

УДК 621.314

Керування матричним перетворювачем частоти з використанням геометричного підходу

Соїч А. В., ORCID [0000-0002-9373-8420](https://orcid.org/0000-0002-9373-8420)e-mail soi4.toxa@gmail.comМиколаєць Д. А., к.т.н. доц., ORCID [0000-0002-9152-8593](https://orcid.org/0000-0002-9152-8593)e-mail dmytri_m@ukr.net

Факультет електроніки, кафедра промислової електроніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна

Реферат – В даній статті представлено використання геометричного підходу для керування матричним перетворювачем частоти. По схемі обраного матричного перетворювача частоти (МПЧ) розглянуто формування синусоїдального вхідного струму та вихідної напруги з використанням геометричного підходу для опису змінних. Створено таблицю з усіма можливими логічними включеннями ключів, де за вхідну величину обрано плечові напруги, за вихідні величини обрано напруги на фазах навантаження та струми фаз. Проаналізовано роботу перетворювача як на підвищеній, так і на пониженій частоті. В тривимірному просторі вхідних величин побудовані вектори плечових напруг. Проекції цих вхідних величин на двовимірний простір сформують вектори вихідних величин.

Ключові слова – геометричний підхід; матричний перетворювач частоти; електромагнітна сумісність; інваріантна система; компенсація реактивної енергії.

I. ВСТУП

На сьогодні є актуальною задача побудови інваріантних систем, які є стійкими до будь-якої кількості збурюючих впливів [1, 2]. При розробці інваріантних систем однією з основних проблем є побудова системи керування з максимально можливою кількістю каналів керування [3]. Іншою актуальною задачею є побудова систем електромагнітно сумісних з мережею, що споживають струм з мінімальним вмістом вищих гармонік [4, 5].

В [1, 3, 4, 6] представлено геометричний підхід для опису вхідних і вихідних параметрів різноманітних систем. При цьому в [1, 3, 6] розглядається лише формування вихідної напруги за відомими плечовими напругами, а в [4] розглянуто формування синусоїдального струму споживання. В той же час одночасне формування напруги заданої частоти і синусоїдального струму споживання є доцільним для побудови системи живлення асинхронного електроприводу.

Для побудови системи керування за геометричним підходом вхідні величини формують тривимірний простір в якому знаходяться вектори цих величин, а їх проекції сформують двовимірний простір вихідних величин, при цьому розмірності просторів вхідних і вихідних напруг перетворювача залежать від кількості плечей перетворювача [6].

Завданням цієї роботи є аналіз трифазного матричного перетворювача з використанням геометрич-

ного підходу, побудова системи векторів вхідних і вихідних величин.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для керування асинхронним двигуном широко використовуються матричні перетворювачі [1, 7]. Для формування синусоїдального вхідного струму та вихідної напруги використаний геометричний підхід для опису змінних у триплечовому МПЧ (Рис.1), де кожний ключ являє собою набір двох транзисторів та двох діодів ввімкнених зустрічно-паралельно (Рис.2).

Для реалізації потрібно вибрати вхідні вектори у тривимірному просторі [8]. Побудувавши проекції вхідних векторів на двовимірну площину отримаємо простір вихідних векторів [3, 4, 6]. За вхідну величину обрано плечові напруги. За вихідні величини обрано: напруги на фазах навантаження та струми фаз.

