

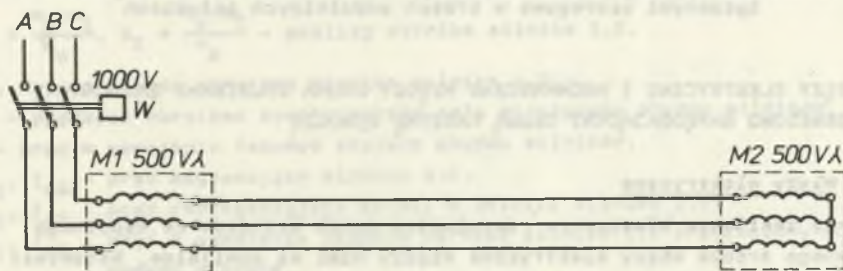
Zygfryd LIBERUS

Instytut Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa
Politechniki Śląskiej w GliwicachANALIZA STRAT W DWÓCH SZEREGOWO POŁĄCZONYCH SILNIKACH
NAPĘDZAJĄCYCH PRZENOŚNIKI LUB STRUGI WĘGLOWE

Streszczenie. Opisano ogólnie wpływ szeregowego połączenia uzwojeń dwóch silników indukcyjnych klatkowych napędzających wspólnie jedną rozległą maszynę roboczą na składniki strat całkowitych w tych silnikach. Pokazano wyniki obliczenia tych strat w ujęciu statycznym, w konkretnych typach silników napędzających przyjęty model przenośnika taśmowego, zgrzeblowego i struga węglowego.

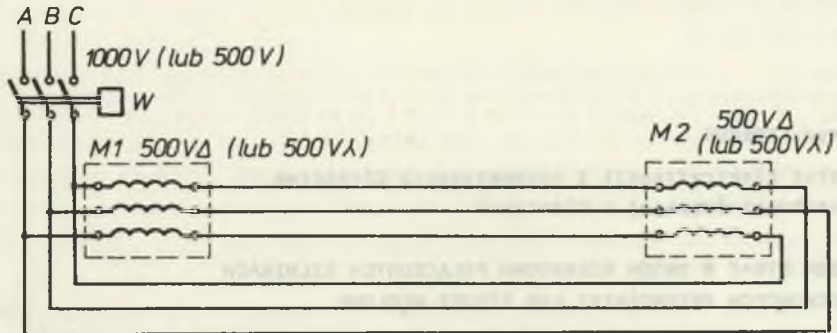
1. UKŁADY ZASILANIA SZEREGOWEGO DWÓCH SILNIKÓW INDUKCYJNYCH KŁATKOWYCH

Przy zasilaniu szeregowym poszczególne uzwojenia fazowe obydwu silników połączone są osobnie. Wobec tego prądy płynące w uzwojeniach fazowych stojanów obydwu silników są identyczne. Zasilanie silników indukcyjnych klatkowych z uzwojeniami połączonymi szeregowo można zrealizować w trójaki sposób, co pokazano na rys. 1 do 3.

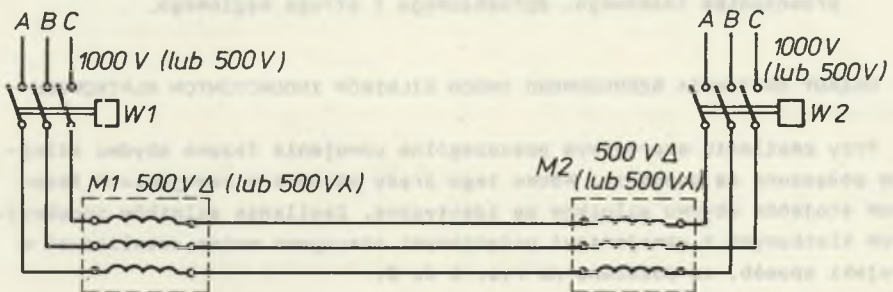


Rys. 1. Schemat ideowy układu zasilania dwóch silników z uzwojeniami połączonymi szeregowo i skojarzonymi w gwiazde

Układy zasilania szeregowego silników indukcyjnych napędzających wspólnie jedną rozległą maszynę roboczą, zwłaszcza przenośniki lub strugi węglowe, budzą zainteresowanie głównie dlatego, że rozwiązują one praktycznie problem wyrównywania obciążeń silników.



Rys. 2. Schemat ideowy układu zasilania dwóch silników z uzwojeniami połączonymi szeregowo w zamknięty obwód



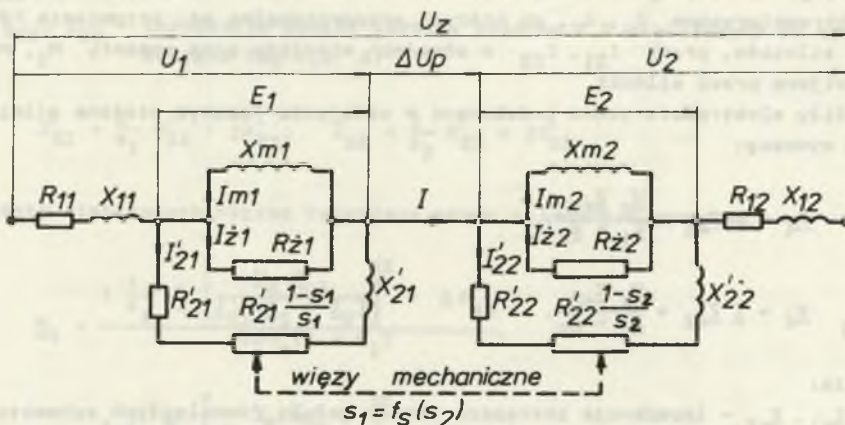
Rys. 3. Schemat ideowy układu zasilania dwóch silników z uzwojeniami połączonymi szeregowo w trzech oddzielnych gałęziach

