

oprócz granic błędu skutkiem niedokładności przekładni transformatora, również niedokładność, wywołaną niewłaściwym przesunięciem fazy prądu wtórnego względem pierwotnego w transformatorach prądowych i napięcia wtórnego względem napięcia pierwotnego w transformatorach napięciowych.

Przesunięcie powyższych faz powinno wynosić 180° , lecz zupełnie dokładnie tego nie można osiągnąć i przez to w pewnych wypadkach przy pomiarach bardzo dokładnych wypada wprowadzać odpowiednią poprawkę. Dobre transformatoriki wykazują odchylenie od 180° na 15 do 36 minut przy obciążeniu od 20% do pełnego.

Transformatoriki ściśle, osobliwego ustroju, dają odchylenia nawet mniejsze od 10 minut, więc poprawka tu może być pominięta. Wogóle należy zaznaczyć, że poprawka niedokładności różnicy faz odgrywa tem większą rolę, im większy jest kąt przesunięcia fazy prądu względem napięcia w odbiorniku.

Jeżeli przez δ oznaczmy zmianę kąta różnicy faz pomiędzy V i J , wywołaną niedokładnością przesunięcia faz napięcia i prądu w transformatorach miernikowych, to powstający stąd błąd bezwzględny pomiaru mocy prądu watomierzem będzie:

$$b = VJ \cos(\varphi \pm \delta) - VJ \cos \varphi.$$

Kąt δ jest bardzo mały, więc można przyjąć: $\cos \delta = 1$, a $\sin \delta = \delta$. Wtedy po przekształceniu wypadnie:

$$b = VJ \cos \varphi \cdot (\delta \cdot \operatorname{tg} \varphi).$$

Jeżeli δ' wyrażać będzie ten sam kąt δ , ale w minutach, to błąd względny w % wypadnie:

$$b' = \frac{b}{VJ \cos \varphi} \cdot 100 = \delta' \cdot \frac{\pi \cdot \operatorname{tg} \varphi}{108}.$$

Np. przy $\delta' = 35'$ i $\angle \varphi = 30^\circ$, co odpowiada $\cos \varphi = 0,866$, b' wyniesie 0,582%.

46. Moc prądu trójfazowego — wzór ogólny.

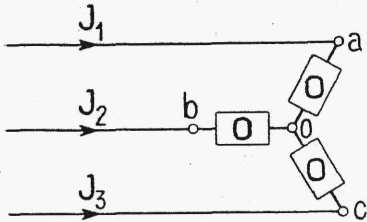
Celem wyzyskania wszystkich trzech faz prądu trójfazowego, odbiorniki prądu włącza się zazwyczaj w sposób wskazany na rys. 98 i 99. Odbiornikami, wskazanymi na tych rysunkach, mogą być np. lampki elektryczne, albo też poszczególne części uzwojenia silnika trójfazowego.

Jeżeli opory omowe i indukcyjne poszczególnych odbiorników są jednakowe, to $I_1 = I_2 = I_3$, $i_1 = i_2 = i_3$, $V_{ao} = V_{bo} = V_{co}$, a $V_{ab} = V_{bc} = V_{ca}$.

Różnica faz pomiędzy i_1 , i_2 , i i_3 wynosi 120° , pomiędzy I_1 , I_2 i I_3 również 120° . Taką samą różnicę faz mamy pomiędzy V_{ao} , V_{bo} i V_{co} i po-

między V_{ab} , V_{bc} i V_{ca} . Jeżeli zaś odbiorniki nie są jednakowe, to niema powyższych równości i różnice faz są różne, mianowicie większe, lub mniejsze od 120° .

Dla zrozumienia rozmaitych sposobów włączania watomierzy, wyprowadzimy tu przedewszystkiem wyrażenie ogólne całkowitej mocy prądu trójfazowego, w przypuszczeniu, że odbiorniki są różne, czyli, że prądy w poszczególnych fazach nie są jednakowe, a napięcia międzyprzewodowe także niezupełnie równe, ze względu na różny spadek napięcia w przewodach.



Rys. 98. Układ odbiorników prądu trójfazowego w gwiazdę.

$i_1, i_2, i_3, V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}, V_{ao}, V_{bo}, V_{co}$, a to stosownie do rys. 98 i 99. Strzałkami na tych rysunkach oznaczone są kierunki dodatnie prądów i napięć.

