

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЗАПУСКУ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З ІНВЕРТОРНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

Коваленко Дмитро Сергійович,  
аспірант

Шкурпела Олександр Олександрович,  
кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова  
E-mail: ua.mail.kovalenko@gmail.com

**Вступ.** Сучасні тенденції розвитку електроенергетики вказують на широке впровадження відновлюваних джерел енергії та перехід до розподіленої генерації. Такий вектор розвитку електроенергетики зумовлює використання великої кількості джерел малої потужності, як у складі загальної електромережі, так і в складі автономних систем. Це збільшує інтерес до використання асинхронної машини в якості генератора вітроустановок або дизельних установок. Відомі переваги асинхронної машини перед іншими типами електричних машин, такі як простота, надійність, низька вартість. Натомість асинхронна машина також має і недоліки, при використанні в якості генератора. Основним недоліком є необхідність використання дорогих конденсаторів для збудження, а також слабо вивчений процес самозбудження асинхронних генераторів та відсутність єдиної теорії цього процесу. Окремо це ускладнюється впливом системи керування на процес самозбудження, при роботі асинхронного генератора з інвертором напруги (струму), тому на практиці, найчастіше забезпечення гарантованого самозбудження автономних генераторів визначається шляхом експерименту на фактичному обладнанні та при потребі його корегуванні. Все вище викладене вказує на безперечну актуальність обраної теми дослідження та потребує її розкриття.

**Результати дослідження.** В якості асинхронної машини в цьому дослідженні використовується асинхронний двигун типу АД906, що має наступні паспортні дані:

- номінальна вихідна потужність  $P_{2n}=240$  кВт,
- номінальна фазна напруга обмотки статора  $U_{1n}=664$  В,
- номінальна частота струму  $f_1=33.6$  Гц,
- номінальний коефіцієнт корисної дії  $\eta_n=93$  %,
- номінальний коефіцієнт потужності статорної обмотки  $\cos\varphi = 0.96$ ,
- номінальне ковзання ротора  $S_n=1.9$  %,
- число пар полюсів  $Z_p = 2$ ,
- число фаз  $m = 3$ .

Для збудження асинхронного генератора АД906 використовується інвертор напруги та векторна система керування. Робоча напруга, що використовується для живлення навантаження формується у колі постійного струму інвертора напруги.

Відомо, що процес збудження асинхронного генератора виконується від батареї конденсаторів, що можуть бути з'єднанні в трикутник чи у зірку. У випадку інверторного збудження ємнісний струм формується безпосередньо, а джерелом енергії виступає конденсатор, що встановлений у ланці постійного струму. Фактом збудження вважається стійке підвищення напруги в колі постійного струму. Для виконання цілей дослідження процес підключення навантаження не досліджувався.

Для проведення дослідження була створена імітаційна модель системи асинхронний генератор – інвертор напруги (рисунок 1). Модель має в своєму складі асинхронний генератор, інвертор напруги з гальмівною провідністю та гальмівним ключем.

Імітаційна модель асинхронного генератора, що використана у дослідженні через особливості своєї побудови, не має значень залишкового магнітного потоку ротора та статора, що можуть використовуватись у процесі початкового збудження та, згідно досліджень значно полегшують пуск генератора. Що відповідають “гіршому” випадку, що не суперечить меті

дослідження, тому додаткових коригувань імітаційної моделі не проводилось. Результати дослідження представлені на рисунку 2. Параметри умов запуску асинхронного генератора представлені у таблиці 1.

