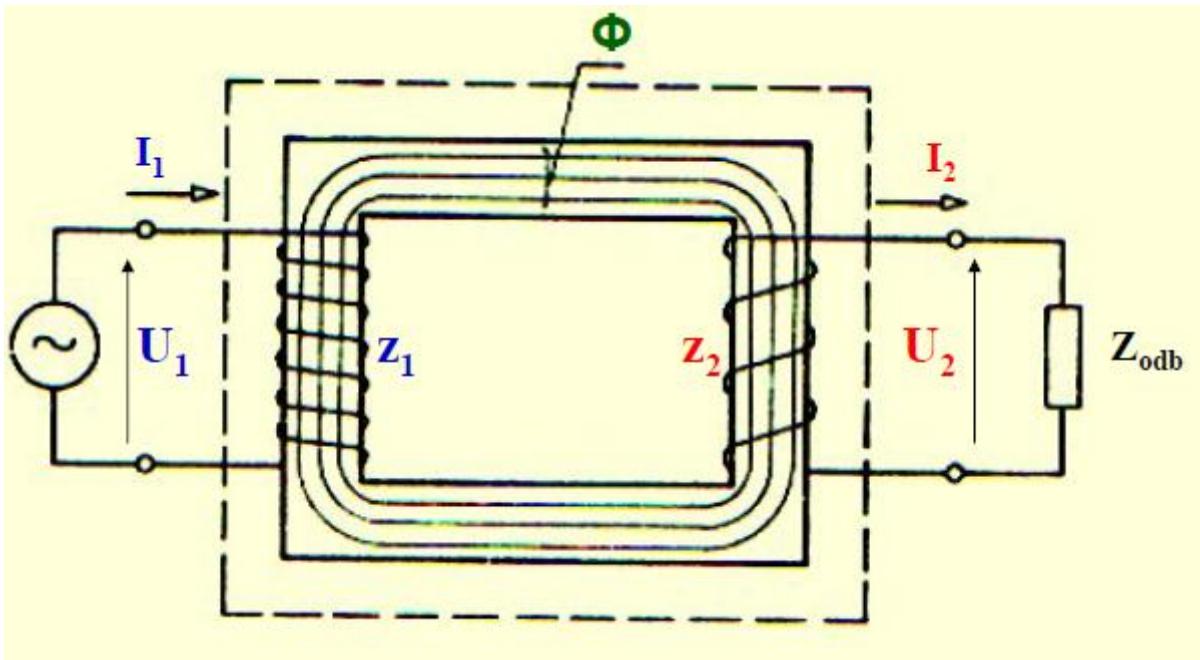


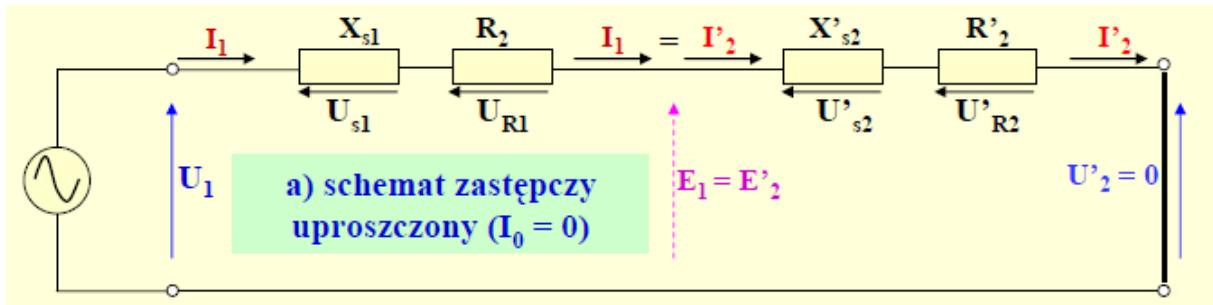
1.Uzasadnić dlaczego wzrost prądu strony wtórnej transformatora powoduje wzrost prądu strony pierwotnej



Przy dołączeniu zasilania do strony pierwotnej transformatora powodujemy przepływ prądu w wyniku, którego powstaje strumień główny, sprzężony z uzwojeniem pierwotnym i wtórnym. Strumień ten powoduje wyindukowanie się napięcia w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym, w związku z którym przy obciążeniu strony wtórnej przepływa tam prąd I_2 . Ten prąd powoduje powstanie kolejnego strumienia który odejmuje się geometrycznie od strumienia wytworzonego przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W rdzeniu mamy teraz strumień magnetyczny wypadkowy równy $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$. Przy takim założeniu zakładamy, że po stronie wtórnej impedancja obciążenia zmalała, co spowodowało wzrost prądu. Większy prąd po stronie wtórnej sprawia, że wytworzony przezeń strumień Φ_2 wzrasta, więc wypadkowy strumień Φ maleje, a co za tym idzie, napięcie indukowane po stronie pierwotnej też musi zmaleć. Aby spełnione było 2 prawo Kirchhoffa ($U_{\text{zaśilające}} = U_{\text{impedancji uzwojenia}} + U_{\text{indukowane}}$), prąd w uzwojeniu pierwotnym musi wzrosnąć, w związku z czym U indukowane wzrasta. Wzrostowi prądu towarzyszy zwiększenie się strumienia Φ_1 , wobec czego strumień wypadkowy Φ wraca do prawie takiej samej wartości co na początku.

(Plamitzer strona 108)

2.Uzasadnić, że parametry podłużne transformatora można wyznaczyć z próby zwarcia transformatora?

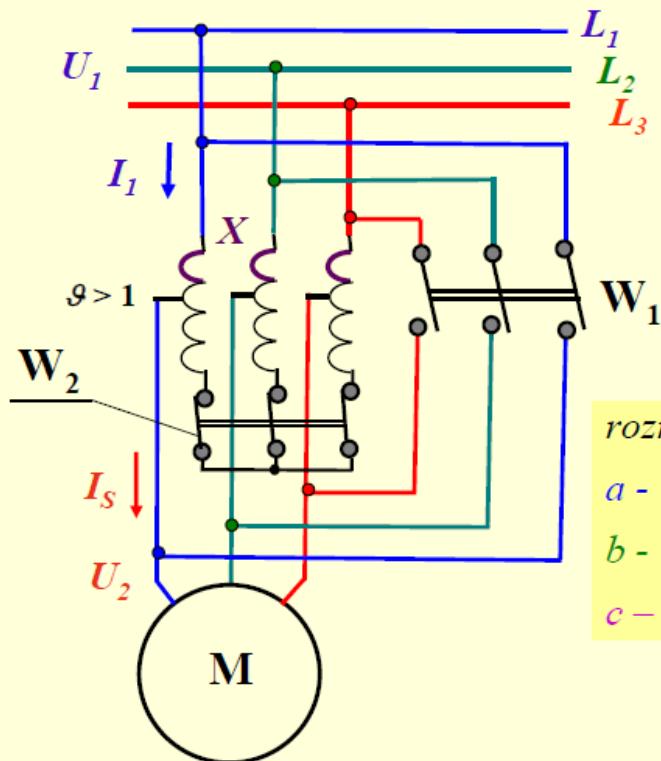


Parametry podłużne transformatora są to R_1 , X_1 , R_2 , X_2 i wyznaczamy ze stanu zwarcia, ponieważ w tym stanie $I_0=0$, więc całe straty są stratami w uzwojeniach. W takim razie strumień wywołany przez przepływ prądu w uzwojeniu wtórnym ma praktycznie taką samą wartość, ale przeciwny zwrot niż ten wywołany przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W wyniku geometrycznego dodania uzyskujemy niewielki wypadkowy strumień magnetyczny w rdzeniu, przez co straty w rdzeniu (prądy wirowe i histereza) są pomijalnie małe. Przemyślenia te można poprzeć schematem zastępczym.

Dołączając do obwodów fazowych: watomierz, amperomierz i woltomierz jesteśmy w stanie wyznaczyć: rezystancję uzwojeń ze wskazań watomierza i amperomierza. Zakładając, że silnik projektował absolwent politechniki wrocławskiej, wobec czego rezystancja tych uzwojeń jest taka sama, więc wyznaczona rezystancja na pół to rezystancja jednej strony. Odpowiednio licząc moc pozorną i tak samo zakładając, że reaktancje po stronach są równe mamy wszystko co chcemy.

3. Wyjaśnić rozruch silnika indukcyjnego przez obniżenie napięcia za pomocą autotransformatora.

Rozruch przez obniżenie napięcia (autotransformator)



$$M = f(U_2 / U_1)^2$$

$$I_1 = f(U_2 / U_1)^2$$

$$I_1 = \frac{I_S}{g}$$

rozruch trzystopniowy

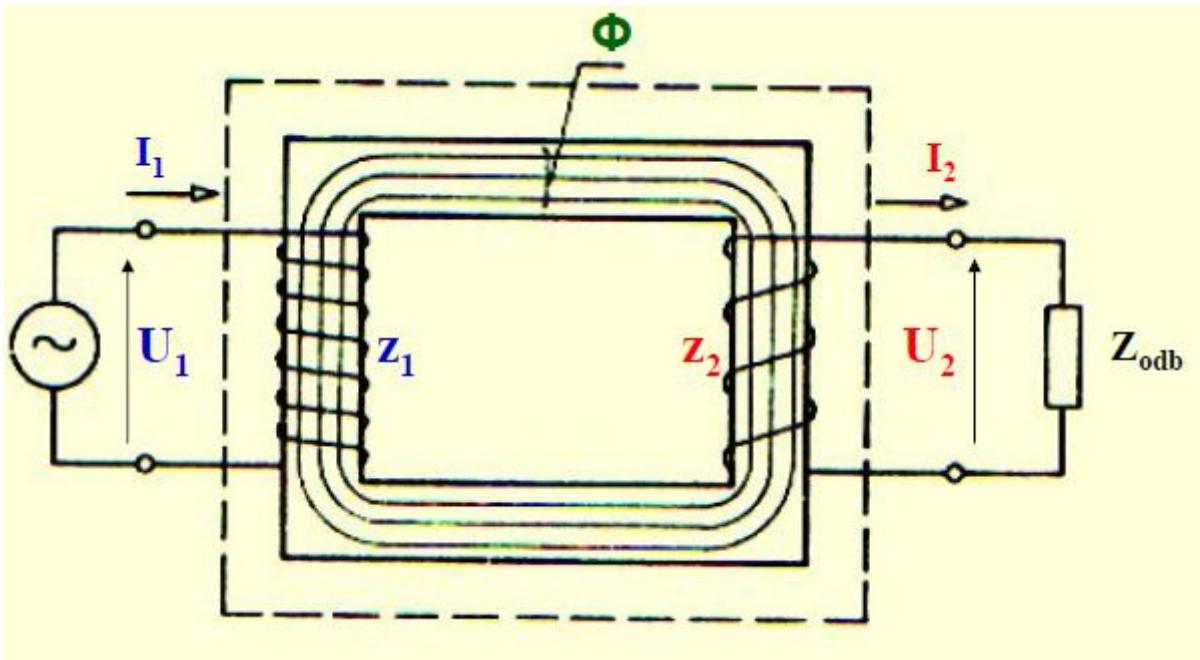
a - W_1 otwarty W_2 zamknięty

b - W_1 otwarty W_2 otwarty zał X

c - W_1 zamknięty

W celu ograniczenia prądu rozruchowego silników indukcyjnych dużych mocy, można zasilić je napięciem obniżonym przez autotransformator. Rozruch autotransformatorowy jest w założeniu podobny do rozruchu przełącznikiem gwiazda-trójkąt. W przypadku autotransformatora możemy jednak tak obniżyć napięcie na czas rozruchu silnika, aby prąd pobierany z sieci nie przekroczył zadanej wartości. Rozruch ten jest trzystopniowy i bez występowania przerw beznapięciowych. Stosujemy autotransformatory, a nie zwykłe transformatory ze względu na mniejszy rozmiar i koszt produkcji. (slajd, asynchronous, str44)

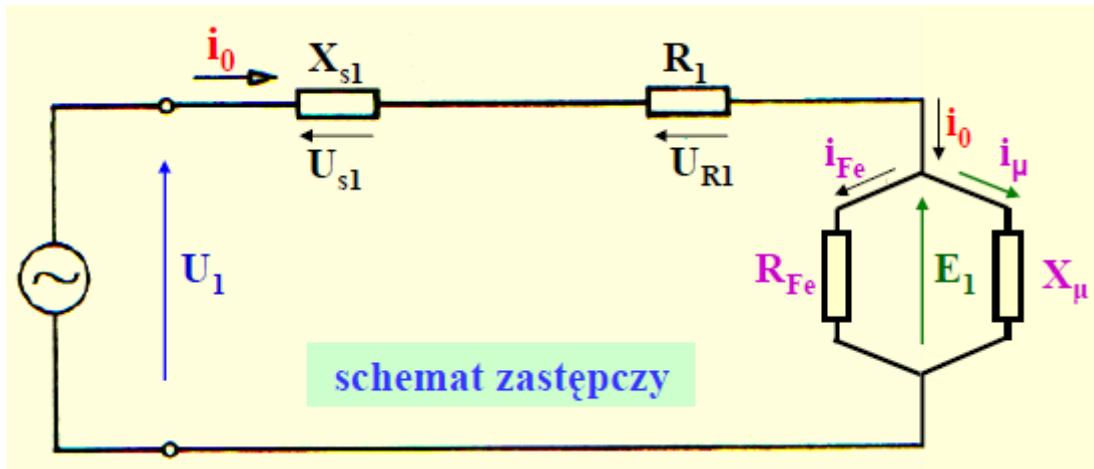
4.Uzasadnić dlaczego malecie prądu strony wtórnej transformatora powoduje malecie prądu strony pierwotnej.



