

TERESA WINKLER

Katedra Urządzeń Elektrycznych

WPLYW NIEKTÓRYCH WSKAŹNIKÓW OBCIĄŻENIA NA DOBÓR  
TRANSFORMATORÓW W ZAKŁADACH PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. Rozpatrzono z ekonomicznego punktu widzenia problem doboru transformatorów w stacjach oddziałowych zakładów przemysłowych w zależności od mocy szczytowej, czasu jej użytkowania i współczynnika mocy.

1. Wstęp

Dobór transformatorów jest jednym z typowych problemów w projektowaniu zasilania zakładów przemysłowych wymagających analizy ekonomicznej. Przedmiot tej analizy w zależności od warunków zasilania stanowią następujące zagadnienia:

- a) określenie najkorzystniejszej gospodarczo mocy transformatorów,
- b) określenie najkorzystniejszej gospodarczo liczby transformatorów,
- c) określenie miejsca usytuowania stacji transformatorowych.

Każdorazowe przeprowadzanie obliczeń związanych z tą analizą jest pracochłonne i żmudne. Dlatego wielu autorów dąży do opracowania uproszczonych metod pozwalających na łatwe i szybkie znalezienie optymalnych w danych warunkach mocy transformatorów [8, 7], a nawet i optymalnej liczby stacji transformatorowych na zasilanym obszarze [9]. Starają się oni przeważnie o uzyskanie ścisłych wzorów matematycznych służących do określenia najkorzystniejszych rozwiązań.

Słuszność takiego podejścia podważa fakt, że założenia upraszczające konieczne dla nadania rozwiązaniu formy matematycznej powodują na ogół poważne błędy lub w metodzie występuje tyle różnych trudnych do ustalenia współczynników, że stosowanie jej mija się z celem. Jak na razie nie ma więc jeszcze metody, która by znalazła praktyczne zastosowanie. Pewne wytyczne dla doboru transformatorów można jednakże uzyskać przez dokładne przeanalizowanie wymienionych poprzednio zagadnień.

Z doбором liczby i mocy transformatorów wiąże się również bezpośrednio zagadnienie określenia ekonomicznie uzasadnionej ich jakości. Przez zastąpienie blach gorąco walcowanych walcowanymi na zimno oraz budowę tzw. transformatorów ewolwentowych można obniżyć straty w żelazie a pośrednio i w miedzi. Stosowanie transformatorów o obniżonych stratach będzie celowe wtedy gdy korzyści wynikające z obniżenia strat będą przewyższały zwiększenie składnika kosztów inwestycyjnych. Dokładna analiza czynników wpływających na dobór transformatorów pozwoli na rozwój konstrukcji dostosowanych do najbardziej typowych obciążeń i właściwe stosowanie transformatorów o różnych stosunkach strat jałowych do strat obciążeniowych.

## 2. Techniczno-ekonomiczne kryteria dla doboru transformatorów w zakładach przemysłowych

Jako kryterium decydujące o racjonalności ekonomicznej przyjmuje się koszty roczne [1], co w przypadku transformatorów jest w pełni zgodne z obowiązującą "Instrukcją ogólną" w sprawie metodyki badań ekonomicznej efektywności inwestycji [2, 4].

Porównanie kosztów rocznych dla różnych wariantów doboru transformatorów pozwala na określenie rozwiązania najbardziej ekonomicznego. Należy przy tym podkreślić, że będzie to równoczesne ze znalezieniem rozwiązania, które powinno być realizowane tylko w tym przypadku, gdy porównywane warianty są równorzędne pod względem technicznym lub gdy istniejące między nimi różnice dadzą się przeliczyć na wartości pieniężne.

Przypadek pierwszy można rozpatrzyć na przykładzie wariantów o tej samej stałości napięcia, ale z zastosowaniem różnych sposobów jej utrzymania. Napięcie odbiorów niskie-

go napięcia jest tym łatwiejsze do utrzymania w wymaganym przedziale im krótsze są linie niskiego napięcia, a tym samym przy danej gęstości obciążenia mniejsza moc transformatora lub przy niezmienionej mocy transformatora im większe będą przekroje linii n.n. O tym, który z wymienionych sposobów zmniejszenia spadku napięcia należy zastosować w danych warunkach można zdecydować jedynie na podstawie rachunku gospodarczego. Problem ten oczywiście istnieje tylko przy mniejszych gęstościach obciążenia. Przy dużych gęstościach obciążenia, gdy konieczne jest dobieranie maksymalnych, ze względów technicznych jednostek transformatorowych, ustawionych bardzo blisko odbiorów, stałość napięcia nie ma wpływu na dobór transformatorów.

Do czynników wpływających na dobór transformatorów, dających się na ogół przeliczyć na wartości pieniężne, a więc uwzględnić w rachunku gospodarczym należy pewność zasilania. Powiększenie stopnia rezerwy na wypadek awarii wiąże się przeważnie ze zwiększeniem liczby jednostek transformatorowych. O celowości zwiększenia pewności zasilania zdecydować można na podstawie rachunku gospodarczego. Bierze się przy tym pod uwagę, że awaria dużego transformatora wiąże się zwykle z o wiele większymi stratami w zasilaniu, aniżeli te które występują przy awarii małej jednostki. Jest to ważny wzgląd, gdyż jak wskazują prowadzone badania transformatory produkcji krajowej wykazują jak dotychczas większą awaryjność niż inne urządzenia np. kable, aparatura rozdzielcza itp.