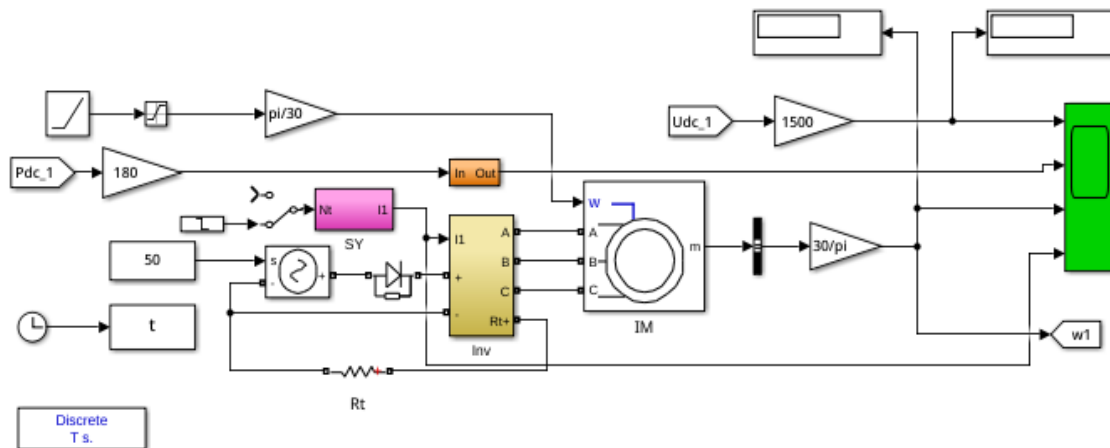


Рисунок 1 – Імітаційна модель інверторного збудження асинхронного генератора

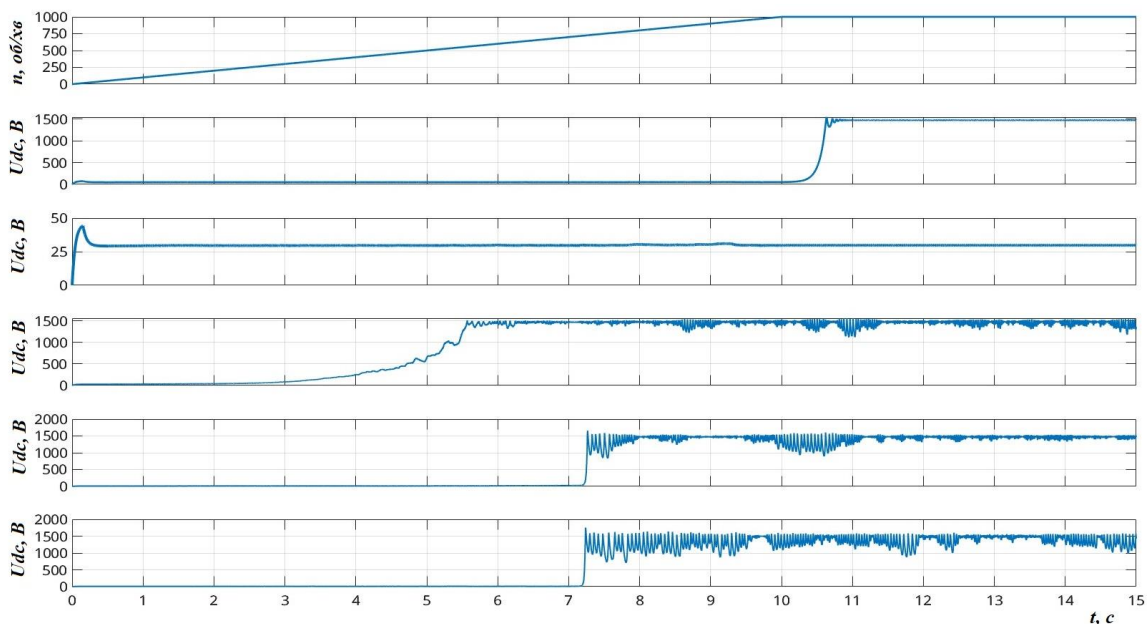


Рисунок 2 – Результати імітаційного моделювання умов запуску асинхронного генератора

