

УДК 369.013

О.О. Саковець

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ ВІТРОГЕНЕРАТОРА З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ВІТРОВИКОРИСТАННЯ

У статті розглянута робота вітрогенератора та приведена одна з причин малого коефіцієнту вітровикористання. Запропонований спосіб його підвищення методом зміни кута атаки лопаті вітрогенератора

Ключові слова: вітрогенератор, коефіцієнт вітровикористання, кут атаки лопаті, автоматичне встановлення кута атаки.

Вступ

На даний час все більшої актуальності набувають засоби енергозбереження та використання відновлювальних джерел енергії. Одним з таких джерел є використання вітрогенераторів. Середньорічні швидкості вітру в Україні дозволяють ефективно використовувати вітрогенератори у південних та східних областях країни, а також у Карпатах. Але одним з недоліків вітрогенераторів є невеликий коефіцієнт вітровикористання.

Основна частина

Параметри вітроустановки пов'язані між собою нескладними однозначними фізичними залежностями, головною з яких є потужність вітрогенератора, яка визначається за такою формулою:

$$P = \xi \cdot \frac{\rho \cdot V^3}{2} \cdot S, \quad (1)$$

де ξ – коефіцієнт вітровикористання; ρ – щільність повітря (стандартне значення 1.225 кг/м³); V – швидкість необуреного вітрового потоку; $S = \pi D^2/4$ – обтікаюча площа.

Коефіцієнт вітровикористання Принципово відрізняється від ККД тим, що "недоотримана" потужність, в основному, не є втратами, а залишається в потоці. По різних теоріях максимальне значення коефіцієнта вітровикористання ідеального пристрою складає 0.59 – 0.68 [6]. Це легко зрозуміти, представивши крайню ситуацію, коли у потоку відбирається 100% енергії. У такому разі потік повинен повністю зупинитися, що вже суперечить його наявності. Але реальний коефіцієнт вітровикористання добре спроектованої турбіни складає 0.4 – 0.55 [6, 7].

Однією з причин низького коефіцієнту вітровикористання є те, що у вітрогенераторах використовуються лопаті зі сталим кутом атаки. Це означає, що максимальний коефіцієнт вітровикористання буде лише при певній швидкості вітру (рис. 1).

Швидкість обертання вітрового колеса напряму залежить від підйомної сили, що створюють лопаті [6]. Кут атаки лопаті залежить від векторної суми

швидкості вітру та швидкості обертання вітрового колеса (2).

$$\vec{V}_{\text{потоку}} = \vec{V}_{\text{вітру}} + \vec{V}_{\text{лопаті}} \quad (2)$$

На рис. 2 представлена залежність підйомної сили від кута атаки [4]. Оскільки при різній швидкості вітру змінюється і кут атаки лопаті, це призводить до зменшення підйомної сили, і як наслідок, зменшення коефіцієнту вітровикористання

