 652	140 877	294 605
30	3 141	0	18	1 405	9 329	13 893
Razem	213 713	3 412	928	20 315	441 931	680 317

Jak wynika z zestawionych danych, najdłuższe są linie z kablami o izolacji papierowej, jednakże z roku na rok rozwija się sieć kabli o izolacji XLPE. Na rysunku 1 pokazano procentowy udział kabli SN o różnych typach izolacji w Polsce. Całkowita długość linii kablowych średniego napięcia w danym roku stanowi 100%. Natomiast na rysunku 2 przedstawiono dynamiczny rozwój linii kablowych o izolacji z polietyleno usieciowanego — sumarycznie dla kilkunastu państw europejskich. Linie na napięciu 30 kV eksploatowane są tylko w kilku państwach, głównie w Austrii, Hiszpanii i Niemczech. Jest to poziom napięcia zanikający w systemie elektroenergetycznym.



Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych rodzajów izolacji kablowej w całkowitej długości linii eksploatowanych w Polsce



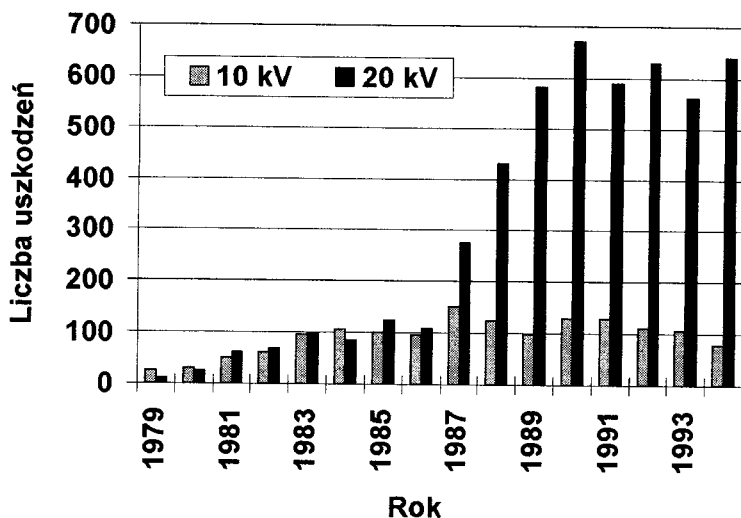
Rys. 2. Sumaryczna długość linii kablowych o izolacji XLPE w poszczególnych latach eksploatowanych na terenie 15 państw europejskich [2]



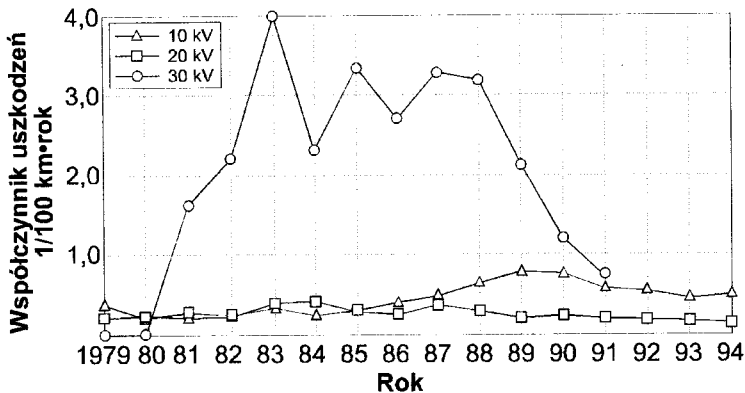
Ponad 95% przypadków uszkodzeń kabli o izolacji z polietylenu usieciowanego w wyniku rozwoju drzewienia wodnego zanotowano w kablach o ekranach taśmowych, a udział tych kabli w ogólnej długości linii kablowych stanowił tylko mniej niż 20%. Fakt ten świadczy bardzo wyraźnie o znaczącym wpływie rodzaju zastosowanych ekranów na własności eksploatacyjne kabli elektroenergetycznych.

W ostatnich latach, w wyniku ulepszenia technologii, stosowania konstrukcji uszczelnionych, poprawy jakości materiałów i kultury układania kabli, wyraźnie zmniejszył się udział drzewienia wodnego w rejestrowanych przyczynach awarii linii kablowych. Analiza awaryjności kabli w latach 1990–1993 w Szwecji wskazała jako główną przyczynę uszkodzeń linii o izolacji XLPE uszkodzenia muf kablowych łączących odcinki kabli XLPE [4]. Wzrósł również udział uszkodzeń mechanicznych. Staje się to problemem w wielu państwach. Prowadzone są prace nad wyraźniejszym oznakowaniem trasy kabla oraz skuteczniejszym jej zabezpieczeniem. We Francji dokładnie połowa awarii linii kablowych o izolacji XLPE spowodowana jest również uszkodzeniami mechanicznymi [5]. Natomiast z przyczyn tzw. „wewnętrznych” na pierwsze miejsce wysuwa się awaryjność osprzętu kablowego (90%), głównie muf kablowych.

Ważnym parametrem określającym jakość linii kablowej jest współczynnik uszkodzalności, który definiowany jest jako liczba uszkodzeń zarejestrowanych w ciągu roku, odniesionych do 100 km linii kablowej. Wynikami analizy doświadczeń eksploatacyjnych kabli zainteresowane są zarówno środowiska energetyków jak i oczywiście fabryki kablowe. Na rysunku 3 przedstawiono liczbę uszkodzeń, a na rysunku 4 współczynnik uszkodzeń, w liniach kablowych o izolacji XLPE, zarejestrowanych w 15 państwach — członkach UNIPED.



Rys. 3. Liczba uszkodzeń linii z kablami o izolacji XLPE — raport UNIPED [3]



Rys. 4. Współczynnik uszkodzeń linii kablowych o izolacji XLPE — raport UNIPED [3]

### 3. Podsumowanie

Średnia wartość współczynnika uszkodzeń dla kabli o izolacji polimerowej (XLPE oraz EPR) dla większości państw europejskich dla uszkodzeń wewnętrznych wynosi 0,2–0,4 uszkodzeń/100 km w ciągu roku. Jest to ciągle wartość znacznie niższa od wartości uzyskiwanych w Polsce. Niestety na wielu obszarach naszego kraju uzyskiwane są kilkunastokrotnie wyższe wartości współczynnika uszkodzeń. Na terenie działania tylko kilku Spółek Dystrybucyjnych, w ostatnim roku, udało się uzyskać jednocyfrowe wartości tych współczynników.

Na całym świecie izolacja kablowa XLPE wypiera obecnie izolację z polietylenu termoplastycznego oraz coraz częściej zastępuje izolację papierową impregnowaną. Tendencja ta jest również obserwowana w Polsce, mimo bardzo złych doświadczeń eksploatacyjnych z kablami o izolacji z polietylenu termoplastycznego.

### Literatura

- [1] *European Undergrounding Programme, International Copper Ass.*, Gorham, 1994
- [2] **Hochstein B.**: *DISCAB failure statistics*, Workshop on MV cables, Darmstadt 1996
- [3] *Inżynieria w w elektroenergetyce*, pod red. **H. Mościckiej-Grzesiak**, WPP, 1996
- [4] **Olsson L.**: *Experience with mv extruded insulation*, Workshop, Darmstadt 1996
- [5] **Pays M.**: *Experience with MV cables*, UNIPED Workshop, Darmstadt 1996

#### POWER CABLES MV WITH XLPE INSULATION — SERVICE EXPERIENCIES

Fault statistics and some experience with medium voltage XLPE — insulated cables it is shown in the paper. The utilities are showing increase of interest in XLPE cables for medium voltage network.