

In programs of the scheme of technical modeling of SPICE type, such as Multisim, LT-spice, TINA, MicroCap, modeling of volt-ampere processes is more exact. Transistor models in SPICE simulation take into account the on and off time of transistors and take into account the dynamic losses in transistors. However, the above programs allow you to simulate only low-power transistors, as models of high-voltage power IGBT-transistors in these programs simply do not exist. When determining the power loss of IGBT-transistors, the following dependences are basic:

– the dependence of the voltage between the collector and the emitter on the collector current (volt-ampere characteristic (VAC) of the transistor);

– VAC of the reverse diode;

– the dependence of the power of the transistor, the power of the transistor, as well as the recovery energy of the reverse diode from the current of the emitter of the transistor.

The process of current and voltage switching in the IGBT-transistor and the graphical distribution of static and dynamic losses is shown in Fig. 2.

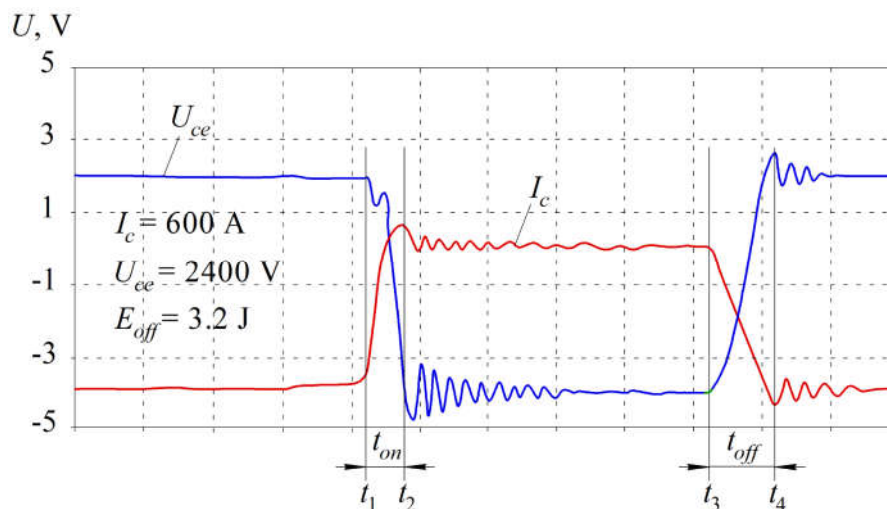


Fig. 2. The process of switching current and voltage in the IGBT-transistor

It should be noted that the energy characteristics of the transistor at a temperature of 25 °C and 125 °C are quite different and with increasing temperature, the losses in the transistor increase.

References

1. Bouzida A., Abdelli R., Ouadah M. Calculation of IGBT power losses and junction temperature in inverter drive. *2016 8th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC)*. 2016. P. 768–773. DOI: 10.1109/ICMIC.2016.7804216.
2. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Ryshchenko I., Zinchenko O., Tykhonravov S., Hordiienko D. Determining additional power losses in the electricity supply systems due to current's higher harmonics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1, No. 8 (97). P. 6–13. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.155672.
3. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D., Khoruzhevskyi H. Calculation of static and dynamic losses in power IGBT-transistors by polynomial approximation of basic energy characteristics. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho*

Universytetu. 2020. No. 2 (176). P. 82–88.
DOI: 10.33271/nvngu/2020-2/082.

Рябов Є. С., к.т.н, ст.наук.співроб. (НТУ «ХПІ»)
Овер'янова Л. В., к.т.н, доцент (НТУ «ХПІ»)
Сапронова С. Ю., д.т.н, професор (ДУІТ)
Гулак С. О., к.т.н. (ДУІТ)

УДК 629.423

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ

Для систем електричної тяги можна виділити такі ключові тенденції у енергоресурсозбереженні: використання на рухомому складі сучасного тягового електроприводу, застосування комбінованих енергетичних установок, удосконалення систем тягового електропостачання шляхом застосування накопичувачів енергії. Важливим також є забезпечення оптимального управління енергетичними потоками як між тяговим електроприводом та силовою установкою на рухомому складі, так і між рухомих складом і системою тягового електропостачання в цілому.

При виробництві рухомого складу загальноживаною практикою є застосування асинхронного тягового електроприводу. Покращення його тягово-енергетичних показників може бути досягнуто як за рахунок удосконалення конструкції та застосування нових матеріалів (зокрема, у напівпровідникових перетворювачах), так і шляхом впровадження енергоефективних алгоритмів керування.

