

О. Б. Єгоров<sup>1</sup>, к. техн. н., доцент, М. П. Кунденко<sup>2</sup>, д. техн. н., професор,  
О. Ю. Єгорова<sup>2</sup>, к. техн. н., доцент, М. В. Савонюк<sup>2</sup>, аспірант,  
В. О. Олізаренко<sup>2</sup>, аспірант, Є. С. Демчук<sup>2</sup>, аспірант, А. М. Рашевський<sup>2</sup>, аспірант

## ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ОБМОТКИ СТАТОРУ СИНХРОННО-РЕАКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Ключові слова:** синхронно-реактивний генератор, обмотка, ротор, частота обертання, напруга, обертовий момент, енергоефективність.

**Постановка проблеми.** В даний час зростає потреба у створенні енергоефективних електричних генераторів змінної напруги. Вони широко застосовуються в багатьох енергетичних пристроях та об'єктах, таких як вітроелектричні станції, дизельні електрогенератори, як джерела електроенергії в залізничному, авіаційному та автомобільному транспорті [1].

Найбільшого поширення набули генератори з самозбуджувальною системою, а саме синхронні генератори з постійними магнітами, асинхронні генератори з подвійним живленням і фазним ротором, асинхронні генератори з конденсаторами, що самозбуджуються, синхронні генератори з обмотками збудження на якорі.

Синхронні генератори з постійними магнітами мають більш високу ефективність, більш високу щільність потужності, що не вимагає додаткового джерела живлення для збудження магнітного поля і більш високу надійність через відсутність механічних компонентів, таких як вугільні щітки та контактні кільця [2]. включає рідкоземельні магнітні матеріали, а саме неодим-бор-залізо (NdFeB). Останнім часом збільшений попит на електромобілі призвів до різкого збільшення попиту та вартості таких магнітів [3].

Асинхронні генератори з подвійним живленням та фазним ротором мають непогані енергетичні характеристики, проте наявність механічного щіткового контакту для подачі збудження на обмотку ротора знижує їх експлуатаційні характеристики [4].

Генератори з конденсаторами збудження мають переваги в порівнянні з традиційним генераторами змінного струму, які полягає в тому, що в їх конструкції відсутні щіткові контактні системи, а також у простоті конструкції самої машини [5]. Однак робота цих генераторів відрізняється крайньою нестійкістю, залежністю напруги, що індукується від величини підключеного навантаження і частоти обертання ротора генератора.

Синхронні генератори з обмотками збудження на якорі є на сьогоднішній день найбільш дослідженими електричними машинами. Вони мають гарні регульовальні та зовнішні характеристики. Однак основним недоліком є механічний щітковий контакт для живлення обмотки збудження.

Синхронно-реактивний генератор з подвійною обмоткою на статорі є перспективним джерелом електроенергії, здатним ефективно працювати у багатьох енергетичних об'єктах та системах.

**Мета.** Аналіз впливу конструкції подвійної обмотки статора синхронно-реактивного генератора на вихідні енергетичні характеристики та визначення рекомендацій при проектуванні такого типу електричних машин.

**Аналіз попередніх досліджень.** Синхронно-реактивний генератор (СРГ) в останні роки становить велику конкуренцію синхронним генераторам з постійними магнітами і асинхронним генераторам завдяки своїй надійності, простій конструкції ротора, відсутності втрат в обмотці ротора, відсутності магнітів (тим самим усуваючи проблему розмагнічування), меншою вартістю [6].

Дослідженню СРГ присвячено численні наукові роботи. Так у [7] наведено результати досліджень СРГ з подвійною обмоткою статора з різними варіантами повітряних бар'єрів у роторі. Показано, що застосування СРГ із сердечником щілинного ротора дозволяє індукувати напругу холостого ходу на 10 % вище, ніж для СРГ із ротором звичайних повітряних бар'єрів. [8] повідомляється про роботу СРГ з послідовним і шунтуючим з'єднанням і його впливом на перехідні процеси в генераторі.

Робота [9] представляє результати досліджень вібраційних характеристик синхронно-реактивних машин залежно від конструкції повітряних бар'єрів ротора. В [10] проведено динамічний і аналіз продуктивності трифазного СРГ для перевірки роботи генератора в різних умовах навантаження. Представлені залежності вихідної напруги та потужності генератора від струму збудження, що подається в обмотку, розташовану на статорі. Робота [11] представляє результати аналізу методом кінцевих елементів для визначення продуктивності генератора в залежності від його конструкції.

