

Винахід належить до вітроенергетики, зокрема, до вітроенергетичних установок з пристроями, які виробляють електричну енергію з наступним перетворюванням її у теплову енергію.

Відома вітроенергетична установка [1], яка містить вітроколесо, кінематично зв'язаний з ним електрогенератор змінного струму, підключений до випрямляча, вихід якого з'єднаний із замкненим колом, утвореним навантаженням, комутатором та накопичувачем електроенергії. При цьому, як навантаження, обрано електромагнітний насос, комутатор виконаний керованим, а накопичувач електроенергії являє собою електроакумулятор. Завдяки тому, що частота уніполярних імпульсів, яка задається керованим комутатором, дорівнює частоті власних коливань рухомих частин насоса, установка працює у оптимальному для насоса режимі, але незалежно від режимів електрогенератора, який тільки заряджає акумулятор, внаслідок чого  $\cos\varphi$  генератора близький до одиниці. Отже, при великих швидкостях вітру електрогенератор не спроможний віддавати енергію до акумулятора, який має скінчену ємність і постійне навантаження. Це обмежує використання енергії вітру і визначає низький ККД цієї установки.

Відома вітроенергетична установка [2], яка містить вітроколесо, кінематично зв'язаний з ним електрогенератор змінного струму, підключений до навантаження у вигляді електронасоса крізь електричний керуючий пристрій. З метою підвищення надійності роботи у широкому діапазоні швидкостей вітру у цій установці керуючий пристрій виконаний у вигляді частотозалежного пасивного чотириполюсника. Конденсатор, що використовується у цій установці на вході чотириполюсника, створює великий опір змінному струму електрогенератора при слабкому вітрі, у наслідок чого електрогенератор майже не виявляє гальмового моменту до вітроколеса. За рахунок цього розширюється діапазон вітроенергетичної установки у бік малих швидкостей вітру. Однак, при великих швидкостях вітру цей же конденсатор шунтує генератор, що приводить до втрат енергії у активних опорах самого генератора, хоч струм у навантаженні при цьому зменшується. Таким чином, у цій вітроенергетичній установці вирішена задача обмеження струму у навантаженні при збільшенні швидкості вітру, однак при цьому ККД установки зменшується.

Відома вітроенергетична установка [3], що обрана як прототип. Установка містить вітроколесо, кінематично зв'язаний з ним електрогенератор змінного струму, підключений до випрямляча, вихід якого з'єднаний із замкненим колом, який утворений навантаженням у вигляді електромагнітного об'ємного насоса, керованим вмикачем та накопичувачем електроенергії. З метою підвищення продуктивності установки, у колі, паралельно накопичувачу, додатково приєднаний пороговий пристрій, вихід якого з'єднаний із вмикачем, а накопичувач електричної енергії виконаний у вигляді електричного конденсатора. У цій установці електронасос має власну частоту циклів механічної системи, яка при великих швидкостях вітру не узгоджується з частотою циклів зарядження конденсатора, внаслідок чого при сильному вітрі енергія генератора не буде передаватися у накопичувач, що зменшує ККД установки. Крім того, у цій установці не вирішена задача обмеження струму у зарядному ланцюгу конденсатора. Збільшення струму у ланцюзі зарядження конденсатора при збільшенні швидкості вітру веде до додаткових втрат електроенергії на активних опорах у самому електрогенераторі. Таким чином, з підвищенням швидкості вітру ККД цієї установки зменшується.

В основу винаходу поставлена задача у вітроенергетичній установці шляхом використання установки як тепловиробничої, а також передавання енергії електрогенератора до навантаження в циклах зарядження та розрядження конденсатора підвищити ККД установки.

Поставлена задача вирішується у вітроенергетичній установці, що містить вітроколесо, кінематично зв'язаний з ним електрогенератор змінного струму, підключений до випрямляча, вихід якого з'єднаний із замкненим колом, яке утворене навантаженням, вмикачем та накопичувачем електроенергії у вигляді електричного конденсатора. Згідно з винаходом вихід випрямляча з'єднаний із замкненим колом за допомогою послідовно сполучених індуктивного елемента та додаткового навантаження у вигляді активного опору, а вмикач обраний у вигляді порогового комутатора. Найбільш ефективно установка працює, коли навантаженням обраний активний опір, а також коли активний опір навантаження та активний опір

додаткового навантаження рівні між собою та визначені із умови:  $R = \sqrt{L/C}$ , де  $L$  - індуктивність індуктивного елемента,  $C$  - ємність електричного конденсатора.

