

Jan Popczyk

Instytut Elektroenergetyki
i Sterowania Układów

Q STRUMIENIU USZKODZEŃ W ROZDZIELCZYCH SIECIACH KABLOWYCH ŚREDNIEGO NAPIĘCIA

Streszczenie. Na podstawie obszernego materiału statystycznego przeprowadzono analizę właściwości strumieni uszkodzeń w rozdzielczych sieciach kablowych 6 kV. Szczególną uwagę zwrócono na różnice między rzeczywistymi strumieniami uszkodzeń i strumieniami prostymi. Podano kiedy strumienie rzeczywiste są zbliżone do prostych.

1. Wstęp

Zagadnienia związane z badaniem strumieni zdarzeń losowych są centralnym punktem zainteresowań teorii obsługi masowej, a ostatnio zostały one przeniesione również na grunt teorii niezawodności jako, że obie te teorie posługują się wieloma wspólnymi metodami.

W przypadku rozdzielczych sieci kablowych średniego napięcia związek między teorią niezawodności i teorią obsługi masowej jest jednak znacznie głębszy, niżby to wynikało ze stosowania wspólnych metod. Chodzi o to że, niezawodność pracy tych sieci zależy w podstawowej mierze od czasu trwania wyłączeń linii spowodowanych uszkodzeniami. Okazuje się, że czas ten jest kilkakrotnie większy od efektywnego czasu trwania remontu ze względu na duże obciążenie służby remontowej. Ostatnie zagadnienie stanowi oczywiście przedmiot badań teorii obsługi masowej.

Jeżeli poza tym wiadomo, że znajomość właściwości strumieni uszkodzeń jest podstawowym warunkiem poprawności rozwiązań uzyskiwanych w jednej i drugiej teorii, to wydaje się że wszechmiar celowe podjęcie badań nad tymi strumieniami. Powstaje jednak pytanie jak daleko posuwać się z dokładnością badań. Pytanie ma tym głębszy sens, że praktycznie rzecz biorąc efektywne rozwiązania otrzymano dotychczas tylko dla strumieni prostych [4]. To ostatnie stwierdzenie nie powinno stanowić jednak argumentu przeciwko dokładnym badaniom, a jedynie wytyczać ich kierunek. Badania powinny dać przede wszystkim odpowiedź na pytanie, kiedy strumienie rzeczywiste mogą być traktowane jako proste.

2. Podstawowe wyjaśnienia

2.1. W zasadzie badania strumieni uszkodzeń w sieciach, szczególnie w sieciach rozdzielczych, wymagają innego podejścia do celów teorii niezawodności i innego dla celów teorii obsługi masowej. Od razu trzeba powiedzieć, że dla celów teorii niezawodności są one znacznie trudniejsze. Wynika to stąd, że z punktu widzenia niezawodności w sieci trzeba wyróżnić układy zasilania poszczególnych odbiorców i strumienie wyznaczać dla tych układów, a zatem obszar badań zawęzić, a czas wydłużyć. Natomiast z punktu widzenia obsługi masowej sieć eksploatowana przez określoną jednostkę organizacyjną stanowi obiekt, który w pewnym sensie można traktować jak czarną skrzynkę.

Obecnie nie ma możliwości wyznaczenia z zadawalającą dokładnością strumieni dla poszczególnych układów zasilania choćby ze względu na brak materiałów statystycznych z odpowiednio dużego okresu czasu. Można natomiast stwierdzić różnice w właściwościach strumieni w zależności od wielkości sieci poprzez wyznaczenie strumieni dla małych stosunkowo sieci eksploatowanych przez rejonny energetyczne i dużych sieci eksploatowanych przez kilka rejonów np. wszystkie rejonny jednego zakładu. Takie ujęcie jest całkowicie poprawne ze względu na masową obsługę, a poza tym wygodne ze względów formalnych. Jeśli bowiem rozwój sieci w okresie badań jest pomijalny, a problemu starzenia nie rozpatrywać, to intensywność strumienia uszkodzeń w sieci jest związana z intensywnością uszkodzeń zdefiniowaną dla celów niezawodności poprzez sumaryczną długość kabli lub liczbę kabli w zależności od przyczyny uszkodzeń [9]. Jeśli dalej zrezygnować ze specyfikacji intensywności strumienia oraz intensywności uszkodzeń i badać stosunki wartości obu tych intensywności w określonych okresach czasu, to nie ma potrzeby mówić o dwóch celach badań, a rozpatrywać tylko np. intensywność strumienia.

