

УДК 621.313

ГЕНЕРАТОР З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ ТА U-ПОДІБНИМ СТАТОРОМ

В. І. Ткачук, І. Є. Біляковський

Національний університет "Львівська політехніка"

вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: tkachuk@polynet.lviv.ua

Наведено особливості методики проектування генератора з постійними магнітами на роторі й U-подібними елементами магнітопроводу на статорі, покладені в основу проектного розрахунку основних геометричних розмірів такого генератора.

Ключові слова: генератор, постійні магніти, U-подібний статор.

ГЕНЕРАТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ И U-ОБРАЗНЫМ СТАТОРОМ

В. И. Ткачук, И. Е. Биляковский

Национальный университет "Львовская политехника"

ул. Ст. Бандеры, 12, г. Львов, 79013, Украина. E-mail: tkachuk@polynet.lviv.ua

Приведены особенности методики проектирования генератора с постоянными магнитами на роторе и U-образными элементами магнітопровода на статоре, положенные в основу проектного расчета основных геометрических размеров такого генератора.

Ключевые слова: генератор, постоянные магниты, U-образный статор.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У сучасних електромеханічних перетворювачах, як у двигунах, так і в генераторах обмеженої потужності, в останні роки все частіше застосовують збудження від високоенергетичних постійних магнітів (ПМ). Численні конструктивні й техніко-експлуатаційні переваги таких перетворювачів сприяють зростанню їх виробництва провідними електромашинобудівними компаніями.

На кафедрі електричних машин і апаратів НУ "Львівська політехніка" розроблено ряд електроприводів на базі вентильних двигунів (ВД). Серед відомих конструкцій магнітопроводів статора електромеханічного перетворювача (ЕМП) ВД, найбільш раціональних з погляду технології, в основному застосовувались конструктивні схеми з U-подібним та псевдо-U-подібним статорами (рис. 1, 2), які в кожному конкретному випадку можуть мати свої переваги [1]. Такі конструкції, поряд з класичною, забезпечують кращі динамічні показники за менших індуктивності розсіяння та реакції якоря внаслідок практично повної магнітної ізоляції фаз. Однак кількість зубців статора тут повинна бути достатньо великою, що може бути корисним при використанні їх для ЕМП з відносно невисокими швидкостями обертання та великих діаметрів. Як правило, для розроблених ВД передбачено режими роботи як двигуна, так і генератора, зокрема, для динамічного гальмування. Тому доцільним видається застосування згаданих конструктивних схем магнітопроводів у ЕМП генераторних установок обмеженої потужності та невисоких швидкостей обертання, зокрема, для вітрогенераторів.

Для генераторів, як і для двигунів, відмінності в конструкціях магнітопроводів та неоднакові шляхи замикання робочих магнітних потоків зумовлюють необхідність створення методик проектування ЕМП, які, відповідно, дещо відрізняються між собою. Розрахунок магнітної системи такого генератора з достатньою точністю може бути здійснений, як і двигу-

на [1], з урахуванням на початковому етапі тільки найважливіших впливаючих чинників.

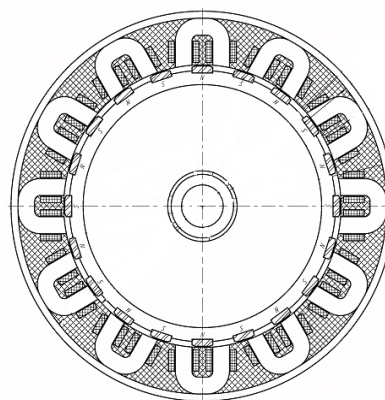


Рисунок 1 – Конструкція генератора з постійними магнітами на роторі та з U-подібними елементами на статорі