**Виклад основного матеріалу.** Аналітичні та умовно-аналітичні залежності, які використовуються при проектуванні та оцінці робочих властивостей електричної машини на основі її електричних параметрів (опору, індуктивності) та змінних (напруг, струмів), мають достатню збіжність результатів розрахунків та випробувань. В даний час при проектуванні СРГ широкого поширення набули також методи чисельної оптимізації з використанням розрахунку поля [12]. При моделюванні СРГ у фіксованій системі координат виникають труднощі з урахуванням зміни параметрів (індуктивності) фаз статора при обертанні ротора.

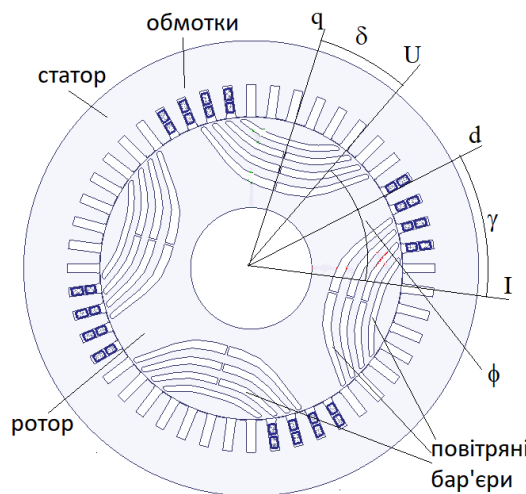


Рисунок 1 – Визначення співвідношення між кутами  $\phi$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$

Для отримання найбільш прийняттого результату рівняння синхронних машин зазвичай розглядають у системі координат, що обертається разом із ротором. Вісь  $d$  – вісь найбільшої провідності магнітного ротора (магнітна вісь ротора), вісь  $q$  – вісь найменшої провідності ротора (рис. 1).

При записі рівнянь встановленого режиму СРГ необхідно визначити коефіцієнт електричного навантаження, який повинен визначати величину зовнішнього моменту, що обертає, наприклад від вітрогенератора або дизельного двигуна внутрішнього згоряння. Як коефіцієнт навантаження використовується кут  $\delta$  або кут  $\gamma$ . На рис. 1 показаний баланс фазових кутів генератора у вигляді векторної діаграми:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \delta + \gamma, \quad (1)$$

де  $\varphi$  – фазовий кут між векторами струму та напруги;  $\delta$  – фазовий кут між віссю  $q$  та вектором напруги;  $\gamma$  – фазовий кут між віссю  $d$  та вектором струму.

Енергетичні параметри СРГ залежать від значення кута  $\gamma$ . Збільшення електричного навантаження, яке підключається до обмотки статора генератора, призводить до зростання значення цього кута.

У номінальному режимі роботи двигуна рівняння поздовжньої та поперечної напруги мають вигляд:

$$\begin{aligned} U_d &= (r + x)i_d + L_q \omega i_q; \\ U_q &= (r + x)i_q + L_d \omega i_d, \end{aligned} \quad (2)$$

$L_d, L_q$  – повні індуктивності статора по осях  $d$  і  $q$ ;  $i_d, i_q$  – відповідно струми обмотки статора по осях  $d$  і  $q$ ;  $r$  – активний опір фази статора;  $x$  – реактивний опір розсіювання фаз статора;  $\omega$  – кутова частота обертання валу генератора.

У режимі роботи рівняння електричної рівноваги на синхронній частоті для однієї фази статора СРГ можна записати у вигляді:

$$U = I(r + x) + jI_d x_d + jI_q x_q. \quad (3)$$

Залежність поздовжнього та поперечного опорів від індуктивностей  $L_d$  та  $L_q$  можна виразити так:

$$\begin{aligned} x_d &= 2\pi f L_d; \\ x_q &= 2\pi f L_q. \end{aligned} \quad (4)$$

Струми поздовжньої та поперечної складових обмотки генератора можна знайти як:

$$\begin{aligned} I_d &= \frac{U_i}{x_d} \cos(\delta); \\ I_q &= \frac{U_i}{x_q} \cos(\delta). \end{aligned} \quad (5)$$

Вираз для струму статора можна записати:

$$I = \frac{U_i}{r + j(x + x_d)} + \frac{U_i}{\frac{r_\gamma}{\text{tg}(\gamma)} + jx_\gamma} \quad (6)$$

Змінні значення кута  $\gamma$  можливо змоделювати, обертаючи ротор щодо статора, при постійному значенні навантаження на обмотці статора у фіксованій системі координат, що відповідає постійній амплітуді фазного струму. При цьому в стаціонарній системі координат напрямок і величина вектора статора МДС залишаються незмінними, а положення осі  $d$  зміниться. Це було покладено в основу досліджень СРГ з різними варіантами конструкцій та взаєморозташування робочої обмотки та обмотки збудження статора.

