

ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ

УДК 621.313

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ З ПЕРІОДИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

О.В. Бібік, канд. техн. наук

Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна
e-mail: bibik@ied.org.ua

Наведено основні тенденції розвитку електромеханічних перетворювачів енергії для герметичних поршневих компресорів на основі їх класифікації. Проведено аналіз існуючих технічних рішень схем обмоток статора однофазних асинхронних двигунів з урахуванням вимог до приводу компресорів з метою підвищення коефіцієнта корисної дії та поліпшення їх експлуатаційних показників. На основі порівняння холодильних коефіцієнтів окремих типів сучасних герметичних поршневих компресорів показано переваги використання електродвигунів з регулюванням частоти обертання для підвищення енергетичної ефективності електромеханічних систем з періодичним навантаженням. Бібл. 17, рисунок, табл. 2.

Ключові слова: електромеханічні перетворювачі енергії, електромеханічна система, герметичні поршневі компресори, коефіцієнт корисної дії.

Вступ. Існує різноманіття електромеханічних систем (ЕМС), що працюють в умовах змінного або періодичного навантаження, а саме: верстати-гойдалки, поршневі та ротаційні компресори, насоси тощо. Понад 65 % електричної енергії, що виробляється у світі, споживається електроприводами (ЕП) компресорів, вентиляторів і насосів, які застосовуються в промислових, побутових та спеціалізованих холодильних установках і кондиціонерах. При цьому 90 % від світового обсягу сучасних поршневих компресорів припадає на герметичні поршневі компресори (ГПК), причому більша їх частина має потужність до 0,5 кВт.

Виробники компресорів постійно вдосконалюють їх конструкції відповідно до тенденцій і вимог ринку комерційного холоду. Одним з найважливіх напрямків є мінімізація енергоспоживання компресорів, що у свою чергу вимагає удосконалення й оптимізації серійних двигунів, а також розробки нових енергоефективних електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ) [8, 11, 14, 16].

У герметичних поршневих компресорах використовуються різні типи ЕМПЕ, для яких характерні особливості навантаження (потужність на валу змінюється періодично в широких межах: від холостого ходу до двократної й більше залежно від кута повороту кривошипа), конструктивне виконання (це вбудовані двигуни, що складаються зі статора й ротора (без вала) й не підлягають ремонту), важкі умови пуску та теплове навантаження.

Метою статті є аналіз технічних рішень електромеханічних перетворювачів енергії герметичних поршневих компресорів на основі їх класифікації та визначення шляхів розвитку ЕМПЕ для систем з періодичним навантаженням.

Енергетична ефективність холодильної установки визначається коефіцієнтом корисної дії (ККД) або зворотною функцією – холодильним коефіцієнтом K_e (COP), що зв'язує кількість охолодження, яке забезпечується установкою, зі споживанням за той же часовий інтервал електроенергії [6]. Поліпшення енергетичної ефективності ГПК можливе при оптимальному співвідношенні високої холодопродуктивності й низького значення потужності, яка споживається системою.

Регулювання холодопродуктивності ГПК базується на механічному і двопозиційному принципах та регулюванні частоти обертання ротора двигуна. Для малих холодильних агре-

гатів в основному використовується двопозиційне регулювання температури в холодильній камері, що здійснюється шляхом пуску–зупинення зазвичай асинхронного двигуна. У цьому випадку компресор вмикається при температурі в холодильній камері, що досягає верхньої границі діапазону нечутливості терморегулятора, і відмикається при досягненні температури, що відповідає його нижній границі. Такий режим характеризується істотними коливаннями температур та призводить до значних пускових струмів і відповідно до підвищеного зношування компресора. Регульований електропривод дає змогу розширити технологічні можливості для холодильних машин, істотно поліпшити низку техніко-економічних показників, а також вирішити проблеми ресурсозбереження.

Розвиток ЕМПЕ для ЕМС з періодичним навантаженням, наприклад ГПК, рухається в напрямку підвищення їх ефективності й зниження енергоспоживання. Це забезпечується завдяки удосконаленню безпосередньо електромеханічних перетворювачів енергії шляхом оптимізації конструкції (статора і ротора, схемних рішень обмотки, попередньо включених елементів у коло статора тощо) з урахуванням сталого (статика) і періодичного навантаження (квазістатика), застосування ефективних сталей і обмоткових матеріалів, сучасних технологій, використання регульованого приводу для ЕМС, де традиційно застосовувався нерегульований.

