

Piotr GRUSZCZYŃSKI -  
Jan KULESZA

#### WYBÓR MIEJSCA USTAWIENIA STACJI TRANSFORMATOROWEJ DO ZASILANIA MASZYN PRZODKOWYCH

Streszczenie: W referacie przedstawiono problem optymalizacyjny wyboru miejsca ustawienia stacji transformatorowej, przy którym nakłady uwzględniające koszty przestawienia stacji, koszty sieci kablowej oraz koszty strat energii elektrycznej są minimalne. Podano sposób określenia optymalnej, z punktu widzenia kosztów, rozległości sieci niskonapięciowej.

#### 1. Wprowadzenie

Wydłużające się wybiegi ścian, przy aktualnie stosowanych mocach maszyn górniczych, stwarzają coraz częściej konieczność ustawiania stacji transformatorowych w chodniku podścianowym względnie nadścianowym. Przy wybiegach ścian przekraczających 1000 m stacja transformatorowa przemieszczana jest kilkakrotnie w celu ograniczenia rozległości sieci niskonapięciowej. W praktyce ruchowej zaobserwować można tendencję do wykonywania możliwie małej ilości przestawień. Dotyczy to szczególnie tych przypadków, gdzie przestawianie stacji transformatorowych wiąże się z wykonywaniem wnek, demontażem przenośnika itp.

Maksymalną rozległość sieci niskonapięciowej limitują kryteria techniczne, takie jak: dopuszczalny spadek napięcia lub warunki prawidłowej pracy zabezpieczeń zwarciovych. Stosowanie maksymalnej rozległości sieci nie zawsze jednak można uznać za poprawne z punktu widzenia kryteriów ekonomicznych.

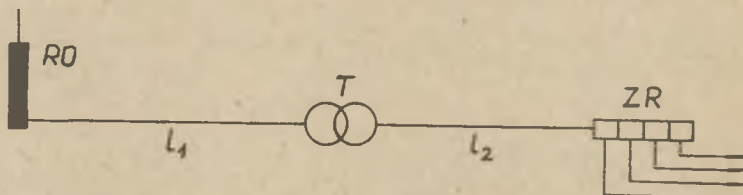
Minimalna ilość przestawień stacji transformatorowych ogranicza wprawdzie koszty robocizny związanej z wykonywaniem tej operacji, prowadzi to jednak do wydłużenia sieci niskonapięciowej i zwiększonego zużycia kabli niskonapięciowych, których cena jednostkowa ze względu na większy przekrój żył jest znacznie wyższa od ceny kabli wysokonapięciowych, łączących stację transformatorową z rozdzielnicą WN.

Rosną także straty energii elektrycznej w sieci niskonapięciowej.

Powstaje więc problem optymalizacyjny wyboru miejsca ustawienia stacji transformatorowej, przy którym nakłady uwzględniające: koszty przestawiania stacji, koszty sieci kablowej oraz koszty strat energii elektrycznej okażą się minimalne.

## 2. Matematyczne sformułowanie problemu

Do rozważań teoretycznych przyjęto typową konfigurację elektroenergetycznej sieci oddziałowej, przedstawioną na rys.1.



Rys. 1. Typowa konfiguracja sieci elektroenergetycznej zasilającej odbiorniki przodkowe: RO-rozdzielnica oddziałowa WN, T-przewoźna stacja transformatorowa, ZR-zestaw rozdzielczy utworzony z łączników manewrowych,  $l_1$ -długość kabla WN łączącego pole rozdzielcze w RO ze stacją transformatorową,  $l_2$  - długość kabla względnie przewodu niskonapięciowego łączącego stację transformatorową z ZR

Składnik ogólnych rocznych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych  $K_2$  takiej sieci, którego wartość zależy od miejsca ustawienia stacji transformatorowej, wyrazić można jako sumę:

$$K_2 = K_1 + K_2 + K_3 \quad /1/$$

gdzie:

$K_1$  - koszty kabli lub przewodów łączących RO z T oraz T z ZR, tys. zł

$K_2$  - koszty strat energii elektrycznej w kablach lub przewodach, tys. zł,

$K_3$  - koszty przestawiania stacji transformatorowej, tys. zł,

Składnik  $K_1$  określić można następująco:

$$K_1 = \frac{t}{T_2} / p_1 l_1 k_1 + p_2 l_2 k_2 / \quad /2/$$

gdzie:

$t$  - czas eksploatacji sieci, mies.,

$l_1, l_2$  - długości kabli lub przewodów wg rys. 1, km,

$p_1, p_2$  - stopa amortyzacji dla kabli lub przewodów na odcinku odpowiednio  $l_1$  i  $l_2$ ,

$k_1, k_2$  - koszt jednostkowy kabli lub przewodów tys. zł/km

W składniku  $K_2$  można uwzględnić jedynie koszty strat energii elektrycznej w sieci niskonapięciowej. Straty energii na odcinku  $l_1$  można uznać za pomijalnie małe. Wówczas  $K_2$ :

$$K_2 = 3 R_2 I^2 t a b \frac{c}{1000} \quad /3/$$

gdzie:

$R_2 = \frac{l_2}{\gamma s_2}$  - rezystancja jednej fazy kabli lub przewodów na odcinku  $l_2$ ,  $\Omega$ ,

- I - prąd obciążenia, A,  
 a - względny udział czasu pracy urządzeń w ciągu doby,  
 b - liczba godzin w miesiącu,  
 c - rzeczywisty koszt 1 kWh, zł.

Koszty przemieszczania stacji transformatorowej o odległość  $0,9 l_2$  /współczynnik 0,9 uwzględnia fakt, że długość kabla lub przewodu jest większa o ok. 10% od długości trasy/ z powodu ich nieciągłości i zależności od stosunku:

$$n = \frac{D}{0,9 I_2} \quad /4/$$

gdzie:

D - wybieg ściany, km

najlepiej wyrazić za pomocą funkcji entier:

$$K_3 = k_p \cdot E \left[ \frac{D}{0,9 I_2} \right], \quad /5/$$

gdzie:

$k_p$  - koszt jednorazowego przestawiania stacji transformatorowej, tys. zł.

Sumując wyżej wymienione trzy rodzaje kosztów oraz przedstawiając:

$l_1 = L - l_2$ , otrzymujemy:

$$K_2 = l_2 \left[ \frac{t}{12} / p_2 k_2 - p_1 k_1 / + \frac{3}{I_2^2} I^2 t a b \frac{c}{1000} \right] + \frac{t}{12} p_1 L k_1 + k_p \cdot E \left[ \frac{D}{0,9 I_2} \right] \quad /6/$$

Podstawiając za  $\frac{D}{0,9 I_2} = n$  otrzymuje się postać funkcji  $K_2$  dogodniejszą do obliczeń:

$$K_2 = \frac{D}{0,9 n} \left[ \frac{t}{12} / p_2 k_2 - p_1 k_1 / + \frac{3}{I_2^2} I^2 t a b \frac{c}{1000} \right] + \frac{t}{12} p_1 L k_1 + k_p \cdot E [n] \quad /7/$$

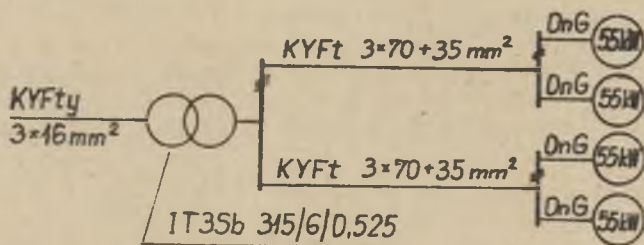
### 3. Przykład obliczeniowy

Obliczenia wykonano dla układu, którego schemat przedstawia rys.2. Silniki typu SDSe, napędzające przenośniki ścianowy oraz podścianowy, zasilane są na odcinku od stacji transformatorowej do łączników manewrowych dwoma oddzielnymi kablami, Dopuszczalne spadki napięcia przy rozruchu jednej pary silników oraz możliwości prawidłowego doboru zabezpieczeń zwiarciovych ograniczają długości kabli / $l_2$ / do ok. 500 m.

