

# ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ В ЛАНЦІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ З АСИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ

**Король С.В., к.т.н., доц., Онищук Б.О., магістрант**

*НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Актуальність.** В останні роки, в зв'язку з досягненнями в галузі мікроелектроніки, силової перетворювальної техніки і виробництва конденсаторів, широко застосовуються машини змінного струму в системах генерування. Перспективним вирішення проблеми постачання електроенергії у віддалені райони, в умовах дорожчання енергоресурсів, є автономні вітро-, гідро- енергоустановки малої і середньої потужності. Завдяки високій надійності та низькій ціні асинхронні машини з КЗ ротором широко застосовуються в системах генерування де збудження машини здійснюється конденсаторними батареями або керованим ШІМ перетворювачем. Другий варіант дозволяє забезпечити якісну стабілізацію напруги в широкому діапазоні зміни навантаження та швидкості ротора автономного асинхронного генератора (АГ).

**Мета.** Дослідження якості стабілізації напруги постійного струму в автономній системі живлення на основі АГ.

**Результати дослідження.** Більшість сучасних алгоритмів керування АГ базуються на теорії векторного керування [1]. На основі рішення векторного керування моментом і потокозчепленням ротора АГ з непрямым полеорієнтуванням [2] побудована система стабілізації напруги  $V_d$  на виході повістю керованого випрямляча, рис. 1. Алгоритм керування реалізується в обертовій системі координат (d-q), яка зв'язана з вектором потокозчеплення ротора і складається з двох регуляторів – потокозчеплення [2] і ПІ регулятора напруги в ланці постійного струму:

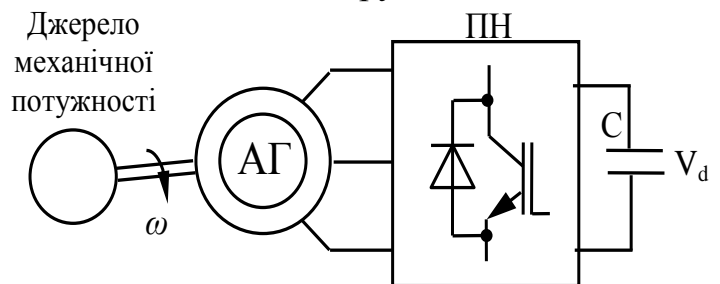


Рисунок 1 – Система генерування з АГ

$$\omega_0 = \omega p_n + \frac{\alpha L_m i_q^*}{\Psi^*}, i_d^* = \frac{1}{L_m} \Psi^* - \text{регулятор потоку};$$

$$i_q^* = \frac{2L_2 M^*}{3p_n L_m \Psi^*}, M^* = -k_p (V_{dc} - V_{dc}^*) - x_{dc} \dot{x}_{dc} = k_{pi} (V_{dc} - V_{dc}^*) - \text{регулятор напруги}; \quad (1)$$

де  $\omega_0$   $\omega$ , – кутова частота обертання вектора потокозчеплення та ротора АГ відповідно,  $p_n$  – число пар полюсів,  $\Psi^*$  – задане потокозчеплення,  $M^*$  – заданий момент АГ,  $V_{dc}^*$  – задана напруга ланки постійного струму,  $k_p$ ,  $k_{pi}$  – коефіцієнти пропорційної та інтегральної складових регулятора напруги в ланці постійного струму.

Виходи попередніх підсистем в якості завдань струмів поступають на підсистему регулювання струмів [3]:

$$\begin{aligned} u_{d1} &= (-k_i(i_d - i_d^*) - \omega_0 L_1 i_q - x_d), \text{ де } \dot{x}_d = k_{ii}(i_d - i_d^*), \\ u_{q1} &= (-k_i(i_q - i_q^*) - \omega_0 L_1 i_d - x_q), \text{ де } \dot{x}_q = k_{ii}(i_q - i_q^*), \end{aligned} \quad (2)$$

де  $i_d^*$ ,  $i_q^*$  – задані струми  $i_d$ ,  $i_q$ ,  $k_i$ ,  $k_{ii}$  – коефіцієнти пропорційної складової та інтегральної складових регуляторів струму. Модель перетворювача напруги [4]

Для дослідження динамічних режимів АГ на основі алгоритму непрямого векторного керування напругою на виході перетворювача було створено моделюючу програму, яка представлена на рис. 2.

