

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ В УМОВАХ ВАРІАЦІЇ АКТИВНОГО ОПОРУ РОТОРА

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

Представлено дослідження статичних характеристик системи генерування в умовах варіації активного опору ротора з лінійною та нелінійною магнітною системою. Показано, що при відхиленнях відносно номінального значення активного опору ротора як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення активні втрати збільшуються, коли враховується насичення магнітної системи.

Ключові слова: система генерування, варіація опору ротора.

Abstract

The research of statistical characteristics of generating systems in the conditions of variation of the active resistance of the rotor with a linear and nonlinear magnetic system is presented. It is shown that when deviations relative to the nominal value of the active resistance of the rotor as a part of the increase, and in the direction of its reduction, the active losses increase when the saturation of the magnetic system is taken into account.

Keywords: generating system, rotor resistance variation.

Вступ

Досягнення цілей векторного керування напругою в ланці постійного струму та вектором потокозчеплення ротора асинхронного генератора (АГ) можливо, якщо параметри генератора відомі та сталі [1,2]. Але відомо, що активний опір ротора в АГ з короткозамкненим ротором є недоступним для вимірювання та може змінюватися у межах від -50% до 100% відносно номінального значення при роботі генератора під навантаженням внаслідок нагріву або неточності визначення параметрів електричної машини при ініціалізації системи. В загальному випадку варіації активного опору викликають порушення умов полеорієнтування, що призводить до деградації динамічних показників якості відпрацювання координат АГ, збільшенню активних втрат в електричній машині, та в деяких випадках до втрати стійкості системи, тому в системах векторного керування його варіація розглядається як основне параметричне збурення.

Результати дослідження

Рівняння досліджуваного алгоритму непрямого векторного керування АГ з пропорційно-інтегральними регуляторами визначені в [3]. Параметри досліджуваного АГ серії 4A90L4У3, у якого номінальна потужність 2.2 кВт, $R_1 = 3.5$ Ом, $R_2 = 2.2$ Ом, $L_1 = 0.287$ Гн, $L_2 = 0.287$ Гн, $L_m = 0.27$ Гн, кількість пар полюсів $p_n = 2$, ємність в ланці постійного струму $C = 1000$ мкФ, $J = 0.002$. Система керування налаштована з наступними параметрами: $k_{id} = k_{iq} = 500$, $k_{ii} = k_{id}^2 / 2$ – коефіцієнти пропорційної та інтегральної складових регуляторів струму; $k_v = 0.2$, $k_{vi} = 15$ – коефіцієнти пропорційної та інтегральної складової регулятора напруги ланки постійного струму.

Для кількісної оцінки впливу варіації активного опору ротора на енергетичну ефективність системи генерування з алгоритмом векторного керування з пропорційно-інтегральними регуляторами [3] проведено дослідження статичних режимів в умовах під'єднання номінального навантаження та варіації активного опору ротора в діапазоні $0.73 \leq k_\alpha \leq 1.6$, де $k_\alpha = \hat{R}_2 / R_2$, де \hat{R}_2 – значення активного опору ротора в алгоритмі керування. В умовах тесту потужність навантаження 3.1 А, потокозчеплення ротора 0.96 Вб, швидкість обертання ротора 140 рад/с були на номінальному рівні, при цьому змінювалося значення активного опору ротора, а в усталеному режимі фіксувалися значення модулю

струму статора $|\mathbf{I}| = \sqrt{i_d^2 + i_q^2}$ та коефіцієнта корисної дії. Статичні залежності цих змінних представлено на рис. 1. Похибки регулювання напруги ланки постійного струму $\tilde{V}_{dc} = V_{dc} - V_{dc}^*$ та струмів статора $\tilde{i}_d = i_d - i_d^*$, $\tilde{i}_q = i_q - i_q^*$ у статичному режимі були нульовими.

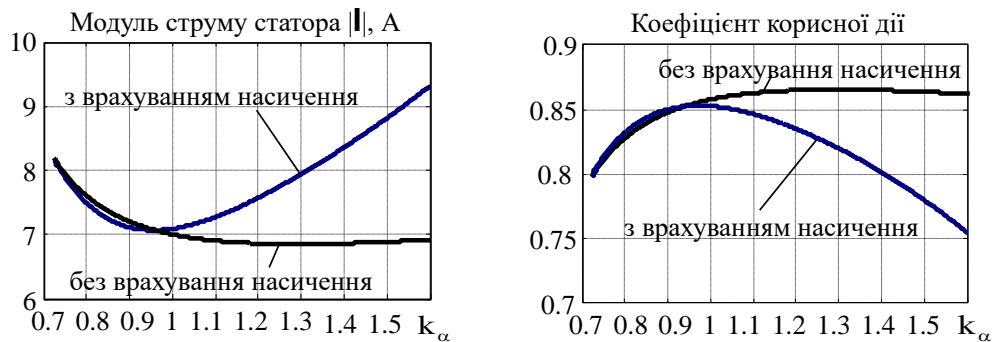


Рисунок 1 – Статичні залежності від значень активного опору ротора в умовах лінійного та нелінійного представлення магнітної системи

З рис. 1 слідує, що при варіації $k_\alpha < 1$ потокозчеплення зменшується, що призводить до збільшення модулю струму статора. Для варіації $k_\alpha > 1$, навпаки, потокозчеплення збільшується, а модуль струму статора при цьому зменшується. Тут важливо відмітити, що режим $k_\alpha > 1$ не відповідає фізиці роботи реальної машини, тому що не враховується насичення контуру намагнічування АГ. Фактично, при такій варіації машина входить в насичення для $\psi > 1$ Вб, а в системі з лінійною магнітною характеристикою цей ефект не враховується, тому результати дослідження з $k_\alpha > 1$ призводить до повністю хибного представлення процесів електромеханічного перетворення енергії, що підтверджено результатами при врахуванні насичення магнітної системи як в моделі, так і в алгоритмі керування.

Висновки

В результаті дослідження встановлено, що нехтування насиченням магнітної системи призводить до принципово хибних результатів при аналізі активних втрат в процесі електромеханічного перетворення енергії в умовах параметричних збурень. Зокрема, втрати в системі генерування з алгоритмом з пропорційно-інтегральними регуляторами збільшуються до 10 % в умовах тесту з $k_\alpha \in (0.73 - 1.6)$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Peresada S., Kovbasa S., Korol S., Pechenik N., Zhelinskyi N. Indirect field oriented output feedback linearized control of induction generator. 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). Kiev, 2016. P. 187–191.
2. Peresada S., Kovbasa S., Korol S., Zhelinskyi N. Feedback linearizing field-oriented control of induction generator: theory and experiments. Технічна електродинаміка. 2017. № 2. P. 48–56.
3. Peresada S., Zhelinskyi M., Kovbasa S., Korol S. Indirect field oriented control of the saturated induction generators with linear PI regulators. 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). Kyiv, 2019. P. 138–143.

Гоцін Шен – студент групи ЕП-71, факультет електроенерготехніки та автоматики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: sheng.guoqing@lil.kpi.ua.

Димко Сергій Сергійович – к.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: sdymko@ukr.net.

Желінський Микола Миколайович – асистент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: mykola.zhelinskyi@gmail.com.

Sheng Guoqing – Student, Faculty of Electric Power Engineering and Automatics, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, e-mail: sheng.guoqing@lil.kpi.ua.

Serhiy Dymko – Ph.D., Faculty of Electric Power Engineering and Automatics, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, e-mail: sdymko@ukr.net.

Mykola Zhelinskyi – Research Assistant, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, e-mail: mykola.zhelinskyi@gmail.com.