W przypadku gdy o doborze transformatorów decydują czynniki niewymierne (np. wygoda eksploatacji) przeprowadzenie rachunku gospodarczego jest również niezbędne, gdyż stanowi dużą pomoc w podjęciu trafnej decyzji o wyborze tego z rozwiązań, które powinno być zrealizowane.

### 3. Koszty roczne transformacji

Na koszt roczny składają się [1, 3]

a) Koszty stałe zależne od nakładu inwestycyjnego

$$k_j \cdot J = (r + k_u) J,$$

gdzie  $rJ$  - roczny koszt akumulacji i amortyzacji, obliczony w oparciu o nakład inwestycyjny na transformator, komorę, aparaturę pomocniczą, kable i robociznę przy montażu,  $k_u \cdot J = K_u$  - roczny koszt utrzymania transformatora, niezależny od ilości transformowanej energii, składający się z kosztu kapitalnych remontów i bieżącej eksploatacji.

b) Koszty zależne od mocy strat -  $K \Delta p = k_p \Delta P$ , gdzie  $k_p$  - jednostkowy koszt mocy w zł/KW rok

c) Koszty zależne od pracy strat -  $K \Delta A = k_B \cdot \Delta A$ , gdzie:  $k_B$  - wartość jednej kilowatogodziny strat w zł/Kwh. Czyli koszty roczne można wyrazić wzorem:

$$K_r = k_j \cdot J + K_{\Delta p} + K_{\Delta A} = k_j \cdot J + K_{\Delta}, \quad (1)$$

gdzie:

$K_{\Delta}$  - koszty strat.

Przy porównywaniu wariantów o różnej liczbie stacji transformatorowych konieczne jest uwzględnianie w kosztach rocznych kosztów linii rozdzielczych i strat w tych liniach, rosnących ze wzrostem mocy transformatorów zależnie od gęstości powierzchniowej obciążenia [10, 11].

W niniejszym artykule ograniczymy się do zagadnienia określania najkorzystniejszej gospodarczo mocy transformatorów, a tym samym kosztów rocznych pochodzących od samych transformatorów.

Poniżej zostaną przeanalizowane poszczególne składniki wzoru (1).

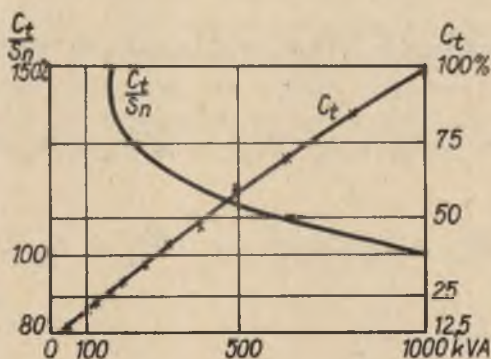
Cena transformatorów danej serii, o tej samej indukcji w żelazie i gęstości prądu w uzwojeniach, rośnie ze wzrostem mocy znamionowej wg krzywej  $C_t$  z rysunku 1. Krzywej tej dla  $S_n > 160$  KVA odpowiada zależność:

$$C_t = a \cdot S_n^{0,75} \quad (2)$$

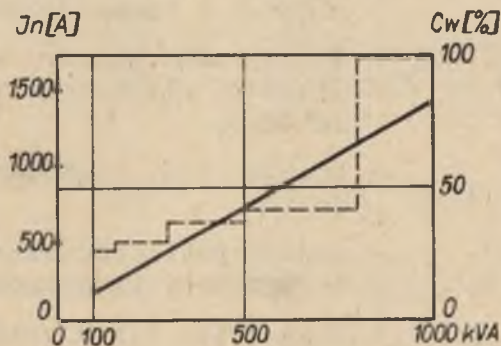
gdzie:

$a$  - stała.

Stosunek znormalizowanych mocy znamionowych sąsiadujących ze sobą transformatorów jest stały i wynosi około 1,26. Stąd większy transformator kosztuje o około 19% więcej od transformatora o kolejnej mniejszej mocy znamionowej.



Rys. 1. Zależność ceny jednostkowej 1 kVA transformatora i ceny transformatora od mocy znamionowej



Rys. 2. Zależność prądu znamionowego transformatora i ceny wyłącznika n.n. od mocy znamionowej transformatora

———— Prąd znamionowy transformatora    - - - - - Cena wyłącznika n.n. -  $C_w$

Cena jednostkowa 1 KVA transformatora maleje przy wzroście mocy według krzywej  $C_t/S_n$  przedstawionej na rys. 1.

Cena aparatury niskiego napięcia wzrasta wraz ze zwiększaniem się mocy transformatora według prostej zbliżonej do podanej na rysunku 2.

