

# ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З АСИНХРОНІЗОВАНИМИ ТУРБОГЕНЕРАТОРАМИ, ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*В роботі досліджено досвід вітчизняних та закордонних експертів з питань виготовлення та експлуатації асинхронізованих турбогенераторів. Виконано аналіз впливу асинхронізованих турбогенераторів на режим роботи синхронних турбогенераторів теплових електричних станцій в умовах їх модернізації.*

**Ключові слова:** асинхронізований турбогенератор, тепла електрична станція, динамічна стійкість.

## *Abstract*

*The work examines the experience of domestic and foreign experts on the fabrication and operation of asynchronous turbogenerators. The analysis the influence of asynchronous turbogenerators on the operation mode of synchronous turbogenerators on thermal power stations in the conditions of their modernization.*

**Keywords:** asynchronous generator, thermal power plant, dynamic stability.

## Вступ

Поганий технічний стан електромереж, не оптимальність режимів роботи та недостатня якість електричної енергії спричиняють збільшення втрат електричної енергії [1]. Пріоритетними напрямками та заходами з підвищення енергоефективності та енергозбереження є зменшення втрат електричної енергії, підвищення надійності обладнання і стійкості електроенергетичної системи та забезпечення оптимальних режимів її роботи. Під час розроблення ієрархічних оперативного-керуючих комплексів, першочерговою задачею для розробників є оптимізація режимів, як за активною потужністю, так і за реактивною, для мінімізації втрат активної потужності в мережі та забезпечення належного рівня динамічної стійкості ЕЕС в цілому.

Одним із основних і найбільш ефективних заходів щодо зниження втрат активної потужності в електричних системах, є впровадження в них компенсуючих пристроїв реактивної потужності [2]. В мережах нижчих класів напруг ці пристрої забезпечують додаткову генерацію реактивної потужності для підвищення рівня напруги, а в системоутворюючих мережах, компенсуючі пристрої встановлюються з метою споживання зарядних реактивних потужностей ліній електропередавання і недопущення перенапруг. Існує багато засобів компенсації надлишкової реактивної потужності. Кожний з цих компенсуючих пристроїв має свої переваги і свої недоліки. Для компенсації зарядної потужності високовольтних ліній і перенапруг в них, як правило, використовуються шунтові реактори (ШР). Вони дозволяють тільки дискретне регулювання напруги і є недостатньо надійними через свою комутаційну апаратуру. Вони погіршують електромагнітну сумісність в ЕЕС під час різних видів комутацій та в аварійних режимах. Під час експлуатації можуть виникати несиметричні режими ліній, через відмову шунтових реакторів окремих фаз чи під час ремонту їх груп. До високоефективного, добре керованого електротехнічного обладнання, яке позитивно впливає на регулювання напруги, можна віднести асинхронізовані турбогенератори (АСТГ). Це підтверджує порівняльний технічний аналіз [3], який показує, що під час вирішення задачі щодо компенсації надлишків реактивної потужності для забезпечення заданих напруг на електростанціях найбільш ефективним є застосування АСТГ.

Метою роботи є дослідження впливу АСТГ на роботу синхронних турбогенераторів ТЕС.

## Результати дослідження

Відомо, що надійність роботи синхронних турбогенераторів (СТГ), що експлуатуються в умовах частих пусків, циклічності зміни навантаження, споживання реактивної потужності знижується через пошкодження торцевих пакетів осердя статора [4]. І хоча в нових типах СТГ проблеми з крайніми пакетами осердя статора розв'язані, для них залишається актуальним обмеження величини споживання реактивної потужності за умовами динамічної стійкості [3].

Як показують численні наукові та експериментальні дослідження [4], генератори нового покоління до яких відносяться АСТГ, завдяки особливій конструкції ротора та системи збудження, мають значну перевагу над традиційними синхронними машинами та можуть працювати в режимах споживання реактивної потужності в значних величинах без зниження їх динамічної стійкості. Завдяки цьому на ТЕС, де вони встановлені, синхронні генератори можуть працювати у допустимих для себе режимах, так як споживають реактивну потужність з мережі саме асинхронізовані генератори. Це в свою чергу впливає на підвищення надійності синхронних генераторів ТЕС.

