

сонячних батарей та вітрогенераторів та щорічне здешевлення їх вартості стають передумовою для розробки альтернативної системи електропостачання власних потреб тягової підстанції. Дана система може включати як сонячні батареї так і вітрогенераторні установки, а також гібридні конструкції. Застосування того чи іншого варіанту диктується як техніко економічним розрахунком так і кліматичним розташуванням об'єкту модернізації. Для розгляду пропонується проект розташування фотомодулів на даху тягової підстанції постійного струму.

Використання даного рішення дозволить зменшити загальне енергоспоживання ділянки залізниці та наблизити до вирішення питання енергозаощадження на залізничному транспорті України.

[1] Пастушенко, М. С. Перспективи впровадження відновлювальних джерел електричної енергії на залізничному транспорті України / М. С. Пастушенко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. - 2013. №12. - С. 45 - 51.

[2] Гончаров Ю.П., Сыченко В.Г., Босый Д.А., Пастушенко М.С., Косарев Е.Н. Повышение эффективности функционирования тягового электроснабжения при применении возобновляемых источников электрической энергии.

[3] В. Г. Сиченко, О. І. Бондар, М. С. Прихода Аналіз впливу сонячної генерації на роботу тягових підстанцій електрифікованих залізниць.

[4] Полях, О.М. Возможность использования альтернативных источников электроэнергии на собственные потребности тяговой подстанции G [Текст] / О. М. Полях, Ю. О. Кугаєнко, Т. П. Решетняк // «ТРАНСЕЛЕКТРО –2016» ІХ Міжнародна науково-практична конференція (Дніпро, 21–23.12.2016 р.)–Д.: ДНУЗТ, 2016. – с. 26.

УДК 621.314

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА БАЗІ КАРБІДУ КРЕМНІЮ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF POWER ELECTRONICS BY APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES BASED ON SILICON CARBIDE

*канд. техн. наук О.А. Плахтій,
канд. техн. наук В.П. Нерубацький, аспірант Г.А. Хоружевський
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*О.А. Plakhtii, PhD (Tech.),
V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), H.A. Khoruzhevskyi
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Кремній є основним напівпровідниковим матеріалом для виробництва сучасної електроніки. Проте, за останні роки з'явилася нова, більш перспективна технологія, що дозволяє підвищити енергоефективність перетворювальної техніки. Зокрема, в сегменті силової електроніки, найбільш перспективними матеріалами є карбід кремнію (SiC) та нітрид галію (GaN) [1, 2, 3]. Основні фізичні властивості деяких напівпровідників наведено на рис. 1.

У табл. 1 наведено порівняння технічних характеристик силових транзисторів на базі карбіду (Si) та карбіду кремнію (SiC).