#### 4. Czynniki wpływające na wielkość kosztu strat w transformatorach

Straty mocy i energii można obliczać ze wzorów (3):

$$\Delta P = (\Delta P_o + k_e \Delta Q_o) + (\Delta P_z + k_e \Delta Q_z) \beta^2 \quad (3)$$

$$\Delta A = (\Delta P_o + k_e \Delta Q_o) T_r + (\Delta P_z + k_e \Delta Q_z) \tau \cdot \beta^2 \quad (4)$$

gdzie:

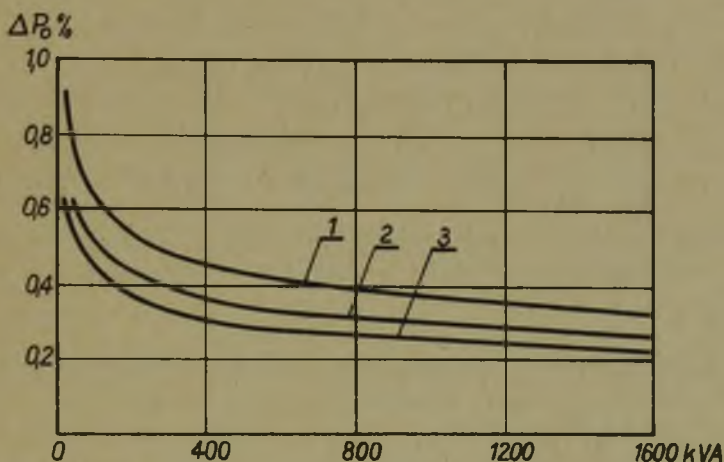
- $\Delta P_o, \Delta P_z$  - znamionowe straty jałowe i obciążeniowe mocy czynnej w transformatorze,
- $\Delta Q_o, \Delta Q_z$  - jałowe i obciążeniowe straty mocy biernej w transformatorze,
- $k_e \Delta Q_o, k_e \beta^2 \Delta Q_z$  - straty mocy czynnej w sieci pochodzące od strat biernych w transformatorze,
- $k_e$  - energetyczny równoważnik mocy biernej,
- $\beta = \frac{S}{S_n}$  - współczynnik obciążenia transformatora o mocy znamionowej  $S_n$ ,
- $T_r$  - czas pracy transformatora w ciągu roku,
- $\tau$  - czas trwania strat maksymalnych.

Ze wzrostem mocy znamionowej transformatorów danej serii straty rosną w przybliżeniu wg wzorów:

$$\Delta P_o = k_1 \cdot S_n^{0,75} \quad \text{i} \quad \Delta P_z = k_2 \cdot S_n^{0,75} \quad (5) \quad (6)$$

które łatwo można wyprowadzić, korzystając z zależności między stratami i mocą znamionową, a wymiarami liniowymi materiałów czynnych [3, 11]. Różnica między rzeczywistymi wartościami strat, a obliczonymi z powyższych wzorów nie przekracza 10% wartości rzeczywistej.

Przy stałym stosunku sąsiadujących ze sobą mocy znamionowych około 1,26, transformatory o większej mocy znamionowej mają o około 19% większe znamionowe straty jałowe i obciążeniowe od transformatorów o rząd mniejszych. Wielkość strat przypadająca na 1 kVA mocy transformatora maleje odpowiednio ze wzrostem mocy transformatorów wg krzywych na rys. 3 i 4.

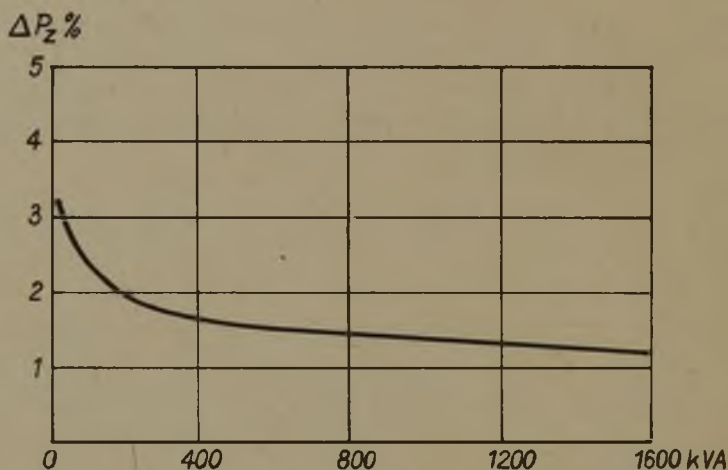


Rys. 3. Zależność strat jałowych od mocy znamionowej transformatorów o napięciu górnym 6 kV

Na rysunku 3 przedstawione są krzywe strat w stali w funkcji mocy znamionowej transformatorów. Krzywa 1 podaje straty w stali transformatorów o napięciu górnym 6 kV wg katalogu M-21 z 1958 roku. Krzywe 2 i 3 dotyczą takich samych transformatorów budowlanych obecnie [Katalog 45-M z 1961 r.]:

krzywa 2 - transformatorów o stratach jałowych normalnych,  
3 - o stratach obniżonych.

Wartości strat znamionowych w uzwojeniach transformatorów w ciągu ostatnich 20 lat praktycznie nie uległy zmianie. Przebieg ich w funkcji mocy przedstawia wykres na rysunku 4.