2. WIĘZY ELEKTRYCZNE I MECHANICZNE MIĘDZY DWOMA SILNIKAMI ZASILANYMI SZEREGOWO NAPĘDZAJĄCYMI JEDNĄ MASZYNĘ ROBOCZĄ

2.1. Więzy elektryczne

Przy zasilaniu klasycznym równoległym dwóch silników ze wspólnego sztywnego źródła więzy elektryczne między nimi są pomijalne. Natomiast przy zasilaniu szeregowym dwóch silników indukcyjnych klatkowych pojawiają się silne i znamienne w skutkach więzy elektryczne. Do opisanie ich przydatny jest schemat zastępczy obwodu elektrycznego dwóch silników pokazany na rys. 4, gdzie:

- R_{11}, R_{12} - rezystancja uzwojenia fazowego stojana silnika 1,2,
- X_{11}, X_{12} - reaktancja rozproszenia uzwojenia fazowego stojana silnika 1,2,
- X_{m1}, X_{m2} - reaktancja magnesowania silnika 1,2,



Rys. 4. Schemat zastępczy jednej fazy dwóch silników indukcyjnych z uzwojeniami połączonymi szeregowo wg rys. 1, 2 i 3

R_{z1}, R_{z2} - rezystancja reprezentująca straty w żelazie silnika 1,2,

R'_{21}, R'_{22} - rezystancja uzwojenia fazowego wirnika silnika 1,2 przeliczona do obwodu stojana,

X'_{21}, X'_{22} - reaktancja rozproszenia uzwojenia fazowego wirnika silnika 1,2 przeliczona do obwodu stojana,

$R'_{21} \frac{1-s_1}{s_1}, R'_{22} \frac{1-s_2}{s_2}$ - rezystancja reprezentująca moc mechaniczną pola wirującego silnika 1,2,

$s_1 = \frac{n_0 - n_1}{n_0}, s_2 = \frac{n_0 - n_2}{n_0}$ - poślizg wirnika silnika 1,2,

n_1, n_2 - prędkość obrotowa wirnika silnika 1,2,

n_0 - prędkość obrotowa synchroniczna pola wirującego obydwu silników,

I - prąd w uzwojeniu fazowym stojana obydwu silników,

I_{m1}, I_{m2} - prąd magnesujący silnika 1,2,

I_{z1}, I_{z2} - prąd reprezentujący straty w żelazie silnika 1,2,

I'_{21}, I'_{22} - prąd w uzwojeniu fazowym wirnika silnika 1,2 przeliczony do obwodu stojana,

U_z - napięcie zasilania,

U_1, U_2 - napięcie na zaciskach uzwojenia fazowego stojana silnika 1,2,

E_1, E_2 - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu fazowym stojana silnika 1,2.

Więzy elektryczne tkwią we wpływie parametrów i obciążenia silnika pierwszego na wartość strumienia, prądu wirnika i momentu silnika drugiego oraz odwrotnie, we wpływie parametrów i obciążenia silnika drugiego na wartość strumienia, prądu wirnika i momentu silnika pierwszego. Natomiast na prąd I w uzwojeniach stojanów parametry i obciążenia silników wpływają wspólnie i jednocześnie.

Wzajemny wpływ jakościowy wleźów elektrycznych widać z wyrażeń na siły elektromotoryczne E_1 , E_2 , do których proporcjonalne są: strumienie Φ_1 , Φ_2 silników, prądy I'_{21} , I'_{22} w obwodach wirników oraz momenty M_1 , M_2 rozwijane przez silniki.

Siły elektromotoryczne indukowane w uzwojeniu fazowym stojana silnika 1,2 wynoszą:

$$E_1 = I Z_{e1} = \frac{U_z Z_{e1}}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

$$E_2 = I Z_{e2} = \frac{U_z Z_{e2}}{Z_1 + Z_2} \quad (2)$$

gdzie:

Z_{e1} , Z_{e2} - impedancja zastępcza trzech gałęzi równoległych schematu zastępczego silnika 1,2 na rys. 4,

Z_1 , Z_2 - impedancja zastępcza silnika 1,2,

$$Z_{e1} = \frac{R_{21} X_{m1}^2 \left(\frac{1}{s_1^2} R'_{21}{}^2 + \frac{1}{s_1} R'_{21} R_{21} + X'_{21}{}^2 \right) + j X_{m1} R_{21}^2 (X'_{21}{}^2 + X'_{21} X_{m1} + \frac{1}{s_1^2} R'_{21}{}^2)}{\left(\frac{1}{s_1} R'_{21} R_{21} - X'_{21} X_{m1} \right)^2 + (R_{21} X'_{21} + R_{21} X_{m1} + \frac{1}{s_1} R'_{21} X_{m1})^2} \quad (3)$$

$$Z_{e2} = \frac{R_{22} X_{m2}^2 \left(\frac{1}{s_2^2} R'_{22}{}^2 + \frac{1}{s_2} R'_{22} R_{22} + X'_{22}{}^2 \right) + j X_{m2} R_{22}^2 (X'_{22}{}^2 + X'_{22} X_{m2} + \frac{1}{s_2^2} R'_{22}{}^2)}{\left(\frac{1}{s_2} R'_{22} R_{22} - X'_{22} X_{m2} \right)^2 + (R_{22} X'_{22} + R_{22} X_{m2} + \frac{1}{s_2} R'_{22} X_{m2})^2} \quad (4)$$

$$Z_1 = R_{11} + j X_{11} + Z_{e1} \quad (5)$$

$$Z_2 = R_{12} + j X_{12} + Z_{e2} \quad (6)$$

Prądy w obwodach wirnika silnika 1,2, przeliczone do obwodów stojana, wynoszą:

$$I'_{21} = \frac{E_1}{Z'_{21}} = \frac{U_z Z_{e1}}{Z'_{21} (Z_1 + Z_2)} \quad (7)$$

$$I'_{22} = \frac{E_2}{Z'_{22}} = \frac{U_z Z_{e2}}{Z'_{22} (Z_1 + Z_2)} \quad (8)$$

gdzie:

Z'_{21} , Z'_{22} - impedencja gałęzi wirnika silnika 1,2 przeliczona do obwodu stojana (wg rys. 4)

$$Z'_{21} = \frac{1}{s_1} R'_{21} + jX'_{21}, \quad Z'_{22} = \frac{1}{s_2} R'_{22} + jX'_{22} \quad (9)$$

Momenty elektromechaniczne rozwijane przez silnik 1,2 wynoszą:

$$M_1 = \frac{3 \frac{1}{s_1} R'_{21} \left[\frac{U_2 Z_{e1}}{Z'_{21} (Z_{e1} + Z'_{21})} \right]^2 - \Delta P_{m1}}{2\pi n_0 (1 - s_1)} \quad (10)$$

$$M_2 = \frac{3 \frac{1}{s_2} R'_{22} \left[\frac{U_2 Z_{e2}}{Z'_{22} (Z_{e2} + Z'_{22})} \right]^2 - \Delta P_{m2}}{2\pi n_0 (1 - s_2)} \quad (11)$$

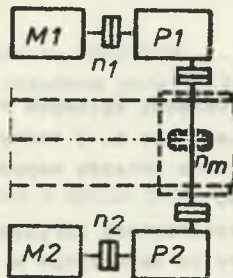
gdzie:

ΔP_{m1} , ΔP_{m2} - straty mocy mechanicznej na tarcie i wentylację w silniku 1,2.

2.2. Więzy mechaniczne

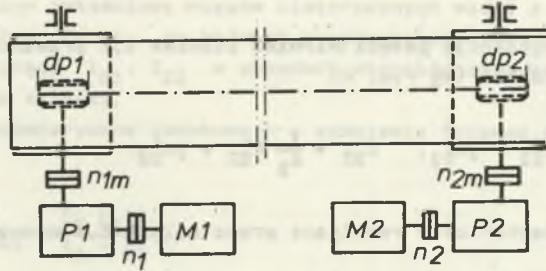
Ogólnie więzy mechaniczne między dwoma silnikami napędzającymi wspólnie jedną maszynę roboczą można ująć zapisem:

$$n_1 = f_n(n_2) \quad \text{lub} \quad s_1 = f_s(s_2). \quad (12)$$



Rys. 5. Ilustracja sprzężenia silników wałem

Postać funkcji (12) determinują własności przekładni i sprzęgieł łączących silniki z maszyną oraz własności elementów maszyny łączących sprzęgieła - rys. 5 i 6. Dalejsze rozważania będą przeprowadzone przy sztywnych sprzęgłach oraz w stanach ustalonych. Zatem przy tych założeniach funkcja (12) przyjmuje postać:



Rys. 6. Ilustracja sprzężenia silników taśmą bądź łańcuchem

- gdy silniki łączy wał - rys. 5

$$n_1 = n_2 \frac{i_1}{i_2}, \quad (13)$$

- gdy silniki łączy taśma - rys. 6 i 7

$$n_1 = n_2 \frac{i_1 d_2}{i_2 d_1} \cdot \frac{(k_1 b z + \sigma_1) k_3}{(k_3 b z + \sigma_3) k_1}, \quad (14)$$

- gdy silniki łączy łańcuch - rys. 6 i 7

$$n_1 = n_2 \frac{i_1 d_{p2}}{i_2 d_{p1}}, \quad (15)$$

- gdy silniki łączy głowica i łańcuch struga - rys. 8

$$n_1 = n_2 \frac{i_1 d_{p2}}{i_2 d_{p1}} \cdot \frac{y}{z}, \quad (16)$$

gdzie:

i_1, i_2 - przełożenie przekładni kątowych P1, P2,

d_1, d_2 - średnica bębna pędowego 1, 2 taśmy,

d_{p1}, d_{p2} - średnica podziałowa gwiazdy napędowej 1,2 łańcucha przenośnika lub struga,

k_1, k_3 - przekładkowy współczynnik sprężystości taśmy w punkcie 1,3 - rys. 7 - zależny od naprężenia w taśmie,

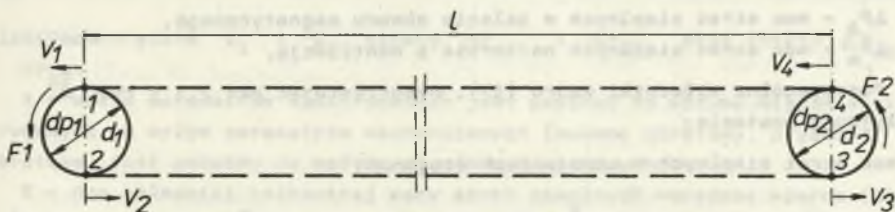
b - szerokość taśmy,

z - liczba przekładek w taśmie,

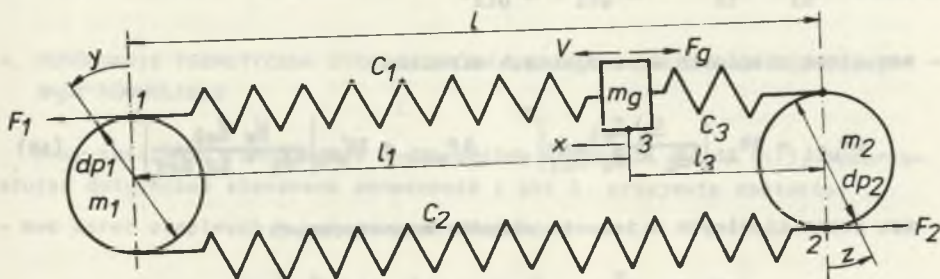
σ_1, σ_3 - naprężenie mechaniczne w taśmie w punkcie 1,3 - rys. 7,