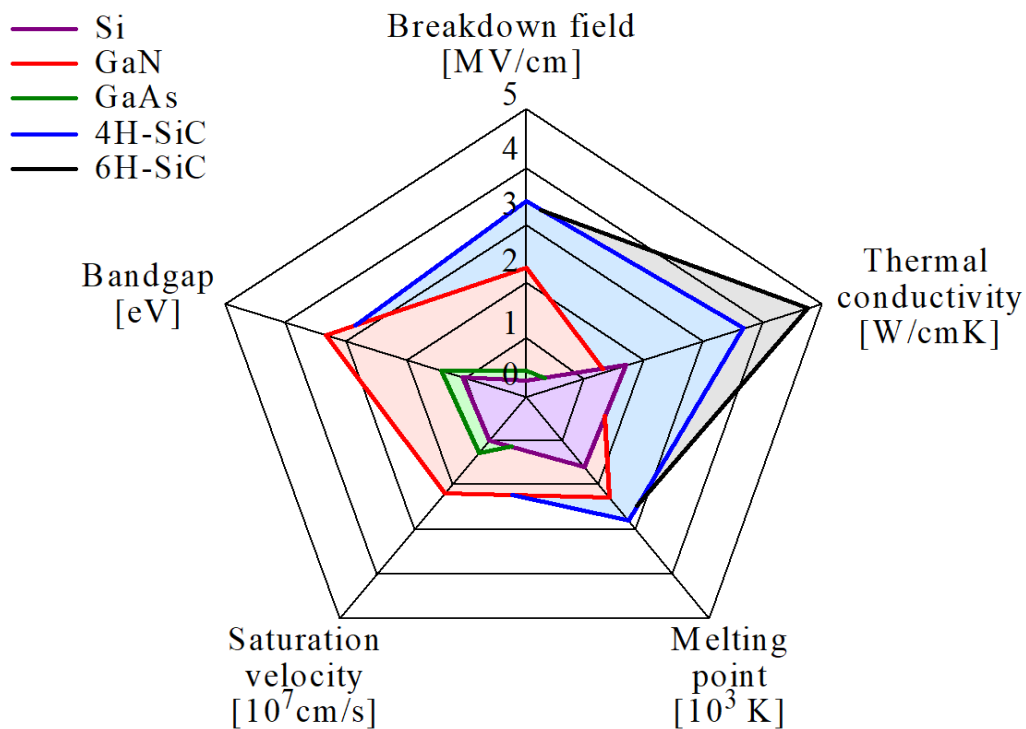


Рис. 1 Фізичні властивості напівпровідникових матеріалів

На рис. 1 введено такі позначення: bandgap – заборонена зона; breakdown field – електричне поле пробою (чим воно вище, тим простіше зробити на основі матеріалу високовольтний прилад); saturation velocity – гранична швидкість носіїв заряду в матеріалі (на три порядки менше швидкості світла); thermal conductivity – теплопровідність (дуже важлива для силових застосувань, так як в них надлишки тепла дуже великі, навіть при дуже великих ККД, і ці надлишки треба відводити від активної області приладу); melting point – температура плавлення, що обмежує робочий діапазон матеріалу.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз характеристик силових транзисторів

Параметр	Порівняння Si та SiC	Переваги
Напруга пробою	У SiC в ≈ 10 разів вище, ніж в Si	Можливість зробити вищу напругу пробою
Дрейфова швидкість насичення електронів	У SiC в ≈ 2 рази вище, ніж в Si	Більш висока швидкодія
Ширина забороненої зони	У SiC в ≈ 3 рази вище, ніж в Si	Більш висока стабільність комутації
Теплопровідність	У SiC більш висока теплопровідність	Більш висока робоча температура
Енергія відновлення зворотного діода	У SiC менша енергія	Менші втрати потужності

Представлений аналіз технічних характеристик існуючих і перспективних технологій виробництва силових напівпровідникових ключів, а саме силових

діодів, Mosfet і IGBT-транзисторів на базі кремнію і карбіду кремнію показав високу перспективність даної технології, а саме:

- енергія включення транзисторів на базі карбіду кремнію в порівнянні з традиційними кремнієвими транзисторами в 3...4 рази менше;
- енергія виключення в 3...6 разів менше;
- енергія відновлення зворотного діода в 20...40 разів менше;
- статичні втрати потужності (падіння напруги на транзисторі у включеному стані в два рази менше);
- вартість транзисторів на базі карбіду кремнію вище на 5...15 % відносно традиційних кремнієвих транзисторів;
- зниження часу перемикання транзисторів веде до зниження динамічних втрат, що в свою чергу веде до значного збільшення максимально можливої частоти комутації силових ключів, зниження втрат і підвищення ККД;
- значно менші масогабаритні показники SiC транзисторів, що є досить значною перевагою для електромобілів, авіації і т. п.

[1] Sadow, S. E., Agarwal, A. *Advances in Silicon Carbide Processing and Applications. Inc.* 2004.

[2] Gevorkyan, E. S., Rucki, M., Kagramanyan, A. A., Nerubatskiy, V. P. Composite material for instrumental applications based on micro powder Al_2O_3 with additives nano-powder SiC. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2019. Vol. 82. P. 336–339. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2019.05.010.

[3] Dey, R., Nath, S. Replacing silicon IGBTs with SiC IGBTs in medium voltage wind energy conversion systems. *2016 7th India International Conference on Power Electronics (IICPE)*. 2016. DOI: 10.1109/iicpe.2016.8079408.

УДК 621.314

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОПОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЯГОВИХ ТРИФАЗНИХ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ

RESEARCH OF TOPOLOGY OF ENERGY EFFICIENT TRACTION THREE-PHASE VOLTAGE INVERTERS

*канд. техн. наук О.І. Семененко, М.М. Одєгов,
канд. техн. наук Ю.О. Семененко, канд. техн. наук О.Д. Супрун
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.I. Semenenko, PhD (Tech.), M.M. Odiehov,
Y.O. Semenenko, PhD (Tech.), O.D. Suprun, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Впровадження швидкодіючих силових ключів на базі *IGBT* забезпечило зростання рівня енергоефективності тягових інверторів рухомого складу за рахунок суттєвого підняття частоти перемикань. Щоправда при цьому динамічні втрати в *IGBT* зростають, знижуючи навантажувальні можливості силових ключів, також виникають круті фронти вихідної напруги перетворювача [1, 2], спричиняючи прискорене старіння ізоляції тягових двигунів і шкідливе електромагнітне випромінювання. Щоб знизити втрати в *IGBT* та обмежити швидкість зростання напруги du/dt і струму di/dt