Rys. 4. Zależność strat obciążeniowych od mocy znamionowej transformatorów o napięciu górnym 6 kV

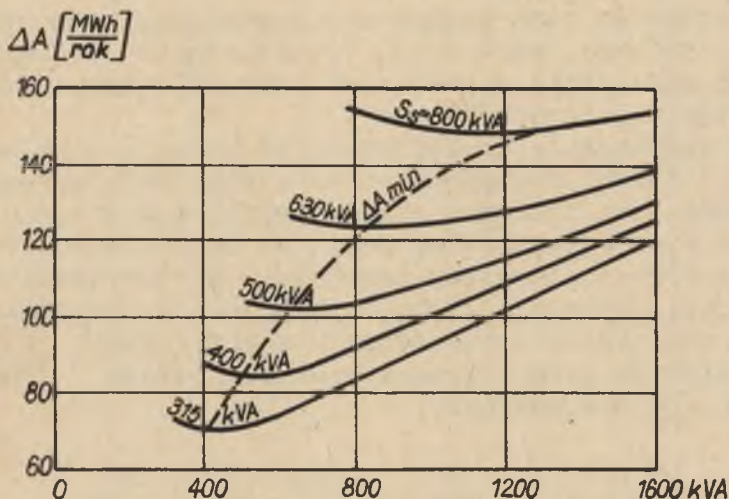
Przy obciążeniu transformatorów stałą mocą po stronie wtórnej straty jałowe wzrastają przy zastosowaniu transformatora o większej mocy, jak powiedziano, o około 19%, a straty obciążeniowe maleją do około 75% strat dla jednostki o rząd mniejszej.

$$\frac{\Delta P_{z2} \beta_2^2}{\Delta P_{z1} \beta_1^2} = \left(\frac{S_{n2}}{S_{n1}}\right)^{0,75} \cdot \left[\left(\frac{S}{S_{n2}}\right)^2 : \left(\frac{S}{S_{n1}}\right)^2\right] =$$

$$= \left(\frac{1}{1,26}\right)^{1,25} = 0,75$$



Zmniejszanie się strat obciążeniowych jest spowodowane tym, że przy stałym obciążeniu po stronie wtórnej kwadrat współczynnika obciążenia  $\beta$  maleje znacznie szybciej aniżeli wzrastają znamionowe straty obciążeniowe. Straty całkowite mogą więc jak to widać z krzywych na rys. 5, przy pewnej wartości mocy znamionowej osiągać wartość minimalną.



Rys. 5. Zależność całkowitych rocznych strat energii od mocy znamionowej transformatorów przy różnych mocach szczytowych, dla  $T_r = 8760$  h,  $T_s = 6000$  h,  $\cos \varphi = 0,8$

Dla obliczenia kosztów rocznych strat konieczna jest znajomość wartości jednostkowych kosztów mocy i energii -  $k_p$  i  $k_B$ . Jak wiadomo zależą one od miejsca występowania strat, udziału w szczycie, czasu trwania mocy szczytowej, wartości  $\cos \varphi$  itp. Dokładne ich ustalenie nie jest więc łatwe i stanowi osobny problem do rozwiązania.

Ponieważ w literaturze brak jest dostatecznych danych, konieczne jest korzystanie w obliczeniach z orientacyjnych jednostkowych kosztów energii podanych dla stacji ŚN/NN w projekcie instrukcji branżowej [3], lub oparcie się oczywiście przy innym sposobie liczenia na obowiązującej taryfie opłat za energię elektryczną.

Przez obliczenie dodatkowych strat mocy czynnej w sieci, wywołanych przesylem strat mocy biernej do transformatora wg poprzednio podanych wzorów uwzględnia się wzrost kosztów strat ponad przeciętne na skutek małego współczynnika strat mocy w transformatorach ( $\cos \varphi_{\Delta}$ ).

Na wielkość kosztu strat w transformatorach poza wielkością strat znamionowych i jednostkowymi kosztami mocy i energii mają wpływ również liczne czynniki określające charakter obciążenia.

Zaliczyć do nich można: moc szczytową, czas użytkowania mocy szczytowej, czas pracy transformatora w ciągu roku, rozkład obciążenia w poszczególnych zmianach, wartość i zmienność współczynnika mocy.

Dla rozwiązania wymienionych we wstępie problemów związanych z dobrem transformatorów w zakładach przemysłowych, konieczne jest dokładne ustalenie, w jakim stopniu poszczególne z tych czynników wpływają na wielkość kosztu strat oraz jakiego rzędu błędy powoduje nieuwzględnianie ich zmienności. Wymaga to dokonania odpowiednich pomiarów i analizy obciążenia transformatorów pracujących w zakładach przemysłowych oraz przeanalizowania sposobu obliczenia strat i kosztów rocznych.

##### 5. Zmienność strat i kosztów rocznych transformacji w funkcji obciążenia

Krzywa całkowitych względnych strat mocy dla transformatora o mocy znamionowej  $S_n$ , przy pewnym obciążeniu posiada minimum - rysunek 6.