Широко використовуються для поршневих компресорів (рисунок) нерегульовані асинхронні електродвигуни (АД) [8, 9, 11]. При цьому їхнє проектування, як правило, здійснюється для максимального сталого навантаження за максимальної температури навколишнього середовища (32 °С), хоча 80 % робочого часу холодильна установка функціонує з неповним навантаженням і при менших температурах конденсації. Реальний коефіцієнт корисної дії двигуна при цьому значно нижчий номінального.



На покращення енергетичних і зменшення масогабаритних показників асинхронних двигунів ГПК впливають число полюсів, довжина пакета, властивості електротехнічної сталі й електроізоляційних матеріалів, тип обмотки та її параметри (коефіцієнт заповнення паза, число провідників обмотки тощо), тип попередньо включених елементів у ланцюзі статора (резистора, конденсатора тощо) та їх номінальні значення, а також технологія виготовлення двигуна (відпал листів статора й ротора, методи заливання короткозамкненого ротора та складання пакетів).

Вимоги до однофазних асинхронних двигунів (ОАД) ГПК такі: надійний пуск при зниженій напрузі мережі до 170 В; кратності максимального моменту – на рівні 2,5...3,0, а пускового – 1,5...2,2 (залежно від конструкції компресора); ізоляція обмотки двигуна – підви-

щеної нагрівостійкості (до 180 °С); ККД у діапазоні 77...79 % для конденсаторних двигунів з позисторним пуском і 70...73 % – для ОАД з пусковою обмоткою; застосування сталей з питомими втратами не вище 2 Вт/кг.

Схеми ввімкнення асинхронних двигунів для ГПК розділяються за числом фаз m розподіленої обмотки статора (з трифазною обмоткою – $m=3$ та з двофазною – $m=2$), способом підключення до мережі живлення (трифазні $U=380$ В і однофазні $U=220$ В), типом попередньо включених елементів у ланцюзі статора. Останні представлені схемами: з пусковою обмоткою (біфілярна обмотка з підвищеним активним опором) та електромагнітним реле – схема RSIR; з пусковою обмоткою та позистором R_n (PTC) – терморезистором з позитивним температурним коефіцієнтом, який використовується як резистор, та пусковим реле – схема RSIR (PTC); з пусковою обмоткою та пусковим конденсатором C_n – схема CSIR; конденсаторні двигуни з позисторним пуском, у допоміжну обмотку яких постійно включено робочий конденсатор C_p та позистор – схема RSCR; з робочим і пусковим конденсаторами – схема CSR [11, 12].

Для порівняння й аналізу технічних і масогабаритних показників розглянемо схеми АД для ГПК, які представлені в табл.1: серійні ОАД з пусковою обмоткою (ЕД-23, ЕДП-125, ДАО-131-120); двигуни типу ДАО-130., які спроектовані на основі штампа листів статора й ротора базових двигунів (відповідно ЕД-23 і ЕДП-125) і удосконалення схемних рішень шляхом оптимізації параметрів обмоток статора; двигуни з трифазною обмоткою для напруг живлення 380 В (АІВ71-2Ф2) і 220 В (АІВУ71-2Ф2).

Таблиця 1

Типи двигунів	P_n , Вт	n , об/хв	$\frac{I_n}{I_n}$	$\frac{M_n}{M_n}$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	Маса, кг	ККД, %	Схеми АД, попередньо включені у коло статора елементи
ЕД-23	100	2890	8,5	1,7	3,1	3,35	66	RSIR, пускова обмотка
ЕДП-125	125	2920	8,4	1,69	2,8	3,8	70	
ДАО-131-120	120	2900	9,2	1,9	2,9	3,9	72	
ДАО-130-125-С16П	125	2920	8,8	1,7	2,8	3,72	70	RSIR (PTC) $R_n = 25$ Ом
ДАО-130-100-С19М	100	2920	7,5	2,0	2,9	3,43	77	CSR $C_p = 3,9$ мкФ $C_n = 25$ мкФ $C_p = 6,2$ мкФ $C_n = 25$ мкФ
ДАО-130-120-С19М	120	2920	6,0	2,2	2,5	3,85	78	
ДАО-130-100-С18П	100	2920	11,5	1,6	2,9	3,43	76	RSCR $C_p = 4$ мкФ $R_n = 25$ Ом
АІВ71-2Ф2	150	2840	6,4	4,0	4,2	3,87	76,7	ТАД
АІВ71-2Ф2	320	2840	7,1	4,1	4,2	5,35	80,3	
АІВУ71-2Ф2	150	2860	8,6	4,3	2,2	4,35	77,6	CSR $C_p = 6$ мкФ $C_n = 60$ мкФ $C_p = 10$ мкФ $C_n = 120$ мкФ
АІВУ71-2Ф2	320	2870	7,2	4,2	2,3	5,86	80,7	

