

ĆWICZENIE 3

Zastosowanie falownika jako układu sterowania pracą silnika indukcyjnego trójfazowego

Data wykonania ćwiczenia:

Data oddania sprawozdania:

Ocena:

Wykonał zespół:

- | | |
|---------|----------|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

Wydział: ...SiMR...

Rok ak.:

Semestr:

Grupa:

Warszawa 2005 r.

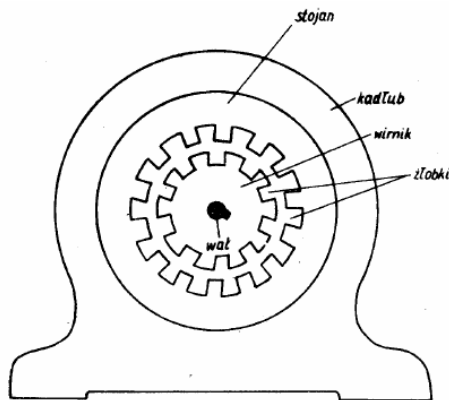
1. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest przypomnienie podstawowych zasad klasycznego sterowania silnikami indukcyjnymi asynchronicznymi i synchronicznymi z magnesami trwałymi oraz zapoznanie się z zasadami pracy sterowników i falowników w zastosowaniu do sterowania pracą wspomnianych silników indukcyjnych na przykładzie sterowania pracą silnika indukcyjnego asynchronicznego budowy klatkowej.

2. Silnik asynchroniczny – przypomnienie podstawowych informacji.

2.1 Budowa silnika asynchronicznego.

Budowę silnika asynchronicznego przedstawiono na rysunku 1.:



Rys. 1. Schemat budowy silnika indukcyjnego

Część nieruchoma (stojan) ma kształt wydrążonego wewnątrz walca. W wewnętrznej przestrzeni stojana znajduje się część wirująca maszyny zwana wirnikiem, również w kształcie walca. Obwód magnetyczny stojana i wirnika jest wykonany w postaci rdzenia. Na wewnętrznej stronie rdzenia stojana i zewnętrznej stronie rdzenia wirnika wykonane są na całej długości specjalne rowki zwane żłobkami, w których umieszczone są uzwojenia. Najczęściej stosowane są silniki indukcyjne trójfazowe, tzn. takie, które posiadają trójfazowe uzwojenie stojana.

2.2 Metody sterowania silników indukcyjnych asynchronicznych trójfazowych

Podstawą do projektowania każdego układu sterowania silnika jest osiągnięcie zadanych stanów ustalonych. Dotyczy to możliwości zmian: prędkości obrotowej, momentu rozwijanego przez silnik podczas rozruchu i w stanach ustalonych oraz prądu podczas rozruchu.

Przedstawione wielkości opisują zależności zdefiniowane jako:

- prędkość obrotowa wirnika : $n_w = n_s(1-s)$, (1) [1]

- prędkość obrotowa synchroniczna (prędkość wirowania pola magnetycznego):

$$n_s = \frac{60f}{p}, \quad (1.1)$$

gdzie: f - częstotliwość napięcia zasilającego, p - liczba par biegunów;

- poślizg:
$$s = \frac{n_s - n_w}{n_s} 100\% \quad (1.2)$$

- moment obrotowy:
$$M = \frac{28.6}{n_s} U_1^2 \frac{\frac{R_2'}{s}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}, \quad (2)$$

- moment rozruchowy:
$$M_r = \frac{28.6}{n_s} U_1^2 \frac{R_2'}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}},$$

- moment krytyczny:
$$M_k \approx \frac{14.3}{n_s} \frac{U_1^2}{X_1 + X_2'}, \quad \text{występujący przy} \quad (2.2)$$

poślizgu krytycznym:
$$s_k \approx \frac{R_2'}{X_1 + X_2'}, \quad (2.3)$$

gdzie: R_2' - rezystancja wirnika odniesiona do obwodu stojana, R_1 - rezystancja stojana,

X_1 - reaktancja stojana, X_2' - reaktancja wirnika odniesiona do obwodu stojana, U_1 - napięcie zasilania silnika;

- prąd rozruchowy:
$$I_r = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}}, \quad I_r = (4 \div 8) I_n \quad (3)$$

gdzie : I_n - prąd znamionowy silnika.

Powyższe równania wskazują, że:

metody sterowania prędkością obrotową i momentem obrotowym można podzielić na sterowanie przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego stojan lub przez zmianę poślizgu.

metody sterowania (zmniejszenia) prądu rozruchowego można podzielić na sterowanie wynikające ze zmniejszenia napięcia zasilającego stojan lub zwiększenie rezystancji wirnika.

Wybór metody sterowania pracą silnika indukcyjnego asynchronicznego zależy od jego mocy znamionowej i budowy wirnika.