2.2. Mimo, że wszelkie dotychczasowe próby wprowadzenia osiągnięć teorii obsługi masowej do zagadnień eksploatacyjnych w sieciach opierają się na założeniu, że strumienie uszkodzeń są strumieniami prostymi [6], [12], [13], to jest oczywiste, że założenie takie wymaga rewizji i to ze względu na wszystkie trzy podstawowe właściwości strumieni prostych.

Przede wszystkim nie jest spełniony warunek pojedynczości strumieni ze względu na dużą liczbę uszkodzeń jednoczesnych i wtórnych w omawianych sieciach. Wydaje się jednak, że problem ten powinien być załatwiony w dwóch etapach: poprzez zbadanie strumieni pojedynczych jakie powstają, jeśli traktować uszkodzenia jednoczesne oraz uszkodzenia pierwotne i wtórne za pojedyncze i uwzględniając dalej te uszkodzenia w obliczeniach, szczególnie niezawodnościowych, przy pomocy współczynników współzależności.

Na brak stacjonarności strumieni uszkodzeń w sieciach napowietrznych i znaczenie tego faktu w ocenie niezawodności układów równoległych zwrócono uwagę w wielu pracach, między innymi w [8].

Pozornie mogłoby wydawać się, że w czystych sieciach kablowych strumienie uszkodzeń powinny wykazywać stacjonarność, bowiem linie kablowe nie są wrażliwe na działanie warunków atmosferycznych w takim stopniu, jak linie napowietrzne.

Bliższa analiza przyczyn uszkodzeń wskazuje jednak na możliwość wystąpienia zmienności dobowej intensywności strumienia i sezonowości rocznej oraz okresów o intensywności znacznie większej od przeciętnej [10], [11]. Interesujące są przy tym następujące przyczyny uszkodzeń:

- obniżenie poziomu izolacji na skutek starzenia, wad materiałowych, technologicznych i montażowych,
- roboty ziemne,
- eksploatacja górnicza.

Wymienione przyczyny prawie w 100% wyczerpują wszystkie przypadki uszkodzeń i każda z nich daje strumień o innych właściwościach, zatem wystarczy i należy zbadać osobno strumienie odpowiadające poszczególnym przyczynom.

Na koniec należy stwierdzić, że dwie ostatnie w wymienionych przyczyn uszkodzeń: roboty ziemne i eksploatacja górnicza mogą być powodem niespełnienia warunku braku pamięci strumienia.

2.3. W rozdzielczych sieciach kablowych średniego napięcia, które są z reguły sieciami pierścieniowymi, wielkościami podstawowymi z punktu widzenia obsługi masowej są: czas trwania przełączeń potrzebny na przywrócenie zasilania odbiorcom oraz czas trwania remontu linii, natomiast z punktu widzenia niezawodności czas trwania przełączeń i czas trwania wyłączenia linii spowodowanego uszkodzeniem. Z wymienionych wielkości czas trwania wyłączenia jest wielkością wtórną, którą można określić statystycznie albo też na drodze analitycznej, znając wielkości pierwotne: strumień i czas trwania remontu oraz dodatkowo liczbę brygad remontowych obsługujących sieć.

W aktualnych warunkach eksploatacyjnych zasadnicze znaczenie ma czas trwania wyłączenia linii. Przy tym wszelkie poczynania optyimizacyjne wymagają drugiego z podanych sposobów jego określenia. Do celu tego, jeśli chodzi o strumień, wystarcza znajomość sezonowości rocznej intensywności strumienia oraz okresów o intensywności znacznie przekraczającej wartość przeciętną. Zagadnienie zmienności dobowej intensywności w obecnych sieciach, przy małych wartościach oczekiwanych czasu przełączeń, nie odgrywa większej roli i nie wymaga w związku z tym dokładnych metod analizy.