Przy dołączeniu zasilania do strony pierwotnej transformatora powodujemy przepływ prądu w wyniku, którego powstaje strumień główny, sprzężony z uzwojeniem pierwotnym i wtórnym. Strumień ten powoduje wyindukowanie się napięcia w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym, w związku z którym przy obciążeniu strony wtórnej przepływa tam prąd I_2 . Ten prąd powoduje powstanie kolejnego strumienia który odejmuje się geometrycznie od strumienia wytworzonego przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W rdzeniu mamy teraz strumień magnetyczny wypadkowy równy $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$. Przy takim założeniu zakładamy, że po stronie wtórnej impedancja obciążenia wzrosła, co spowodowało zmalecie prądu. Mniejszy prąd po stronie wtórnej sprawia, że wytworzony przezeń strumień Φ_2 maleje, więc wypadkowy strumień Φ wzrasta, a co za tym idzie, napięcie indukowane po stronie pierwotnej też musi wzrosnąć. Aby spełnione było 2 prawo Kirchhoffa ($U_{\text{zaśilające}} = U_{\text{impedancji uzwojenia}} + U_{\text{indukowane}}$), prąd w uzwojeniu pierwotnym musi zmaleć, w związku z czym $U_{\text{indukowane}}$ maleje. Maleniu prądu towarzyszy zmniejszenie się strumienia Φ_1 , wobec czego strumień wypadkowy Φ wraca do prawie takiej samej wartości co na początku.

(Plamitzer strona 108)

5.Uzasadnić, że parametry poprzeczne transformatora można wyznaczyć z próby stanu jałowego transformatora?

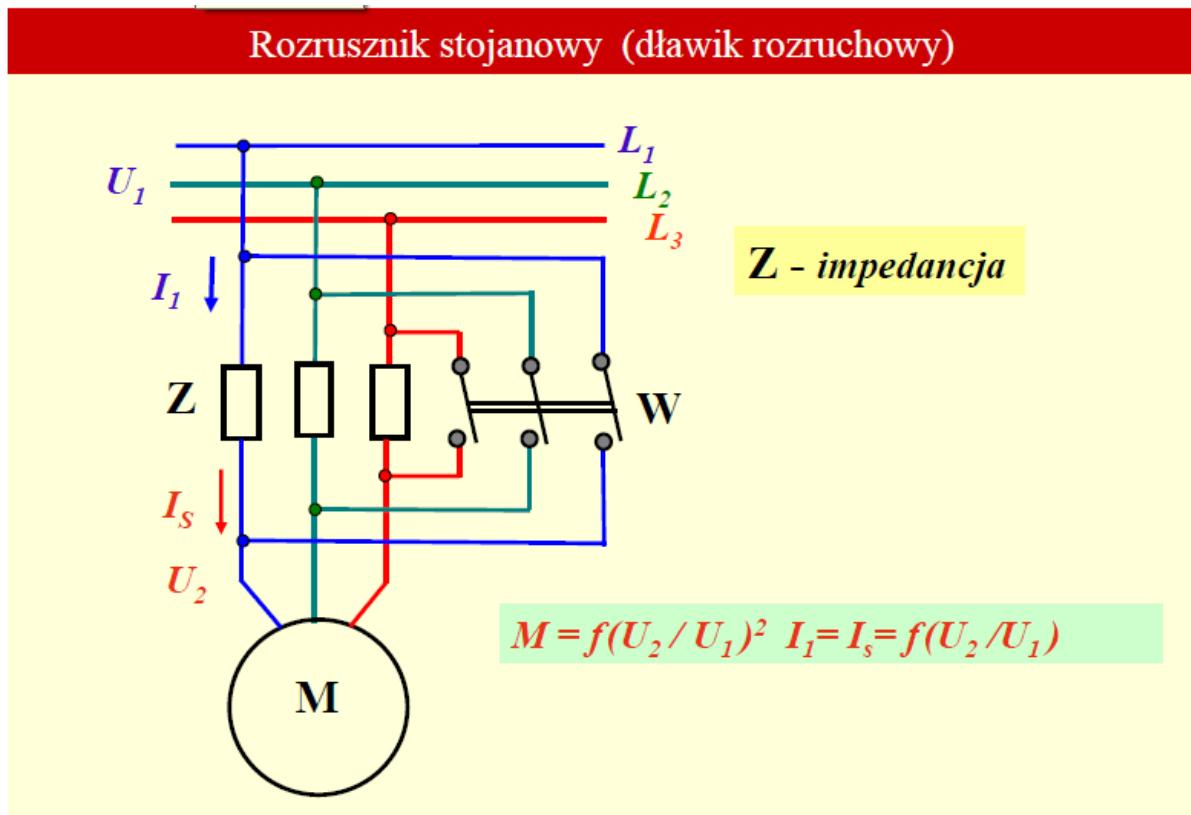


Parametry poprzeczne transformatora są to X_u i R_{fe} i wyznaczamy ze stanu jałowego, ponieważ w tym stanie cała moc pobrana jest przetwarzana na straty w rdzeniu i stąd możemy policzyć te parametry. W uwojeniu wtórnym transformatora nie płynie prąd, bo jest rozwarty.

$$\text{rezystancja } R_{Fe} = E_1^2 / \Delta P_{Fe} = U_1^2 / P_0$$

$$\text{reaktancja } X_\mu = E_1 / I_\mu = U_1 / I_0$$

6. Wyjaśnić rozruch silnika indukcyjnego za pomocą dławika rozruchowego.



Rozruch za pomocą dławika włączonego w obwód uzwojenia stojana stosuje się zwykle dla silników indukcyjnych dużych mocy. Prąd maleje proporcjonalnie do napięcia. U₂ decyduje o momencie silnika. (slajd, asynchroniczne, str42)

7.Czy transformatory o grupach połączeń Dy5 o napięciach znamionowych 6000/500 V oraz Yd5 6000/500 V mogą pracować równolegle – uzasadnić

Mogą pracować równolegle, ponieważ ich przekładnia jest jednakowa oraz przesunięcia godzinowe są zgodne.

8.Wyjaśnić powstawanie momentu elektromagnetycznego w silniku indukcyjnym?

Wytwarzane przez uzwojenia stojana wirujące pole magnetyczne obraca się wokół nieruchomego wirnika. W wyniku przecinania przez to pole przewów klatki wirnika, indukuje się w nich napięcie (stąd nazwa "silnik indukcyjny") i zaczyna płynąć w nich prąd.(patrz zjawisko indukcji elektromagnetycznej). Przepływ prądu w polu magnetycznym powoduje powstanie siły elektrodynamicznej (patrz zjawisko powstawania siły elektrodynamicznej) działającej stycznie do obwodu wirnika, a zatem powstaje także moment elektromagnetyczny

9. Dlaczego podczas rozruchu silnika indukcyjnego za pomocą przełącznika Y/trojkąt prąd i moment rozruchowy są 3. krotnie mniejsze?

Rozruch za pomocą przełącznika gwiazda-trójkąt polega na tym, że uzwojenia silnika w pierwszej fazie rozruchu łączy się w gwiazdę a po osiągnięciu pewnej predkosci obrotowej w trojkąt. Przy połączeniu w gwiazdę uzwojenia każdej fazy zasilane są napieciem pierwiastek z 3 razy mniejszym od napięcia znamionowego. W tym stanie silnik pobiera z sieci prąd

$$I_Y = I_f = \sqrt{3} \frac{U}{Z_f} \quad Z_f - \text{impedancja fazy uzwojenia}$$

Przy połączeniu w trójkąt uzwojenia każdej fazy są zasilane napieciem znamionowym

$$I_\Delta = \sqrt{3} I_f = \sqrt{3} \frac{U}{Z_f}$$

$$\frac{I_Y}{I_\Delta} = \frac{1}{3} \quad 3I_Y = I_\Delta \quad I_Y = \frac{I_\Delta}{3}$$

Zatem przy połączeniu w gwiazdzie silnik pobiera z sieci 3x mniejszy prąd rozruchowy niż przy rozruchu bezpośrednim. 3x mniejszy jest również M rozruchowy, gdyż M obrotowy jest proporcjonalny do kwadratu napięcia fazowego. Oznacza to, że przełącznik gwiazda-trójkąt może być stosowany tylko wtedy gdy silnik uruchamiany jest bez obciążenia lub przy obciążeniu bardzo małym

10.Czy transformatory o znamionowych napięciach zwarcia Uz = 2% oraz 3% mogą pracować równolegle - uzasadnić.

(Zakładając, że są to transformatory o jednakowych przekładniach, zgodnych przesunięciach godzinowych, równych współczynnikach mocy przy zwarciu)

Jeśli mowa o transformatorach o tej samej mocy znamionowej to ich praca w przypadku połączenia równolegle byłaby niekorzystna. W takim wypadku obciążenie będzie się dzieliło nierównomiernie i przez transformator o mniejszym napięciu zwarcia będzie płynął większy prąd. Istnieje jednak możliwość korzystnej pracy równoległej tych transformatorów. Transformator o mniejszym napięciu zwarcia musiałby mieć moc znamionową odpowiednio większą od transformatora o większym napięciu zwarcia tak aby nie był przeciążony.

11. Wyjaśnić działanie silnika indukcyjnego jednofazowego?

Silnik indukcyjny jednofazowy składa się ze stojana i wirnika. Nieruchomy stojan jest wykonany z izolowanych wzajemnie blach stalowych, charakteryzujących się wyciętymi żlobkami na swym wewnętrznym obwodzie. W obszarze 2/3 wszystkich żlobków stojana jest umieszczone uzwojenie główne (robocze) silnika, natomiast w pozostałe części znajduje się nawinięte uzwojenie fazy pomocniczej (rozruchowej). Wirnik wykonany jest w formie klatki dla silników małych mocy lub pierścieni dla silników dużej mocy.

Uzwojenie główne zasilane jest wyłącznie napięciem jednofazowym – źródło prądu sinusoidalnie zmennego, wytwarzające w stojanie strumień magnetyczny, zmienny się w czasie, w takt zmian wywoującego go prądu ale pozostający nieruchomo w przestrzeni. Wytworzone pole magnetyczne jest polem magnetycznym pulsującym (oscylującym). W tych warunkach nieruchomy wirnik zachowuje się tak jak uzwojenie wtórne transformatora, w którym indukuje się SEM powodując przepływ prądu w wirniku.

W wyniku oddziaływania pulsującego strumienia magnetycznego stojana na uzwojenie wirnika z prądem powstają siły. Siły te znoszą się wzajemnie, wyniku czego wirnik pozostaje nieruchomy- brak momentu napędowego(rozruchowego). Innymi słowy dla prędkości zero momenty rozruchowe pochodzące od strumieni są sobie równe $M_{r1} = M_{r2}$, ale przeciwnie skierowane.

http://kaus.simr.pw.edu.pl/jbo/www/mrc/lab_elektr_elektron/m3.pdf

12. Wyjaśnić w jaki sposób dokonuje się zmiany liczby biegunów pola magn. w silniku indukcyjnym

Jeżeli w stojanie maszyny asynchronicznej umieścimy dwa niezależne uzwojenia o różnych liczbach par biegunów, to przyłączając raz jedno raz drugie uzwojenia do sieci otrzymamy pola, wirujące w obu przypadkach z różną prędkością synchroniczną. Umożliwia to skokową regulację prędkości obrotowej. Gdyby wirnik takiego silnika wykonać jako pierścieniowy, wówczas przy zmianie liczby par biegunów uzwojenia wirnika (w przypadku różnych liczb par biegunów w stojanie i w wirniku moment obrotowy nie powstałby). Aby uniknąć kłopotów z tym związanych (dodatkowe przełączenia, większa liczba pierścieni), wykouje się wirniki takich maszyn jako klatkowe, albowiem klatka sama dostosowuje się pod względem liczby par biegunów do liczby par biegunów dowolnego uzwojenia stojana.

Wadą silnika z dwoma uzwojeniami w stojanie jest to ,że jedno z uzwojeń stojana (na zmianę) jest nieczynne. Oprócz tego konieczność umieszczenia dwu uzwojeń wpływa na powiększenia wymiarów maszyny, a więc na gorsze wykorzystanie materiału w porównaniu z silnikiem mającym jedno uzwojenie.

Korzystniejsze pod tym względem okazuje się zastosowanie jednego uzwojenia, które można

przełączając tak, aby wytwarzająło pola o różnych liczbach par biegunów.

Plamitzer str 370

13.Czy transformatory o znamionowych napięciach zwarcia $U_z = 2\% , 2,5\%$ oraz 3% mogą pracować równolegle - uzasadnić

(Zakładając, że są to transformatory o jednakowych przekładniach, zgodnych przesunięciach godzinowych, równych współczynnikach mocy przy zwarciu)

Jeśli mowa o transformatorach o tej samej mocy znamionowej to ich praca w przypadku połączenia równolegle byłaby niekorzystna. W takim wypadku obciążenie będzie się dzieliło nierównomiernie i przez transformator o mniejszym napięciu zwarcia będzie płynął większy prąd. Istnieje jednak możliwość korzystnej pracy równoległej tych transformatorów. Transformator o mniejszym napięciu zwarcia musiałby mieć moc znamionową odpowiednio większą od transformatora o większym napięciu zwarcia tak aby nie był przeciążony.

14.Wyjaśnić działanie silnika indukcyjnego(asynchroniczny)

Prąd trójfazowy przepływający przez uzwojenia stojana wytwarza pole wirujące. W uzwojeniach wirnika za sprawą pola wirującego wytworzonego przez stojan powstaje siła elektromotoryczna powodująca przepływ prądu, który wytwarza również wirujące pole magnetyczne. Wirnik zaczyna się obracać dzięki oddziaływaniu na siebie wirującego pola magnetycznego stojana i pola wytworzonego przez prąd wyindukowany w wirniku. Aby możliwy był rozruch moment elektromagnetyczny musi być większy od momentu obciążenia.