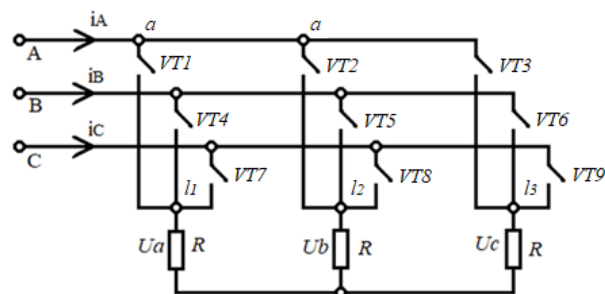


Рис. 1. Схема триплечового матричного перетворювача





Рис. 2. Структура ключа

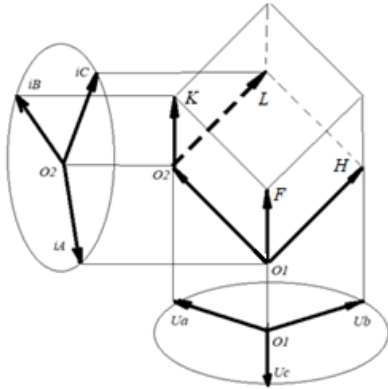


Рис.3. Простори вхідних і вихідних величин

За всіма можливими логічними станами ключів побудовано таблицю (Табл. 1). Враховуючи значну кількість ключів в триплечовому МП, а відповідно і кількість можливих станів ключів, вихідна таблиця матиме громіздкий вигляд. Виходячи з цього представлена частина цієї таблиці, в якій представлено характерні стани відповідних ключів.

МПЧ працює як на підвищеній, так і на пониженій частоті (Рис.4). Часові діаграми напруг на фазах МП при частотах 150 Гц і 50 Гц представлені на Рис.4.

Вектори плечових напруг МПЧ формують тривимірний простір вхідних величин (плечові напруги O_2O_1 , O_2K , O_2L , O_1O_2 , O_1H , O_1F), що зображено на Рис.3. Проекції цих вхідних величин на двовимірний простір величин: напруги на фазах навантаження (U_a , U_b , U_c) і вхідні фазові струми (i_a , i_b , i_c).

Таким чином система векторів на Рис.3 ілюструє, що при одночасному формуванні напруги на фазах навантаження і синусоїдального фазового струму, в незалежній системі векторів у тривимірному просторі з'являється мінімум один вектор, що залежить від обох вихідних величин.

ТАБЛИЦЯ 1 ЗНАЧЕННЯ ВХІДНИХ І ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ РІЗНИХ ВКЛЮЧЕННЯХ КЛЮЧІВ

Таблиця 1	Плечові напруги (вхідні)			Напруга на навантаженні (вихідні)			Струми фаз		
	Замкнені ключі	U_{a1}	U_{a2}	U_{a3}	U_a	U_b	U_c	i_a	i_b
VT1,VT5,VT9	0	Eab	Eab	2/3 Eab	-1/3 Eab	-1/3 Eab	2/3 Eab/R	2/3 Eab/R	0
VT1,VT5	0	Eab	1/2 Eab	1/2 Eab	-1/2 Eab	0	1/2 Eab/R	1/2 Eab/R	0
VT1,VT6	0	1/2 Eab	Eab	1/2 Eab	0	-1/2 Eab	1/2 Eab/R	1/2 Eab/R	0
VT1,VT5,VT9	0	Eab	Eac	Ea	-Eb	-Ec	Ea/R	Eb/R	Ec/R
VT1,VT5,VT8	0	Eac	Eab	Ea	-Ec	-Eb	Ea/R	Ec/R	Eb/R
VT1,VT8,VT9	0	Eac	Eac	2/3 Eac	-1/3 Eac	-1/3 Eac	2/3 Eac/R	0	2/3 Eac/R
VT1,VT2,VT6	0	0	Eab	1/3 Eab	1/3 Eab	-2/3 Eab	2/3 Eab/R	2/3 Eab/R	0
...

