

Вплив системи охолодження на конструктивні показники статичних перетворювачів

Вступ.

Долі електрифікованих постійним та змінним струмом залізниць України є майже однаковими. На станціях стикування працюють так звані двосистемні електровози ВЛ82, які розроблені та виготовлені ще при СРСР. Тому необхідність забезпечення процесу перевезень на електрифікованих залізницях незалежно від роду струму та значення напруги у контактній мережі без заміни електровозів на станціях стикування вимагає використання тягового електрорухомого складу який може працювати як при постійному так і змінному струмах при різних рівнях напруги у контактній мережі. Такий тяговий електрорухомий склад називаємо багатосистемним.

Створення багатосистемних електровозів стало можливим дякуючи успіхам силової напівпровідникової техніки – появі повністю керованих вентилів, підвищення класу приладів та їх робочих струмів.

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

Основні структури і схемо технічні рішення для традиційного електрорухомого складу (ЕРС) досить повно представлені у літературі [1,2,3,4 та інш.].

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»» (елементна база – тиристор, охолодження - примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кВ.

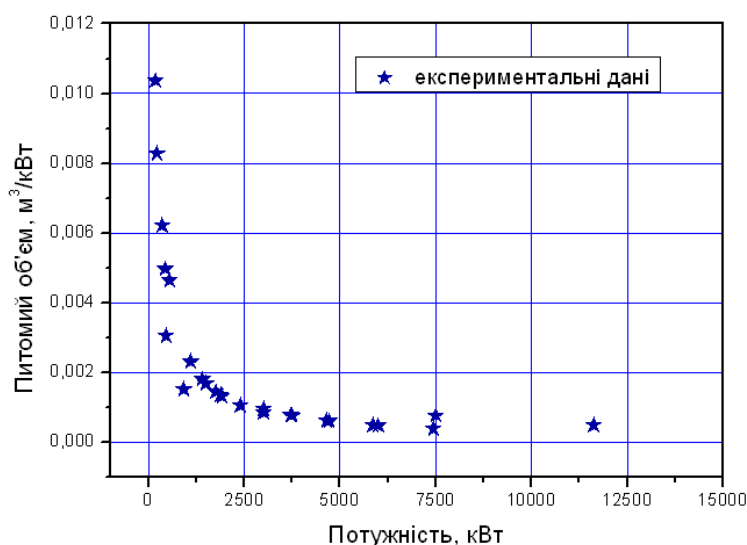


Рисунок 1 – Залежність питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження - примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кВ, від потужності перетворювачів.

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 загальному вигляді):

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

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, виграш від використання водяного охолодження в перетворювачах, які живлять двигуни постійного струму.

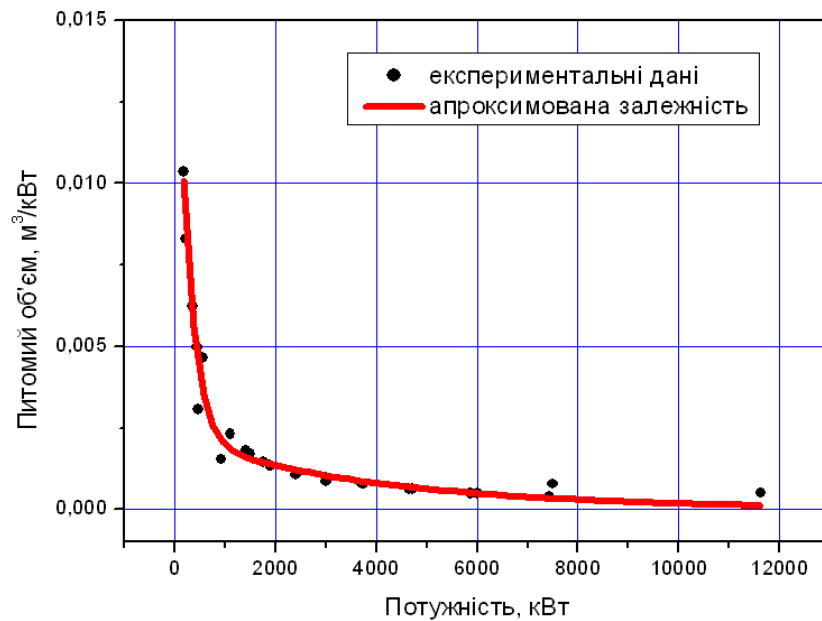


Рисунок 2 – Результати апроксимації залежності питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження - примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кВ, від потужності перетворювачів.