Основним недоліком двигунів з пусковою обмоткою підвищеного опору (схема RSIR) є передчасний вихід з ладу цієї обмотки через наявність значних пускових і теплових навантажень (кратність пускового струму у діапазоні 7...8 в.о.) при зниженні напруги до 165...170 В. Так, 90 % відмов електродвигунів поршневих компресорів від їхньої загальної кількості є вихід з ладу пускової обмотки. У робочому режимі двигунів використовується тільки робоча обмотка. Пускова обмотка після запуску ОАД відключається пусковим реле, що забезпечує її тепловий захист. У загальному випадку ККД двигунів з пусковою обмоткою (RSIR) – у ме-

жах 68...72 %. Підвищення ККД на 1,5...2,0 % зазначених двигунів може бути досягнуто підвищенням коефіцієнта заповнення паза (до 0,8), а отже, збільшенням витрат міді. Зростання ККД до 77 % можна досягти при збільшенні довжини пакетів і відповідно витрат електротехнічної сталі в 1,5...2 рази. Будь-яке зменшення витрат активних матеріалів призводить до зниження ККД двигуна.

Заміна пускового контактного реле на позистор у двигуні ДАО-130–125-С16П дає змогу підвищити експлуатаційну надійність двигуна (у порівнянні з ЕДП–125), практично не поліпшивши його пускові характеристики. Схема пуску з позистором (*RSIR (PTC)*) має такі переваги: менш чутлива до зміни напруги мережі; напруга запуску нижча, ніж зі звичайним пусковим реле; позистор є одночасно додатковим захисним елементом допоміжної обмотки.

Покращити енергетичні й експлуатаційні показники двигунів дає змогу застосування схем з робочим конденсатором і пусковими елементами, в якості яких використовуються пускові конденсатори або позистори. Схеми *RSCR* і *CSR* мають низку переваг у порівнянні зі схемою *RSIR(PTC)*, а саме: краще використання габариту двигуна (у робочому режимі використовуються робоча й допоміжна обмотки); збільшення ККД на 6...8 % за рахунок часткової або повної компенсації зворотного поля при номінальному навантаженні. Використання схемних рішень *RSCR* і *CSR*, наприклад для компресорів типу ХКВ, дало змогу підвищити питому холодопродуктивність агрегатів на 8...12 %.

Слід зазначити, що застосування схеми ввімкнення *RSCR* покращує експлуатаційні показники ОАД, але при цьому не усуває основний недолік – наявність значних пускових струмів і пов'язане з ними прискорене старіння ізоляції допоміжної обмотки, а також не дає змоги повною мірою використовувати встановлену потужність робочого конденсатора.

Вирішує цю проблему використання пускового конденсатора (схема *CSR*), вибором ємності якого можна одержати необхідний пусковий момент. При цьому знижується витрата активних матеріалів без погіршення техніко-економічних показників двигуна.

Для схем *RSIR*, *RSIR (PTC)*, *RSCR* характерні низькі пускові моменти (*LST*), тому вони використовуються для систем з вирівняним тиском. Схеми *CSR*, *CSIR* забезпечують високі пускові моменти (*HST*), їх застосовують у системах із незбалансованим тиском при пуску [11].

Трифазні асинхронні двигуни (ТАД) мають кращі енергетичні показники, ніж ОАД (ККД ТАД знаходиться на рівні 77...81 %, а в сучасних ОАД він не більш ніж 78 % (*CSR*)). Однак їх застосування обмежене, що пов'язано з необхідністю використання трифазної мережі живлення. Підключення їх до однофазної мережі здійснюється з використанням фазозсуваючих елементів.

Проектування є одним з найважливіших ланок у процесі створення конкурентоспроможних ЕМПЕ, яка має враховувати розвиток новітніх технологій, а також тенденцію спеціалізації електричних машин стосовно до конкретних характеристик електроприводів та вимог ЕМС. Оптимізаційне проектування ОАД для ГПК у статичних режимах (з урахуванням сталого навантаження) при незмінному штампі (зі стандартними листами статора й ротора) дає змогу підвищити ККД на 2...4 % за рахунок зміни параметрів обмотки [9, 12, 13].