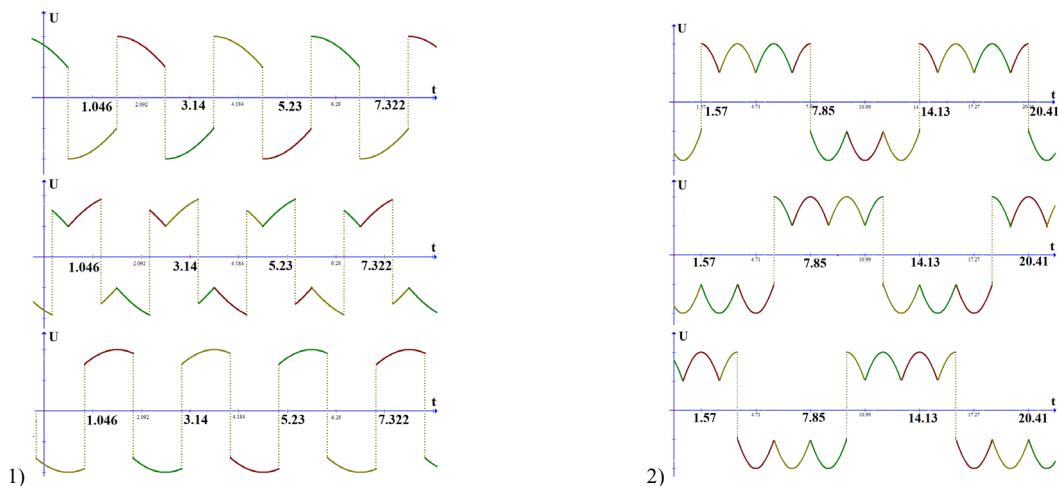


Рис.4. Напруга на фазах при: 1) – підвищеній частоті (150 Гц), 2) – пониженій частоті (25 Гц)

ВИСНОВКИ

З використанням геометричного підходу проаналізовано триплечовий матричний перетворювач частоти. Побудовано графіки на підвищеній частоті (150 Гц) та на пониженій частоті (25 Гц). Створено таблицю вхідних та вихідних величин у відповідності до положень ключів. Розглянуто формування проєкцій з тривимірної площини на двовимірну.

Подальше дослідження керування матричним перетворювачем частоти за допомогою геометричного підходу потрібно реалізувати таким чином, щоб процес керування був незалежним від кількості зовнішніх збурень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Ю.С. Петергеря, О.В. Соболев «Построение инвариантного управления системой матричный преобразователь – асинхронный двигатель на основе геометрического подхода» Электроника и связь, №10, с. 140-143, 2001.

[2] В.А. Бесекерський, Є.П. Попов «Теория систем автоматического регулирования», М., Наука, 1972р, 768 с.

[3] Ю.С. Петергеря, О.В. Соболев «Применение геометрического подхода к анализу процессов в матричных преобразователях» Техн. електродинаміка, №5, с. 34-36, 2000.

[4] В.Я. Жуйков, Д.А. Миколаєць «Застосування геометричного підходу для трифазного силового активного фільтру», Техн. електродинаміка, №5, с. 35-38, 2018.

[5] Д.А. Миколаєць, М.О. Мацюк «Застосування р-р теорії для керування трифазним фільтро-компенсуючим перетворювачем» ElectronAcoustEng, №1, с. 6-12, 2018.

[6] Ryan M. J., Lorenz R.D., De Doncker R.W., “Modeling of Multileg Sine-Wave Inverters: A Geometric Approach,” //IEEE Transactions on industrial electronics, vol.46, #6, December, 1999.- pp 1187-1198.

[7] Т.В. Мисак «Особенности формирования выходного напряжения и входного тока матричных преобразователей при управлении с использованием скользящего режима», Техн. електродинаміка, №1, с.24-33, 2013.

[8] V. Oleschuk, A. Sizov «Basic schemes of synchronized pulsewidth modulation for cascaded invertors of drive system with two DC-sources», Техн. електродинаміка, №1, с.34-39, 2013.