3. Metoda badawcza

Badania strumieni przeprowadzono z uwzględnieniem uwag podanych w p.2, pamiętając aby formalna analiza statystyczna i analiza jakościowa warunków powstawania uszkodzeń wzajemnie uzupełniały się i przeplatały.

Ogólnie badania obejmowały uszkodzenia w sieci kablowej 6 kV o łącznej długości ok. 1700 km (sieć Zakładu Energetycznego Gliwice) w okresie 1964 - 1971 r. dla uszkodzeń spowodowanych eksploatacją górniczą i w okresie 1967 - 1971 r. dla pozostałych uszkodzeń. Przyjęto przy tym następujący program badań:

- 1) uszkodzenia jednoczesne spowodowane wspólną przyczyną oraz uszkodzenia pierwotne i wtórne uwzględniano tylko jeden raz,
- 2) strumienie badano oddzielnie dla wszystkich trzech przyczyn wyszczególnionych w p.2.2,
- 3) wnioskowanie o sezonowości oraz zmienności dobowej intensywności strumienia przeprowadzono w oparciu o rozkłady zmiennych losowych S i Z , których realizacjami są wartości stosunków

$$s = \frac{\lambda_{sg}}{\lambda_{sd}}, \quad s = s_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots \quad j = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

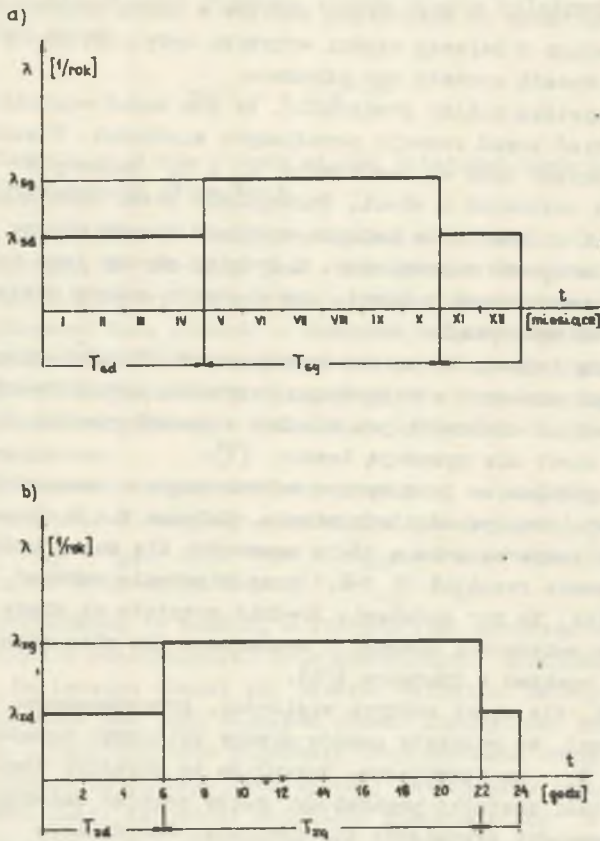
$$z = \frac{\lambda_{zg}}{\lambda_{zd}}, \quad z = z_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, \quad j = 1, 2, \dots)$$

gdzie λ_{sg} , λ_{sd} , λ_{zg} , λ_{zd} - oznaczenia wg rys. 1, i, j - indeksy oznaczające odpowiednio sieć oraz rok, dla których stosunek został wyznaczony.

Wartości stosunków S i Z wyznaczano dla trzech sieci (dwie rejonowe i jedna eksploatowana przez kilka rejonów), zatem $i = 1, 2, 3$, natomiast $j = 1, 2, \dots, 8$ dla uszkodzeń spowodowanych eksploatacją górniczą i $j = 1, 2, \dots, 5$ dla pozostałych uszkodzeń.

