ІНДУКТИВНІ НАДПРОВІДНИКОВІ НАКОПИЧУВАЧІ ЯК ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ МАНЕВРУВАННЯ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ

Федотов І.Д., Івахнов А.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Сучасні енергосистеми дедалі більше інтегрують відновлювані джерела енергії, що характеризуються нестабільністю генерації. Це зумовлює потребу у високоефективних засобах накопичення та швидкого повернення енергії для забезпечення надійності та гнучкості роботи енергосистем. Індуктивні надпровідникові накопичувачі енергії (SMES) – це технологія, яка дозволяє зберігати електроенергію у вигляді магнітного поля, створеного струмом у надпровідному контурі. Завдяки відсутності електричного опору в надпровідниках, енергія може зберігатися практично без втрат, що робить SMES надзвичайно ефективними у порівнянні з традиційними акумуляторами [1]. Принцип дії ґрунтується на циркуляції струму в надпровідній котушці, де енергія не розсіюється й може бути миттєво вивільнена для живлення споживачів [2]. Основне застосування SMES – у стабілізації енергосистем, забезпеченні безперебійного живлення та живленні імпульсних систем, як-от електромагнітні пускові установки (рельсотрони). Перспективним є поєднання SMES з високотемпературними надпровідниками (HTS), що дає змогу спростити охолодження системи. Будова SMES [3] включає надпровідний магніт, кріогенну систему, електронну систему кондиціювання живлення та систему керування. Переваги: висока ефективність, екологічність, швидкодія та можливість інтеграції в існуючі мережі. Недоліки – висока вартість, складність охолодження низькотемпературних надпровідників до температури 4,2 К і необхідність додаткового захисту. SMES – це перспективна технологія, яка при подоланні технічних бар'єрів займатиме провідне місце серед систем накопичення енергії. Основними перевагами SMES є: надзвичайно швидкий відгук (мілісекунди); високий ККД (до 95–98%); великий термін служби без втрати ємності; можливість роботи у режимі частотного та потужнісного регулювання. У порівнянні з іншими накопичувачами, SMES демонструють кращі характеристики при миттєвому балансуванні навантаження, стабілізації частоти та напруги, а також при гасінні коливань у високовольтних мережах. SMES становлять перспективний напрям розвитку маневрових засобів енергосистеми, здатний забезпечити стабільність та гнучкість енергопостачання в умовах зростання частки ВДЕ.

Література:

1. Ciceron J., Badel A., Tixador P. Superconducting magnetic energy storage and superconducting self-supplied electromagnetic launcher. The European Physical Journal Applied Physics. 2017. Vol. 80, no. 2. P. 20901. URL: https://doi.org/10.1051/epjap/2017160452.

2. Md Abdullah Al Z., Sabbir A., Jahan N. Monira An Overview of Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) and Its Applications. International Conference on Nanotechnology and Condensed Matter Physics 2018 (ICNCMP 2018). BUET–Dhaka, Bangladesh. URL: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20403.53289/1.

3. Kamran M. Fundamentals of Smart Grid Systems. Elsevier Science & Technology, 2023.