

Transformatorowy układ Scotta

Mirosław Łukiewski

Połączenia między dwoma różnymi obwodami elektrycznymi lub między odbiornikiem a siecią elektryczną często realizuje się, stosując elementy pośredniczące. Urządzenia te dopasowują parametry energii elektrycznej lub konfigurację sieci zasilającej do potrzeb odbiornika. Doskonałym przykładem elementu pośredniczącego w połączeniu sieć – odbiornik jest transformatorowy układ Scotta.

Historia powstania układu Scotta

Charles F. Scott w 1885 roku, po ukończeniu studiów na Uniwersytecie Stanowym w Ohio, rozpoczął pracę na wydziale matematyki i fizyki Uniwersytetu Johna Hopkinsa. Po trzech latach dołączył do kadry inżynierskiej firmy Westinghouse Electric and Manufacturing z Pittsburga, gdzie asystował legendarnemu wynalazcy Nikoli Tesli w pracach nad rozwojem silników indukcyjnych prądu zmiennego [1]. W tym czasie uczestniczył w wielu projektach badawczych.

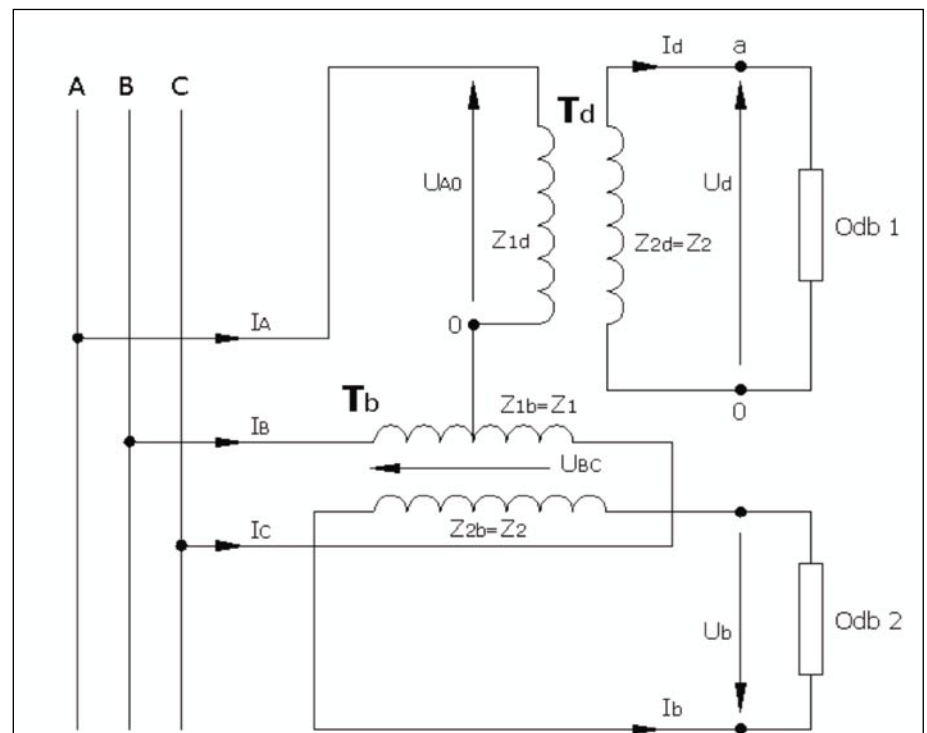
W 1895 roku firma Westinghouse uruchomiła pierwszą hydroelektrownię prądu zmiennego zlokalizowaną nad wodospadem Niagara. Zastosowano tam trójfazową linię energetyczną, z uwagi na większą sprawność przesyłu energii, oraz dwufazowe generatory mocy. Połączenie i popraw-

na praca różnofazowych elementów wymusiło powstanie układu pośredniczącego. Charles F. Scott zaprojektował w tym celu układ dwóch jednofazowych transformatorów (rys. 1), stanowiący bufor pomiędzy systemem sieciowym dwu- i trójfazowym. Po uruchomieniu pierwszego prototypowego układu firma Ge-