15.Wymienić warunki pracy równoległej transformatorów jednofazowych

- przekładnia nie może różnić się więcej niż o 0,5%
- stosunek mocy znamionowych nie większy niż 1:3 (jednakowe współczynniki mocy w stanie zwarcia)
- jednakowe napięcia zwarcia przy takich samych napięciach znamionowych
- przesunięcia godzinowe muszą być zgodne

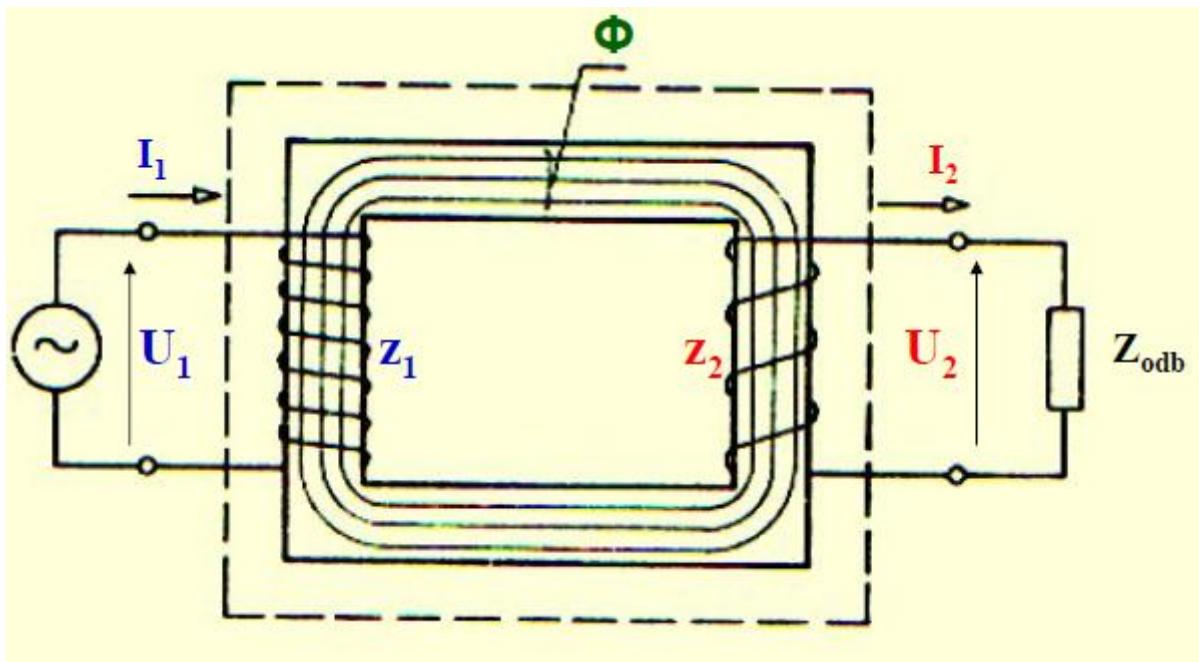
16. Wymienić warunki pracy równoległej transformatorów trójfazowych

- przekładnia nie może różnić się więcej niż o 0,5%
- jednakowe grupy połączeń
- stosunek mocy znamionowych nie większy niż 1:3 (jednakowe współczynniki mocy w stanie zwarcia)
- jednakowe napięcia zwarcia przy takich samych napięciach znamionowych
- przesunięcia godzinowe muszą być zgodne

17.Czy transformatory o grupach połączeń Dy5 o napięciach znamionowych 6000/500 V oraz Dz5 6000/500 V mogą pracować równolegle - uzasadnić.

Mogą pracować równolegle, ponieważ ich przekładnia jest jednakowa oraz przesunięcia godzinowe są zgodne.

18. Wyjaśnić zasadę działania transformatora na przykładzie zmiany prądu strony wtórnej.



Przy dołączeniu zasilania do strony pierwotnej transformatora powodujemy przepływ prądu w wyniku, którego powstaje strumień główny, sprzężony z uzwojeniem pierwotnym i wtórnym. Strumień ten powoduje wyindukowanie się napięcia w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym, w związku z którym przy obciążeniu strony wtórnej przepływa tam prąd I_2 . Ten prąd powoduje powstanie kolejnego strumienia który odejmuje się geometrycznie od strumienia wytworzonego przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W rdzeniu mamy teraz strumień magnetyczny wypadkowy równy $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$. Przy takim założeniu zakładamy, że po stronie wtórnej impedancja obciążenia zmalała, co spowodowało wzrost prądu. Większy prąd po stronie wtórnej sprawia, że wytworzony przezeń strumień Φ_2 wzrasta, więc wypadkowy strumień Φ maleje, a co za tym idzie, napięcie indukowane po stronie pierwotnej też musi zmaleć. Aby spełnione było 2 prawo Kirchhoffa ($U_{\text{zasilające}} = U_{\text{impedancji uzwojenia}} + U_{\text{indukowane}}$), prąd w uzwojeniu pierwotnym musi wzrosnąć, w związku z czym $U_{\text{indukowane}}$ wzrasta. Wzrostowi prądu towarzyszy zwiększenie się strumienia Φ_1 , wobec czego strumień wypadkowy Φ wraca do prawie takiej samej wartości co na początku.

19. Wyjaśnić dlaczego maleńce prądu na stronie wtórnej transformatora powoduje maleńce prądu na stronie pierwotnej.

Chcąc określić przybliżoną zależność między prądami obu uzwojeń możemy skorzystać z zasady zachowania energii (mocy), pomijając w celu uproszczenia wszelkie straty mocy czynnej i biernej w transformatorze.

$$\begin{aligned} S_1 &= U_1 I_1 \\ S_2 &= U_2 I_2 \\ S_1 &\cong S_2 \\ U_1 I_1 &= U_2 I_2 \\ U_1, U_2 &= \text{const} \\ I_1 &= \frac{U_2}{U_1} I_2 \end{aligned}$$

dłatego widać, że prądy I_1 i I_2 są względem siebie wprost proporcjonalne.

20. Wyjaśnić powstawanie momentu w silniku indukcyjnym pierścieniowym.

wiki: Przemienny prąd w symetrycznym, wielofazowym uzwojeniu stojana powoduje powstanie w maszynie zmiennego pola magnetycznego od każdej z faz w taki sposób, że wypadkowe pole jest tzw. polem wirującym, wirującym wzdłuż obwodu silnika, czyli wokół wirnika. Pole to w wyniku indukcji elektromagnetycznej powoduje powstanie sił elektromotorycznych w uzwojeniu wirnika, pod wpływem których płyną tam prądy elektryczne, które powodują powstanie magnetycznego pola wirującego wirnika. Oddziaływanie wirujących pól magnetycznych: od stojana i wirnika powoduje powstanie momentu elektromagnetycznego działającego na wirnik.

placek: Moment elektromagnetyczny maszyny asynchronicznej wytworzony przez strumień Φ_1 , 1.harmonicznej w przestrzennym rozkładzie pola i gęstość liniową prądu A_1 , można obliczyć wg wzoru:

$$M_e = \frac{\pi}{4} D p \Phi_1 A_{1m} \cos \Psi$$

co po odpowiednich przekształceniach upraszcza się do:

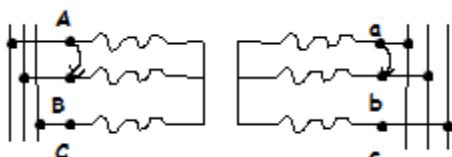
$$M_e = c \Phi_1 I_2 \cos \Psi$$

21. Wyjaśnić rozruch silnika prądu przemiennego za pomocą transformatora lub autotransformatora.

Marek ma to wrzucić

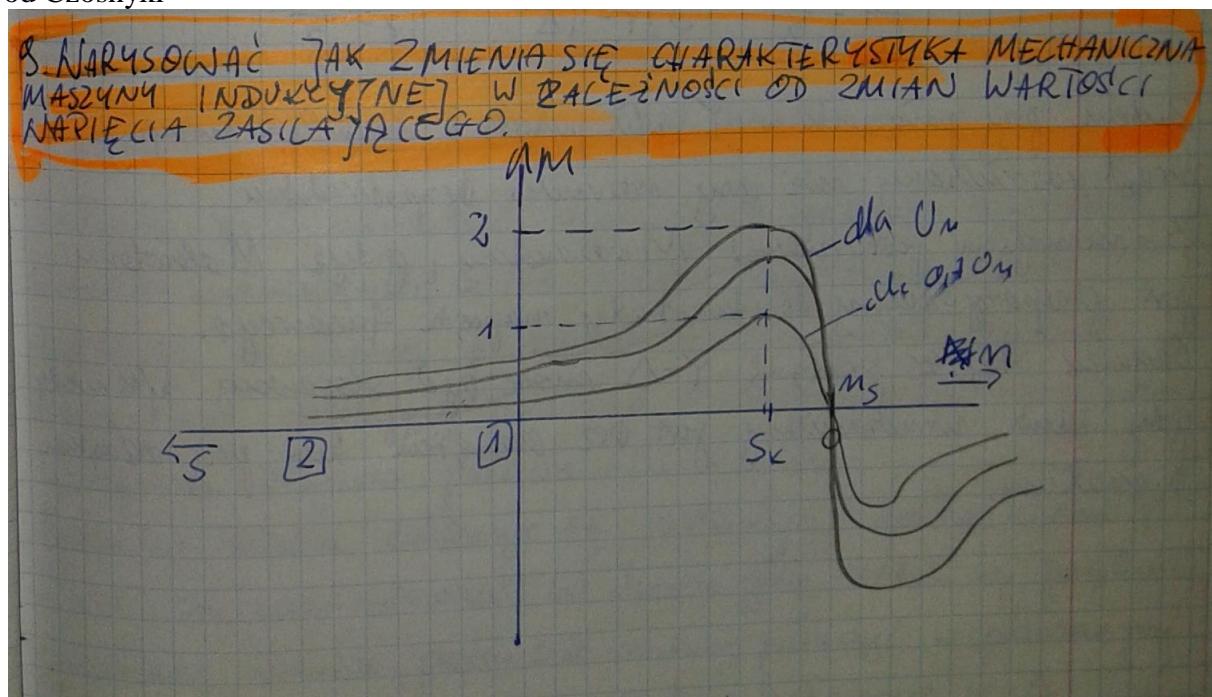
22. Napisać jakie fazy napięć porównuje się przy określaniu grupy połączeń transformatora

Porównuje się te same napięcia między fazowe z obu stron transformatora, np. od strony pierwotnej napięcie U_{AB} z odpowiadającym napięciem po stronie wtórnej U_{ab}



23. Narysować jak zmienia się charakterystyka mechaniczna maszyny indukcyjnej w zależności od zmian wartości napięcia zasilającego

od Czosnyki



24. Napisać definicję i narysować wykres zmienności napięcia transformatora.

Zmienność napięcia określa zmianę wartości napięcia wtórnego przy przejściu od pracy jałowej do pracy znamionowej przy określonym współczynniku mocy, niezmienionym napięciu pierwotnym i niezmienionej częstotliwości. Zmianę napięcia podaje się w % napięcia znamionowego wtórnego.

Co do wykresu, nie wiem jaki wkleić w Placku jest to strona 163 jak byście wiedzieli o który wykres chodzi dajcie znać a wkleję

25. Czy transformatory o napięciach znamionowych 1000/500 V oraz 2000/1000 V mogą pracować równolegle – uzasadnić, jeśli tak to jakie są konsekwencje takiej pracy.

Warunki pracy równoległej:

1. jednakowe grupy połączeń (Y/D)
2. równość napięć znamionowych strony pierwotnej i wtórnej = równość przekładni – różnica przekładni nie większa niż 0,5 %
3. jednakowe napięcia zwarcia transformatorów (dopuszczalna 10% różnica)
4. stosunek mocy transformatorów nie większy niż 1:3

W tym przypadku transformatory różnią się znacznie przekładnią (dot. pkt. 2) 2000/1000 i 1000/500

Przekładnie mogą się różnić o nie więcej niż 0,5% ponieważ w wyniku ich różnic płynie prąd wyrównawczy transformowany na stronę pierwotną i powoduje straty. Przy tym ograniczeniu (0,5%) jego wartość wynosi 7% prądu znamionowego.

czyli teoretycznie nie mogą pracować równolegle, bo ta różnica jest znacznie większa ALE...

mogą one pracować w zakresie liniowej pracy tego "mniejszego" transformatora 1000/500, bo ten drugi będzie w takim samym stosunku obniżał napięcie (2:1) i wszystko będzie ok, pod warunkiem zachowania wszystkich pozostałych warunków 1,3,4.

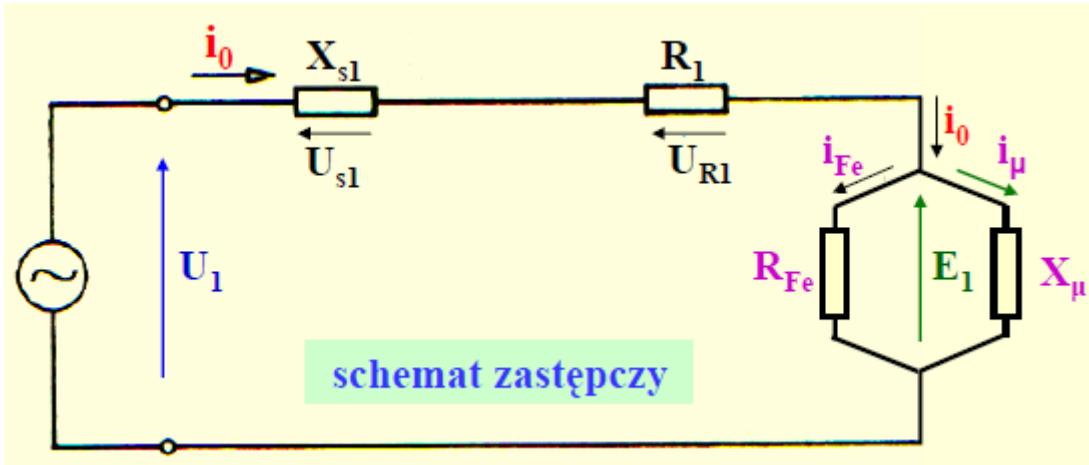
26. Wyjaśnić dlaczego transformatory pracujące równolegle powinny mieć jednakowe znamionowe napięcia zwarcia.

Zakładamy, że do pracy równoległej przeznaczono dwa transformatory o różnych napięciach zwarcia, spełniające pozostałe warunki pracy równoległej.

