

TERESA WINKLER

Katedra Elektrotechniki Przemysłowej

ANALIZA KSZTAŁTOWANIA SIĘ KOSZTÓW ROCZNYCH ODDZIAŁOWYCH  
STACJI TRANSFORMATOROWYCH PRZY UWZGLĘDNIENIU  
NIERÓWNOMIERNOŚCI OBCIĄŻEŃ NISKIEGO NAPIĘCIA

Streszczenie. W artykule podano ogólne zależności między kosztami rocznymi oddziałowych stacji transformatorowych a podstawowymi parametrami charakteryzującymi rozkład obciążeń niskiego napięcia. W oparciu o wprowadzony współczynnik nierównomierności obciążenia przeanalizowano kształtowanie się kosztów rocznych dla uproszczonych i rzeczywistych modeli rozkładu obciążeń.

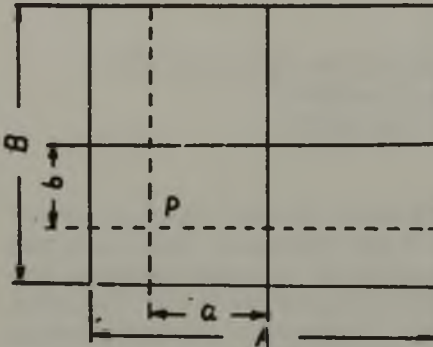
### 1. Wprowadzenie

Usytuowanie oddziałowych stacji transformatorowych w wielu przypadkach projektowania zasilania zakładów przemysłowych wywiera duży wpływ na efektywność gospodarczą rozdziału energii elektrycznej [1],[2]. Wpływ ten stosunkowo łatwo jest zbadać przy założeniu wyidealizowanego, równomiernego rozłożenia odbiorów na zasilanym obszarze [3],[4]. Analitycznie wyprowadzony wzór pozwala w tym przypadku w prosty sposób określić tzw. współczynnik kształtu  $K$  wyrażający stopień zwiększenia długości linii zasilających grupy odbiorników ( $L_{\text{gr}}$ ) w stosunku do najmniejszej możliwej długości ( $L_{\text{gr min}}$ ) odpowiadającej położeniu stacji w centralnym punkcie zasilanego obszaru:

$$K = \frac{L_{\acute{s}r}}{L_{\acute{s}rmin}} = \sqrt{\gamma} \left( \frac{1}{2\gamma} + \frac{1}{2} + \frac{2\alpha}{\gamma} + 2\beta^2 \right)$$

gdzie:

$$\alpha = \frac{a}{A}, \quad \beta = \frac{b}{B}, \quad \gamma = \frac{B}{A}$$



Rys. 1. Obszar zasilania stacji położonej w punkcie P

A, B, a, b - parametry charakteryzujące kształt zasilanego obszaru i umieszczenie w nim stacji, wg rysunku 1.

Znajomość współczynnika K umożliwia przeanalizowanie wpływu usytuowania stacji oddziałowej na straty w sieciach rozdzielczych [3], a w dalszej kolejności przejście do określenia wpływu usytuowania stacji na wartość kosztów rocznych.

Zagadnienie komplikuje się znacznie, jeżeli przyjmie się, że obciążenie zgodnie z najczęściej występującymi w praktyce warunkami rozłożone jest w przypadkowy, nierównomierny sposób. Wprawdzie i w tym przypadku wprowadzone zostało pojęcie współczynnika  $K_1$ , uwzględniającego zmianę długości linii rozdzielczych zasilających grupy odbiorników, wynikającą z nierównomiernego rozkładu obciążenia i usytuowania stacji poza punktem centralnym zasilanego obszaru, brak w literaturze zarówno danych liczbowych jak i zależności umożliwiających jego określenie. Wprowadzony współczynnik spełnia jedynie rolę pomocniczą przy ustaleniu metod uproszczonego doboru optymalnej pod względem gospodarczym liczby oddziałowych stacji transformatorowych na zasilanym obszarze [5].