Дослідження проводилися при проектуванні СРГ потужністю 160кВт із частотою обертання ротора 1500об/хв та лінійною напругою на виході 380 В для дизельної генераторної установки. Незмінними залишалися геометрія повітряних бар'єрів ротора та електричне симетричне навантаження на фазах головної обмотки, яке мало суто активний характер. Це дозволило провести порівняльну оцінку варіантів та вибрати, на думку авторів, найбільш оптимальний за коефіцієнтом корисної дії та динамічними характеристиками генератора.

У першому випадку (рис. 2) розглядалася конструкція СРГ з рівним розподілом головної обмотки та обмотки збудження у 48 пазах статора.

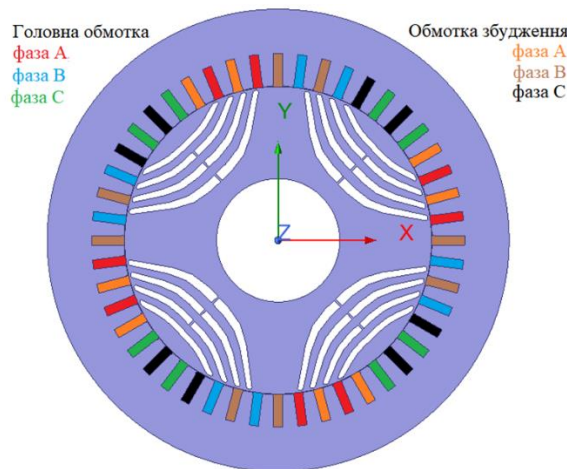


Рисунок 2 – Одношарове розташування головної та збуджуючої обмотки статора СРГ

Як було зазначено вище, змінюючи значення кута  $\gamma$ , тобто, повертаючи ротор щодо статора, можна змоделювати зміну режиму роботи СРГ при постійних значеннях навантаження і збудження. Результати цього дослідження показані на рис. 3.

Лінії 1 та 2 показують значення кута  $\gamma$  для максимального значення моменту, що крутить, а отже, для максимальної вхідної потужності генератора і для максимального значення вихідної напруги. Видно, значення цих максимумів не збігаються, що знижує характеристики генератора. Проаналізовано крутний момент генератора та вихідну напругу (рис. 4).

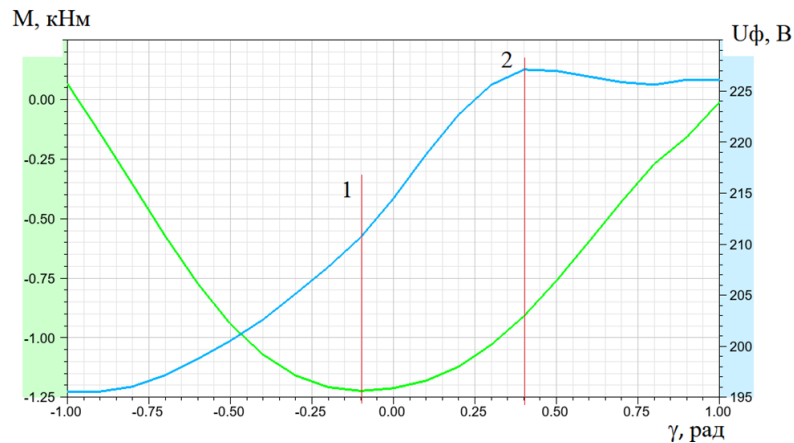


Рисунок 3 – Залежності зовнішнього крутного моменту та фазної вихідної напруги від кута  $\gamma$

