

УДК 621.311.4.031

О.М. Сінчук, д-р техн. наук, С.М. Бойко, М.А. Щербак

(Україна, м. Кременчук, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського)

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ, ЯКА ПРАЦЮЄ В УМОВАХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ

Із розвитком науково-технічного прогресу у світі техніки відбуваються постійні зміни та вдосконалення електромеханічних систем виробництва електроенергії та місць їх застосування. Та, незважаючи на це, основна схема перетворення вітрової енергії, запропонована ще на зорі розвитку галузі, залишається практично незмінною. Варіації в основному стосуються матеріалів, які використовуються, конструкції вітродвигуна, типу використовуваного генератора і супутньої електричної частини (відсутність або наявність і тип статичного напівпровідникового перетворювача), а також концепції регулювання процесу з метою отримання оптимальних техніко-економічних показників. Особливо це актуально для умов залізрудних шахт, де є можливим застосування вітрогенеруючих міні-електростанцій [1,2].

Класична будова електроенергетичної системи з вітроустановкою, у тому числі при застосування її в підземних умовах залізрудних шахт, виглядає наступним чином: первинний перетворювач енергії вітру в механічну енергію – перетворювач параметрів механічної енергії – перетворювач механічної енергії в електричну.

З метою вибору типу електричного генератора для вітроенергетичної установки (ВЕУ) було проведено аналіз існуючих варіантів виконання вітроенергетичних систем (ВЕС).

На сучасному етапі розвитку знань в області фізики атмосфери, аеродинаміки вітряків, технології конструкційних та електротехнічних матеріалів, електромеханіки і силовий напівпровідникової електроніки найбільш ефективною з енергетичної точки зору конфігурацією потужної мережевий ВЕУ є система, що працює при змінній регульованій частоті обертання ВК, переважно без проміжного мультиплікатора, на базі синхронного магнітоелектричного генератора з повним перетворенням, електричної потужності з допомогою напівпровідникового перетворювача частоти, що забезпечує досить високі показники якості виробленої електроенергії. Цей висновок дійсний для ВЕУ середньої і малої потужності, що працюють в умовах автономних об'єктів в сукупності з накопичувачами електроенергії.

Узагалі для вітрової енергетичної установки використовують асинхронні та синхронні генератори різних типів та конфігурацій. Усі вони мають свої переваги та недоліки, і вирішальним аргументом у відповіді на питання вибору генератора є умови використання вітрової установки. У залежності від того, де буде розташована ВЕУ, потрібно підібрати максимально відповідний електричний генератор. Оскільки в даному випадку вітрова установка розмішуватиметься в шахті, то для вибору генератора необхідно зважити усі переваги та недоліки кожного із них.

Насамперед, конструктивне рішення ВЕУ з асинхронізованим синхронним генератором забезпечує стабільну частоту генерованої напруги в широкому діапазоні частот обертання ВК ($\pm 30\%$ від номінальної і більше), що дозволяє значно підвищити ефективність первинного перетворення енергії. Однак на порушенні при значній розбіжності частот витрачається відчутна частина електроенергії, що виробляється. Наявність ковзних контактів і мультиплікатора також знижує надійність пристрою порівняно з установкою на базі АГ з КЗ ротором. До того ж система контролю та керування асинхронізованим синхронним генератором коштує досить дорого.

Використання ВЕУ на базі синхронного генератора зі збудженням від постійних магнітів з точки зору використання можливостей первинного перетворювача енергії схема більш вдала, ніж інші рішення. Крім цього, ККД генератора вище порівняно з асинхронними генераторами. Однак, при використанні даного типу генератора з'являється необхідність подвійного перетворення 100% вироблюваної СГ електроенергії напівпровідниковими перетворювачами більшої потужності, що призводить до подорожчання системи. Також такі генератори мають непомірно високу вартість а також велику масу. Останнє є реальним обмежувачем нарощування потужності, оскільки зі зростанням потужності збільшується кількість постійних магнітів, а отже і маса генератора.

Багатьох перерахованих в попередньому рішенні недоліків можна уникнути, використовуючи ВЕУ на базі синхронного генератора прямого приводу з електромагнітним або магнітоелектричним збудженням. У цьому випадку за рахунок відсутності мультиплікатора і обмотки порушення підвищується ККД установки, її надійність, і знижуються експлуатаційні витрати. Окрім того, якщо генератор підключений до 50 Гц мережі, то при швидкості обертання в 30 об/хв, знадобиться генератор з 200 полюсами. Маса ротора генератора повинна бути приблизно пропорційна крутному моменту. Тому генератор прямого приводу буде важким.