Możliwość zastosowania powyższego modelu oceny sezonowości oraz zmienności dobowej wynika z wstępnej analizy wartości intensywności strumienia uszkodzeń. W analizie tej dla każdej i -tej sieci i każdego j -tego roku oddzielnie wyznaczono liczbę uszkodzeń w poszczególnych miesiącach (sezonowość) oraz roczną liczbę uszkodzeń w poszczególnych godzinach doby (zmienność dobową). Okazało się na tej podstawie, że dla wszystkich ixj przypadków można przyjąć dwuwartościowy model intensywności strumienia uszkodzeń zarówno dla sezonowości, jak i zmienności dobowej. Dalej okazało się, że granice okresów T_{sg} i T_{sd} oraz T_{zg} i T_{zd} dla wszystkich przypadków pokrywają się w przybliżeniu (maksymalne różnice granic nie przekraczały okresu 1 miesiąca dla sezonowości i 2 godzin dla zmienności dobowej).

W związku z powyższym ustalono dla wszystkich ixj przypadków granice okresów T_{sg} i T_{sd} oraz T_{zg} i T_{zd} z góry, wyznaczono intensywności przeciętne λ_{sg} i λ_{sd} oraz λ_{zg} i λ_{zd} i wyznaczono wartości stosunków s_{ij} i z_{ij} otrzymując ixj realizacji zmiennych S i Z .



Rys. 1

4) za obiektywną miarę występowania okresów z intensywnością znacznie wyższą od przeciętnej dla czasu T_{sg} oraz czasu T_{sd} , przyjęto odchylenie rozkładu rzeczywistego czasów między uszkodzeniami od rozkładu wykładniczego w obszarze małych wartości zmiennej losowej. Badania obejmowały w tym przypadku jedną sieć rejonową oraz wszystkie sieci rejonowe łącznie, a czas ich trwania ustalano tak, aby każdorazowo zapewnić możliwie tę samą wiarygodność wyników mierzoną poziomem ufności β i tę samą dokładność mierzoną błędem granicznym δ [15].

Przyjęto przy tym $\beta = 0,90$ i $\delta = 0,1$,

5) rozkład liczby uszkodzeń w jednostce czasu (1 godzina lub 2 godziny) w poszczególnych porach dnia (T_{zg} i T_{zd} , rys. 1b) badano dla jednej sieci rejonowej oraz wszystkich sieci rejonowych łącznie w okresie 1967-71. Za realizację zmiennej losowej przyjmowano liczbę uszkodzeń w określonej jednostce czasu w ciągu roku.

Powyższy program nie wyczerpuje oczywiście wszystkich zagadnień istotnych dla strumieni uszkodzeń w sieciach kablowych. Wymaga on pewnych uzupełnień oraz komentarzy do niektórych punktów w takim przynajmniej zakresie, aby wyniki podane w dalszej części artykułu były czytelne i aby było wiadomym w jaki sposób zostały one uzyskane.

Przede wszystkim należy stwierdzić, że dla badań wieloletnich duże znaczenie może mieć trend rozwoju określonych wielkości. W konkretnym przypadku wielkościami tymi są realizacje s_j i z_j zmiennych S i Z oraz roczna liczba uszkodzeń w sieci. Szczególnie trend ostatniej z wymienionych wielkości uniemożliwia badania rozkładu czasów między kolejnymi uszkodzeniami w sposób elementarny. Z drugiej strony jest to wielkość, która czy to z powodu rozwoju sieci, czy z powodu zmiany poziomu eksploatacji może trend wykazywać.

Okazało się jednak, że zmiana sumarycznych długości sieci kablowych w rozpatrywanych okresach w najgorszym przypadku zawierała się w granicach 10%, a wymienione wielkości jak również stosunek rocznej liczby uszkodzeń do długości sieci nie wykazują trendu [7].

Ważnym zagadnieniem jest sprawa wnioskowania o sezonowości oraz zmienności dobowej intensywności strumienia. Zmienne S i Z okazały się normalnymi - weryfikacja za pomocą testu zgodności dla małej próbki [5] w każdym przypadku dawała rezultat $\alpha > 0,1$ przy hipotezie zerowej, że ich rozkłady są normalne. Na tej podstawie średnie przyjęto za miary liczbowe sezonowości oraz zmienności dobowej i wyznaczono dla nich przedziały ufności w oparciu o rozkład t Studenta [14].