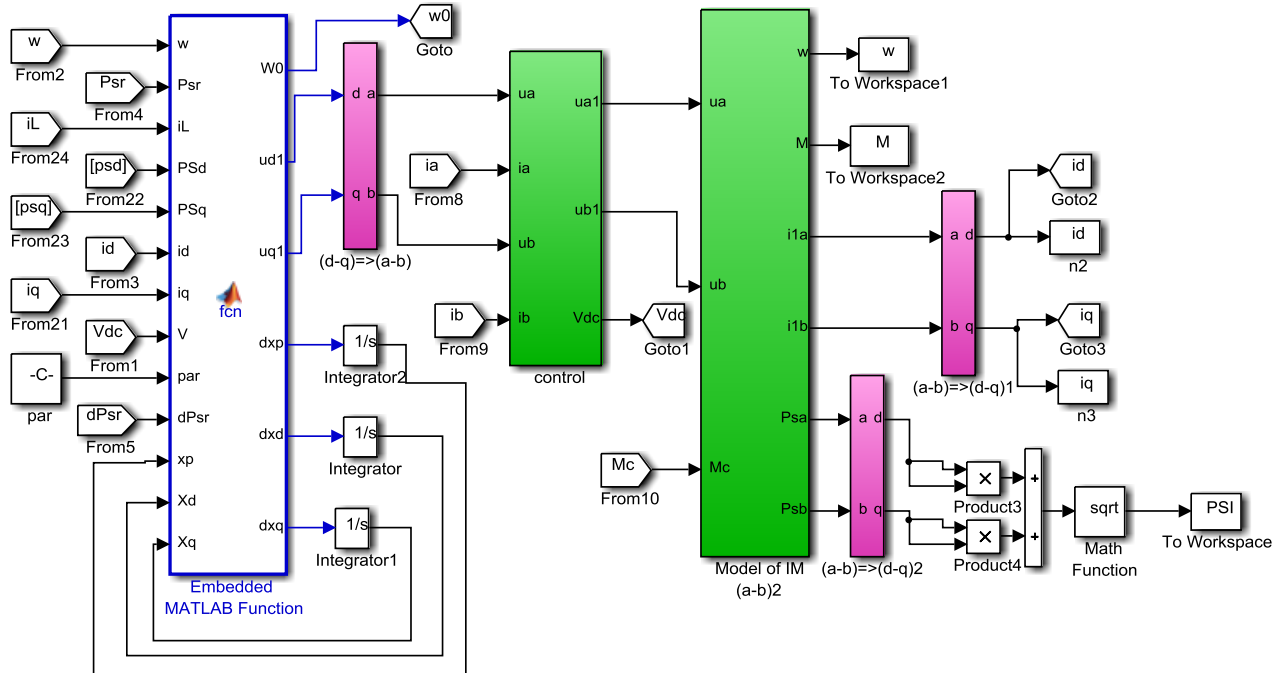


Рисунок 2 – Модель електромеханічної системи генерування електроенергії у пакеті Simulink

Дослідження проводилось за допомогою моделі (1),(2). Параметри генератора  $P=2,2$  кВт,  $R_1=3,5$  Ом,  $L_1=0,28$  Гн,  $R_2=2,5$  Ом,  $L_2=0,28$  Гн,  $L_m=0,279$  Гн. Значення налаштувальних параметрів прийняті:  $k_i = 700$ ,  $k_{ii} = 120000$ ,  $k_p = 100$ ,  $k_{pi} = 5000$ . Важалось, що в початковий момент ланка постійного струму отримує живлення від акумулятора напругою 48 В. Вал генератора розкручується електроприводом із замкнутим контуром швидкості за 0,3 с. Дослідження показало, що помилка стабілізації напруги в статиці дорівнює нулю, а помилка, яка виникає при стрибкоподібній зміні навантаження, величиною 1,85 кВт ( $t=1.5$  с), згасає в ноль за 0.3с. і становить: 9 В. Поточкова компонента струму статора повторює траєкторію поточкозчеплення і в усталеному стані складає 3,5 А. Моментна компонента струму статора в усталеному режимі – складає 7 А. Напруги  $U_q$  і  $U_d$  – в допустимих межах.

**Висновки.** Результати дослідження непрямого алгоритму керування електромеханічною системою на основі АГ показали, можливість

асимптотичної стабілізації напруги в ланці постійного струму з нульовими статичними помилками при використанні представленого рішення. Розроблена модель електромеханічної системи з автономним АГ і ШІМ перетворювачем дає можливість дослідження алгоритмів керування автономним АГ.