Zagadnieniem usytuowania stacji transformatorowych na obszarach o nierównomiernie rozłożonym obciążeniu zajmowało się dotychczas stosunkowo niewielu autorów, koncentrując się przy tym głównie na sprecyzowaniu pomocniczego przy ustalaniu usytuowania stacji - pojęcia środka obciążenia [1],[2],[6]. Jedynie nieliczne publikacje [7], [8], [9] poświęcono częściowo, bardzo zresztą ogólnej analizie wpływu nierównomierności i topologicznego rozkładu obciążenia na wielkość strat w zasilanej ze stacji sieci rozdzielczej.

Zadaniem niniejszego opracowania jest próba uzupełnienia istniejącej luki, a więc możliwie szczegółowa analiza wpływu nierównomierności i topologicznego rozkładu obciążeń na wartość kosztów rocznych oddziałowych stacji transformatorowych, umożliwiającą zbadanie w dalszej kolejności korelacji między rozkładem obciążenia a optymalnym pod względem gospodarczym usytuowaniem oddziałowych stacji transformatorowych.

Wyniki przeprowadzonej analizy powinny ponadto dostarczyć przesłanek dla umożliwienia matematycznego przejścia od rzeczywistego modelu obciążenia do przydatnego dla obliczeń uproszczonego modelu idealnego - obciążeń rozłożonych równomiernie na obszarze prostokątnym, o identycznej z modelem rzeczywistym mocy zapotrzebowanej.

## 2. Podstawowe założenia

Istnieje bardzo duża ilość technicznych rozwiązań wykonanie sieci rozdzielczych [10]. Rozważanie wszelkich możliwych przypadków, z których liczne występują tylko w rzadkich, specyficznych warunkach zasilania zakładów przemysłowych spowodowałyby nie tylko znaczne utrudnienia, lecz również nie zawsze byłoby celowe z praktycznego punktu widzenia.

W niniejszym opracowaniu przyjęto więc cały szereg założeń upraszczających, ograniczających przeprowadzaną analizę do przypadków najczęściej występujących w praktyce zasilania zakładów przemysłowych i powszechnie zalecanych ze względu na ich ekonomiczność i prostotę eksploatacji:

- a) Rozważania ograniczono do pojedynczych stacji jednotransformatorowych, dla których przyjęte parametry obciążenia stanowią średnie wartości, występujące na ogół w zakładach przemysłowych. Na podstawie analizy równania określającego koszty roczne oddziałowych stacji transformatorowych łatwo udowodnić [5] słuszność takiego właśnie uproszczenia - polegającego na oszacowaniu rozwiązania dla każdej stacji oddzielnie.
- b) Rozpatrzone najczęściej dotychczas występujący zarówno w krajowych jak i zagranicznych sieciach rozdzielczych typ sieci promieniowej [11], [12], [13].
- c) Założono, że moc i usytuowanie oddziałowych stacji transformatorowych nie wpływają na sieć odbiorczą n.n.
- d) Przyjęto, że linie sieci rozdzielczych prowadzone są jako trójprzewodowe - przy czym przewody jak to zresztą na ogół występuje w rzeczywistości, w związku z prostopadłym przebiegiem dróg komunikacyjnych na terenie zakładu, układane są równoległe do boków zasilanego z danej stacji obszaru.
- e) Założono, że na zasilanym obszarze znajdują się jedynie odbiory niskiego napięcia i tylko ich rozmieszczenie decyduje w związku z tym o usytuowaniu stacji transformatorowej.
- f) Przyjęto, że kryterium decydujące o doborze przekroju przewodów linii zasilających wysokiego napięcia stanowi wytrzymałość na cieplne działanie prądów zwarciovych.

- g) Założono, że stacje transformatorowe zostają każdorazowo usytuowane w tzw. "centrum sieci wtórnej" [1], tj. takim punkcie, dla którego występują minimalne koszty roczne.
- h) W kosztach rocznych dla uproszczenia pominięto składową wyrażającą roczny koszt zawadności, zakładając tym samym, że usytuowanie stacji transformatorowej nie wpływa na zmianę niezawadności układu zasilania.

