

ШВИДКИЙ ЗАПУСК АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ ЖИВЛЕННЯ

Король С. В., Шубенко О. В.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Представлено алгоритм швидкого запуску асинхронного генератора, який базується на векторному керуванні струмами статора асинхронного генератора з непрямою орієнтацією за вектором потокозчепленням.

Постановка проблеми. Автономні системи резервного живлення на основі асинхронного генератора (АГ), рис.1., знайшли широке застосування завдяки низькій ціні і високій надійності асинхронних машин. В автономних системах резервного живлення час запуску є однією із найважливіших характеристик. Зазвичай запуск АГ здійснюється від автономного джерела постійної напруги, яке має набагато меншу напругу ніж робоча напруга в ланці постійного струму. Для коректного запуску системи треба збудити АГ і зарядити конденсатор в ланці постійного струму не порушуючи фізичні обмеження, які визначаються низькою напругою автономного джерела і низьким потокозчепленням АГ.

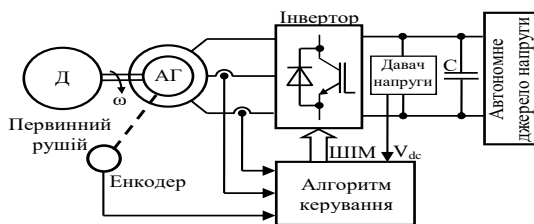


Рисунок 1 – Структура системи генерування

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Коректний алгоритм запуску автономної системи на основі АГ може реалізуватись за рахунок запуску електричної частини у два етапи [1]: спочатку відбувається збудження АГ до номінального значення потокозчеплення на низькій кутовій швидкості ротора, а потім зарядження конденсатора в ланці постійного струму. Це дозволяє досягти номінального потокозчеплення при живленні від низьковольтного автономного джерела в ланці постійного струму, але суттєво збільшує час запуску системи, оскільки вихідна потужність АГ на низькій швидкості набагато нижча номінальної. Альтернативний алгоритм [2] використовує дві паралельні задані траєкторії для струмів статора АГ. Коректна робота АГ на етапі запуску досягається формуванням заданої траєкторії напруги. Темп зарядження визначається аналітичним виразом для максимально допустимого струму генератора. Цей алгоритм дозволяє зменшити час запуску АГ, але він не враховує втрати в роторі та можливість роботи при швидкостях нижче номінальної. Таким чином існуючі алгоритми запуску не дозволяють в повній мірі мінімізувати час запуску АГ в автономній системі живлення не залежно від режиму роботи АГ.

Метою статті. Розробити та дослідити алгоритм запуску АГ, який дозволить зменшити час запуску не порушуючи фізичні обмеження за рахунок одночасного збудження АГ і зарядження конденсатора в ланці постійного струму максимальним струмом.

Результати дослідження. Алгоритм швидкого запуску АГ пропонується реалізувати на базі алгоритму векторного керування струмами статора АГ з непрямою орієнтацією за вектором потокозчепленням ротора [3]. При низькій напрузі в ланці постійного струму і низькому рівні потокозчеплення АГ значення струмів статора мають бути обмежені [4], щоб не порушити фізику роботи АГ. У [5] представлено алгоритм, який дозволяє більше ніж на 30% скоротити час зарядження конденсатора в ланці постійного струму. Він забезпечує роботу АГ з максимально можливою вихідною потужністю за рахунок обмеження моментної компоненти струму статора АГ

$$i_{q\,onm}^* = -L_m \omega p_n \psi^* / L_2 \left(2R_1 + 2R_2 L_m^2 / L_2^2 \right). \quad (1)$$

В алгоритмі прийняті наступні позначення: i_d^*, i_q^* – завдання для компонент струму статора в системі координат (d-q), ψ^* – задане потокозчеплення ротора, R_1, L_1, R_2, L_2 – активні та індуктивні опори статора та ротора відповідно, L_m – індуктивність намагнічування, ω – кутова швидкість обертання ротора, p_n – кількість пар полюсів.

Для зменшення часу запуску АГ пропонується застосувати алгоритм зарядження конденсатора С максимально можливим струмом одночасно зі збудженням АГ. Щоб забезпечити коректну роботу системи керування напругою в режимі обмеження заданого струму, яке виникає під час одночасного збудження АГ і заряду конденсатора ланки постійного струму, стандартний ПІ регулятор напруги [5] пропонується модифікується як показано на рис. 2. Тестування розробленого алгоритму виконано методом математичного моделювання. Метою дослідження є перевірка можливості одночасного збудження АГ і зарядження конденсатора в ланці постійного струму з використанням обмеження моментної компоненти струму на рівні $i_{q\,onm}^*$. Дослідження виконано з використанням повної динамічної моделі АГ в (a-b) координатах при непрямому векторному керуванні з модифікованим

ПІ регулятором напруги [5]. Тестування проводилось для машини АИР112М4У2 потужністю 5,5 кВт з номінальною швидкістю 1430 об/хв і номінальним струмом 11,4 А. Параметри АГ: $R1=1,04$ Ом, $L1=0,124$ Гн, $R2=0,7$ Ом, $L2=0,124$ Гн, $Lm=0,118$ Гн. Початкова напруга конденсатора в ланці постійного струму прийнята 150 В, ємність $C=1000$ мкФ. Налаштувальні параметри регуляторів обрані, $k_V=0.7$, $k_{V_i}=15$, $k_i = 600$, $k_{ii} = k_i^2 / 2$.

