

УДК 621.561.59, 629.123  
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-2/24>

**Козьмініх М.А.**

Національний університет «Одеська морська академія»

**Ольшамовський В.С.**

Національний університет «Одеська морська академія»

## УДОСКОНАЛЕННЯ СУДНОВИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

*Руйнування озонового шару атмосфери Землі і зміна клімату в результаті глобального потепління – це головні екологічні проблеми, які стоять практично перед усіма видами промисловості і транспорту. Посиленню цих проблем сприяє високе енергоспоживання обладнанням таких суднових систем і допоміжних установок, як системи вентиляції та опалення, холодильні установки комфортного і технологічного кондиціонування повітря, що викликають підвищену витрату палива дизель-генераторами.*

*Прийнявши Кіотський протокол, Європейський союз зобов'язався до 2020 року знизити викид CO<sub>2</sub> як мінімум на 20%. Щоб досягти цієї мети, покликаної не допустити подальшої зміни клімату, ЄС прийняв у 2005 році директиву про продукти кінцевого енергоспоживання (EuP – Energy using Products-Directive). У 2009 році вона була перейменована в директиву про продукцію, пов'язану з енергоспоживанням (ErP – Energy related Products-Directive). Згадана директива служить основою для визначення можливостей підвищення економічності різних об'єктів, пов'язаних з енергоспоживанням, і для закріплення мінімальних вимог до таких об'єктів. У червні 2010 року були встановлені обов'язкові граничні показники ефективності для електродвигунів та вентиляторів, незалежно від того, чи працюють вони самостійно або є складовою частиною приладу чи установки. Під дію цих нормативів підпадають численні області застосування електродвигунів і вентиляторів – від систем вентиляції, холодильних установок і техніки для кондиціонування повітря до машинобудування та обчислювальної техніки. Рішенням виникаючих проблем може бути застосування для вентиляторів безколекторних електронних – комутованих (Electronically Commutated) двигунів. Таке рішення дозволяє підвищити ефективність роботи теплообмінників систем кондиціонування повітря.*

*У статті наводяться можливі шляхи зниження енергоспоживання судновим обладнанням, що приведе до зниження викидів шкідливих речовин дизелями генераторів у навколишнє середовище.*

**Ключові слова:** енергоспоживання, безщітковий двигун постійного струму, вентилятор, системи кондиціонування, теплообмінники.

**Постановка проблеми.** Сьогодні в енергозберігаючих системах судна, у тому числі і системах опалювання, вентиляції і кондиціонування (ОВК), все більше уваги приділяється питанням енергозбереження та екологічної безпеки довкілля. У зв'язку з цим використання найбільш ефективних енергозберігаючих засобів і методів у цій сфері стає надзвичайно актуальним завданням. Зокрема, одним з нових напрямів є вживання так званих ЕС-двигунів у суднових системах вентиляції, комфортного і технологічного кондиціонування повітря, які практично не використовуються в цих суднових системах.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження можливостей удосконалення суднових систем вентиляції та комфортного і технологічного кондиціонування повітря.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

ЕС-двигун – це безколекторний електронний комутований (Electronically Commutated) двигун. Його іноді також називають BLDC-двигуном (Brushless DC motor), тобто це безщітковий двигун постійного струму. ЕС-двигун в розрізі представлений на рисунку 1. Вентилятори, побудовані на базі цього двигуна, називаються ЕС-вентиляторами.

ЕС-двигун має зовнішній ротор, в якому розташовуються сегменти з постійними магнітами. Управління обертанням ротора ЕС-двигуна здійснюється за рахунок контрольованого подання електроенергії на обмотку статора залежно від положення ротора, яке відстежується за допомогою датчиків Холу, а також заданих параметрів регулювання, що поступають, наприклад, від зовнішніх датчиків відповідного типу у вигляді

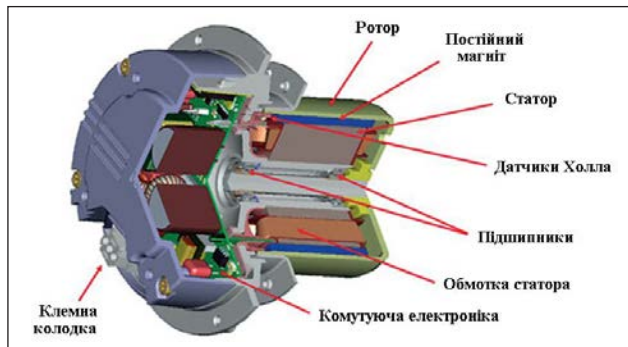


Рис. 1. Облаштування енергозберігаючого ЕС-двигуна

струмових (4÷20 мА) або потенційних (0 ÷10 В) сигналів. При цьому вбудований PID-регулятор дозволяє, разом з пропорційним управлінням, встановлювати швидкість реагування двигуна на зміну сигналу, що управляє, залежно від його диференціальних і інтегральних показників.

