

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ГЕНЕРАТОРА З ПАЗУРЕПОДІБНИМИ ПОЛЮСАМИ

Цивінський С.С., к.т.н., доцент, Шумський М.В., студент  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

**Вступ.** Будова сучасного автомобіля містить у собі велику кількість електромеханічних перетворювачів енергії [1]. Важливу роль відіграють генератори, що є єдиними джерелами електричної енергії на цих транспортних засобах. У якості генератора використовують переважно електричні машини змінного струму, а саме синхронні з електромагнітним збудженням.

**Мета роботи.** Метою роботи є ознайомлення з будовою, принципом дії та характеристиками сучасних автомобільних генераторів змінного струму з пазуреподібними полюсами та проведення дослідження магнітного поля електричної машини даної конструкції.

**Матеріали і результати досліджень.** Генераторні установки змінного струму мають ряд переваг у порівнянні з генераторними установками постійного струму. На рисунку 1 зображено синхронний генератор з пазуреподібними полюсами.

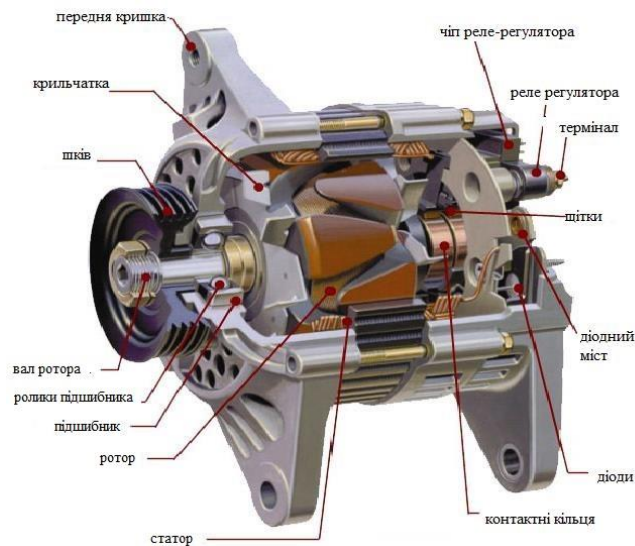


Рисунок 1 – Автомобільний генератор

У генераторі змінного струму відсутні колектор та щітки, що знімають з колекторних пластин весь струм навантаження. Замість них є контактні кільця і щітки, для підведення до обмотки, що обертається лише невеликого за величиною струму збудження генератора. Тому знос контактних кілець і щіток невеликий. У транзисторних регуляторах напруги взагалі немає вібраційних контактів, а в контактнотранзисторних регуляторах напруги вібраційні контакти значно розвантажені і розривають лише невеликий струм.

Все це збільшує термін служби генераторної установки змінного струму майже вдвічі в порівнянні з генераторною установкою постійного струму, а підвищення терміну служби генераторної установки знижує вартість експлуатаційних витрат.

Зосереджена циліндрична обмотка збудження, пазуреподібні полюса ротора автомобільного генератора змінного струму і відсутність колектору дають можливість при рівних габаритних розмірах отримати більшу потужність і скоротити витрату міді в 3 рази у порівнянні з генераторами постійного струму.

Особливістю автомобільного трифазного синхронного генератора є застосування пазуреподібних полюсів і обмотки збудження, що складається з однієї котушки.

На відміну від синхронних явнополюсних генераторів загальнопромислового призначення в автомобільних генераторах з пазуреподібними полюсами магнітні потоки окремих полюсів замикаються через осердя ротора і утворюють повний магнітний потік генератора, що дорівнює сумі магнітних потоків всіх полюсів однакової полярності. Це дає можливість застосувати одну зосереджену обмотку збудження простої форми і витратити на її виготовлення мінімальну кількість провідникового матеріалу - міді. Кінці обмотки збудження виводять до контактних кілець, що розташовані на валу ротора [2].

Для дослідження магнітного поля генератора створено тривимірні геометричну та математичну моделі.

Математичне моделювання генератора проводилось для режиму неробочого ходу.

Створення польової моделі починається з виконання геометрії активної частини генератора. Геометрія була створена у пакеті SolidWorks і експортована у пакет COMSOL Multiphysics рисунок 2.