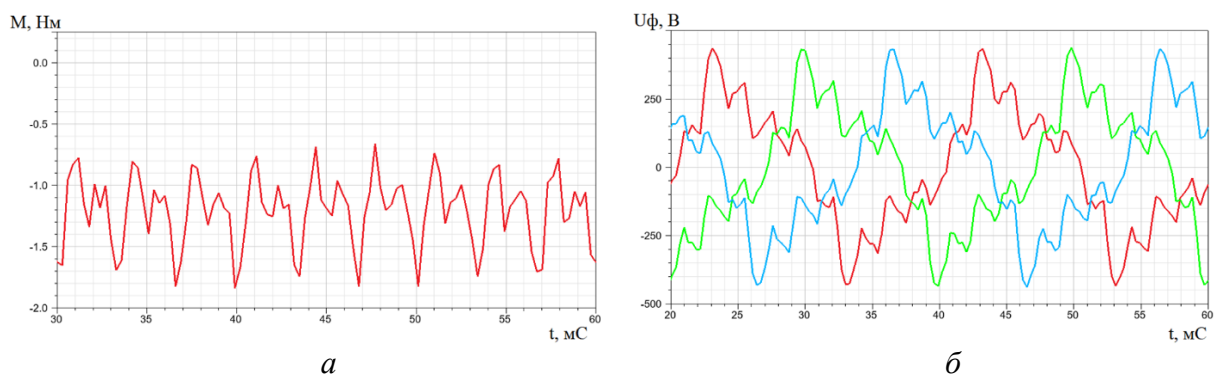


Рисунок 4 – Крутний момент (а) та вихідна фазна напруга (б)

Знак мінус момент вказує на те, що він є зовнішнім моментом від дизельного двигуна, що обертає ротор генератора. Можна спостерігати великі пульсації моменту, які говорять про значну зміну статора індуктивностей по осях  $d$  і  $q$  при обертанні ротора. Підшипники механічної системи генератора будуть відчувати великі пульсуючі навантаження, що позначиться на їхній працездатності. Чинне значення фазної вихідної напруги становить 222 В, що відповідає 385 В лінійної напруги при електричному навантаженні 158 кВт.

Було розглянуто варіант двошарової обмотки статора (рис. 5).

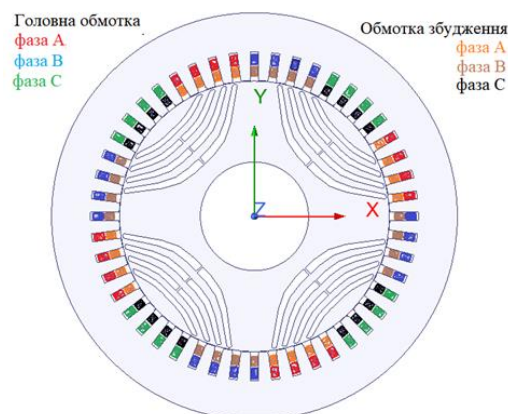


Рисунок 5 – Двошарове розташування головної та збуджуючої обмоток статора СРГ

Ближче до зовнішнього діаметру статора розташовується головна трифазна обмотка, ближче до поверхні ротора розташована обмотка збудження. Проведено дослідження чотирьох варіантів взаємного розташування фаз головної та збуджуючої обмоток при їх двошаровому розташуванні (рис. 6)

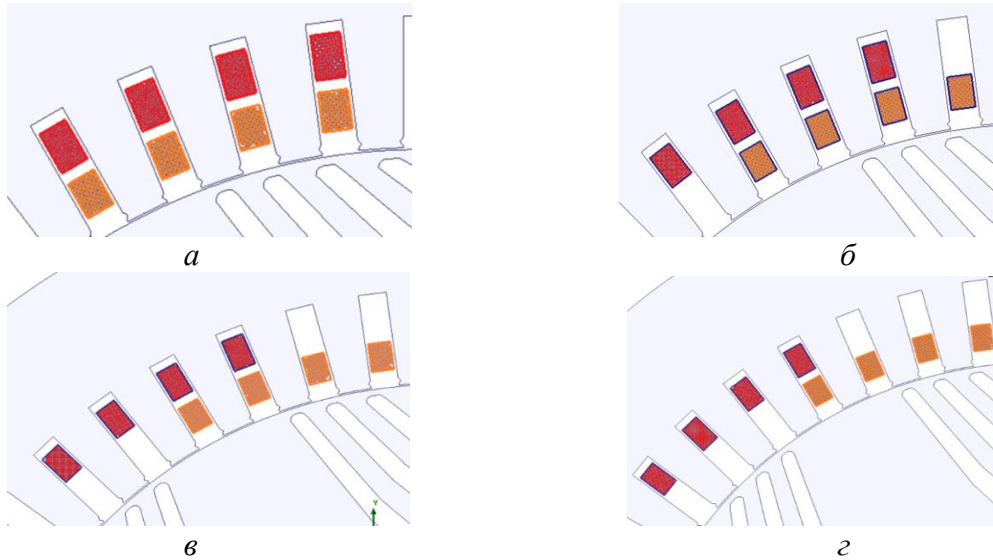


Рисунок 6 – Варіанти взаємного розташування фаз головної та збуджуючої обмоток статора СРГ