Dodatkowo, dla sieci różnych wielkości, przeprowadzono weryfikację hipotezy zerowej, że rozkłady czasów między kolejnymi uszkodzeniami w okresach T_{sg} i T_{sd} są identyczne. Pozwoliło to określić błąd pierwszego rodzaju α , jaki zostałby popełniony, gdyby przyjęć założenie, że sezonowość intensywności strumienia nie istnieje. Weryfikację przeprowadzono przy pomocy testu Smirnowa lub Snedecora. Konieczność zastosowania drugiego testu, wymagającego wykładniczości rozkładów, pojawiła się w przypadku uszkodzeń spowodowanych robotami ziemnymi. W tym bowiem przypadku nie można było wyznaczyć z odpowiednią dokładnością rozkładu czasów między kolejnymi uszkodzeniami ze względu na małą wartość T_{sd} i małą liczbę uszkodzeń w tym okresie - łatwiej natomiast było wyznaczyć stałą intensywność.

Należy zauważyć, że założenie wykładniczości rozkładu czasów między kolejnymi uszkodzeniami w badaniach sezonowości wg wyżej zaproponowanego modelu wydaje się być poprawne, chociaż może prowadzić do obniżenia czułości testu. Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa badania okresów z intensywnością strumienia przekraczającą znacznie intensywność przeciętną w okresach T_{sg} i T_{sd} . Oczywiście występowanie takich okresów można uważać za dowód braku stacjonarności i w pewnych przypadkach dowód pamięci strumieni.

Otóż wiadomo, że warunkiem koniecznym stacjonarności i braku pamięci strumieni jest wykładniczość rozkładu czasów między kolejnymi uszkodzeniami [4]. Zachodzi zatem

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

gdzie $F(t)$ - funkcja rozkładu czasów między kolejnymi uszkodzeniami,
 λ - intensywność strumienia.

Wydaje się, że relacja (2) daje praktyczną możliwość obiektywnego zwerifikowania hipotezy, że strumień jest strumieniem stacjonarnym i bez pamięci, pod warunkiem doboru odpowiedniego testu. Przede wszystkim test taki powinien wykazywać dużą czułość w obszarze małych wartości badanej zmiennej (w obszarze wartości mniejszych od oczekiwanego czasu trwania remontu). Najodpowiedniejszym testem okazał się tu test Renyiego [2]. Celem porównania wykonano weryfikację wykładniczości rozkładów również przy pomocy testu Kołmogorowa.

Dla uszkodzeń spowodowanych robotami ziemnymi, ze względu na wspomniane już trudności, badano rozkłady czasów między kolejnymi uszkodzeniami w całym obszarze $T_{sg} + T_{sd}$, przy czym w T_{sd} zastosowano transformację czasu [1] tak, aby zachodziła równość $\lambda_{sg} = \lambda_{sd}$.

W pewnych przypadkach (w takich, w których test Renyiego wykazał duże odchylenia rozkładów rzeczywistych od wykładniczych) spróbowano znaleźć inne rozkłady. Najlepszym okazał się rozkład Weibulla. Należy przy tym powiedzieć, że uzyskano dla tego rozkładu prawie identyczne wskazania testów Kołmogorowa i Renyiego oraz najwyższą przypadkowość odchylen funkcji empirycznej rozkładu od funkcji teoretycznej badaną przy pomocy testu Wilcoxon [14]. Fakt dużej zgodności rozkładów rzeczywistych z rozkładami Weibulla może mieć duże znaczenie, zwłaszcza w planowaniu badań statystycznych [15], jak również przy badaniu czasu trwania stabilizacji rozwiązań w teorii obsługi masowej i teorii niezawodności [3], [4].

Do powyższych uwag należy dodać wyjaśnienie na temat możliwości wykorzystania definicji strumienia prostego dla celów weryfikacji hipotezy, że strumienie rzeczywiste są strumieniami prostymi. Wiadomo, że dla strumieni prostych zachodzi

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

gdzie $P_k(t)$ - prawdopodobieństwo pojawienia się k uszkodzeń w przedziale czasu t ,
 λ - intensywność strumienia.

