

Керування безпосереднім перетворювачем частоти за допомогою геометричного підходу

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

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

Кафедра промислової електроніки

Факультет електроніки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» kpi.ua

Київ, Україна

Анотація—В даній статті розглянуто керування матричним перетворювачем частоти (МПЧ) за допомогою геометричного підходу. Розглянуто побудову керуючих вихідних параметрів на двовимірну площину з тривимірного простору вхідних величин. Побудовано таблицю, що описує струми та напруги в МПЧ при відповідних станах вентилів. За приведеною таблицею виведені матриці, які описують перехід від тривимірного простору вхідних величин до двовимірних просторів вихідних величин. По обраній схемі МПЧ проаналізовано його роботу на підвищеній частоті (150 Гц) та пониженої частоті (25 Гц) і показано відповідні часові діаграми змінної напруги.

Бібл. 10, рис. 4.

Ключові слова — геометричний підхід; матричний перетворювач частоти.

I. Вступ

Для опису вхідних і вихідних параметрів перетворювачів електроенергії при визначенні законів керування струмами і напругами на вході і виході, поряд з іншими способами, використовується геометричний підхід [1]–[4]. Якщо кількість плечей перетворювача дорівнює трьом (рис. 1), то геометричний підхід передбачає формування двовимірного простору вихідних величин з тривимірного простору вхідних величин [1], [2], [4].

В основному в попередніх роботах [1], [2] розглядалися методи формування вихідних напруг за даним законом зміни вхідних напруг, однак важливо розглянути питання одночасного формування як вихідної, напруги так і вхідного струму. Для вирішення цієї задачі доцільно розглянути найбільш просту перетворювальну систему з використанням матричного перетворювача частоти (МПЧ) [5].

Мета даної роботи – отримати разом з матрицями переходу від плечових напруг, як незалежних змінних, у вихідні величини двовимірного простору при забезпеченні синусоїдального вхідного струму і напруги заданої частоти.

II. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПІДХОДУ

Для живлення двигунів, як правило, використовується триплечовий матричний перетворювач частоти [4], [6]–[8], спрощена схема якого наведена на рис. 1. Відповідно до геометричного підходу спочатку обираються параметри, що є вхідними (незалежними) і вихідними.

На рис. 2 наведено тривимірний вигляд незалежних змінних у координатах, зазначених векторами U_{al1} , U_{al2} , U_{al3} та проєкції векторів незалежних змінних на двовимірні площини V і W . Для отримання векторів струмів на двовимірній площині V необхідно сформулювати проєкцію вхідних векторів напруг з домноженням на коефіцієнт, який приводить до відповідності вектори вхідних напруг в тривимірному просторі до струмів в цьому ж просторі.

За вхідні величини обрано плечові напруги U_{al1} , U_{al2} та U_{al3} . За вихідні величини – напруги на фазах навантаження U_a , U_b , U_c та струми фаз i_a , i_b , i_c [4]. Відповідно це дасть змогу МПЧ розрахувати закон керування вентилями для генерації фазових напруг та синусоїдального споживаного струму.

Для прикладу і пояснень робота МПЧ розглядатиметься на підвищеній частоті (150 Гц) та на пониженої частоті (25 Гц), при частоті напруги живлення 50 Гц. За базові вектори обрано ті плечові напруги, що сформовані лише одним вхідним вектором (одна з трьох плечових напруг при цьому дорівнює одиниці, а дві інші – нулю) [1].

Спочатку розглянемо перехід з вхідних величин у вихідні для випадку формування напруги навантаження з частотою 150 Гц. За табл. 1 по рядкам 11, 13, 15 для вихідних напруг маємо:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = T_{ku1} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix}, \quad (1)$$



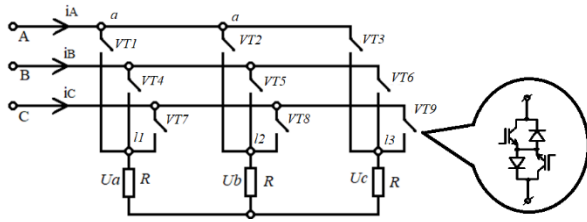


Рис. 1. Спрощена схема триплечевого матричного перетворювача частоти.