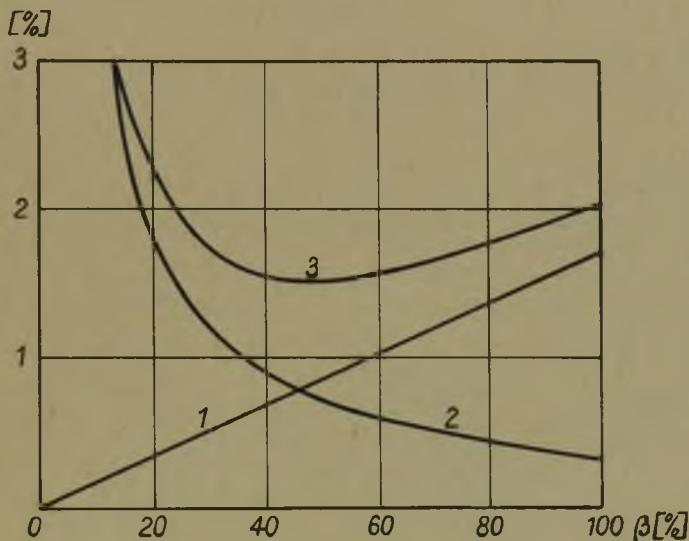
Minimum temu odpowiada maksimum krzywej sprawności transformatora. Zmienność sprawności w funkcji obciążenia, przy stałym  $\cos \varphi = 0,8$  dla transformatorów typu TON, o napięciu znamionowym górnym 6 kV oraz stosunku strat znamionowych

$\frac{\Delta P_z}{\Delta P_0} = 4,5$  przy stratach jałowych normalnych i

$\frac{\Delta P_z}{\Delta P_0} = 5$  przy stratach jałowych obniżonych przedstawiają

krzywe na rysunku 7.

Jak widać z powyższych krzywych, maksymalna sprawność, a więc minimalne straty względne występują przy obciążeniach około (40-50%). Przy obciążeniach niższych od 40% sprawność transformatorów gwałtownie maleje.



Rys. 6. Zależność względnych strat mocy od obciążenia dla transformatora o  $S_n = 1000$  kVA, przy  $\cos\varphi = 0,8$

1 -  $\Delta P_z/P$ , 2 -  $\Delta P_o/P$ , 3 -  $(\Delta P_o + \Delta P_z)/P$

W obliczeniach ekonomicznych, jak to już powiedziano interesują nas przede wszystkim koszty roczne. Ponieważ dla transformatora o danej mocy znamionowej przy obciążeniach o różnych mocach szczytowych, ale takich samych krzywych uporządkowanych obciążenia:

$$\Delta P = A_1 + B_1 \cdot S^2; \quad \Delta A = A_2 + B_2 \cdot S^2$$

oraz

$$k_j \cdot J = \text{const.},$$

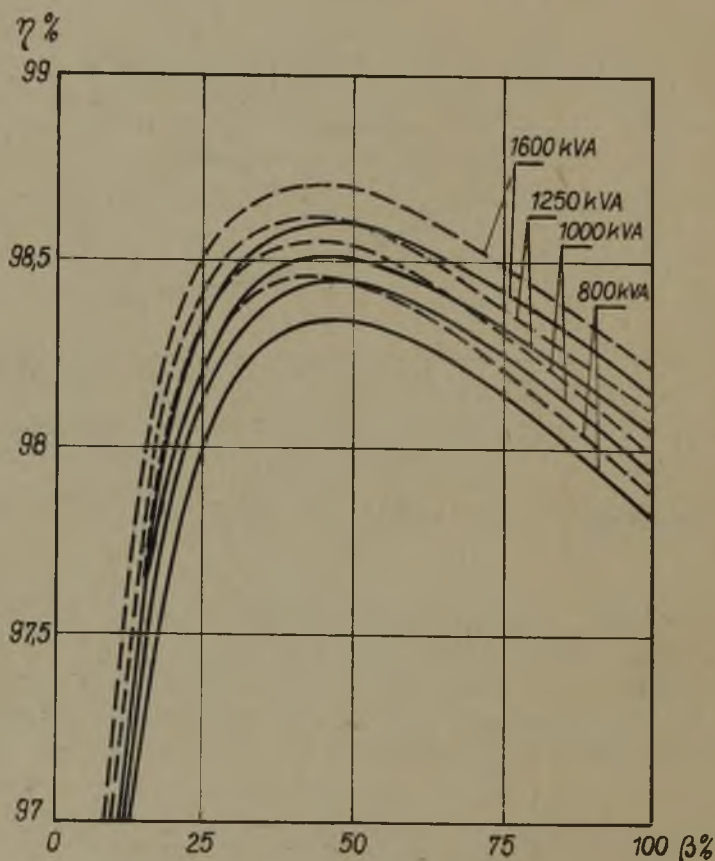
krzywa kosztów rocznych stanowi parabolę:

$$K_r = A + B \cdot S^2,$$

gdzie:

$S$  - obciążenie,

$A_1, B_1, A_2, B_2, A, B$  - dla transformatora o danej mocy znamionowej stałe.