Принцип роботи ЕС-двигуна заснований на тому, що в полі, яке створюється вбудованим в ротор постійними магнітами, здійснюється управління вектором магнітного поля шляхом зміни напрямку струму в обмотці статора. У кожен момент часу контролер обчислює і подає на обмотку статора полярність струму, яка потрібна для того, щоб забезпечити безперервне обертання ротора із заданою швидкістю.

ЕС-двигуни можливо підключати до постійного джерела напруги згідно з параметрами або через вбудований комутаційний модуль безпосередньо до мережі змінного струму (220 В, 380 В) з використанням стандартного приладового інтерфейсу RS 485 або спеціальної шини EBM BUS, яка може забезпечити можливість управління вентилятором (або групою вентиляторів до 31 одиниць в кожній) за допомогою ПК або КПК. В системі управління передбачена видача попереджувальних та аварійних сигналів, а також забезпечення моніторингу роботи системи.

Слід зазначити, що під час роботи ЕС-двигун практично не виділяє тепла, тоді як АС-двигун має робочу температуру від 35°C до 75°C, що накладає додаткове теплове навантаження на контур охолодження. При цьому ЕС-двигуни без додаткового перегрівання забезпечують свою працездатність в широкому діапазоні температури зовнішнього середовища. За даними EBM PAPST, температура розігрівання працюючого ЕС-двигуна на підставі проведеного тестування не перевищує +45°C. Максимально і мінімально допустимі температури експлуатації ЕС-двигуна складають відповідно від -20°C до +75°C.

Особливо важливим для систем технологічного і комфортного кондиціонування є те, що вони повинні безперервно забезпечуватися гарантованим підпором повітря. Вказані значення повинні підтримуватися незалежно від умов (відкриття дверей, роботи устаткування тощо), що змінюються, а витяжні системи вентиляції повинні безперервно забезпечуватися гарантованим розрідженням.

У першому випадку це досягається переважанням припливу над витягом, а в другому – переважанням витягу над припливом, що забезпечується регулюванням витрат повітря за свідченнями зовнішніх пресостатів, контролюючих перепад тиску між приміщеннями. Найбільш точне, безінерційне й ефективне регулювання витрат повітря досягається використанням ЕС-двигунів як приводів вентиляторів, внаслідок чого вони визначені рядом європейських стандартів (VDI3803, VDI2167 part 1, SWKI – Guideline 99-3) як комплектуючий елемент кондиціонерів і спеціальних систем вентиляції.

Робота контролерів у цих випадках здійснюється за свідченнями не двох, як зазвичай, датчиків (термостат і гігростат), а трьох датчиків, в число яких включається також пресостат. Останній працює в ланцюзі управління ЕС-двигунами.



Рис. 2. Регулятор тиску з вбудованим датчиком тиску

Компактність, низьке енергоспоживання, плавне і точне регулювання, низький рівень шуму, відсутність вібрації, узгодженість з робочим колом по аеродинаміці і потужності, а також ряд інших особливостей ЕС-двигунів є причиною усе більш зростаючого інтересу до них. Перевага в габаритах зумовлена тим, що ЕС-двигуни є компактнішими порівняно з АС-двигунами, повністю вписуються в габарити крильчатки вентилятора, забезпечуючи прямий привід, тоді як вентилятори з АС-двигунами займають значно більше місця, особливо у напрямі потоку повітря, що означає необхідність наявності декілька

збільшених розмірів вентиляційної камери. Розмір вихідного отвору ЕС-вентилятора практично співпадає з поперековими розмірами секції, в якій він розміщується. Це приводить, з одного боку, до ефективнішого використання поверхні теплообмінника, що встановлюється за вентилятором за рахунок задалегідь вирівняного потоку повітря, і поліпшення знімання з нього теплоприпливів, а з іншого боку, знижує швидкість проходження повітря у середині секції вентилятора, зменшує втрати тиску і шумність. Переваги порівняння з АС-двигуном, що має ремінний привід, схематично показані на рисунку 3.

