

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ЗОВНІШНЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ТОРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА ІЗ ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Коваленко І.Я., інженер, Коваленко М.А., к.т.н., доц., Рябуха А.І., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Вітроенергетика, галузь науки і техніки, що займається розробкою теоретичних основ, методів і засобів використання енергії вітру для здобуття механічної, електричної і теплової енергії і визначає області та масштаби доцільного використання вітрової енергії в народному господарстві, побуті, промисловості і т.ін.

До переваг використання вітрової енергії відноситься доступність, повсюдне поширення і практично невичерпність ресурсів. Джерело енергії не потрібно добувати і транспортувати до місця використання: вітер сам поступає до встановленого на його дорозі вітроагрегату. Ця особливість вітру надзвичайно важлива для важкодоступних (арктичних, степових, пустинних, гірських і тому подібне) районів, віддалених від джерел централізованого енергопостачання, і для відносно дрібних (потужністю до 100 кВт) споживачів енергії, зосереджених на обширних просторах.

Основна перешкода до використання вітру як джерела електроенергії – непостійність його швидкості, а отже, і потужності в часі, що виробляє електрогенератор вітроагрегату. Вітер володіє не лише багатолітньою і сезонною мінливістю (рис. 1), але також змінює свою активність протягом доби (рис. 2).

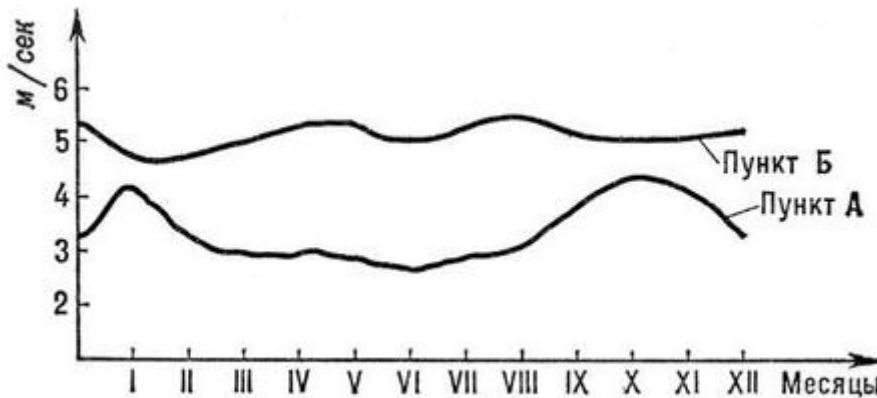


Рисунок 1 – Сезонний характер зміни швидкості руху вітру

Потенціал вітрової енергії залежить від значень середньорічної або середньоперіодної швидкості і повторюваності різних швидкостей вітру. Його оцінюють кількістю енергії, яку за допомогою електрогенератора можна отримати в даній місцевості. У зонах з помірним вітровим режимом (середньорічна швидкість вітру 5 м/сек) на 1 км² можна отримати річне вироблення електроенергії близько 3,6 Мдж (1 млн. квт-ч, або 1 Гвт-ч).

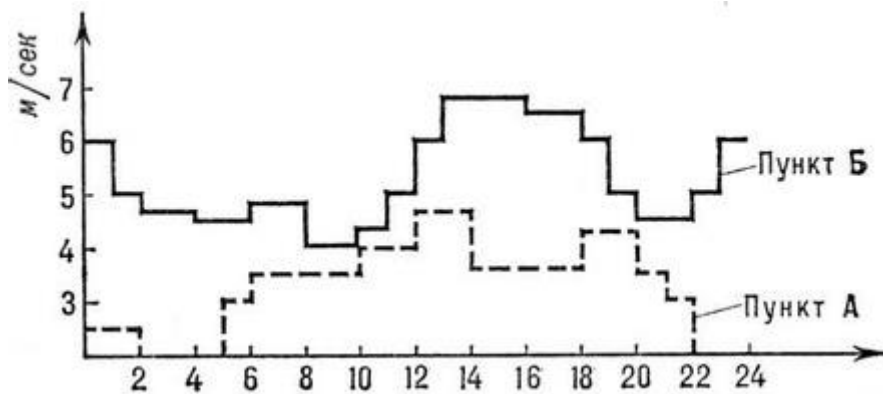


Рисунок 2 – Характер зміни швидкості руху вітру в межах однієї доби

Потужність вітрового потоку пропорційна кубу швидкості вітру. Тому навіть відносно невеликі його зміни приводять до значних коливань потужності, що розвивається електрогенератором, в діапазоні швидкостей від мінімальної робочої, при якій електрогенератор починає виробляти корисну потужність, до розрахункової, якою відповідає встановленій потужності вітрогенеруючої установки.

Для дослідження впливу зміни швидкості вітру на потужність на вихідну напругу електрогенератора розроблено двовимірну польову математичну модель генератора із постійними магнітами, конструкція якого зображена на рис. 3.

