



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89845 (13) C2

(51) МПК (2009)

H02P 6/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ БЕЗКОНТАКТНИМ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИМ ДВИГУНОМ

1

(21) а200803290

(22) 14.03.2008

(24) 10.03.2010

(46) 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.

(72) АКИНІН КОСТЯНТИН ПАВЛОВИЧ, АНТОНОВ
ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ, КІРЕЄВ ВОЛОДИМИР
ГЕОРГІЙОВИЧ(73) АКИНІН КОСТЯНТИН ПАВЛОВИЧ, АНТОНОВ
ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ, КІРЕЄВ ВОЛОДИМИР
ГЕОРГІЙОВИЧ

(56) SU 1830598 A1, 30.07.1993

SU 1644349 A1, 23.04.1991

Акинин К.П. Способы определения частоты вращения ротора двигателя на основании периодических функций угла поворота ротора // Технічна електродинаміка. - 2006. - №6. - С. 51-53.

SU 657559 A1, 19.04.1979

SU 1292153 A1, 23.02.1987

US 4468595 A, 28.08.1984

US 4449081 A, 15.05.1984

2

(57) Спосіб керування безконтактним магнітоелектричним двигуном, при якому по сигналах двох датчиків Холла формують сигнал зворотного зв'язку, порівнюють його із сигналом задання і впливають на підсилювач потужності в ланцюзі обмотки статора двигуна, який **відрізняється** тим, що амплітуди сигналів датчиків Холла, принаймні один із яких виконаний аналоговим, на кожному періоді приводять до єдиного нормованого рівня, порівнюють поточні значення модулів двох перемінних нормованих сигналів і беззупинно формують сигнал найменших значень, перетворюють перший і другий нормовані сигнали, а також різницю їхніх модулів у три дискретних сигнали з рівнями логічних одиниці і нуля, кожний з яких множать на один із трьох вагових коефіцієнтів g_1 , g_2 і g_3 , для яких виконуються умови $g_1 < g_2 < g_3$ і $g_1 + g_2 \neq g_3$, беззупинно підсумовують отримані добутки і за поточним значенням суми добутків і сигналу найменших значень визначають кут повороту ротора.

Винахід відноситься до області електротехніки, зокрема, до електроприводів на базі безконтактних магнітоелектричних двигунів (БМД) і може бути використаний при побудові систем керування БМД із регульованими частотою обертання чи кутом повороту вала.

Відомий спосіб, реалізований у безконтактному регульованому електроприводі, у якому керування двигуном забезпечується шляхом перетворення напруг, що знімаються із синусної і косинусної обмоток синусно-косинусного обертового трансформатора (СКОТ) [1]. Зазначене перетворення здійснюється за допомогою фазочутливих випрямлячів, фільтрів і перемножувачів. Необхідність перетворень викликана тим, що сигнали, що знімаються з обмоток СКОТ, модульовані напругою високої частоти. Недоліком цього способу є складність процедури перетворення первинних сигналів СКОТ через те, що вони модульовані напругою високої частоти. Крім того, використання СКОТ приводить до збільшення маси, габаритів і вартості електропривода.

За прототип узятий найбільш близький по технічній сутності спосіб керування, реалізований у

вентильному електроприводі [2]. Спосіб полягає у впливі на підсилювачі потужності, включені у ланцюзі статора двигуна, сигналами, одержуваними за допомогою двох підсилювачів на підставі вихідних сигналів двох аналогових датчиків Холла і вихідного сигналу блоку порівняння, що формується як результат обробки впливу заданої частоти обертання і вихідного сигналу зворотного зв'язку датчика частоти обертання, одержуваного в результаті перетворення вихідних сигналів двох підсилювачів.

Недоліки прототипу полягають у тім, що характеристики вихідних сигналів двох датчиків Холла можуть бути нестабільні чи бути неоднаковими внаслідок розкиду параметрів самих датчиків Холла, розкиду параметрів магнітних систем у різних двигунів, впливу температури, а також через неточну установку датчиків при зборці двигуна. Вплив цих факторів приводить до неточного формування сигналів керування підсилювачами потужності.

Задачею винаходу було підвищення точності регулювання і розширення функціональних можливостей електропривода шляхом коректування на кожному періоді вихідних сигналів датчиків Хо-

(13) C2

(11) 89845

(19) UA

лла, що змінюються під впливом різних зовнішніх і внутрішніх факторів у процесі роботи.