Проте робочі режими двигунів поршневих компресорів є квазісталими й характеризуються періодичними змінами електромагнітного моменту, струмів, частоти обертання ротора, а також значною величиною їх пульсацій. Це є причиною зростання витрат, споживаної потужності і, отже, зниження енергетичних показників (зокрема, коефіцієнта корисної дії) [1, 16]. Розрахункові дослідження робочих режимів ТАД під час періодичного навантаження одноциліндрового поршневого компресора показали, що ККД асинхронного двигуна менший на 20 % номінального.

Тому одним із напрямків підвищення енергоефективності АД для ГПК є визначення конструктивних параметрів двигунів при оптимальному їх проектуванні за критерієм максимуму ККД з урахуванням реального навантаження ЕМС. Такий підхід забезпечує можливість підвищення експлуатаційного ККД асинхронних двигунів на рівні 10 % [1].

При проектуванні ЕМПЕ з періодичним навантаженням важливим завданням є удосконалення математичних моделей та методів їх аналізу.

Тенденція використання регульованого електроприводу в ЕМС, що працюють в умовах змінного або періодичного навантаження та спроектовані на основі нерегульованих ЕМПЕ, дає змогу розширити технологічні можливості компресорів, істотно поліпшити низку їх техніко-економічних показників, а також вирішити проблеми надійності та ресурсозбереження. Більш вигідним для регулювання холодопродуктивності ГПК у порівнянні з двопозиційним процесом регулювання температури є плавне регулювання частоти обертання двигуна, що забезпечується використанням однієї із систем регулювання: «тиристорний регулятор напруги–асинхронний двигун» (ТРН–АД); «перетворювач частоти–асинхронний двигун» (ПЧ–АД). Система ТРН–АД більш проста й дешевша, ПЧ–АД має кращі регульовальні можливості й більш економічна [4, 5, 7].

На ринку регульованого електроприводу конкуренцію ПЧ–АД створюють двигуни з електронним керуванням: синхронні двигуни з постійними магнітами (*PMSM – Permanent Magnet Synchronous Motors*), безщіткові (безконтактні) двигуни постійного струму (*BLDCM – Brushless Direct Current Motors*) та двигуни з реактивним ротором – вентиляно-індукторні (*SRM – Switched Reluctance Motors*).

Перевагою у використанні вентиляльних двигунів з постійними магнітами для побутових компресорів є збільшення їх ККД до 82...90 % у порівнянні з АД, номінальний ККД яких на рівні 72...77 %, однак у робочому режимі зменшується до 55...65 % [17].

Вентиляно-індукторні двигуни, що складаються з реактивного індукторного двигуна і напівпровідникового перетворювача з мікропроцесорним керуванням, за енергетичними характеристиками не поступаються вентиляльним двигунам з постійними магнітами, мають високий ККД у широкому діапазоні частот обертання ротора. У той же час вони конструктивно значно простіші, надійніші та дешевші [7, 10, 15].

Експлуатаційні можливості сучасних ГПК розширюються завдяки використанню новітніх енергоощадних технологій: регуляторів змінної продуктивності (*VSS*, компанія *Embraco*), плавного керування частоти обертання двигуна (привод *FSD –* компанії *ACC; Danfoss, Huayi Group*), цифрового керування (*DVC*, компанія *Samsung*) й т. ін.

Компанією ACC, яка є одним з лідерів по виробництву компресорів, розроблено два типи регульованого електроприводу, що задовольняє різним вимогам ринку сучасної техніки, у тому числі й холодильної [16]:

- *RSD –* привод (*Rated Speed Drive*), що забезпечує частотне регулювання частоти обертання двигуна. Основний проміжок часу компресор працює при частоті живлення близько 30 Гц. При необхідності введення «швидкого холоду» включається режим *Turbo*, коли двигун переходить на живлення частотою 90 Гц, частота обертання двигуна різко зростає. Такий режим триває протягом короткого часу, після чого компресор знову переходить на знижену частоту обертання. Завдяки частотному регулюванню ККД зростає на 25 % у порівнянні з традиційним асинхронним нерегульованим приводом;

- *FSD –* привод (*Flexible Speed Drive*), що забезпечує гнучке регулювання частоти обертання компресора. Це здійснюється введенням для керування *avtologic*-алгоритму, що автоматично змінює частоту обертання компресора для досягнення найбільшої ефективності роботи установки в динаміці, адаптуючи швидкість компресора до вимог холодильної потужності. У такий спосіб компресор може забезпечити найбільшу ефективність при найнижчому рівні шуму за рахунок роботи на найменшій частоті обертання. Завдяки застосуванню двигунів з високим пусковим моментом *FSD –* приводи дають змогу запускати компресор навіть із незбалансованим тиском.