Таблиця 1 – Параметри умов запуску асинхронного генератора

№ з/п	Початкова напруга, В	Частота пуску, об/хв	Ємність фільтра, мкФ	Результат пуску
1	50	1000	3000	Успіх
2	30	-	3000	Невдача
3	30	550	100	Успіх
4	12	750	40	Успіх
5	9	750	20	Успіх

**Висновки.** В ході дослідження встановлено, що на процес збудження впливають декілька параметрів. Початкова напруга на ємності, частота обертання валу генератора та величина ємності фільтра у колі постійного струму інвертора. Встановлено, що частота обертання валу, при якому відбувається збудження генератора зворотно пропорційна початковій напрузі на конденсаторі. А величина ємності фільтра в колі постійного струму прямо впливає

на умови пуску асинхронного генератора. Зменшення величини ємності фільтра кола постійного струму інвертора призводить до полегшення пуску асинхронного генератора.

За результатами дослідження чітко видно, забезпечення надійного пуску асинхронного генератора з інверторним збудженням можна досягти корегуванням величини ємності фільтру, проте чіткої залежності встановити не вдалося. Пошук такої залежності потребує додаткового дослідження.

#### **Список використаних джерел**

1. Марков, В. С. Огляд та аналіз сучасних гіпотез порушення автономних асинхронних генераторів. Інтегровані технології та енергозбереження. 2017. № 1. С. 73–94. (CrossRef)
2. Muljadi, E., Sallan, J., Sanz, M., and Butterfield, C.P., Investigation of self-excited induction generators for wind turbine applications, IEEE Proc., 1, 509–515, 1999
3. Ekanayake, J. B., Induction generators for small hydro schemes, Power Eng. J., 61–67, April 2002.
4. F. A. Farret, B. Palle and M.G. Simoes, “Full expandable model of parallel self-excited induction generators,” IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 152, No. 1, January 2005.

**УДК 621.3**

### **ВПЛИВ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

**Коваль Вадим Петрович,**

кандидат технічних наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

*E-mail: koval\_vp@ukr.net*

Руйнування енергосистеми України, підвищення цін на електроенергію та недостатня кількість електроенергії на деяких ділянках електромережі стали суттєвими аргументами пошуку резервних джерел живлення. Саме тому розподілені фотоелектричні системи набувають усе ширшого застосування як для промислового так і для житлового сектору. Фотоелектричні станції, які функціонували до війни лише для продажу електроенергії в мережу відступають на задній план. Усе частіше будуються фотоелектричні станції, які генерують електроенергію для власних потреб. У зв'язку із нерівномірністю поступлення сонячної енергії та споживання електроенергії обов'язково використовувати акумулятори електроенергії. Незважаючи на велику кількість досліджень, присвячених проектуванню ємності та стратегіям управління системою акумуляування за різних умов роботи [1], мало хто з них приділяє увагу впливу ємності акумулятора на ефективність роботи фотоелектричної станції в реальних умовах експлуатації.

Для досліджень побудовано фотоелектричну станцію на основі гібридного інвертора MUST PV18-5248 PRO потужністю 2320 Вт (рис.1).

В її склад входять 8 фотоелектричних панелей потужністю по 290 Вт, гібридний інвертор, захисна апаратура від короткого замикання, перенавантаження, ураження блискавкою та Li-ion акумуляторна батарея напругою 48 В із системою керування акумуляторною батареєю (BMS).

Використаний гібридний інвертор MUST PV18-5248 PRO – це пристрій який функціонує із трьома джерелами енергії: мережа, сонце і акумуляторна батарея. При наявності будь-якого з них живить споживача електроенергією. При цьому має функцію підмішування. Вона полягає в подачі електроенергії від декількох джерел одночасно, змінюючи відсотковий вміст кожного в залежності від заданої програми. Наприклад, запрограмовано жити споживача спочатку від фотоелектричних панелей, потім від акумулятора, а при недостатній кількості електроенергії від першого і другого – від мережі. У цьому випадку, якщо енергії