Ця задача вирішується тим, що при використанні способу керування БМД, заснованому на використанні сигналів двох датчиків Холла, амплітуду сигналів двох датчиків Холла, принаймні один із яких виконаний аналоговим, на кожному періоді роботи приводять до єдиного нормованого рівня, тобто сигнали нормують по амплітуді, порівнюють поточні значення модулів двох перемінних нормованих сигналів і безупинно формують сигнал найменших значень цих нормованих сигналів, перетворюють перший і другий нормовані сигнали, а також різницю їхніх модулів у три дискретних сигнали з рівнями логічних одиниці і нуля, кожний з яких множать на один із трьох вагових коефіцієнтів g_1 , g_2 і g_3 , для яких виконуються умови $g_1 < g_2 < g_3$ і $g_1 + g_2 \neq g_3$, безупинно підсумовують отримані добутки і за поточним значенням суми добутків і сигналу найменших значень визначають кут повороту ротора.

Досягнення нового позитивного ефекту обумовлено таким. Приведення сигналів датчиків Холла на кожному періоді роботи до одного нормованого рівня дозволяє виключити вплив температури, чи нестабільності розкиду параметрів датчиків і магнітних систем двигунів на точність формування сигналів. Приведення сигналів датчиків до одного рівня необхідно також для забезпечення безупинного порівняння перемінних сигналів в однаковому масштабі і для підвищення точності наступних математичних операцій над ними. За рахунок підвищення точності формування сигналів датчиків досягається підвищення точності і збільшення діапазону регулювання, що дозволяє розширити функціональні можливості електропривода. У випадку використання двох аналогових датчиків Холла, у результаті безупинного порівняння поточних значень модулів їхніх нормованих сигналів одержують сигнал найменших значень, складений на кожному періоді роботи з 8 квазілінійних ділянок двох нормованих сигналів. По суті, таке перетворення являє собою виділення лінійних ділянок нормованих сигналів датчиків Холла і формування з їхньою допомогою квазілінійної залежності сигналу від кута повороту ротора БМД. Наступна математична обробка лінійних ділянок також забезпечує підвищення точності формування сигналів. У випадку використання аналогового і дискретного датчиків Холла, одержують сигнал, утворений двома дугами позитивної і негативної ділянок нормованої кривої, що відповідає вихідному сигналу аналогового датчика Холла. При цьому маємо 4 характерних ділянки сигналу найменших значень. Хоча при цьому не виділяються лінійні ділянки сигналу аналогового датчика, але його нормування на кожному періоді роботи сприяє підвищенню точності наступного функціонального перетворення. Для усунення неоднозначності відповідності величин сигналу найменших значень куту повороту ротора в межах одного періоду роботи двигуна формують додаткові дискретні сигнали, на підставі яких кожній характерній ділянці сигналу найменших значень привласнюють визначені значення суми вагових коефіцієнтів. Потім на підставі сигналу найменших значень і суми ваго-

вих коефіцієнтів шляхом функціонального перетворення визначають кут повороту ротора, величина якого використовується для формування сигналу керування m -фазним підсилювачем потужності для керування m -фазним двигуном. Таким чином, досягається можливість керування двигуном з будь-яким числом фаз обмотки при використанні сигналів тільки двох датчиків, тобто розширюються його функціональні можливості. Тому на підставі викладеного можна зробити висновок про те, що сукупність істотних відмінностей, що запропоновані у формулі винаходу, необхідні і достатні для досягнення нового технічного результату.

Як приклад реалізації запропонованого способу представлений електропривод, робота якого пояснюється за допомогою малюнків Фіг.1...Фіг.6.

На Фіг.1 представлена функціональна схема електропривода, що реалізує спосіб керування БМД.

На Фіг.2 представлена функціональна схема першого варіанта виконання блоку визначення кута повороту ротора.

На Фіг.3 представлена функціональна схема другого варіанта виконання блоку визначення кута повороту ротора.

На Фіг.4 представлена функціональна схема блоку нормування.

На Фіг.5 представлена схема роботи електропривода відповідно до першого варіанта виконання блоку визначення кута повороту ротора.

На Фіг.6 представлена схема роботи електропривода у відповідності з другим варіантом виконання блоку визначення кута повороту ротора.