УДК 621.314

Управление матричным преобразователем частоты с использованием геометрического подхода

Соич А. В., ORCID [0000-0002-9373-8420](https://orcid.org/0000-0002-9373-8420)

e-mail soi4.toxa@gmail.com

Миколаєць Д. А., к.т.н. доц., ORCID [0000-0002-9152-8593](https://orcid.org/0000-0002-9152-8593)

e-mail dmytri_m@ukr.net

Факультет електроніки, кафедра промислової електроніки
КПІ ім. Ігоря Сикорського
Київ, Україна

Реферат - В данной статье представлено использования геометрического подхода для управления матричным преобразователем частоты. По схеме выбранного матричного преобразователя частоты (МПЧ) рассмотрено формирование синусоидального входного тока и выходного напряжения с использованием геометрического подхода для описания переменных. Создана таблица со всеми возможными логическими включениями ключей, где за входную величину избраны плечевые напряжения, за выходные величины избраны напряжения на фазах нагрузки и токи фаз. Проанализирована работа преобразователя как на повышенной, так и на пониженной частоте. В трехмерном пространстве входных величин построены векторы плечевых напряжений. Проекции этих входных величин на двумерное пространство сформируют векторы выходных величин.

Ключевые слова - геометрический подход; матричный преобразователь частоты; электромагнитная совместимость; инвариантная система; компенсация реактивной энергии.



The control of the matrix frequency converter with using a geometric approach

A. V. Soich, ORCID [0000-0002-9373-8420](https://orcid.org/0000-0002-9373-8420)

e-mail soi4.toxa@gmail.com

D. A. Mykolayets, PhD Assoc.Prof., ORCID [0000-0002-9152-8593](https://orcid.org/0000-0002-9152-8593)

e-mail dmytri_m@ukr.net

Faculty of Electronics, Department of Industrial Electronics

Igor Sikorsky KPI

Kyiv, Ukraine

Abstract - In the conditions of increasing use of dynamic and nonlinear loads, it is important to construct systems with frequency converters that will be invariant to the maximum number of external perturbations. For an asynchronous electric drive, it is advisable to use a matrix frequency converter (MFC), among which the advantages are: free power transfer and power supply; lack of energy accumulation; the formation of curves input and output currents and voltages with a minimum contribution of higher harmonics.

This article presents the use of a geometric approach to control the MFC. The geometric approach method for describing variables is promising in relation to the choice of a system of variable transducers, which determines the maximum number of control channels that is the greatest problem in developing invariant systems. According to the scheme of the selected MFC, the formation of a sinusoidal input current and output voltage using a geometric approach is described for the description of variables. In [1, 2, 3, 5] we present a geometric approach for describing the input and output parameters of various systems. In this case, [1, 3, 5] only the formation of the output voltage according to known shoulder voltages is considered. At the same time, the simultaneous formation of the voltage of the given frequency and the sinusoidal current of consumption is appropriate for the construction of the power supply of the asynchronous electric drive. To construct a control system by the geometric approach, the input values form a three-dimensional space in which the vectors of these quantities are located, and their projections form a two-dimensional space of output quantities, while the dimensions of the input and output voltage voltages of the converter depend on the number of the arms of the converter.

For the formation of sinusoidal input current and output voltage, a geometric approach is used to describe the variables in the three-shoulders MFC (Fig.1), where each key represents a set of two transistors and two diodes that are engaged in counter-parallel (Fig.2). For all possible logical switches of the keys a table is created, where the input voltage is selected for the output voltage, the voltage at the load phases and the phase currents are selected for the output values. The MFC works both on the high and on the lower frequency (Fig.4). In the three-dimensional space of input values, vectors of shoulder voltages are constructed. The vectors of the shoulder voltages of the MFR form a three-dimensional space of input quantities (shoulder voltages O_2O_1 , O_2K , O_2L , O_1O_2 , O_1H , O_1F), shown in Fig.3. Projections of these input values into two-dimensional quantities: stresses on loading phases (U_a , U_b , U_c) and input phase currents (i_a , i_b , i_c). Thus, the system of vectors in Fig.3 illustrates that at the same time forming the voltage in the loading and syncope phase phases, in the independent system of vectors in a three-dimensional space, at least one vector appears, depending on both output variables.

Keywords - geometric approach; matrix frequency converter; electromagnetic compatibility; invariant system; compensation of reactive energy.

