

УДК 621.311.6

М.Б. Слабковський; Л.В. Хвостівська, к.т.н, доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДІОДНИЙ КЛАСТЕРНИЙ П'ЯТИСТУПІНЧАСТИЙ ІНВЕРТОР

M.B. Slabkowski, L.V. Khvostivska, PhD

DIODE-CLAMPED FIVE-LEVEL INVERTER

Діодний кластерний п'ятиступінчастий інвертор (ДКПІ) є перспективним рішенням для перетворення електричної енергії, яке поєднує високу ефективність та простоту конструкції [1]. Основою роботи інвертора є каскадна топологія з використанням п'яти ступенів, де кожен ступінь забезпечує формування багаторівневого вихідного сигналу із низьким рівнем загального гармонічного спотворення (THD).

Особливістю п'ятиступінчастої конструкції є оптимальний баланс між кількістю компонентів і якістю вихідного сигналу. Застосування діодів у кожному ступені дозволяє ефективно керувати струмом і мінімізувати електромагнітні завади. Використання п'яти рівнів напруги забезпечує плавну форму вихідного сигналу, що є важливим для застосувань у системах із чутливими електронними пристроями.

Унікальність п'ятиступінчастого ДКПІ полягає у його здатності забезпечувати високоякісне перетворення енергії за умов помірної складності конструкції. Це робить його ефективним рішенням для сучасних систем живлення, де важливі як економічність, так і енергетична ефективність. В таблиці 1 наведено порівняння параметрів існуючих топологій різних інверторів.

Таблиця 1. Показники ККД та коефіцієнту рівня загального гармонічного спотворення різних топологій інверторів

№ п/п	Тип інвертора	THD%	ККД, %
1	Діодний кластерний (ДКІ)	2.5	96.8
2	Каскадний H-мостовий інвертор	3.1	94.5
3	Інвертор із діодними обмежувачами	2.8	95.2
4	Модулярний багаторівневий	2.4	95.8

Як свідчать дані, наведені у таблиці 1, діодний кластерний п'ятиступінчастий інвертор демонструє конкурентні показники загального гармонічного спотворення (THD) на рівні 2.5% і високий коефіцієнт корисної дії (96.8%), перевершуючи більшість альтернативних топологій [2, 3] за простотою конструкції.

Схема діодного кластерного п'ятирівневого інвертора показана на рисунку 1, яка включає плечі мостової схеми 1 (жовте поле) та 2 (блакитне поле). Плече мостової схеми 1 генерує три рівні напруги u_{BO} через почергове комутування ключів Q_1 – Q_4 , а плече мостової схеми 2 генерує три рівні напруги u_{AO} через почергове комутування ключів Q_5 – Q_6 . Віднімання двох три-рівневих напруг дозволяє отримати п'ятирівневу вихідну напругу u_{AB} .

Згідно з вищевказаним, формула для обчислення u_{AB} виглядає наступним чином:

$$u_{AB}=u_{AO}-u_{BO} \quad (1)$$

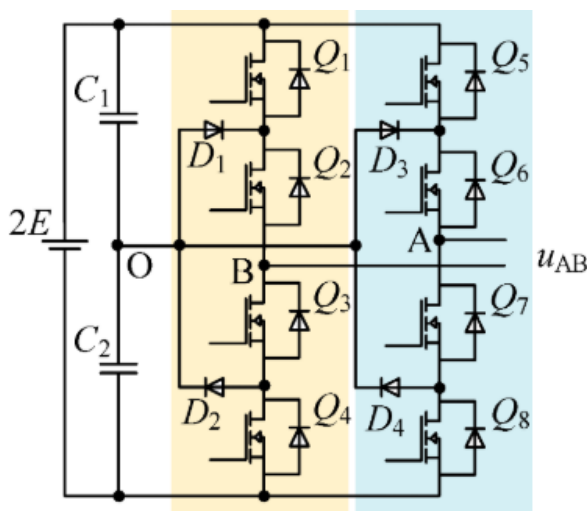


Рисунок 1. Схема діодно-класпованого п'ятирівневого інвертора

Для плеча мостової схеми 1 та плеча мостової схеми 2 форми сигналів їх вихідних напруг u_{BO} та u_{AO} можуть бути виражені за допомогою розкладу Фур'є наступним чином:

$$\begin{cases} u_{BO}(t) = \sum_{n=2k-1}^{\infty} \frac{4E}{n\pi} \sin \frac{n\theta}{2} \cos(n\omega t - \frac{n\theta}{2}) \\ u_{AO}(t) = \sum_{n=2k-1}^{\infty} \frac{4E}{n\pi} \sin \frac{n\theta}{2} \cos(n\omega t - \frac{n\theta}{2} - n\varphi) \end{cases} \quad (k = 1, 2, 3 \dots) \quad (2)$$

де n - порядок гармоніки, t - час роботи системи, а ω - робоча кутова частота інвертора. Тоді, згідно з рівняннями (1) і (2), п'ятирівнева вихідна напруга може бути обчислена як:

$$u_{AB}(t) = \sum_{n=2k-1}^{\infty} \frac{8E}{n\pi} \sin \frac{n\theta}{2} \sin(\frac{n\varphi}{2}) \sin(-n\omega t + \frac{n\theta}{2} + \frac{n\varphi}{2}) \quad (3)$$

З виразу (3) видно, що при заданій входній постійній напрузі інвертора його вихідна напруга залежить від робочого циклу (θ) вихідної напруги двох плечей мостової схеми та фазової різниці (φ) між двома плечами.

Література

1. Mehta, P.; Sahoo, S.; Bharadwaj, P. Fault Tolerant High-Frequency Multilevel Inverter for Wireless EV Charging. NJ, USA, 2023; с. 1–6.
2. Lee, E.-J.; Lee, K.-B. Modulation Methods based on Phase-Shifted PWM for H- Bridge Multilevel Inverters. Seoul, Republic of Korea, 15–19 November 2020; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2020; с. 189–193.
3. J. Rodríguez, J. S. Lai and F. Z. Peng, "Multilevel inverters: A survey of topologies controls and applications", IEEE Trans. Ind. Electron., с. 724-738, 2002.