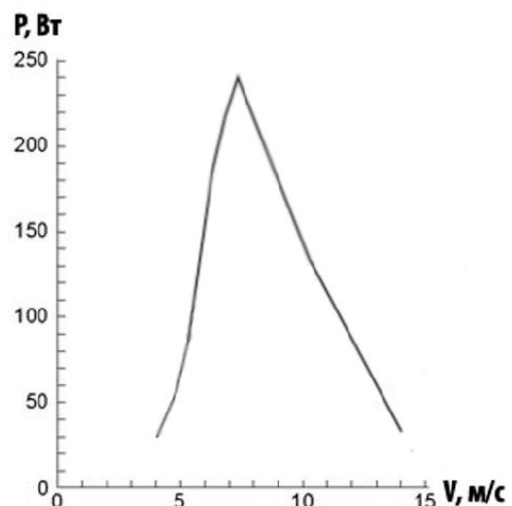


Рис. 1. Залежність потужності вітрогенератора від швидкості вітру

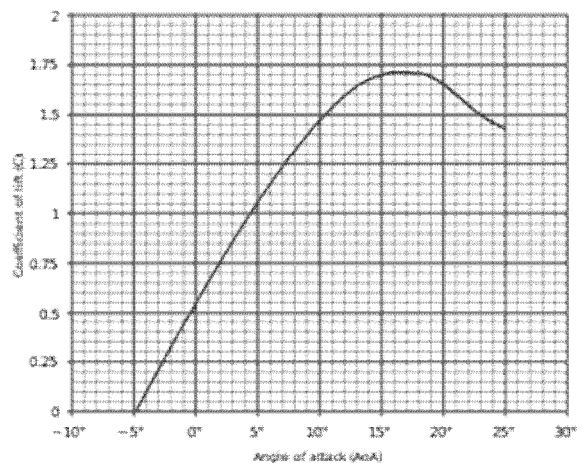


Рис. 2. Залежність підйомної сили від кута атаки лопаті

Точка, яка відповідає 25° , являє собою «зрив потоку», тобто лопать перестає створювати підйомну силу і створює лише аеродинамічний опір [3].

На даний час для збільшення коефіцієнт вітровикористання може застосовуватись аеродинамічна крутка лопаті. Тобто кут атаки лопаті трохи змінюється по її довжині. Але це зменшує ефективну площу вітрового колеса і не призводить до значного збільшення коефіцієнту вітровикористання.

Максимальна швидкість вітру, при якій може експлуатуватись вітряна електростанція, складає 7-9 м/с. Якщо швидкість вітру більша, робота вітряної електростанції повинна обмежуватись [7].

Враховуючи ж, що лопаті при сильному вітрі швидко обертаються, між рамою і вітроколом виникають значні навантаження, які зосереджуються на валу генератора. Відомо багато випадків, коли при відсутності захисту від сильного вітру, і через значні гіроскопічних сил ламалися лопаті та міцні осі генераторів. Крім того, вітрокoleso діаметром 2 м володіє значним аеродинамічним опором, і при сильному вітру буде значно навантажувати щоглу [4].

Використання механічних гальм, для захисту від сильного вітру призводять до зниження ККД вітрогенератора.

Для підвищення коефіцієнту вітровикористання генератора доцільно розробити лопаті зі змінним кутом атаки та системою автоматичного встановлення лопатей у найвигідніший кут для отримання максимального коефіцієнту вітровикористання та захисту від шквального вітру.

Механізми зміни кута атаки давно відомі в авіації, але авіаційні системи зміни кута атаки гвинта не підходять для використання у вітрогенераторах. Тому в даній статті запропонована альтернативна система керування кутом атаки лопаті. Враховуючи попередній авіаційний досвід створення гвинтів зі змінним кутом атаки (кроку гвинта) [5], у вітрогенераторі доцільно використати автомат перекоосу з використанням серводвигуна [2]. Система керування приймає сигнал від датчику швидкості повітряного потоку та датчику швидкості обертання. Відповідно до формули (2) можна знайти швидкість вітрового потоку, що набігає на лопать та за (рис. 2) визначити найбільш оптимальний кут атаки. При збільшенні швидкості вітру більше максимальної, доцільна обернена задача – зменшення кута атаки лопаті, для захисту її від шквального вітру.

Для реалізації даної системи керування запропонована система широтно-імпульсного керування

Для керування серводвигуном зміни кута атаки застосовується імпульсний широтно модульова-

ний сигнал [1]. Імпульсний широтно-модульований сигнал (рис. 3) з виходу системи керування надходить на одновібратор і схему порівняння. Тривалість імпульсів, генеруємих цим одновібратором, регулюється потенціометром R. При повороті вала серводвигуна з одного крайнього положення в інше, тривалість "опорних" імпульсів, які генерує одновібратор, змінюється приблизно від 0.7 мс до 2.3 мс.

