

SZYMON CIURA
FRANCISZEK BUCHTA

Instytut Elektroenergetyki
i Sterowania Układów
Politechniki Śląskiej

GRANICZNE DŁUGOŚCI LINII NAWIETRZNYCH SN POMIĘDZY ŁĄCZNIKAMI

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób wyznaczania liczby łączników w napowietrznych liniach SN w zależności od długości tych linii i ich obciążenia z uwzględnieniem aktualnych wartości jednostkowego kosztu energii nie dostarczonej odbiorcom w wyniku przerw planowych i awaryjnych, kosztu nakładów inwestycyjnych oraz z uwzględnieniem przewidywanego rozwoju sieci rozdzielczej. Przeprowadzono analizę w modelowej sieci napowietrznej SN. Odpowiednie zależności regresyjne pomiędzy wartościami energii nie dostarczonej a liczbą łączników, rozmieszczonych w liniach SN, uzyskano wykorzystując teorię planowania doświadczeń. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że graniczne długości linii napowietrznych SN pomiędzy łącznikami, wyznaczone przy uwzględnieniu tylko kosztu energii nie dostarczonej w wyniku przerw zakłóceńowych zbliżone są do długości spotykanych w praktyce. Uwzględnienie w analizie także kosztu energii nie dostarczonej w wyniku przerw planowych powoduje wzrost liczby łączników w określonej linii nawet do wartości granicznej ze względów technicznych. W takim przypadku tylko stosowanie techniki mikrokomputerowej jest w stanie zapewnić prowadzenie lokalizacji odcinkowej uszkodzeń w sposób optymalny.

1. Wprowadzenie

Urządzeniami służącymi do dokonywania trwałych podziałów w napowietrznych sieciach SN mogą być odłączniki, odłączniki automatyczne, rozłączniki, bezpieczniki wielokrotne i wyłączniki. Z różnych względów nie znajdują obecnie szerszego zastosowania odłączniki automatyczne i bezpieczniki wielokrotne, natomiast wyłączniki nie były do tej pory stosowane w krajowych sieciach SN poza stacjami 110 kV/SN lub rozdzielniami sieciowymi SN/SN. Należy się liczyć z tym, że i w przyszłości w krajowych napowietrznych sieciach SN stosowane będą głównie odłączniki lub rozłączniki, zwane dalej łącznikami. Liczba i rozmieszczenie tych łączników w liniach napowietrznych SN ma istotne znaczenie zarówno w procesie likwidacji zakłóceń trwałych w tych liniach, jak i podczas wykonywania przeglądów i remontów linii w ramach prac planowych, wymagających wyłączenia napięcia. W pierwszym przypadku bowiem wraz ze wzrostem liczby łączników w liniach rośnie dokładność zlokalizowania miejsca uszkodzenia za pomocą łączni próbnych, ale

odbywa się to kosztem wzrostu czasu trwania lokalizacji. Wynika stąd większa wartość energii nie dostarczonej odbiorcom na tym etapie likwidacji uszkodzenia. Po zlokalizowaniu uszkodzonego odcinka linii brygady obsługujące sieć zużywają mniej czasu na jego obchód (ze wzrostem liczby łączników maleją przeciętne długości odcinków pomiędzy nimi). Wraz ze zmniejszeniem się długości odcinków linii pomiędzy łącznikami maleje zwykle liczba odbiorców, zasilanych z tych odcinków. Zatem ze wzrostem liczby łączników w linii maleje energia nie dostarczona odbiorcom na etapie lokalizacji punktowej uszkodzenia i jego naprawy. Podobnie podczas wykonywania prac planowych: im więcej łączników rozmieszczonych jest w liniach, tym mniejsza jest moc wyłączona, związana z przeglądem odcinka linii, zawartego pomiędzy sąsiednimi łącznikami przy założeniu, że pozostała część odbiorców jest zasilana w czasie trwania tego przeglądu. Powstaje zatem pytanie, ile łączników należy rozmieścić w poszczególnych liniach, aby sumaryczny koszt energii nie dostarczonej odbiorcom podczas procesu likwidacji zakłóceń trwałych i prac planowych w tych liniach był najmniejszy. Rozwiązania tego problemu wygodnie jest szukać, analizując oddzielnie proces likwidacji zakłóceń trwałych i prowadzenie prac planowych w napowietrznych sieciach SN.