Порівняльні характеристики енергетичної ефективності ГПК на основі нерегульованого асинхронного приводу і регульованого з використанням безконтактних вентиляльних електроприводів (з постійними магнітами – *ПММ*) за каталогами відомих компаній наведено у табл. 2.

Таким чином, компресори з нерегульованими ЕМПЕ забезпечують значення *COP* у діапазоні 1,1...1,4 залежно від типу двигуна, марки холодоагенту, конструкції компресора. Регульований привод дає можливість збільшити коефіцієнт ефективності ГПК до 1,8.

Розробка і впровадження регульованих ЕМПЕ вимагає подальшого більш глибокого

вивчення процесів у таких машинах, їх аналізу, моделювання та оптимізації не тільки конструкцій, але й оптимізації режимів роботи відповідно до умов експлуатації [2, 3].

Таблиця 2

Модель компресора, компанія	Холодо-агент	Потужність ГПК, кс	Холодопродуктивність, Вт (температура кипіння 23,3 °С)	COP	Тип ЕД та ЕП
C-KM 120H5, Атлант	R134a	1/6	142	1,14	CSR
GQT80RSE, Electrolux,	R134a	1/4	198	до 1,75	PMM, RSD
HPT16RSC.02 Electrolux	R600a	1/4	198	до 1,8	PMM, RSD
HSRO125AA	R600a	1/4	145	1,42	RSIR
HQT99RSE, ACC	R600a	1/6	140	до 1,72	PMM, RSD
HQT99FSD, ACC	R600a		95 –192	до 1,8	PMM, FSD

Висновки. 1. Аналіз технічних характеристик спектра схемних рішень нерегульованих АД, які широко використовуються виробниками герметичних поршневих компресорів, показав, що переважувальна здатність, енергетичні, пускові та масогабаритні показники АД істотно залежать від їх конструктивних параметрів (довжини пакета, типу й параметрів обмотки та попередньо включених елементів у ланцюзі статора). Найменш надійні й мають значення номінального коефіцієнта корисної дії у межах 68...70 % двигуни з пусковою обмоткою підвищеного опору. Кращі ККД (на рівні 77...78 %) – у двигунів з робочим і пусковим конденсаторами. При цьому нерегульовані АД забезпечують значення показника енергетичної ефективності ГПК залежно від конструкції на рівні 1,1...1,4.

2. Оптимізаційне проектування ОАД для ГПК у статичних режимах при незмінному штампі дає змогу підвищити ККД на 2...4 % за рахунок зміни параметрів обмотки. Показано, що резерви підвищення енергоефективності АД герметичних поршневих компресорів знаходяться у визначенні їх параметрів при оптимальному проектуванні з урахуванням квазістатистики.

3. Основні тенденції розвитку електромеханічних перетворювачів енергії для електромеханічних систем з періодичним навантаженням полягають у наступному:

- удосконаленні конструктивних рішень традиційних конструкцій;
- використанні перспективних технологій;
- використанні ЕМПЕ з електронним керуванням, що дає змогу регулювати продуктивність ЕМС з періодичним навантаженням та підвищити енергетичну ефективність поршневих компресорів завдяки високим техніко-експлуатаційним показникам двигунів.

4. Найважливішим напрямком підвищення енергоефективності ЕМПЕ для ГПК є їх оптимізація з врахуванням квазістатичних режимів з метою підвищення коефіцієнта корисної дії двигунів та системи у цілому.

5. Розробка нових ефективних рішень вузлів ЕМПЕ потребує розробки та удосконалення математичних моделей, методик розрахунку, методів їх аналізу для дослідження та оптимізації робочих режимів з врахуванням періодичного навантаження.

1. Бібік О.В., Попович О.М. Підвищення енергоефективності асинхронного електроприводу в квазістатичних режимах роботи // Електротехніка і Електромеханіка. – 2007. – № 3. – С. 12–14.
2. Бібік О.В., Мазуренко Л.І., Жуков Л.О. Дослідження квазістатичних режимів вентильно-індукторних двигунів з періодичним навантаженням // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. Темат. вип. "Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика". –3/2012. – С. 416–418.
3. Бібік О.В., Гребеніков В.В., Приймак М., Гамалія Р. Проектування вентильно-реактивного двигуна зі знизеними пульсаціями електромагнітного моменту // Техн. електродинаміка. – 2014. – № 4. – С. 117–119.