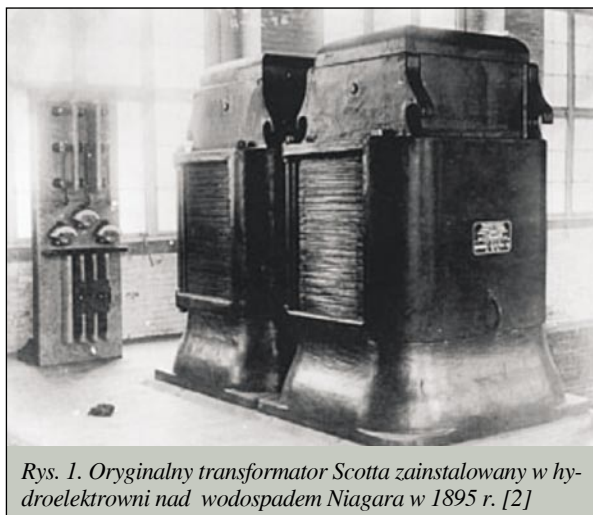
odbiornika dwufazowego lub grupy odbiorników jednofazowych.

ELHAND TRANSFORMATORY jest producentem transformatorowych układów Scotta, znajdujących szerokie zastosowanie w elektrotermii.

Transformatory, bazowy T_b i dodawczy T_d są jednofazowymi transformatorami o tych samych mocach. Pośrodku uzwojenia pierwotnego transformatora T_b wykonuje się odczep, który służy do połączenia z końcem uzwojenia pierwotnego transformatora T_d . Aby napięcia wtórne U_d i U_b transformatorów były równe co do modułu, transformatory muszą być zasilane z sieci symetrycznej oraz liczby zwojów uzwojeń pierwotnych muszą zachować następującą proporcję:



Rys. 2. Schemat połączeń transformatorowego układu Scotta [4]



Rys. 1. Oryginalny transformator Scotta zainstalowany w hydroelektrowni nad wodospadem Niagara w 1895 r. [2]

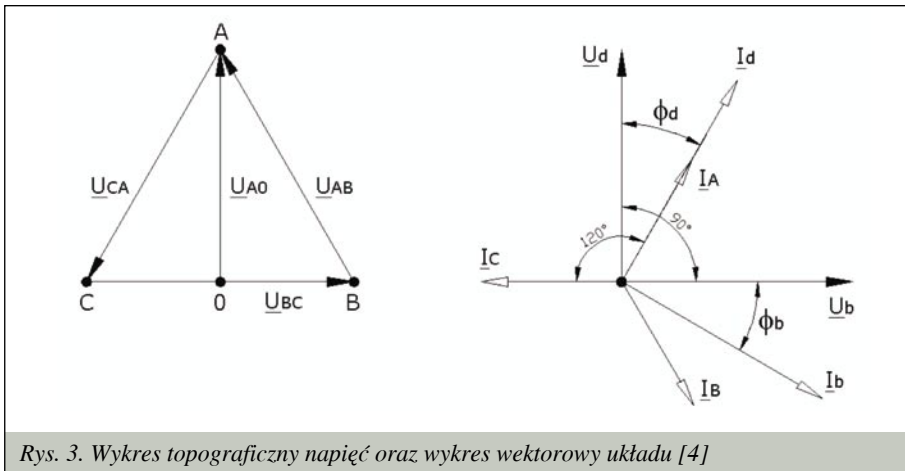
neral Electric podpisała kontrakt na budowę i rozwój opublikowanego układu Scotta na licencji Westinghousea [2].