2. Liczba łączników w liniach SN ze względu na przerwy swaryjne

Jeśli założyć, że wraz ze wzrostem liczby łączników w liniach o określonej długości i obciążeniu nastąpi zmniejszenie energii nie dostarczonej swaryjnie, to zmniejszenie to - przy określonej strategii postępowania przy likwidacji powstałych uszkodzeń - będzie efektem wzrostu nakładów inwestycyjnych na rozpatrywaną sieć. Zatem analiza prowadząca do znalezienia granicznych długości linii pomiędzy łącznikami musi uwzględniać okres eksploatacji tych łączników. W okresie tym następuje zarówno coroczny względny przyrost q_2 długości sieci SN, związany m.in. z budową nowych połączeń, koniecznością zasilania nowych odbiorców itp., jak i względny przyrost q_6 obciążenia powierzchniowego w tej sieci. Równocześnie też następuje względna zmiana q_1 przeciętnej długości jednej linii wskutek budowy nowych stacji 110 kV/SN i nowych linii SN, zawierających w sobie również część odgałęzień starych linii. Poniesione na początku okresu obliczeniowego ($t = 0$) nakłady inwestycyjne, związane z wyposażeniem jednej linii w określoną liczbę łączników w miarę przebudowy połączeń sieciowych zostają "przenoszone" do innych linii. Tak więc analiza powinna dotyczyć już nie jednej linii, lecz określonego obszaru sieciowego (np. obszaru eksploatowanego przez jeden rejon energetyczny). Zatem zdyskontowany na rok $t = 0$ koszt K_2 energii nie dostarczonej odbiorcom w wyniku przerw swaryjnych w okresie obliczeniowym N [lat] z sieci o długości

L [km] w roku $t = 0$, w której pracują linie o przeciętnej długości l [km], obciążone w roku $t = 0$ mocą P [MW] można określić jako:

$$K_n(n, l) = P L d_1 k_n \sum_{t=1}^N \hat{y} [n, l(t)] (1+q_s)^t \cdot (1+q_s)^t (1+p)^{-t} \left[\frac{z^2}{\text{rok}} \right] \quad (1)$$

gdzie:

$\hat{y}(n, l)$ - funkcja regresji, opisująca zależność zastępczego czasu wyłączenia całego obciążenia linii podczas likwidacji uszkodzenia od długości l linii i liczby n łączników rozmieszczonych w tej linii, w $\frac{h}{24 \cdot 60}$;

$l(t)$ - przeciętna długość jednej linii SN w roku t , określona jako:

$$l(t) = l(1+q_1)^t \quad (2)$$

d_1 - przeciętna intensywność zakłóceń trwałych w rozpatrywanej sieci w $\frac{1}{\text{km} \cdot \text{rok}}$;

k_n - przeciętny jednostkowy koszt energii nie dostarczonej awaryjnie odbiorcom, $\frac{z^2}{\text{MW} \cdot \text{h}}$;

p - stopa dyskonta.

Funkcja regresji $\hat{y}(n, l)$ ma charakter wzoru interpolacyjnego i wg pracy [1] wystarczy szukać jej w postaci:

$$\hat{y}(n, l) = b_0 + b_1 n + b_2 l + b_{11} n^2 + b_{22} l^2 + b_{12} n l \quad (3)$$

gdzie b - współczynniki regresji.

Racjonalną liczbę n_r łączników w linii o długości l , a tym samym graniczną długość linii napowietrznej pomiędzy łącznikami można określić, znajdując wartość kosztu $K(n_r, l)$ jako:

$$K(n_r, l) = \min_n \left[K_n(n, l) + \sum_{t=0}^N \Delta n(t) K_1 (1+p)^{-t} \right] \quad (4)$$

przy czym:

K_1 - jednostkowy koszt inwestycyjny łącznika wg cen w roku $t = 0$, zł;
 Δn - przyrost liczby łączników w sieci SN w poszczególnych latach (wraz z łącznikami, zainstalowanymi w sieci w roku $t = 0$), wynikający z rozwoju sieci, est.

Na podstawie wyrażenia (4) wygodnie jest określić graniczny koszt jednostkowy $K_{igr}(n)$ jednego łącznika i porównać go z kosztem rzeczywistym K_1 . Koszt $K_{igr}(n)$ rozumiany jest jako koszt, przy którym zainstalowanie w roku $t = 0$ następnego, $n+1$ łącznika w każdej linii o długości l spowoduje przyrost nakładów inwestycyjnych w rozpatrywanej sieci, równy zmniejszeniu z tego powodu zdyskontowanego kosztu energii nie dostarczonej awaryjnie:

$$K_{igr}(n) = \frac{K_a(n-1) - K_a(n)}{\Delta n_d} \quad (5)$$

We wzorze (5) przez Δn_d oznaczono zastępczą liczbę łączników, jaką należałoby zainstalować w roku $t = 0$ w całej rozpatrywanej sieci, aby koszt tego przedsięwzięcia odpowiadał zdyskontowanemu za okres N kosztowi zwiększenia o 1 rzeczywistej liczby łączników w każdej linii. Liczbę Δn_d łączników można łatwo znaleźć przy określonej wartości $\frac{n}{l}$, mając liczbę l długości linii w kolejnych latach t .

3. Wpływ przerw planowych na liczbę łączników w liniach SN

Racjonalną liczbę łączników w liniach napowietrznych SN ze względu na prace planowe można określić przyjmując, że w czasie wykonywania tych prac wyłączony jest odcinek linii, zawarty między dwoma łącznikami, a pozostała część linii jest zasilana z podstawowego lub rezerwowego źródła zasilania. Koszt K_p energii nie dostarczonej odbiorcom w wyniku przerw planowych można zatem określić wg wzoru:

$$K_p(n) = \frac{P}{n+1} l t_p \lambda_p k_p \sum_{t=1}^N (1+q_s)^t (1+q_e)^t (1+p)^{-t} \left[\frac{z\lambda}{rok} \right], \quad (6)$$

w którym:

t_p - przeciętny jednostkowy czas trwania przeglądu linii, $\frac{h}{km}$;

λ_p - przeciętna intensywność przeglądów planowych napowietrznych linii SN, $\frac{1}{rok}$;

k_p - przeciętny jednostkowy koszt energii nie dostarczonej odbiorcom w wyniku planowego wyłączenia linii, $\frac{z\lambda}{kw.h}$;

pozostałe oznaczenia - jak we wzorze (1).

