

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ТОРЦЕВОГО ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВІТРОУСТАНОВКИ

Коваленко І.Я., інженер, Вівчаренко О.О., магістрант, Коваленко М.А., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Синхронні генератори з постійними магнітами широко використовуються для перетворення механічної енергії вітру, води, хвиль у змінний електричний струм. Ескіз досліджуваного поперечного перерізу в зоні головного магнітного потоку приведено на рис. 1.

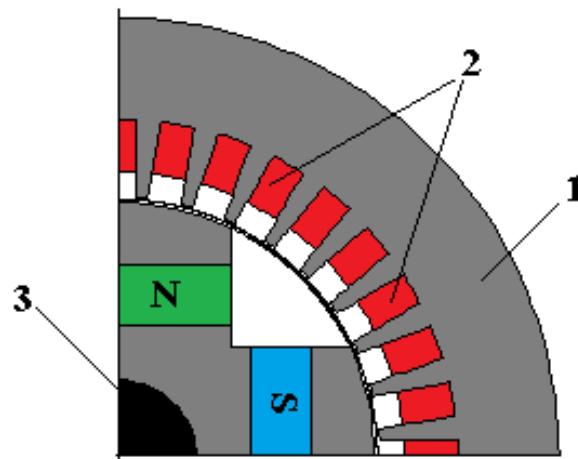


Рисунок 1 – Ескіз головного магнітного кола синхронного магнітоелектричного генератора: 1 – магнітне осердя якоря; 2 – багатофазна обмотка статора; 3 – вал; 4 – постійні магніти; 5 – полюсні наконечники.

На статорі генератора розміщена трифазна розподілена обмотка якоря. Ротор СГ складається з двох частин: радіально намагнічених постійних магнітів (4 полюса. Відповідно до чинних нормативів максимальні відхилення чинного напруги у всьому діапазоні робочого струму і характеру навантаження ($\cos\varphi = 1$, $\cos\varphi = 0,9$) відхилення напруги генератора повинно знаходитися в межах 198 - 242 В.

До переваг СМ з постійними магнітами відносяться: висока надійність в роботі завдяки відсутності ковзних контактів і щіток збудника, відсутність втрат на збудження, незалежність від джерел постійного струму, високий ККД. Основними недоліками таких машин є відсутність прямого способу регулювання напруги і відносно низька максимальна потужність машини (до 100 кВ•А).

Використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в даний час є актуальною проблематикою. Даним напрямком займаються провідні вчені, дослідники та ентузіасти в багатьох країнах світу.

Особливий інтерес до нетрадиційних джерел енергії проявляє населення, особливо та частка, що знаходиться в зонах, віддалених від центрального електропостачання, іншими словами в зонах без електрифікації. Енергію, що

отримується при роботі альтернативних джерел енергії можна використовувати як для постійного енергопостачання, так і для резервного енергопостачання, що особливо зручно для котеджних селищ, невеликих населених пунктів або стратегічних об'єктів

Для моделювання застосовується пакет COMSOL Multiphysics. Оскільки матеріали розрахункової зони машини мають різні фізичні властивості, то в кожній з областей вирішується стаціонарне рівняння поля щодо векторного магнітного потенціалу A . Для області, яка включає в себе повітряний зазор, магнітопровід, вал, полюсні наконечники і обмотку якоря рівняння має наступний вигляд:

$$\sigma \frac{\partial A}{\partial t} + \nabla \times \frac{\nabla \times A}{\mu_0 \cdot \mu_r} = J_e,$$

де J_e – густина струмів в обмотці статора, що характеризує навантаження генератора; σ – електропровідність матеріалів області; μ_r – відносна магнітна проникність матеріалів.

Рівняння, що описує поле постійних магнітів має наступний вигляд:

$$\sigma \frac{\partial A}{\partial t} + \nabla \times \frac{\nabla \times A - B_r}{\mu_0 \cdot \mu_r} = J_e,$$

де B_r – залишкова індукція постійних магнітів.