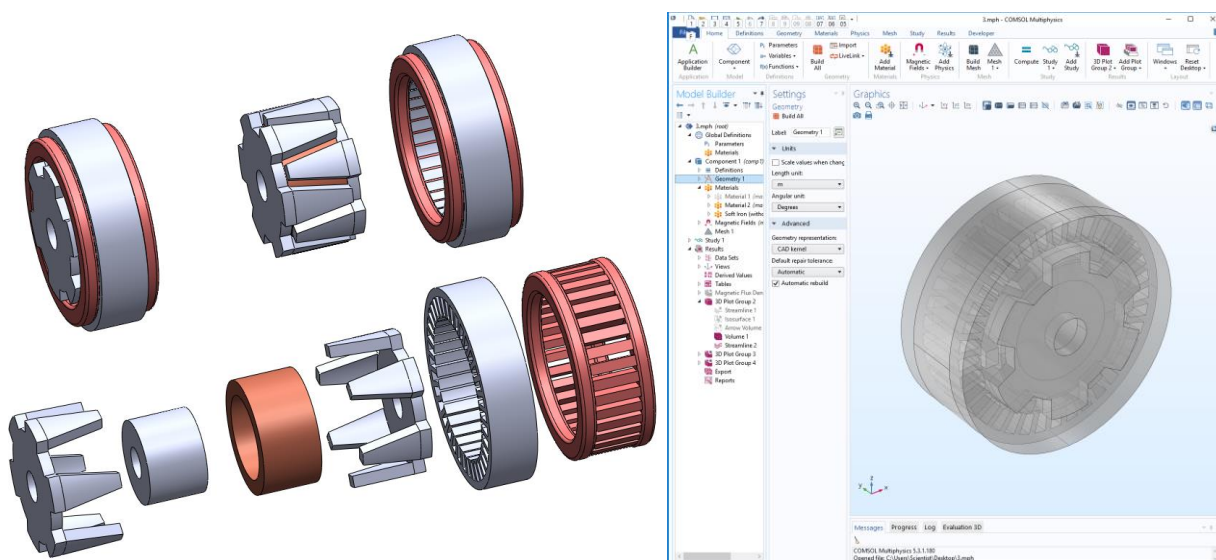


Рисунок 2 – Геометрична та польова моделі генератора

Визначальні рівняння для розрахунку магнітного поля мають вигляд:

$$\nabla \times H = J,$$

$$B = \nabla \times A,$$

$$J = \sigma E.$$

Наступним етапом моделювання є задання властивостей матеріалів та джерела магнітного поля. У програмі COMSOL Multiphysics реалізована можливість моделювання багатовиткових обмоток, необхідно вибрати область, що являє собою обмотку збудження, задати величину і напрямок протікання струму збудження, діаметр і матеріал проводу та кількість витків.

У результаті розрахунку отримано розподіл магнітного поля у активній частині генератора з пазуреподібними полюсами.

На рисунку 3 показано розподіл магнітної індукції та силові лінії магнітного потоку в у середній площині активної частини генератора.

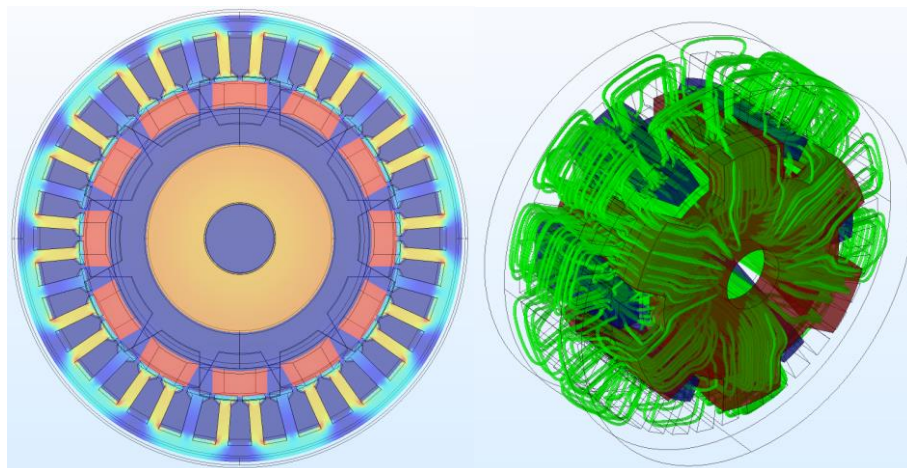


Рисунок 3 – Розподіл магнітної індукції і ліній магнітного потоку в активній частині генератора

З рисунку 3 видно про складний розподіл магнітного поля у активній частині генератора з пазуреподібними полюсами. Основна частина магнітного потоку проходить через втулку, розподіляється по пазуреподібним полюсам однієї полярності, виходячи з полюсів цієї полярності, перетинає повітряний зазор між ротором і статором, проходить по зубцях і спинці магнітопроводу статора, знову перетинає повітряний зазор, входить в пазуреподібні полюси іншої полярності і замикається через ці полюси знову на втулку.

**Висновки.** Детально розглянуто будову, принцип дії та характеристики сучасних автомобільних генераторів змінного струму з пазуреподібними полюсами. Створено геометричну 3D модель активної зони генератора. Реалізовано тривимірну польову математичну модель електромагнітних процесів у активній частині автомобільного генератора та проведено на її основі дослідження магнітного поля у режимі неробочого ходу. При моделюванні було проведено оптимізацію повітряних відстаней між полюсами для зменшення потоків розсіювання.

#### Перелік посилань

1. Цивінський С.С. Електричні машини у складі сучасних автомобілів / Цивінський С.С., Шумський М.В. // Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів "СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ". – Київ: «Політехніка». – 2017. – 274-277с.

2. Автомобильные генераторы. Василевский В.И., Купеев Ю.А. Изд-во «Транспорт», 1977 г., стр. 1–156.