Альтернативою є застосування електроприводів на

основі синхронних електродвигунів із постійними магнітами. Для прикладу на рис. 1 подано залежність коефіцієнту корисної дії від швидкості електродвигунів електропоїзду Regina при різному навантаженні для асинхронного електродвигуна (ASM) та синхронного з постійними магнітами (PM) [1]. Як бачимо, коефіцієнт корисної дії синхронного електродвигуна з постійними магнітами вищий у всіх режимах. Також проводяться дослідження безредукторного тягового електроприводу.

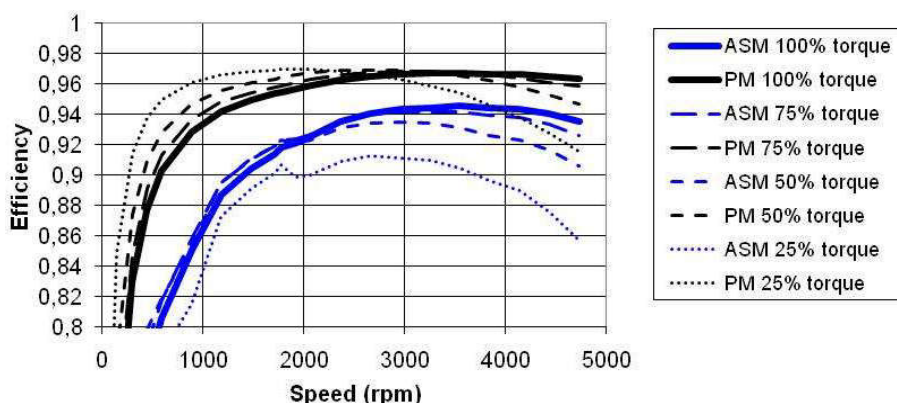


Рис. 1. Залежність коефіцієнту корисної дії

Іншим напрямом удосконалення тягових електроприводів електрорухомого складу є застосування накопичувачів енергії. При цьому застосування бортових накопичувачів дозволяє використовувати рухомий склад на неелектрифікованих ділянках. Саме у такий спосіб у Німеччині планується замінити дизель-поїзди на електропоїзди із комбінованим живленням [2]: при русі по електрифікованій ділянці електропоїзд живиться від контактної мережі, а при русі ділянкою, де немає контактної мережі, живлення здійснюється від тягових акумуляторних батарей. При цьому зарядка акумуляторів здійснюється від мережі та при рекуперативному гальмуванні. Додатково застосування накопичувачів енергії на електрорухомому складі дає можливість оптимізувати енергоспоживання від контактної мережі.

До складу силової енергетичної установки мультисистемного рухомого складу можуть входити паливні комірки або теплові двигуни. Робота останніх має бути оптимізована з урахуванням бортового накопичувача енергії.

Зважаючи на значну частку електрифікованих ділянок залізниць, доцільним є застосування накопичувачів енергії у системах тягового електропостачання. Як приклад, можна навести дослідну експлуатацію накопичувачів енергії у системах тягового електропостачання міського електротранспорту – метрополітенах та трамвайних

лініях [3]. Відома дослідна експлуатація накопичувачів енергії у системі тягового електропостачання метрополітенів м. Гамбург (Німеччина), м. Лондона (Великобританія), трамвайній лінії м. Леон (Франція). Застосуванню накопичувачів енергії на залізницях присвячено ряд робіт вітчизняних вчених.

У разі застосування накопичувачів енергії у системі тягового електропостачання постає задача їх оптимального розміщення та керування такою системою. Вбачається необхідним розробка цифрового двійника системи електричної тяги.

Список використаних джерел

1. <http://www.gronaget.se/upload/PM%20motors%20for%20railway%20applications.pdf>
2. VDB: стратегия перехода к поездам на тяговых аккумуляторах. <https://zdmira.com/articles/vdb-strategiya-perekhoda-k-poezdam-na-tyagovykh-akkumulyatorakh>
3. Інерційні накопичувачі енергії у тягових мережах. / Овер'янова Л.В., Омеляненко В.І., Рябов Є.С. // Стан та перспективи розвитку міського електричного транспорту [Електронний ресурс] : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 14–16 квітня 2021 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова та ін. – Електронні тестові дані. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 184 с.