

УДК 621.314.58:615.477

В.І. Крочак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ТОПОЛОГІЙ ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ У МЕДИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

V. Krochak

PECULIARITIES OF USING DIFFERENT TOPOLOGIES OF SWITCHING DC-DC POWER CONVERTERS IN MEDICAL EQUIPMENT

Імпульсні перетворювачі постійного струму (DC-DC) відіграють ключову роль у забезпеченні стабільного електроживлення медичних пристроїв, таких як діагностичні прилади, монітори життєвих функцій, хірургічне та терапевтичне обладнання. Актуальність дослідження обумовлена стрімким розвитком медичних технологій та зростаючими вимогами до систем електроживлення, що використовуються у критично важливих вузлах обладнання. У цій роботі розглянуто специфіку застосування різних типів DC-DC перетворювачів у медичній техніці, враховуючи їхні електричні параметри, електромагнітну сумісність та конструктивні особливості. Дослідження спрямоване на вдосконалення систем електроживлення медичного обладнання, що сприятиме підвищенню їх ефективності та безпеки.

Імпульсні перетворювачі постійного струму що застосовуються у медичному обладнанні, повинні відповідати високим вимогам стандартів України і ЄС щодо електробезпеки, основний з яких це ДСТУ EN 60601-1 – "Медичне електричне обладнання. Частина 1: Загальні вимоги до безпеки", який є національним еквівалентом EN 60601-1. Виконання норм цього стандарту щодо електроізоляції та рівня електромагнітних завад є складним технічним викликом при проектуванні імпульсних перетворювачів, що розглядається в чисельних наукових працях. У роботі [1] проведено огляд сучасних топологій імпульсних перетворювачів, зазначено, що для медичного застосування відповідними можуть бути топології з гальванічною розв'язкою (isolated). Робота [2] описує імпульсні перетворювачі для високовольного живлення медичного рентгенівського обладнання, де за основу приймаються топології з гальванічною розв'язкою. У [3] описане керування вентильним (BLDC) електромотором для медичного застосування за допомогою імпульсного перетворювача без гальванічної розв'язки (non isolated). Робота [4] розглядає використання імпульсного перетворювача без гальванічної розв'язки для живлення медичних приладів з низькою потужністю споживання.

У Таблиці 1 пропонується перелік найбільш поширених сучасних топологій імпульсних перетворювачів постійного струму і їх можливе застосування у медичному обладнанні.

Таблиця 1 – Топології імпульсних перетворювачів і їх можливе застосування

Топологія імпульсного перетворювача	Гальванічна розв'язка	Електро-магнітні завади	Можливе застосування у медичному обладнанні
Понижувальний (Buck)	Немає	Високі	Службове електроживлення мікросхем, пристроїв з низькою потужністю і напругою живлення
Підвищувальний (Boost)	Немає	Високі	Електроживлення специфічних пристроїв з низькою потужністю і відносно невисокою вхідною напругою (напр. мікромотори)
Топологія імпульсного перетворювача	Гальванічна розв'язка	Електро-магнітні завади	Можливе основне застосування у медичному обладнанні
Понижувально-підвищувальний (Buck-Boost)	Немає	Високі	Вторинне електроживлення обладнання за умов, коли вхідна напруга співрозмірна з вихідною
Чука (Cuk)	Немає	Помірні	Службове електроживлення мікросхем, пристроїв з низькою потужністю і напругою живлення
З несиметрично навантаженою первинною індуктивністю (SEPIC)	Немає	Помірні	Вторинне електроживлення обладнання за умов, коли вхідна напруга співрозмірна з вихідною
Зворотноходовий (Flyback)	Є	Помірні	Вторинне електроживлення обладнання, що потребує середніх і великих рівнів потужності, або високих напруг живлення (напр. рентген-апарати)
Прямоходовий (Forward)	Є	Помірні	Вторинне електроживлення обладнання, що потребує середніх і великих рівнів потужності, або високих напруг живлення (напр. рентген-апарати)

Отже, для переважної більшості задач у медичному обладнанні рекомендовано використовувати топології імпульсних перетворювачів, що забезпечують гальванічну розв'язку між входом і виходом, такі як прямоходові і зворотноходові. Ці топології при належному проєктуванні здатні забезпечити вимоги електробезпеки за стандартом ДСТУ EN 60601-1. Причому існують задачі, при яких від імпульсного перетворювача гальванічна розв'язка не вимагається, оскільки забезпечується іншими елементами у медичному пристрої (наприклад, трансформаторами). В таких випадках виникає можливість використати інші топології, що можуть бути більш ефективними, компактними та надійними. Варто відмітити, що прямоходові і зворотноходові імпульсні перетворювачі доцільніше використовувати при більших рівнях споживаної потужності медичного обладнання.

Література

1. ALHAJ OMAR F. DC-DC Dönüştürücülerin Kapsamlı Analizi ve Değerlendirilmesi: Gelişmeler, Uygulamalar ve Zorluklar. *Black Sea Journal of Engineering and Science*. 2023. URL: <https://doi.org/10.34248/bsengineering.1357849> (date of access: 24.11.2024).
2. Cavalcante F. High output voltage series-parallel resonant DC-DC converter for medical X-ray imaging applications: doctoral dissertation. Florianópolis, 2006. 194p. URL: https://www.ams-publications.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethpublications/Fabiana.Cavalcante.051216.pdf (date of access: 24.11.2024).
3. Siddharthan S. T., Gnanavadivel J., Christa S. T. J. Enhancement of Power Quality Using Luo AC-DC Non Isolated Converter Fed BLDC Motor Drive for Medical Applications. *2020 7th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS)*, Chennai, India, 23–24 July 2020. 2020. URL: <https://doi.org/10.1109/icsss49621.2020.9202076> (date of access: 24.11.2024).
4. Step down DC/DC converter for micro-power medical applications / M. R. Miguez et al. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*. 2016. Vol. 89, no. 3. P. 531–539. URL: <https://doi.org/10.1007/s10470-016-0835-9> (date of access: 24.11.2024).