4. Букарос А.Ю., Онищенко О.А. Исследование системы частотного управления однофазным электродвигателем герметичного компрессора // Холодильная техника і технологія. – 2008. – № 5 (115). – С. 48–50.
5. Войтех В.А. Частотное регулирование скорости вращения асинхронных двигателей компрессоров бытовых холодильников // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Проблемы современной электротехники». – 2004. – Ч. 3. – С. 61–62.
6. Живица В.И., Онищенко О.А., Радимов И.Н., Шевченко В.Б. Современный электропривод холодильных установок // Холодильная техника и технология. – 1999. – Вып. 64. – С. 112–116.
7. Ильинский Н.Ф. Перспективы развития регулируемого электропривода // Электричество. – 2003. – № 2. – С. 2–7.
8. Компрессоры и компрессорно-конденсаторные агрегаты CUBIGEL // Холодильная техника. – 2014. – № 6. – С. 22–24.
9. Лопухина Е.М., Семенчуков Г.А. Проектирование асинхронных микродвигателей с применением ЭВМ. – М.: Высш. шк., 1980. – 380 с.
10. Мазуренко Л.І., Бібік О.В. Стан і перспективи розвитку вентильно-індукторних машин // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка і енергетика АПК». – 2010. – Вип. 153. – С. 19–21.
11. *Общий каталог*. Компрессоры и конденсаторные агрегаты для коммерческой холодильной техники / *Нуауі Compressors Barselona*, 2014. – 88 с.
12. Примаченко Д.В., Ракитский Л.Б., Лень Л.Н., Сандлер В.Л. Электроприводы компрессоров с улучшенными энергетическими показателями // Пути повышения качества электробытовых машин и приборов: Сб. науч. тр. – К.: НПО «Электробытприбор», 1987. – С. 27–33.
13. Ракитский Л.Б., Примаченко Д.В., Возный В.Ф. Повышение эффективности электродвигателей компрессоров бытовых холодильников // Техн. електродинаміка. – 2002. – № 4. – С. 69–72.
14. *Тенденції розвитку світових ринків компресорів / За матеріалами JARN // Холод. Спец. вип.* – 2008. – С. 2–11. (Ukr)
15. Andrada P., Blanque B., Perat J.E., Torrent M., Martinez T., Sanchez J.A. Comparativ efficiency of switched reluctance and induction motor drives slowly varying loads. – 2007. – Andrada@ee.upe.edu.
16. *General catalogue ACC. Compressors R600a – R134a. All solutions inside.* www.the – acc. group. com., 2013. – 8 с.
17. Jakobsen A., Rasmussen B. Energy optimization of domestic refrigerators Major energy saving by use of variable speed compressors and evaporator fans // *International Appliance Manufacturing*. – 1998. – С. 105–109.

УДК 621.313

Е.В. Биби́к, канд. техн. наук

Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Основные тенденции развития электромеханических преобразователей энергии для систем с периодической нагрузкой

Представлены основные тенденции развития электромеханических преобразователей энергии для герметичных поршневых компрессоров на основе их классификации. Проведен анализ существующих технических решений схем обмоток статора однофазных асинхронных двигателей с учетом требований к приводу компрессоров с целью улучшения их эксплуатационных показателей и повышения коэффициента полезного действия. На основе сравнения холодильных коэффициентов отдельных типов современных герметичных поршневых компрессоров показаны преимущества использования электродвигателей с регулированием частоты их вращения для повышения энергетической эффективности электромеханических систем с периодической нагрузкой. Библ. 17, рисунок, табл. 2.

Ключевые слова: электромеханические преобразователи энергии, электромеханическая система, герметичные поршневые компрессоры, коэффициент полезного действия.

O.V. Bibik

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Major trends in the development of electromechanical energy converters for systems with periodic load

The article presents the main trends in the development of electromechanical energy converters for hermetic reciprocating compressors based on their classification. The analysis of existing technical solutions circuits of the stator windings of single-phase induction motors considering the requirements to drive compressors to improve their performance and increase efficiency was carried out. It is shown based on the comparison the electrical refrigeration coefficients of individual types of modern hermetic piston-type compressors the advantages of the using of motors with regulation the frequency of their rotation to increase the energy efficiency electromechanics systems with periodic load. References 17, figure, tables 2.

Key words: electromechanical converters of energy, electromechanical system, reciprocating compressors, the efficiency of the motor.

Надійшла 1.07.2015

Received 1.07.2015