



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47624

(13) A

(51) 6 F01D25/30

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) ВИХЛОПНИЙ ПРИСТРІЙ ПАРОВОЇ ТУРБІНИ

1

2

(21) 2001053424

(22) 22 05 2001

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р.

(72) Тарелін Анатолій Олексійович, Склярів Володимир Петрович

(73) ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1 Вихлопний пристрій парової турбіни, який містить напрямні та робочі лопатки та вихлопний дифузор, який відрізняється тим, що на вихідній крайці напрямних лопаток та на краю дифузора встановлені електроди, які виконані у вигляді загострених штирів, при цьому довжина та відстань між штирями, встановленими на напрямних лопатках, дорівнює половині міжвінцевого проміжку і вони гальванічно з'єднані з останніми, а штирі, встановлені на краю дифузора, розміщені рівномі-

рно по його колу з кроком 200-400 мм, занурені у паровий потік на глибину 150-200 мм і зібрані в колектор, який ізолювано від дифузора за допомогою високовольтних ізоляторів і підключено до джерела живлення

2 Вихлопний пристрій парової турбіни, який містить напрямні та робочі лопатки та вихлопний дифузор, який відрізняється тим, що на вихідній крайці напрямних лопаток та на краю дифузора встановлені електроди, які виконані у вигляді загострених штирів, при цьому довжина та відстань між штирями, встановленими на напрямних лопатках, дорівнює половині міжвінцевого проміжку і вони гальванічно з'єднані з останніми, а штирі, встановлені на краю дифузора, розміщені рівномірно по його колу з кроком 200-400 мм, занурені в паровий потік на глибину 150-200 мм і заземлені

Винахід належить до теплоенергетики, може бути використаний в парових турбінах, а також може бути застосований для нейтралізації об'ємного заряду в волого - парових потоках та інших областях техніки

Відомо вихлопний пристрій парової турбіни, який містить напрямні та робочі лопатки та вихлопний дифузор [1]

Недоліком відомого винаходу є те, що в ньому не враховують наявність об'ємного заряду, завжди існуючого у волого - паровому потоці. Об'ємна густина заряду на вихлопі турбіни в залежності від режиму досягає значення  $10^7 - 10^4 \text{ Кл/м}^3$ , створюючи електричне поле з напруженістю до  $\sim 2 \cdot 10^5 \text{ В/м}$  [2]. Електричне поле об'ємного заряду значно впливає на характер течії парового потоку, збільшуючи тиск за останнім ступенем турбіни. Наявність зарядів у паровому потоці турбіни сприяє збільшенню вологості та посилює електроерозійні процеси

В основу винаходу поставлена задача удосконалення вихлопного пристрою парової турбіни, у котрому використання електродів, їх виконання та місце розміщення дозволяє нейтралізувати об'ємний заряд у волого - паровому потоці знизити ене-

ргетичні втрати і за рахунок цього підвищити надійність і ККД парової турбіни

Можливі два варіанта розв'язання задачі

Поставлена задача розв'язується за рахунок того, що у вихлопному пристрої парової турбіни, яка містить напрямні та робочі лопатки та вихлопний дифузор, відповідно до винаходу на вихідній кромці напрямних лопаток та на краю дифузора встановлено електроди, які виконано у вигляді загострених штирів, при цьому довжина та відстань між штирями, встановленими на напрямних лопатках, дорівнює половині міжвінцевого проміжку і вони гальванічно з'єднані з останніми, а штирі, встановлені на краю дифузора, розміщено рівномірно по його окружності з кроком 200 - 400 мм, занурило у паровий потік на глибину 150 - 200 мм і зібрано у колектор, який ізолювано від дифузора за допомогою високовольтних ізоляторів і підключено до джерела живлення

При другому варіанті розв'язання задачі відповідно до винаходу на вихлопній кромці напрямних лопаток і на краю дифузора встановлено електроди, які виконано у вигляді загострених штирів, при цьому довжина та відстань між штирями, встановленими на напрямних лопатках, дорівнюють поло-

