



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 91650

(13) C2

(51) МПК (2009)

H02K 9/00

H02K 25/00

F25B 25/00

F25B 41/00

F02B 3/00

F02C 6/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА

1

(21) а200905507

(22) 01.06.2009

(24) 10.08.2010

(46) 10.08.2010, Бюл. № 15, 2010 р.

(72) РАДЧЕНКО АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕ-  
БУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

(56) WO 0250481 A1, F25B 1/10, 27.06.2002

US 4631926, F25B 1/00, 30.12.1986

US 5396779, F25B 41/04, 14.03.1995

US 7086244, F25B 41/04, 08.08.2006

WO 2005004179, H01F 27/12, 13.01.2005

RU 94022933, H02K 9/08, 10.04.1996

Борисенко А.И., Данько В.Г., Яковлев А.И. Аэро-  
динамика и теплопередача в электрических ма-  
шинах. - М.: Энергия, 1974. - С. 4-5(57) 1. Спосіб охолодження електрогенератора,  
що включає послідовні процеси охолодження теп-  
лоносія, наприклад повітря, відведенням теплоти  
на випаровування рідини низькокиплячого робочо-  
го тіла низького тиску, конденсації пари низькокип-  
лячого робочого тіла та стискання утвореної ріди-

2

ни, нагріву охолодженого теплоносія підведенням до нього теплоти від електрогенератора, який **від-різняється** тим, що нагрітий в електрогенераторі теплоносієм охолоджують відведенням теплоти до рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску, одержаної конденсацією пари та стисканням рідини низькокиплячого робочого тіла.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що на-  
грітий в електрогенераторі теплоносієм охолоджу-  
ють відведенням теплоти на випаровування нагрі-  
тої рідини низькокиплячого робочого тіла високого  
тиску.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що ви-  
паровування нагрітої рідини низькокиплячого ро-  
бочого тіла високого тиску здійснюють підводом  
теплоти від відхідних газів і (або) стисненого пові-  
тря привідного теплового двигуна, що приводить  
електрогенератор.

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що ви-  
паровування рідини низькокиплячого робочого тіла  
низького тиску здійснюють підводом теплоти від  
повітря на вході привідного теплового двигуна.

Винахід відноситься до способів охолодження електрогенератора. Відомий спосіб охолодження електрогенератора, що включає послідовні проце-  
си охолодження теплоносія, наприклад повітря, відведенням теплоти, нагріву охолодженого теплоносія підведенням до нього теплоти від електрогенератора (Борисенко А.И., Данько В.Г., Яковлев А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. - М.: Энергия, 1974, с. 5). Недоліком існуючого способу є недостатньо висо-  
ка енергетична ефективність, оскільки для охо-  
дження електродвигуна не утилізується тепло-  
та, по-перше, нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря), по-друге, відхідних газів і (або) стисненого повітря привідного теплового двигуна, що приводить електрогенератор, яка

викидається в довкілля, а могла б використовуватись на нагрів рідини низькокиплячого робочого тіла при високому тиску та її випаровування з утворенням пари високого тиску, енергія якої ви-  
користовувалась би для виробництва холоду, а холод - для охолодження теплоносія, яким, у свою чергу, відводять теплоту від електрогенератора. За відсутності утилізації теплоти для виробниц-  
тва холоду має місце недостатньо низька темпе-  
ратура теплоносія, що потребує великих його витрат через електродвигун, оскільки чим вище температура теплоносія, тим потребується більша його витрата, що відповідно вимагає значних енергетичних витрат на його циркуляцію через електродвигун, які становлять 2...3 % корисної електричної енергії, що виробляється електроге-

(13) C2

(11) 91650

(19) UA

нератором (Борисенко А.И., Данько В.Г., Яковлев А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. -М.: Энергия, 1974,с.4), а це у підсумку призводить до низької енергетичної ефективності способу охолодження електрогенератора.