2.2.1. Silniki pierścieniowe

W silnikach pierścieniowych istnieje możliwość obniżenia prądu rozruchowego i powiększenia momentu rozruchowego wynikająca z włączenia w obwód wirnika rezystorów rozruchowych R_r . Jak wynika z wzoru (3) ze wzrostem rezystancji R_2' maleje prąd rozruchowy. Zmiana tej rezystancji powoduje również zmianę wartości poślizgu krytycznego (2.3), co doprowadza do wzrostu momentu rozruchowego, nawet do wartości $M_r = M_k$.

Z tego powodu silniki pierścieniowe stosuje się w napędach o ciężkich warunkach rozruchowych. W celu utrzymania podczas rozruchu rozwijanego przez silnik momentu obrotowego na odpowiednim poziomie, rezystancja R_r regulowana jest stopniowo. W procesie rozruchu poszczególne stopnie, a po jego zakończeniu cały rezystor wyłącza się i uzwojenie wirnika zwiera się.

W równaniu opisującym moment krytyczny (maksymalny) (2.2) nie występuje rezystancja wirnika, czyli moment ten nie zależy od tej rezystancji. Natomiast poślizg, przy którym występuje ten moment jest zależny od rezystancji wirnika. Gdy rezystancję wirnika zwiększy się o R_d nastąpi zmiana położenia momentu krytycznego. Powoduje to zmianę nachylenia roboczej części charakterystyki $M=f(n)$ silnika i zmianę prędkości obrotowej ustalonego punktu pracy.

Prąd rozruchowy można zmniejszać również zniżając na czas rozruchu napięcie zasilające stojan [3]. Powoduje to jednak znaczne obniżenie momentu rozruchowego, krytycznego i obrotowego ($M = c U_{12}$).

2.2.2. Silniki klatkowe

Reguły sterowania silnikiem indukcyjnym asynchronicznym klatkowym są analogiczne jak dla silnika pierścieniowego. Konstrukcja wirnika silnika indukcyjnego asynchronicznego klatkowego wyklucza jednak możliwość włączania w jego obwód rezystorów dodatkowych. Sterowanie silnikiem zachodzi więc w obwodzie stojana.

W przypadku silnika klatkowego małej mocy rozruch dokonuje się przez bezpośrednie włączenie uzwojenia stojana na znamionowe napięcie sieci zasilającej. W silnikach większej mocy, gdy prąd rozruchowy może wywołać niebezpieczne przeciążenie źródła i sieci zasilającej, stosuje się specjalne układy zapewniające obniżenie prądu. Niestety obniża się również moment rozruchowy.

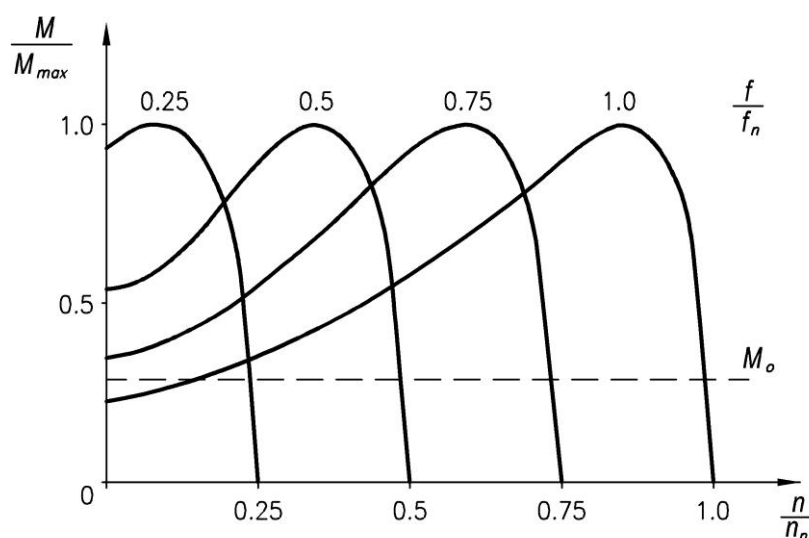
Najbardziej rozpowszechniony jest przełącznik uzwojeń stojana gwiazda-trójkąt. Silnik pracujący przy połączeniu tych uzwojeń w trójkąt rozpoczyna rozruch przy połączeniu w gwiazdę. Obniża to prąd rozruchowy ale i moment rozruchowy do wartości $1/3$ występujących przy połączeniu w trójkąt. Po dokonaniu rozruchu uzwojenie stojana łączy się w trójkąt. Czas trwania rozruchu większości maszyn jest krótki. Wyjątek stanowią silniki o

dużym momencie bezwładności (obciążone). Przy stosowaniu przełącznika rozruchowego należy więc zwracać uwagę na występowanie zmniejszonego momentu rozruchowego. Powyższa metoda dotyczy jedynie sterowania rozruchem silnika klatkowego.