Jeśli zasilimy te transformatory ze wspólnych szyn i na razie nie połączymy ich do pracy równoległej, lecz obciążymy je indywidualnie mocą znamionową, to napięcia obu stron wtórznych będą różne co do wartości. Przy współczynniku mocy czynno-indukcyjnym mniejsze napięcie pojawi się na transformatorze o większym napięciu zwarcia. Jeżeli w tym stanie połączymy transformatory do pracy równoległej, to przy niezmienionych odbiorach nastąpi wyrównanie napięć wtórznych wskutek przyłączenia do wspólnych szyn. Efekt ten można tłumaczyć pojawiением się prądu wyrównawczego, płynącego między transformatorami. W transformatorze o większym napięciu zwarcia nastąpiło zmniejszenie prądu obciążenia, a transformator o mniejszym napięciu zwarcia pojawił się prąd przekraczający prąd znamionowy. Stwierdzamy zatem, że przy pracy równoległej transformatora o różnych napięciach zwarcia następuje niekorzystny, nierównomierny rozdział obciążen, przy czym bardziej obciąża się transformator o mniejszym napięciu zwarcia. Zatem jednakowe znamionowe napięcia zwarcia zapewniają właściwy podział obciążenia na transformatory pracujące równolegle.

(Plamitzer, strony 192-193)

27. Wyjaśnić dlaczego parametry poprzeczne (R_{Fe} oraz X_μ) schematu zastępczego transformatora wyznacza się – z jakiej próby?



Parametry poprzeczne transformatora są to X_u i R_{Fe} wyznaczamy je ze stanu jałowego, ponieważ w tym stanie cała moc pobrana przez transformator jest w przybliżeniu równa stratom w jego rdzeniu(stratom w żelazie). W uzwojeniu wtórnym transformatora indukuje się napięcie E_1 natomiast nie płynie prąd, bo obwód tego uzwojenia jest otwarty.

Wyznaczanie parametrów schematu zastępczego:

za pomocą amperomierza, woltomierza i watomierza mierzy się U_1 , U_2 , I_0 , $P \Rightarrow$ oblicza się ϑ , ΔP_{Fe} , R_{Fe} , X_μ .

$$P \approx \Delta P_{Fe}$$

$$U_1 \approx E_1 \quad \Delta P_{Fe} = R_{Fe} I_{Fe}^2, \quad I_{Fe} = E_1 / R_{Fe}$$

$$I_0 \approx I_\mu$$

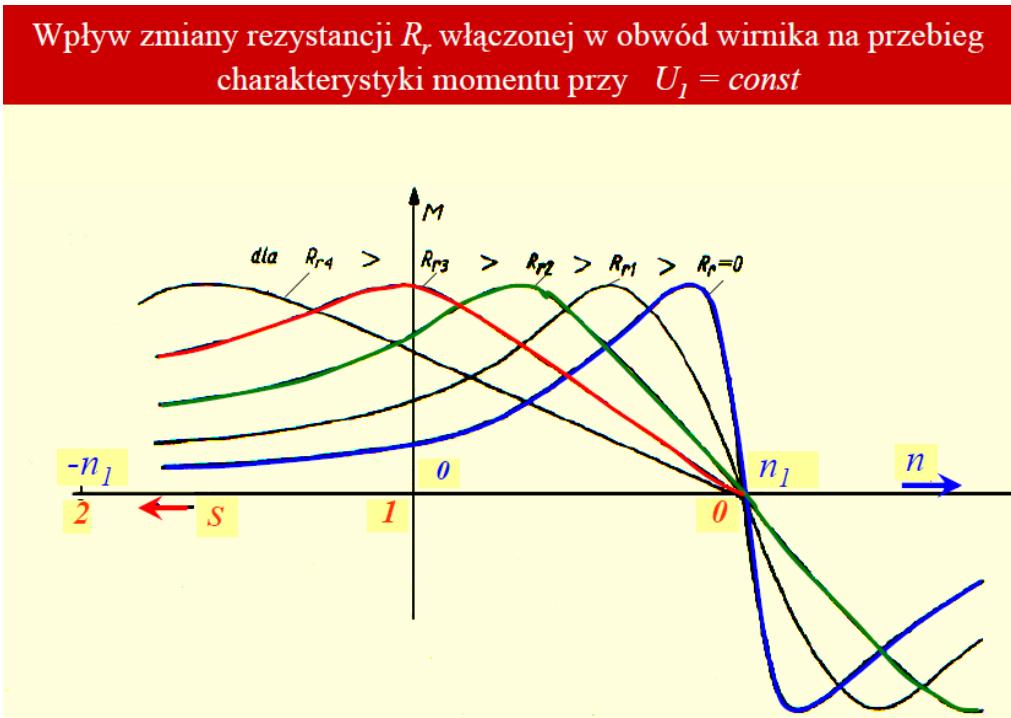
$$\text{rezystancja } R_{Fe} = E_1^2 / \Delta P_{Fe} = U_1^2 / P$$

$$\text{reaktancja } X_\mu = E_1 / I_\mu = U_1 / I_0$$

Jak widać powyżej ze stanu jałowego możemy wyznaczyć parametry poprzeczne. Co kazano dowieść.

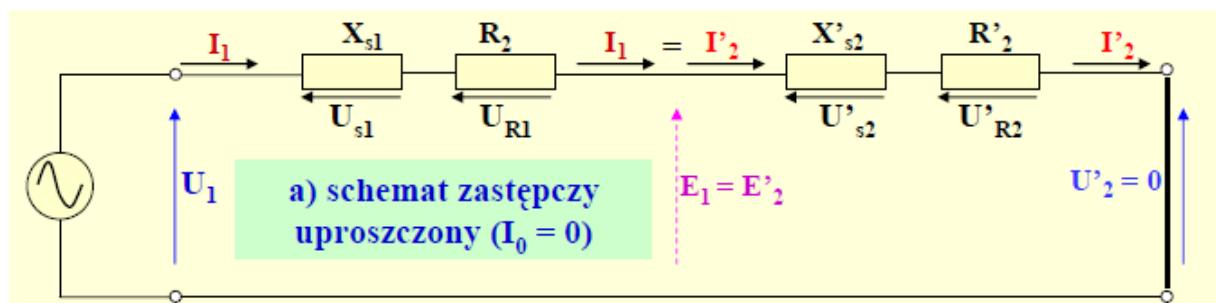
(transformatory, slajdy 41-44)

28. Narysować jak zmienia się charakterystyka mechaniczna maszyny indukcyjnej w zależności od zmian rezystancji w obwodzie wirnika.



(asynchroniczne, slajd 31)

29. Wyjaśnić dlaczego parametry podłużne (R_1 , R_2 oraz X_1 , X_2) schematu zastępczego transformatora wyznacza się z próby biegu jałowego/z próby zwarcia?



Parametry podłużne transformatora są to R_1 , X_1 , R_2 i X_2 wyznaczamy je ze stanu zwarcia, ponieważ w tym stanie $I_0=0$ (prąd jałowy), więc całe straty są stratami w uzwojeniach. W takim razie strumień wywołany przez przepływ prądu w uzwojeniu wtórnym ma praktycznie taką samą wartość, ale przeciwny zwrot niż ten wywołany przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W wyniku geometrycznego dodawania uzyskujemy niewielki wypadkowy strumień magnetyczny w rdzeniu, przez co straty w rdzeniu (prądy wirowe i histereza) są pomijalnie małe. Przemyślenia te można poprzeć schematem zastępczym.

Dołączając do obwodów fazowych: watomierz, amperomierz i woltomierz jesteśmy w stanie wyznaczyć: rezystancję uzwojeń ze wskazań watomierza i amperomierza (moc czynna $P=RI^2$). Zakładając, że silnik projektował absolwent politechniki wrocławskiej, wobec czego

rezystancja tych uzwojeń jest taka sama, więc wyznaczona rezystancja podzielona na pół to rezystancja jednej strony. Odpowiednio licząc moc pozorną ($S=YU^2=IU$), korzystając ze wskazań woltomierza i amperomierza) i tak samo zakładając, że reaktancje po stronach są równe mamy wszystko co chcemy.

30. Wyjaśnić co to jest znamionowa zmienność napięcia transformatora.

Znamionowa zmienność napięcia transformatora δ_u - pojęcie określające zmianę wartości napięcia wtórnego przy przejściu od pracy jałowej do pracy znamionowej przy określonym współczynnikiem mocy, niezmienionym napięciu pierwotnym i niezmienionej częstotliwości. Zmianę napięcia podaje się w % napięcia znamionowego wtórnego(*). Z określenia zmienności napięcia wynika wzór:

$$\delta_{Un} = \frac{U_{20} - U_{2In}}{U_{20}} \cdot 100\%$$

w którym: U_{20} – napięcie strony wtórnej w stanie jałowym; U_{2In} – napięcie strony wtórnej przy obciążeniu prądem znamionowym; δ_{Un} - zmienność napięcia w %.

* Znamionowe napięcie wtórne jest to napięcie strony wtórnej transformatora w stanie jałowym U_{20} przy zasilaniu strony pierwotnej napięciem znamionowym.

(strona 163 Plamitzer)

31. Wyjaśnić dlaczego parametry podłużne (R1, R2 oraz X1, X2) schematu zastępczego transformatora wyznacza się – z jakiej próby?

- odsyłam do pytania 29 !

- 32.** Wyjaśnić dlaczego transformatory pracujące równolegle muszą mieć jednakowe grupy połączeń
- 33.** Wyjaśnić dlaczego transformatory pracujące równolegle muszą mieć jednakowe przekładnie
- 34.** Wyjaśnić zasadę wytwarzania pola wirującego kołowego przez nieruchome uzwojenie trójfazowe
- 35.** Transformator o napięciu strony pierwotnej $U_1=2000$ V, strony wtórnej $U_2=1000$ V: czy maleńce prądu na stronie wtórnej transformatora powoduje maleńce prądu na stronie pierwotnej? uzasadnić
- 36.** Opisać zasadę działania silnika indukcyjnego, narysować charakterystykę mechaniczną i zaznaczyć zakresy pracy,
- 37.** Wyjaśnić dlaczego podczas wyznaczania parametrów podłużnych R_1 , R_2 oraz X_1 , X_2 schematu zastępczego transformatora można pominąć straty w żelazie, jak wyznacza się reaktancje
- 38.** Transformator o napięciu strony pierwotnej $U_1=1000$ V, strony wtórnej $U_2=2000$ V: czy wzrost prądu na stronie wtórnej transformatora powoduje wzrost prądu na stronie pierwotnej? uzasadnić

Przy zasilaniu odbiorców przemysłowych charakteryzujących się dużą zmiennością obciążenia, do transformowania energii zamiast jednego transformatora stosuje się dwa transformatory mniejsze lub więcej, które współpracują równolegle. W warunkach zmennego obciążenia układ taki stwarza możliwości zmniejszania strat energii związanej z jej transformacją. Aby współpraca była optymalna transformatory pracujące równolegle muszą mieć jednakowe grupy połączeń, jednakowe napięcia znamionowe pierwotne i wtórne (przekładnie transformatorów nie mogą się różnić więcej niż o $\pm 0,5\%$), oraz jednakowimienne zaciski przyłączone do tych samych szyn.

Ad.32 Transformatory pracujące równolegle muszą mieć jednakowe grupy połączeń aby w stanie bez obciążenia nie płynęły prądy w uzwojeniach stron wtórnego. Strony pierwotne powinny pobierać w tym stanie jedynie prądy jałowe. Jeżeli nie spełnimy tego wymagania, to przy pracy bez obciążenia powstaną prądy wyrównawcze i zbędne straty w uzwojeniach, a przy obciążeniu nie będzie można wykorzystać mocy znamionowych wszystkich transformatorów, należących do danego zespołu. Praca w warunkach znamionowych zapewnia właściwą eksploatację urządzenia.

Plamitzer str.189,190

Ad.33 Transformatory pracujące równolegle muszą mieć jednakowe przekładnie aby w stanie bez obciążenia nie płynęły prądy w uzwojeniach stron wtórnego. Niespełnienie powyższego warunku powoduje, że w uzwojeniach wtórnego transformatorów płyną prądy wyrównawcze i powstają dodatkowe straty. Wpływ to niekorzystnie na rozkład obciążenia i nie pozwala w pełni wykorzystać mocy znamionowych transformatorów pracujących równolegle.

Wartość prądów wyrównawczych jest tym większa, im większa jest różnica przekładni.

Norma dopuszcza różnice przekładni $+/ - 0.5\%$. Wtedy prądy wyrównawcze zamykają się w przedziale 2-7% prądu znamionowego.

<http://www.elhand.pl/praca-rownolegla-transformatorow>

Plamitzer str.191

Ad.34 Silnik składa się z części nieruchomej (stojan) i ruchomej (wirnik). Po dołączeniu uzwojenia fazowego do zasilania indukuje się w silniku pole magnetyczne. Położenie pola magnetycznego w rdzeniu stojana jest stałe, ale jego kierunek wirowania zmienia się. Prędkość, przy której występuje

zmiana kierunku wirowania jest określona przez częstotliwość napięcia zasilania. Jeżeli dwa uzwojenia są połączone do odpowiedniej fazy w tym samym czasie, to indukują dwa pola magnetyczne w stojanie. W silniku dwubiegunowym, istnieje wówczas przesunięcie o 120 stopni między tymi dwoma polami. Wartości amplitudy tych pól są też przesunięte w czasie. Powoduje to indukowanie wirującego pola magnetycznego w stojanie. Pole to jest niesymetryczne dopóki nie podłączymy trzeciej fazy. Trzy fazy generują trzy pola magnetyczne w stojanie, które są przesunięte o 120 stopni względem siebie. Gdy podłączymy uzwojenia stojana do trójfazowego napięcia zasilania to pola magnetyczne od poszczególnych uzwojeń wytworzą wirujące symetryczne pole magnetyczne, nazywane wirującym polem magnetycznym silnika.

<http://www.elpol.biz/new/materiały-do-pobrania.html>

Plamitzer str.239

Dowód:

Symetria uzwojenia 3-fazowego polega na tym, że osie poszczególnych faz są przesunięte względem siebie o 120 stopni w przestrzeni (przy uzwojeniach 2-biegunowych) i każda faza zawiera taką samą liczbę zwojów. Jeżeli takie uzwojenie trójfazowe zasiliśmy prądem trójfazowym sinusoidalnym symetrycznym o częstotliwości f , to każda z faz wytworzy przepływ przemienny.