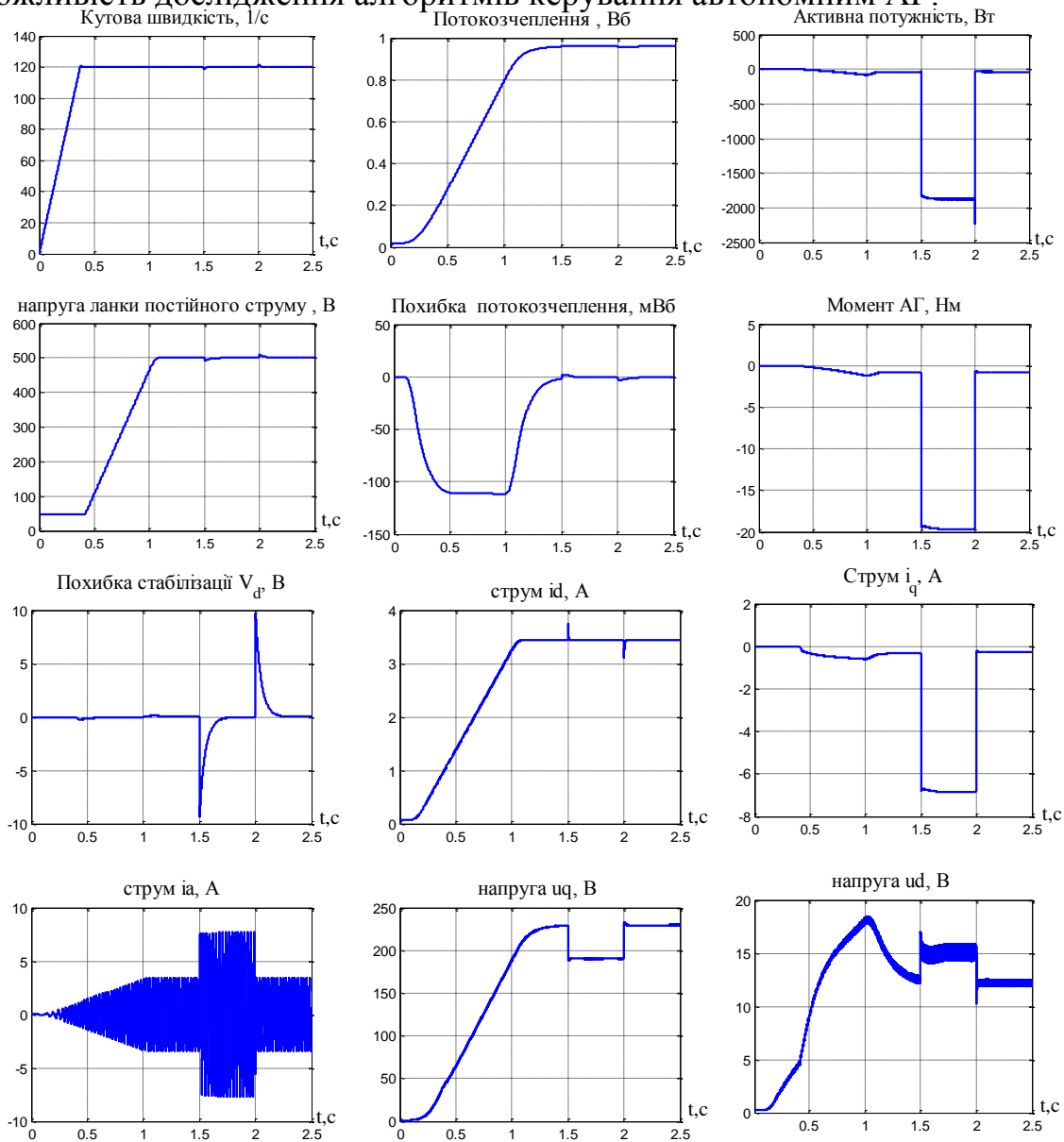


Рисунок 3 – Дослідження алгоритму керування системи стабілізації напруги в ланці постійного струму

#### Перелік посилань

1. Leonhard W. Control of Electrical Drivers(3rd edition).-Berlin:Springo-Verlag,2000.-460p.
2. Jose Luis Dominguez-Garcia, Oriol Gomis-Bellmunt, Lluís Trilla-Romero, Adria Junyent-Ferre. Vector Control of Squirrel Cage Induction Generator for Wind Power// XIX International Conference on Electrical Machines - ICEM 2010, Rome
3. L. Harnefors and H.-P. Nee, "Model-based current control of ac machines using the internal model control method," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 34, no. 1, pp. 133–141, Jan.-Feb. 1998.
4. Король С.В. Управление активным корректором коэффициента мощности путем формирования энергии преобразования // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: НТУ «ХП», 2013. – №36 (1009). – С. 396–397.