Warto tu zauważyć, że koszt K_p nie zależy od długości l jednej linii, a tylko od obciążenia P tej linii i liczby n łączników w niej zainstalowanych.

Dalsza analiza przy uwzględnieniu przerw planowych jest podobna jak w przypadku przerw awaryjnych i opiera się o wzory (4) i (5). Z praktycznego punktu widzenia interesujące jest jednak uwzględnienie w analizie zarówno przerw planowych, jak i awaryjnych. Zatem graniczny koszt jednostkowy $K'_{igr}(n)$ jednego łącznika, który porównuje się kosztem K_1 , należy wyznaczyć jako:

$$K'_{igr}(n) = \frac{K_a(n-1) + K_p(n-1) - K_a(n) - K_p(n)}{\Delta n_d} \quad (7)$$

Zainstalowanie w linii kolejnego, $n+1$ łącznika będzie ekonomicznie uzasadnione, jeśli $K'_{igr}(n) \geq K_1$.

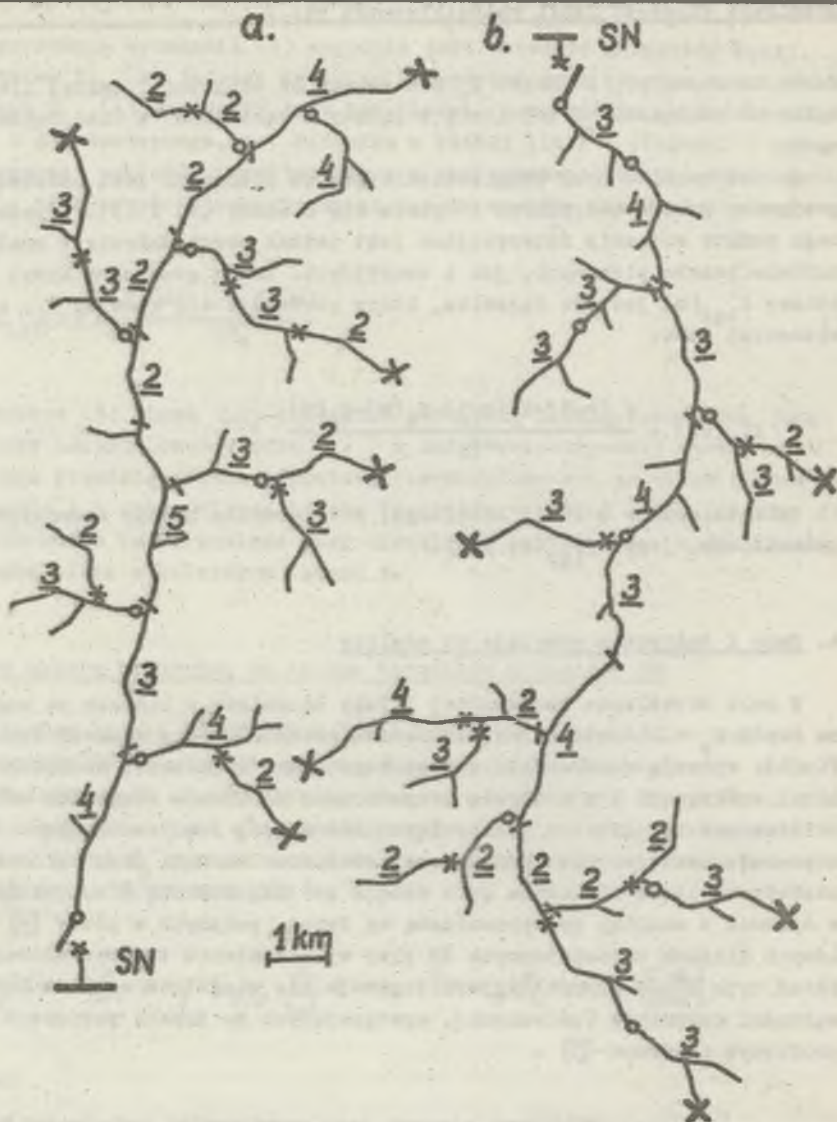
4. Dane i założenia przyjęte do analizy

W celu określenia racjonalnej liczby łączników w liniach ze względu na koszt K_a nie dostarczonej odbiorcom energii należy znaleźć funkcję $\hat{y}(n, l)$, opisującą zależność zastępczego czasu wyłączenia obciążenia całej linii o długości l w procesie przywracania zasilania wszystkim odbiorcom od długości tej linii i liczby łączników w niej rozmieszczonych. Czas ten odpowiada wartości nie dostarczonej odbiorcom energii przy założeniu, że uszkodzona linia obciążona była mocą $P = 1$ MW. Funkcję $\hat{y}(n, l)$ znaleziono w oparciu o analizę przeprowadzoną wg zasad, podanych w pracy [4] w modelowych liniach napowietrznych SN przy wykorzystaniu trójpoziomego planu badań typu 3^2 . W planie tym wykorzystuje się wszystkie możliwe kombinacje wartości czynników (zmiennych), występujących na trzech poziomach: dolnym, środkowym i górnym [3].