Електропривод містить БМД 1 (Фіг.1), статорні обмотки якого підключені до виходу підсилювача потужності 2, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом блоку визначення кута повороту вала 3, перший і другий входи якого з'єднані з виходами першого і другого датчиків Холла 4 і 5, принаймні один із яких виконаний аналоговим, другий вихід блоку визначення кута повороту вала 3 з'єднаний з виходом датчика вихідної координати 6, вихід блоку порівняння 7 з'єднаний із другим входом підсилювача потужності 2, а перший і другий входи - з виходами блоку завдання 8 і датчика вихідної координати 6.

Формування сигналу u_α , що відповідає куту повороту ротора, на підставі вихідних сигналів двох аналогових датчиків Холла 4 і 5 (Фіг.1) реалізують за допомогою функціональної схеми (Фіг.2), що містить перший і другий блоки нормування 9 і 10, до входів блоків 9 і 10 підключені виходи датчиків Холла 4 і 5, до перших виходів - входи блоків множення на коефіцієнт g_1 11 і g_2 12, а до других виходів - входи першого і другого блоків визначення модуля 13 і 14, виходи яких підключені до першого і другого входів блоку виділення найменшого значення 15 і до першого і другого входів суматора 16, до виходу суматора 16 підключений блок формування дискретного сигналу 17, вихід якого підключений до блоку множення на коефіцієнт g_3 18, до трьох входів суматора 19 приєднані виходи блоків множення на коефіцієнт g_1 11, g_2 12 і g_3 18, до першого і другого входів функціонального перетворювача 20 підключені виходи суматора 19 і блоку виділення найменшого значення 15.

Формування сигналу u_α на підставі вихідних сигналів аналогового і дискретного датчиків Холла 4 і 5 (Фіг.1) реалізують за допомогою функціональної схеми (Фіг.3), що містить блок нормування 9, вхід якого з'єднаний з виходом першого аналогового датчика Холла 4, перший вихід - із входом блоку множення на коефіцієнт g_1 11, а другий вихід - із входом блоку визначення модуля 13, вихід другого дискретного датчика Холла 5 з'єднаний із входом блоку формування дискретного сигналу 21, вихід якого з'єднаний із входом блоку множення на коефіцієнт g_2 22, до першого і другого входів суматора 23 підключені виходи блоків множення на коефіцієнт g_1 11 і g_2 22, а до виходу - перший вхід функціонального перетворення 20, до другого входу якого підключений вихід блоку визначення модуля 13.

Нормування сигналу датчика Холла по амплітуді реалізують за допомогою функціональної схеми (Фіг.4), що містить детектори максимальної 24 і мінімальної 25 величин, до перших входів яких підключені вихід одного з датчиків Холла 4 (5), а до виходів - перші входи пристроїв вибрання-збереження 26 і 27, виходи яких підключені до першого і другого входів суматора 28, до першого і другого входів суматора 29 підключені вихід другого пристрою вибрання-збереження 27 і вихід блоку множення на коефіцієнт 0,5 30, вхід якого з'єднаний з виходом суматора 28, до першого і другого входів суматора 31 підключені виходи суматора 29 і датчика Холла 4 (5), до входу блоку множення на коефіцієнт N/A , 32 підключений вихід суматора 31, а до виходу - вхід блоку формування дискретного сигналу 33, до виходу якого підключений вхід формувача імпульсів 34, до виходу якого підключені другі входи пристроїв вибрання-збереження 26 і 27, а також другі входи детекторів максимальної 24 і мінімальної 25 величин сигналу датчика Холла.

Спосіб здійснюють у таким чином.

У залежності від поточного положення валу ротора двигуна на виході датчиків Холла 4 і 5 (Фіг.1) з'являються два зміщених один щодо іншого на 90 електричних градусів перемінних сигналів x_1 і x_2 , відповідно до яких на виході блоку визначення кута повороту вала 3 формується сигнал u_α , пропорційний куту α повороту ротора. Відповідно до величин сигналів блоку завдання $u_{\beta 3}$ і зворотного зв'язку $u_{\beta 3}$ на виході блоку порівняння 7 формується сигнал неузгодженості u_p . Причому у випадку регулювання кута положення ротора як сигнал зворотного зв'язку $u_{\beta 3}$ використовують сигнал u_α . При регулюванні частоти обертання ротора на виході датчика вихідної координати 6 формують сигнал $u_{\beta 3}$, пропорційний регульованій перемінній, причому сигнал зворотного зв'язку по частоті обертання двигуна може бути сформований на підставі нормованих сигналів датчиків Холла [2, 3]. На підставі поточних значень сигналів u_α і u_p на виході підсилювача потужності 2 формуються сигнали керування m -фазним двигуном.