Jedyną możliwością sterowania prędkością obrotową i położeniem momentu krytycznego jest regulacja częstotliwości napięcia zasilającego stojan (1.1). Wynikająca z tego równania możliwość regulacji prędkości obrotowej przez zmianę liczby par biegunów nie dotyczy regulacji ciągłej.

Napędy z szerokim zakresem zmian prędkości obrotowej silników indukcyjnych klatkowych realizuje się więc w układach zasilania z przemienników częstotliwości, w których prędkość obrotowa może być zmieniana praktycznie bezstratnie. Pogorszenie się sprawności silnika indukcyjnego ze względu na zasilanie napięciem odbiegającym kształtem od sinusoidy jest nieznaczne, a moc tracona w przemienniku jest niewielka.

Zmianę charakterystyki mechanicznej $M = f(n)$ silnika przedstawiono na rys. 1.



Rys. 2. Charakterystyki mechaniczne silnika indukcyjnego asynchronicznego sterowanego przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego uzwojenie stojana

Powszechność tej metody stała się możliwa dzięki zastosowaniu tyrystorowych przemienników częstotliwości.

W celu zapewnienia stałej wartości przeciążalności i odpowiedniej sztywności charakterystyki mechanicznej konieczna jest stałość strumienia magnetycznego. Utrzymanie niezmienności strumienia podczas regulacji prędkości obrotowej silnika indukcyjnego przez zmianę częstotliwości napięcia zasilania uzwojeń stojana, wymaga jednoczesnej zmiany tego napięcia. Siła elektromotoryczna indukowana w każdej z faz uzwojeń stojana jest równa:

$$E_1 = 4.44 \cdot k_1 \cdot z_1 \cdot f_1 \cdot \Phi \quad (4)$$

gdzie: z_1 - liczba zwojów jednej fazy uzwojenia stojana, k_1 - współczynnik uzwojenia, Φ - strumień magnetyczny, f_1 - częstotliwość napięcia zasilającego,

oraz niewiele mniejsza od napięcia zasilającego ($E_1 \approx U_1$) i aby strumień magnetyczny pozostawał niezmienny, napięcie zasilające powinno zmieniać się proporcjonalnie do częstotliwości, tj. powinien być spełniony warunek $U_1/f_1 = \text{const}$.

Warunek ten musi być spełniony przy regulacji prędkości obrotowej silnika obciążonego stałym momentem.

3. Budowa i zasada działania falownika.

Falowniki to urządzenia przeznaczone do sterowania prędkością obrotową maszyn indukcyjnych prądu przemiennego. Prędkość obrotowa silnika jest proporcjonalna do wartości napięcia lub sygnału prądu wyjściowego z falownika. Falowniki zapewniają także zabezpieczenie przeciw przeciążeniu, zwarciom w obwodach silnika oraz szereg funkcji dodatkowych jak sterowanie rozruchem i hamowaniem.

Stosowanie falowników umożliwia oszczędność energii, która może dochodzić do 50% wartości. Prędkość obrotowa silnika jest proporcjonalna do częstotliwości napięcia zasilającego. Do sterowania prędkości stosuje się zmianę częstotliwości. Uzyskuje się to przy użyciu dwóch stopni mocy. Stopień pierwszy prostuje prąd przemienny, drugi zbudowany z tranzystorów i mostka przełączającego - przetwarza energię prądu stałego na energię prądu przemiennego. Sterowanie szerokością impulsów napięciowych przez chwilowe załączanie tranzystorów pozwala na ukształtowanie prądu o określonej częstotliwości i napięciu skutecznym a w konsekwencji sterowanie prędkością obrotową silnika. Utrzymanie stałej wartości momentu wymaga utrzymania stałej wartości stosunku napięcia do częstotliwości (U/f).

Zastosowanie falowników, poza sterowaniem w sposób płynny prędkością obrotową silników, umożliwia także nastawienie i zaprogramowanie parametrów takich jak:

- czas narastania i opadania,
- zwiększenie momentu obrotowego silnika,
- nastawienie funkcji podstawowych (maksymalnej częstotliwości, dolnej i górnej granicy częstotliwości bazowej)
- nastawienie uruchomienia i zatrzymania silnika,
- nastawienie wartości domyślnych.

Do falownika można również dołączyć szereg dodatkowych urządzeń jak:

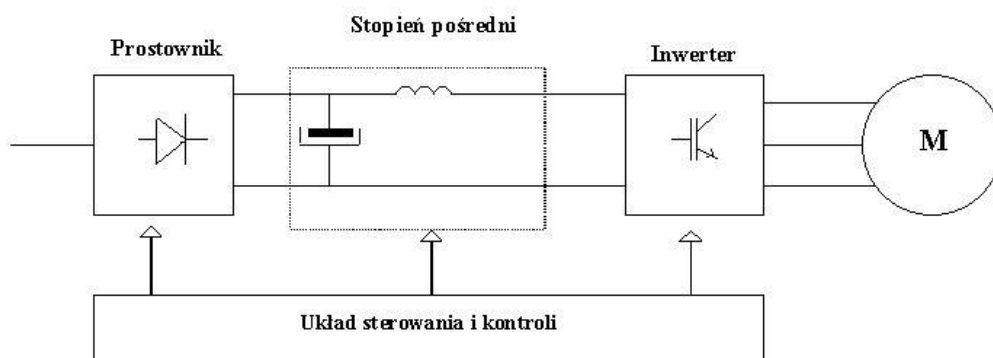
- mierniki częstotliwości oraz mierniki prądu wyjściowego,

