

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

А.К. ШЕВЧЕНКО^{1*}, О.М. ПЕТРЕНКО², Б.Г. ЛЮБАРСЬКИЙ³

¹ магістрант кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

² здобувач кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

³ професор кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

* email: lboris1911@ukr.net

У основі математичної моделі нагріву асинхронного тягового двигуна (АТД) лежить основний закон теплопровідності, сформульований Фур'є у результаті аналізу експериментальних даних. Цей закон встановлює кількісний зв'язок між тепловим потоком і різницею температур в двох точках тіла: кількість переданої теплоти пропорційна градієнту температури, часу і площі перерізу F , перпендикулярному до напрямку поширення теплоти.

Якщо кількість переданої теплоти віднести до одиниці часу, то сформульована залежність виразиться таким чином:

$$p = -\lambda \cdot F \cdot \text{grad}\theta, \quad (1)$$

де p – кількість переданої теплоти, віднесена до одиниці часу, тобто потужність; λ – коефіцієнт теплопровідності; F – площа перерізу, перпендикулярного до напрямку поширення теплоти; θ – температура точок тіла.

Для вирішення задач по визначенню температурного поля використовують диференціальне рівняння теплопровідності, яке виводиться на основі закону збереження енергії і закону Фур'є. При виведенні рівняння розглядається нестационарне тривимірне температурне поле в однорідному твердому тілі, з розподіленими за об'ємом джерелами теплоти.

Після перетворення рівняння теплового балансу набирає вигляду:

$$\Delta P = C \cdot \frac{d\theta}{dt} + A \cdot (\theta - \theta_c), \quad (2)$$

де $C = c \cdot G$ – теплоємність тіла; $A = \alpha \cdot F$ – коефіцієнт тепловіддачі тіла.

В роботі [1] пропонується універсальна еквівалентна теплова схема, що дозволяє виконувати теплові розрахунки нестационарних режимів роботи АТД за різних систем охолодження. Розглянуто використання універсальної теплової схеми для теплових розрахунків асинхронних двигунів регульованих електроприводів.

Нагрів АТД залежить від режиму його роботи і величини навантаження. На нагрів АТД впливають співвідношення тривалості періодів роботи (режим

тяги, гальмування або підтримання заданої швидкості руху) і пауз (режим вибігу або механічного, пневматичного гальмування) між ними або періодів роботи з повним і частковим навантаженням, характер протікання перехідних процесів.

У тяговому електроприводі двигуни найчастіше працюють в режимі, що переважається. Цикл включає періоди роботи поперемінно на різних частотах обертання з різними режимами роботи АІН, що забезпечує його живлення, і періоди переходів від одних частот обертання до інших. При перехідних процесах від однієї частоти обертання, що встановилася, до іншої збільшуються втрати, що впливає на зростання температур конструктивних елементів. Таким чином для визначення теплового стану АТД у кожному з режимів роботи необхідно визначитися скласти систему рівнянь для кожного з тіл з конструкції АТД. Кількість та вид рівнянь залежить від конструктивних особливостей системи обходження двигуна.

Рішення цієї системи першого порядку, методом Рунге-Кутта, дозволяє розглянути зміну температур конструктивних елементів АТД при перехідних процесах. Адекватність математичної моделі істотно підвищується при врахуванні змін на кожному кроці інтегрування як втрат (у тому числі від усіх вищих гармонік, що враховуються), так і теплової провідності.

Проведено ідентифікація елементів теплових схем АТД на підставі теорії теплових процесів в електричних машинах. Визначено параметри зовнішніх та вбудованих мотор-вентиляторів. На прикладі асинхронного двигуна АД 917 було розглянуто результати моделювання теплового процесу нагріву його до сталої температури.

Встановлено наступне. Нагрів до сталої температури при внутрішній вентиляції здійснено близько за 900..1000с постійна часу нагріву складає близько 265..290с. Найбільшу постійну часу має температура ротора. Він також має найбільшу температуру нагріву, що складає 132,3 °С в режимі однократної ШІМ та 107,6 °С при просторово-векторному режимі ШІМ. Це обумовлено меншою ніж статор площею теплообміну. Найбільш температурно навантаженою частиною статора є лобова частина його обмотки стала температура якої досягає 114,6 °С в режимі однократної ШІМ та 89,1 °С при просторово-векторному режимі ШІМ. Найбільше температурне навантаження цієї частини обмотки обумовлено можливістю лише конвекційним теплообміном цієї частини обмотки. Більша сталі температури двигуна в режимах однократної ШІМ обумовлені додатковими втратами від вищих гармонійних. Сталі температури обмотки статора двигуна не перевищують максимально допустимі температури для ізоляції класу Н при температурі навколишнього середовища 40 °С, що застосовано на цьому АТД.

Список літератури:

1. *Петрушин В.С.* Расчет температур конструктивных элементов асинхронных двигателей в динамических режимах / *В.С. Петрушин, С.В. Рябинин, А.М. Якимец* // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», – 2000. – № 403. – С. 145 – 149.