

УДК 629.423

А. М. МУХА – д. т. н., доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, andremu@i.ua

АНАЛІЗ ПРОМИСЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ СТАТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Статтю представив д. т. н., проф. Л. В. Дубинець

Вступ

У відсотковому співвідношенні долі залізниць України, електрифікованих постійним та змінним струмом є майже однакові. На станціях стикування працюють так звані двосистемні електровози ВЛ82, які розроблені та виготовлені ще при СРСР.

Створення багатосистемних електровозів стало можливим дякуючи успіхам силової напівпровідникової техніки – появи повністю керованих вентилів, підвищення класу приладів та їх робочих струмів. Вони задовольняють необхідність забезпечення процесу перевезень на електрифікованих залізницях незалежно від роду струму та значення напруги у контактній мережі без заміни електровозів на станціях стикування. Це вимагає використання тягового електрорухомого складу, який може працювати як при постійному так і змінному струмах при різних рівнях напруги у контактній мережі.

Поява нової елементної бази призвела до удосконалення існуючих та створення нових схемних та конструктивних рішень для перетворювачів. Ведучими фірмами-виробниками статичних перетворювачів зокрема були створені загальнопромислові привода з двигунами постійного та змінного струмів, та перетворювачі іншого функціонального призначення.

Безумовно такі зміни не обминули і тягові статичні перетворювачі, які живлять тягові двигуни електровозів та електропоїздів.

Але ж питання визначення взаємного зв'язку між потужністю тягового приводу

масо-габаритними показниками статичного перетворювача та його системи охолодження, що є невід'ємною його частиною, не порушувалось.

Основні структури і схеми технічні рішення для традиційного електрорухомого складу (ЕРС) досить повно представлені у літературі [1 – 5].

Мета роботи

Провести аналіз промислових показників перетворювачів для розробки рекомендацій по раціональним конструктивним показникам перетворювачів тягового електроприводу.

Матеріал і результати досліджень

Узагальненою характеристикою конструктивних показників статичних перетворювачів приймаємо питомий об'єм, який визначаємо як: $V_p = \frac{V}{P}$ [м³/кВт], де V – об'єм статичного перетворювача, м³; P – потужність перетворювача, кВт [5].

Вихідними даними є: потужність, габарити, елементна база та вид охолодження напівпровідникових ключів існуючих перетворювачів.

Представлені надалі залежності питомого об'єму від потужності перетворювачів $V_p = f(P)$ враховують тип елементної бази, вид охолодження.

На рис. 1 представлена залежність $V_p = f(P)$ побудована за експериментальними даними для перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (еле-

ментна база – тиристор, охолодження – примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до 1 кВ.

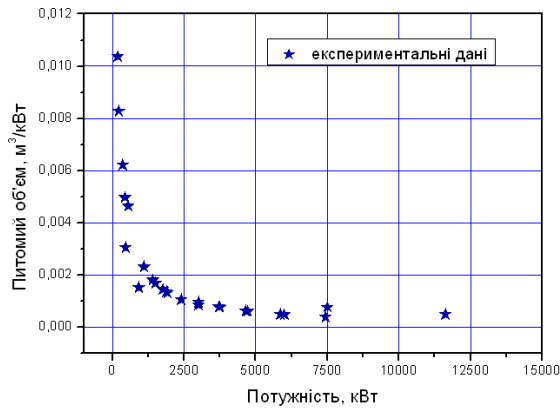


Рис. 1. Залежність питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до 1 кВ, від потужності перетворювачів

Для отримання аналітичних залежностей для питомого об'єму від їх потужності проведемо апроксимацію експериментальних значень (рис. 2).

Залежність питомого об'єму перетворювачів від потужності апроксимувались за допомогою наступних виразів (у загально-

му вигляді): $y(x) = y_0 + A_1 e^{\left(-\frac{x}{t_1}\right)} + A_2 e^{\left(-\frac{x}{t_2}\right)}$ (експоненціальна другого порядку).

При цьому коефіцієнти апроксимації мають наступні значення: $y_0 = 0$, $A_1 = 0,00223$, $t_1 = 3942,92663$, $A_2 = 0,01657$, $t_2 = 239,70193$.

Тоді вираз для апроксимованої залежності $V_p = f(P)$ має вигляд:

$$V_p(P) = 0 + 0,00223 \cdot e^{\left(-\frac{P}{3942,92663}\right)} + 0,01657 \cdot e^{\left(-\frac{P}{239,70193}\right)}.$$

Отримані залежності дозволяють у першому наближенні оцінити вплив системи охолодження перетворювача на його габаритні розміри, для цього представимо апроксимовані залежності з рис.2 та рис.3 в одній системі координат (рис.4).

Аналіз представлених на рис.4 залежностей та використання отриманих коефіцієнтів апроксимації, дозволяє порівняти, у відсотках, вигоду від використання водяного охолодження в перетворювачах, які живлять двигуни постійного струму.