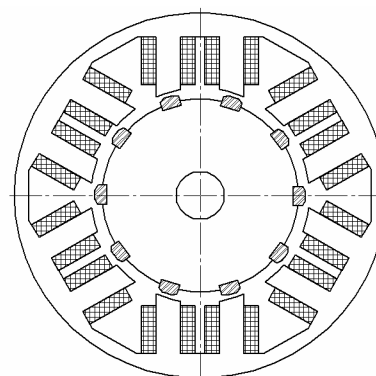


Рисунок 2 – Конструкція генератора з постійними магнітами на роторі та з псевдо-U-подібним статором

Метою роботи є вдосконалення інженерних методик розрахунку та оптимізації основних геомет-

ричних розмірів генератора з постійними магнітами та U-подібним статором на етапі його проектування та отримання відповідних співвідношень для основних показників.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Розрахунок генератора з постійними магнітами, як і двигуна, складається з двох частин: визначення основних розмірів і перевірний розрахунок. Основні розміри генератора з постійними магнітами визначаються, як правило, розмірами системи збудження. На відміну від методик розрахунку основних розмірів відомих типів електричних машин, які базуються на виборі величин електромагнітних навантажень, виходячи з досвіду проектування, для генератора з ПМ на роторі та з U-подібним статором такий досвід обмежений. Отже, рекомендації щодо проектування обґрунтовано з урахуванням особливості конструкції магнітопроводу, на підставі теорії електро-механічного перетворення енергії.

Для ЕМП такої конструкції з U-подібним статором співвідношення між кількістю зубців статора і полюсів (постійних магнітів) ротора:

$$2p = Z_s \frac{2m \pm 1}{2m}; \quad Z_s = mq; \quad q = 4, 6, 8, \dots,$$

де m – кількість секцій.

Як правило, у технічному завданні на проектування генератора задають напругу живлення, частоту обертання та потужність, а тому пошук геометричних розмірів ЕМП та їх співвідношень здійснюють, відштовхуючись від значення $2p$ та заданої потужності за номінальної швидкості обертання (фактично, визначеного з інших заданих значень, величини електромагнітного моменту). Проте електромагнітний момент може бути пов'язаний з різними величинами, залежно від вирішуваної задачі. На стадії ескізного проектування електромагнітний момент доцільно розглядати у зв'язку з основними розмірами генератора й електромагнітними навантажнями. При технічному проектуванні потрібна залежність електромагнітного моменту від розмірів і обмотувальних даних, від форми й параметрів постійного магніту. Тут же необхідна оцінка кількості витків котушок для прийнятої схеми з'єднань, густини струму тощо.

Як показують теоретичні та експериментальні дослідження, співвідношення між геометричними розмірами елементів зубцево-полюсної зони ЕМП із сучасними магнітами знаходяться в досить вузьких межах [1]. Так, оптимальні значення коефіцієнта полюсного перекриття статора знаходяться в межах $\alpha_s = (0,38 - 0,42)$, а коефіцієнта полюсного перекриття ротора генератора – в межах $\alpha_m = (0,5 - 0,6)$. Висота магніту, як правило, визначається з умови максимуму створюваної енергії у повітряному проміжку та мінімуму зубцевих моментів і в основному у чотири-п'ять разів більша за повітряний проміжок, який, у свою чергу, вибирають значним. Тобто, визначення діаметру індуктора фактично можна

розпочати з вибору індукції B_δ (а отже, типу магніту та площі полюса S_m) у повітряному проміжку для випадку, коли вісь полюса співпадає із середньою зубця. Попередньо оцінку початкового значення індукції B_δ здійснюють з використанням діаграми вибраного типу магніту [2], керуючись обраними критеріями оптимальності.

Як вказано в [1], після визначення необхідного максимального потоку $\Phi_{max} = S_m B_r$, ширини a_m та довжини b_m вибраного постійного магніту діаметр індуктора знаходять за формулою $D = 2pb_m / \pi \alpha_m$. Розміри U-подібних елементів магнітопроводу статора визначаються залежно від необхідної площі поперечного перетину котушки секції за відомими методиками.

Після попереднього вибору діаметру ротора за методикою [1] уточнюють отримані значення основних величин та у випадку істотного розходження із заданими повторюють розрахунки за уточненими даними.