- sygnały prądowe lub napięciowe służące do sterowania prędkością obrotową silnika,
- potencjometr zewnętrznych,
- urządzenie do sterowania kierunkiem obrotów silnika.

3.1. Schemat budowy falownika:

Falowniki stanowią podgrupę w urządzeniach zwanych przekształtnikami. Przekształtnik może przekształcać:

- energię elektryczną prądu przemiennego na energię prądu stałego - prostownik,
- energię elektryczną prądu przemiennego o danej częstotliwości i liczbie faz na energię elektryczną prądu przemiennego o innej liczbie faz lub częstotliwości – przemiennik częstotliwości,
- energię elektryczną prądu stałego na energię elektryczną prądu stałego na energię elektryczną prądu przemiennego - falownik.



Prostownik - napięcie zasilające przetwornicę jest napięciem sieciowym jedno lub trójfazowym. W przypadku gdy prostownik składa się z samych diod jest określany jako nie sterowany, i może być w wykonaniu jednofazowym lub trójfazowym. Mostek sterowany posiada tyrystory jako elementy prostownicze sterowane. Zaletą prostownika sterowanego jest to, iż wartość napięcia wyprostowanego może być regulowana przez zmianę kąta przewodzenia poszczególnych tyrystorów.

Stopień pośredni - stopień pośredni w przetwornicy, niezależnie od jego budowy, można traktować jako swoisty magazynku energii, z którego zasilany jest inwerter mocy. Wiadomo powszechnie jak wiele zależy od wydajnego, układu sterowania i kontroli stabilnego źródła energii w każdym układzie elektrycznym. Istnieją trzy typy stopni pośrednich, stosowane w zależności od rodzaju inwertera mocy. Są to:

- stopień pośredni z regulowanym prądem,
- stopień pośredni z regulowanym lub stałym napięciem wejściowym i wyjściowym,

- stopień pośredni ze stałym napięciem wejściowym i zmiennym wyjściowym.

Inwerter mocy - blok wyjściowy przetwornicy, do którego podłączony jest silnik, nazywany jest inwerterem mocy. W tym module wytwarzane jest trójfazowe napięcie wyjściowe przetwornicy, które powinno być ciągle dopasowywane do warunków pracy silnika. Przetwornica powinna zapewnić warunki jak najbardziej zbliżone do warunków nominalnych w całym zakresie zmian częstotliwości oraz obciążenia silnika. Inwerter mocy dokonuje (w zależności od rodzaju stopnia pośredniego) zamiany prądu lub napięcia na trójfazowe napięcie o regulowanej wartości i częstotliwości.

Układ sterowania i kontroli - jest to sterownik (controler) całego falownika. Jego funkcje to sterowanie pracą inwertera mocy oraz odbiór i obsługa sygnałów komunikacyjnych z otoczenia przetwornicy. Sygnały te mogą pochodzić z zewnętrznych urządzeń sterujących bądź z panelu operatora.

3.2 Sposoby sterowania silnikiem asynchronicznym za pomocą falowników.

Wyróżniamy dwa rodzaje sposobów sterowania silnikiem asynchronicznym za pomocą falowników:

- algebraiczne
- wektorowe

3.2.1 Sterowanie algebraiczne (skalarne)

Charakteryzuje się tym, że na podstawie zależności obowiązujących dla stanów ustalonych nastawiane są tylko amplitudy i prędkości kątowe wektorów przestrzennych napięć, prądów i strumieni skojarzonych silnika klatkowego. Układ sterowania nie oddziałuje więc na wzajemne położenie wektorów w stanach dynamicznych.

Najczęściej stosowanym układem sterowania skalarne są układy, w których stabilizacja strumienia uzyskiwana jest dzięki charakterystykom statycznym $U/f=\text{const}$.

Dla stanów ustalonych utrzymanie warunku $U/f=\text{const}$ oznacza stabilizację strumienia stojana, optymalne wykorzystanie obwodu magnetycznego i stałą przeciążalność silnika. Układ sterowania jest niezwykle prosty, ma jednak sporo wad. Podstawową jest brak kontroli momentu rozwijanego przez silnik w stanach przejściowych oraz nie wykorzystanie do końca możliwości dynamicznych zarówno silnika jak i przetwornicy częstotliwości.