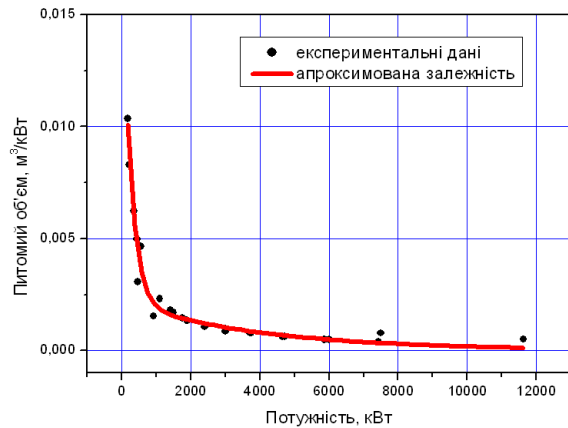


Рис. 2. Результати апроксимації залежності питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кВ, від потужності перетворювачів

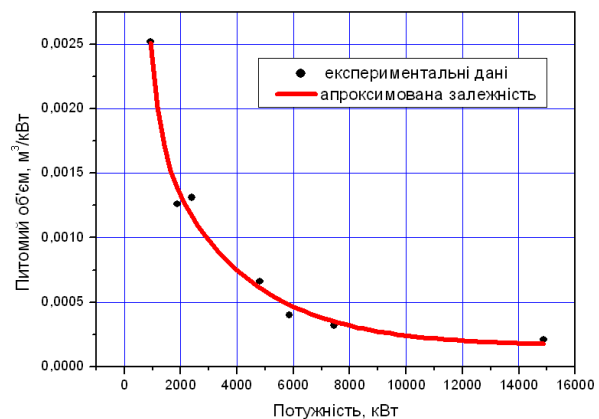


Рис. 3. Результати апроксимації залежності питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – водяне) з діапазоном робочих напруг до 1 кВ, від потужності перетворювачів

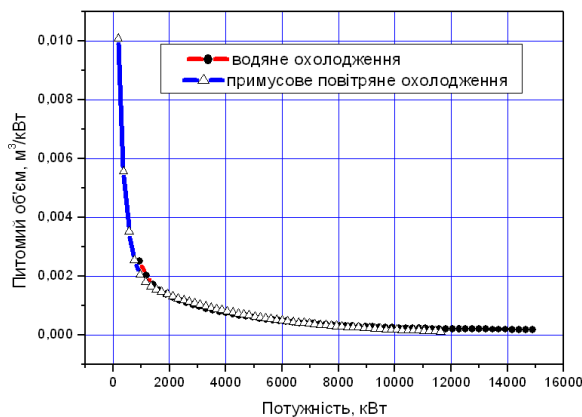


Рис. 4 Вплив виду охолодження на габаритні розміри перетворювачів ВАР «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор) з діапазоном робочих напруг до 1 кВ

Проведені автором дослідження дозволили встановити, що використання водяного (рідинного) охолодження для перетворювачем потужністю 4000 кВт дозволяє виграти приблизно 7,4 % від загального об'єму перетворювача, у порівнянні з таким самим по потужності перетворювачем, який побудовано з використанням примусового повітряного охолодження.

Представимо цей розрахунок.

Питомий об'єм перетворювача потужністю 4000 кВт, на базі тиристорів з примусовим охолодженням дорівнює:

$$V_{\text{РПП}}(4000) = 0 + 0,00223 \cdot e^{\left(\frac{4000}{3942,92663}\right)} + 0,01657 \cdot e^{\left(\frac{4000}{239,70193}\right)} = 8,086 \cdot 10^{-4} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{кВт}} \right]$$

Питомий об'єм перетворювача потужністю 4000 кВт, на базі тиристорів з водяним охолодженням дорівнює:

$$V_{\text{РВод}}(4000) = 0,000158 + 0,01263 \cdot e^{\left(\frac{4000}{331,48236}\right)} + 0,00218 \cdot e^{\left(\frac{4000}{3063,27429}\right)} = 7,488 \cdot 10^{-4} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{кВт}} \right]$$

Приймаючи показники системи з примусовим повітряним охолодженням за 100% отримаємо наступну відносну зміну питомого об'єму перетворювача:

$$\Delta V_p = \frac{V_{\text{РПП}} - V_{\text{РВод}}}{V_{\text{РПП}}} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{8,086 \cdot 10^{-4} - 7,488 \cdot 10^{-4}}{8,086 \cdot 10^{-4}} \cdot 100\% = 7,39\%$$

Висновки

Дослідження, проведені автором, дозволили встановити, що використання рідинного охолодження дозволяє у порівнянні з повітряним примусовим зменшити приблизно на 7...8 % габаритні показники тягових статичних перетворювачів.

Бібліографічний список

1. Захарченко, Д. Д. Тяговые электрические машины. Учебник для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / Д. Д. Захарченко, Н. А. Романов / – Москва: Транспорт, 1991. – 343 с.
2. Калинин, В.К. Электровозы и электропоезда. [Текст] – Москва: Транспорт, 1991. – 480 с.
3. Безрученко, В. М. Тягові електричні машини електрорухомого складу. Навчальний посібник. [Текст] / В. К. Марченко. В. В. Чумак/ – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського нац. унів. зал-го тр-ту ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 252 с.
4. Преобразовательные устройства электропоездов с асинхронными тяговыми двигателями. [Текст] / А. М. Солодунов, Ю. М. Иньков, Г. Н. Коваливкер, В. В. Литовченко. / под ред. А. М. Солодунова. – Рига: Зинантне, 1991. – 351 с.
5. Зиновьев, Г. С. Основы силовой электроники: Учебник. [Текст] / Г. С. Зиновьев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. – 199 с.

Ключові слова: частота, втрати, перетворювач, охолодження.

Ключевые слова: частота, потери, преобразователь, охлаждение.

Keywords: frequency, losses, transformer, cooling.

Надійшла до редколегії 14.03.2012