

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ САМОЗБУДЖЕННЯ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ НАПРУГОЮ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ РОБОТІ НА АКТИВНЕ ТА АКТИВНО-ІНДУКТИВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Пушкар М. В., Гузинський А. С., Приходько В. А.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Досліджено процес самозбудження автономного асинхронного генератора при різних характерах навантаження, встановлено, що введення індуктивної складової зменшує час самозбудження генератора.

**Постановка проблеми.** Асинхронні генератори (АГ) з самозбудженням є дешевим та надійним джерелом електричної енергії для живлення автономних електроустановок, також вони знайшли широке застосування у вітро- та гідро- системах генерування електричної енергії та в якості дизельних генераторів в сільському господарстві. Але процес самозбудження, дослідження робочих режимів та керування напругою АГ є непростю задачею, оскільки, генерована напруга залежить від швидкості обертання генератора, ємності конденсаторних батарей для його збудження, а також від величини та характеру навантаження. Тому, якщо швидкість АГ можна стабілізувати, а ємність конденсаторних батарей – регулювати, то навантаження зазвичай є змінюваною величиною. Тому дослідження робочих режимів АГ при зміні його навантаження є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки встановились певні тенденції в розробці систем керування напругою АГ. Аналіз літературних джерел показує, що найбільш перспективними для використання в автономних системах генерування є АГ з керуванням напругою на основі електронних регуляторів навантаження (ЕРН) [1-2], статичних компенсаторів (STATCOM) [1, 3], та векторно-керовані системи на базі інверторів [1, 4]. Останні два типи є доволі дорогими системами, якими складно керувати. Але системи на основі ЕРН є найбільш простими та дешевими і часто застосовуються в агропромисловому комплексі для живлення автономних споживачів [2].

**Мета статті.** Пропонується провести порівняльне дослідження процесу самозбудження системи АГ-ЕРН при роботі з активним та активно-індуктивним навантаженням.

**Основні матеріали дослідження.** На рис. 1 представлена функціональна схема системи керування напругою АГ за допомогою ЕРН. Асинхронний генератор АГ приводиться в обертання за допомогою приводного двигуна М, швидкість обертання якого підтримується постійною. Для самозбудження АГ використовується паралельна батарея конденсаторів С, включених в трикутник. Генератор підключено до навантаження, яке під час роботи може змінюватись в діапазоні від 0% до 100% від номінального значення. Паралельно до навантаження та генератора підключається електронний регулятор навантаження, який складається з випрямляча, фільтруючого конденсатора СЕРН та баластного резистора RЕРН, який в залежності від навантаження на АГ комутується за допо-

могою електронного ключа VT. Сигнали керування ключем поступають від ШІМ контролера, який в залежності від величини напруги, отриманої з датчика напруги (ДН), дає сигнал на замикання ключа.

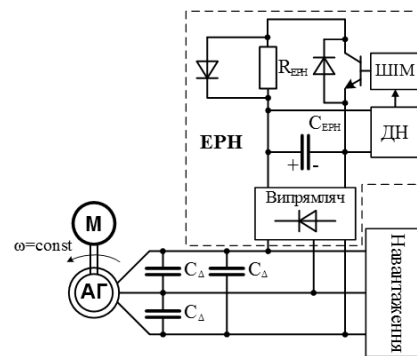


Рисунок 1 – Функціональна схема АГ з ЕРН

Завданням електронного регулятора навантаження є підтримка сталого навантаження АГ, що в свою чергу робить сталою і величину генерованої напруги АГ. У випадку коли величина навантаження змінюється, підключається баластне навантаження R<sub>ELC</sub> так, щоб величина загальної потужності на генераторі залишалася незмінною [5]:

$$P_{заг} = P_L + P_{бал}, \quad (1)$$

де  $P_{заг}$  – загальна електрична потужність на генераторі;

$P_L$  – електрична потужність яку споживає навантаження підключене до АГ;

$P_{бал}$  – електрична потужність яку споживає баластний резистор R<sub>ЕРН</sub>. Електрична потужність  $P_{бал}$  може бути використана корисно, наприклад для обігріву, зарядки акумуляторів тощо.

Для аналізу робочих режимів АГ з ЕРН та процесів його самозбудження була розроблена математична модель в середовищі Simulink/MATLAB, яка представлена в [5].

Дослідження проводилися для АГ побудованого на базі трифазного асинхронного двигуна АИР М63В4У3 потужністю 0.37 кВт з наступними параметрами: номінальний струм  $I_n = 1.27$  А, номінальна напруга  $U_n = 380$  В, опір статора  $R_1 = 23$  Ом, опір ротора  $R_2 = 15.25$  Ом, індуктивність ротора  $L_1 = 1.18309$

Гн, взаємодуктивність  $L_m = 1.12043$  Гн. Дані параметри були отримані експериментально.