Формування сигналу u_α на підставі вихідних сигналів двох аналогових датчиків Холла 4 і 5 здійснюють у такий спосіб.

Сигнали x_1 і x_2 двох аналогових датчиків Холла 4 і 5 за допомогою першого і другого блоків

нормування 9 і 10 (Фіг.4) перетворюються в два перемінних нормованих сигнали u_1 і u_2 (Фіг.5) з однаковими амплітудами і два дискретних сигнали u_{d1} і u_{d2} з рівнями логічних одиниці і нуля. За допомогою першого і другого блоків визначення модуля 13 і 14 одержують сигнали відповідні абсолютним значенням $|u_1|$ і $|u_2|$. Різницю сигналів $u_3 = |u_1| - |u_2|$ на виході суматора 16, перетворюють за допомогою блоку формування дискретного сигналу 17 у дискретний сигнал u_{d3} . Кожний із трьох сигналів u_{d1} , u_{d2} і u_{d3} в блоках множення на коефіцієнт 11, 12 і 18 множать на три вагові коефіцієнти g_1 , g_2 і g_3 , для яких виконуються умови $g_1 < g_2 < g_3$ і $g_1 + g_2 \neq g_3$. На виході суматора 19 одержують суму добутків вагових коефіцієнтів на дискретні сигнали $g_\Sigma = g_1 \cdot u_{d1} + g_2 \cdot u_{d2} + g_3 \cdot u_{d3}$. Значення суми вагових коефіцієнтів g_Σ у залежності від кута α для випадку рівності амплітуд дискретних сигналів одиниці і рівностей $g_1=1$, $g_2=2$ і $g_3=4$ приведені на Фіг.5. У блоці виділення найменшого значення 15 здійснюють безупинне порівняння модулів нормованих сигналів $|u_1|$ і $|u_2|$ і формують сигнал найменших значень u_{\min} . Таким чином, кожному з 8 характерних ділянок сигналу u_{\min} ставиться у відповідність визначене значення параметра g_Σ . На підставі значень u_{\min} і g_Σ за допомогою функціонального перетворювача 20 визначають сигнал u_α , наприклад, шляхом реалізації функції \arcsin . При значенні кута відхилення установки датчика Холла від заданого точного значення не більш $\pi/6$, неточність такої установки двох датчиків не зробить значного впливу на точність визначення сигналу u_α .

Формування сигналу u_α на підставі вихідних сигналів аналогового і дискретного датчиків Холла 4 і 5 здійснюють у такий спосіб.

Сигнал x_1 аналогового датчика Холла 4 за допомогою блоку нормування 9 (Фіг.3) перетвориться в перемінний нормований сигнал u_1 і дискретний сигнал u_{d1} з рівнями логічних одиниці і нуля. За допомогою блоку визначення модуля 13 одержують сигнал, що відповідає абсолютному значенню $|u_1|$. Сигнал x_2 дискретного датчика Холла 5 за допомогою блоку формування дискретного сигналу 21 перетворюється в дискретний сигнал u_{d2} з рівнями логічних одиниці і нуля. Кожний із двох сигналів u_{d1} і u_{d2} в блоках множення на коефіцієнт 11 і 22 множать на вагові коефіцієнти g_1 і g_2 , для яких виконується умова $g_1 \neq g_2$. На виході суматора 23 одержують суму добутків вагових коефіцієнтів на дискретні сигнали $g_\Sigma = g_1 \cdot u_{d1} + g_2 \cdot u_{d2}$. Значення суми вагових коефіцієнтів g_Σ у залежності від кута α для випадку рівності амплітуд дискретних сигналів одиниці і рівностей $g_1=1$, $g_2=2$ приведені на Фіг.6. Таким чином, кожному з 4 характерних ділянок сигналу $|u_1|$ ставиться у відповідність визначене значення параметра g_Σ . На підставі значень $|u_1|$ і g_Σ за допомогою функціонального перетворювача 20 визначають сигнал u_α , наприклад, шляхом реалізації функції \arcsin .

Нормування сигналу датчика Холла здійснюють у такий спосіб.

