

ЗАДАЧІ, ЩО ПОТРЕБУЮТЬ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АСИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ НА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

¹Вінницький національний технічний університет

Виконано огляд літературних джерел, що стосуються методів регулювання напруги асинхронного генератора. Визначено основні недоліки існуючих систем та сформувано основні задачі, які потрібно розв'язати, виконуючи дослідження, пов'язані з використанням асинхронних генераторів на електростанціях в галузі відновлювальної енергетики.

Ключові слова: асинхронний генератор, напруга, реактивна потужність, конденсаторна установка.

Вступ

Для генерування електричної енергії на електростанціях відновлювальної енергетики знайшли широке застосування асинхронні генератори змінного струму (АГ), які мають істотні переваги порівняно з синхронними завдяки низькій вартості, простоті конструкції та експлуатації у нормальних режимах, стійкості до зовнішніх аварій, значному ресурсу роботи. Але вони мають і недоліки, пов'язані зі значним споживанням ними реактивної потужності [1].

Метою роботи є огляд існуючих методів регулювання напруги асинхронних генераторів та постановка задач для подальших досліджень щодо оптимізації їх роботи.

Результати проведеної роботи

Для забезпечення генераторного режиму роботи асинхронної машини її необхідно приєднати до джерела реактивної потужності, а вал обертати зі швидкістю, що перевищує синхронну. При цьому відповідно до принципу оборотності електричних машин активна складова струму статорної обмотки буде відповідати генерації активної потужності [2]. Напрямок реактивної складової струму при цьому не зміниться, отже машина, як і в режимі двигуна, споживатиме реактивну потужність. Цей аспект є істотним недоліком асинхронних генераторів, порівняно з синхронними [2, 3]. При застосуванні асинхронних генераторів на електростанціях можливі два режими їх роботи — автономний режим, коли генератори працюють безпосередньо на навантаження, і режим паралельної роботи з мережею, коли генератори віддають потужність в енергосистему.

Під час роботи АГ в автономному режимі виникає необхідність регулювання напруги. На відміну від синхронного генератора, де напруга регулюється зміною струму збудження, асинхронний генератор потребує зміни реактивної потужності, що до нього підводиться.

Аналізуючи роботи [4—7], можна помітити, що більшість систем регулювання реактивної потужності відносяться до декількох основних методів. Як буде показано далі, всі вони мають низку недоліків, що так чи інакше впливає на якість електричної енергії, виробленої асинхронним генератором.

Розглянемо методи регулювання реактивної потужності АГ.

Зміна ємності конденсаторної батареї. Регулювання реактивної потужності генератора здійснюється зміною ємності конденсаторної батареї [4, 5]. Зміна відбувається шляхом вмикання та вимикання конденсаторів в колі генератора. Зазвичай основна батарея конденсаторів ввімкнена постійно, а інші вмикаються залежно від навантаження генератора. Керування батареями конденсаторів здійснюється автоматично. Перевагою цього методу є простота конструкції установки. До недоліків цього методу можна віднести ступінчасте регулювання реактивної потужності, що не відповідає зміні навантаження генератора, а також перетокам потужності в електричній мережі. Також недоліком є наявність комутаційних пристроїв, що ускладнює експлуатацію та створює додаткові витрати на обслуговування установки.

Регулювання струму конденсаторної батареї. Цей метод базується на вмиканні регульованого

опору в коло конденсаторів [4, 6]. Зі зміною опору кола буде змінюватися і струм конденсаторів, що в свою чергу призведе до зміни реактивної потужності, що ними виробляється. Умова підтримання постійної видачі реактивної потужності виконується завдяки правильному вибору параметрів схеми. За мінімального опору резисторів реактивна потужність конденсаторів буде максимальна, а за максимального опору — вона буде мінімальна. Регулювання опору резисторів може здійснюватись як ступінчасто так і плавно, але в обох випадках присутні комутаційні апарати. Це або система контакторів або пристрій із ковзними контактами, що відповідає за плавне регулювання. Переваги методу: можливість плавного регулювання реактивної потужності. Недоліки методу: втрати на нагрівання в регулювальних резисторах, наявність комутаційної апаратури, що ускладнює експлуатацію, додаткові витрати на встановлення регулювальних резисторів.