Наявність порогового комутатора з наперед заданою напругою самоспрацювання та його увімкнення при цій напрузі забезпечує виділення енергії конденсатора у навантаженні з одночасним накопиченням магнітної енергії в індуктивному елементі. Розмикання порогового комутатора при напрузі вимикання, що задана заздалегідь, забезпечує відновлення циклу зарядження конденсатора з виділенням у активному опорі додаткового навантаження енергії, що накопичена в індуктивному елементі, та енергії генератора. Отже, робота порогового комутатора забезпечує можливість передавати енергію до навантажень як у циклі розрядження, так і у циклі зарядження конденсатора, що підвищує значення ККД запропонованої установки.

Наявність індуктивного елемента дозволяє підвищити ККД вітроенергетичної установки за рахунок передавання у додатковий опір навантаження та у активний опір навантаження (якщо його обрано замість електронасоса) накопиченої магнітної енергії. Індуктивний елемент також виконує функцію обмежувача стрибків струму електрогенератора при зарядженні та розрядженні конденсатора, що зменшує втрати у самому електрогенераторі і збільшує ККД установки.

Наявність додаткового навантаження у вигляді активного опору дозволяє обмежити стрибки струму електрогенератора, що зменшує втрати у самому електрогенераторі і збільшує ККД установки. За допомогою додаткового опору навантаження також зменшується струм у навантаженні, що запобігає спрацюванню електронасоса при зарядженні конденсатора. Застосування додаткового опору навантаження збільшує тривалість циклу зарядження конденсатора, що забезпечує працездатність електронасоса при збільшенні швидкості вітру. Крім цього, протікання струму крізь додатковий опір навантаження у циклах

зарядження та розрядження конденсатора створює перетворення електричної енергії у корисну теплову енергію. Таким чином, впровадження додаткового опору навантаження дозволяє збільшити ККД вітроенергетичної установки за рахунок розширення її працездатності при підвищених швидкостях вітру, зменшення втрат електричної енергії у активних опорах генератора та використання частини електричної енергії циклів зарядження та розрядження конденсатора для створення корисної теплової енергії.

Наявність активного опору навантаження забезпечує поглинення енергії електрогенератора при значному підвищенні частоти циклів заряд-розрядження конденсатора, тобто, у поширеному діапазоні швидкостей вітру. Це збільшує ККД перетворення енергії вітру у запропонованій установці. Поглинення енергії у активному опорі навантаження під час зарядження конденсатора дозволяє додатково використовувати енергію електрогенератора (і, відповідно, вітру), що збільшує ККД установки.

Для елементів електричної схеми запропонованої установки обрано співвідношення, яке дозволяє найбільш ефективно використати енергію електрогенератора:  $R = \sqrt{L/C}$ , де  $R$  - активний опір навантаження, що дорівнює активному опорі додаткового навантаження,  $L$  - індуктивність індуктивного елемента,  $C$  - ємність електричного конденсатора. Виконання цього співвідношення забезпечує ККД передавання енергії від електрогенератора до навантажень близьким до одиниці.

На рисунку (фіг.) наведена блок-схема запропонованої вітроенергетичної установки, що містить вітроколесо 1, яке кінематично зв'язано з електрогенератором змінного струму 2, підключеного до випрямляча 3, вихід якого з'єднаний із замкненим колом, утвореним навантаженням 4, пороговим комутатором 5 і накопичувачем електричної енергії у вигляді електричного конденсатора 6. Вихід випрямляча 3 з'єднаний із замкненим колом за допомогою індуктивного елемента 7 та додаткового навантаження 8 у вигляді активного опору.