Tablica 1

Przedziały zmienności zmiennych l i n

Zmienna	Poziom dolny (-1)	Poziom środkowy (0)	Poziom górny (+1)
l [km]	27	45	63
n $\left[\begin{matrix} \text{szt.} \\ \text{linię} \end{matrix} \right]$	3 dla $l = 27$ 5 dla $l = 45$ 7 dla $l = 63$	6 dla $l = 27$ 10 dla $l = 45$ 14 dla $l = 63$	9 dla $l = 27$ 15 dla $l = 45$ 21 dla $l = 63$
$\frac{n}{l}$ $\left[\begin{matrix} \text{szt.} \\ \text{km} \end{matrix} \right]$	0,111	0,222	0,333

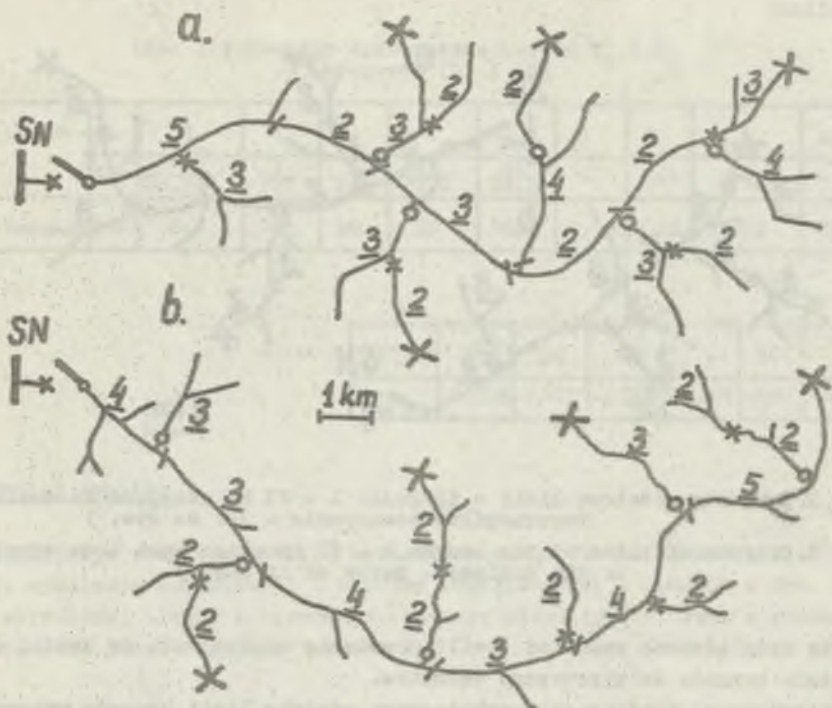


Rys. 1. Schematy modelowe linii o długości $l=63$ km przyjęte do analizy

—X - możliwość zasilania rezerwowego, / - łączniki stanowiące poziom dolny wyposażenia linii (wg tabl.1), —O - łączniki stanowiące poziom środkowy wyposażenia linii, —O i X - łączniki stanowiące poziom górny wyposażenia linii, /—O - długość odcinka linii w km

Fig. 1. Diagram of lines of the length $l = 63$ km which have been adopted to the analysis

—X - possibility of reserve supply / - switches determining lower equipment of line (Tabl. 1), and —O - switches determining middle level of equipment of line /—O and X - switches determining upper level of equipment of line /—O - length of line sector in km

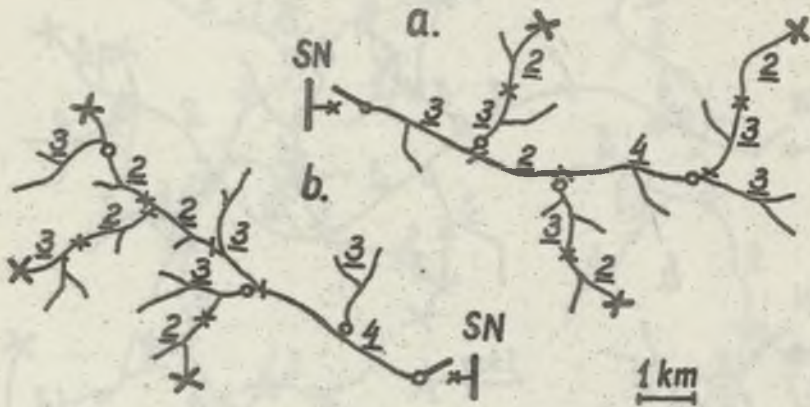


Rys. 2. Schematy modelowe linii o długości $l = 45$ km przyjęte do analizy. Poszczególne oznaczenia - jak na rys. 1

Fig. 2. Diagram of lines of the length $l = 45$ km which have been adopted to the analysis. Marks as in fig. 1

W tabelicy 1 przedstawiono przedziały zmienności zmiennych l i n . Rys. 1-3 przedstawiają natomiast przyjęte do analizy schematy modelowych linii napowietrznych SN, dla których wyznaczono zastępcze, oczekiwane czasy wyłączenia linii kolejno podczas lokalizacji odcinkowej uszkodzenia (za pomocą łączy próbnych), lokalizacji punktowej uszkodzenia (za pomocą obchodu pieszego) i podczas naprawy uszkodzenia. Na podstawie opinii specjalistów z zakresu obsługi ruchowej elektroenergetycznych sieci rozdzielczych przyjęto ponadto następujące założenia.