Зміна напруги конденсаторної батареї. Якщо в коло конденсаторів ввімкнути трансформатор із можливістю регулювання коефіцієнта трансформації, то реактивна потужність, що віддається конденсаторною батареєю, буде змінюватися залежно від напруги на конденсаторах [4]. Цього можна досягти за рахунок встановлення трансформатора з РПН. Також цей метод передбачає наявність автоматичного регулятора коефіцієнта трансформації. Переваги методу: можливість плавного регулювання реактивної потужності, відсутність втрат на нагрівання регулювального пристрою. Недоліки методу: необхідність встановлення додаткового трансформатора, наявність комутаційної апаратури, необхідність збільшення ємності конденсаторної батареї для компенсації реактивної потужності, що споживається регулювальним трансформатором.

Використання компаундних ємностей. Цей метод базується на встановленні крім основної батареї конденсаторів паралельно генератору, ще й компаундної, що вмикається послідовно [4]. Використання компаундної схеми зумовлено можливістю автоматичного регулювання реактивної потужності залежно від режиму роботи генератора. Зі зміною навантаження генератора змінюється струм статора, а також напруга на компаундних конденсаторах. Внаслідок цього змінюється і реактивна потужність цих конденсаторів. Для недопущення зриву збудження генератора при малих навантаженнях, а також для надійного запуску, використовується ще й шунтова батарея конденсаторів. Реактивна потужність компаундних конденсаторів залежить від значення та характеру навантаження генератора. Зазвичай потужність компаундних конденсаторів складає 30...50 % від потужності генератора. Переваги методу — плавне регулювання реактивної потужності та відсутність комутаційних пристроїв. Недоліки методу: необхідність встановлення додаткової батареї конденсаторів, виникнення перенапруг в компаундних ємностях, погіршення масогабаритних показників установки.

З використанням будь-якого з методів регулювання напруги АГ, виникає низка недоліків, пов'язаних із особливостями роботи джерел реактивної потужності та електричної машини. Необхідно отримати характеристики роботи АГ з різним навантаженням та різною реактивною потужністю, що до нього підводиться. Показати це можна за допомогою моделей, розроблених в [7—9] з використанням Matlab.

На рис. 1 зображена схема установки, що складається з асинхронного генератора, батареї конденсаторів (reactive load), активного навантаження (active load), комутаційного апарата (three-phase braker) та мережі (grid) [7].

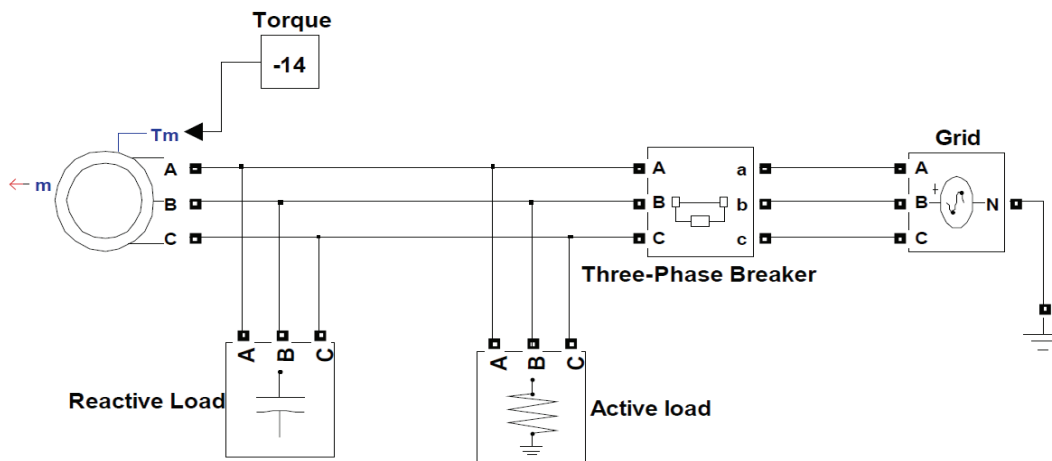


Рис. 1. Схема установки з АГ

Моделювання здійснюється за умов зміни потужності активного навантаження та ємності конденсаторної батареї. На рис. 2 показано графіки зміни напруги на затискачах генератора.