### 3. Koszty roczne oddziaływanych stacji transformatorowych

Na koszty roczne związane z eksploatacją sieci zasilającej wysokiego napięcia (w dalszym ciągu używana będzie nazwa "sieć pierwotna") stacji transformatorowej i przyłączonej do niej sieci rozdzielczej n.n. (sieci wtórnej) składają się:

- a) Koszty stałe zależne od nakładów inwestycyjnych [14], [15]:

$$m J = \left(\frac{1}{\delta} + k\right) J = \left(\frac{1}{\delta} + k\right) (J_t + J_{SP} + J_{sw} + J_{ur})$$

gdzie:

- $\frac{J}{\delta}$  - roczne koszty akumulacji i amortyzacji obliczone w oparciu o całkowite nakłady inwestycyjne,
- $k J$  - roczne koszty utrzymania transformatorów i obu rodzajów sieci - niezależne od ilości przemysłowej i transformowanej energii, składające się z kosztów kapitałnych remontów i bieżącej eksploatacji,
- $J_t$  - nakład inwestycyjny na transformator, komorę, aparaturę pomocniczą i robociznę przy montażu,
- $J_{SP}, J_{sw}, J_{ur}$  - nakłady inwestycyjne na sieć pierwotną, sieć wtórna i urządzenia rozdzielcze.



b) Koszty zależne od mocy strat -  $K_{\Delta P} = k_p \Sigma \Delta P$ ,

gdzie:

$k_p$  - jednostkowy koszt strat mocy w zł/kW rok

c) Koszty zależne od pracy strat -  $K_{\Delta A} = k_B \Sigma \Delta A$

gdzie:

$k_B$  - wartość jednej kilowatogodziny strat w zł/kWh,

d) Koszty zależne od strat mocy biernej w transformatorze [15]

$$- K_{\Delta Q} = k_Q (\Delta Q_t - 0,6 \Delta P_t)$$

gdzie:

$\Delta Q_t$  - straty mocy biernej w transformatorze w kvar,

$\Delta P_t$  - straty mocy czynnej w transformatorze w kW,

$k_Q$  - jednostkowy koszt mocy biernej w zł/kvar.

Całkowite koszty roczne można więc wyrazić wzorem:

$$K_r = m J + K_{\Delta P} + K_{\Delta A} + K_{\Delta Q} \quad (1)$$

lub uwzględniając rodzaj elementów związanych z występowaniem poszczególnych składowych:

$$K_r = K_t + K_{sp} + K_{sw} + K_{ur} \quad (2)$$

gdzie:

$K_t$  - koszty roczne związane z eksploatacją stacji transformatorowej,

$K_{sp}$  - koszty roczne związane z eksploatacją sieci pierwotnej,

$K_{sw}$  - koszty roczne związane z eksploatacją sieci wtórnej,

$K_{ur}$  - koszty roczne związane z eksploatacją aparatury rozdzielczej.

Ponieważ przy założeniu stałej mocy zapotrzebowanej przez zasilany obszar oraz stałej mocy znamionowej transformatora można przyjąć, że koszty roczne stacji transformatorowej i aparatury rozdzielczej wysokiego napięcia są niezależne od rozkładu obciążenia, ograniczono się do analizy wpływu nierównomierności rozkładu obciążenia jedynie na koszty roczne pochodzące od sieci pierwotnej i wtórnej.

#### 4. Koszty roczne sieci pierwotnej

Nakład inwestycyjny na sieć pierwotną w rozpatrywanym przypadku składającą się z pojedynczej linii zasilającej w.n., można wyrazić w zależności od przekroju i długości linii wzorem:

$$\bar{J}_{sp} = (C_p + R_p s_p) L_p \quad (3)$$

gdzie:

$C_p$  - jednostkowy koszt inwestycyjny stały linii zasilającej wysokiego napięcia w zł/m,

$R_p$  - jednostkowy koszt inwestycyjny linii zasilającej wysokiego napięcia zależy od przekroju w zł/mm<sup>2</sup> m,

$s_p$  - przekrój linii zasilającej wysokiego napięcia w mm<sup>2</sup>,

$L_p$  - długość linii zasilającej wysokiego napięcia w m.