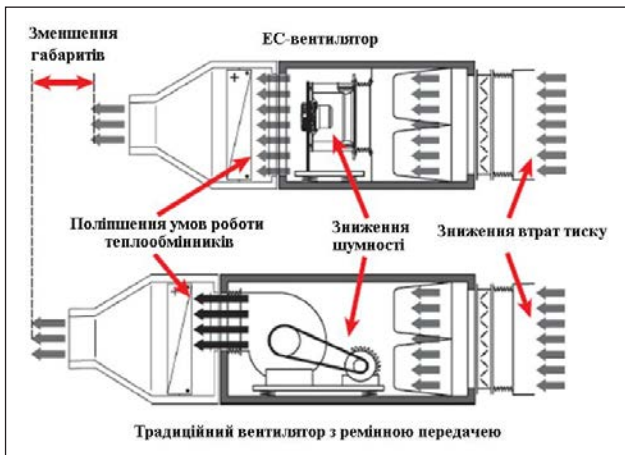


Рис. 3. Схема розташування вентиляторів з ЕС- і АС-двигунами

Оскільки ротор ЕС-двигуна є зовнішнім з постійними магнітами, в ньому відсутні теплові витрати, які неминучі у разі короткозамкнутого ротора асинхронного двигуна. Як наслідок відбувається підвищення ККД, який досягає 80–90%. На рисунку 4 наводиться порівняння ККД двигунів різного типу, серед яких ЕС-двигун характеризується рекордними значеннями в широкому діапазоні корисної потужності на виході.

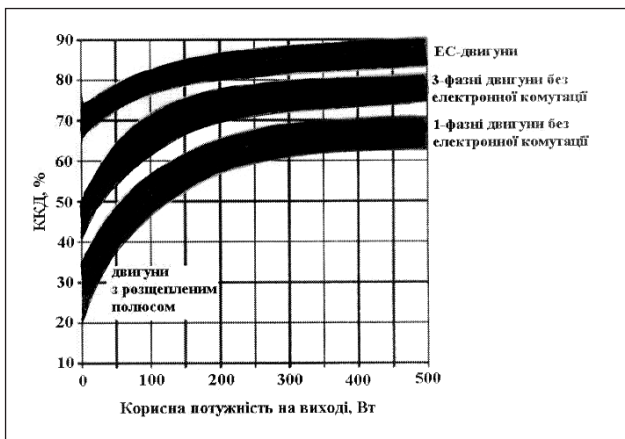


Рис. 4. ККД вентиляторів з різними двигунами

Разом з високим ККД висока міра енергозбереження під час використання ЕС-двигунів в системах опалювання, вентиляції, кондиціонування повітря досягається за рахунок регулювання числа обертів. Відомі такі співвідношення між числом обертів ( $n_1, n_2$ ), витратою роботи ( $L_1, L_2$ ), втратою тиску ( $\Delta p_1, \Delta p_2$ ) і споживаною потужністю ( $N_1, N_2$ ):

$$L_1/L_2 = n_1/n_2;$$

$$\Delta p_1/\Delta p_2 = (L_1/L_2)^2 = (n_1/n_2)^2;$$

$$N_1/N_2 = (\Delta p_1 L_1)/(\Delta p_2 L_2) = (n_1/n_2)^3.$$

Через кубічну залежність споживаної потужності від числа обертів їх плавне і глибоке регулювання, забезпечуване ЕС-двигунами без перетворення частоти живлячої напруги, дає відповідний значний ефект у частині зниження сумарних значень споживаної потужності, ілюстроване на рисунку 6 шляхом порівняння ЕС-двигунів з АС-двигунами, що використовують фазовий, амплітудний або частотний режим регулювання.

З експлуатаційної точки зору переваги ЕС-двигунів зумовлені тим, що частини, що обертаються, виконані як один динамічно і статично збалансований компонент, загальна вага якого рівномірно розподілена на обидва опорні підшипника, що значно впливає на термін служби виробу. Супутньою цьому обставиною є також мінімальна вібрація і шум під час роботи ЕС-двигуна.

Рівномірний розподіл повітряного потоку через теплообмінники кондиціонера або системи вентиляції зменшує зони застою повітря, що призводить до збільшення теплопродуктивності теплообмінників.