Вітроенергетична установка працює таким чином. Вітроколесо 1 приводить до обертання якоря електрогенератора змінного струму 2. Вироблений електрогенератором 2 змінний струм тече крізь випрямляч 3, індуктивний елемент 7, додаткове навантаження 8, навантаження 4 і заряджає конденсатор 6 до робочої напруги  $U_p$ . Одночасно напруга збільшується і на пороговому комутаторі 5. Протікання струму зарядження крізь додатковий активний опір навантаження 8 веде до виділення у ньому теплової енергії. Якщо навантаженням 4 обраний (як у прототипі) об'ємний електромагнітний насос, то величину струму у насосі 4 під час зарядження конденсатора 6 обирають малою за допомогою додаткового навантаження 8. Таким чином, часом зарядження конденсатора 6 є пауза у дії електронасоса 4. Струм зарядження протікає також крізь індуктивний елемент 7 з накопиченням у ньому енергії магнітного поля і наступного виділення цієї енергії у додатковому навантаженні 8. Закінчення циклу зарядження відбувається при досягненні на конденсаторі 6 і комутаторі 5 напруги, близької до  $U_p$ . У цей момент самоспрацьовує пороговий комутатор 5 і замикається коло, що складається із навантаження 4, комутатора 5 і конденсатора 6. У цьому колі відбувається цикл розрядження, у якому енергія конденсатора 6 передається у вигляді імпульсу до навантаження 4 (електронасоса 4). Крім цього, спрацювання комутатора 5 спричиняє створення іншого кола, у якому тече струм електрогенератора 2 крізь випрямляч 3, індуктивний елемент 7 і додаткове навантаження 8. У цьому колі індуктивний елемент 7 і додаткове навантаження 8 обмежують струм, який прагне збільшуватися як у наслідку розрядження конденсатора 6, так і при спрацюванні комутатора 5. Протікання струму у цьому колі створює виділення теплової енергії у додатковому навантаженні 8 і накопичення енергії магнітного поля у елементі 7. Струм крізь комутатор 5 протікає поки напруга на комутаторі 5 не знизиться до наперед заданого мінімального значення (близького до нульового)  $U_{min}$ . У цьому циклі розрядження енергія конденсатора 6 перетворюється у механічну енергію насоса 4 (поглинається навантаженням 4). При напрузі  $U_{min}$  відтворюються ізолюючі властивості комутатора 5 і він розмикається. Це створює розрив струму у колі з індуктивним елементом 7 і одночасно утворюється коло, у якому індуктивний елемент 7, додаткове навантаження 8, навантаження 4 і конденсатор 6 з'єднуються послідовно з електрогенератором 2 і випрямлячем 3. Таким чином, ланцюг зарядження конденсатора 6 відновлюється і напруга на конденсаторі 6 починає знову зростати за рахунок магнітної енергії елемента 7 та енергії генератора 2. Накопичення енергії у конденсаторі 6 супроводжується виділенням теплової енергії у додатковому навантаженні 8. При цьому величина струму знову недостатня для спрацювання електронасоса 4. З появою на конденсаторі 6 напруги  $U_p$  комутатор 5 самоспрацьовує і починається наступний цикл розрядження.

Частота циклів залежить від енергії, яка виробляється електрогенератором 2, а саме, від швидкості вітру. Збільшення часу зарядження конденсатора 6 і паузи електронасоса 4 (внаслідок вмикання додаткового навантаження 8) дозволяє працювати при збільшених швидкостях обертання вітроколеса 1, ніж у прототипі. Оскільки нижній рівень обертів вітроколеса залишається таким як у прототипі, ККД установки підвищується. Крім цього, підвищення ККД досягається за рахунок зниження втрат енергії у активних опорах електрогенератора 2 і виділення додаткової енергії у активному опорі додаткового навантаження 8, у якому перетворення електричної енергії у теплову є корисним. У випадку використання як навантаження 4 активного опору частота циклів заряд-розрядження конденсатора 6 стає значно вищою ніж у прототипі, що дозволяє поширити діапазон швидкостей обертання вітроколеса 1 і додатково підвищити ККД. Крім цього, теплова енергія у навантаженні 4 буде виділятися ще і у циклі зарядження конденсатора 6, що також збільшує ККД вітроенергетичної установки. Найбільше значення ККД запропонована установка має, коли активний опір навантаження 4 і активний опір

додаткового навантаження 8 обираються рівними і задовольняють співвідношенню:  $R = \sqrt{L/C}$ , де  $L$  - індуктивність індуктивного елемента 7,  $C$  - ємність конденсатора 6.