Графік перехідного процесу амплітуди генерованої напруги АГ при роботі на активне навантаження представлено на рис. 2. Спочатку генератор був розігнаний до номінальної швидкості, а в момент часу 1.6 с починається самозбудження. В кожній фазі підключене навантаження із активним опором 100 Ом.

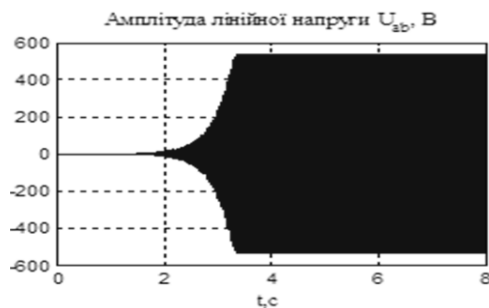


Рисунок 2 – Графік перехідного процесу амплітуди генерованої напруги АГ при роботі на активне навантаження

Дослідження режиму АГ при роботі на активно-індуктивне навантаження проводилось аналогічно режиму при роботі АГ на активне навантаження, проте в кожній фазі підключено навантаження із активним опором 100 Ом та паралельним дроселем індуктивністю  $3,2 \cdot 10^{-4}$  Гн. Графік перехідного процесу амплітуди генерованої напруги АГ при роботі на активно-індуктивне навантаження представлено на рис. 3.

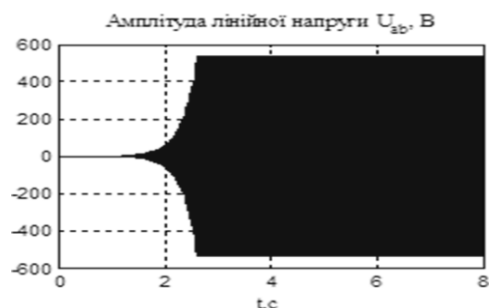


Рисунок 3 – Графік перехідного процесу амплітуди генерованої напруги АГ при роботі на активно-індуктивне навантаження

В результаті дослідження було відмічено, що самозбудження АГ при роботі на активно-індуктивне навантаження відбувається в середньому на 0.7-1 с швидше ніж при активному навантаженні, тобто процес стрімкого зростання напруги за рахунок індуктивності є форсованим.

**Висновки.** З наведеного матеріалу видно, що процес самозбудження АГ при роботі з активно-індуктивним навантаженням є форсованим, порівняно з роботою АГ з чисто активним навантаженням. Збільшення індуктивності навантаження призводить до зменшення часу самозбудження, проте існує певна точка критичної індуктивності навантаження, при досягненні якої самозбудження неможливе. Подальшим кроком дослідження буде визначення аналітич-

них виразів для критичної індуктивності навантаження АГ.

#### Список використаних джерел

1. Chauhan Y. K., Jain S. K., Singh B. A prospective on voltage regulation of self-excited induction generators for industry applications, // IEEE Trans. Industry Applications, vol.46, no.2, 2010,- pp.720-730.
2. Singh B., Murthy S. S., Gupta S. Analysis and implementation of an electronic load controller for a self-excited induction generator// IEE Proceedings Generation Transmission and Distribution. Vol.151, No.1.2004,- pp. 51–60.
3. Singh B., Murthy S. S., Gupta S. Analysis and design of STATCOM-based voltage regulator for self-excited induction generators // Energy Conversion, IEEE Transactions on , vol.19, no.4, 2004,- pp.783–790
4. S. Peresada, S. Kovbasa, S. Korol, N. Zhelinskyi, Feedback linearizing field-oriented control of induction generator: theory and experiments // Tekhnichna Elektrodynamika. – 2017. no.2, - pp. 48–56.
5. Печеник М. В. Регулювання напруги асинхронного генератора із самозбудженням за допомогою електронного регулятора навантаження / М. В. Печеник, В. С. Бовкунович, М. В. Пушкар // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ – Вип. 3. – 2015, - с.82-87.

#### Анотація

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМОВОЗБУЖДЕНИЯ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА НАГРУЗКИ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВНУЮ И АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ НАГРУЗКУ

Пушкар Н. В., Гузинский А. С., Приходько В. А.

*Исследован процесс самовозбуждения автономного асинхронного генератора при разных характерах нагрузки, установлено, что введение индуктивной составляющей уменьшает время самовозбуждения генератора.*

#### Abstract

#### THE RESEARCH OF SELF-EXCITATION OF AUTONOMOUS INDUCTION GENERATOR WITH VOLTAGE CONTROL SYSTEM BASED ON ELECTRONIC LOAD CONTROLLER WHILE OPERATION ON ACTIVE AND ACTIVE-INDUCTIVE LOADS

M. Pushkar, A. Guzinskiy, V. Prikhodko

*The process of self-excitation of an autonomous induction generator with different types of load was investigated, it was discovered that the insertion of an inductive component reduces the time of self-excitation of the generator.*