Асинхронізований принцип управління полягає в регулюванні за встановленим законом двох складових напруг збудження, що дозволяє незалежно регулювати електромагнітний момент і напругу. Під час цього, можна керувати не тільки величиною, але й фазою форсування збудження незалежно від кута повороту ротора генератора. Завдяки таким можливостям під час вмикання АСТГ на одні шини з СТГ через неоднакову зміну кутів внутрішніх ЕРС цих машин у випадку аварійних збурень в електричних мережах, між ними виникає зрівнювальний перетік потужності, який здійснює на СТГ гальмівну дію в першому періоді коливання роторів генераторів, підвищуючи тим самим стійкість СТГ [5].

Як показали проведені теоретичні і експериментальні дослідження, значно підвищує надійність АСТГ здатність їх роботи в асинхронному режимі [6, 7]. Асинхронні режими роботи АСТГ можуть виникнути в результаті перевищення границь динамічної стійкості, відмови системи збудження чи обмоток ротора. В першому випадку АСТГ переходить в керований асинхронний режим, за якого обмотки залишаються підключеними до збудника. Перехід в керований асинхронний режим роботи проходить плавно. В керованому асинхронному режимі АСТГ має більшу від СТГ здатність до перевантаження за рахунок додаткової дії асинхронної складової електромагнітного моменту, що дозволяє виконувати ресинхронізацію без зниження моменту турбіни. Під час цього, після невеликого зменшення ковзання (до 1%), можна здійснити плавний перехід до нормального режиму роботи.

Під час відмови системи збудження АСТГ можна перевести в некерований асинхронний режим роботи з замкненими накоротко обмотками збудження. Працюючи з споживанням реактивної потужності в цьому режимі АСТГ може довготривало нести активне навантаження, яке становить до 80% номінального. Здатність до перевантаження АСТГ в некерованому асинхронному режимі достатня для забезпечення необхідного запасу стійкості. Крім цього, завдяки повній симетрії ротора АСТГ, в асинхронному режимі роботи не відбувається жодних коливань напруги і потужності. Керований асинхронний режим роботи можна використовувати в нічні години під час значних підвищень напруги в мережі. В цьому режимі підвищується ККД генератора в зв'язку зі зменшенням втрат потужності на величину втрат в системі збудження.

У випадку пошкодження обмотки збудження чи комутаційної апаратури можливий аварійний режим роботи асинхронізованого турбогенератора з розімкнутою обмоткою збудження за рахунок вихрових струмів масива ротора. Однак в цьому режимі роботи тривале допустиме навантаження не перевищує 50% номінального, а максимальний момент ледве досягає номінального значення. Тому, такий асинхронний режим розглядається, як крайній аварійний невідкладний випадок.

В АСТГ перехідні процеси затухають значно швидше ніж в СТГ, так як регулювання реактивної потужності в них здійснюються електромагнітним шляхом, а в СТГ цей процес має електромеханічний характер. Тому процес регулювання напруги в АСТГ відбуваються в кілька раз швидше ніж в СТГ [6]. Під час цього є можливість підтримання більш високого рівня напруги на шинах електростанції підчас перехідних процесів. Відсоток збільшення рівня напруги залежить від співвідношення СТГ і АСТГ на електростанції [7].

В динамічних режимах, пов'язаних з аваріями в енергосистемі, переваги АСТГ-200 перед ТГВ-200М полягають в можливості управління кутом навантаження незалежно від кута повороту ротора. Здійснюючи по можливості дискретний поворот результуючого вектора МРС (струму збудження) назад (вперед), можна забезпечити по можливості максимальне значення електромагнітного прискорюючого (гальмівного) моменту [6].