Mimo, że dotychczasowe badania strumieni opierały się na warunku (3) [6], to można mieć zastrzeżenia co do jego praktycznej użyteczności. Niełatwo wyobrazić sobie strumienie, dla których weryfikacja statystyczna,

zwłaszcza przy pewnym wyborze t , wykaże dobrą zgodność z (3), a które nie będą spełniać warunku stacjonarności i braku pamięci. Zatem warunek (3) nie daje przy weryfikacji jednokrotnej możliwości obiektywnej oceny różnic między strumieniem rzeczywistym i prostym. Może on natomiast być wykorzystany dla przybliżonego sprawdzenia rozkładu liczby uszkodzeń w jednostce czasu.

4. Wyniki badań ich interpretacja i wnioski

W tablicach 1,2,3 podano wyniki badań statystycznych otrzymane wg metody przedstawionej w p. 3. Wartości liczbowe w kolumnach oznaczonych skrótem ś.r. dotyczą sieci rejonowej, a w kolumnach oznaczonych skrótem ś.z. - sieci wszystkich rejonów jednego zakładu traktowanych łącznie.

Powyższe wyniki wymagają w niektórych przypadkach omówienia, a z drugiej strony pozwalają na wyciągnięcie pewnych wniosków.

1) Wyraźna sezonowość intensywności strumienia występuje dla uszkodzeń spowodowanych eksploatacją górniczą i robotami ziemnymi. Dla pierwszej z przyczyn obserwuje się wzrost intensywności w miesiącach zimowych i wiosennych. Jest to wynikiem współdziałania deformacji powierzchni na skutek eksploatacji górniczej i zamarzania oraz rozmrażania gruntu. Dla drugiej natomiast przyczyny zachodzi obniżenie intensywności strumienia w okresie stycznia i lutego. Obniżenie to jest spowodowane osłabieniem tempa robót ziemnych, przede wszystkim na skutek niesprzyjających warunków atmosferycznych.

W przypadku uszkodzeń spowodowanych obniżeniem poziomu izolacji kabli nie ma podstaw do przyjęcia hipotezy o sezonowości intensywności.

2) Zmienność dobową intensywności strumienia zachodzi dla wszystkich trzech przyczyn uszkodzeń. W przypadku robót ziemnych jest ona oczywista i w tym też przypadku ma największe znaczenie. Dla pozostałych dwóch przyczyn obniżenie intensywności strumienia w godzinach nocnych spowodowane jest zmniejszeniem obciążenia prądowego kabli oraz mniejszą liczbą przełączeń w sieci. Obniżenie to nie ma jednak większego znaczenia praktycznego ze względu na stosunkowo krótki czas trwania.

Na uwagę zasługuje fakt większej zgodności rozkładu rzeczywistego liczby uszkodzeń w jednostce czasu z rozkładem Poissona w sieciach rejonowych niż w większych sieciach zakładowych, (tablica 2). Okazuje się że w miarę powiększania się sieci i tym samym liczby uszkodzeń, rozkładu rzeczywiste zbliżają się do rozkładów prostokątnych.

3) Warunek (2) przy przyjętym z góry poziomie istotności $\alpha = 0,1$ nie daje podstaw do odrzucenia hipotezy, że strumienie uszkodzeń spowodowanych poszczególnymi przyczynami w sieci zakładowej są strumieniami prostymi. Fakt ten może mieć znaczenie dla organizacji obsługi w rozdzielczych sieciach kablowych średniego napięcia.

Tablica 1

Sezonowość roczna uszkodzeń

Przyczyna uszkodzenia	T_{sg}	T_{sd}	$\bar{s}_{\alpha=0,1}$	s	$\bar{s}_{\alpha=0,1}$	α			
						test Smirnowa		test Snedecora	
						ś.r.	ś.z.	ś.r.	ś.z.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obniżenie poziomu izolacji	(I-VI)	(VII-XII)	(1,0)	(1,2)	(1,4)	(0,70)	(0,78)	-	-
Eksploat. górnicza	XII-V	VI-XI	1,4	1,7	1,9	0,01	0,06		
Roboty ziemne	III-XII	I-II	1,7	2,6	3,5	-	-	0,05	0,01

Inaczej jest w małych sieciach rejonowych, gdzie strumienie rzeczywiste zdecydowanie nie są strumieniami prostymi. Fakt ten z kolei powinien znaleźć odbicie w sposobie wyznaczania wskaźników niezawodności linii kablowych i w ocenie niezawodności układów zasilających średniego napięcia. Przede wszystkim ze względu na bardzo dobrą zgodność rozkładów czasów między kolejnymi uszkodzeniami z rozkładem Weibulla należy przeprowadzić analizę możliwości wykorzystania tego rozkładu do oceny niezawodności wspomnianych układów zasilających.