Для розрахунку індукованої ЕРС у фазі обмотки якоря генератора використовується наступний інтегральний вираз:

$$E_A = \frac{L \cdot U_n}{S_{п\cdot a}} \left(\oint_{S_q} E_{zA} \cdot ds - \oint_{S_q} E_{zX} \cdot ds \right),$$

де L – активна довжина генератора; U_n – кількість витків в пазу; $S_{п\cdot a}$ – площа в пазу для розміщення провідників; E_{zA} , E_{zX} – напруженість електричного поля в місці розташування котушок фазних зон "А" та "х"; S_q – площа, яку займають провідники однієї фазної зони; a – число паралельних гілок обмотки статора.

Для отримання однозначного рішення на кордонах розрахункової області задаються граничні умови першого роду:

$$A(x,y,z,t)|_{G1}=0$$

Кінцева сітка скінченних елементів розрахункової області характеризується наступними параметрами: 15715 елементів, 5411 граничних елементів, 271 вузлових елементів. Точність ССЕ визначається параметром "Fine", який має наступні числові значення: максимальний розмір елементу 0,0056 м; мінімальний розмір елементу $7 \cdot 10^{-4}$ м; максимальна швидкість приросту елементу 1,45; роздільна здатність кривизни сітки 0,5; роздільна здатність вузьких ділянок 0,6. Сітка скінченних елементів розрахункової області досліджуваного генератора показано на рис. 2.

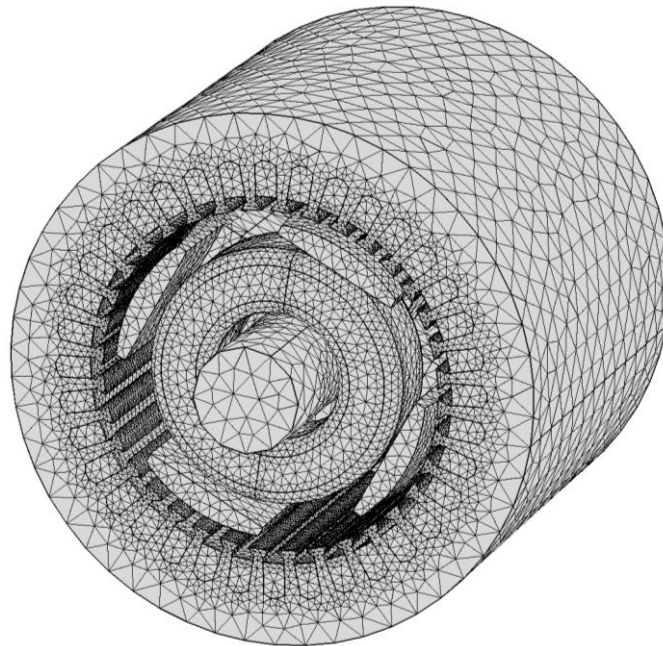


Рисунок 2 – Сітка скінченних елементів розрахункової області досліджуваного генератора із постійними магнітами

Для наглядності сітка скінченних елементів на рис.2 показано в тривимірній постановці.

На рис. 3 показано розподіл магнітної індукції і векторного магнітного потенціалу в режимі неробочого ходу генератора. Максимальне значення індукції в зубцях становить $\approx 1,73$ Тл.

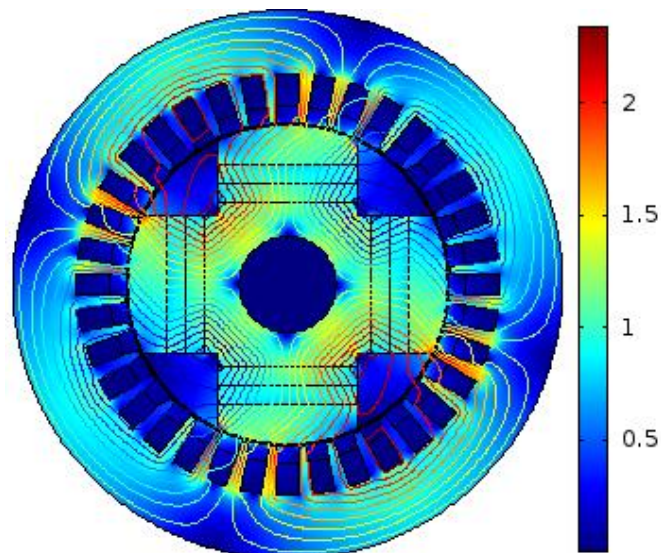


Рисунок 3 – Розподіл електромагнітного поля та векторного магнітного потенціалу досліджуваного генератора при неробочому ході