Straty mocy w linii zasilającej można określić ze wzoru:

$$\Delta P_p = 3 J_p^2 \frac{L_p}{\gamma s_p} \quad (4)$$

gdzie:

$J_p$  - prąd przy obciążeniu szczytowym linii zasilającej w A,

$\gamma$  - konduktywność materiału żył linii zasilającej

w m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Jak wynika ze wzorów (3) i (4) zarówno nakład inwestycyjny jak i straty w linii zasilającej zależą od dwu tych samych parametrów: długości i przekroju linii zasilającej. Ponieważ przy niewielkich stosunkowo obciążeniach i długościach linii zasilających kryterium decydujące o doborze przekroju stanowi wytrzymałość cieplna przewodów na działanie prądów zwarciovych można przyjąć, że zmiana usytuowania oddziałowej stacji transformatorowej wynikająca z różnego rozkładu topologicznego obciążeń w poszczególnych przypadkach projektowania zasilania, wpływa jedynie na zmianę długości linii zasilającej.

Stąd:

$$K_{sp} = \frac{L_p}{L_{po}} \quad K_{spo} = \frac{L_{po} + \Delta L_p}{L_{po}} \quad K_{spo} \quad (5)$$

gdzie:

- $L_{po}$  - długość linii zasilającej wysokiego napięcia odpowiadająca usytuowaniu oddziałowej stacji transformatorowej w centrum obszaru o idealnym równomiernym rozkładzie obciążenia,
- $\Delta L_p$  - przyrost długości linii zasilającej, spowodowany przesunięciem "centrum sieci wtórnej" względem centrum obszaru o idealnym, równomiernym rozkładzie obciążenia,
- $K_{spo}$  - koszt roczny sieci pierwotnej przy równomiernym rozkładzie obciążenia i usytuowaniu stacji transformatorowej w środku geometrycznym zasilanego obszaru.

##### 5. Koszt roczny sieci wtórnej

Nakład inwestycyjny na sieć wtórną, składają się z promieniowych linii zasilających poszczególne odbiorniki



lub grupy odbiorów niskiego napięcia, można wyrazić w zależności od przekroju i długości linii wzorem:

$$J_{sw} = C_w \sum_1^n L_{wn} + R_w \sum_1^n s_{wn} L_{wn} \quad (6)$$

gdzie:

- $C_w$  - jednostkowy koszt inwestycyjny stały linii sieci wtórnej w zł/m,
- $R_w$  - jednostkowy koszt inwestycyjny linii sieci wtórnej zależny od przekroju w zł/mm<sup>2</sup> m,
- $s_{wn}$  - przekrój n-tej linii sieci wtórnej w mm<sup>2</sup>,
- $L_{wn}$  - długość n-tej linii sieci wtórnej w m,
- $n$  - liczba linii sieci wtórnej wychodzących z danej stacji transformatorowej, równa w rozpatrywanym przypadku liczbie zasilanych ze stacji odbiorników lub grup odbiorów niskiego napięcia.

Straty mocy w sieci wtórnej można określić ze wzoru:

$$\Delta P_{sw} = 3 \sum_1^n J_{wn}^2 \frac{L_{wn}}{\gamma s_{wn}} \quad (7)$$

gdzie:

- $J_{wn}$  - prąd przy obciążeniu szczytowym n-tej linii sieci wtórnej w A,  $J_{wn} = \frac{S_{wn}}{\sqrt{3} U}$ ,
- $\gamma$  - konduktywność materiału żył linii sieci wtórnej w m/Ω mm<sup>2</sup>.

Przy założeniu, że przy stosunkowo dużych gęstościach obciążenia występujących na ogół w zakładach przemysłowych, o doborze przekroju linii niskiego napięcia decydować będzie kryterium obciążalności długotrwałej przewodów, dla określenia przekroju linii sieci wtórnej przyjąć można zależność [10], [16]:

$$s_{wn} = \left(\frac{J_{wn}}{M}\right)^2 \quad (8)$$

gdzie:

$M$  - stały współczynnik zależny od napięcia znamionowego materiału przewodowego i konstrukcji linii.