x, y, z - współrzędna drogi punktu 3, 1, 2

$$y = f(F_1, C_1, x), \quad z = f(F_2, C_2, 1)$$



Rys. 7. Schemat przyjętego modelu przenośnika taśmowego i zgrzebielowego



Rys. 8. Schemat przyjętego modelu struga węglowego

C_1, C_2, C_3 - stała sprężystości odcinka łańcucha o długości l_1, l_2, l_3
 - rys. 8, przy czym

$$C_1 = \frac{ES}{1-x} = f_1(x), \quad C_2 = \frac{ES}{l} = \text{const}, \quad C_3 = \frac{ES}{x} = f_3(x)$$

gdzie:

- E - moduł Younga,
- S - przekrój poprzeczny łańcucha,
- F_1, F_2 - siła obwodowa napędowa gwiazdy łańcuchowej napędu wysypowego, zwrotnego.

3. OPIS CIEPLNYCH STRAT MOCY W DWÓCH JEDNAKOWYCH SILNIKACH ZASILANYCH SZEREGOWO

Moc strat ciepłych w silniku indukcyjnym ma cztery istotne składniki:

$$\Delta P_c = \Delta P_{u1} + \Delta P_{u2} + \Delta P_z + \Delta P_m \quad (17)$$

gdzie:

$\Delta P_{u1}, \Delta P_{u2}$ - moc strat ciepłych w uzwojeniu stojana, wirnika,

ΔP_z - moc strat ciepłych w żelazie obwodu magnetycznego,

ΔP_m - moc strat ciepłych na tarcie i wentylację.

Poszczególne składniki wzoru (17), wykorzystując pkt 2.1 i rys. 4, przyjmują postacie:

- moc strat ciepłych w uzwojeniach stojanów:

$$\Delta P_{u11} = 3R_{11} \left| \frac{U_z}{Z_1 + Z_2} \right|^2, \quad \Delta P_{u12} = 3R_{12} \left| \frac{U_z}{Z_1 + Z_2} \right|^2. \quad (18)$$

a wobec $R_{11} \approx R_{12} \rightarrow \Delta P_{u11} \approx \Delta P_{u12}$,

- moc strat ciepłych w uzwojeniach wirników:

$$\Delta P_{u21} = 3R'_{21} \left| \frac{U_z Z_{o1}}{(Z_1 + Z_2) Z'_{21}} \right|^2, \quad \Delta P_{u22} = 3R'_{22} \left| \frac{U_z Z_{o2}}{(Z_1 + Z_2) Z'_{22}} \right|^2. \quad (19)$$

- moc strat ciepłych w żelazie obwodów magnetycznych:

$$\Delta P_{z1} = \frac{3}{R_{z1}} \left| \frac{U_z Z_{o1}}{Z_1 + Z_2} \right|^2, \quad \Delta P_{z2} = \frac{3}{R_{z2}} \left| \frac{U_z Z_{o2}}{Z_1 + Z_2} \right|^2. \quad (20)$$

- moc strat ciepłych na tarcie i wentylację:

$$\Delta P_{m1} = \frac{1}{\eta_{n1}} P_{n1} (1 - \eta_{m1}), \quad \Delta P_{m2} = \frac{1}{\eta_{n2}} P_{n2} (1 - \eta_{m2}), \quad (21)$$

a wobec $P_{n1} = P_{n2}$, $\eta_{n1} = \eta_{n2}$, $\eta_{m1} = \eta_{m2} \rightarrow P_{m1} = P_{m2}$,

gdzie:

P_{n1} , P_{n2} - moc znamionowa silnika 1,2,

η_{n1} , η_{n2} - sprawność energetyczna znamionowa silnika 1,2,

η_{m1} , η_{m2} - sprawność mechaniczna silnika 1,2,

inne oznaczenia - jak dotychczas w pkt. 2.1 i na rys. 4.

Z wyrażeń (18) do (21) wynikają następujące spostrzeżenia:

1 - na wartość poszczególnych składników całkowitej mocy strat ciepłych mają wpływ więzy elektryczne i mechaniczne między silnikami oraz parametry elektryczne i mechaniczne obydwu silników,

2 - wpływ więzów elektrycznych jest najbardziej zauważalny - decyduje o równorzędności strat ΔP_{u11} i ΔP_{u12} , o rozbieżności strat ΔP_{u21} i ΔP_{u22} oraz o rozbieżności strat ΔP_{z1} i ΔP_{z2} ,

3 - wpływ więzów mechanicznych jest utajony, tkwi on w związkach między prędkościami silników opisanych wzorami (13) do (16), a decyduje o współzależności między impedancją Z'_{21} i Z'_{22} , a przez to wpływa na siły

elektromotoryczne E_1 i E_2 , straty ΔP_{u21} i ΔP_{u22} oraz straty ΔP_{z1} i ΔP_{z2} .