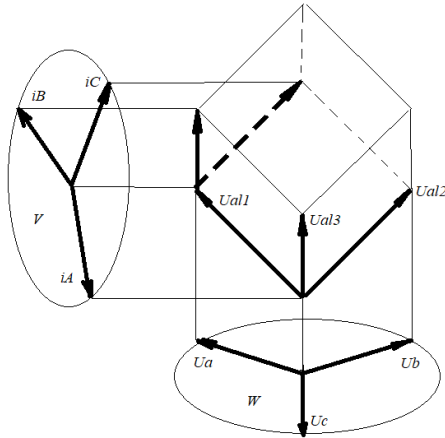


Рис. 2. Простори вхідних і вихідних величин.

де T_{ku1} – матриця переходу від напруг у просторі вхідних величин до напруг у просторі вихідних величин при формуванні вихідної напруги частотою 150 Гц [1, 2].

Для того, аби перейти з вхідних напруг у вихідні струми, необхідно домножити матрицю вихідних напруг на додаткову матрицю переходу з еквівалентними опорами при 150 Гц T_{kr1} , яка виводиться на основі аналізу електромагнітних процесів в схемі. Тоді споживані струми описуватимуться наступними виразами [9]:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix} &= T_{ku1} \cdot T_{kr1} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = \\ &= \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \times \frac{1}{3R} \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = (2) \\ &= \frac{1}{3R} \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = T_{ki1} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

де T_{ki1} – матриця переходу від напруг у просторі вхідних величин до струмів у просторі вихідних величин при частоті напруги навантаження 150 Гц.

Таблиця 1. Значення вхідних і вихідних параметрів при різних вклученнях ключів на частоті 150 Гц

150Гц		Плечові напруги			Напруга на навантаженні (вихідні)			Струми фаз (вихідні)		
№	Замкн. ключі	Ual1	Ual2	Ual3	Ua	Ub	Uc	iA	iB	iC
...
10	VT4, VT6, VT2	Eab	0	Eab	1/3 Eac	-2/3 Eac	1/3 Eac	-2/3Eab/R	2/3Eab/R	0
11	VT4, VT2, VT3	Eab	0	0	2/3 Eab	-1/3 Eab	-1/3 Eab	-2/3Eab/R	2/3Eab/R	0
12	VT4, VT5, VT3	Eab	Eab	0	1/3 Eab	1/3 Eab	-2/3 Eab	-2/3Eab/R	2/3Eab/R	0
13	VT8,VT1, VT3	0	Eac	0	-1/3 Eac	2/3 Eac	-1/3 Eac	-2/3Eac/R	0	2/3Eac/R
14	VT8, VT9,VT1	0	Eac	Eac	-2/3 Eac	1/3 Eac	1/3 Eac	-2/3Eac/R	0	2/3Eac/R
15	VT9,VT1, VT2	0	0	Eac	-1/3 Eac	-1/3 Eac	2/3 Eac	-2/3Eac/R	0	2/3Eac/R
16	VT7, VT9, VT5	Eac	Eab	Eac	1/3 Ebc	-2/3 Ebc	1/3 Ebc	0	-2/3Ebc/R	2/3Ebc/R
17	VT7, VT5, VT6	Eac	Eab	Eab	2/3 Ecb	-1/3 Ecb	-1/3 Ecb	0	-2/3Ecb/R	2/3Ecb/R

Таблиця 2. Значення вхідних і вихідних величин при відповідних вклученнях вентилів на частоті 25 Гц

25 Гц		Плечові напруги (вх.)			Напруга на навантаженні (вих.)			Струми фаз (вих.)		
№	Замкн. ключі	Ual1	Ual2	Ual3	Ua	Ub	Uc	iA	iB	iC
1	VT9, VT4, VT5	Eab	Eab	Eac	-1/3 Ecb	-1/3 Ecb	2/3 Ecb	0	2/3Ecb/R	-2/3Ecb/R
2	VT3, VT4, VT5	Eab	Eab	0	-1/3 Eab	-1/3 Eab	2/3 Eab	-2/3Eab/R	2/3Eab/R	0
3	VT1, VT3, VT8	0	Eac	0	1/3 Eac	-2/3 Eac	1/3 Eac	-2/3Eac/R	0	2/3Eac/R
4	VT4, VT6, VT8	Eab	Eac	Eab	1/3 Ecb	-2/3 Ecb	1/3 Ecb	0	-2/3Ecb/R	2/3Ecb/R
5	VT4, VT2, VT3	Eab	0	0	2/3 Eab	-1/3 Eab	-1/3 Eab	2/3Eab/R	-2/3Eab/R	0
6	VT7, VT2, VT3	Eac	0	0	2/3 Eac	-1/3 Eac	-1/3 Eac	2/3Eac/R	0	-2/3Eac/R
7	VT7, VT8, VT6	Eac	Eac	Eab	1/3 Ebc	1/3 Ebc	-2/3 Ebc	0	2/3Ebc/R	-2/3Ebc/R
8	VT1, VT2, VT6	0	0	Eab	1/3 Eab	1/3 Eab	-2/3 Eab	-2/3Eab/R	2/3Eab/R	0
9	VT2, VT7, VT9	Eac	0	Eac	-1/3 Eac	2/3Eac	-1/3 Eac	-2/3Eac/R	0	2/3Eac/R
10	VT5, VT7, VT9	Eab	Eac	Eac	2/3 Ebc	-1/3 Ebc	-1/3 Ebc	0	-2/3Ebc/R	2/3Ebc/R
11	VT5, VT6,VT1	0	Eab	Eab	-2/3 Eab	1/3 Eab	1/3 Eab	2/3Eab/R	-2/3Eab/R	0
12	VT8, VT9,VT1	0	Eac	Eac	-2/3 Eac	1/3 Eac	1/3 Eac	2/3Eac/R	0	-2/3Eac/R