Jeżeli oznaczy się przez  $K_{\Delta p_{sw0}}$  i  $K_{\Delta A_{sw0}}$  - koszty roczne strat mocy i strat pracy w sieci idealnej, odpowiadającej równomiernemu rozkładowi obciążeń, a jako  $K_{sw0}$  i  $K_{swoz}$  - składowe koszty rocznego sieci idealnej, niezależną i zależną od przekroju przewodów, wykorzystując wzory (6), (7), (8) można wyprowadzić zależność:

$$K_{sw} = \frac{\sum_{wn}^n L_{wn}}{n L_{w\acute{s}r}} (K_{swc} - K_{swoz}) + \frac{\sum_{wn}^n S_{wn}^2 L_{wn}}{n S_{wo} L_{w\acute{s}r}} K_{swoz} \quad (9)$$

gdzie:

- $K_{sw0}$  - koszt roczny idealnej sieci wtórnej zasilającej obszar o równomiernym rozkładzie obciążenia,  
 $L_{w\acute{s}r}$  - średnia długość linii idealnej sieci wtórnej zasilającej obszar o równomiernym rozkładzie obciążenia [4]  
 [5]:

$$L_{w\acute{s}r} = \frac{K}{2} \sqrt{\frac{S}{\sigma_{\acute{s}r}}} \quad (10)$$

- $K$  - współczynnik kształtu,  
 $\sigma_{\acute{s}r}$  - średnia gęstość obciążenia,

$S_{wo}$  - moc zapotrzebowana poszczególnych odbiorów idealnego równomiernie rozłożonego obciążenia:

$$S_{wo} = \frac{\sum_1^n S_{wn}}{n} \quad (11)$$

6. Zależność kosztów rocznych oddziałowej stacji transformatorowej od rozkładu obciążenia niskiego napięcia

W oparciu o wzory (2), (5), (19) można napisać:

$$K_r = K_t + K_{ur} + \frac{L_{po} + \Delta L_p}{L_{po}} K_{spo} + \frac{\sum_1^n L_{wn}}{n L_{w\acute{r}}} (K_{swo} - K_{swcz}) + \frac{\sum_1^n S_{wn}^2 L_{wn}}{n S_{wo}^2 L_{w\acute{r}}} K_{swcz} \quad (12)$$

Przy założeniu stałej mocy zapotrzebowanej oraz stałej mocy transformatora cztery występujące we wzorze (12) wielkości  $K_t$ ,  $K_{ur}$ ,  $K_{spo}$  i  $L_{po}$  mają wartość stałą.

Koszt roczny idealnej sieci wtórnej [3]:

$$K_{swo} = f(n, \sigma_{\acute{r}}) \quad (13)$$

Przyrost długości linii zasilającej w.n.:

$$\Delta L_p = f\left(\sum_1^n S_{wn}^2 L_{wn}\right) \quad (14)$$

[6].

Ogólnie można więc zapisać:

$$K_r = f(n, \sigma_{sr}, \sum_1^n L_{wn}, \sum_1^n S_{wn}^2 L_{wn}) \quad (15)$$

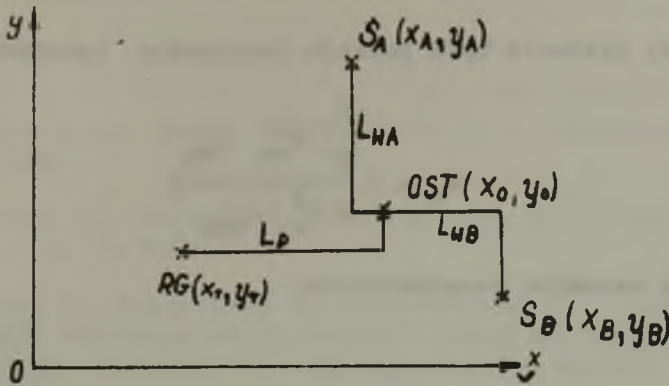
Ze względu na skomplikowaną postać wzoru (12), dla ustalenia związków ilościowych między kosztem rocznym, a poszczególnymi parametrami występującymi w zależności (15) konieczne jest przeprowadzenie badań na układach modelowych. W poniższym opracowaniu badania takie wykonano jedynie fragmentarycznie dla prostego modelu składającego się z dwu odbiorów skupionych  $S_A$  i  $S_B$ , przedstawionego na rysunku 2.