Najbardziej rozpowszechnione są układy sterowania skalarne, w których stabilizacja strumienia uzyskiwana jest na podstawie charakterystyk statycznych $U/f=\text{const}$. Dla stanów ustalonych (przy pominięciu spadku napięcia na rezystancji stojana $R_s=0$) utrzymywanie warunku $U/f=\text{const}$ jest równoważne stabilizacji strumienia stojana silnika.

Zapewnia to optymalne wykorzystanie obwodu magnetycznego i stałą przeciążalność silnika.

Układ sterowania jest niezwykle prosty, jednak ma następujące wady:

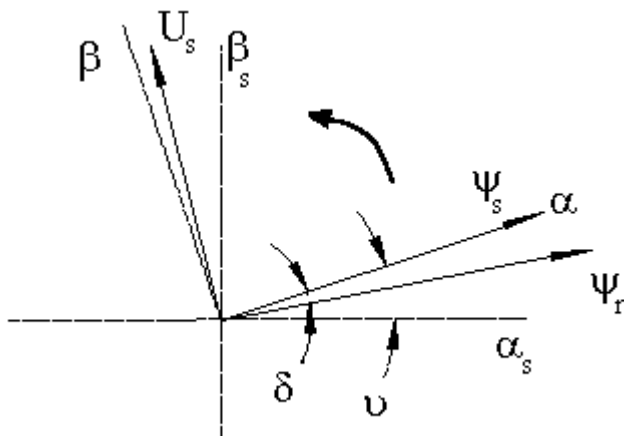
- brak kontroli momentu rozwijanego przez silnik w stanach przejściowych,
- brak sprzężenia dynamicznego między sterowaniem momentem i strumieniem,
- długie niekontrolowane stany przejściowe oraz skłonność do słabo tłumionych oscylacji momentu i prędkości,
- brak sprzężeń zwrotnych i w wyniku brak zabezpieczenia przed przeciążeniami,
- możliwości dynamiczne silnika i przemiennika częstotliwości nie są w pełni wykorzystane.

3.2.2 Sterowanie wektorowe

W metodzie wektorowego sterowania silnikiem za pomocą sekwencji załączania poszczególnych kluczy falownika można w sposób bezpośredni wpływać na wartość momentu rozwijanego przez maszynę

Klucze załączane są tak, aby wpływać na pole magnetyczne w maszynie. Moment elektromagnetyczny zależy między innymi od kąta między wektorami strumienia stojan i wirnika. Szybkie przełączanie wektora napięcia wpływa w pierwszej kolejności na strumień stojan, a w dalszej na strumień wirnika. Idea sterowania wektorowego polega więc na nadsztywnej kontroli strumienia stojana, tak aby warunki magnetyczne w maszynie były optymalne. Analizując w bardzo krótkim czasie, skokowa zmiana wartości rzeczywistej wektora strumienia pociąga za sobą zmianę długości wektora strumienia, natomiast zmiana wartości urojonej napięcia spowoduje niewielką zmianę kąta między strumieniami stojan i wirnika. W ten sposób zmieniając wektor napięcia można regulować z jednej strony wzbudzenie silnika, z drugiej wartość momentu.

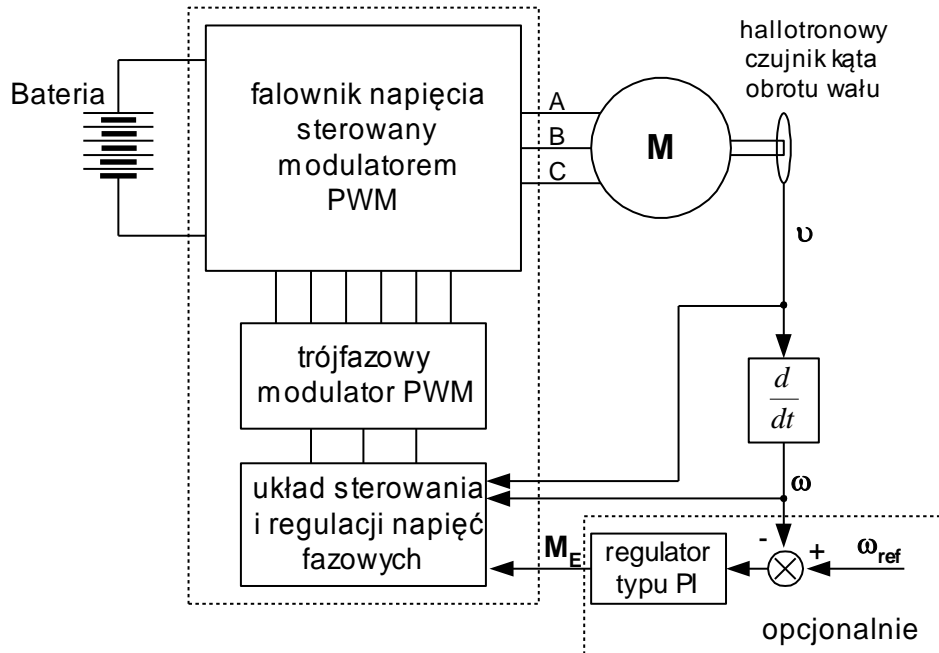
Układ realizujący sterowanie wektorowe powinien być wyposażony w obserwator, który pozwoli na oszacowanie wartości, zwrotów i położenia wektorów strumieni w silniku. Obecnie stosowane układy wykorzystują pomiary prądu i napięcia maszyny oraz prędkość kątową wirnika lub układy, w których kosztem nieznaczej jakości odtwarzania badanych wielkości, zrezygnowano z pomiaru prędkości. W układzie ponad to znajdują się regulator prędkości, momentu i strumienia. Sygnały wyjściowe z regulatorów momentu i strumienia pozwalają na wyznaczenie stanów załączeń kluczy przekształtnika.