*a* – без зміщення фаз; *б* – зміщення на 1 паз; *в* – зміщення на 2 пази; *г* – зміщення на 3 пази

Дослідження характеристик СРГ із двошаровим розташуванням обмоток статора дало такі результати:

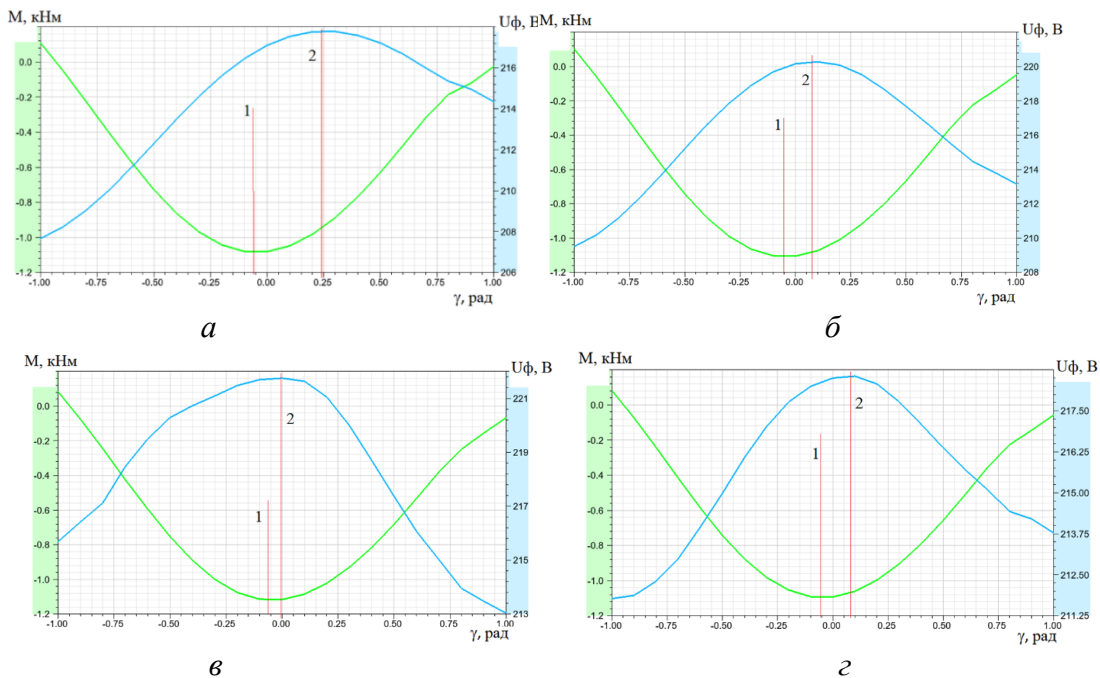


Рисунок 7 – Залежності зовнішнього крутного моменту та фазного вихідної напруги від кута  $\gamma$  при різних взаємних розташуваннях обмоток  
*a* – без зміщення фаз; *б* – зміщення на 1 паз; *в* – зміщення на 2 пази; *г* – зміщення на 3 пази

СРГ зі зміщенням фаз головної і збуджуючої обмоток на 2 пази має практично збіг максимуму напруги, що індукується, і крутного моменту за кутом  $\gamma$ . Також слід зазначити, що при такому виконанні обмоток статора спостерігається найбільша фазна напруга на виході генератора (221,7В) порівняно з іншими варіантами. Проведені дослідження крутного моменту на роторі СРГ та форми вихідної напруги для найкращого варіанта двошарового виконання обмоток статора показують зниження пульсацій порівняно з одношаровою конструкцією (рис. 8).