4 - wpływ parametrów elektrycznych jest podobny do wpływu więzów elektrycznych, a wpływ parametrów mechanicznych (moment obrotowy, prędkość obrotowa) jest podobny do wpływu więzów mechanicznych,

5 - dwa składniki całkowitej mocy strat ciepłych wyrażone wzorem (18) i (21) są stałe równorzędne. Na zmianę wartości strat ΔP_{u11} i ΔP_{u12} wpływa tylko obciążenie maszyny roboczej (przy założeniu $U_z = \text{const}$). Straty ΔP_{m1} i ΔP_{m2} są równorzędne i prawie stałe w zakresie dopuszczalnych zmian obciążeń silników.

4. PORÓWNANIE TEORETYCZNE STRAT W DWÓCH SILNIKACH ZASILANYCH SZEREGOWO BĄDŹ RÓWNOLEGLE

Przy zasilaniu równoległym poszczególne składniki wzoru (17), wykorzystując dotychczas stosowane oznaczenia i pkt 3, przyjmują postacie:

- moc strat ciepłych w uzwojeniach stojanów:

$$\Delta P_{u11} = 3R_{11} \left| \frac{U_z}{Z_1} \right|^2, \quad \Delta P_{u2} = 3R_{12} \left| \frac{U_z}{Z_2} \right|^2, \quad (22)$$

- moc strat ciepłych w uzwojeniach wirników:

$$\Delta P_{u21} = 3R'_{21} \left| \frac{U_z Z_{e1}}{Z_1 Z'_{21}} \right|^2, \quad \Delta P_{u22} = 3R'_{22} \left| \frac{U_z Z_{e2}}{Z_2 Z'_{22}} \right|^2, \quad (23)$$

- moc strat ciepłych w żelazie obwodów magnetycznych:

$$\Delta P_{z1} = \frac{3}{R_{z1}} \left| \frac{U_z Z_{e1}}{Z_1} \right|^2, \quad \Delta P_{z2} = \frac{3}{R_{z2}} \left| \frac{U_z Z_{e2}}{Z_2} \right|^2, \quad (24)$$

- moc strat ciepłych na tarcie i wentylację, jak wzory (21).

Z analizy i porównania wzorów (18) do (21) na składniki strat całkowitych przy zasilaniu szeregowym ze wzorami (22) do (24) na te same składniki przy zasilaniu równoległym można sformułować następujące spostrzeżenia:

- a - sposób zasilania, determinujący istnienie bądź nieistnienie więzów elektrycznych, wpływa znamienne na pierwsze trzy składniki wzoru (17), natomiast pozostaje bez wpływu na czwarty składnik strat całkowitych,

b - przy zasilaniu szeregowym zachodzi symetryzacja strat ΔP_{u1} określonych wzorami (18) oraz asymetryzacja strat ΔP_{u2} i ΔP_z określonych wzorami (19) i (20), w całym zakresie zmian obciążenia maszyny roboczej.

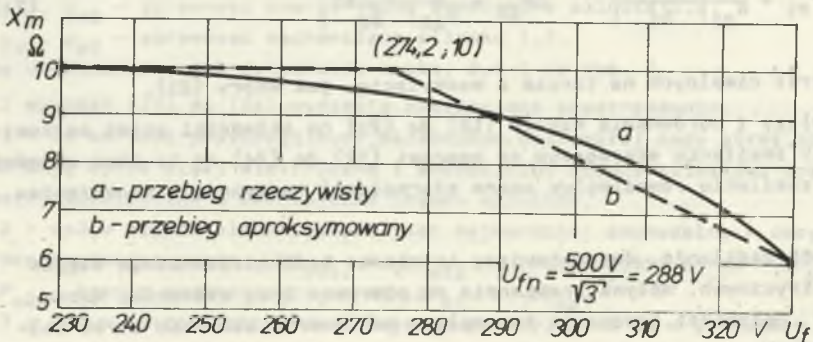
Asymetryzacja strat zachodzi w każdym z silników tak, że wzrastaniu strat ΔP_{u2} odpowiada obniżanie strat ΔP_z i odwrotnie, a jednocześnie między silnikami tak, że wzrastaniu strat ΔP_{u21} odpowiada obniżanie strat ΔP_{u22} i odwrotnie oraz wzrastaniu strat ΔP_{z1} odpowiada obniżanie strat ΔP_{z2} i odwrotnie.

c - przy zasilaniu równoległym straty ΔP_{u1} , ΔP_{u2} i ΔP_z w obydwu silnikach określone wzorami (22), (23) i (24) mogą się znacznie różnić pod wpływem więzów mechanicznych, parametrów elektrycznych i mechanicznych, a rozmiary asymetrii będą proporcjonalne do stopnia obciążenia maszyny roboczej.

5. PRZYKŁAD OBLICZENIA CIEPLNYCH STRAT MOCY W DWÓCH SILNIKACH TYPU SGf-250-M4 NAPĘDZAJĄCYCH PRZENOŚNIK TAŚMOWY

Obliczenia przeprowadzono maszynę cyfrową MKJ-125 przyjmując:

- model przenośnika wg rys. 6 i 7, zakres zmian napełnienia przenośnika od zera do znamionowego, tj. do 35000 kg,
- układ zasilania silników wg rys. 1 przy $U_z = 1000$ V i 50 Hz,
- katalogowe dane znamionowe obydwu silników są identyczne i wynoszą: moc 55 kW, napięcie 500 V 50 Hz, prąd stojana 83 A, współczynnik mocy 0,83, sprawność 0,925, prędkość obrotowa 1463 obr/min, $\Delta P_m = 630$ W, $R_1 = 0,075 \Omega$, $R_2' = 0,082 \Omega$, $X_1 = 0,484 \Omega$, $X_2' = 0,494 \Omega$, $R_z = 136 \Omega$, X_m wg rys. 9.