Границя динамічної стійкості АСТГ, за фіксованого значення реактивної потужності, майже не залежить від режимів за реактивною потужністю [8]. В синхронних генераторах під час зниження реактивного навантаження, а особливо за переходу в режими його споживання, вимагається значне підвищення кратності форсування системи збудження, зниження допустимої тривалості короткого замикання чи зниження активного навантаження генератора. Така перевага має місце завдяки реалізованій в АСТГ можливості керування фазою форсування напруги збудження незалежно від поворо-

ту його ротора. Практична відсутність в асинхронізованих турбогенераторах залежності границь динамічної стійкості від їх реактивного навантаження забезпечує ріст динамічної стійкості електростанції в цілому [7].

АСТГ дозволяє збільшити пропускну здатність електричних зв'язків між електричною станцією та електроенергетичною системою за рахунок великого діапазону регулювання потужності, що викликає доцільність заміни шунтових реакторів на АСТГ. Під час цього зменшується і кількість комутацій працюючих в електроенергетичній системі ШР і батарей статичних конденсаторів [7].

Досвід експлуатації АСТГ продемонстрував розширені можливості цих турбогенераторів під час роботи в маневрених режимах за реактивною потужністю і в тривалих асинхронних режимах [7].

### Висновки

1. Досвід роботи асинхронізованих турбогенераторів на ТЕС показує, що вони дозволяють обмежити роботу СТГ з високим значенням коефіцієнту потужності та в режимах споживання реактивної потужності з мережі, а також підвищити рівень динамічної стійкості ТЕС.

2. Проведені дослідження та розрахунки показують, що обмеження роботи СТГ в режимах недозбудження за допомогою АСТГ дозволило знизити в 9,2 рази пошкоджуваність крайніх пакетів осердя статора.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бородин Д.В. Проблемы качества электроэнергии в сетях 330-750 кВ ГП НЭК “Укрэнерго” / Д.В. Бородин // Світлотехніка та електроенергетика . – 2008. - № 2 – С. 79-81.

2. Зорин В.В. Экономически обоснованные значения перетоков и степени компенсации реактивной мощности в сети потребителя / В.В. Зорин // Электрика. – Москва, 2005. - № 12. – С. 13-16.

3. Лабунец И.А. Асинхронизированные турбогенераторы как средство повышения устойчивости и регулирования напряжения в электрических сетях / И.А. Лабунец, П.В. Сокур, Н.Д. Пинчук и др. // Электрические станции. – 2004. - № 8. – С. 26 - 32.

4. Блоцкий Н.Н. Испытание асинхронизированного синхронного двигателя / Н.Н. Блоцкий // Электричество. – 1971. - № 7. – С. 17-19.

5. Беляев А.Н. О применении устройств управляемой поперечной компенсации для транзитных электропередач класса 500 кВ/ А.Н. Беляев, Г.А. Евдокунин, С.В. Смоловик, В.С.Чудный // Электричество. - № 2. – 2009. – С. 2-13.

6. Здановський В.Г., Крисюк Л.М. Випробування та досвід промислової експлуатації турбогенераторів АСТГ-200 / В.Г. Здановський, Л.М. Крисюк // Энергетика и электрофикация. – 1997. - № 3. – С. 1-4.

7. Міняйло О.С. Досвід експлуатації асинхронізованих турбогенераторів АСТГ-200 на Бурштинській ТЕС / О.С. Міняйло, М.С. Романів, В.В. Кривий, Л.М. Крисюк // Энергетика и Электрификация. - 2002. - № 4 – С. 8-14.

8. Міняйло О.С. Диференційні рівняння стану асинхронізованого генератора у режимі двофазного замикання / О.С. Міняйло, К.Б. Покровський, О.І. Маврін, Н.Г. Мальцева // Вісник Нац. університету “Львівська політехніка”. – 2007. - № 596. – С. 107-110..

**Сергій Віталійович Репка** – студент групи ІЕ-126, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: repka94@mail.ua;

Науковий керівник: **Вячеслав Олександрович Комар** – к. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Sergey V. Repka** – Department of Electric Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: repka94@mail.ua;

Supervisor: **Vyacheslav O. Komar** – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Professor, Ass. Professor of Electric Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.