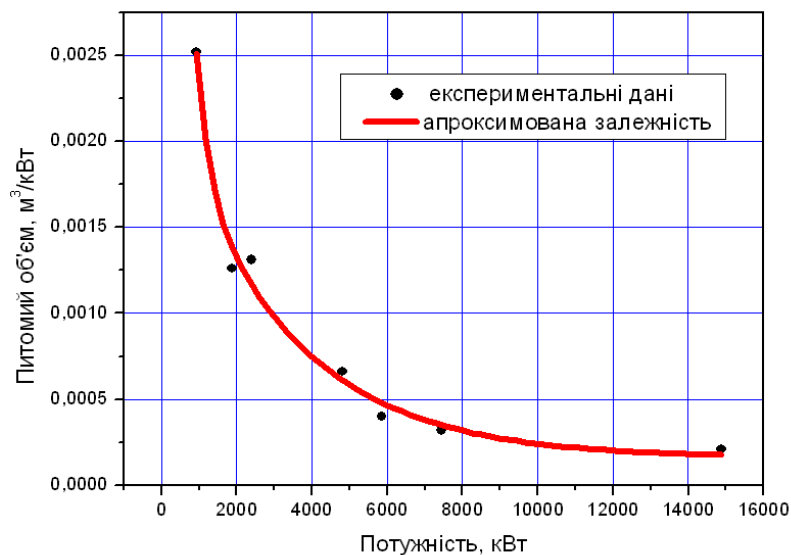


Рисунок 3 – Результати апроксимації залежності питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження - водяне) з діапазоном робочих напруг до одного кВ, від потужності перетворювачів.

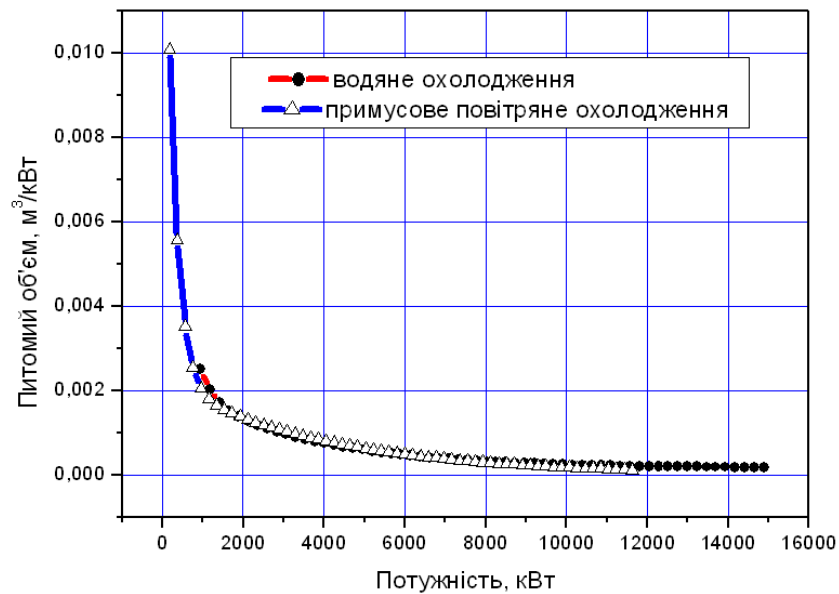


Рисунок 4 – Вплив виду охолодження на габаритні розміри перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор) з діапазоном робочих напруг до одного кВ.

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.

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

Література.

1. Захарченко Д.Д. Тяговые электрические машины. Учебник для вузов ж.-д трансп. [Текст] / Н.А. Романов / – М.: Транспорт, 1991. – 343 с.
2. Калинин В.К. Электровозы и электропоезда. [Текст] – М.: Транспорт, 1991. – 480 с.
3. Безрученко В.М. Тягові електричні машини електрорухомого складу. Навчальний посібник. [Текст] / В.К. Марченко. В.В. Чумак/ –Д.: 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] – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. – 199 с.

Резюме.

Досліджено питання впливу виду системи охолодження на конструктивні показники статичних перетворювачів для електрорухомого складі залізниць.

Ключові слова: частота, втрати, перетворювач, охолодження.

Муха А.Н., д.т.н., доцент (ДНУЗТ)

Влияние системы охлаждения на конструктивные показатели статических преобразователей

Исследовано вопрос влияния вида системы охлаждения на конструктивные показатели статических преобразователей для электроподвижного состава железных дорог.

Ключевые слова: частота, потери, преобразователь, охлаждение.

Mukha A., prof. (DNUZT)

The influence of the cooling system onto design parameters of static converters

The widespread introduction of modern power semiconductor element base let significantly reduce the size of the traction converters , but the problem arises more efficient selection of thermal power losses in the individual switches, which can lead to an increase in size of the converters. The author investigated the question of the influence of the form of the cooling system onto design parameters of static converters for electric rolling stock of railways. Author's researches are showed that the use of liquid cooling makes it possible, in comparison with forced air cooling, to reduce by 7 ... 8 % overall traction performance of static converters.

Keywords: frequency, loses, converter, cooling

*Муха А.М, д.т.н., кафедра електротехніки та електромеханіки, ДНУЗТ,
тел. (056) 373-15-47, E-mail: andremu@i.ua*

**Mukha A., prof., department of Electrical engineering and electromechanics
tel. (056) 373-15-47, E-mail: andremu@i.ua**