Rys. 3 Wykres wektorowy maszyny indukcyjnej

4. Metoda PWM

Zadaniem falownika w napędzie z maszyną synchroniczną z magnesami trwałymi jest wygenerowanie takiego napięcia trójfazowego, zasilającego maszynę, które wywoła uzyskanie zadanego efektu. W nowoczesnych falownikach, zadanym parametrem może być do wyboru: prędkość obrotowa lub moment na wale maszyny, przy czym zastosowanie sterowania prędkością oznacza konieczność zastosowania dodatkowej pętli sterowania z regulatorem momentu (typu PI).



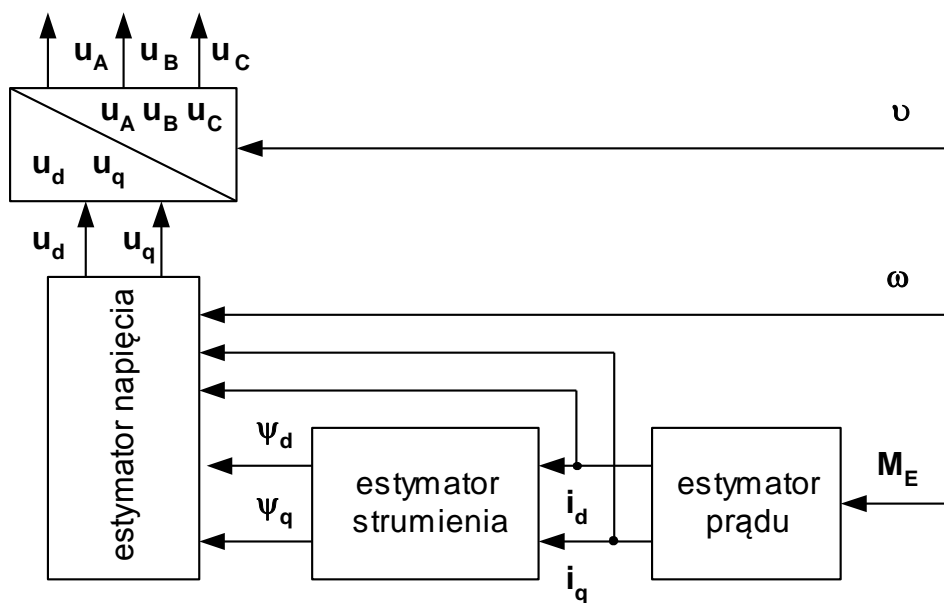
Rys. 4. Schemat blokowy falownika sterowanego momentowo lub prędkościowo. Oznaczenia: M - maszyna synchroniczna; M_E – zadawany moment maszyny; ω_{ref} – opcjonalnie zadawana prędkość wału maszyny; ω - mierzona prędkość wału maszyny; ν - kąt obrotu wału; A,B,C - przewody fazowe maszyny

Powyżej przedstawiony został ogólny schemat blokowy falownika – szczegółowe, techniczne rozwiązania budowy falownika, rodzaje mierzonych sygnałów sprzężeń zwrotnych oraz sygnałów obliczanych różnią się między sobą i zależą między innymi od obranej strategii sterowania maszyną. Zauważalna jest tendencja do budowy układów, w których sygnały mierzone zastępowane są sygnałami obliczanymi (układy bezczujnikowe).