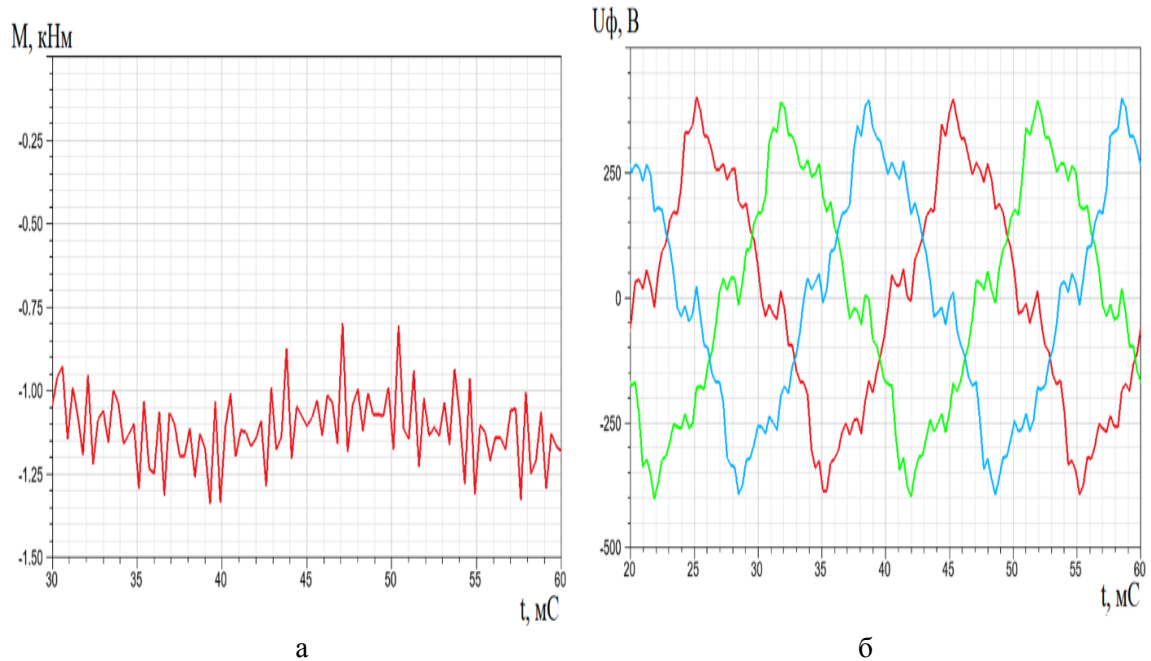


Рисунок 8 – Крутний момент (а) і вихідна фазна напруга (б) для СРГ з двошаровим розташуванням головної та збуджуючої обмоток та взаємним зміщенням на 2 пази

Зниження пульсацій крутного моменту позитивно позначиться на працездатності підшипникових вузлів, призведе до зниження шуму та вібрацій під час роботи СРГ. Зниження вищих гармонійних складових кривої вихідної напруги зменшить втрати в пристроях споживача, які підключаються до головної обмотки статора генератора.

**Висновки.** Проведені дослідження синхронно-реактивного генератора з головної та збуджуючої обмотками статора показали, що є значна залежність характеристик від конструктивного виконання цих обмоток. Розглянутий варіант з одношаровим розташуванням обох обмоток в пазах статора характеризується тим, що мають місце великі пульсації моменту, що обертає, і значні гармонічні складові в кривій вихідної напруги.

Двошарове розташування головної та збуджуючої обмоток статора показало найкращі результати при аналізі СРГ. Однак дослідження показали, що і взаємне розташування фаз головної та збуджуючої обмоток має великий вплив на параметри СРГ. Результати розрахункових експериментів визначили найкращий варіант виконання двошарової обмотки СРГ, а саме зі зміщенням фаз на 2 пази один одного. Це дає значне

поліпшення віброакустичних та енергетичних характеристик СРГ та дозволяє отримати високе значення ККД на рівні 92,5 % при значенні корисної електричної потужності на виході генератора 160 кВт.

#### Література

1. Мазуренко, Л. І., Джура, О. В., Попович, О. М., Гребеніков, В. В., Бібік, О. В., Головань, І. В., ... & Романенко, В. І. Електричні генератори і двигуни змінного струму. Електромеханотронні перетворювачі енергії. Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України, 2013, (35), 58–66.
2. Chang, C. C. W., Ding, T. J., Ping, T. J., Chao, K. C., & Bhuiyan, M. A. S. Getting more from the wind: Recent advancements and challenges in generators development for wind turbines. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2022, 53, 102731.
3. Wang, H., Lamichhane, T. N., & Paranthaman, M. P. Review of additive manufacturing of permanent magnets for electrical machines: A prospective on wind turbine. *Materials Today Physics*, 2022, 24, 100675.
4. Tezcan, M. M., & Ayaz, M. Performance analysis of aluminium wound double fed induction generator for cost-efficient wind energy conversion systems. *Engineering Research Express*, 2023, 5(4), 045037.
5. Zachepa, I., Zachepa, N., Khrebtova, O., Serhienko, I., Shokarov, D., & Mykhalchenko, G. Guaranteed and Reliable Excitation of Asynchronous Generator Coupled to Shaft of Vehicle. In 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) pp. 1–5.
6. Iegorov, O., Iegorova, O., Kundenko, M., & Andriy, M. The influence of the phase angle between the rotor magnetic axis and the stator winding current vector on the synchronous reluctance motor efficiency. In 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) 2019, pp. 62–65.
7. Adjei-Frimpong, Samuel; Muteba, Mbika. Performance Analysis of a Synchronous Reluctance Generator with a Slitted-Rotor Core for Off-Grid Wind Power Generation. *Electricity*, 2025, 6.1: 2.
8. Obe, E. S., Amuhaya, L. L., Obe, P. I., & Zungeru, A. M. Performance of Synchronous Reluctance Generators with Series and Shunt Stator Connections. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 2023, 14(5), Pp. 585–592.
9. Iegorov, O., Iegorova, O., Kundenko, M., & Potryvaieva, N. Ripple Torque Synchronous Reluctance Motor with Different Rotor Designs. In 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP) 2020, Pp. 1–4.
10. C. G. Enemor1, D. C. Idoniboyeobu2, S. L. Braide. Performance Analysis of Synchronous Reluctance Generator. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.538 Volume 10 Issue V May 2022
11. Štumberger, B., Igréc, D., Chowdhury, A., & Hadžiselimovic, M. Design of synchronous reluctance generator with dual stator windings and anisotropic rotor with flux barriers. *Przegľad Elektrotechniczny*, 2012, 88(12b), 16–19.