(13) A

(11) 47624

(19) UA

вині міжвінцевого проміжку і вони гальванічно з'єднані з останніми, а штирі, встановлені на краю дифузора, розміщено по його окружності з кроком 200 - 400мм, занурені у паровий потік на глибину 150 - 200мм і заземлені

Виконання електродів у вигляді загострених штирів приводить до концентрації електричного поля об'ємного заряду поблизу вістер і дає можливість більш повно нейтралізувати об'ємний заряд волого - парового потоку

Розміщення електродів на вихідних кромках напрямних лопаток зв'язано з тим, що заряди у міжвінцевому проміжку утворюються на краплях води, що зриваються з кромки напрямних лопаток

При цьому потенціал зарядженого потоку досягає максимального значення на відстані, яка дорівнює половині міжвінцевого проміжку, тобто по мірі віддалення від напрямної лопатки потенціал поля зростає до максимуму, а потім убиває до нуля на робочій лопатці

Довжина та відстань між електродами, розміщеними на напрямних лопатках, дорівнюють половині міжвінцевого проміжку вибрані із міркувань, що вістря електродів повинні розміщуватися у зоні з максимальним потенціалом, завдяки чому забезпечується надійне виникнення коронного розряду та за рахунок цього - нейтралізація об'ємного заряду Розміщення електродів з кроком, який дорівнює половині міжвінцевого проміжку, забезпечує перекриття зон нейтралізації сусідніх електродів і таким чином рівномірно нейтралізує потік по всій зарядженій зоні

З'єднання електродів, розміщених на напрямних лопатках, гальванічно з останніми забезпечує стикання зарядів із потоку, що веде до нейтралізації об'ємного заряду

Розміщення електродів рівномірно по окружності дифузора дозволяє знизити об'ємний заряд всього волого - парового потоку, так як заряди в потоці переносяться дрібнодисперсною вологою, зосередженою, в основному, у периферійній частині робочого колеса по всій його окружності

Занурення електродів у волого - паровий потік на глибину 150 - 200мм зв'язано з тим, що ширина зарядженої зони парового потоку на вихлопі турбіни становить 400 - 600мм, а радіус дії електродів залежить від густини зарядів у паровому потоці та при реально існуючих густинах заряду  $\sim 10^7 - 10^4$  Кл/м<sup>3</sup> становить 200 - 400мм Таким чином забезпечується нейтралізація всієї ширини зарядженої зони потоку

Відстань між електродами, розміщеними по окружності дифузора, повинна бути такою, щоб зони дії сусідніх електродів перекривалися Оскільки ефективний радіус дії одного електрода становить 200 - 400мм, крок установлення вибрано дорівним цьому радіусу

Об'єднання електродів у колектор, який ізолювано від дифузора, дозволяє використовувати пристрій в активному режимі, тобто подавати високе, напруження

Подача на колектор високого напруження забезпечує розширення нейтралізованої зони волого - парового потоку, при цьому необхідно ізолювати колектор від дифузора

Заземлення електродів забезпечує роботу

пристрою у пасивному режимі

При цьому ефективність досить достатня, щоб усунути шкідливий вплив об'ємного заряду на роботу парової турбіни, крім того, зникає необхідність в обслуговуванні пристрою під час роботи парової турбіни Використання заземлених штирів дозволяє підвищити максимально надійність і довговічність пристрою

Для ілюстрації на фігурах 1 і 2 представлено варіанти виконання вихлопного пристрою парової турбіни

На фігурі 1 представлено вихлопний пристрій, в котрому використано перший варіант розв'язання задачі На напрямній лопатці 1, закріпленій на корпусі 2, встановлено електрода, які мають вигляд загострених штирів 3(далі штирі), що утворюють пасивний нейтралізатор Робоча лопатка 4 та дифузор 5 формують потік на вихлопі турбіни Штирі 6 зібрано у колектор 7, який закріплено на дифузори 5 за допомогою ізоляторів 8 і кронштейнів 9 До колектора 7 за допомогою високовольтного кабелю 10 підключено високовольтне джерело живлення 11 У паровому потоці 12 встановлено електричний зонд 13, який підключено до вимірювального блока 14, котрий з'єднано з високовольтним джерелом живлення 11 Колектор 7 являє собою кільцевий електрод, який виконано з сталевого дротика і закріплено на зовнішній стінці дифузора 5 поза основного потоку за допомогою ізоляторів 8 і кронштейнів 9 Ізолятори 8 повинні витримувати робоче напруження при роботі у волого - паровому потоці Такі ізолятори може бути виготовлено з кремнійорганічної гуми, наприклад, К - 69 або з фторпласту(при цьому ерозійна стійкість ізоляторів знижується і їх обов'язково необхідно розміщати у тіншовій зоні дифузора)