У конструкції ВЕУ на базі асинхронного генератора з фазним ротором завдяки наявності регульованого опору обмотки ротора з'являється можливість змінювати механічну характеристику генератора, що дозволяє змінювати частоту обертання до 10% вище номіналу. Можливості первинного перетворювача енергії використовуються краще, ніж при оснащенні ВЕУ АГ з КЗ ротором. Однак наявність обмотки ротора, ковзних контактів і блоку баластних резисторів погіршують показники надійності.

Як видно з рис. 1. асинхронний генератор, в діапазоні потужності 5...100 кВт, приблизно в 1,3...1,4 рази легший за синхронний, а отже має менші габарити [3].

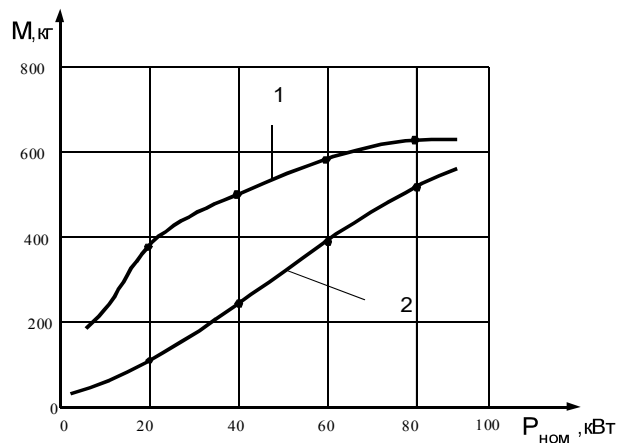
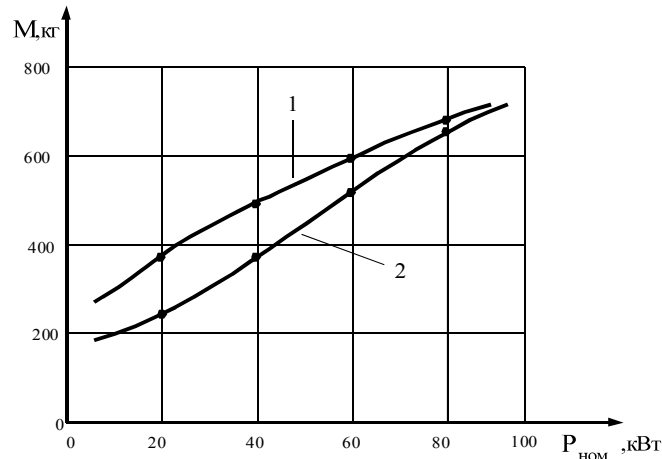


Рис. 1. Залежність маси асинхронного і синхронного генераторів від потужності:
1 – синхронний генератор, 2 – асинхронний генератор з короткозамкненим ротором

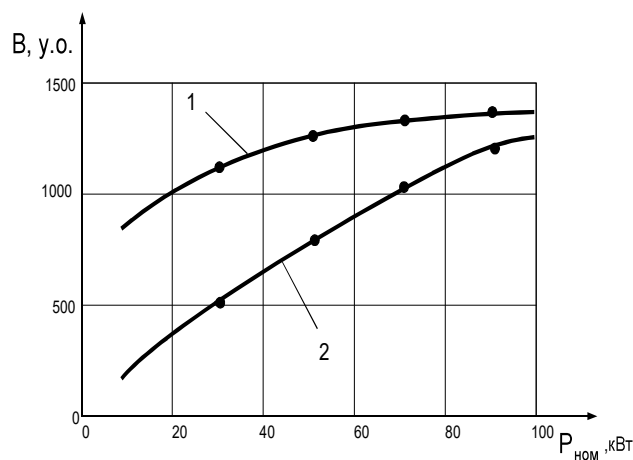
На рис.1.2. показана залежність маси асинхронного і синхронного генераторів від потужності зі збуджуючими пристроями.

Вартість комутаційної апаратури та інших елементів системи асинхронного генератора менша, ніж вартість аналогічних складових синхронного генератора (рис.1.3).

Асинхронна машина завдяки своїй простоті, особливо у варіанті з короткозамкненим ротором, у режимі двигуна отримала найбільше розповсюдження серед всіх електричних машин.



**Рис. 2. Залежність маси асинхронного і синхронного генераторів від потужності із пристроями збудження:
1 – синхронний генератор, 2 – асинхронний генератор з короткозамкненим ротором**



**Рис. 3. – Залежність вартості електричних машин від потужності:
1 – для синхронних генераторів, 2 – для асинхронних генераторів з короткозамкненим ротором**

В генераторному режимі асинхронна машина застосовується рідко через наступні чинники: зовнішня крутоспадна характеристика і недосконалість конденсаторного збудження.