Dla strategii maksymalizacji momentu w stosunku do strumienia stojana

(moment/strumień) $K_2 = \max\left(\frac{M_E}{\Psi_s}\right)$ poszczególne bloki mogą mieć postać:

Układ sterowania i regulacji napięć fazowych:



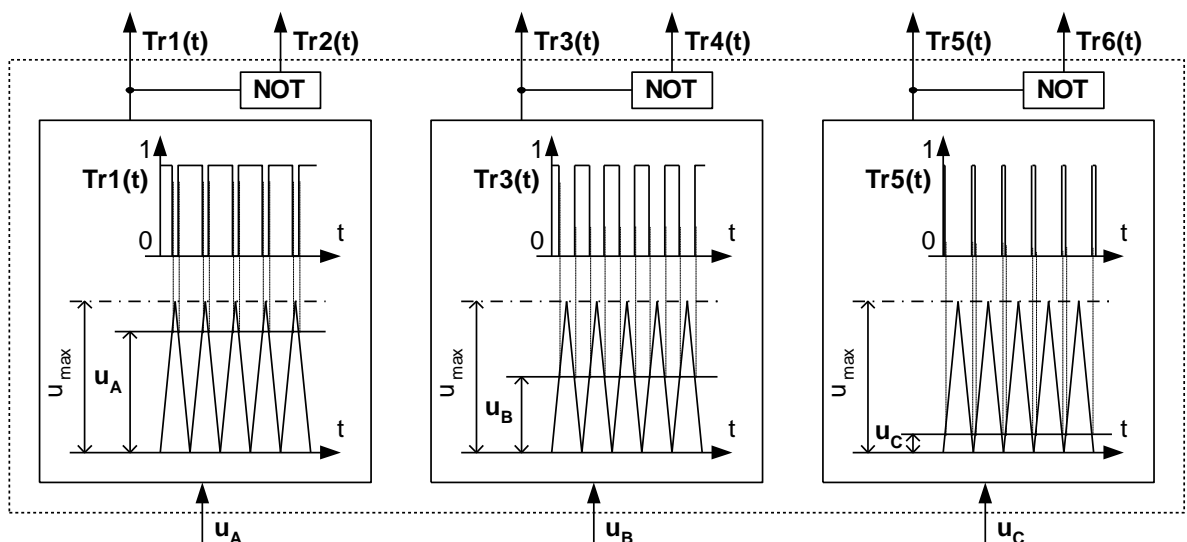
Rys. 5. Blok układu sterowania i regulacji napięć fazowych

W zaprezentowanym bloku układu sterowania i regulacji napięć fazowych sygnałami wejściowymi są moment M_E oraz kąt położenia i prędkość obrotowa wału maszyny synchronicznej. Na podstawie tych wartości obliczane się wartości składowych wektorów: prądów, strumieni i napięć w układzie d-q, a następnie składowe wektora napięcia są transformowane z układu d-q do postaci wymaganych, chwilowych wartości napięć fazowych u_A , u_B , u_C .

4.1. Trójfazowy modulator PWM.

Zadaniem trójfazowego modulatora PWM (modulatora szerokości impulsu) jest wygenerowanie na podstawie zadanych, chwilowych wartości napięć fazowych u_A , u_B , u_C sześciu przebiegów czasowych Tr1-Tr6. Sygnały Tr1-Tr6 są sygnałami logicznymi, sterującymi otwarciem lub zamknięciem (wartość 1 lub 0) sześciu, poszczególnych zaworów elektroenergetycznych – najczęściej tranzystorów mocy IGBT. Sygnały Tr1-Tr6 powstają w

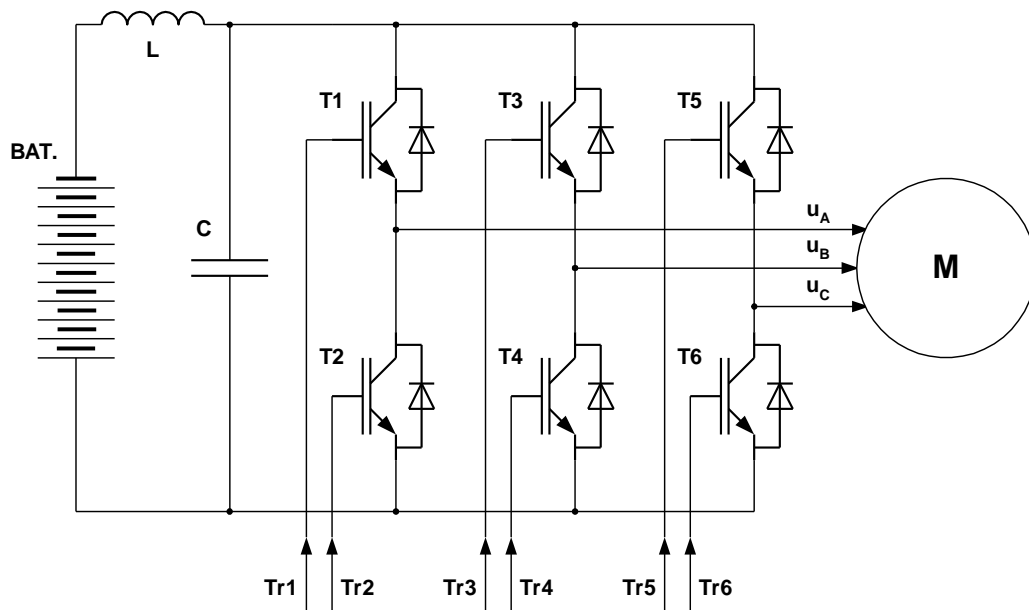
wyniku porównania wartości zadanych, chwilowych wartości napięć fazowych u_A , u_B , u_C z odpowiednimi, bazowymi przebiegami trójkątnymi. Bazowe przebiegi trójkątne są przesunięte względem siebie co 120 stopni elektrycznych – ich amplituda odpowiada maksymalnej wartości napięcia zasilania (napięcie baterii), a częstotliwość wynosi od kilku do kilkudziesięciu kHz. Jeżeli wartość zadanego napięcia fazowego w danej chwili jest większa niż chwilowa wartość odpowiedniego, trójkątnego przebiegu bazowego to generowany jest sygnał jedynkowy, w przeciwnym wypadku – zerowy. Sygnał jedynkowy otwiera odpowiedni zawór elektroenergetyczny, a sygnał zerowy zamyka go. W wyniku otwierania i zamykania zaworu elektroenergetycznego według odpowiedniej funkcji $Tr(t)$ następuje modulowanie napięcia zasilającego falownik. Wartość napięcia wyjściowego zależy od proporcji czasów otwarcia i zamknięcia zaworu.