1. Lokalizacja odcinkowa prowadzona jest wg strategii minimalizującej wartość nie dostarczonej energii [2] aż do wyczerpania wszystkich możliwych łączy i rozpoczyna się w każdym przypadku od łącznika, dzielącego linię na 2 części, zbliżone do siebie pod względem długości.
2. Obciążenia poszczególnych odcinków linii oraz prawdopodobieństwa ich uszkodzenia proporcjonalne są do długości tych odcinków.



Rys. 3. Schematy modelowe linii o długości $l = 27$ km przyjęte do analizy. Poszczególne oznaczenia - jak na rys. 1

Fig. 3. Diagram of lines of the length $l = 27$ km which have been adopted to the analysis. Marks as in fig. 1

3. Nie uwzględniono czasu od chwili powstania uszkodzenia do chwili dojazdu brygady do pierwszego łącznika.
4. Po dokonaniu lokalizacji uszkodzonego odcinka linii brygada wykonuje przełączenia rezerwujące; aż do przywrócenia zasilania wszystkim pozostałym odbiorcom, o ile jest to technicznie możliwe.
5. Przeciętna prędkość przemieszczania się brygady wzdłuż linii wynosi 20 km/h.
6. Stosunek drogi kołowej do odległości geometrycznej równy jest 1,3.
7. Przeciętny czas trwania jednej operacji łączeniowej (o-Z-W-z) wraz z niezbędnymi rozmowami z dyspozytorem i przebyciem drogi samochód-łącznik i z powrotem równy jest 0,1 h, natomiast bez tej drogi - 0,05 h, a dla łączenia rezerwującego - 0,08 h.
8. W obchodzie uszkodzonego odcinka bierze udział tylko jeden z członków 2-osobowej brygady pogotowia energetycznego; obchód prowadzony jest z szybkością 3 km/h.
9. Przeciętny czas naprawy uszkodzenia wraz z przygotowaniem miejsca pracy wynosi 4h.

Dla wyznaczenia kosztu K_n i K_p energii nie dostarczonej odbiorcom w procesie likwidacji uszkodzeń i podczas wykonywania prac planowych przyjęto dane, które zestawione zostały w tabelicy 2.

Obliczenia wykonano alternatywnie dla $P = 0,5; 1,0$ i $1,5$ MW.

Tablica 2

Dane liczbowe do wyznaczenia kosztu K_a i K_p wg wzorów (1) i (6)

Wielkość	L	d_1	λ_p	t_p	k_a	k_p	p	N	q_s	q_c
	km	$\frac{1}{\text{km.rok}}$	$\frac{1}{\text{rok}}$	$\frac{n}{\text{km}}$	$\frac{\text{zł}}{\text{kw.h}}$	$\frac{\text{zł}}{\text{kw.h}}$	-	lat	-	-
Wartość	720	0,1	0,1	16	50	16,7	0,09	20	0,015	0,03

l [km]	20	30	40	51,4	60	72
q_1	-0,003	-0,003	-0,007	-0,009	-0,011	-0,013

5. Wyniki analizy

Realizacje wielkości $y(n,l)$ wyznaczono na drodze badań modelowych poprzez symulację lokalizacji i naprawy uszkodzeń [4] w liniach z rys. 1-3 dla określonej liczby n łączników. Macierz planu typu 3^2 wraz z uzyskanymi wartościami $y(n,l)$ zawiera tablica 3.

Tablica 3

Macierz planu typu 3^2 i wartości realizacji $y(n,l)$

X_0	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	$y_1(X_1, X_2)$	$y_2(X_1, X_2)$	$y_{sr}(X_1, X_2)$
						h/uszk.	h/uszk.	h/uszk.
+1	-1	-1	+1	+1	+1	0,84+0,60+1,03	0,80+0,60+1,03	2,45
+1	0	-1	0	+1	0	0,69+0,23+0,56	0,80+0,23+0,66	1,59
+1	+1	-1	+1	+1	-1	0,93+0,11+0,42	0,98+0,13+0,49	1,53
+1	-1	0	+1	0	0	1,05+0,44+0,68	1,48+0,46+0,69	2,40
+1	0	0	0	0	0	0,99+0,22+0,49	1,33+0,23+0,40	1,83
+1	+1	0	+1	0	0	1,12+0,10+0,35	1,33+0,11+0,38	1,69
+1	-1	+1	+1	+1	-1	1,28+0,37+0,53	1,46+0,35+0,51	2,25
+1	0	+1	0	+1	0	1,14+0,14+0,34	1,39+0,15+0,35	1,76
+1	+1	+1	+1	+1	+1	1,30+0,07+0,25	1,47+0,07+0,25	1,70