Dla umożliwienia porównania wyników wprowadzono dodatkowo pojęcie tzw. współczynnika nierównomierności obciążenia  $K_n = \frac{K_r}{K_{ro}}$ , gdzie  $K_{ro}$  - koszt roczny oddziałowej stacji transformatorowej przy równomiernym rozkładzie obciążenia.

Na rysunku 3 naniesiono proste wyznaczone na podstawie wzoru (12). Przedstawiają one zależność współczynnika od zmian parametru  $\sum_1^n S_{wn}^2 L_{wn}$ .

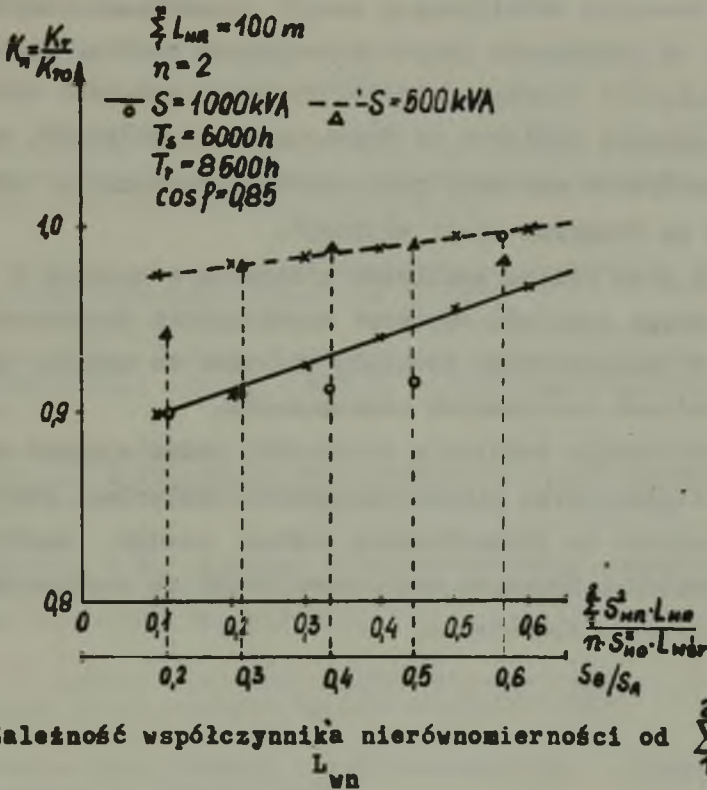
Dla porównania na tym samym rysunku zaznaczono punkty określone na podstawie obliczeń wykonanych dla warunków rzeczywistych przy założeniu wartości stosunku mocy odbiorów  $S_B/S_A = 0,2 \div 0,6$ .

Duży stosunkowo rozrzut punktów określonych dla warunków rzeczywistych doboru przewodów, względem prostej uzyskanej z wzoru (12), wynika z nieciągłego charakteru zmian przekrojów i obciążalności przewodów.



Rys. 2. Układ zasilania dwu odbiorów  $S_A$  i  $S_B$  ze stacji oddziałowej OST

RG - rozdzielnia główna zakładu



Rys. 3. Zależność współczynnika nierówności od  $\sum_{1}^2 S_{wn}^2$

x - punkty naniesione na podstawie obliczeń według wzoru (12)  
 Δ, o - punkty naniesione na podstawie obliczeń dla warunków rzeczywistych



Nie mniej ułożenie tych punktów potwierdza istnienie zależności

$$K_n = f \left( \frac{\sum_{wn}^2 S_{wn}^2 L_{wn}}{n S_{wo}^2 L_{w\bar{r}}} \right)$$

również dla warunków rzeczywistych.

## 7. Wnioski

Przytoczone w niniejszym opracowaniu wzory, a częściowo i wyniki obliczeń potwierdzają istnienie praw rządzących zmianami kosztów rocznych oddziałowych stacji transformatorowych w zależności od parametrów charakteryzujących rozkład obciążeń niskiego napięcia: liczby odbiorów, średniej gęstości obciążenia, sumy odległości odbiorów od "centrum sieci wtórnej", sumy iloczynów kwadratów wartości mocy zapotrzebowanych i odległości odbiorów od "centrum sieci wtórnej".