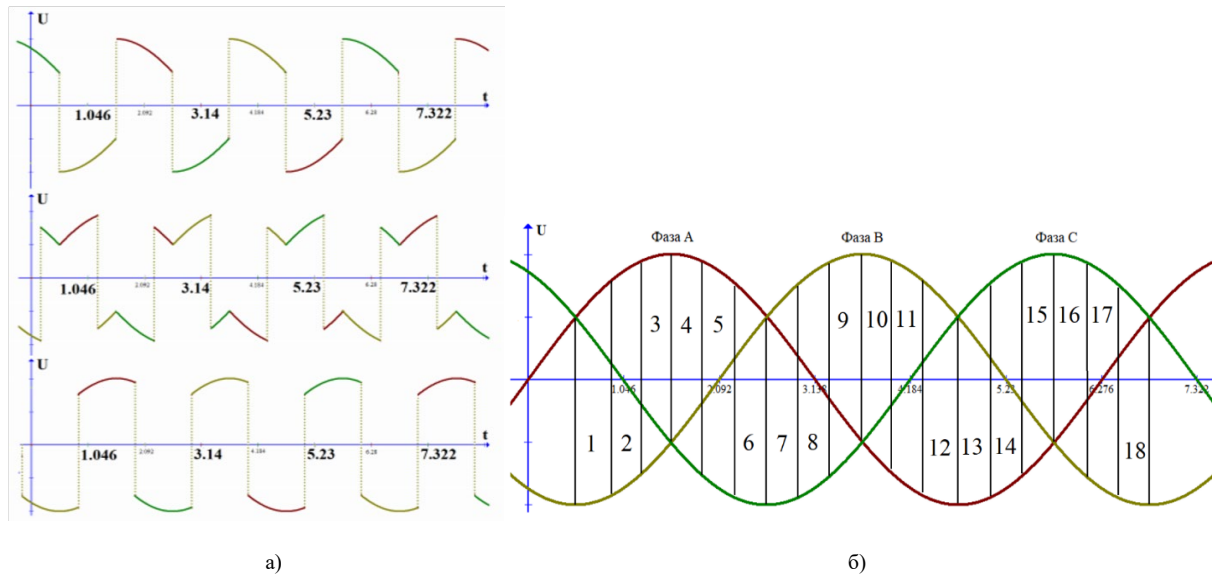


Рис. 3. Часові діаграми напруг навантаження при частоті 150 Гц: а) на кожній з фаз, б) з розділеними інтервалами під кожне перемикання (довжина кожного інтервалу $\pi/9$, початок з $\pi/4,5$).

Також при частоті 150 Гц побудовані часові діаграми вихідних напруг на кожній з фаз (рис. 3, а) та вхідних напруг з розділеними інтервалами під кожне перемикання станів вентилів (рис. 3, б).

Для випадку формування напруги навантаження з частотою 25 Гц за даними в табл. 2 для вихідних напруг маємо:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = T_{ku2} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де T_{ku2} – матриця переходу від напруг у просторі вхідних величин до напруг у просторі вихідних величин при формуванні вихідної напруги частотою 25 Гц.