Pola przemienne 1.harmonicznej (przestrzennej) poszczególnych faz określone są w rozpatrywanym przypadku równaniami fal stojących

$$\begin{aligned} B_{A1}(x, t) &= B_{1m} \sin \frac{x}{\tau_1} \pi \cos \omega t \\ B_{B1}(x, t) &= B_{1m} \sin \left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \frac{2\pi}{3} \right) \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ B_{C1}(x, t) &= B_{1m} \sin \left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \frac{4\pi}{3} \right) \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \quad (3.22)$$

Przesunięcia fazowe o kąty $2\pi/3$ i $4\pi/3$ wynikają z przestrzennego rozmieszczenia cewek [$\sin(\pi x/\tau_1 - 2\pi/3)$] i czasowego przesunięcia fazowego prądów [$\cos(\omega t - 2\pi/3)$]. Pulsacja ω , występująca we wzorach (3.22) zależy od częstotliwości f prądów zasilania $\omega = 2\pi f$.

Rozkładając każde z pól przemiennych na dwa przeciwbieżne pola wirujące otrzymamy

$$\begin{aligned} B_{A1}(x, t) &= \frac{1}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi + \omega t\right) + \frac{1}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \omega t\right) \\ B_{B1}(x, t) &= \frac{1}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi + \omega t - \frac{4\pi}{3}\right) + \frac{1}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \omega t\right) \\ B_{C1}(x, t) &= \frac{1}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi + \omega t - \frac{8\pi}{3}\right) + \frac{1}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \omega t\right) \end{aligned} \quad (3.23)$$

Pole wypadkowe 1.harmonicznej przestrzennej wyznaczamy składając pola poszczególnych faz, określone równaniami (3.23)

$$B_{w1}(x, t) = B_{A1} + B_{B1} + B_{C1} = \frac{3}{2} B_{1m} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \omega t\right) \quad (3.24)$$

Równanie (3.24) wskazuje na to, że prąd 3-fazowy symetryczny płynący w uzwojeniu 3-fazowym symetrycznym wytwarza pole (przepływ) wirujące kołowe (1.har-

Ad.35 Korzystamy z zasady zachowania energii (mocy): jeżeli w celu uproszczenia pominiemy wszelkie straty mocy czynnej i biernej w transformatorze, to możemy napisać w przypadku mocy czynnych obu stron $P_1 \approx P_2$; w przypadku mocy biernych obu stron $Q_1 \approx Q_2$, a zatem w przypadku mocy pozornych obu stron $S_1 \approx S_2$. Ponieważ $S_1 = U_1 I_1$ oraz $S_2 = U_2 I_2$, zatem w przybliżeniu

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{U_2}{U_1}$$

Więc gdy $U_1 = 2000$ V, $U_2 = 1000$ V

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{1000}{2000} = \frac{1}{2}$$

Maleń prądu na stronie wtórnej transformatora powoduje maleń prądu na stronie pierwotnej, ponieważ te wartości są proporcjonalne.

Plamitzer str.111

Ad.36 Silnik asynchroniczny składa się z 2 podstawowych części: nieruchomego stojana, wykonanego z ferromagnetycznych blach elektrotechnicznych ze żlobkami na cewki uzwojenia, i ruchomego wirnika, również wykonanego z blach ze żlobkami na uzwojenie. Przemienny prąd w symetrycznym, wielofazowym uzwojeniu stojana powoduje powstanie w maszynie zmiennego pola magnetycznego od każdej z faz w taki sposób, że wypadkowe pole jest tzw. polem wirującym, wirującym wzdłuż obwodu maszyny, czyli wokół wirnika – pole wirujące kołowe. W żlobkach na obwodzie wirnika umieszczone są pręty, zwarte po obu stronach wirnika. Pręty te wraz z dwoma pierścieniami zwierającymi tworzą tzw. klatkę. Pole wirujące przecina pręty klatki nieruchomego na razie wirnika. W tym stanie pole wiruje względem wirnika z prędkością synchroniczną. Wskutek przecinania prętów wirnika przez linie pola magnetycznego indukują się w tych prętach napięcia, co powoduje powstanie sił elektromotorycznych w uzwojeniu wirnika, pod wpływem, których płyną tam prądy elektryczne. Powodują one powstanie magnetycznego pola wirującego wirnika. Oddziaływanie wirujących pól magnetycznych: od stojana i od wirnika wywołuje powstanie momentu elektromagnetycznego działającego na wirnik i w konsekwencji, momentu obrotowego odpowiedzialnego za ruch wirnika.

Siła elektromotoryczna w uzwojeniach wirnika powstaje, gdy wirnik obraca się z prędkością inną niż prędkość wirowania pola magnetycznego (nazywana prędkością synchroniczną). Musi wystąpić poślizg. Silnik indukcyjny nie może kręcić się (bez pomocy zewnętrznego napędu) z prędkością synchroniczną ($poślizg=0$), gdyż wówczas w uzwojeniu wirnika nie indukowałby się napięcia i nie płynęłyby prądy, w konsekwencji silnik nie uzyskiwałby momentu elektromagnetycznego.

KRÓCEJ

Każde uzwojenie, przez które płynie prąd przemienny, wytwarza wokół siebie zmienne pole magnetyczne. Trzy zmienne pola magnetyczne nakładają się na siebie, dając pole wypadkowe zmienne.

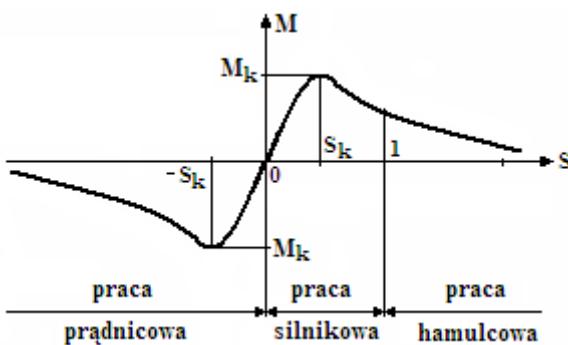
Wirujące pole magnetyczne wywołane przez stojan, przecina przewody nieruchomego w pierwszej chwili wirnika i indukuje w nich siły elektromotoryczne. Pod wpływem tych sił w zamkniętym obwodzie wirnika płynie prąd w wyniku którego w wirniku wytwarza moment obrotowy powodujący podążanie przewodów wirnika w kierunku wirowania pola. Wirnik zaczyna się obracać. Z upływem czasu prędkość obrotowa wirnika zwiększa się, lecz równocześnie zmniejsza się prędkość przecinania jego przewodów przez pole wirujące. Zmniejsza się wtedy wartość momentu w porównaniu z tym, jaki działał na nieruchomy wirnik. W rezultacie ustala się prędkość obrotowa wirnika. Jest ona mniejsza od prędkości pola wirującego stojana.

Charakterystyka mechaniczna

W zakresie $0 < s < 1$ maszyna wytwarza dodatni moment elektromagnetyczny, a wirnik wiruje z prędkością dodatnią $0 < n < n_1$ (zgodnie z kierunkiem wirowania pola magnetycznego). Maszyna pracuje jako silnik.

Dla poślizgów $s > 1$ prędkość jest ujemna $n < 0$ co oznacza, że wirnik wiruje z kierunku przeciwnym do kierunku wirowania pola magnetycznego, a mimo to moment elektromagnetyczny jest dodatni. Taka sytuacja występuje gdy wirnik będzie miał jakiś bodziec zewnętrzny obracający go w kierunku przeciwnym. Mamy wówczas do czynienia z pracą hamulcową maszyny.

Dla poślizgów $s < 0$ maszyna wiruje w kierunku zgodnym z kierunkiem wirowania pola ale z prędkością większą od synchronicznej $n > n_1$. Wirnik jest napędzany z zewnątrz, a maszyna wytwarza ujemny moment elektromagnetyczny, co jest równoważne z oddawaniem energii do sieci – praca prądnicowa.



Ad.37 W stanie zwarcia $I_0=0$, więc całe straty są stratami w uzwojeniach. W takim razie strumień wywołany przez przepływ prądu w uzwojeniu wtórnym ma praktycznie taką samą wartość, ale przeciwny zwrot niż ten wywołany przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W wyniku geometrycznego dodania uzyskujemy niewielki wypadkowy strumień magnetyczny w rdzeniu, przez co straty w rdzeniu (prądy wirowe i histereza) są pomijalnie małe.

Pytałem o to zadanie Michała K. i to jego odpowiedź:

„Znamionowe napięcie zwarcia, czyli to napięcie, przy którym przeprowadza się próbę stanu zwarcia, a więc wyznacza parametry podłużne, zawiera się w przedziale (0,03 do 0,15) Un, zatem: straty w rdzeniu $\Delta P_{fe} = \Delta P_{histerezowe} + \Delta P_{wioprądowe} = chB^2f + cwB^2f^2$ są bardzo małe ze względu na to, że indukcja B jest proporcjonalna do wartości napięcia indukowanego w rdzeniu, a w stanie zwarcia np. indukowane w rdzeniu to ok. połowa wartości napięcia przyłożonego do strony pierwotnej (przy zał., że trafo jest dobrze skonstruowany i rezystancje i reaktancje obu stron są sobie równe)

Zatem nawet w mega lipnym przypadku, gdzie mamy $U_z=0,1Un$, to straty w rdzeniu będą równe $(0,1/2)^2$ strat w rdzeniu przy pracy przy napięciu znamionowym

a przy zn. nap. zw. płynie przecież, z definicji zn. nap. zw., prąd nominalny zatem straty w uzwojeniach są nominalne, straty w rdzeniu śmiażnie małe, więc można je pominąć zresztą, prąd magnesujący musi być mały, bo strumień jest również proporcjonalny do napięcia strony pierwotnej, które w próbie stanu zwarcia małe zatem dlatego pomija się tę całą gałąź poprzeczną

no i tam dalej się wylicza co się chce (Plamitzer str. 158)”

Ad.38 Korzystamy z zasady zachowania energii (mocy): jeżeli w celu uproszczenia pominimy wszelkie straty mocy czynnej i biernej w transformatorze, to możemy napisać w przypadku mocy czynnych obu stron $P_1 \approx P_2$; w przypadku mocy biernych obu stron $Q_1 \approx Q_2$, a zatem w przypadku mocy pozornych obu stron $S_1 \approx S_2$. Ponieważ $S_1 = U_1 I_1$ oraz $S_2 = U_2 I_2$, zatem w przybliżeniu

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{U_2}{U_1}$$

Więc gdy $U_1=1000$ V, $U_2=2000$ V

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{2000}{1000} = 2$$

Wzrost prądu na stronie wtórnej transformatora powoduje wzrost prądu na stronie pierwotnej, ponieważ te wartości są proporcjonalne.

Plamitzer str.111

39. Wyjaśnić dlaczego podczas wyznaczania parametrów poprzecznych RFe, oraz X_μ schematu zastępczego transformatora można pominąć straty w uzwojeniach, jak wyznacza się reaktancje.

Straty w uzwojeniu sa o 3 rzedu wielkości mniejsze niż straty w żelazie, bo prad jalowy I_0 jest rzedzy 1%...10% pradu znamionowego. spadki napięcia na R_1 i X_{s1} sa bardzo małe, rzędu 0.1%...0.5% U_n , co za tym idzie E w gałęzi poprzecznej jest w przybliżeniu równe U zasilającemu. ta analiza wskazuje na to, że straty w miedzi sa niewyobrażalnie małe w porównaniu do strat w żelazie.

40. Wymienić warunki pracy równoległej transformatorów – podać tolerancje

Przy wyłączonych odbiorach (bez obciążenia) w uzwojeniach stron wtórnych nie powinny płynąć prądy

- 1. napięcia znamionowe pierwotne i wtórne powinny być jednakowe - jednakowe przekładnie – różnica przekładni nie większa niż 0,5 %**
- 2. grupy połączeń transformatorów trójfazowych powinny być takie same**
- 3. jednakoimienne zaciski należy połączyć do tych samych szyn**

W czasie pracy transformatory powinny być równomiernie obciążone tzn. podział mocy powinien być proporcjonalny do mocy znamionowych poszczególnych jednostek

- 3. Jednakowe znamionowe napięcia zwarcia – różnica ΔU_z nie większa niż 10 % wartości średniej transformatorów połączonych równolegle**
- 4. Jednakowe współczynniki mocy w stanie zwarcia - $\cos\varphi_z^I = \cos\varphi_z^{II}$ (stosunek mocy znamionowych nie większy niż 1:3)**

41. Opisać rozruch silnika indukcyjnego z wykorzystaniem autotransformatora

To samo co u Marka, pytanie 3.

42. Co to jest znamionowa zmienność napięcia transformatora?

To samo co pytanie 24.

43. Co to jest grupa połączeń transformatora? Wyjaśnić skutki połączenia równoleglego połączenia transformatorów o różnych grupach połączeń.

To samo co pytanie 32.

44. Opisać rozruch silnika indukcyjnego z wykorzystaniem rozrusznika stojanowego (dlawika)

To samo co pytanie nr. 6 u Marka.

45. Co to jest znamionowe napięcie zwarcia transformatora? Czy transformatory o znamionowych napięciach zwarcie 2,5% oraz 3,5% mogą pracować równolegle?

Uzasadnić.

Znamionowe napięcie zwarcia (U_z) to napięcie, które przyłożone do strony pierwotnej, przy zowanej stronie wtórnej, powoduje przepływ prądu znamionowego.

$$\Delta U_z = \frac{U_z}{U_n} \cdot 100 \quad U_z = (0,03 \div 0,15) U_n$$

Nie mogą, bo $U_{zw}(\text{śr}) = (3,5+2,5)/2 = 3\%$, 10% z 3% to 0,3%, 2,7%; 3,3% nie należą do przedziału

46.Uzasadnić czy trzy transformatory o znamionowych napięciach zwarcia równych 2,0%; 2,5%; 3,5 %, mogą pracować równolegle.