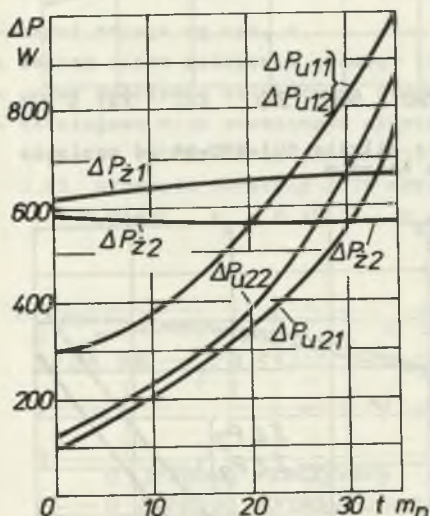


Rys. 9. Przebieg reaktancji magnesowania silnika SGf-250-M4 od napięcia U_f na uzwojeniu fazowym

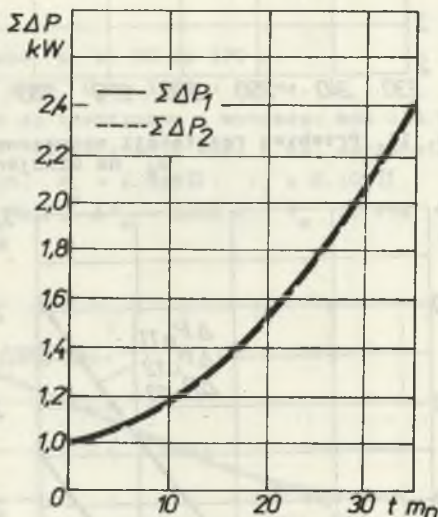
- wartości parametrów elektrycznych i mechanicznych są stałe z wyjątkiem reaktancji magnesowania X_m ,

$$- X_m = \begin{cases} 10 & \text{gdy } U_f = 274,2 \text{ V} \\ (26,7 - 0,061 U_f) & \text{gdy } U_f = 274,2 \text{ V} \end{cases} \text{ przebieg sproksymowany na rys. 9.}$$

Wyniki wyliczeń strat określonych równaniami (18), (19) i (20) pokazano na rys. 10 i 11.



Rys. 10. Przebieg strat w silnikach SGf-250-M4 od masy m_n nośnika na przenośniku taśmowym



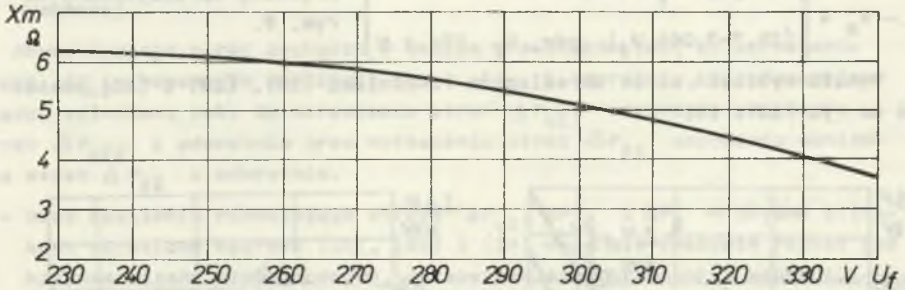
Rys. 11. Przebieg sumy strat pokazanych na rys. 10

6. PRZYKŁAD OBLICZENIA CIEPLNYCH STRAT MOCY W TRZECH SILNIKACH TYPU SGf-280-M4 NAPĘDZAJĄCYCH PRZENOŚNIK ZGRZEBŁOWY

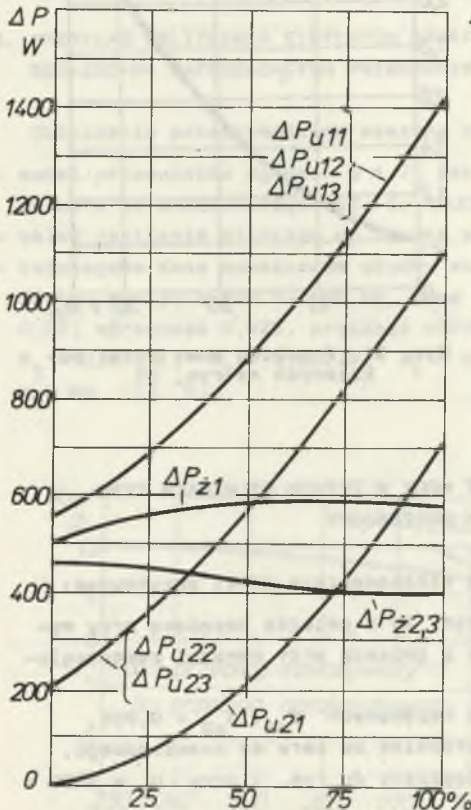
Obliczenie przeprowadzono za pomocą minikomputera ZX-81 przyjmując:

- model przenośnika wg rys. 6 i 7, z tym że z gwiazdą napędową przy wysypie zesprężlone są dwa silniki, a z gwiazdą przy zwrotni zesprężlony jest jeden silnik,
- stosunek średnic podziałowych gwiazd napędowych $d_{p1} : d_{p2} = 0,995$,
- zakres zmian obciążenia przenośnika urobkiem od zera do znamionowego,
- układ zasilania trzech silników analogiczny do rys. 1 przy $U_z = 1500 \text{ V}$ 50 Hz,
- katalogowe dane znamionowe silników są identyczne i wynoszą: moc 90 kW, napięcie 500 V, prąd stojana 138 A, współczynnik mocy 0,82, sprawność 0,92, prędkość obrotowa 1475 obr/min, $\Delta P_m = 970 \text{ W}$, $R_1 = 0,038 \Omega$.