Прототипом винаходу є спосіб охолодження електрогенератора, що включає послідовні процеси охолодження теплоносія, наприклад повітря, відведенням теплоти на випаровування рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску, конденсації пари низькокиплячого робочого тіла та стискання утвореної рідини, нагріву охолодженого теплоносія підведенням до нього теплоти від електрогенератора (Борисенко А.И., Данько В.Г., Яковлев А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. -М.: Энергия, 1974, с. 5 - охолодження фреоном).

Недоліком існуючого способу є недостатньо висока енергетична ефективність, оскільки для охолодження електродвигуна не утилізується теплота, по-перше, нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря), по-друге, відхідних газів і (або) стисненого повітря привідного теплового двигуна, що приводить електрогенератор, яка викидається в довкілля, а могла б використовуватись на нагрів рідини низькокиплячого робочого тіла при високому тиску та її випаровування з утворенням пари високого тиску, енергія якої використовувалась би для виробництва холоду, а холод - для охолодження теплоносія, яким, у свою чергу, відводять теплоту від електрогенератора. За відсутності утилізації\* теплоти для виробництва холоду має місце недостатньо низька температура теплоносія, що потребує великих витрат теплоносія через електродвигун і відповідно вимагає значних енергетичних витрат на його циркуляцію через електродвигун, які становлять 2...3 % корисної електричної енергії, що виробляється електрогенератором (Борисенко А.И., Данько В.Г., Яковлев А.И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. -М.: Энергия, 1974,с.4), а це у підсумку призводить до низької енергетичної ефективності способу охолодження електрогенератора.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення енергетичної ефективності способу охолодження електрогенератора шляхом утилізації теплоти нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря), а також відхідних газів і (або) стисненого повітря привідного теплового двигуна для охолодження теплоносія (наприклад повітря), яким відводять теплоту від електрогенератора, до низької температури, що не потребує значних енергетичних витрат на циркуляцію теплоносія через електродвигун.

Для вирішення цієї задачі у способі охолодження електрогенератора, що включає послідовні процеси охолодження теплоносія, наприклад повітря, відведенням теплоти на випаровування рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску, конденсації пари низькокиплячого робочого тіла та стискання утвореної рідини, нагріву охолодженого теплоносія підведенням до нього теплоти від електрогенератора, нагрітий в

електрогенераторі теплоносії охолоджують відведенням теплоти до рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску, одержаної конденсацією пари та стисканням рідини низькокиплячого робочого тіла.

У названому способі нагрітий в електрогенераторі теплоносії охолоджують відведенням теплоти на випаровування нагрітої рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску.

У названому способі випаровування нагрітої рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску здійснюють підводом теплоти від відхідних газів і (або) стисненого повітря привідного теплового двигуна, що приводить електрогенератор.

У названому способі випаровування рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску здійснюють підводом теплоти від повітря на вході привідного теплового двигуна.

Завдяки утилізації теплоти нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря), а також відхідних газів і (або) стисненого повітря привідного теплового двигуна шляхом її застосування для виробництва холоду, а холоду - для охолодження теплоносія (наприклад повітря), яким, у свою чергу, відводять теплоту від електрогенератора, скорочують енергетичні витрати на циркуляцію теплоносія через електродвигун і, в підсумку, підвищують енергетичну ефективність охолодження електродвигуна.

На фіг. 1 зображено схему установки охолодження електрогенератора, в якій реалізується запропонований спосіб з охолодженням нагрітого в електрогенераторі теплоносія відведенням теплоти на нагрів та випаровування нагрітої рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску.

На фіг. 2 зображено схему установки охолодження електрогенератора, в якій реалізується запропонований спосіб з охолодженням нагрітого в електрогенераторі теплоносія відведенням теплоти на нагрів рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску, випаровуванням нагрітої рідини низькокиплячого робочого тіла високого тиску підводом теплоти від відхідних газів і стисненого повітря привідного теплового двигуна, що приводить електрогенератор, та випаровуванням рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску підводом теплоти від повітря на вході привідного теплового двигуна.