12. F. Cupertino, G. Pellegrino, C. Gerada, “Design of Synchronous Reluctance Motors with Multi-Objective Optimization Algorithms”, in *Industry Applications*, IEEE Transactions on, vol.50, no. 6, pp. 3617–3627, November-December 2014.

Bibliography ( transliterated )

1. Mazurenko, L. I., Dzhura, O. V., Popovych, O. M., Grebenikov, V. V., Bibik, O. V., Golovan, I. V., ... & Romanenko, V. I. Elektrichni generatori i dviguni zminnogo strumu. Elektromehanotronni peretvoryuvachi energiyi. Praci Institutu elektrodinamiki Nacionalnoyi akademiyi nauk Ukrayini, 2013, (35), 58–66.

2. Chang, C. C. W., Ding, T. J., Ping, T. J., Chao, K. C., & Bhuiyan, M. A. S. Getting more from the wind: Recent advancements and challenges in generators development for wind turbines. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2022, 53, 102731.

3 Wang, H., Lamichhane, T. N., & Paranthaman, M. P. Review of additive manufacturing of permanent magnets for electrical machines: A prospective on wind turbine. *Materials Today Physics*, 2022, 24, 100675.

4. Tezcan, M. M., & Ayaz, M. Performance analysis of aluminium wound double fed induction generator for cost-efficient wind energy conversion systems. *Engineering Research Express*, 2023, 5(4), 045037.

5. Zachepa, I., Zachepa, N., Khrebtova, O., Serhiienko, I., Shokarov, D., & Mykhalchenko, G. Guaranteed and Reliable Excitation of Asynchronous Generator Coupled to Shaft of Vehicle. In *2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)* pp. 1–5.

6. Iegorov, O., Iegorova, O., Kundenko, M., & Andriy, M. The influence of the phase angle between the rotor magnetic axis and the stator winding current vector on the synchronous reluctance motor efficiency. In *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) 2019*, pp. 62–65.

7. Adjei-Frimpong, Samuel; Muteba, Mbika. Performance Analysis of a Synchronous Reluctance Generator with a Slitted-Rotor Core for Off-Grid Wind Power Generation. *Electricity*, 2025, 6.1: 2.

8. Obe, E. S., Amuhaya, L. L., Obe, P. I., & Zungeru, A. M. Performance of Synchronous Reluctance Generators with Series and Shunt Stator Connections. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 2023, 14(5), Pp. 585–592.

9. Iegorov, O., Iegorova, O., Kundenko, M., & Potryvaieva, N. Ripple Torque Synchronous Reluctance Motor with Different Rotor Designs. In *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP) 2020*, Pp. 1–4.

10. C. G. Enemor1, D. C. Idoniboyeobu2, S. L. Braide. Performance Analysis of Synchronous Reluctance Generator. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.538 Volume 10 Issue V May 2022.

11. Štumberger, B., Igrec, D., Chowdhury, A., & Hadžiselimovic, M. Design of synchronous reluctance generator with dual stator windings and anisotropic rotor with flux barriers. *Przegľad Elektrotechniczny*, 2012, 88(12b), 16–19.

12. F. Cupertino, G. Pellegrino, C. Gerada, “Design of Synchronous Reluctance Motors with Multi-Objective Optimization Algorithms”, in Industry Applications, IEEE Transactions on, vol.50, no. 6, pp. 3617–3627, November-December 2014.