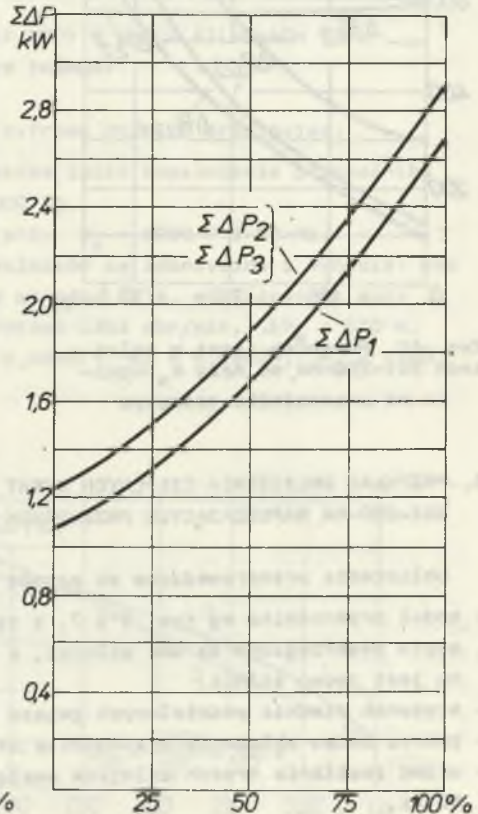
$x_1 = 0,11\Omega$, $R_2' = 0,04\Omega$, $x_2' = 0,259\Omega$, $R_z = 169\Omega$, x_m wg
rys. 12,



Rys. 12. Przebieg reaktancji magnesowania silnika SGf-280-M4 od napięcia U_f na uzwojeniu fazowym



Rys. 13. Przebieg strat w silnikach SGf-280-M4 od stopnia obciążenia urobkiem przenośnika zgrzeblowego



Rys. 14. Przebieg sumy strat przedstawionych na rys. 13

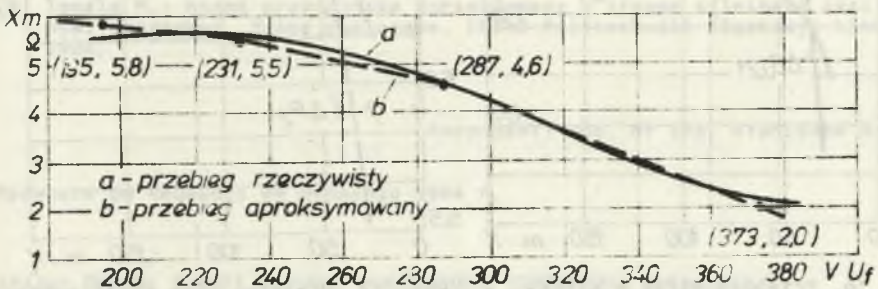
- wartości parametrów elektrycznych i mechanicznych są stałe z wyjątkiem reaktancji magnesowania X_m - rys. 12.

Wyniki obliczeń strat określonych równaniami (18) do (20) pokazano na rys. 13 i 14.

7 PRZYKŁAD OBLICZENIA CIEPLNYCH STRAT MOCY W DWÓCH SILNIKACH TYPU SGf-315-S4 NAPĘDZAJĄCYCH STRUG WĘGLOWY

Obliczenie przeprowadzono maszyną cyfrową MERA 60 przyjmując:

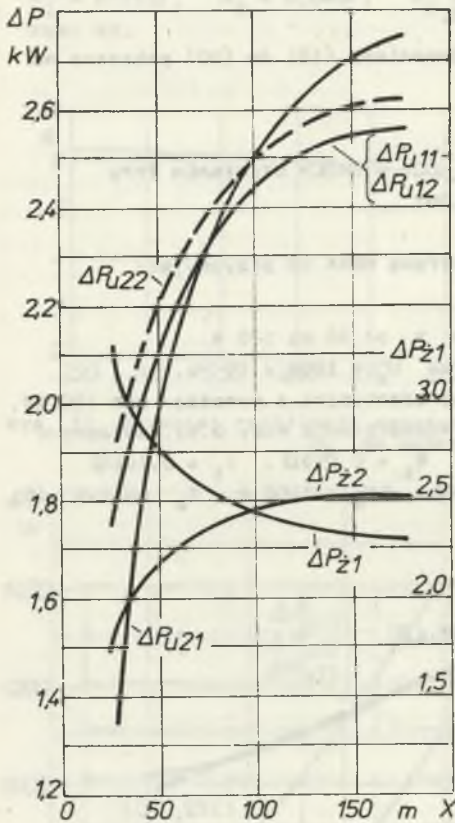
- model struga wg rys. 8,
- zakres zmian położenia głowicy struga x od 30 do 170 m,
- układ zasilania silników wg rys. 1 przy $U_z = 1000$ V 50 Hz,
- katalogowe dane znamionowe silników są identyczne i wynoszą: moc 110 kW, napięcie 500 V, prąd stojąca 165 A, współczynnik mocy 0,83, sprawność 0,93, prędkość obrotowa 1475 obr/min, $R_1 = 0,019 \Omega$, $x_1 = 0,102 \Omega$, $x_2' = 0,034 \Omega$, $x_2 = 0,181 \Omega$, $R_2 = 96 \Omega$, $\Delta P_m = 1600$ w, X_m wg rys. 15.