У випадку відхилення сигналу керування або повороту вала серводвигуна, тривалість імпульсу керування або "опорного" імпульсів зміниться. Різниця в тривалості двох імпульсів дозволяє здійснити "пропорційність" керування. З виходів "А" й "В" схеми порівняння сигнали надходять на входи двоканального релейного підсилювача (підсилювача-перемикача), до якого підключений серводвигун.

У нормальному стані виходи обох каналів підсилювача "низькі", тобто вони обоє мають потенціал "0". У випадку надходження на будь-якій із входів підсилювача логічної "1" на його відповідному виході встановлюється високий потенціал, який дорівнює напрузі джерела живлення. Серводвигун починає обертатися, здійснюючи поворот лопатей вірогенератору. В залежності від того – потрібно зменшити чи збільшити кут атаки лопатей – активними стають канал А або канал Б. Для запобігання відмови у роботі серводвигуна необхідно, щоб у будь-який момент часу високий рівень сигналу був тільки на одному з виходів схеми.

При необхідності повороту на 1 градус у той або інший бік тривалість імпульсу керування збільшується (або зменшується) на 0,01 мс (коефіцієнт пропорційності дорівнює 100 град/мс). При здійсненні повороту на кут, наприклад, - на 25 градусів, тривалість імпульсу керування також зміниться, припустимо - зменшиться на 0.26 мс. Це призведе до того, що позитивний фронт імпульсу керування потрапить на вхід схеми порівняння на 0.25 мс раніше позитивного фронту імпульсу одновібратора. На виходах "А" схеми порівняння й підсилювача-перемикача встановляться високі потенціали, а серводвигун почне обертатися, змінюючи положення вала мотора-редуктора й пов'язаного з ним повзунка потенціометра R. Механічний зворотний зв'язок, що

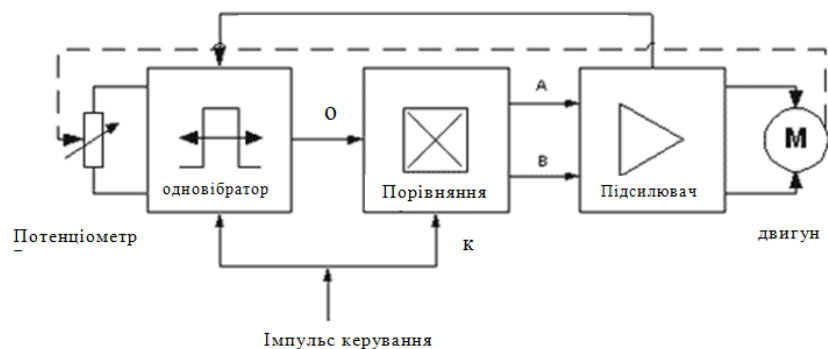


Рис. 3. Схема керування серводвигуном

змінить положення повзунка потенціометра R, відповідно змінить тривалість імпульсу одновібратора у бік зменшення. Через якийсь час повзунок потенціометра R, пов'язаний з вихідним валом мотора-редуктора, повернеться на 26 градусів й установиться в таке положення, при якому тривалість імпульсу одновібратора також зменшиться на 0.26 мс і знову зрівняється із тривалістю імпульсу керування. На виході "А" схеми порівняння встановиться низький рівень, і електродвигун зупиниться.