Проте застосування її в генераторному режимі має ряд безперечних переваг перед синхронними генераторами:

1. Простота і надійність конструкції.
2. Малі маса та габарити.
3. Прийнятна вартість.
4. Простота монтажу та обслуговування.

Отже, підсумовуючи все вищесказане, в таблиці представлено основні переваги та недоліки розглянутих типів генераторів

Аналіз проведених досліджень показав, що асинхронну машину економічно і енергетично краще використовувати в генераторному режимі в порівнянні з синхронною на потужностях до 100кВт

Для випадку роботи ВЕУ у залізрудній шахті, не дивлячись на всі переваги системи з синхронним генератором, все ж найбільш кращим варіантом є використання асинхронного генератора. Це зумовлено насамперед особливостями навколишнього шахтного середовища.

Для використання ВЕУ в умовах залізрудних шахт необхідно вибрати надійний, малогабаритний і простий в обслуговуванні генератор необхідної потужності. Також для роботи ВЕУ на мережу в умовах залізрудних шахт, найбільш ефективними із вище розглянутих варіантів виконання ВЕУ є ВЕУ з асинхронним генератором [4].

Висновки. Для роботи ВЕУ в умовах залізрудних шахт з можливістю віддачі електричної енергії в мережу найбільш характерними критеріями вибору генератора є: масогабаритні характеристики, надійність і простота в обслуговуванні, потужність генерування, якість виробленої енергії. Виходячи з вищевикладених критеріїв, найбільш прийнятним для роботи ВЕУ в умовах залізрудних шахт є асинхронний генератор з короткозамкненим ротором. Використання такого типу генератора в умовах залізо-

Енергозбереження та енергоефективність

Таблиця 1

Оцінка переваг та недоліків розглянутих типів генераторів

Тип генератора	Переваги	Недоліки
Синхронний генератор	Витримує короткочасні 3-кратні навантаження, підтримка напруги в мережі з високою точністю.	Низький ступінь захисту від зовнішнього впливу: пилу бруду, води
Синхронний генератор на постійних магнітах	Надійність, простота конструкції, надійне збудження, покращені вихідні характеристики, мала інерційність при перехідних процесах.	Висока вартість, великі масогабаритні показники і, як наслідок, обмежена величина потужності.
Асинхронізований синхронний генератор	Стійке перетворення кінетичної енергії в електричну, стабільна частота генерованої напруги.	Потужність збудження складає основну частину потужності навантаження, дорога система контролю та керування, через наявність ковзних контактів знижується надійність.
Генератор на постійних магнітах	Низька вартість кіловат-години, висока ефективність, можливо отримати велику потужність, міцна конструкція.	Трудомісткий, складний проект, що вимагає обробки на токарському верстаті, великі масогабаритні показники.
Асинхронний генератор з короткозамкненим ротором	Легкість у виготовленні, і відсутність електричного контакту зі статичною частиною машини, що гарантує довговічність і знижує витрати на обслуговування.	Складність регулювання швидкості обертання
Асинхронний генератор з фазним ротором	Якісні регульовальні характеристики	Мають вищу вартість та нижчу надійність, ніж асинхронні генератори з короткозамкненим ротором, потребують кваліфікованого обслуговування, менш надійні

рудних шахт дозволить з невеликими фінансовими витратами отримувати якісну електричну енергію при цьому ремонтні та монтажні роботи, що стосуються генератора, проводитимуться легше за рахунок низької маси та розмірів, що особливо важливо в умовах роботи вітрового генератора в залізрудних шахтах.

Список літератури

1. С.М. Бойко, Можливості використання вітрогенераторів для вироблення електричної енергії в підземних виробках шахт. – Вінниця: Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2012. – С. 45–47
2. О.М. Сінчук, С.М. Бойко, М.А. Щербак, Обґрунтування можливості використання ортогональної вітрової установки в умовах підземних гірничих виробок шахт. – Алушта: Силова електроніка та енергоефективність, 2012. – С. 81 – 83
3. Мокін Б.І., Кутін В.М., Бренюк В.П. Виробництво електричної енергії при низькому вітровому потенціалі. – Вісник КДПУ, випуск 2/2003 (19). – С. 24 – 27
4. Вашкевич К.П. Устойчивость параллельной работы ветроэлектрической станции на сеть бесконечно большой мощности // Промышленная аэродинамика. "Ветродвигатели" / под ред. Г.Х. Сабина. – М.: Оборонгиз, 1957. – № 8. – С. 27 – 31