Rys. 6. Blok trójfazowego modulatora PWM (modulatora szerokości impulsu)

4.2 Falownik napięcia sterowany trójfazowym modulatorem PWM.

Zadaniem falownika napięcia sterowanego trójfazowym modulatorem PWM jest modulowanie napięcia wejściowego (z baterii) przy pomocy sześciu zaworów elektroenergetycznych T1-T6 – najczęściej tranzystorów mocy IGBT. Zawory sterowane są trójfazowym modulatorem PWM. W wyniku modulacji falownik generuje napięcie trójfazowe o zadanych parametrach: amplitudach, częstotliwościach i przesunięciach fazowych.



Rys. 7. Blok falownika napięcia sterowanego trójfazowym modulatorem PWM – poprzez sygnały Tr1-Tr6. Oznaczenia: T1-T6 – zawory elektroenergetyczne (tranzystory mocy IGBT); BAT. – bateria; M – maszyna synchroniczna; L, C – elementy indukcyjny i pojemnościowy służące „wygładzeniu” przebiegów prądów i napięć.

Przedstawione powyżej schematy blokowe przedstawiają metodę realizacji najważniejszej funkcji falownika – wygenerowanie napięć wywołujących powstanie na wale maszyny zadanego momentu. Jednak falowniki przeznaczone do eksploatacji muszą być wyposażone w szereg dodatkowych funkcji, znacznie komplikujących ich budowę. Najważniejsze funkcje dodatkowe to:

- układy redukcji zakłóceń elektromagnetycznych,
- układy ograniczające prędkość maksymalną,
- układy ograniczające prąd silnika,
- układy ograniczające maksymalne napięcie na zaciskach baterii w fazie hamowania odzyskowego,
- układy ograniczające temperaturę uzwojeń i temperaturę w pobliżu magnesów trwałych (możliwość utraty właściwości magnesujących).

5. Wady i zalety falowników

Do zalet falowników zaliczamy:

- Oszczędność energii elektrycznej czynnej.
- Kompensację mocy biernej.
- Obniżenie mocy szczytowej oraz zamówionej.

Ograniczenie instalacji hydraulicznej.

W przypadku nowych układów, dużą oszczędnością jest zmniejszenie powierzchni zabudowy i kubatury na skutek wyeliminowania zbiorników wstępnych: hydroforów i układów sprężonego powietrza.

Mniejsze koszty ogrzewania.

Do korzyści pośrednich zalicza się:

Zmniejszenie poboru wód podziemnych.

Zmniejszenie ilości odczynników chemicznych w procesie uzdatniania wody.

Ograniczenie awaryjności sieci i instalacji wodociągowej z uwagi na obniżenie ciśnienia oraz brak uderzeń hydraulicznych.

Mniejsza awaryjność układów elektrycznych, ze względu na niewystępowanie dużych prądów rozruchowych.

Zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska wynikające z odciążenia systemów energetycznych.

Wydłużenie bezawaryjnego czasu pracy pomp.

Do wad możemy zaliczyć:

Cena.

Proste napędy falownikowe mają dodatkową wadę, jaką jest pobór prądów wyższych harmonicznych o dość dużej wartości, np. 40-50%. Zlikwidowanie tej wady jest dość kosztowne.

6. Literatura pomocnicza

[1] Tunia H.: Kaźmierkowski M.: Podstawy automatyki napędu elektrycznego, PWN

[2] Węglarz J.: Maszyny elektryczne, WNT

[3] Urbanowicz H., Nowacki Z.: Napęd elektryczny, WNT

[4] Koziej E., Sochoń B.: Elektrotechnika i elektronika, PWN

[5] Notatki z wykładów przedmiotu: Elektrotechnika i Elektronika

[6] Notatki z wykładów przedmiotu: Układy Napędowe