При частоті напруги навантаження 25 Гц є два включення, за яких вхідна плечова напруга сформована одним вектором (рядок 5 і 6 табл. 2), таким чином, можливо сформувані дві матриці переходу для струмів. Перша матриця з включенням рядку №5:

$$\begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix} = T_{ku2} \cdot T_{kr2} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \times \frac{1}{3R} \begin{bmatrix} 2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & -2 \\ 0 & -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = \frac{1}{3R} \begin{bmatrix} 2 & -2 & -2 \\ -2 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = T_{ki2} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де T_{kr2} – матриця переходу для струмів; T_{ki2} – матриця переходу від напруг у просторі вхідних величин до струмів у просторі вихідних величин.

При включенні рядка № 6 отримуються наступні матриці:

$$\begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix} = T_{ku2} \cdot T_{kr3} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \times \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -2 & -2 \\ 0 & 0 & -2 \\ 2 & -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -2 & -2 \\ 0 & 0 & 2 \\ -2 & 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix} = T_{ki3} \begin{bmatrix} U_{al1} \\ U_{al2} \\ U_{al3} \end{bmatrix},$$

де T_{kr3} – матриця переходу для струмів; T_{ki3} – матриця переходу від напруг у просторі вхідних величин до струмів у просторі вихідних величин.

Також при частоті 25 Гц побудовані часові діаграми вихідних напруг на кожній з фаз (рис. 4, .а) та вхідних напруг з розділеними інтервалами під кожне перемикання станів вентилів (рис. 4, б), які демонструють формування вихідної напруги включенням відповідних вентилів.

Не дивлячись на видиму різницю між матрицями $T_{kr1}, T_{kr2}, T_{kr3}$ та T_{ku1}, T_{ku2} , за допомогою елементарних перетворень можна довести їх еквівалентність [9].

Еквівалентність матриць T_{ku2} та T_{ku1} доводиться шляхом помноження другого та третього рядків на -1:



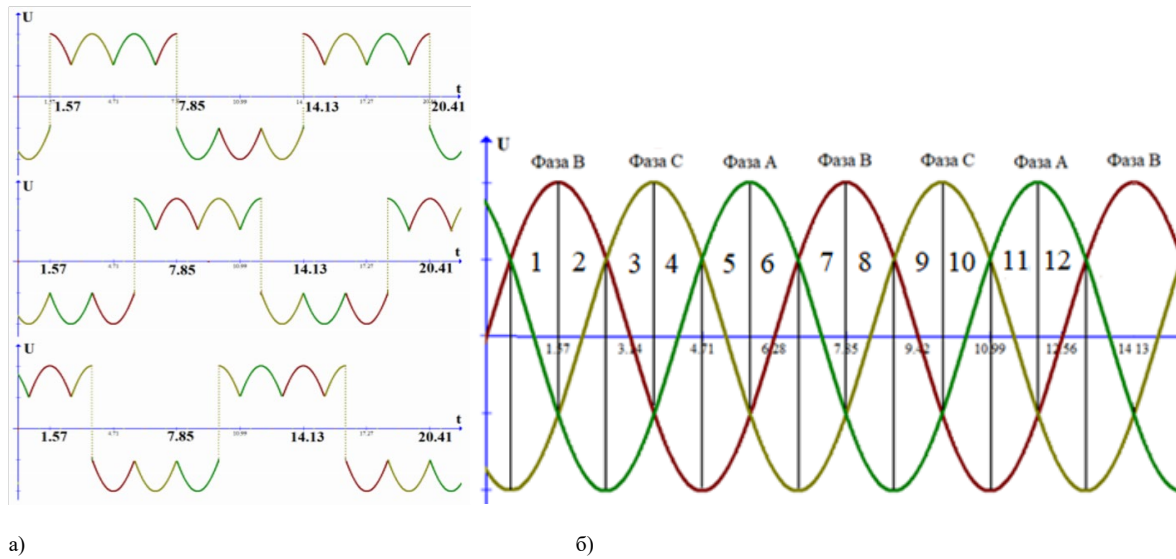


Рис. 4. Часові діаграми напруг навантаження при частоті 25 Гц: а) на кожній з фаз, б) з розділеними інтервалами під кожне перемикання (довжина кожного інтервалу $2,5\pi/9$, початок з $\pi/4,5$).

$$T_{ku2} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} = T_{ku1} \cdot (6)$$

Покажемо еквівалентність T_{kr2} та T_{kr1} . Для цього: помножимо другий та третій стовбці на -1; поміняємо місцями перший стовбець з другим; поміняємо місцями другий рядок з першим; помножимо перший рядок на -1:

$$\begin{aligned} T_{kr2} &= \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & -2 \\ 0 & -2 & 0 \end{bmatrix} \equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} \equiv \\ &\equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} \equiv \\ &\equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} = T_{kr1}. \end{aligned} \quad (7)$$