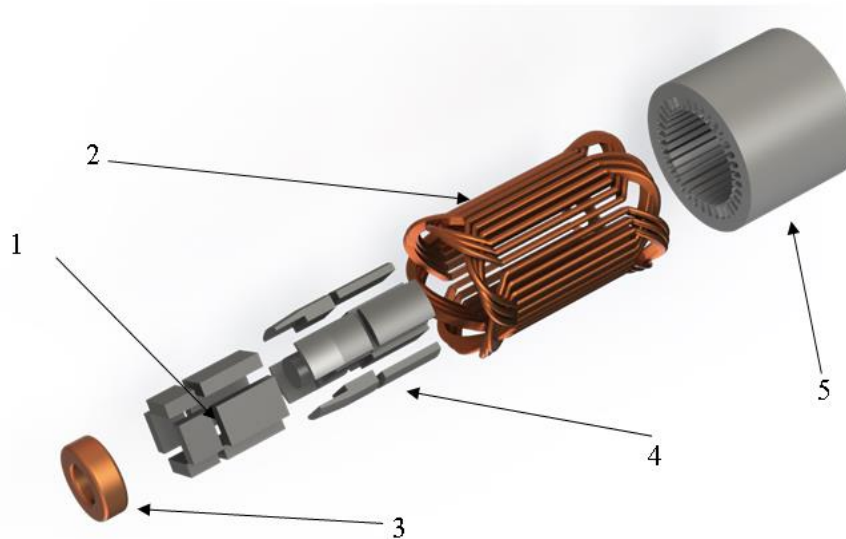


Рисунок 3 – Загальний вигляд досліджуваного СГ із постійними магнітами

На рис. 3 показано: 1 – постійні магніти (NdFeBr-Н-38); 2 – трифазна обмотка якоря; 3 – підмагнічуюча обмотка; 4 – магнітопровід ротора; 5 – магнітопровід статора.

При розрахунку магнітного поля використовувалося нестационарне нелінійне диференціальне рівняння для векторного магнітного потенціалу (\vec{A}) в рухомий електропровідний середовищі:

$$\vec{\nabla} \times \frac{1}{\mu} (\vec{\nabla} \times \vec{A}) - \gamma \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \gamma \vec{V} \times (\vec{\nabla} \times \vec{A}) = -\vec{J}_{\text{стоп}},$$

де: μ , γ – магнітна проникність середовища та електропровідність; \vec{V} , $\vec{J}_{стор}$ – вектори швидкості руху середовища (вітру, ротора генератора) та сторонньої густини струму; $\vec{\nabla}$ – диференціальний Набла-оператор.

Для розрахунку індукованої ЕРС в фазі обмотки якоря генератора, в середовищі COMSOL Multiphysics використовується наступне інтегральне вираз:

$$E_A = \frac{L \cdot U_{\Pi}}{S_{\Pi} \cdot a} \left(\oint_{S_q} E_{zA} \cdot ds - \oint_{S_q} E_{zX} \cdot ds \right)$$

де L – осьова довжина генератора; U_{Π} – кількість витків в пазу; S_{Π} – площа паза зайнята провідниками; E_{zA} , E_{zX} – напруженість електричного поля в місці розташування котушок фазних зон "А" і "х"; S_q – площа, яку займає провідники однієї фазної зони; a – число паралельних гілок обмотки якоря. Аналогічно визначаються ЕРС в фазах обмотки "В" і "С".

Зовнішня характеристика досліджуваного генератора при сталій швидкості руху вітру показано на рис. 4.

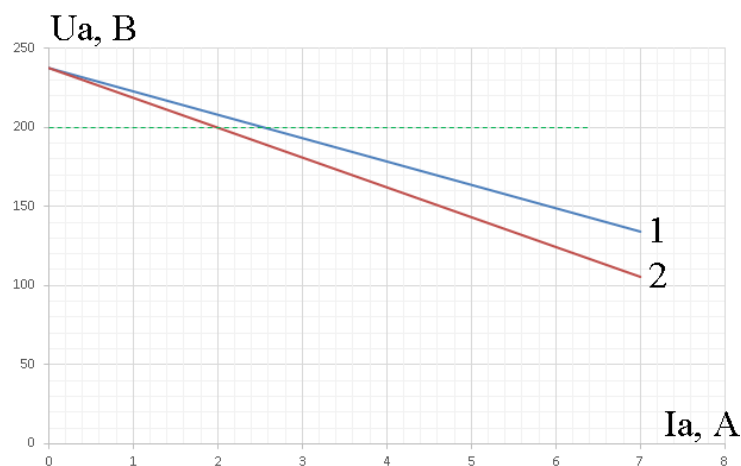


Рисунок 4 – Зовнішня характеристика генератора

На рис. 4 крива 1 відповідає середній добовій швидкості руху вітру 3 м/с. крива 2 на рис. 4 відповідає добовій швидкості руху вітру 2,7 м/с. Очевидно, що величина індукованої ЕРС при нижчій швидкості руху вітру є нижчою.

Висновки: розроблена польова математична модель генератора із постійними магнітами дозволяє розрахувати зовнішню характеристику при зміні швидкості руху вітру.

Перелік посилань

1. Чумак В.В. Математическое моделирование генератора с комбинированным возбуждением автономной энергоустановки / В.В. Чумак, М.А. Коваленко, А.И. Пономарев // Электромеханические и энергосберегающие системы. – 2015. - №31. – С. 76 – 84.
2. Чумак В.В., Пономарев А.И. Синхронный генератор с комбинированным возбуждением. // Энергия – XXI век. – 2013. – № 1. – С. 28–34.