W tablicy tej poszczególne zmienne oznaczają:

X_0 - zmienna, przyjmująca stałe wartości + 1 [3] ,

X_1, X_2 - zmienne standaryzowane, określone jako:

$$X_1 = \frac{\frac{n}{l} - (\frac{n}{l})_0}{\Delta(\frac{n}{l})}, \quad X_2 = \frac{1 - l_0}{\Delta l},$$

gdzie $(\frac{n}{l})_0$, l_0 - współrzędne centralnego punktu planu (poziom środkowy z tabelicy 1),

$\Delta(\frac{n}{l})$, Δl - wartości bezwzględne przyrostu obu zmiennych równe odpowiednio $0,111 \frac{\text{szt.}}{\text{km}}$ i 18 km,

γ_1, γ_2 - wartości zastępczego czasu wyłączenia obciążenia całej linii, uzyskane na podstawie symulacji odpowiednio w liniach a i b z rys. 1-3; składnikami są tu zastępcze czasy trwania odpowiednio lokalizacji odcinkowej, lokalizacji punktowej i naprawy uszkodzenia.

Funkcja regresji, wyznaczona w oparciu o pracę [3] na podstawie wartości, zawartych w tabelicy 3, adekwatna na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ ma postać:

$$\hat{y}(X_1, X_2) = 1,789 - 0,363X_1 + 0,023X_2 + 0,277X_1^2 - 0,093X_2^2 + 0,093X_1X_2$$

$$\left[\frac{h}{\text{uszk.}} \right] \quad (8)$$

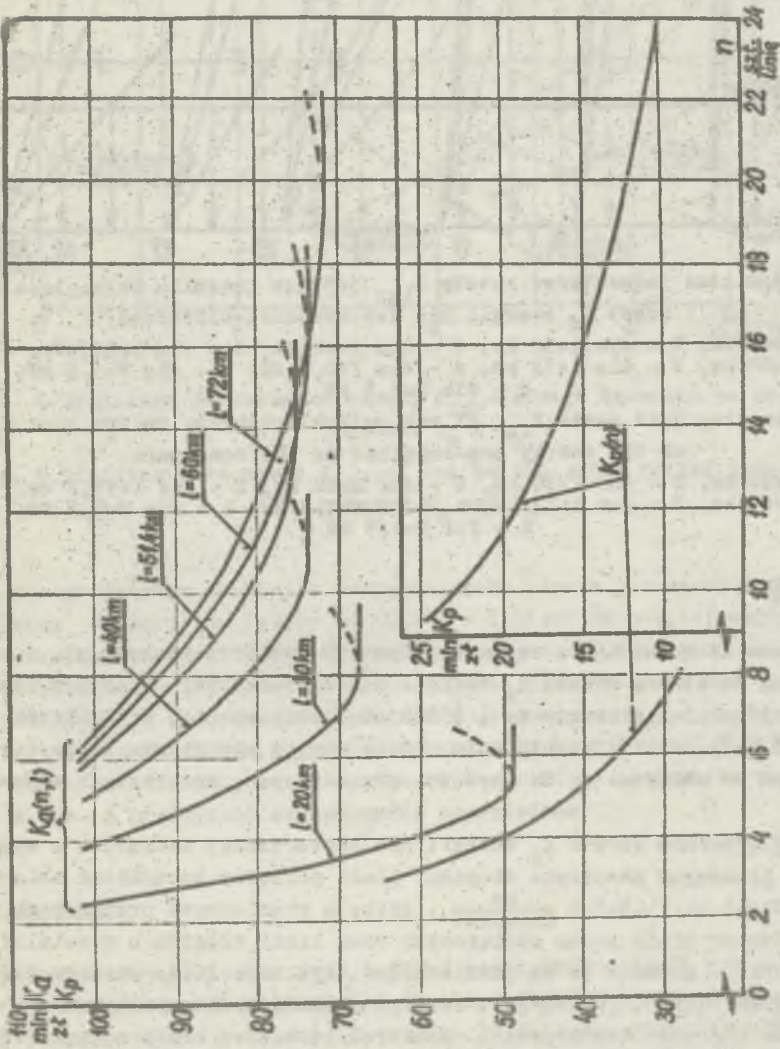
lub dla zmiennych rzeczywistych:

$$y(n, l) = 3,449 + 0,047n - 15,332\left(\frac{n}{l}\right) + 22,437\left(\frac{n}{l}\right)^2 + 167,778 \cdot 10^{-4} l +$$