Do obliczenia kosztów  $K_2$  wg zależności /7/ przyjęto:  $p_1 = 0,33$ ;  $p_2 = 1$ ;  $a = \frac{20}{24} = 0,83$ ;  $b = 30 \cdot 24 = 720$ ;  $c = 0,50$  zł/kWh;  $k_1 = 86,5$  tys.zł/km;  $k_2 = 286$  tys.zł/km;  $k_p = 28$  tys. zł;  $t = 10$  mies.;  $D = 1$  km;  $L = 2$  km.

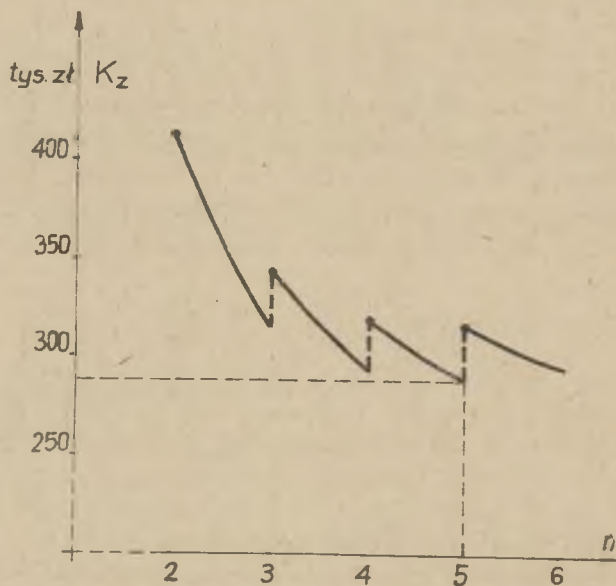
Po podstawieniu i przekształceniu otrzymujemy funkcję  $K_2 = f/n$  w postaci:

$$K_2 = \frac{1}{n} 636,135 + 28 E [n] + 47,5$$



Rys.2. Schemat układu sieci oddziałowej do przykładu obliczeniowego

Na rys. 3 przedstawiono graficzne zależności  $K_z = f/n$ , z której wynika, że minimalne koszty  $K_z$  uzyskuje się przy  $n = 4,99$ , co odpowiada, zgodnie z zależnością /4/ długości  $l_2 = 223\text{m}$ .



Rys. 3. Wykres funkcji  $K_z = f/n$  dla przykładu obliczeniowego

Uzyskana w tym przypadku różnica kosztów między rozwiązaniem polegającym na stosowaniu maksymalnej długości  $l_2 = 500$  m a długością "optymalną"  $l_2 = 223$  m wynosi ok. 108 tys.zł. Oznacza to zmniejszenie ogólnych kosztów przypadających na jedną stację transformatorową, które uzyskać można przy czterokrotnym przestawieniu stacji. Kryteria techniczne dopuszczają jednokrotne przestawienie, które jednak ze względów ekonomicznych nie jest rozwiązaniem optymalnym.

#### 4. Wnioski końcowe

Wykazano zależność ogólnych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych oddziałowej sieci elektroenergetycznej, zasilającej maszyny przodkowe, od ilości przestawień stacji transformatorowej.

Przedstawiony sposób obliczania kosztów zależnych od miejsca ustawienia stacji transformatorowej daje możliwość określenia optymalnej, z punktu widzenia kosztów, rozległości sieci niskonapięciowej.

#### ВЫБОР МЕСТА УСТАНОВКИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЗАБОЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

##### Резюме

В статье рассматривается проблема оптимизации выбора места установки трансформаторной подстанции при котором затраты учитывающие стоимость передвижки подстанции, стоимость кабелей и расходы на потери электроэнергии являются минимальными. Дается способ определения оптимальной, с точки зрения затрат, протяженности сети низкого напряжения.

#### DETERMINING LOCATION FOR A FEEDING TRANSFORMER FOR COAL FACE MACHINERY

##### Summary

An optimization problem has been presented to determine a transformer location from a cost-saving view. Displacement, network and energy losses costs have been taken into account along with the range of the low-voltage net.