Rys. 7. Zależność sprawności od obciążenia dla transformatorów o różnych mocach znamionowych przy  $\cos \varphi = 0,8$

————— Transformatory o stratach jałowych normalnych,  
 - - - - - " " " " " obniżonych.

Transformatorowi o mocy znamionowej o rząd wyższej odpowiada parabola o odpowiednio wyższej współrzędnej na początku A. Parabola ta rośnie wolniej (mniejsze B), ponieważ straty obciążeniowe przy tym samym obciążeniu są o 25% mniejsze dla transformatora o mocy o rząd wyższej. Punktem przecięcia się obu parabol odpowiada obciążenie, przy którym zaczyna być opłacalne użytkowanie transformatora o wyższej mocy znamionowej.

#### 6. Zależność strat energii i kosztów rocznych transformacji od czasu użytkowania mocy szczytowej

Obciążenie transformatorów ma na ogół charakter zmienny. Dla uwzględnienia zmienności obciążenia wprowadzono pojęcie tzw. sprawności energetycznej. Jest to stosunek energii użytecznej, oddanej w pewnym określonym czasie, np. w ciągu doby lub roku do energii doprowadzonej do transformatora w tym samym czasie

$$\eta = \frac{\sum_{1}^m P_{zm} \cdot t_m}{e \sum_{1}^m P_{2m} \cdot t_m + \Delta P_{zm} \cdot t_m + 8760 \cdot \Delta P_0}$$

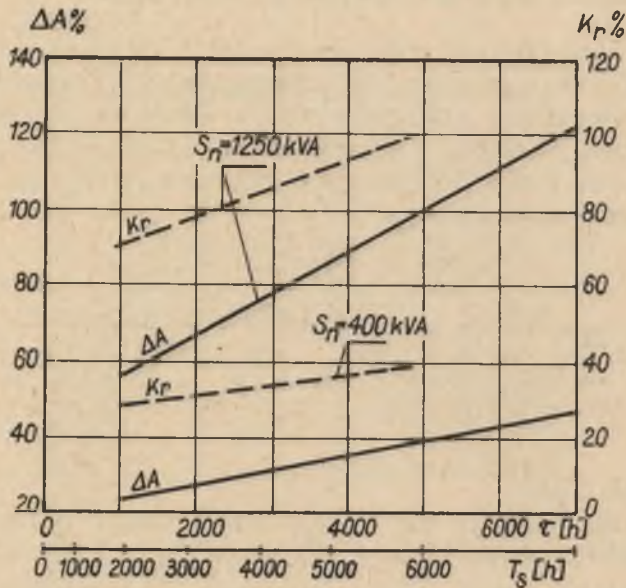
We wzorze tym:

m = liczba okresów 1, 2, 3, .... m w ciągu roku kiedy transformator oddaje moc  $P_{z1}$ ,  $P_{z2}$ , ....  $P_{zm}$ , przy czym czas trwania każdej z tych mocy wyrażony w godzinach wynosi  $t_1$ ,  $t_2$ , ...  $t_m$ . Straty w uzwojeniach są odpowiednio równe  $\Delta P_{z1}$ ,  $\Delta P_{z2}$ ,  $\Delta P_{z3}$ , ...  $\Delta P_{zm}$ .

W stosowanych metodach obliczania strat energii zmienność obciążenia uwzględnia się przez wprowadzenie czasu występowania mocy szczytowej, któremu przy danym  $\cos \varphi$  odpowiada określona wartość czasu trwania strat maksymalnych  $\tau$ . Poniżej porównane zostały straty i koszty roczne przy różnych czasach użytkowania mocy szczytowej dla transformatorów o napięciu znamionowym górnym 6 kV i stratach jałowych normalnych.

Koszty roczne strat energii obliczono w oparciu o ceny wynikające z obowiązującej taryfy opłat za energię elektryczną przy założeniu, że maksimum obciążenia występuje w godzinach szczytowych.

Zależność rocznych strat energii i kosztów rocznych od czasu trwania strat maksymalnych i czasu użytkowania mocy szczytowej przy  $\beta = \frac{S}{S_n} = 1$  i  $\cos \varphi = 0,8$  przedstawiono na rysunku 8.