$$+ 2,870 \cdot 10^{-4} l^2 \left[\frac{h}{\text{uszk.}} \right] \quad (9)$$

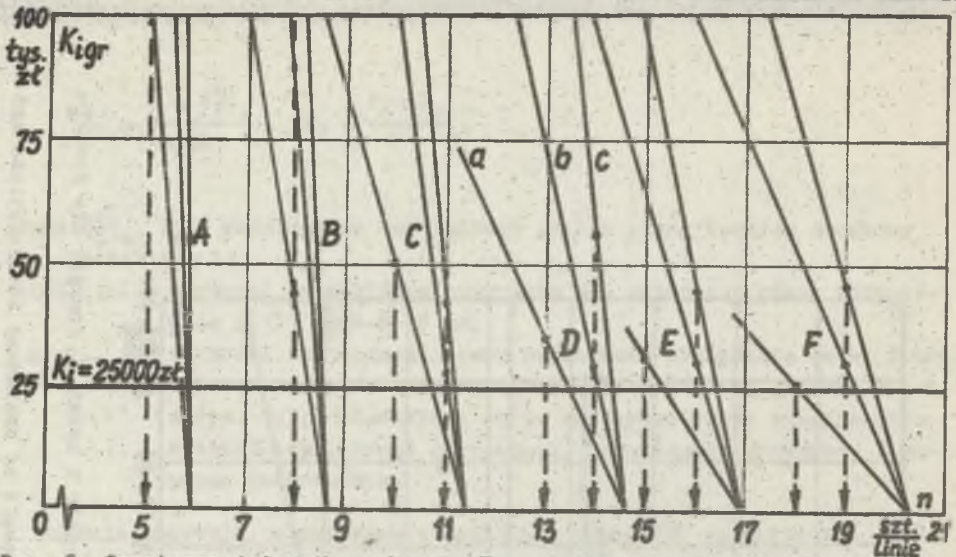
Na rys. 4 przedstawiono obliczone wg wzoru (1) wartości kosztu $K_n(n, l)$ oraz wartości kosztu $K_p(n)$, obliczone wg wzoru (6) przy założeniu, że $P = 1,0$ MW. Na podstawie rys. 4 można łatwo wyznaczyć wartości kosztu K_n i K_p dla innego obciążenia P linii oraz innych niż podano w tabelicy 2 wartości k_n , k_p , d_1 , λ_p i t_p .

Rys. 5 przedstawia przebiegi zmian jednostkowego granicznego kosztu $K_{igr}(n)$ w zależności od długości l linii i ich obciążenia P . Przy założeniu, że $K_n = 25000$ zł na rysunku tym zaznaczono racjonalne ze względu na koszt K_n liczby łączników w liniach, skąd łatwo wyliczyć graniczne długości linii pomiędzy łącznikami. Na rys. 6 przedstawiono zaś zmiany jednostkowego granicznego kosztu K_{igr} w zależności od długości l linii i ich obciążenia P (odpowiednie wykresy podano dla skrajnych wartości l i P).



Rys. 4. Zdysekontowany koszt K_a energii nie dostarczonej odbiorcom awaryjnie i koszt K_p energii nie dostanej - czesnej planowo dla $P = 1,0$ MW

Fig. 4. Discounted cost K_a energy non-supplied to the consumers as a result of unplanned interruptions and cost K_p of the energy planned non-supplied for $P = 1,0$ MW.



Rys. 5. Graniczne jednostkowe koszty K_{igr} jednego łącznika ze względu na koszt K_a energii nie dostarczonej odbiorcom

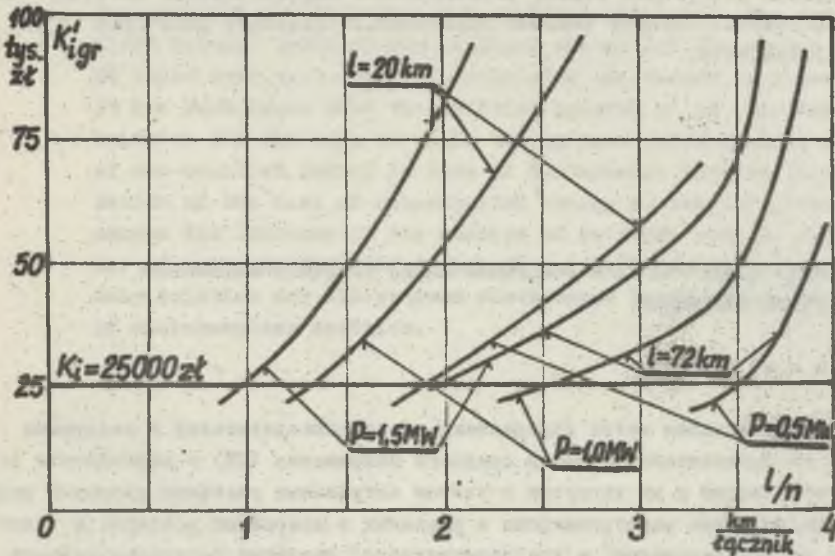
A - dla $l=20$ km, B - dla $l=30$ km, C - dla $l=40$ km, D - dla $l=51,4$ km
 E - dla $l=60$ km, F - dla $l=72$ km, a - dla $P=0,5$ MW, b - dla $P=1,0$ MW,
 c - dla $P=1,5$ MW

Fig. 5. Limiting unit costs K_{igr} of one switch according to the cost K_a of the energy non-supplied to the consumers

A - for $l=20$ km, B - for $l=30$ km, C - for $l=40$ km, D - for $l=51,4$ km,
 E - for $l=60$ km, F - for $l=72$ km, a - for $P=0,5$ MW, b - for $P=1,0$ MW,
 c - for $P=1,5$ MW