W razie połączenia w gwiazdę (rys. 98), moc całkowita prądu trójfazowego w danej chwili — P będzie równa sumie mocy w tejże chwili w poszczególnych fazach:

$$P = V_{ao} J_1 + V_{bo} J_2 + V_{co} J_3.$$

Według pierwszego prawa Kirchhoffa:

$$J_3 = -J_1 - J_2;$$

wprowadzając zaś ten wyraz dla J_3 w równanie mocy otrzymamy:

$$P = (V_{ao} - V_{co}) \cdot J_1 + (V_{bo} - V_{co}) \cdot J_2.$$

Oznaczając przez literę V z odpowiednim znacznikiem potencjał w danym punkcie, otrzymamy:

$$V_{ao} = V_a - V_o, \quad V_{bo} = V_b - V_o \quad \text{i} \quad V_{co} = V_c - V_o,$$

skąd:

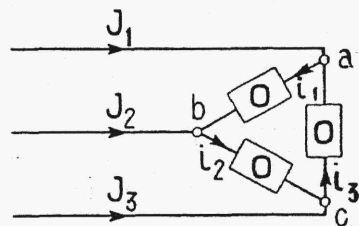
$$V_{ao} - V_{co} = (V_a - V_o) - (V_c - V_o) = V_a - V_c,$$

$$V_{bo} - V_{co} = (V_b - V_o) - (V_c - V_o) = V_b - V_c.$$

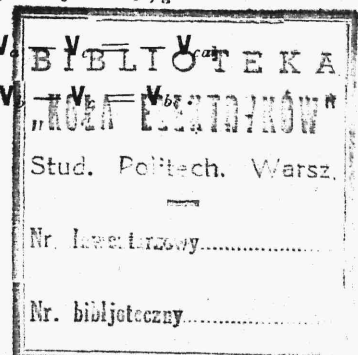
Możemy więc napisać, że:

$$P = V_{bc} J_2 - V_{ca} J_1.$$

Aby uniknąć znakowania zbyt złożonego, oznaczamy tu chwilowe wartości prądów i napięć przez J_1, J_2, J_3 ,



Rys. 99. Układ odbiorników prądu trójfazowego w trójkąt.



W razie połączenia w trójkąt, moc całkowita prądu trójfazowego w danej chwili P będzie także równa sumie mocy w tejże chwili w poszczególnych fazach, czyli P :

$$P = V_{ab} i_1 + V_{bc} i_2 + V_{ca} i_3.$$

Napięcie V_{ab} może być wyrażone przez V_{bc} i V_{ca} :

$$V_{bc} + V_{ca} = (V_b - V_c) + (V_c - V_a) = -(V_a - V_b) = -V_{ab}.$$

Podstawiając zaś powyższy wyraz dla V_{ab} w równanie dla mocy, otrzymamy:

$$P = V_{bc} \cdot (i_2 - i_1) + V_{ca} \cdot (i_3 - i_1).$$

Według pierwszego prawa Kirchhoffa:

$$i_2 - i_1 = J_2.$$

$$i_3 - i_1 = -J_1,$$

$$P = V_{bc} J_2 - V_{ca} J_1.$$

Widzimy więc, że moc prądu trójfazowego w obu przypadkach wyraża się tym samym wzorem.

Jeżeli oznaczmy $-V_{ca}$ przez V_{ac} , to:

$$P = V_{ac} J_1 + V_{bc} J_2.$$

W praktyce mamy do czynienia zwykle nie z mocą w danej chwili, ale z mocą średnią, którą będziemy nazywali krótko mocą prądu trójfazowego, oznaczając ją przez P . Mamy zatem:

$$P = (V_{ac} \cdot J_1)_s + (V_{bc} \cdot J_2)_s,$$

gdzie nawiasy i znaczek s oznaczają, że są to wartości średnie z iloczynów odpowiednich wielkości chwilowych.

Założmy teraz, że napięcia i prądy zmieniają się tu w zależności od czasu, dokładnie według sinusoidy, i oznaczmy różnicę faz pomiędzy napięciem V_{ac} i prądem J_1 przez φ_1 , a różnicę faz pomiędzy napięciem V_{bc} i prądem J_2 przez φ_2 . Wtedy otrzymamy:

$$P = V_{ac} J_1 \cos \varphi_1 + V_{bc} J_2 \cos \varphi_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

Litery V_{ac} , V_{bc} , J_1 i J_2 oznaczają tu wartości skuteczne prądów i napięć. Kąt φ_1 lub φ_2 może tu wypaść większy od 90° , a wtedy odpowiedni wyraz staje się ujemnym; pamiętać więc należy, że mamy tu do czynienia z sumą algebraiczną.