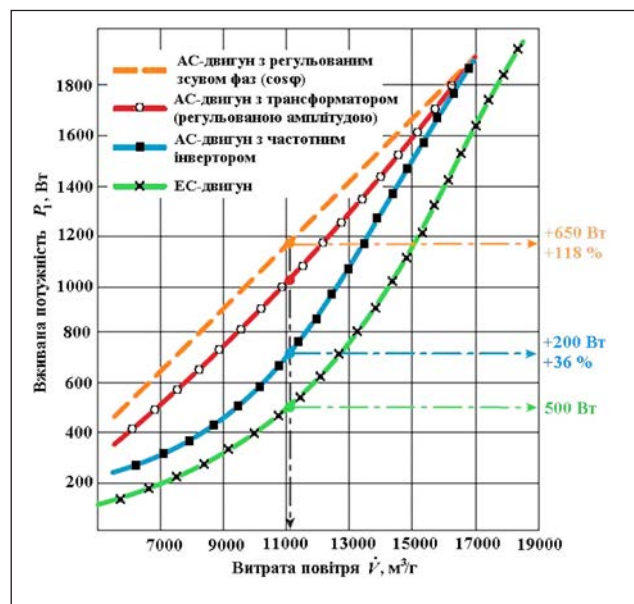


Рис. 5. Зміна споживаної потужності вентиляторів з різними типами електродвигунів

**Висновки.** ЕС-вентилятори мають підвищені технічні характеристики – підвищену потужність і ККД за менших габаритів.

ЕС-вентилятори не створюють додаткового шумового навантаження під час регулювання швидкості обертання, рівень звукового тиску зменшується на 6 дБ порівняно із старими моделями.

ЕС-вентилятори вигідно відрізняються додатковим захистом від перегрівання електроніки і двигунів вентиляторів, а також захистом від блокування ротора, втрати фази і різких стрибків

напруги, забезпечуючи безперебійну роботу як в несприятливих умовах довкілля, так і при збоях електроживлення.

ЕС-вентилятори завдяки вбудованому захисту по електроживленню мають високий моторесурс, що становить більше 80 000 годин.

ЕС-вентилятори можна комутувати з Modbus, таким чином спростивши дистанційний контроль над експлуатаційними параметрами вентиляторів.

Нові ЕС-вентилятори підвищують ефективність роботи теплообмінників.

#### Список літератури:

1. Вишнеvский Е.П. Энергосбережение при проектировании систем микроклимата зданий. *Сантехника. Отопление. Кондиционирование (С. О.К.)*. № 1. 2010.
2. Вишнеvский Е.П., Чепурин Г.В. Новые европейские стандарты в области ОВК. *Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.)*. № 2. 2010.
3. ЕС-вентиляторы в тепловых насосах. *Сантехника. Отопление. Кондиционирование (С. О.К.)*. № 6. 2008.
4. ЕС-вентиляторы для овощехранилищ и грибных камер. *Сантехника. Отопление. Кондиционирование (С. О.К.)*. № 1. 2010.
5. Канальный вентилятор и его привод. Анализ тенденций развития. Р. К. Эсманский, ООО «Климат-ВентМаш».

#### **Kozminykh M.A., Olshamovsky V.S. IMPROVEMENT OF SHIP SYSTEMS OF VENTILATION AND COMFORT AND TECHNOLOGICAL CLIMATIZATION**

*The destruction of the ozone layer of the Earth's atmosphere and climate change as a result of global warming are major environmental issues facing virtually all industries and transportation. Exacerbation of these problems is facilitated by the high energy consumption of equipment of ship systems and auxiliary installations such as: systems of ventilation and heating, refrigeration installations of comfortable and technological air conditioning, which cause high consumption of diesel fuel by generators.*

*By adopting the Kyoto Protocol, the European Union has committed to reducing CO<sub>2</sub> emissions by at least 20% by 2020. In order to achieve this goal, which is designed to prevent further climate change, the EU adopted in 2005 the EuP - Energy using Products-Directive. In 2009, it was renamed the Energy Related Products Directive (ErP). The said Directive serves as a basis for defining the possibilities of increasing the cost-effectiveness of various energy-related facilities and for fixing minimum requirements for such facilities. In June 2010, mandatory performance limits for electric motors and fans were established, regardless of whether they were operating independently or were part of the unit or installation. These standards are subject to numerous applications of electric motors and fans: from ventilation systems, refrigeration and air conditioning equipment - to mechanical engineering and computer engineering. To solve of problems, we can get more information for fans in non-collector electronically commutated machines. Also, the solution is permissible efficiently robotic heat exchangers in air conditioning systems.*

*The article describes possible ways to reduce the energy consumption of ship equipment, which will lead to the reduction of emissions of harmful substances by diesel generators into the environment.*

**Key words:** *energy consumption, brushless dc motor, ventilator, conditioning systems, heat-exchangers.*