6. Wnioski

- Graniczne długości linii napowietrznych SN pomiędzy łącznikami, wyznaczone na podstawie kosztu K_a energii nie dostarczonej odbiorcom awaryjnie przy założeniu kosztu $K_1 = 25000$ zł, zawierają się w granicach $3,7+4,0$ km/łącznik i praktycznie nie zależą od obciążenia linii (rys. 5). Wartości te zbliżone są do wartości przeciętnych, spotykanych w praktyce.
- Po uwzględnieniu kosztu K_p energii nie dostarczonej odbiorcom w wyniku przerw planowych graniczne długości linii pomiędzy łącznikami maleją do wartości ok. $1,5+3,0$ $\frac{\text{km}}{\text{łącznik}}$. Tylko w granicznych przypadkach - dla krótkich linii mocno obciążonych oraz linii długich o niewielkim obciążeniu - granice te są przekroczone (rys. 6). Dolna wartość długości granicznej (1,5 km) jest również graniczną długością odcinków linii ze względów technicznych. Praktycznie bowiem każdy z łączników zainstalowanych w linii byłby wtedy łącznikiem, łączącym z pniew linii odgałęzienie (odczep), z którego zasilany byłby pojedynczy transformator SN/nN.



Rys. 6. Graniczne jednostkowe koszty K'_{igr} jednego łącznika po uwzględnieniu kosztu K_a i K_p

Fig. 6. Limiting unit costs K'_{igr} of one switch after taking into account costs K_a and K_p

c) Przeprowadzona analiza z uwzględnieniem przerw planowych zakłada, że wraz ze wzrostem liczby łączników w liniach SN powyżej wartości, wynikających z rys. 5 nie wzrośnie energia nie dostarczona na etapie lokalizacji odcinkowej uszkodzeń (linie przerywane na rys. 4). Zatem lokalizacja uszkodzeń w liniach o $\frac{l}{n} < 4$ wymaga dużego doświadczenia dyspozytora i wspomagania ze strony techniki mikrokomputerowej. W przeciwnym przypadku instalowanie większej liczby łączników w liniach SN niż to wynika z rys. 5 nie byłoby ekonomicznie uzasadnione.

LITERATURA

- [1] Buchta F.: O liczbie stacji SN/nN zasilanych z linii kablowych SN. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Elektryka z. 85, Gliwice 1983.
- [2] Niczyporowicz L. i inni: Optymalna lokalizacja uszkodzonego odcinka napowietrznej linii średniego napięcia. Energetyka z. 5, 1978.
- [3] Pająk E., Wleczorowski K.: Podstawy optymalizacji operacji technologicznych w przykładach. PWN, Warszawa - Poznań 1982,

- [4] Popczyk J.: Proces odnowy pozawaryjnej w napowietrznych sieciach rozdzielczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Elektryka z.66, Gliwice 1979.

ПРЕДЕЛЬНАЯ ДЛИНА УЧАСТКОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ МЕЖДУ РАЗЪЕДИНИТЕЛЯМИ

Р е з ю м е

В статье показан метод определения числа разъединителей в воздушных линиях распределительных сетей среднего напряжения (СН) в зависимости от длины этих линий и их нагрузки с учётом актуальных удельных значений стоимости недоотпуска электроэнергии в плановых и аварийных режимах, а также с учётом капиталовложений и предварительного развития распределительной сети СН. Приведён анализ для модельной сети СН. Соответствующие регрессивные зависимости между стоимостью недоотпуска электроэнергии и числом разъединителей, размещённых в воздушных линиях СН, получены при использовании теории планирования экспериментов. Доказано, что предельные длины участков воздушных линий СН между разъединителями, определённые с учётом только стоимости недоотпуска электроэнергии в аварийных режимах, близки длинам встречаемым на практике. Если же учесть стоимость недоотпуска электроэнергии при плановых отключениях потребителей, то число разъединителей в определённой линии увеличивается даже до величины предельного, с технической точки зрения, количества. В таком случае, при локализации повреждённого участка линии необходимо применение микрокомпьютеров, которое обеспечит снижение недоотпуска электроэнергии потребителям.

LIMITING LENGTHS BETWEEN SWITCHES OF MEDIUM VOLTAGE OVERHEAD LINES

S u m m a r y

The paper presents the way of determining the number of switches in MV overhead lines in relation to the length and load of this lines taking the following factors into consideration: - the actual value of unit cost of non-supplied energy to the consumers as a result of planning or unplanning interruptions, - cost of investment, - development of the distribution network.

The analysis has been done for a MV-network model. The regression relations between costs of non-supplied energy and the number of switches in MV lines have been obtained, utilizing the theory of planned experiments. It has been found that the limiting lengths of MV overhead lines between switches are the same as real, taking into consideration only the cost of non-supplied energy in case of disturbance interruptions. The consideration of the cost of non-supplied energy in case of planned interruptions causes the increase in the numbers of switches even to the limiting number of switches from the technical point of view. In such conditions the only solution for the optimum disturbance localization is the application of microcomputer technics.