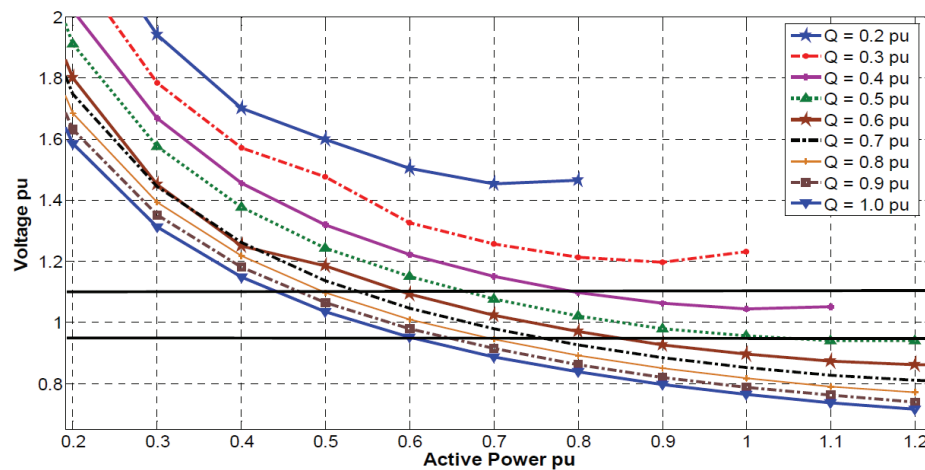


Рис. 2. Напруга на затискачах АГ при зміні навантаження

Як бачимо, є певні межі, в яких напруга генератора залишається в нормі. Проте ємність потрібно змінювати за певним законом. Це потрібно враховувати під час розробки систем регулювання напруги АГ. Звісно, можна виконати ступінчасте регулювання ємності шляхом встановлення контакторів, але разом з тим напруга теж буде змінюватися ступінчасто, що негативно позначиться на якості електричної енергії установки.

Регулювання також можна здійснювати за допомогою напівпровідникових інверторів. У такому разі можна здійснювати зміну реактивної потужності конденсаторної батареї, або використовувати частотні перетворювачі і регулювати напругу на виході установки. Одна з таких схем розглядається в [8, 9] та показана на рис. 3.

Схема складається з асинхронного генератора (self-excited induction generator), батареї конденсаторів (excitation capacitance), діодного моста (diode bridge rectifier), індуктивності (series inductor filter), інвертора та навантаження. Ця схема має певні переваги, пов'язані з керуванням вихідною напругою за рахунок інвертора, але разом з тим виникає необхідність у встановленні додаткового обладнання, що впливає на загальну вартість установки.

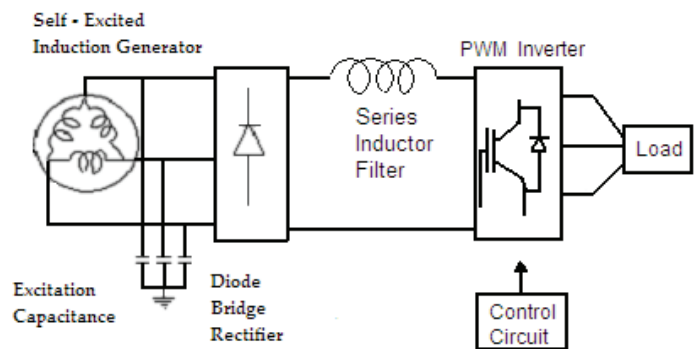


Рис. 3. Асинхронний генератор з інвертором

Питання регулювання напруги частково можна вирішити застосуванням компенсованого асинхронного генератора [10]. Конструктивно він відрізняється тим, що обмотка статора виконана з двох паралельних віток, просторово зміщених на деякий кут. Обидві обмотки мають однакові числа витків та є вихідними робочими для активного навантаження. Для реактивного навантаження одна обмотка є основною, а друга додатковою, тому що послідовно з нею вмикається батарея конденсаторів. Індуктивний зв'язок між обмотками при ємнісному струмі додаткової обмотки визначає внутрішню передачу реактивної потужності електромагнітним шляхом з додаткової обмотки в основну обмотку статора і в обмотку ротора. Це підвищує внутрішній коефіцієнт потужності. Компенсований автономний асинхронний генератор забезпечує стабілізацію вихідної напруги і частоти або їх зміну в заданих межах в широкому діапазоні зміни навантаження. Суттєвим недоліком цього генератора є необхідність проектування статора машини з урахуванням додаткової обмотки.

Виходячи з вищесказаного, жоден метод регулювання напруги асинхронних генераторів не враховує всіх особливостей їх роботи. Під час реалізації системи автоматичного керування напругою АГ важливо використовувати адекватну математичну модель, що зв'язує частоту, напругу і момент АГ, яка запропонована в роботі [11] і є вільною від недоліків, характерних для попередніх моделей. В подальшому потрібно виконати окремі дослідження як у випадку функціонування електростанцій

з АГ, підключеними до зовнішньої мережі, так і у випадку автономних електростанцій з АГ. І починати ці дослідження варто з імітаційного моделювання режимів роботи електростанцій з асинхронними генераторами та різними джерелами реактивної потужності, після якого стане зрозуміло, що потребує ще й дослідження в реальних умовах роботи АГ на електростанціях. І лише після цього комплексного дослідження слід розробляти структури систем керування для реалізації умов оптимальності функціонування електростанцій з асинхронними генераторами.