УДК 621.316

О. Б. Єгоров, к. техн. н., доцент, М. П. Кунденко, д. техн. н., професор,  
О. Ю. Єгорова, к. техн. н., доцент, М. В. Савонюк, аспірант,  
В. О. Олізаренко, аспірант, Є. С. Демчук, аспірант, А. М. Рашевський, аспірант

### **ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ОБМОТКИ СТАТОРУ СИНХРОННО-РЕАКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

Вимогою сучасної енергетики є створення енергоефективних електричних генераторів змінної напруги. Вони широко застосовуються в багатьох енергетичних пристроях та об'єктах, таких як вітроелектричні станції, дизельні електрогенератори, як джерела електроенергії в залізничному, авіаційному та автомобільному транспорті.

Синхронно-реактивний генератор з подвійною обмоткою на статорі є перспективним джерелом електроенергії, здатним ефективно працювати у багатьох енергетичних об'єктах та системах.

Дана робота присвячена аналізу впливу конструкції подвійної обмотки статора синхронно-реактивного генератора на вихідні енергетичні характеристики та визначення рекомендацій при проектуванні такого типу електричних машин. Синхронні реактивні генератори можуть працювати ізолювано або в режимі підключення до мережі. Для режиму підключення до мережі необхідне збудження отримується від мережі. Такий тип генератора розглядається в роботі. Наростання напруги у випадку автономного синхронного реактивного генератора є досягається шляхом самозбудження.

Проведені дослідження синхронно-реактивного генератора з головної та збуджуючої обмотками статора показали, що є значна залежність характеристик від конструктивного виконання цих обмоток. Розглянутий варіант з одношаровим розташуванням обох обмоток в пазах статора характеризується тим, що мають місце великі пульсації моменту, що обертає, і значні гармонічні складові в кривій вихідної напруги.

Двошарове розташування головної та збуджуючої обмоток статора показало найкращі результати при аналізі синхронно-реактивного генератора. Однак дослідження показали, що і взаємне розташування фаз головної та збуджуючої обмоток має великий вплив на параметри синхронно-реактивного генератора. Результати розрахункових експериментів визначили найкращий варіант виконання двошарової обмотки статора, а саме зі зміщенням фаз на 2 пази один одного. Це дає значне поліпшення віброакустичних та енергетичних характеристик синхронно-реактивного генератора та дозволяє отримати високе значення ККД.

**Ключові слова:** синхронно-реактивний генератор, обмотка, ротор, частота обертання, напруга, обертовий момент, енергоефективність.

O. Iegorov, M. Kundenko, O. Iegorova, M. Savoniuk, V. Olizarenko, Ye. Demchuk,  
A. Rashevskiy

**THE INFLUENCE OF THE DESIGN OF THE STATOR WINDING  
OF A SYNCHRONOUS-REACTIVE GENERATOR ON INCREASE  
OF ITS ENERGY EFFICIENCY**

The requirement of modern energy industry is the creation of highly efficient AC electric generators. They are widely used in many energy devices and facilities, such as wind power plants, diesel generators, as sources of electricity in railway, aviation and road transport.

Synchronous-reactive generator with a double stator winding is a promising source of electricity capable of operating effectively in many energy facilities and systems.

This work is devoted to the analysis of the influence of the design of the double winding of the stator of a synchronous reactive generator on the output power characteristics and the determination of recommendations for the design of this type of electrical machines. Synchronous reactive generators can operate in isolation or in the grid connection mode. For the grid connection mode, the necessary excitation is obtained from the grid. This type of generator is considered in the work. The voltage increase in the case of an autonomous synchronous reactive generator is achieved by self-excitation.

The conducted studies of a synchronous-reactive generator with main and exciting stator windings showed that there is a significant dependence of the characteristics on the design of these windings. The considered variant with a single-layer arrangement of both windings in the stator slots is characterized by the fact that there are large pulsations of the rotating moment and significant harmonic components in the output voltage curve.

The two-layer arrangement of the main and exciting windings of the stator showed the best results in the analysis of the synchronous reactive generator. However, studies have shown that the mutual arrangement of the phases of the main and exciting windings also has a great influence on the parameters of the synchronous reactive generator. The results of the calculation experiments determined the best option for the two-layer stator winding, namely with a phase shift of 2 slots from each other. This gives a significant improvement in the vibroacoustic and energy characteristics of the synchronous reactive generator and allows you to obtain a high efficiency value.

**Keywords:** synchronous-reactive generator, winding, rotor, rotation frequency, voltage, torque, energy efficiency.