Wynika stąd realna możliwość przejścia w oparciu o określony dla danego rozkładu obciążeń współczynnik nierównomierności od modelu rzeczywistego rozkładu obciążeń do modelu idealnego o obciążeniach rozłożonych równomiernie.

Dla dokładnego ustalenia zależności pozwalających na wyznaczenie współczynnika nierównomierności konieczne jest jednakże, ze względu na skomplikowaną postać wzorów analitycznych przeprowadzenie żmudnych stosunkowo badań na rzeczywistych modelach rozkładu obciążenia.

## LITERATURA

- [1] Kaźdan A.E.: Cienr sieti. J.W.U.Z. - Elektromechanika, Nr 3/68.
- [2] Wallace J.: Seleking sites for factory substations. Elektr. Rev., Nr 19/1963.
- [3] Knothe S.: Wpływ mocy transformatorów i rozmieszczenia stacji oddziaływowych na straty w sieciach zakładów przemysłowych. Przegląd elektrotechniczny Nr 2/1963.
- [4] Knothe S.: Wpływ mocy transformatorów i rozmieszczenia stacji oddziaływowych na zużycie metali nieżelaznych w sieciach wewnątrzoddziaływowych. Przegląd elektrotechniczny, Nr 4/1957.
- [5] Prikłonskij E.N.: Wybor cisła transformatornych podstancji Elektricestwo, Nr 4/1950.
- [6] Gosztowt W.: Polemika na temat optymalnej lokalizacji punktu zasilania rozrzuconych odbiorów elektrycznych. Wiadomości elektrotechniczne, Nr 2/1966.
- [7] Fabierkiewicz Z.: Optymalna lokalizacja punktów zasilania. Biuletyn "Energoprojektu" Nr 3/1968.
- [8] Kaźdan A.E.: K opriedieloniju optimalnoj konfiguracji elektriczeskoj sieti, J.W.U.Z. - Elektromechanika, Nr 8/1964.
- [9] Sacer J.: Problematik der Gestaltung elektrischer Netze. Bull. Schweiz elektrotechn. Verjins, Nr 4/1965.
- [10] Pikowskij A.A.: Woprosy elektrosnabženija promyszlennych predprijatij. Trudy Leningradskogo Inżenierno-Ekonomiczeskogo Instituta, Nr 51/1964.
- [11] Układ ramowy: Gospcdarka elektroenergetyczna - Zasilanie zakładu przemysłowego "Elektroprojekt" 1968.
- [12] Fiodorow A.A.: Osnowy elektrosnabženija promyszlennych predprijatij. Moskwa 1967.

- [13] Peach N.: Modern techniques are used in variety of electrical distribution installations. Electric distribution, Power Nr 10/1967.
- [14] Ministerstwo Górnictwa i Energetyki. Zjednoczenie Energetyki; Instrukcja branżowa badania efektywności ekonomicznej inwestycji energetycznych. 1965.
- [15] Miedziński E.: Wytyczne stosowania rachunku efektywności inwestycji w zakresie elektrycznych urządzeń przemysłowych. Pomocnicze materiały do projektowania. Warszawa 1967
- [16] Kończyński S.: Obliczanie sieci elektroenergetycznych. Warszawa 1962.

АНАЛИЗ ЕЖЕГОДНЫХ РАСХОДОВ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ  
С УЧЁТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗОК НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Р е з ю м е

В статье представлены общие зависимости между ежегодными расходами цеховых трансформаторных подстанций и основными параметрами, характеризующими распределение нагрузок низкого напряжения. На основе введенного коэффициента неравномерности нагрузки проанализировано величину ежегодных расходов для упрощенных и действительных моделей распределения нагрузок.

---

ANALYSIS OF TRANSFORMERS SUBSTATIONS ANNUAL COSTS WITH REGARD  
TO IRREGULARITY LOW TENSION LOADS

S u m m a r y

The main relations between annual costs of shop transformer substations and fundamental parameters characterizing the low tension loads distribution are made. On the basis of the introduced irregularity loads factor the value of annual costs for simplified and real distribution models are analysed.