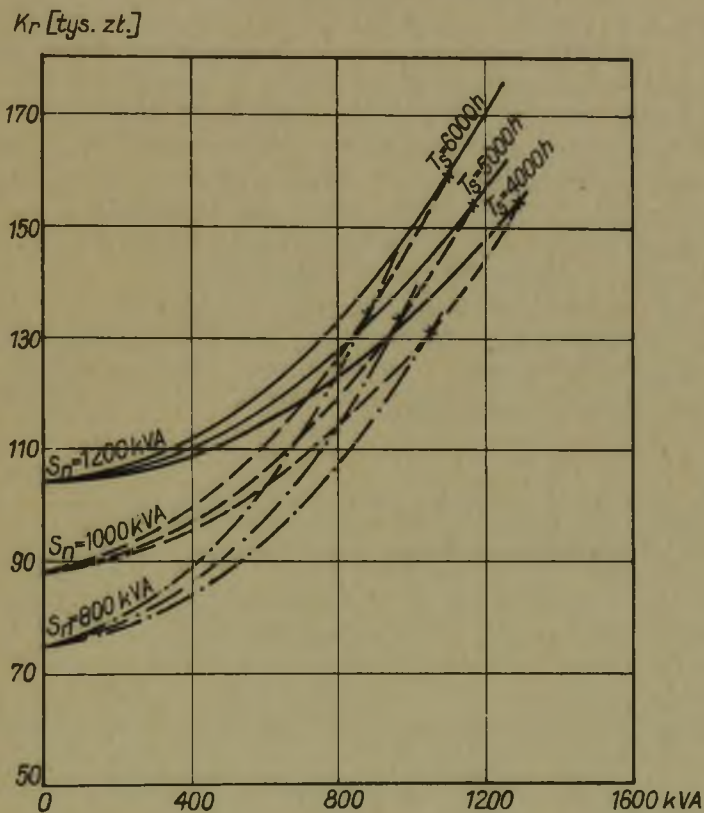


Rys. 8. Zależność rocznych strat energii i kosztów rocznych od czasu trwania strat maksymalnych i czasu użytkowania mocy szczytowej przy  $\beta = S/S_n = 1$  i  $\cos \varphi = 0,8$  w procentach odpowiednich wartości przy  $T_s = 6000$  h dla transformatora 1250 kVA

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń wzrostowi czasu trwania strat maksymalnych o 1000 h odpowiada wzrost kosztów rocznych dla danego transformatora o około 8%.

Na rysunku 9 przedstawiono krzywe kosztów rocznych w funkcji obciążenia przy różnych czasach użytkowania mocy

szczytowej. Dla transformatora o danej mocy znamionowej są to parabole posiadające taką samą rzędną początkową.



Rys. 9. Zależność kosztów rocznych od obciążenia przy różnych czasach użytkowania mocy szczytowej

Punkty przecięcia się parabol odpowiadających transformatorom o różnych mocach znamionowych przesuwają się w stronę większych obciążeń przy zmniejszaniu się czasu użytkowania mocy szczytowej. Oznacza to, że przy wzroście czasu użytkowania mocy szczytowej, zastosowanie transformatora o większej mocy znamionowej będzie ekonomicznie uzasadnione przy niższych współczynnikach obciążenia.

Dla transformatora o mocy znamionowej 1000 kVA optymalna ekonomicznie eksploatacja będzie występowała np. dla  $T_s = 5000$  h przy  $S/S_n = 0,96-1,19$ , a dla  $T_s = 6000$ h przy  $S/S_n = 0,89-1,1$ .

Porównując rysunki 5 i 6 z powyższymi wynikami można stwierdzić, że optymalna ekonomicznie eksploatacja transformatora występuje na ogół przy większych stopniach obciążenia, aniżeli minimum strat energii i strat mocy. Stąd wnioszek, że przy praktycznie równych kosztach rocznych należy dobierać transformatory o większej mocy znamionowej. Jak poza tym wykazują powyższe obliczenia ekonomicznie uzasadnione obciążenie może przewyższać moc znamionową transformatora. W jakim stopniu przeciążenie transformatora jest dopuszczalne w normalnej eksploatacji, można określić znając przebieg krzywej obciążenia.

Np. według danych francuskich dla czasów użytkowania mocy szczytowej rzędu 1000 h moc szczytowa obciążenia może osiągać wartość  $1,4 S_{zn}$  bez obawy o przedwczesne zesterzenie się transformatora.

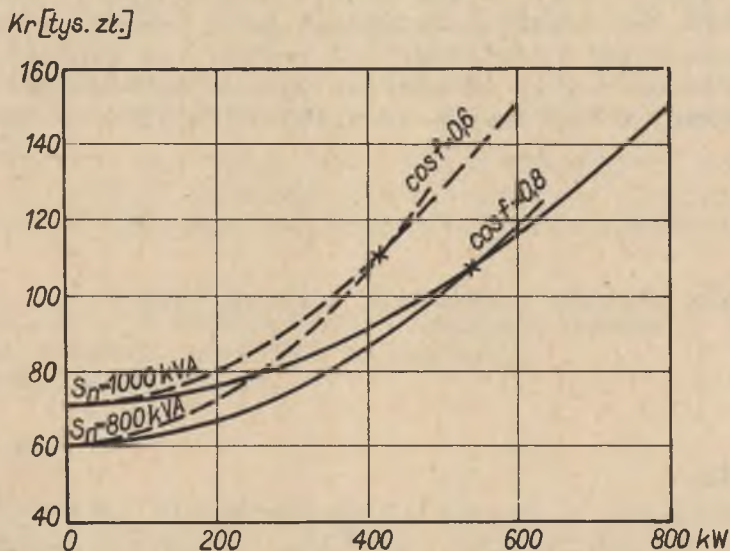
## 7. Wpływ współczynnika mocy na wielkość strat i kosztów rocznych transformacji