У результаті включення схеми керування на виходах пристроїв вибрання-збереження 26 і 27 (Фіг.4) фіксують початкові значення максимально-

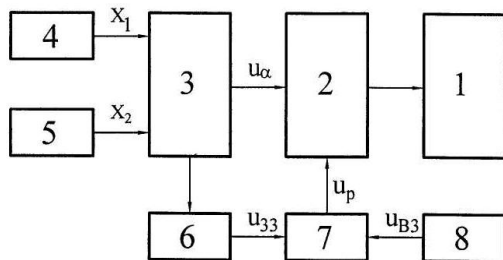
го x_{\max} і мінімального x_{\min} відхилення сигналу x_i . На виході суматора 28 одержують різницю $x_{i2}=x_{\max}-x_{\min}$. Після множення отриманої різниці на коефіцієнт 0,5 за допомогою блоку множення на коефіцієнт 30 визначають початкове значення амплітуди A_i сигналу x_i . За допомогою суматора 29 значення амплітуди A_i підсумовують із сигналом x_{\min} , а із сигналу x_i віднімають отриману суму сигналів за допомогою суматора 31, на виході якого одержують $x_{i3}=x_i-A_i-x_{\min}$. За допомогою блоку множення на коефіцієнт 32 сигнал x_{i3} множать на коефіцієнт N/A_i , де N - задане значення амплітуди нормованого сигналу, і в результаті одержують нормований сигнал u_i (де $i=1; 2$), амплітуда якого дорівнює N . За допомогою блоку формування дискретного сигналу 33 нормований сигнал u_i перетворюють у дискретний сигнал u_{di} з рівнями логічних одиниці і нуля. На виході формувача імпульсів 34 відповідно до Фіг.5 формують короткий імпульс u_i , по передньому фронту якого один раз протягом періоду роботи здійснюють фіксацію вхідних сигналів пристроїв вибрання-збереження 26 і 27, а по задньому - скидання детекторів максимальної 24 і мінімальної 25 величин. У ході переміщення валу ротора двигуна 1 на підставі вихідного сигналу x_i (де $i=1; 2$) датчика Холла 4 чи 5 на кожному періоді роботи за допомогою детекторів максимальної 24 і мінімальної 25 величин фіксують максимальне x_{\max} і мінімальне x_{\min} відхилення сигналу x_i , що потім запам'ятовуються в пристроях вибрання-збереження 26 і 27. Тим самим, забезпечують визначення амплітуди A_i на кожному періоді роботи системи.

Таким чином, у новому технічному рішенні шляхом приведення у відомому способі керування

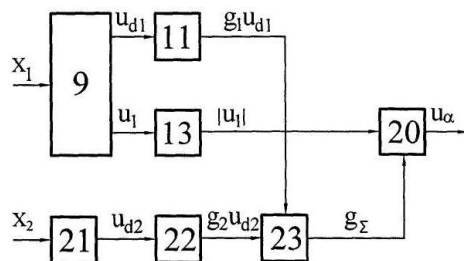
БМД (при якому по сигналах двох датчиків Холла формують сигнал зворотного зв'язку, порівнюють його із сигналом завдання і впливають на підсилювач потужності в ланцюзі обмотки статора двигуна) амплітуд сигналів двох датчиків Холла, принаймні один із яких виконаний аналоговим, до єдиного нормованого рівня на кожному періоді роботи, порівняння поточних значень модулів двох перемінних нормованих сигналів і безупинного формування сигналу найменших значень, перетворення першого і другого нормованих сигналів, а також різниці їхніх модулів у три дискретних сигнали з рівнями логічних одиниці і нуля, кожний з яких множать на один із трьох вагових коефіцієнтів g_1 , g_2 і g_3 , для яких виконуються умови $g_1 < g_2 < g_3$ і $g_1 + g_2 \neq g_3$, безупинного підсумовування отриманих добуток і визначення кута повороту ротора за поточним значенням суми добуток і сигналу найменших значень, досягається підвищення точності регулювання за рахунок використання нормованих на кожному періоді роботи сигналів датчиків Холла, а також розширення функціональних можливостей завдяки збільшенню точності і діапазону регулювання.