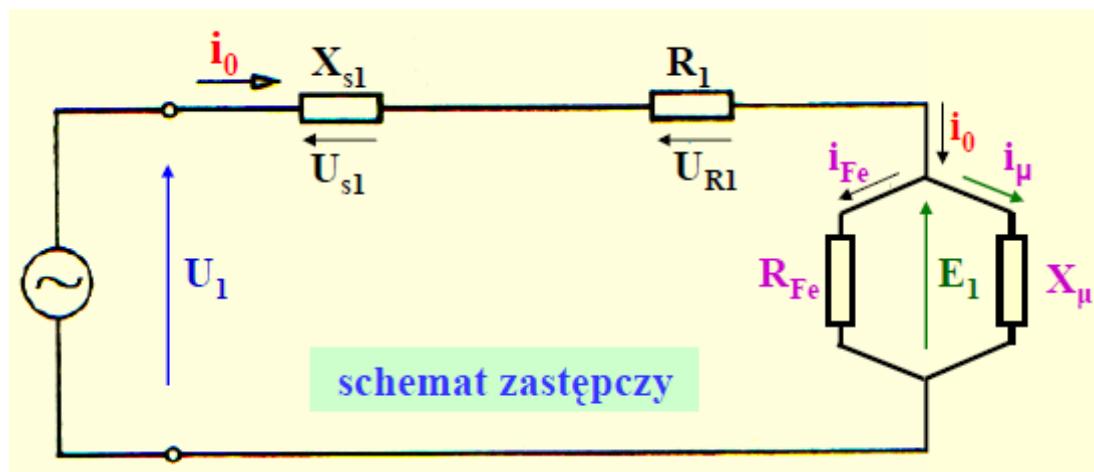
(Zakładając, że są to transformatory o jednakowych przekładniach, zgodnych przesunięciach godzinowych, równych współczynnikach mocy przy zwarciu)

Jeśli mowa o transformatorach o tej samej mocy znamionowej to ich praca w przypadku połączenia równolegle byłaby niekorzystna. W takim wypadku obciążenie będzie się dzieliło nierównomiernie i przez transformator o mniejszym napięciu zwarcia będzie płynął większy prąd. Istnieje jednak możliwość korzystnej pracy równoległej tych transformatorów. Transformator o mniejszym napięciu zwarcia musiałby mieć moc znamionową odpowiednio większą od transformatora o większym napięciu zwarcia tak aby nie był przeciążony.

47.Opisać zasadę wytwarzania momentu mechanicznego w silniku indukcyjnym pierścieniowym.

Po włączeniu silnika do sieci trójfazowej uzwojenie stojana wytwarza pole, którego prędkość wirowania zależy od liczby par biegunów. Jeżeli umieszczony wewnątrz stojana wirnik ma swobodę ruchu obrotowego, a jego uzwojenia są zwarte (bezpośrednio lub przez rezystancję), to na skutek działania pola wirującego na prądy indukowane w tych uzwojeniach powstaje moment mechaniczny, powodujący ruch wirnika zgodnie z kierunkiem wirującego pola.

48.Wyjaśnić z jakiej próby wyznacza się parametry poprzeczne (R_{Fe} oraz X_μ) schematu zastępczego transformatora– uzasadnić



Parametry poprzeczne transformatora są to X_u i R_{Fe} wyznaczamy je ze stanu jałowego, ponieważ w tym stanie cała moc pobrana przez transformator jest w przybliżeniu równa stratom w jego rdzeniu(stratom w żelazie). W uzwojeniu wtórnym transformatora indukuje się napięcie E_1 natomiast nie płynie prąd, bo obwód tego uzwojenia jest otwarty.

Wyznaczanie parametrów schematu zastępczego:

za pomocą amperomierza, woltomierza i watomierza mierzy się U_1 , U_2 , I_0 , $P \Rightarrow$ oblicza się ϑ , ΔP_{Fe} , R_{Fe} , $X\mu$.

$$P \approx \Delta P_{Fe}$$

$$U_1 \approx E_1 \quad \Delta P_{Fe} = R_{Fe} I_{Fe}^2, \quad I_{Fe} = E_1 / R_{Fe}$$

$$I_0 \approx I\mu$$

$$\text{rezystancja } R_{Fe} = E_1^2 / \Delta P_{Fe} = U_1^2 / P$$

$$\text{reaktancja } X\mu = E_1 / I\mu = U_1 / I_0$$

Jak widać powyżej ze stanu jałowego możemy wyznaczyć parametry poprzeczne.

Co kazano dowieść.

49. Trzy transformatory trójfazowe mają znamionowe napięcia zwarcia równe 3%, 4%, 5% ; które z nich mogą być połączone do pracy równoległej i uzasadnić dlaczego.

ODPOWIEDŹ:

Nie mogą być połączone do pracy równoległej.

UZASADNIENIE: Przepisy zezwalają na łączenie do pracy równoległej transformatorów, których przekładnie nie różnią się więcej niż o $\pm 0,5\%$.

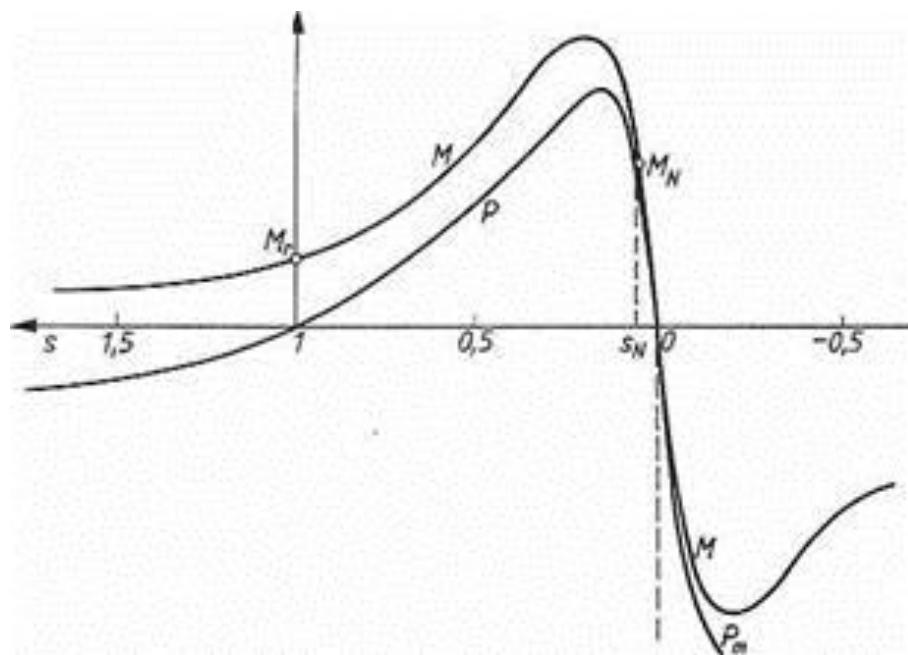
Zapewnia to dostateczne ograniczenie wartości prądu wyrównawczego; nie przekracza on w tych warunkach 2..7% prądu znamionowego. Jeżeli nie spełnimy tego wymagania, to przy obciążeniu nie będzie można wykorzystać mocy znamionowych wszystkich transformatorów należących do danego zespołu oraz spowoduje to powstanie prądów wyrównawczych stanowiących obciążenie obu transformatorów (transf 1 zasila transf 2)

50. Wyjaśnić dlaczego podczas wyznaczania parametrów podłużnych R1, R2 oraz X1, X2 schematu zastępczego transformatora pomija się straty w żelazie, jak wyznacza się reaktancje.

W stanie zwarcia $I_0=0$, więc całe straty są stratami w uzwojeniach. W takim razie strumień wywołany przez przepływ prądu w uzwojeniu wtórnym ma praktycznie taką samą wartość, ale przeciwny zwrot niż ten wywołyany przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W wyniku geometrycznego dodania uzyskujemy niewielki wypadkowy strumień magnetyczny w rdzeniu, przez co straty w rdzeniu (prądy wirowe i histereza) są pomijalnie małe.

51. Narysować wykres zmiany współczynnika mocy w funkcji obciążenia silnika indukcyjnego przy stałym napięciu zasilania – uzasadnić ten wykres

Charakterystyki maszyny indukcyjnej pracującej przy $U_1 = \text{const.}$, $f_1 = \text{const.}$

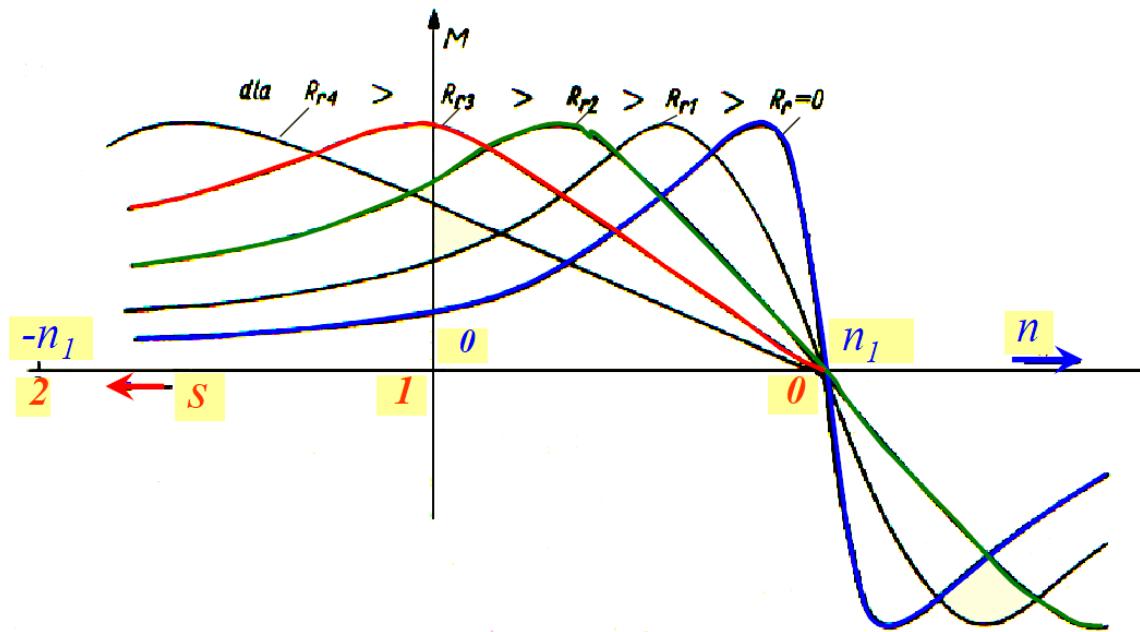


Obciążenie silnika indukcyjnego otrzymuje się przy spręgnięciu wału silnika z maszyną obciążającą, przy czym uzwojenie stojana silnika jest zasilane z sieci przemysłowej. Na ogół silnik obciążony pracuje przy niezmiennych warunkach zasilania. W stanie obciążenia silnika ustala się taka prędkość kątowa wirnika, przy której występuje równowaga momentów elektromagnetycznego M_{em} i mechanicznego $M_m = M$. Moment elektromagnetyczny dostosowuje się do momentu mechanicznego, czemu odpowiadają zmiany prędkości kątowej. Ustalona prędkość (poślizg) wirnika silnika indukcyjnego jest, zatem zależna od momentu użytecznego M obciążenia wirnika, od strat, tarcia i wentylacji rM_m oraz od warunków zasilania silnika. Zmiany momentu użytecznego obciążenia silnika powodują zmiany prądu pobieranego z sieci oraz współczynnika mocy silnika. Z kolei zmiany w uzwojeniach wywołują zmiany strat mocy czynnej i sprawności silnika. Właściwości ruchowe silnika indukcyjnego przy obciążeniu określa się na podstawie charakterystyk statycznych.

52. Narysować i uzasadnić wykres zależności współczynnika mocy od obciążenia w silniku indukcyjnym.

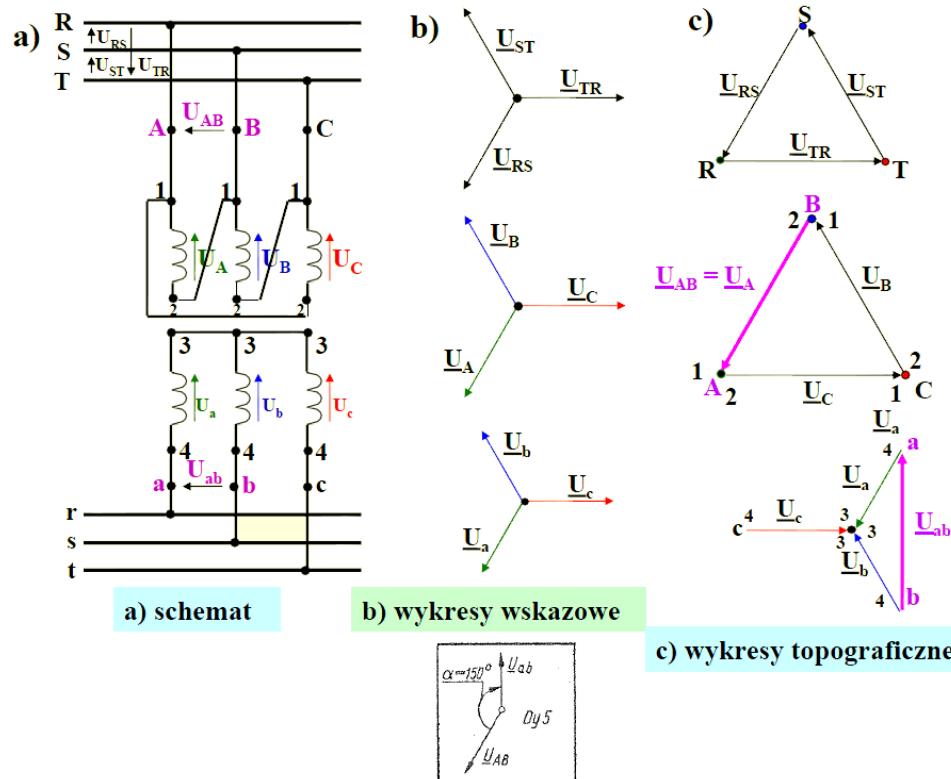
Przy dodatnich wartościach X_L oraz R wykres wskazowy jest zgodny z równaniem $U=U_R+U_L=RI+jX_LI$. Ponieważ wskazy napięć

58. Narysować jak zmienia się charakterystyka mechaniczna silnika indukcyjnego przy zmianie rezystancji uwojenia wirnika. (Plamitzer str.342)



Rys. 4.38 Wpływ zmiany rezystancji R_r włączonej w obwód wirnika na przebieg charakterystyki momentu przy $U_1 = \text{const.}$

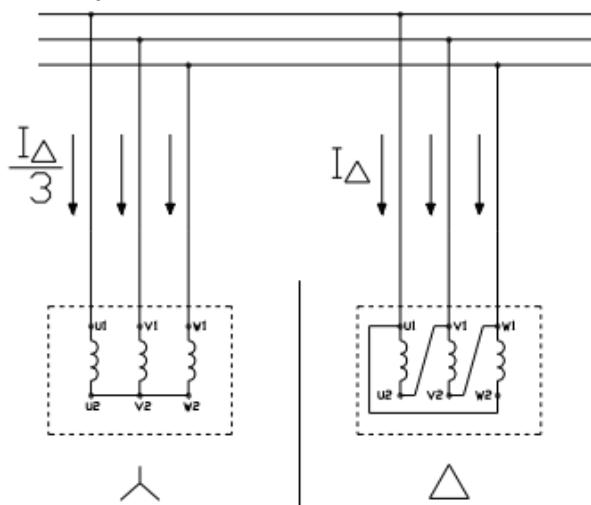
53. Jakie fazy napięć porównuje się przy określaniu grupy połączeń transformatora – narysować na schemacie transformatora Dy (Plamitzer str.171)



55. Narysować wykresy i wyjaśnić dlaczego przy rozruchu silnika indukcyjnego za pomocą przełącznika Y/ moment i prąd rozruchowy są 3 krotnie mniejsze.