Подібним чином доводиться еквівалентність T_{kr3} та T_{kr1} :

$$\begin{aligned} T_{kr3} &= \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -2 & -2 \\ 0 & 0 & -2 \\ 2 & -2 & 0 \end{bmatrix} \equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 0 \end{bmatrix} \equiv \\ &\equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} \equiv \frac{1}{3} \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} = T_{kr1}. \end{aligned} \quad (8)$$

Таким чином, враховуючи вирази (6)-(8), не зважаючи на відмінності між величинами в табл. 1 та табл. 2 при формуванні напруги різної частоти, можна виразити загальний вигляд матриці для переходу від вхідних напруг до вихідних:

$$T_{ku1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Загальний вигляд матриці переходу для струмів:

$$T_{kr1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Матриці (9) та (10) дають змогу розрахувати по незалежним векторам з тривимірного простору вихідні вектори в двовимірному просторі, що будуть залежні один від одного. Сказане вище розширює можливості оперування плечовими напругами і станами ключів в МПЧ [10].

ВИСНОВКИ

За допомогою геометричного підходу проаналізовано триплечовий матричний перетворювач частоти. Обрано за вхідні параметри плечові напруги, а за вихідні параметри – напруги на навантаженнях та струми фаз. Побудовано діаграму, на якій зображені вектори вхідних величин в тривимірному просторі і їх проекції, які формують вектори вихідних величин в двовимірному просторі.

Розглянута робота МПЧ на підвищеній частоті (150 Гц) та пониженої частоті (25 Гц). Для кожної частоти створено таблицю з усіма робочими станами ключів та з неї вибрано три базові вектори, необхідні для побудови матриць переходу від вхідних величин до вихідних при забезпеченні синусоїдального вхідного струму і напруги заданої частоти.

Розроблені загальні матриці переходу для вихідних напруг (1) та вхідних струмів (2), які дають змогу отримувати закони керування перетворювачем.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] M. J. Ryan, R. D. Lorenz, and R. De Doncker, "Modeling of multileg sine-wave inverters: a geometric approach," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 46, no. 6, pp. 1183–1191, 1999, DOI: [10.1109/41.808008](https://doi.org/10.1109/41.808008).
- [2] Y. S. Peterheria and O. V. Sobolev, "Primeneniye geometricheskogo podkhoda k analizu protsessov v matrichnykh preobrazovatelyakh [Application of a geometric approach to the analysis of processes in matrix converters]," *TEKHNICHNA ELEKTRODYNAMIKA*, no. 5, pp. 33–36, 2001.
- [3] V. Y. Zhuikov and D. A. Mikolaiets, "THE USE OF A GEOMETRIC APPROACH FOR THREE-PHASE ACTIVE POWER LINE CONDITIONER," *Tekhnichna Elektrodynamika*, vol. 2018, no. 5, pp. 35–38, 2018, DOI: [10.15407/techned2018.05.035](https://doi.org/10.15407/techned2018.05.035).
- [4] A. V. Soich and D. A. Mykolaiets, "Keruvannya matrychnym peretvoryuvachem chastoty z vykorystannyam heometrychnoho pidkhotu [The control of the matrix frequency converter with using a geometric approach]," *Electron. Acoust. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 35–38, 2019, URL: <http://feltran.kpi.ua/article/view/162294>.
- [5] L. A. Kondakov and A. A. Shchukin, "Matrichnyye preobrazovateli chastoty [Matrix frequency converters]," *Inf. Control Syst. Ind.*, no. 1 (43), 2013, URL: <https://isup.ru/articles/34/4353/>.
- [6] V. M. Mykhalskyi, V. M. Soboliev, V. V. Chpik, and I. A. Shapoval, "Maksymizatsiya diapazonu keruvannya matrychnymy peretvoryuvachamy [Maximize the control range of the matrix converters]," *TEKHNICHNA ELEKTRODYNAMIKA*, no. 1, pp. 7–13, 2015, URL: http://techned.org.ua/2015_1/st2.pdf.
- [7] Y. S. Peterheria and O. V. Sobolev, "Construction of invariant control of the system by a matrix converter - an asynchronous motor based on a geometric approach," *Electron. Commun.*, no. 10, pp. 140–143, 2001.
- [8] I. A. Shapoval and J. Claire, "Speed control of a matrix converter excited doubly-fed induction machine," *TEKHNICHNA ELEKTRODYNAMIKA*, no. 3, pp. 19–25, 2011, URL: <http://techned.org.ua/article/11-3/st3.pdf>.
- [9] A. Ango, *Mathematics for electrical and radio engineers*. 2013.
- [10] V. M. Mikhalsky, V. M. Soboliev, V. V. Chopik, and I. A. Shapoval, "Rozshyrennya diapazonu rehulyuvannya vkhidnoyi reaktyvnoyi potuzhnosti matrychnykh peretvoryuvachiv zasobamy keruvannya [Extension of the range of regulation of input reactive power of matrix converters by means of control]," *TEKHNICHNA ELEKTRODYNAMIKA*, no. 2, pp. 53–54, 2012, URL: http://techned.org.ua/2012_2/st24.pdf.