Література

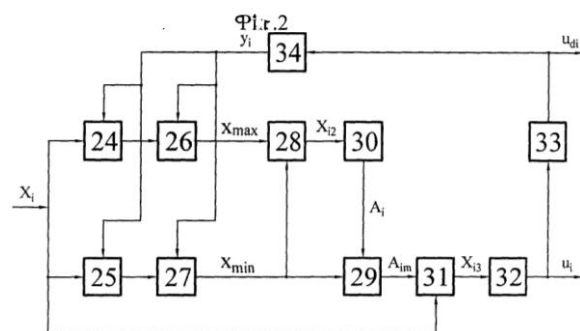
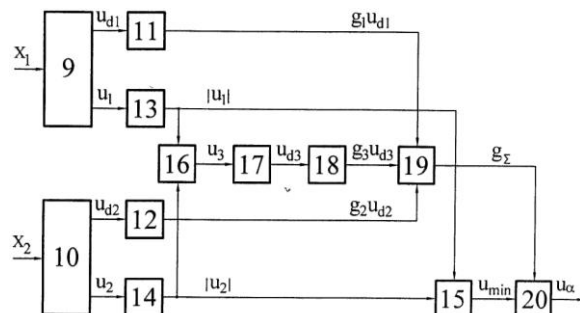
1. Авторское свидетельство СССР №1830598 по кл. H02K29/06.
2. Авторское свидетельство СССР №1644349 по кл. H02P6/02.
3. Акинин К.П. Способы определения частоты вращения ротора двигателя на основании периодических функций угла поворота ротора // Технічна електродинаміка. - 2006. - №6. - С. 51-53.



Фіг.1



Фіг.2



Фіг.4

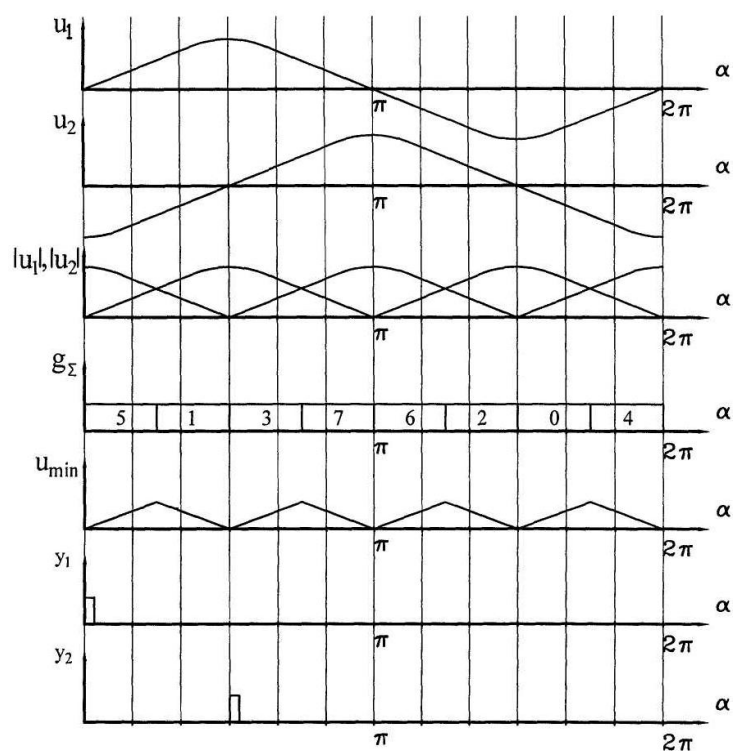


Fig. 5

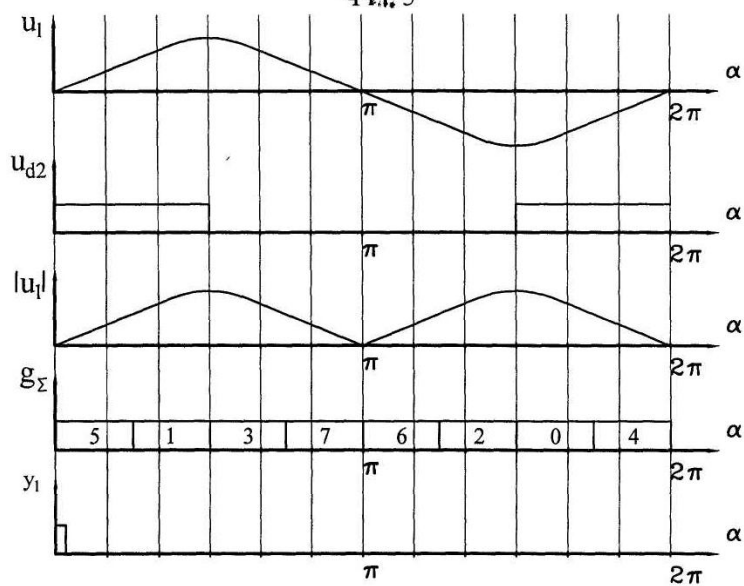


Fig. 6