- 4) Okresy z intensywnością strumienia znacznie przekraczającą intensywność przeciętną wyraźnie obserwuje się w sieciach rejonowych. Dobrą charakterystyką tego faktu są wartości parametrów kształtu δ rozkładu Weibulla opisującego rozkład czasów między kolejnymi uszkodzeniami. Przy pomocy metod graficznych estymacji uzyskano wartości parametru $\delta = 0,8$ zarówno dla uszkodzeń spowodowanych robotami ziemnymi, jak i eksploatacją górniczą.
- 5) Ze względu na sezonowość oraz w szczególności zmienność dobową intensywności strumienia uszkodzeń operowanie średnią mocą pobieraną przez odbiorców w obliczeniach strat ekonomicznych na skutek niedostarczenia energii elektrycznej jest grubym przybliżeniem. W dokładniejszych metodach obliczeń należy uwzględnić roczną i dobową zmienność pobieranej mocy.

Tablica 2

Zmienność dobowa uszkodzeń

Przyczyna uszkodzenia	T_{zg}	T_{zd}	$Z_{\alpha=0,1}$	z	$Z_{\alpha=0,1}$	\bar{z}	w (rozkład Poissona, test χ^2)					
							$T_{zg} + T_{zd}$		T_{zg}		T_{zd}	
							ś.r.	ś.z.	ś.r.	ś.z.	ś.r.	ś.z.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Obniżenie poziomu izolacji	6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	1,9	2,3	2,7	0,10	0,00	0,90	0,30	0,70	0,05	
Eksploatacja górnicza	6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	1,5	1,8	2,1	0,10	0,40	0,20	0,40	0,85	0,05	
Roboty ziemne	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	15 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	7,0	8,3	9,6	0,00	0,00	0,96	0,90	0,50	0,30	

Tablica 3

Rozkłady czasów między kolejnymi uszkodzeniami

Przyczyna uszkodzenia	Rozkład wykładniczy											
	α (test Kołmogorowa)						α (test Renyiego)					
	ś.r.		ś.z.		ś.r.		ś.z.		ś.r.		ś.z.	
	T _{sg}	T _{sd}	T _{sg}	T _{sd}	T _{sg}	T _{sd}	T _{sg}	T _{sd}	T _{sg}	T _{sd}	T _{sg}	T _{sd}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Obniżenie poziomu izolacji	(0,79)	(0,20)	(0,92)	(0,27)	(0,27)	(0,02)	(0,70)	(0,30)	-	-	-	-
Eksploatacja górnicza	0,98	0,70	0,99	0,90	0,26	0,00	0,90	0,12	-	0,66	-	0,63
Roboty ziemne	0,54		0,29		0,02		0,01		1,00			0,98