57. Narysować charakterystyki podczas rozruchu silnika indukcyjnego za pomocą przełącznika gwiazda trójkąt – wyjaśnić dlaczego prąd przy połączeniu w gwiazdę jest 3 krotnie mniejszy niż przy połączeniu w trójkąt. (Plamitzer str.361)

Przełącznik Y/Δ stosujemy w celu ograniczenia prądów rozruchowych silników indukcyjnych klatkowych przez zmniejszenie napięcia na zaciskach uzwojeń stojana (zamiast napięcia przewodowego podajemy napięcie fazowe). Przy połączeniu w gwiazdę i właściwym doborze silnika, napięcie każdej fazy uzwojenia stojana jest $\sqrt{3}$ -krotnie mniejsze niż napięcie znamionowe. Prąd pobierany w tym stanie z sieci jest więc w przybliżeniu 3-krotnie mniejszy niż prąd, jaki płynąłby w przypadku połączenia w trójkąt. Moment rozruchowy jest również w przybliżeniu 3-krotnie mniejszy niż moment powstający przy połączeniu w trójkąt.



$$U_f = \frac{U_p}{\sqrt{3}}$$

$$I_f = I_p = \frac{U_f}{Z_f} = \frac{U_p}{\sqrt{3} \times Z_f}$$

$$\frac{I_{pY}}{I_{p\Delta}} = \frac{U_p}{\sqrt{3} \times Z_f} \times \frac{Z_f}{\sqrt{3} \times U_p} = \frac{1}{3}$$

$$P_Y = 3 \times U_f \times I_f \times \eta \times \cos \varphi$$

$$P_Y = 3 \times \frac{U_p}{\sqrt{3}} \times \frac{U_p}{\sqrt{3} \times Z_f} \times \eta \times \cos \varphi$$

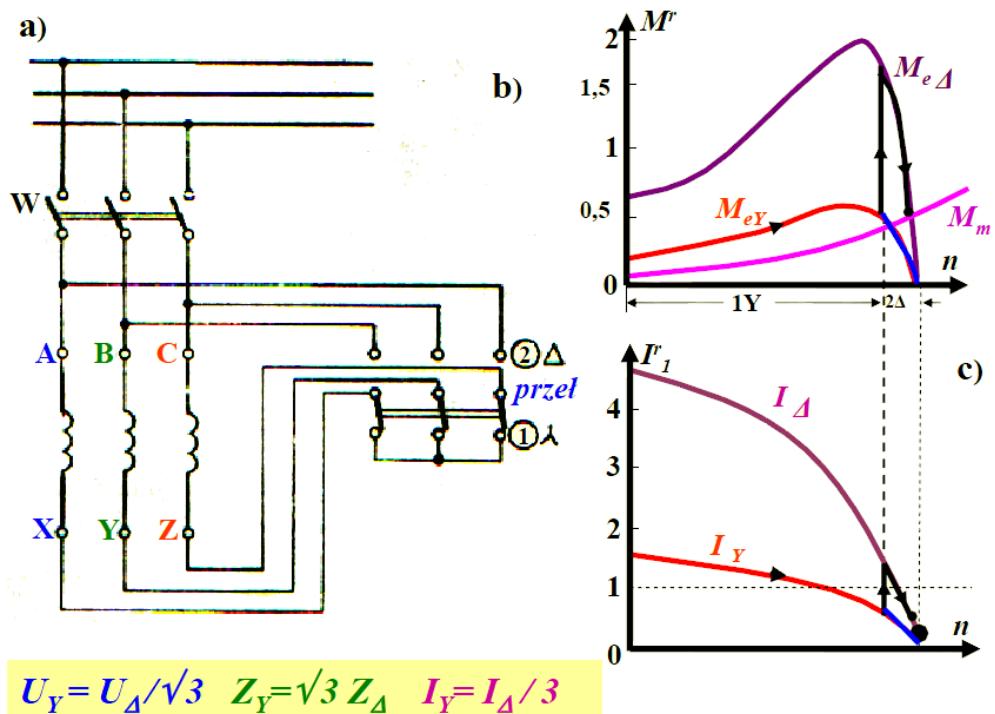
$$P_Y = \frac{U_p^2}{Z_f} \times \eta \times \cos \varphi$$

$$P_\Delta = 3 \times U_f \times I_f \times \eta \times \cos \varphi$$

$$P_\Delta = 3 \times U_p \times \frac{U_p}{Z_f} \times \eta \times \cos \varphi$$

$$P_\Delta = 3 \times \frac{U_p^2}{Z_f} \times \eta \times \cos \varphi$$

$$\frac{P_Y}{P_\Delta} = \frac{1}{3} \quad \text{jesli } (P = M \times \omega) \text{ to } \frac{M_Y}{M_\Delta} = \frac{1}{3}$$



59. Skutki różnych napięć zwarcia transformatorów pracujących równolegle (Plamitzer str.190)

54. Trzy transformatory trójfazowe mają znamionowe napięcia zwarcia równe 3,5%, 4,0%, 5%; które z nich mogą być połączone do pracy równoległawej i uzasadnić dlaczego. (Plamitzer str.190)
ODPOWIEDŹ:

Do pracy równoległawej mogą być połączone transformatory ze znamionowym napięciem zwarcia równym 3,5% i 4,0%. UZASADNIENIE: Przepisy zezwalają na łączenie do pracy równoległawej transformatorów, których przekładnie nie różnią się więcej niż o $\pm 0,5\%$. Zapewnia to dostateczne ograniczenie wartości prądu wyrównawczego; nie przekracza on w tych warunkach 2..7% prądu znamionowego. Jeżeli nie spełnimy tego wymagania, to przy obciążeniu nie będzie możliwa wykorzystać mocy znamionowych wszystkich transformatorów należących do danego zespołu oraz spowoduje to powstanie prądów wyrównawczych stanowiących obciążenie obu transformatorów (transf 1 zasila transf 2)

56. Wyjaśnić dlaczego parametry podłużne (R_1 , X_1 , R_2' , X_2') schematu zastępczego transformatora wyznacza się próby zwarcia?

Ponieważ w stanie zwarcia nie występuje zjawisko nasycania obwodu magnetycznego rdzenia, parametry transformatora pozostają stałe niezależnie od zmian napięcia.

60. Wyjaśnić powstawanie pola pulsującego w maszynie elektrycznej

Platzimer jak i inne książki mówią nam, że to szczególny przypadek pola przemiennego (różni się tym że ma stały zwrot) i na tym koniec.... Jeśli ktoś ma pomysł co by tu napisać to niech się nie krępuje i podzieli ;).

61. Dlaczego straty w żelazie wyznacza się z próby zwarcia transformatora?

Strat w żelazie nie wyznacza się z próby zwarcia transformatora ponieważ moc pobierana w tych warunkach przez transformator zamienia się prawie całkowicie na straty w miedzi zwojeń:

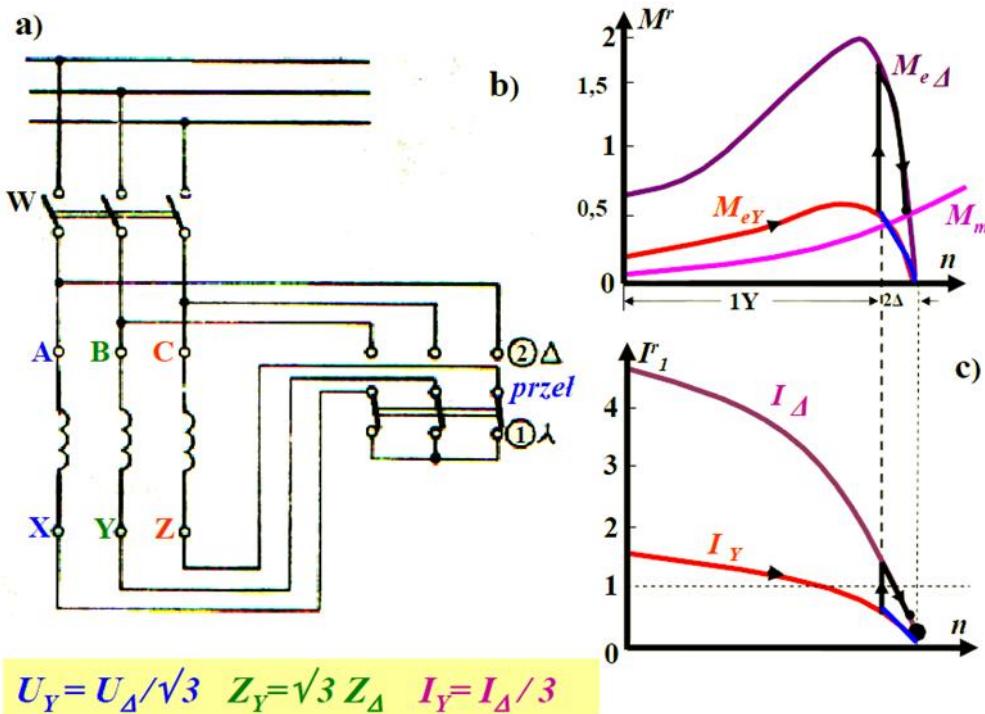
$$P_z \approx \Delta P_{Cu} \approx 3I_z^2(R_1+R_2)=3I_z^2 R_z$$

62. Wyjaśnić różnicę rozruchu silników indukcyjnych za pomocą dławika (rozrusznika stojanowego) i autotransformatora (transformatora) rozruchowego.

rozrusznik	stojanowy	autotransformator
Obciążenie	Bez obciążenia lub charakterystyka wentylatorowa	Bez obciążenia, charakterystyka wentylatorowa
Krotność prądu rozruchowego	Początkowy moment rozruchowy zbliżony do momentu startowego obciążenia	Moment silnika zbliżony jest do momentu obciążenia w całym zakresie prędkości
Krotność momentu rozruchowego	średnia	mały
Udary mechaniczne	średnie	małe
Udary prądowe	duże	małe
Czas rozruchu	Średni	długi
Możliwość zmiany parametrów	Brak	W szerokim zakresie

Porównując w obu przypadkach wartość początkowego prądu rozruchowego pobieranego z sieci przez ten sam silnik w analogicznych warunkach zasilania(takie samo napięcie na zaciskach silnika w chwili początkowej) stwierdzimy, że w ukł. z autotransformatorem prąd jest mniejszy.

63. Wyjaśnić rozruch silników indukcyjnych za pomocą przełącznika gwiazda trójkąt



Polegająca na obniżeniu wartości napięcia zasilania w trakcie rozruchu. Dzięki temu silnik w czasie uruchamiania pobiera z sieci zasilającej mniejszy prąd. Uzyskuje się to poprzez zmianę układu połączeń maszyny z siecią. W trakcie rozruchu uzwojenia stojana skojarzone są wgwiazdę(Y). Po czasie ustalenia się punktu pracy, następuje przełączenie faz silnika w trójkąt(Δ). Silnik po osiągnięciu znamionowej prędkości pracuje w znamionowych warunkach zasilania.

64. Dlaczego podczas wyznaczania parametrów podłużnych R, X w stanie zwarcia transformatora pomija się straty w żelazie?

Straty w żelazie zależą od kwadratu napięcia (w przybliżeniu) a przy próbie zwarcia napięcie jest małe tak więc możemy je pominąć.

65. Na czym polega połaczenie w zyzkak transformatora trójfazowego

Zyzkak umożliwia niesymetryczne obciążenie transformatora. Takie połaczenie pozwala na uzyskanie większej równomierności obciążenia po stronie pierwotnej — gdy strona wtórna jest obciążona nierównomiernie. Uzwojenie wtórne każdego ze słupów jest podzielone na 2 równe części. Uzwojenie jednej fazy jest złożone z dwóch połówek osadzonych na różnych słupach. Ma to na celu rozłożenie obciążenia jednej fazy po stronie wtórnej na dwa słupy.

Przy zyzkaku transformator posiada wyprowadzony punkt zerowy, by móc korzystać zarówno z napięć międzyprzewodowych, jak i fazowych.,

66.Dlaczego podczas wyznaczania parametrów poprzecznych RFe, X w stanie jałowym transformatora pomija się straty w uzwojeniach?