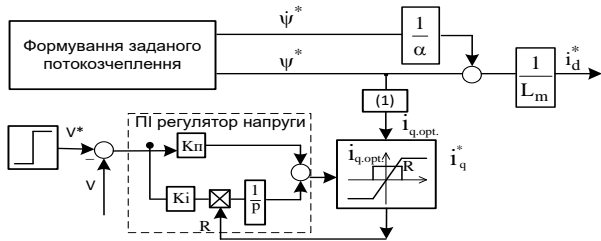


Рисунок 2 – Формування заданих струмів при швидкому запуску автономної системи на основі АГ

На момент початку тесту ротор генератора обертається на синхронній швидкості. На проміжку часу 0.1-0.5с відбувається збудження АГ по заданій траєкторії потокозчеплення другого порядку до номінального значення 0.96 Вб. Під час збудження при $t=0.15$ с починається заряджання конденсатора в ланці постійного струму з 150 В до 550В.

З результатів дослідження представлених на рис. 3 видно, що запропонований алгоритм забезпечує заряд конденсатора за 0.15с не порушуючи процес збудження і дозволяє зарядити конденсатор до завершення процесу збудження АГ. Під час процесу заряду значення моментної компоненти струму обмежене і зростає відповідно до залежності (2).

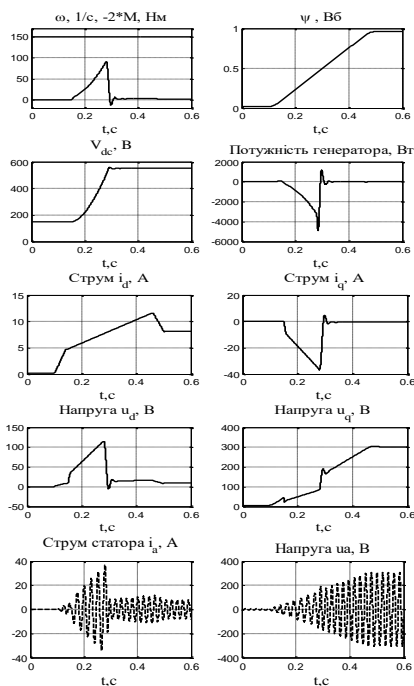


Рисунок 3 – Результати дослідження алгоритму швидкого запуску АГ

Висновки. Запропоновано та досліджено алгоритм швидкого запуску АГ, який здійснює збудження АГ і одночасно заряджання конденсатора в ланці постійного струму з максимальною вихідною потужністю. Такий підхід дозволить суттєво скоротити час запуску автономної системи генерування, який є визначальним для систем резервного живлення.

Список використаних джерел

1. Karakasis N. Performance study of start-up control techniques in a wind energy conversion system with induction generator / N. Karakasis, A. Mesemanolis, C. Mademlis // Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM). – June 2012. pp. 547-552.
2. Hazra S. Vector approach for self-excitation and control of induction machine in stand-alone wind power generation / S. Hazra, P. Sensarma, // IET Renewable Power Generation, vol. 5, no. 5. – September 2011. – pp. 397-405.
3. Peresada S. Indirect Field Oriented Output Feedback Linearized Control of Induction Generator / S. Peresada, S. Kovbasa, S. Korol, N. Pechenik, N. Zhelinskiy // Proceedings of 2016 IEEE 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS) – Jun 2016. – pp. 187-191.
4. Korol S. Investigation the Maximal Values of Flux and Stator Current of Autonomous Induction Generator / S. Korol, S. Buryan, M. Pushkar, M. Ostroverkhov // in Proc. IEEE Int. Conf. UKRCON-2017. – pp.560-563.
5. Король С. В. Швидке заряджання конденсатора ланки постійного струму в автономній системі з векторно керованим асинхронним генератором / С. В. Король, І. В. Кривошея, К. О. Гайдар, С. А. Козлюк // Вісник ВПІ. – 2018. – №3. – С 57-61.

Анотація

БЫСТРЫЙ ЗАПУСК АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ

Король С. В., Шубенко О. В.

Представлен алгоритм быстрого запуска асинхронного генератора, основанный на векторном управлении токами статора асинхронного генератора с косвенной ориентацией по вектору потокозчепления.

Abstract

QUICK STARTING OF INDUCTION GENERATOR IN AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM

S. Korol, O. Shubenko

The algorithm of quick starting of induction generator, based on indirect rotor field-oriented vector control of the induction generator stator current, is presented.