Пристрій працює таким чином

При обтіканні вологим паровим потоком робочих поверхонь проточної частини турбіни відбувається електризація потоку При віддаленні від заземленої поверхні потенціал потоку швидко зростає, як правило, досягає пробивного значення для даного робочого середовища Якщо волога у потоці виникає до напрямної лопатки 1, зриваючись з останньої, краплі води виносять електричний заряд Такий же процес виникає і на робочих лопатках 4 останнього ступеня При цьому турбіна працює як аерозольний електростатичний генератор

У міжвінцевому проміжку, який рівний L між напрямною і робочою лопатками, потенціал електричного поля досягає максимального значення на відстані L/2 від напрямної лопатки Для забезпечення максимальної ефективності пасивного нейтралізатора, встановленого на напрямній лопатці 1, вістря штирів 3 повинні розміщатися у зоні з максимальною напруженістю електричного поля

Поблизу загострених штирів 3 відбувається концентрація силових ліній електричного поля об'ємного заряду, в результаті чого виникає коронний розряд з вістер штирів 3, під дією котрого об'ємний заряд нейтралізується(стікає на корпус)

Заряди виникають тільки у вологій парі, а волога, в основному, зосереджена у вершині напрямних і робочих лопаток Експериментально встановлено, що ширина зарядженої зони потоку, як

правило, займає 0,3 - 0,6 висоти лопатки. Тому довжина ділянки  $h$  на котрій встановлюються штирі 3 вибирається рівною 0,3 - 0,6H (спільної висоти прямої лопатки). Крок  $\delta$  встановлення штирів 3 повинен дорівнювати  $L$ . Таке розміщення забезпечує нейтралізацію потоку при мінімальній кількості штирів 3.

Для нейтралізації об'ємного заряду парового потоку за робочим колесом на краю дифузора встановлено загострені штирі 6, які зібрано в колектор 7, який ізольовано від корпусу за допомогою ізоляторів 8. На колектор 7 від високовольтного джерела 11 по кабелю 10 подається високе напруження. Під дією прикладеного напруження на вістрях штирів 6 виникає коронний розряд при будь-якій густині об'ємного заряду у потоці. Для контролю об'ємної густини зарядів у потоці встановлено електричний зонд 13, сигнал з якого поступає на блок вимірювання 14, що підключено до блока живлення 11. Напруження, що подається на колектор 7, повинно мати полярність протилежну полярності зарядів у потоці. Як правило, потік заряджено позитивно. Тому на колектор 7 необхідно подавати негативне напруження. Напруження на колекторі 7 встановлюється таким, щоб густина зарядів у потоці 12 була мінімальною.

Оскільки напруженість електричного поля поблизу вістрів штирів 6 дорівнює сумі напруженості поля об'ємного заряду та поля, утворюваного за рахунок прикладеного напруження, при зміні густини зарядів у потоці необхідно змінювати напруження на колекторі 7. Регулювання напруження на колекторі 7 здійснюється автоматично за величиною сигналу, який поступає з зонда 13 на блок вимірювання 14, котрий в свою чергу керує блоком живлення 11. При нейтралізації зарядів у потоці зменшується тиск за ступенем, знижується турбулентність, і за рахунок цього зменшуються енергетичні втрати в турбіні.

Якщо турбіна працює в стабільному режимі, вологість та інші параметри парового потоку не змінюються, густина зарядів у потоці також зали-

шається стабільною. У цьому випадку доцільно використати варіант пристрою, показаний на фігурі 2.

Пристрій працює таким чином.