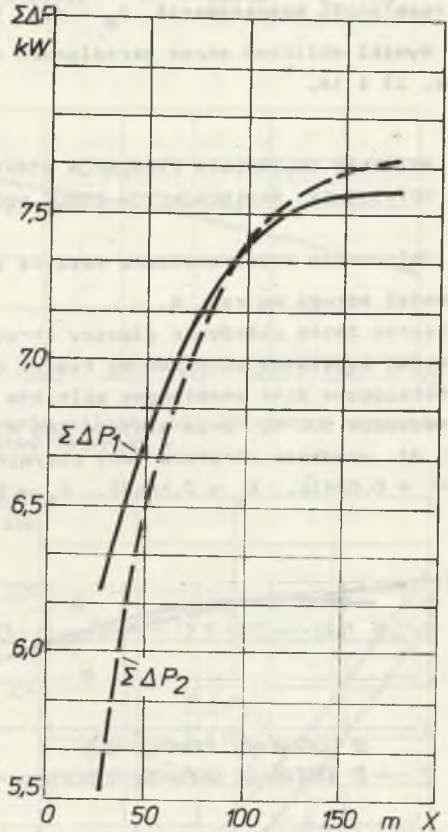
Rys. 15. Przebieg reaktancji magnesowania silnika SGf-315-S4 od napięcia U_f na uzwojeniu fazowym

- wartości parametrów elektrycznych i mechanicznych są stałe z wyjątkiem reaktancji magnesowania X_m - rys. 15.

Wyniki obliczeń strat określonych równaniami (18) do (20) pokazano na rys. 16 i 17.



Rys. 16. Przebieg strat w silnikach SGf-315-54 od drogi głowicy struga węglowego



Rys. 17. Przebieg sumy strat pokazanych na rys. 16

8. PODSUMOWANIE

Dopuszczalna objętość artykułu była przyczyną zwięzłości tekstu, opuszczenia bliższego opisu przyjętych do obliczeń modeli trzech różnych maszyn roboczych oraz niezamieszczenia wyników obliczenia analogicznych strat w przypadku równoległego zasilania silników.

Z porównania wyników obliczeń strat pokazanych na rys. 11, 14 i 17 wynika, iż przy zasilaniu szeregowym straty całkowite w obydwu silnikach są równorzędne w całym zakresie zmian obciążenia każdej rozpatrywanej maszyny roboczej.

Ze symetryzacją strat całkowitych w obu silnikach związana jest asymetryzacja ich strat w żelazie ΔP_z oraz ich strat w uzwojeniu wirnika

ΔP_{u2} , co widać na rys. 10, 13 i 16 oraz wynika ze wzorów (19) i (20).

Ustalenie dopuszczalnego odstępowania tych składników strat od ich wartości znamionowych wymaga przeprowadzenia analizy rozkładu temperatur w obu silnikach.

LITERATURA

- [1] Brzeziński L.: Analiza pracy napędu przenośnika taśmowego z dwoma silnikami zasilanymi szeregowo. Praca dyplomowa, IEIAG Politechniki Śląskiej, Gliwice 1984.
- [2] Holeczko P.: Analiza pracy dwusilnikowego napędu struga węglowego przy szeregowym zasilaniu silników. Praca dyplomowa, IEIAG Politechniki Śląskiej, Gliwice 1984.
- [3] Liberus Z., Liberus M., Szymkiewicz A.: Układ połączenia dwóch silników 3-fazowych napędzających przenośnik taśmowy. Opis patentu UPPRL nr 129963.
- [4] Liberus Z., Liberus M., Szymkiewicz A.: Układ zasilania silników 3-fazowych napędzających maszynę roboczą. Opis proj. wyn. nr P-247969.
- [5] Skrzydło R., Liberus Z., Szczurek A., Gładysz M.: Układ zasilania silników elektrycznych wielonapędowej maszyny górniczej. Opis proj. wyn. nr P-225690.
- [6] Tomala P.: Napęd przenośnika zgrzeblowego z trzema silnikami zasilanymi szeregowo. Praca dyplomowa, IEIAG Politechniki Śląskiej, Gliwice 1984.

Recenzent: Doc. dr inż. Stanisław NITKA

Wpłynęło do Redakcji we wrześniu 1984 r.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ В ДВУХ ПОСОБНО СОЕДИНЁННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ПРИВОДЯЩИХ В ДВИЖЕНИЕ КОНВЕЙЕРА ИЛИ УГЛЕВОЙ СТРУГА

Р е з ю м е

В работе дано общее описание влияния пособного соединения обмоток двух индукционных двигателей, приводящих в движение одну рабочую машину, на составные суммарных потерь в этих двигателях. Исходя из статических позиций приведены результаты расчётов этих потерь для конкретных типов двигателей, приводящих в движение принятые модели ленточного и скребкового конвейеров а также углевого струга.

AN ANALYSIS OF LOSSES IN TWO SERIES-JOINED MOTOR DRIVING CONVEYORS OR COAL STREAMS

Summary

The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.



Fig. 1. Dependence of the components of the total losses on the parameter of the series connection of the windings of two squirrel cage induction motors.

1. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

2. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

3. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

4. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

5. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

6. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

7. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

8. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

9. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.

10. The effect of series connection of the windings of two squirrel cage induction motors driving jointly one vast working machine on the components of the total losses in those motors have been described. The calculation results of those losses in a statistical formulation in particular types motors driving the accepted model of belt conveyor, push-plate conveyor and coal plough have been shown.