Установка на фіг. 1 складається з електрогенератора 1 та привідного теплового двигуна 2, сопла 3, приймальної камери 4 та дифузора 5 ежектора, конденсатора 6 пари низькокиплячого робочого тіла, дросельного клапана 7, випарника 8 рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску на зовнішньому повітрі на вході електрогенератора 1, помпи 9, економайзерної 10 та випарникової 11 секцій генератора пари низькокиплячого робочого тіла високого тиску.

Установка на фіг. 2 складається з електрогенератора 1 та привідного теплового двигуна 2, сопла 3, приймальної камери 4 та дифузора 5 ежектора, конденсатора 6 пари низькокиплячого робочого тіла, дросельного клапана 7, випарника 8 рідини низькокиплячого робочого тіла низького

тиску на зовнішньому повітрі на вході електрогенератора 1, помпи 9, економайзерної 10 та випарникової 11 секцій генератора пари низькокиплячого робочого тіла високого тиску, наддувного повітряного компресора 12 та утилізаційної газової турбіни 13 привідного теплового двигуна 2, випарникової 14 секції генератора пари низькокиплячого робочого тіла високого тиску на відхідних газах привідного двигуна, випарника 15 рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску на зовнішньому повітрі на вході наддувного повітряного компресора 12 привідного двигуна 1.

Спосіб охолодження електродвигуна в установці на фіг. 1 здійснюється таким чином.

Зовнішнє повітря, що являється теплоносієм, охолоджують у випарнику 8 на вході електрогенератора 1 відведенням теплоти на випаровування рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску, утворену пару низькокиплячого робочого тіла низького тиску підсмоктують парою низькокиплячого робочого тіла високого тиску, яку розширюють (знижують тиск) та прискорюють у соплі 3 ежектора, обидва потоки пари змішують у приймальній камері 4 та стискають у дифузорі 5 ежектора і конденсують у конденсаторі 6 з утворенням рідини, яку далі розділяють на два потоки, один дроселюють (знижують тиск) у дросельному клапані 7 і подають на випаровування у випарнику 8, а другий потік рідини стискають помпою 9 і спрямовують на нагрів у економайзерній секції 10, після чого нагріту рідину випаровують у випарниковій секції 11 генератора пари низькокиплячого робочого тіла високого тиску. Нагрів рідини в економайзерній секції 10 генератора пари та її випаровування у випарниковій секції 11 генератора пари здійснюють відведенням теплоти від нагрітого в електрогенераторі 1 повітря, яке слугує за теплоносієм. В результаті від електрогенератора 1 відводиться вже охолоджене, так зване відхідне, повітря. Утворену у випарниковій секції 11 генератора пару високого тиску подають до сопла 3 ежектора і надалі процеси повторюються. Завдяки утилізації теплоти нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря) шляхом її застосування для нагріву рідини низькокиплячого робочого тіла при високому тиску та її випаровування з утворенням пари високого тиску, енергія якої використовується для виробництва холоду, а холод - для охолодження теплоносія, яким, у свою чергу, відводять теплоту від електрогенератора, скорочують енергетичні витрати на циркуляцію теплоносія через електродвигун і, в підсумку, підвищують енергетичну ефективність охолодження електродвигуна.

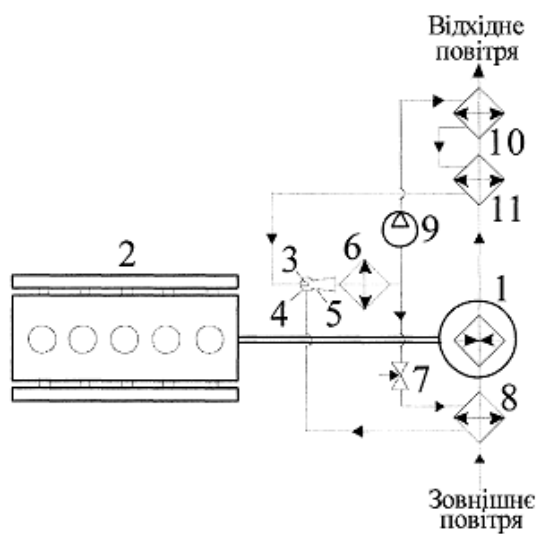
Спосіб охолодження електродвигуна в установці на фіг. 2 здійснюється таким чином.