Слід відмітити, що у запропонованій установці працює принцип передачі енергії від електрогенератора до реактивних елементів ланцюга (індуктивності 7, конденсатора 6) з наступним виділенням цієї енергії у навантаженнях. Оскільки передача енергії до реактивних елементів здійснюється у широкому діапазоні швидкостей вітру, у запропонованій установці передача енергії до навантажень здійснюється у цьому ж діапазоні, що означає узгодження електрогенератора з навантаженнями при змінних швидкостях вітру. Використання у запропонованій установці замість навантажень 4 і 8 тепловиділяючих елементів спрощує перетворення установки у тепловиробничу.

Таким чином, запропонована вітроенергетична установка, порівняно з прототипом, дозволяє підвищити ККД передачі енергії вітру до навантажень. Крім цього, у запропонованій установці виконується узгодження електрогенератора з навантаженнями при змінних швидкостях вітру, а також спрощується перетворення електричної енергії у теплову.

Джерела інформації

1. Авт. свід. СРСР № 545060, H02P9/44, 1970.
2. Авт. свід. СРСР № 949224, F03D9/00, 1981.
3. Авт. свід. СРСР № 1020628, F03D9/00, 1981.

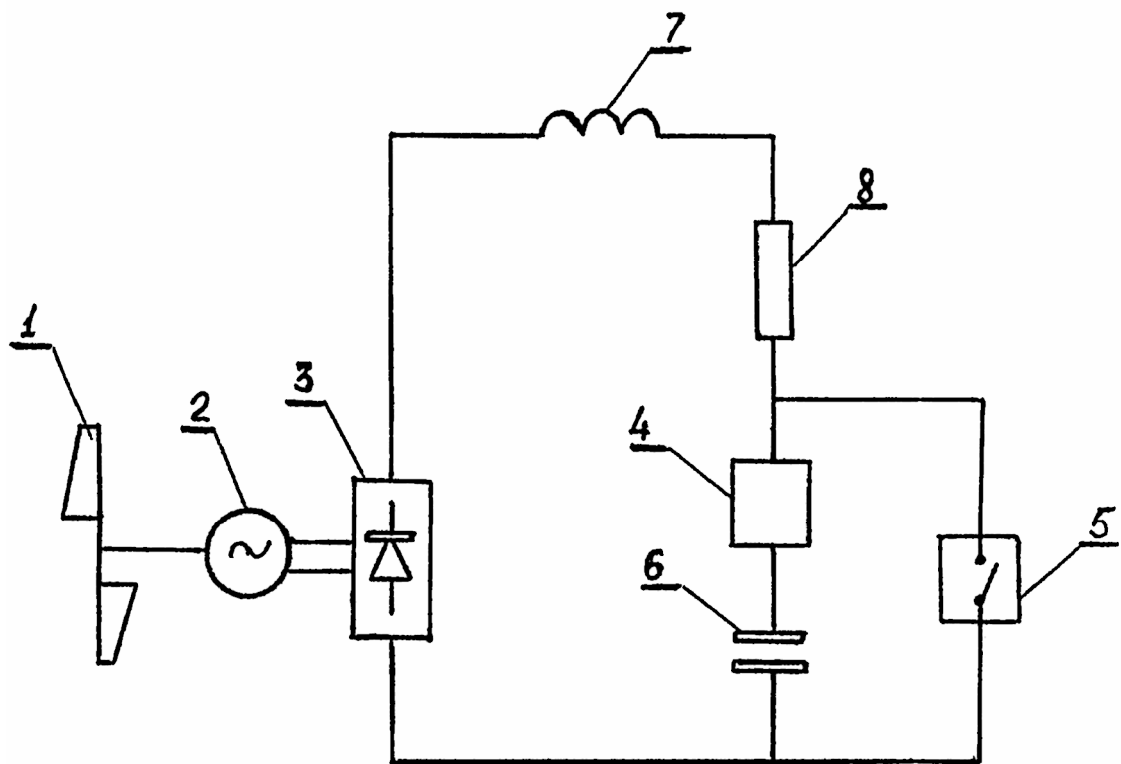


Fig.