LITERATURA

1. Feller W.: Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa, tom I, Warszawa 1960, PWN.
2. Fidelis E., Firkowicz S., Grzesiak K., Kołodziejski J., Wiśniewski K.: Matematyczne podstawy oceny niezawodności, Warszawa 1966, PWN.
3. Gniedenko B.W., Bielajew J.K., Sołowiew A.D.: Metody matematyczne w teorii niezawodności, Warszawa 1968, WNT.
4. Gniedenko B.W., Kowalenko I.N.: Wstęp do teorii obsługi masowej, Warszawa 1971, PWN.
5. Hellwig Z.: Test zgodności dla małej próbki, Przegląd statystyczny 1965, z.2.
6. Kławsuć W., Rusinek K.: Zastosowanie teorii kolejek do ustalania ilości brygad pogotowia energetycznego, Biuletyn Postępu Techniczno-Ekonomicznego i Wynalazczości Pracowniczej, Seria Ekonomiczna, Zjednoczenie Energetyki, luty 1971.
7. Kowalski Z.: Zasady konstruowania ekonometrycznych modeli tendencji rozwojowych w zastosowaniu do systemów elektroenergetycznych, Rozprawy Elektrotechniczne 1971, z.1.
8. Kula M.: Uwzględnienie wpływu zmienności pogody w obliczeniach niezawodności złożonych układów sieciowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka 1970, z.28.
9. Popczyk J.: Ocena statystyczna uszkodzalności linii kablowych w zależności od długości na przykładzie pewnej sieci kablowej 6 kV. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka 1972, z.35.
10. Popczyk J.: Analiza statystyczna sezonowości uszkodzeń w sieci kablowej ZE Gliwice. Gliwice, maj 1972. Praca niepublikowana.
11. Pruss W.Ł., Fiedorow E.J.: Powyszczenie niezawodności gorodskiej elektrosiety, Elektryczeskie Stancji 1968/3.
12. Pruss W.Ł.: Koliczestwiennye kriterii ocienki niezawodności struktur gorodskich raspriedielitielnych elektrosietiej, Elektryczestwo 1971/6.
13. Pticyna K.I., Pruss W.Ł., Nicziporowicz Ł.W.: K ocenkie uwieliczenija potier elektroenergii w gorodskoj elektrosieti 6-10 kV iz-za otkjo-mienija schiem ot normalnoj, Izwiestja Wysszych Ucziebnych Zawiedienij, Energetyka 1972, z.2.
14. Smirnow N.W., Dunin-Barkowski I.W.: Krótki kurs statystyki matematycznej dla zastosowań technicznych, Warszawa 1966,
15. Szor J.B., Kuźmin F.I.: Ocena niezawodności urządzeń, tablice, Warszawa 1970, WNT.

О ПОТОКЕ ОТКАЗОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ
СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Р е з ю м е

На основе большого статистического материала проведен анализ потока отказов в распределительных сетях 6 кв. Особое внимание обращено на различие между действительными потоками отказов и простейшими потоками. Показано когда действительные потоки приближаются к простейшим.

STREAM OF DEFECTS IN MEDIUM VOLTAGE CABLE DISTRIBUTION NETWORKS

Summary

This paper deals with analysis of defect stream characteristics in 6 kV cable distribution networks. The analysis is based on the very extensive statistical material. Particular attention is paid to differences between the real stream of defects and direct one. The paper states when the real streams are nearing the direct ones.

WYKONANIE PRACY NAUCZNEJ W LATACH 1952-1953

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań nad charakterystykami strumienia uszkodzeń w sieciach rozdzielczych napięcia 6 kV. Analiza opiera się na bardzo rozległym materiale statystycznym. Szczególną uwagę zwrócono na różnice między rzeczywistym strumieniem uszkodzeń a strumieniem bezpośrednim. Artykuł wskazuje, kiedy strumienie rzeczywiste zbliżają się do strumienia bezpośredniego.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań nad charakterystykami strumienia uszkodzeń w sieciach rozdzielczych napięcia 6 kV. Analiza opiera się na bardzo rozległym materiale statystycznym. Szczególną uwagę zwrócono na różnice między rzeczywistym strumieniem uszkodzeń a strumieniem bezpośrednim. Artykuł wskazuje, kiedy strumienie rzeczywiste zbliżają się do strumienia bezpośredniego.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań nad charakterystykami strumienia uszkodzeń w sieciach rozdzielczych napięcia 6 kV. Analiza opiera się na bardzo rozległym materiale statystycznym. Szczególną uwagę zwrócono na różnice między rzeczywistym strumieniem uszkodzeń a strumieniem bezpośrednim. Artykuł wskazuje, kiedy strumienie rzeczywiste zbliżają się do strumienia bezpośredniego.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań nad charakterystykami strumienia uszkodzeń w sieciach rozdzielczych napięcia 6 kV. Analiza opiera się na bardzo rozległym materiale statystycznym. Szczególną uwagę zwrócono na różnice między rzeczywistym strumieniem uszkodzeń a strumieniem bezpośrednim. Artykuł wskazuje, kiedy strumienie rzeczywiste zbliżają się do strumienia bezpośredniego.

Wydawnictwo Techniczne