Зовнішнє повітря, що являється теплоносієм, охолоджують у випарнику 8 на вході електрогенератора 1 відведенням теплоти на випаровування рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску. Теплота на випаровування рідини низькокиплячого робочого тіла низького тиску підводиться

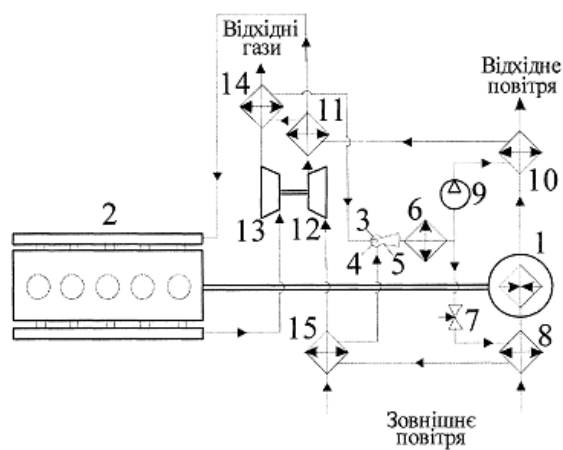
також у випарнику 15 від зовнішнього повітря на вході наддувного повітряного компресора 12 привідного двигуна 1. Утворену у випарниках 8 та 15 пару низькокиплячого робочого тіла низького тиску підсмоктують парою низькокиплячого робочого тіла високого тиску, яку розширюють (знижують тиск) та прискорюють у соплі 3 ежектора, обидва потоки пари змішують у приймальній камері 4 та стискають у дифузорі 5 ежектора і конденсують у конденсаторі 6 з утворенням рідини, яку далі розділяють на два потоки, один дроселюють (знижують тиск) у дросельному клапані 7 і подають на випаровування у випарнику 8, а другий потік рідини стискають помпою 9 і спрямовують на нагрів у економайзерній секції 10 генератора пари відведенням теплоти від нагрітого в електрогенераторі 1 повітря, після чого нагріту рідину випаровують у випарниковій секції 11 генератора пари відведенням теплоти від стисненого повітря після наддувного повітряного компресора 12. Остаточне випаровування рідини проводять у випарниковій секції 14 генератора пари відведенням теплоти від відхідних газів після утилізаційної газової турбіни 13 привідного теплового двигуна 2. Утворену у випарникових секціях 11 і 14 генератора пару високого тиску подають до сопла 3 ежектора і надалі процеси повторюються.

Завдяки утилізації теплоти нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря), а також відхідних газів і (або) стисненого повітря привідного теплового двигуна шляхом її застосування для нагріву рідини низькокиплячого робочого тіла при високому тиску та її випаровування з утворенням пари високого тиску, енергія якої використовується для виробництва холоду, а холод - для охолодження повітря на вході електродвигуна, яким, у свою чергу, відводять теплоту від електрогенератора, та для охолодження повітря на вході привідного теплового двигуна, за рахунок чого скорочують енергетичні витрати на циркуляцію теплоносія через електродвигун і підвищують енергетичну ефективність первинного теплового двигуна (коефіцієнт корисної дії теплового двигуна зростає на 0,5... 0,7 % на кожні 10 °C зниження температури зовнішнього повітря на його вході), відповідно і самого електродвигуна, що приводиться від теплового двигуна, і, в підсумку, підвищують енергетичну ефективність охолодження електродвигуна в цілому.

Розрахунки показують, що застосування запропонованого способу охолодження електрогенератора завдяки утилізації теплоти нагрітого в електрогенераторі теплоносія (повітря), а також відхідних газів і стисненого повітря привідного теплового двигуна для виробництва холоду, а холоду - для охолодження повітря на вході електродвигуна та привідного теплового двигуна забезпечує скорочення енергетичних витрат на циркуляцію теплоносія і, як результат, енергетичної ефективності охолодження електродвигуна на 2...3%.



Фіг. 1



Фіг. 2