Надійшла до редакції 02 травня 2019 р.

УДК 621.314

Управление непосредственным преобразователем частоты с помощью геометрического подхода

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

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

Кафедра промышленной электроники

Факультет электроники

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» kpi.ua

Киев, Украина

Аннотация—В данной статье рассмотрено управление матричным преобразователем частоты (МПЧ) с помощью геометрического подхода. Рассмотрено построение управляющих выходных параметров на двумерную плоскость из трехмерного пространства входных величин. Составлена таблица, описывающая токи и напряжения в МПЧ при соответствующих состояниях вентилях. По приведенной таблице выведены матрицы, описывающие переход от трехмерного пространства входных величин к двумерным пространствам выходных величин. Проанализирована работа МПЧ по выбранной схеме на повышенной частоте (150 Гц) и пониженной частоте (25 Гц) и показаны соответствующие временные диаграммы переменного напряжения.

Библ. 10, рис. 4.

Ключевые слова — геометрический подход; матричный преобразователь частоты.



The Control of the Frequency Converter Using a Geometric Approach

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

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

Power Electronics Department

Faculty of electronics

National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute" kpi.ua

Kyiv, Ukraine

Abstract—In this paper, the control of a matrix frequency converter (MFC) is considered using a geometric approach. In the previous work, methods of forming the output voltages according to the law of change of input voltages were considered, but the issue of simultaneous formation of both the output voltage and the input current was not considered. To solve this problem, it is advisable to consider the simplest transforming system using a matrix frequency converter. The purpose of this work is to obtain, along with matrices for the transition from shoulder voltages, as independent variables, to the output values of a two-dimensional space when providing a sinusoidal input current and a voltage of a given frequency.

The construction of controlling output parameters on a two-dimensional plane from a three-dimensional space of input quantities is considered. Shows the three-dimensional appearance of the independent variables in the coordinates of the indicated vectors U_{a11} , U_{a12} , U_{a13} and the projection of the vectors of the independent variables on the two-dimensional planes V and W . To obtain the vectors of currents on the two-dimensional plane V , it is necessary to make a projection of the input vectors of voltages with a gain on the coefficient of translation voltages in currents. For the input values the shoulder voltages U_{a11} , U_{a12} and U_{a13} are selected. For the output values, the voltage on the loading phases U_a , U_b , U_c and the currents of the i_A , i_B , i_C phases. Accordingly, this will enable the MFC to calculate the valve control law to generate phase voltages and sinusoidal current consumption.

The work of the MFC will be considered at an elevated frequency (150 Hz) and at a lower frequency (25 Hz). The base vectors have chosen those shoulder voltages that are formed by only one input vector (one of the three shoulder voltages was equal to one, and the other two to zero). The tables describing the currents and voltages in the MFC at the appropriate valve states at each frequency are constructed. The following tables show matrices that describe the transition from the three-dimensional space of input quantities to two-dimensional spaces of the output quantities. At 25 Hz, there are two switches when the input shoulder voltage is formed by one vector (line 5 and 6 of Table 2), so we have two matrices for currents. Also, at these frequencies, the output voltages are constructed on each of the phases and the input voltages with separated intervals under each switching of valve states.

The resulting matrices for the voltages and the resulting matrix for currents at different frequencies were compared with each other. With the help of elementary transformations of the matrices, their equivalence with each other is proved. Thus, the received matrices allow to calculate independent vectors of three-dimensional space, source vectors in two-dimensional space that will be dependent on each other. That extends the ability to operate with shoulder voltages and key states in the MFC.

Ref. 10, fig. 4.

Keywords — *geometric approach; matrix frequency converter.*