Розподіл нормальної складової індукції в повітряному проміжку в області двох полюсів показано на рис. 4. а). Розподіл індукованої ЕРС в трифазній обмотці якоря показано на рис. 4. б)

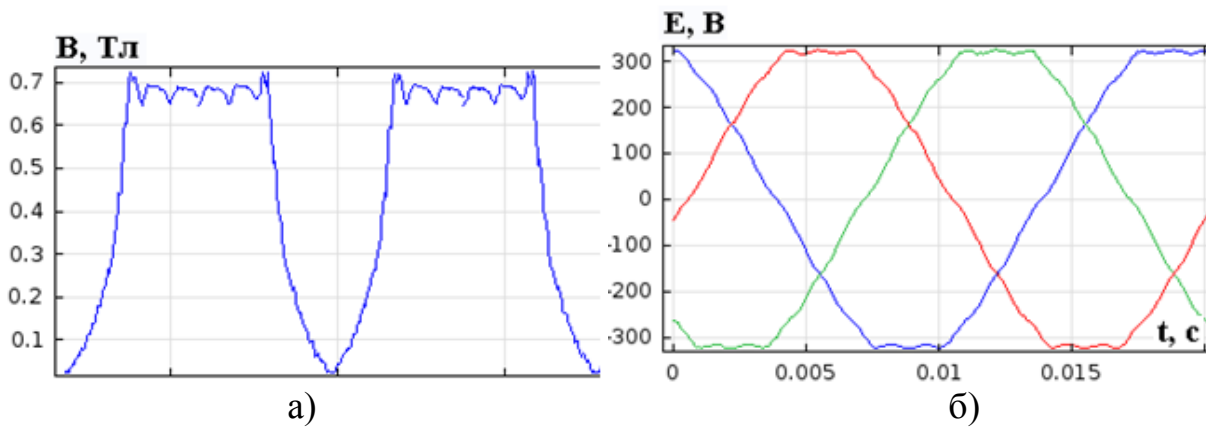


Рисунок 4 – Розподіл магнітної індукції та індукованої ЕРС в обмотці якоря досліджуваного генератора

Пульсації магнітної індукції в повітряному проміжку в режимі неробочого ходу обумовлені дискретністю ротора та зубчастістю внутрішньої розточка якоря, а також наявністю поперечних кінцевих ефектів. Дослідження впливу даних явищ на процеси, параметри і показники генератора є актуальним напрямком для подальших досліджень і в цій статті не розглядається.

На рис. 5 наведено результат розрахунку зовнішньої характеристики досліджуваного генератора з постійними магнітами при зміні навантаження генератора від неробочого ходу до режиму номінального навантаження при $\cos\varphi=1$.

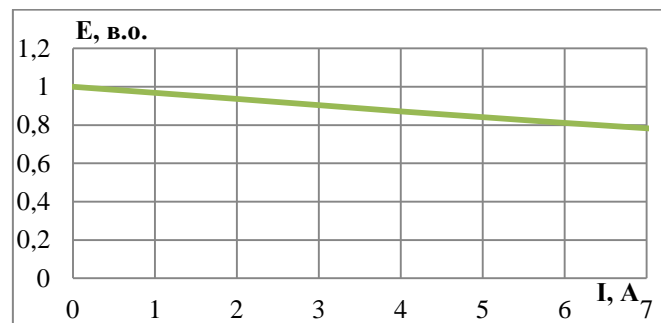


Рисунок 5 – Зовнішня характеристика досліджуваного генератора

Висновки: Розроблено двовимірну польову математичну модель синхронного генератора із постійними магнітами, що дозволяє розрахувати його параметри та характеристики.

Перелік посилань

1. Чумак В.В. Разработка методологической базы для диагностирования сердечника статора маломощных синхронных генераторов на постоянных магнитах / В.В. Чумак, М.А. Коваленко, О.Л. Тимошук // Гідроенергетика України. – 2016. – №1-2. – С. 13 – 18.
2. Чумак В.В. Управляемый автономный синхронный магнитоэлектрический генератор с магнитным шунтом для энергоснабжения сельскохозяйственного комплекса / В.В. Чумак, А.В. Петренко, М.А. Коваленко // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2017. – №242. – С. 132 – 138.