Straty mocy w obwodach elektrycznych P_{cu} są związane z wydzielaniem się ciepła na rezystancji uzwojeń przez przepływający prąd i zależą od tej rezystancji i kwadratu prądu. Straty mocy w obwodzie magnetycznym P_μ są sumą strat wywołaną prądami wirowymi P_{ow} oraz przemagnesowania obwodu magnetycznego P_μ . Moc ta zmienia się w ciepło powodując nagrzewanie rdzenia transformatora. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że energia pobrana przez transformator w stanie jałowym zamienia się w ciepło na skutek strat w rdzeniu oraz niewielkich strat w uzwojeniu pierwotnym i izolacji. Prąd w stanie jałowym przy napięciu znamionowym wynosi zaledwie od 2% do 15% prądu znamionowego. W związku z tym straty w uzwojeniu pierwotnym transformatora w stanie jałowym P_{cu} możemy pominąć.

66.Dlaczego podczas wyznaczania parametrów poprzecznych RFe, X w stanie jałowym transformatora pomija się straty w uzwojeniach?

Straty mocy w obwodach elektrycznych P_{cu} są związane z wydzielaniem się ciepła na rezystancji uzwojeń przez przepływający prąd i zależą od tej rezystancji i kwadratu prądu. Straty mocy w obwodzie magnetycznym P_μ są sumą strat wywołaną prądami wirowymi P_{ow} oraz przemagnesowania obwodu magnetycznego P_μ . Moc ta zmienia się w ciepło powodując nagrzewanie rdzenia transformatora. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że energia pobrana przez transformator w stanie jałowym zamienia się w ciepło na skutek strat w rdzeniu oraz niewielkich strat w uzwojeniu pierwotnym i izolacji. Prąd w stanie jałowym przy napięciu znamionowym wynosi zaledwie od 2% do 15% prądu znamionowego. W związku z tym straty w uzwojeniu pierwotnym transformatora w stanie jałowym P_{cu} możemy pominąć.

67. Regulacja prędkości obrotowej silnika indukcyjnego przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego

68. Wyjaśnić jaki jest prąd pobierany z sieci i moment silnika asynchronicznego podczas rozruchu za pomocą dławika (rozrusznika stojanowego) oraz autotransformatora (zmiana wartości napięcia zasilającego)

69. Wyjaśnić jak zmiana obciążenia np. zmiana prądu strony wtórnej transformatora wpływa na zmianę prądu strony pierwotnej

70. Narysować schemat zastępczy transformatora i wyjaśnić co to jest znamionowa zmienność napięcia

71. Narysować jak zmienia się charakterystyka mechaniczna maszyny indukcyjnej w zależności od rezystancji w obwodzie wirnika

72. Narysować wykres zmiany współczynnika sprawności w funkcji obciążenia silnika indukcyjnego przy stałym napięciu zasilania – uzasadnić ten wykres

67. Regulacja prędkości obrotowej silnika indukcyjnego przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego

Zmieniając częstotliwość f_1 zasilania regulujemy prędkość obrotową pola wirującego co w rezultacie umożliwia regulację prędkości obrotowej wirnika. Zmiana częstotliwości przeprowadzana w sposób ciągły zapewnia ciągłą (płynną) regulację prędkości. Gdyby zmiana f odbywała się przy stałej wartości napięcia zasilania, wówczas występowałaby zmiana wartości strumienia ($U \approx E = c\emptyset f$), wzrost f powodowałby zmniejszenie się strumienia. Pożądane jest zachowanie stałej wartości strumienia, dlatego regulując f_1 , zmieniamy zwykle tak wartość napięcia zasilania U_1 , aby $U_1 \propto f_1 = \text{const.}$

Omawiana metoda wymaga oddzielnego regulowanego źródła zasilania – prądnica synchroniczna o regulowanej prędkości obrotowej lub odpowiednia przetwornica częstotliwości.

Do niedawna metoda ta była bardzo droga. Opłacała się jedynie przy jednostkach dużej mocy, wymagających ciągłej regulacji w szerokich granicach.

Obecnie skonstruowanie elementów półprzewodnikowych dużej mocy spowodowało, że metoda ta staje się coraz bardziej popularna. Półprzewodnikowe regulatory mocy (falowniki) są coraz tańsze i powszechnie stosowane nawet do silników małej mocy.

68. Wyjaśnić jaki jest prąd pobierany z sieci i moment silnika asynchronicznego podczas rozruchu za pomocą dławika (rozrusznika stojanowego) oraz autotransformatora (zmiana wartości napięcia zasilającego)

Prąd pobierany z sieci maleje w skutek zwiększenia impedancji wypadkowej równej sumie impedancji silnika i rozrusznika.

W momencie rozruchu napięcie na silniku jest mniejsze w stosunku do napięcia zasilania a spadki napięć na impedancji rozrusznika przez który przepływa prąd rozruchowy a silnik wytwarza moment rozruchowy:

$$I'_r = I_r * \frac{U'}{U_r}$$

$$M'_r = M_r * \left(\frac{U'}{U_r}\right)^2$$

I' , U' – wartość przy obniżonym napięciu

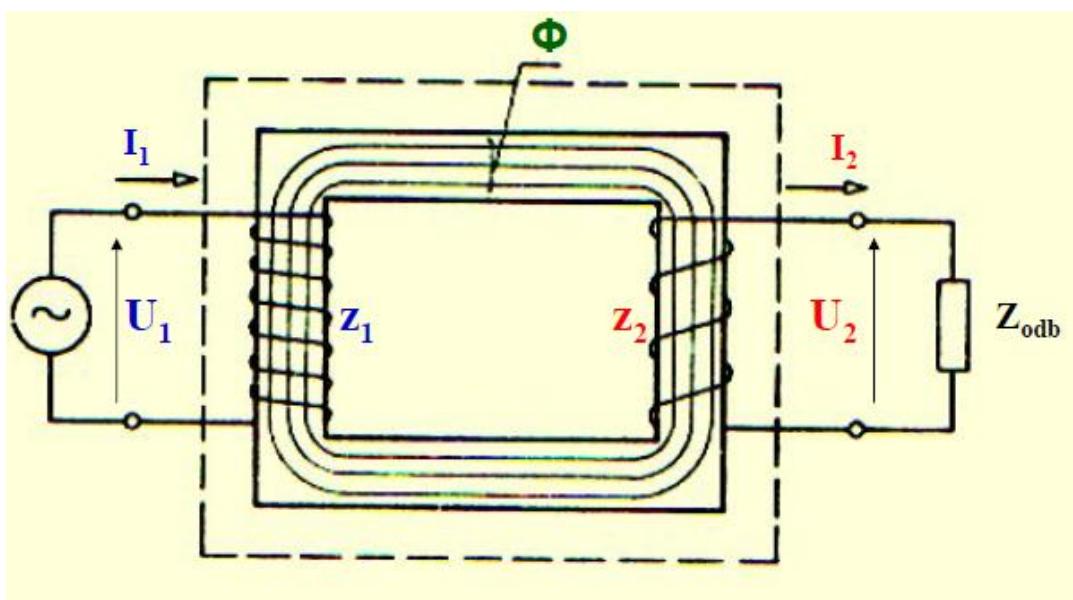
Wartość prądu rozruchowego jest proporcjonalna do napięcia na silniku, natomiast moment rozruchowy jest zależny od kwadratu tego napięcia.

Spadek napięcia na rozruszniku jest proporcjonalny do malejącego w miarę przyrostu prędkości obrotowej prądu. Z tego wynika, że zwiększające się napięcie na silniku powoduje wzrost momentu elektromagnetycznego.

ZA POMOCĄ AUTOTRANSFORMATORA:

Podobnie jak w przypadku dławika silnik w wyniku zasilania obniżanym napięciem pobiera prąd proporcjonalny do napięcia oraz wytwarza moment proporcjonalny do kwadratu napięcia. Natomiast prąd rozruchowy pobierany z sieci (po stronie pierwotnej autotransformatora) po uwzględnieniu przekładni jest również zależny od kwadratu względnej wartości napięcia na silniku.

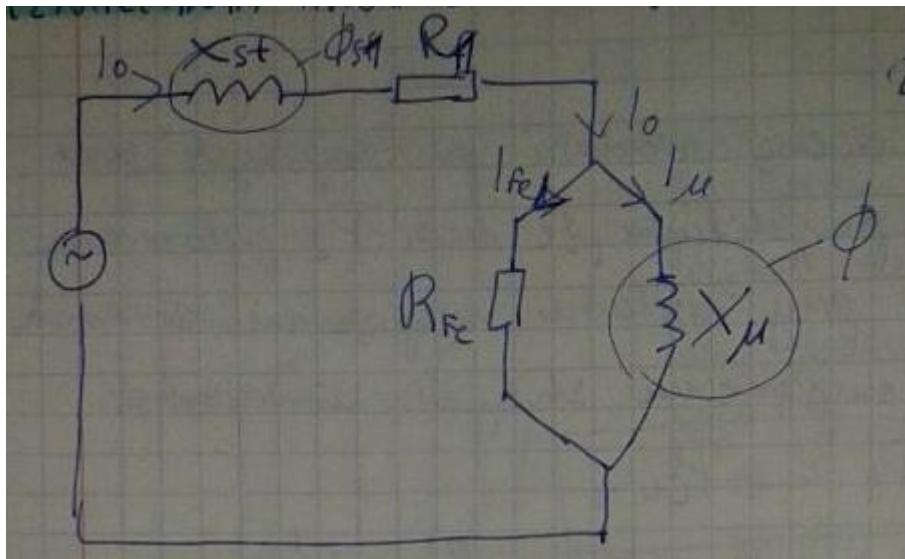
69. Wyjaśnić jak zmiana obciążenia np. zmiana prądu strony wtórnej transformatora wpływa na zmianę prądu strony pierwotnej.



Przy dołączeniu zasilania do strony pierwotnej transformatora powodujemy przepływ prądu w wyniku, którego powstaje strumień główny, sprzężony z uzwojeniem pierwotnym i wtórnym. Strumień ten powoduje wyindukowanie się napięcia w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym, w związkach z którymi przy obciążeniu strony wtórnej przepływa tam prąd I_2 . Ten prąd powoduje powstanie kolejnego strumienia który odejmuje się geometrycznie od strumienia wytworzonego przez prąd w uzwojeniu pierwotnym. W rdzeniu mamy teraz strumień magnetyczny wypadkowy równy $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$. Przy takim założeniu zakładamy, że po stronie wtórnej impedancja obciążenia zmalała, co spowodowało wzrost prądu. Większy prąd po stronie wtórnej sprawia, że wytworzony przezeń

strumień Φ_2 wzrasta, więc wypadkowy strumień Φ maleje, a co za tym idzie, napięcie indukowane po stronie pierwotnej też musi zmaleć. Aby spełnione było 2 prawo Kirchhoffa ($U_{zaśilające} = U_{impedancji\ uzwojenia} + U_{indukowane}$), prąd w uzwojeniu pierwotnym musi wzrosnąć, w związku z czym U indukowane wzrasta. Wzrostowi prądu towarzyszy zwiększenie się strumienia Φ_1 , wobec czego strumień wypadkowy Φ wraca do prawie takiej samej wartości co na początku.

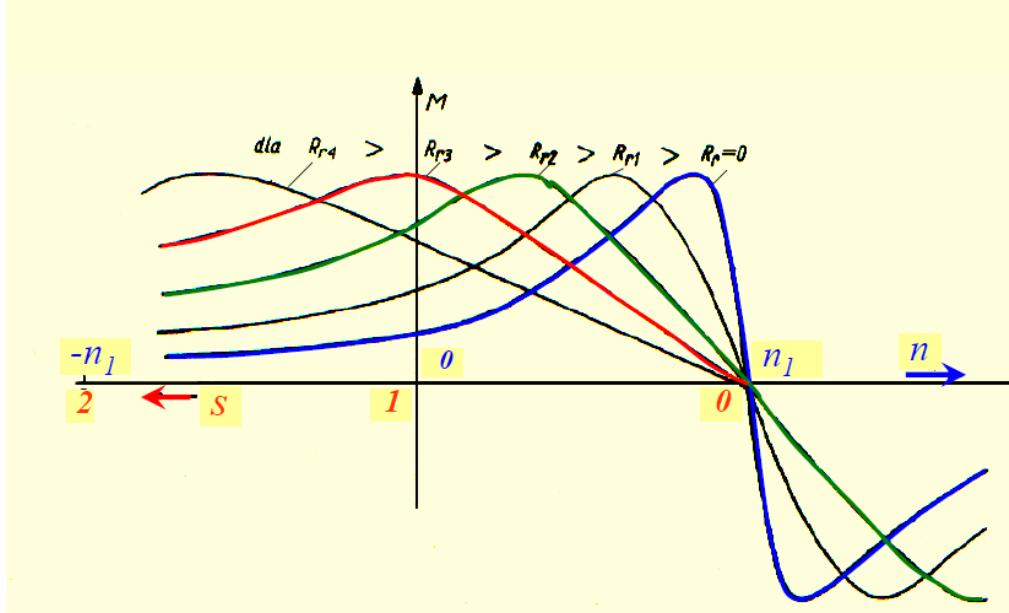
70. Narysować schemat zastępczy transformatora i wyjaśnić co to jest znamionowa zmienność napięcia



Napięcie znamionowe transformatora określa się w stanie jałowym, czyli przy prądzie obciążenia równym零. Jeżeli transformator nie jest obciążony, a jest zasilany z sieci o napięciu znamionowym, czyli $U_1 = U_{1N}$, to napięcie strony wtórnej tego transformatora w stanie jałowym będziemy nazywać napięciem znamionowym, czyli gdy $I_2 = 0$, to $U_{20} = U_{2N}$.

71. Narysować jak zmienia się charakterystyka mechaniczna maszyny indukcyjnej w zależności od rezystancji w obwodzie wirnika

Wpływ zmiany rezystancji R_r włączonej w obwód wirnika na przebieg charakterystyki momentu przy $U_I = \text{const}$



(asynchroniczne, slajd 31)

72. Narysować wykres zmiany współczynnika sprawności w funkcji obciążenia silnika indukcyjnego przy stałym napięciu zasilania – uzasadnić ten wykres