Висновки

Проведено огляд основних методів регулювання напруги асинхронного генератора. Визначено переваги та недоліки кожного з методів.

Визначено основні задачі, які потрібно розв'язати при виконанні досліджень пов'язаних з використанням асинхронних генераторів на електростанціях в галузі відновлювальної енергетики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нікіторович О. В. Особливості роботи малих ГЕС з асинхронними генераторами в електричних мережах енергосистеми / О. В. Нікіторович, П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик // Технічна електродинаміка. — Тематичний випуск: проблеми сучасної електротехніки. — Ч. 4. — 2008. — С. 43—48.
2. Лежнюк П. Д. Малі гідроелектростанції з асинхронними генераторами : моногр. / П. Д. Лежнюк, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик — Вінниця : ВНТУ, 2011. — 142 с.
3. Лежнюк П. Д. Оптимальне керування потоками потужності і напругою в неоднорідних електричних мережах / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. — 188 с.
4. Торопцев Н. Д. Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок / Н. Д. Торопцев. — М. : НТ Энергопрогресс, 2004. — 87 с.
5. Костенко М. П. Электрические машины / М. П. Костенко, Л. М. Пиотровский. — Санкт-Петербург : Энергия, 1978. — 520 с.
6. Вишневицкий Л. В. Системы управления асинхронными генераторными комплексами / Л. В. Вишневицкий, А. Е. Пасс. — Киев : Лыбидь, 1990. — 168 с.
7. Mohamed E. A. Farrag, Ghanim A. Putrus. Analysis of the Dynamic Performance of Self-Excited Induction Generators Employed in Renewable Energy Generation / Mohamed E. A. // Energies. — 2014. — № 7. — Pp. 278—294.
8. Sasikumar M. Performance Characteristics of Self-Excited Induction Generator fed Current Source Inverter for Wind Energy Conversion Applications / Sasikumar M., Chentur S. Pandian. P. // International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 2, December, 2010. — № 6. — Pp. — 1793—8163.
9. Haval Sardar Kamil. Analysis of Self Excited Induction Generator Driven By Wind Turbine System Using Current Source Inverter Technology / Haval Sardar Kamil // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). — Vol. 2, Issue 2, May 2013.
10. Мишин В. И. Компенсированный асинхронный генератор для автономных систем электроснабжения / [В. И. Мишин, В. В. Козырский, В. В. Каплун и др.] // Научные журналы НТУ «ХПИ»: Электротехника и электромеханика. — 2007. — № 2.
11. Мокін О. Б. До питання про характеристики частотно-регульованого електропривода з короткозамкненим асинхронним електродвигуном / О. Б. Мокін, Б. І. Мокін, Д. А. Шокар'єв // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2015. — № 2. — С. 35—39.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 29.12.2015

Михайлюк Олег Борисович — аспірант кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, e mail: olegmm12@gmail.com.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

О. В. Mykhailiuk¹

Problems that Need a Solution while Using Asynchronous Generator of Renewable Energy in Power Plants

¹Vinnytsia National Technical University

There has been completed the overview of the literature relating to methods of regulating voltage asynchronous generator. The main disadvantages of existing systems have been defined and the main tasks that need to be solved in carrying

out studies related to the use of asynchronous generators in power plants in renewable energy have been formed.

Keywords: asynchronous generator voltage, reactive power, capacitor installation.

Mykhailiuk Oleh B. — Post-Graduate Student of the Chair of Renewable Energy and Transportation Systems and Electrical Systems, e mail: olegmm12@gmail.com

О. Б. Михайлюк¹

Задачи, требующие решения при использовании асинхронных генераторов на электростанциях возобновляемой энергетики

¹Винницкий национальный технический университет

Выполнен обзор литературных источников, касающихся методов регулирования напряжения асинхронного генератора. Определены основные недостатки существующих систем и сформированы основные задачи, которые необходимо решить при выполнении исследований связанных с использованием асинхронных генераторов на электростанциях в области возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: асинхронный генератор, напряжение, реактивная мощность, конденсаторная установка.

Михайлюк Олег Борисович — аспирант кафедры возобновляемой энергетики и транспортных электрических систем и комплексов, e mail: olegmm12@gmail.com