Ponieważ straty w żelazie transformatorów są niezależne od obciążenia, ich wielkość procentowa w stosunku do oddawanej mocy czynnej wzrasta w stosunku  $1:\cos\varphi$  przy zmniejszaniu się współczynnika mocy. Straty w uzwojeniach transformatorów (przy niezmięnionej mocy czynnej), przy zmniejszaniu się  $\cos\varphi$  zwiększają się w stosunku  $1:\cos^2\varphi$ . Przy zmniejszeniu się współczynnika mocy od  $\cos\varphi = 0,8$  do  $\cos\varphi = 0,6$  moc czynna transformatorów zmniejszy się więc od 0,8 do 0,6 mocy pozornej, czyli o 25%. Odpowiednio straty w uzwojeniach transformatorów wzrosną przy nie zmienionej mocy czynnej w stosunku  $0,8^2/0,6^2$ , czyli o 78%. Straty energii przy niezmięnionej mocy czynnej wzrastają zarówno wskutek zwiększenia się strat mocy jak i zwiększenia się czasu trwania strat maksymalnych  $\tau$ .

Krzywe kosztów rocznych w funkcji obciążenia mocą czynną dla dwu wartości współczynnika mocy  $\cos\varphi = 0,6$  i  $\cos\varphi = 0,8$  przedstawiono na rysunku 10. Dla transformatora o danej mocy znamionowej są to parabole o tej samej rzędnej



na początku układu. Przy większych wartościach  $\cos\varphi$  punkt przecięcia się krzywych odpowiadających transformatorom o



Rys. 10. Zależność kosztów rocznych od obciążenia mocą czynną przy  $T_r = 8760$  h i  $T_s = 6000$  h dla  $\cos\varphi = 0,8$  i  $\cos\varphi = 0,6$

różnych mocach znamionowych przesuwają się w kierunku większych obciążeń. Oznacza to, że przy mniejszych wartościach  $\cos\varphi$ , zastosowanie transformatora o większej mocy znamionowej będzie ekonomicznie uzasadnione przy niższych współczynnikach obciążenia.

## 8. Zakończenie

Jak wynika z przytoczonych rozważań nieuwzględnianie przy doborze transformatorów wielkości czasu użytkowania mocy szczytowej i współczynnika mocy może prowadzić do nieuzasadnionego zwiększenia kosztów rocznych. Również niekorzystne jest przewymiarowanie transformatorów, tzn. dobór

transformatorów o większej mocy znamionowej niż obciążenie maksymalne.

Aby uniknąć nieuzasadnionego względami technicznymi zwiększenia kosztów rocznych, trzeba każdorazowo przeprowadzić ich analizę. Należy przy tym wziąć pod uwagę, że przy danym obciążeniu maksymalnym mocą czynną zwiększenie mocy znamionowej transformatora będzie tym bardziej ekonomicznie uzasadnione, im większa będzie wartość czasu użytkowania mocy szczytowej i im mniejszy będzie  $\cos \varphi$ .

Rękopis złożono w Redakcji w lutym 1966 r.

#### LITERATURA

- [1] Kopecki K.: Ogólne założenia i metodyka rachunku gospodarczego w pracach planowo-projektowych w energetyce. Warszawa 1960.
- [2] Komisja Planowania przy Radzie Ministrów: Instrukcja ogólna w sprawie metodyki badań ekonomicznej efektywności inwestycji. PWE 1962.
- [3] Miedziński E.: Straty energii w urządzeniach elektrycznych. Warszawa 1965.
- [4] Miedziński E.: Ekonomiczny dobór transformatorów. Gospodarka paliwami i energią. 4/1964.
- [5] Ministerstwo Przemysłu Ciężkiego: Cennik Nr 59-Z/63 ZDiWA 1963.
- [6] Obrąpalski J.: Gospodarka energetyczna. Warszawa 1953.
- [7] Schenk K.: Problems of the optimal choice of transformers for industrial enterprises. Sympozjum dla racjonalizacji użytkowania energii elektrycznej. Warszawa 1962 r.

- [8] Kletenik B.I.: O wybore ekonomiczeski celesoobraznyh moszcznosti transformatornyh cechowych podstancji. Mat. k nauczno-techn. sowieszczaniu. Nowosybirsk 1963.
- [9] Prikłonskij E.N.: Wybór czisła transformatornyh podstancji. Elektrichestwo 4/1950 r.
- [10] Chaumier C.: Distribution par blocs - transformateurs installe's dans les ateliers. L'Elektricien 2031/1962.
- [11] Kniothe S.: Wpływ mocy transformatorów i rozmieszczenia stacji oddziałowych na straty w sieciach zakładów przemysłowych. Przegląd elektrotechniczny 2/1963 r.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАГРУЗКИ  
НА ПОДБОР МОЩНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРОВ  
В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Резюме

Из технической и экономической точки зрения была рассмотрена проблема зависимости оптимальной мощности и количества трансформаторов на цеховых станциях промышленных предприятий в зависимости от максимальной нагрузки и характера ее изменения.

EFFECT OF SOME CHARACTERISTIC LOAD - FACTORS  
ON THE POWER AND TRANSFORMERS NUMBER SELECTION  
IN THE INDUSTRIAL WORKS

S u m m a r y

Examination of the problem of the optimal power relation and transformers number from the technical and economical point of view, in the shop stations of the industrial plants depending on the maximal load and from the nature of its change.