Наведені міркування та співвідношення покладено в основу методики проектного розрахунку основних геометричних розмірів генераторів з ПМ та U-подібним статором, із використанням якої створено генератор з ПМ із такими даними: діаметр розточки статора $D = 200$ мм; аксіальна довжина ротора $l = 40$ мм; номінальна швидкість обертання $n = 500$ об/хв; напруга після випростувача $U = 240$ В. На статорі розташовано 12 U-подібних елементів типу ШЛ (рис. 1), шихтованих з електротехнічної сталі, з двома обмотками на кожному елементі. Обмотка статора виконана з ізольованого мідного провідника типу ПЭТВ. Аксіальна довжина магнітопроводу статора – 40 мм. На роторі розташовано 20 постійних магнітів ($SmCo$) розміром $15 \times 40 \times 5$ мм. Вибрано магніт типу $SmCo_5$ з параметрами: $\Phi_{max} = 250$ ієА²; $B_r = 1,1$ Тл; $H_{cf} = 600$ кА/м.

На рис. 3 наведено сімейство зовнішніх характе-

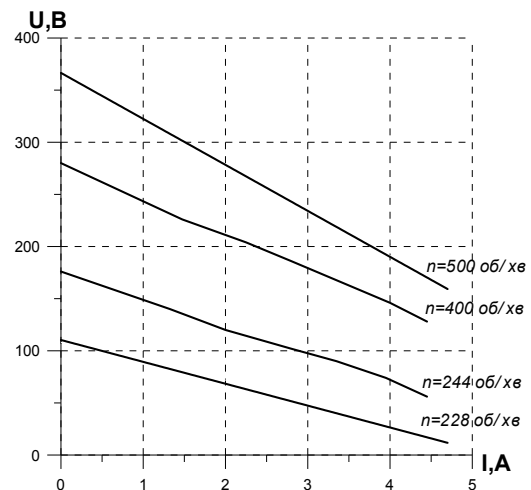


Рисунок 3 – Зовнішні характеристики генератора

ристик генератора. Зовнішні характеристики мають лінійний характер з помірною жорсткістю. Похибка отриманих результатів не перевищує 5 %.

ВИСНОВКИ. Отримані залежності покладені в основу методики проектного розрахунку основних геометричних розмірів генераторів з постійними магнітами та U-подібним статором.

Результати проведених досліджень створеного з використанням наведеної методики генератора свідчать про достатній рівень адекватності.

THE GENERATOR WITH PERMANENT MAGNETS AND U-SIMILAR STATOR

V. Tkachuk, I. Bilyakovskiy

National University "Lviv Politechnic"

vul. St. Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine. E-mail: tkachuk@polynet.lviv.ua

The method feature of design of generator with permanent magnets on a rotor and U-similar stator is offered. The project calculation of main geometrical dimensions of such generator is based on this method.

Key words: generator, permanent magnets, U-similar stator.

REFERENCES

1. Tkachuk V.I., Bilyakovskiy I.Ye., Bilovus R.O. The method of design of Brushless Motor with high-energy permanent magnets // *Bulletin of the KDU*. – 3/2010. – Iss. 3 (62), part 2. – PP. 79–82. [in Ukrainian]

- ЛІТЕРАТУРА
1. Ткачук В.І., Біляковський І.Є., Біловус Р.О. Методика проектування вентильних двигунів з високоенергетичними постійними магнітами // Вісник КДУ ім. Михайла Остроградського. – Вип. 3/2010 (62), ч. 2. – С. 79–82.
 2. Ткачук В.І., Василів Р.К. Математична модель вентильного двигуна з явнопольним статором // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 1/2007. – С. 57–60.

2. Tkachuk V.I., Vasylyv R.K. The Mathematical model of Brushless Motor with salient-pole stator // *Electromechanical and energy saving systems*. – Kremenichuk: KDPU, 2007. – Iss. 1/2007. – PP. 57–60. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 1.06.2012.

Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Каліновим А.П.