Transformatorowy układ dopasowujący

Jednofazowe transformatory pracujące w konfiguracji przedstawionej na rysunku tworzą tak zwany układ Scotta. Jest on przykładem dopasowania trójfazowej sieci zasilającej oraz

$$\frac{U_{A0}}{U_{BC}} \approx \frac{Z_{1d}}{Z_{1b}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow Z_{1d} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot Z_1 \quad (1)$$

Zależność powyższa wynika również z wykresu topograficznego napięć dla układu. Jeśli konstrukcyjnie zapewnimy taką proporcję pomiędzy zwojami pierwotnymi transformatorów, ich rdzenie będą pracowały w identycznych warunkach magnetycznych. W rdzeniach powstaną takie same strumienie magnetyczne główne, napięcia zwojowe w obu transformatorach będą również takie same, co przy równych liczbach zwojów uzwojeń wtórnych $Z_{2d} = Z_{2b}$ pozwoli uży-



Rys. 3. Wykres topograficzny napięć oraz wykres wektorowy układu [4]

skąć identyczne napięcia wtórne transformatorów $U_d = U_b$. Kąt przesunięcia fazowego między wektorami napięć wtórnych wynosi $\alpha = \pi/2$ [3, 4].

Ważną zaletą przedstawionego układu jest fakt, iż przy symetrycznym obciążeniu dwufazowym również symetrycznie obciążona jest trójfazowa sieć zasilająca. W takim przypadku moduły prądów I_A , I_B oraz I_C są równe, a kąt przesunięcia fazowego między nimi powinien wynosić $2\pi/3$.

Korzystając z prawa przepływu z pominięciem prądów jałowych transformatorów, możemy zapisać, iż amperozwoje stron pierwotnych i wtórnych transformatorów są sobie równe [3, 4]:

$$I_A \cdot Z_{1d} - I_d \cdot Z_{2d} \approx 0 \Rightarrow I_A \cdot Z_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - I_d \cdot Z_2 \approx 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} I_B \cdot \frac{Z_{1b}}{2} - I_C \cdot \frac{Z_{1b}}{2} - I_b \cdot Z_{2b} \approx 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow I_B \cdot \frac{Z_1}{2} - I_C \cdot \frac{Z_1}{2} - I_b \cdot Z_2 \approx 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Dodatkowo wykorzystamy równanie zgodne z prawem Kirchhoffa oraz wykonamy założenie, iż dwufazowe obciążenie układu Scotta jest symetryczne:

$$I_A + I_B + I_C = 0 \quad (4)$$

$$I_b = -jI_d \quad (5)$$

Rozwiązaniem przedstawionego układu równań (2, 3, 4) względem prądów I_A , I_B oraz I_C są zależności dowodzące, że obciążenie sieci zasilającej jest symetryczne [3, 4]:

$$I_B = I_A \cdot \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = I_A e^{-j\frac{2}{3}\pi} \quad (6)$$

$$I_C = I_A \cdot \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = I_A e^{j\frac{2}{3}\pi} \quad (7)$$

Literatura

- [1] www.ieee.org – SCOTT C.F.: *IEEE History Center, 1864–1944*.
- [2] www.ieee.org – BLALOCK T.J.: *The first Polyphase System*.
- [3] BAJOREK Z.: *Teoria maszyn elektrycznych*, PWN, Warszawa 1982.
- [4] PLAMITZER A.M.: *Maszyny elektryczne*, WNT, Warszawa 1986.



Rys. 4. Transformatory w układzie Scotta



ELHAND TRANSFORMATORY

42-700 Lubliniec
ul. PCK 22
tel. 034-353 17 10
034-351 32 20
fax 034-356 40 03
e-mail: info@elhand.pl
www.elhand.pl



ELHAND TRANSFORMATORY
PL 42-700 Lubliniec, ul. PCK 22
tel. +48 34 353 17 10
tel. +48 34 351 32 20
fax +48 34 356 40 03
info@elhand.pl
www.elhand.pl

w y r ó ż n i a n a s j a k o ś ć

TRANSFORMATORY
mocy od 0,05 kVA do 1000 kVA

DŁAWIKI

silnikowe, sieciowe, filtracyjne
kompensacyjne, wygładzające
sprzęgające, specjalne

ZASILACZE DC

reklama