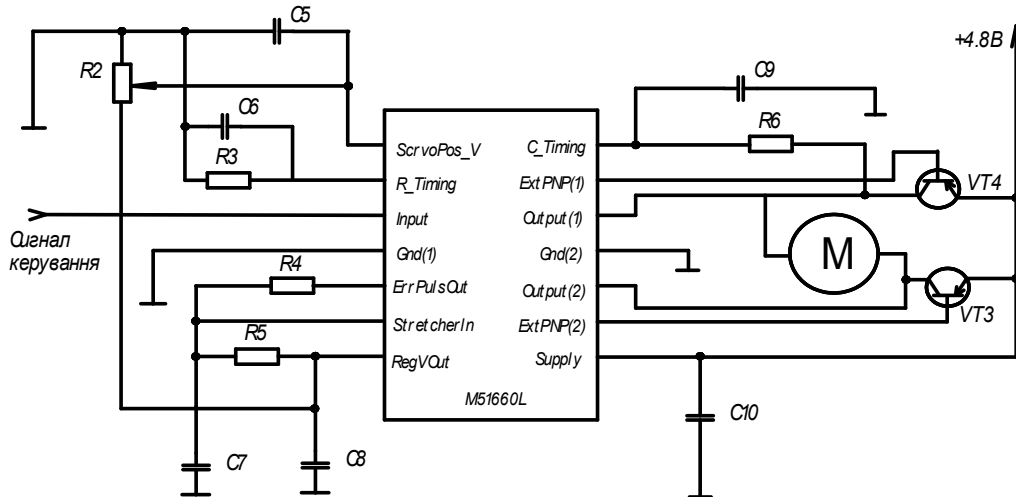


Рис. 4. Схема реалізації системи керування

У якості підсилювача використано схему на двох транзисторах [2]. Один транзистор використовується при русі серводвигуна за годинниковою стрілкою, інший при русі проти годинникової стрілки. Транзистори працюють у ключовому режимі.

Висновок

При використанні вітрогенераторів можна виділити дві основні проблеми: малий коефіцієнт вітровикористання, та небезпеку сильного вітру [7]. Ці дві проблеми можна вирішити зміною кута атаки лопаті, для вибору оптимального кута атаки під різний вітер та з метою встановлення нульового кута атаки при шквальному вітру. Для вирішення цієї задачі запропонована широтно-імпульсна система керування на базі мікропроцесора M51660L

Якщо ж "розбалансування" імпульсів відбувається не при зміні керуючого сигналу, а від випадкового переміщення лопаті, допустимо під впливом аеродинамічних сил (навантажень), то й у цьому випадку система "автобалансируется", і компенсує зміну положення лопатей, привівши їх у відповідність із керуючим сигналом.

Для реалізації даної блок-схеми доречно застосування мікропроцесорів. Для даної установки вибрано спеціалізований мікропроцесор M51660L (рис. 4).

Список літератури

1. Васильев Д.В. Системи автоматического управления / Д.В. Васильев, Москва: Высшая шк., 1983. – 320 с.
2. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування / М.Г. Попович. – К., 1994.
3. А. Больнов. «Поляра», © 1999-2007, paraplan.ru.
4. Д. Пеги «Понять небо», © 1999-2007, paraplan.ru.
5. Руденский Е.Г. Полет на планере. Пособие для планеристов. М, ДОСААФ, 1977.
6. П.П. Безруких "Что может дать энергия ветра" Москва 1996. – 57 с.
7. Лабейш В.Г. Самодельная ветроэлектростанция / Лабейш В.Г., СЗТУ, 2003. – 118 с.

Надійшла до редколегії 11.04.2017

Рецензент: д-р тех. наук, проф. А.М. Сільвестров, НТУ України, «КПІ ім. І. Сікорського, Київ.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА С ЦЕЛЮ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВЕТРОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.А. Саковец

В статье рассмотрена работа ветрогенератора и приведена одна из причин малого коэффициента ветроиспользования. Предложен способ его повышения методом изменения угла атаки лопасти ветрогенератора.

Ключевые слова: ветрогенератор, коэффициент ветроиспользования, угол атаки лопасти, автоматическая установка угла атаки.

AUTOMATION OF THE WIND TURBINE WORK IN ORDER TO INCREASE THE COEFFICIENT OF THE WIND HARNESSING

O.O. Sakovets

The article describes the work of the wind turbine, and shows one of the reasons for the small coefficient of the wind harnessing. The method of its increasing is proposed by changing the attack angle of wind turbine blades.

Keywords: wind turbine, coefficient of the wind harnessing, the angle of attack of the blade, automatic setting of the attack angle.