Заряди у паровому потоці, які виникають за прямою лопаткою 1, нейтралізуються також, як і в попередньому варіанті пристрою. Нейтралізація об'ємного заряду парового потоку за робочим колесом забезпечується за рахунок коронного розряду, що виникає на загострених штирях 6 під дією власного електричного поля об'ємного заряду. Оскільки, як застерігалось вище, густина зарядів у потоці залишається незмінною, коронний розряд на вістрях штирів 6 горить з однаковою інтенсивністю, забезпечуючи достатній ступінь нейтралізації потоку.

Для роботи такого пристрою немає необхідності у вимірюванні густини зарядів у потоці, тому електричний зонд не потрібен. Пристрій не містить зовнішнього джерела живлення. Оскільки загострені штирі 6 встановлено безпосередньо на краю дифузора, немає необхідності в застосуванні високовольтних ізоляторів.

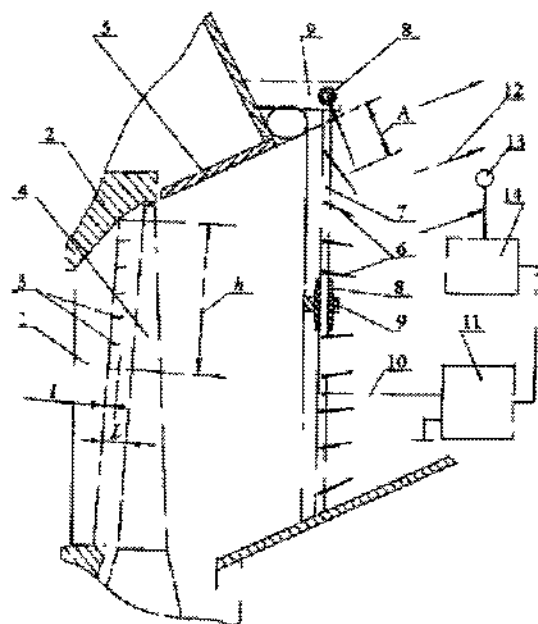
Пристрій має достатню ефективність у випадку високої густини зарядів у потоці. Крім того, такий варіант пристрою має максимальну надійність, не потребує обслуговування під час роботи.

Проведені дослідження показали, що нейтралізація об'ємного заряду на виході турбіни веде до збільшення ККД турбоагрегату на 0,2 - 0,4%. При цьому турбіна працює у режимі максимально наближеному до розрахункового.

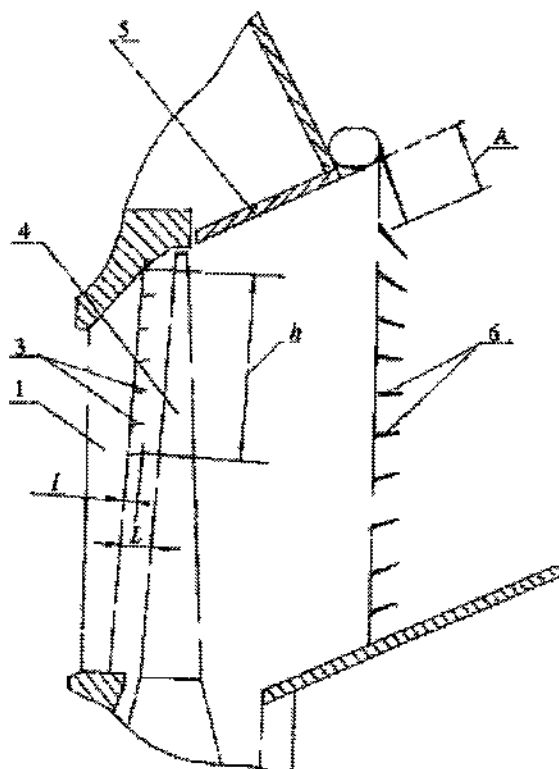
Джерела інформації

1. Дейч М. Е., Зарянкин А. Е. Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков - М. Энергия, 1970 - С. 280.

2. Тарелин А. А., Сляров В. П., Крыженко В. П. Особенности измерения объемной плотности зарядов во влажном паровом потоке турбины // Пробл. Машиностроения - 2000 - 3, №1 - 2 - С. 11 - 16.



Фиг. 1



Фиг. 2

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71