

Н.А. ГАЕВСКАЯ, студентка, НТУ "ХПИ", Харьков

Л.П. ГАЛАЙКО, канд. техн. наук, доцент, НТУ "ХПИ", Харьков

АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОМ ДВИГАТЕЛЕ СТИРАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГРАММЫ SIMULINK

В статті розглядається питання розробки імітаційної моделі для програми SIMULINK для дослідження нестационарних теплових процесів в вентильно-індукторному двигуні пральної машини. Ця модель є доповненням до раніш розробленої моделі сталого режиму з урахуванням магнітних та електричних втрат і дозволяє досліджувати роботу двигуна у різних режимах роботи.

В статье рассматривается вопрос создания имитационной модели для программы SIMULINK для исследования нестационарных тепловых процессов в вентильно-индукторном двигателе стиральной машины. Эта модель является дополнением к ранее разработанной модели установившегося режима с учетом магнитных и электрических потерь и позволяет исследовать работу двигателя в различных режимах работы.

Введение. Вентильно-индукторные двигатели (ВИД) начали разрабатывать и внедрять в различные области техники сравнительно недавно, в конце 20 века. Их называют двигателями 21 века. В настоящее время отсутствует единая общепринятая методика их проектирования. Для проектирования ВИД широко используются различные пакеты прикладных программ. Это, прежде всего пакеты, реализующие метод конечных элементов для магнитных, тепловых и механических расчетов, такие как FEMM, ANSYS, ELCUT и другие. Ряд авторов использует программу-приложение SIMULINK из пакета программ MATLAB, например, автор данной статьи разработала имитационные модели отдельно для расчета установившихся и переходных режимов работы ВИД. Описанная в работе [1] модель для установившегося режима позволяет рассчитать токи в фазах, электромагнитный момент, а также электрические и магнитные потери в двигателе, но не позволяет оценить тепловое состояние двигателя в различных режимах его работы.

Цель работы. Была поставлена цель разработать имитационную модель для программы SIMULINK для исследования нестационарных тепловых процессов в различных режимах работы двигателя.

Описание модели. Модель разработана для ВИД стиральной машины малой мощности $P=90$ Вт, спроектированной на базе асинхронного конденсаторного двигателя. В основу модели положен метод эквивалентных тепловых схем замещения (ЭТС). Вид ЭТС зависит от конструкции машины и способа ее охлаждения. ВИД для стиральной машины является самовентилируемой машиной защищенного исполнения. Поэтому рассматриваем тепловое состояние статора независимо от ротора. Принимаем допущение: условия охлаждения для катушки в межполюсных окнах и на торцах одинаковые, поэтому катушку представляем как один активный элемент. ЭТС одного полюса статора для стационарного режима работы приведена в работе [2]. ЭТС для нестационарных режимов работы отличается от ЭТС стационарных режимов наличием емкостей, которые учитывают теплоемкости отдельных элементов. Эта ЭТС приведена на рис.1.

Здесь K – катушка; Π – полюс статора; $Я$ – ядро статора; υ_0 – базовая температура; $R_{кю}, R_{по}, R_{пк}, R_{як}, R_{яп}, R_{юо}$ – тепловые сопротивления, учитывающие передачу тепла теплопроводностью и конвекцией.

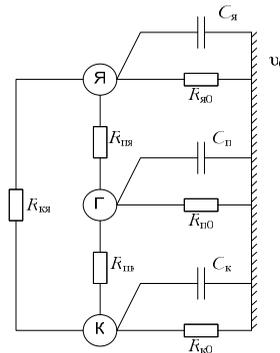


Рис.1.

Для их расчета приняты следующие теплофизические параметры:

теплопроводность стали вдоль пластин $\lambda'_{ст} = 20 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$, поперек пластин $\lambda''_{ст} = 4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$, теплопроводность изоляции $\lambda'_{из} = 0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$, эк-

вивалентная теплопроводность многовитковой катушки $\lambda'_{\text{эkv}} = 1,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$, коэффициент теплоотдачи $\alpha = 30 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$.

Теплофизические параметры определялись с помощью учебника [3]. Электрические потери в катушке $P_k = 3,78$ Вт, магнитные потери в полюсе $P_{\Pi} = 0,109$ Вт, магнитные потери в ярме $P_{\text{я}} = 0,7$ Вт определены в электромагнитном расчете с помощью модели, описанной в работе [1]. Теплоемкости катушки, полюса и ярма соответственно равны $C_k = 10,98$ кал/°С, $C_{\Pi} = 17,57$ кал/°С, $C_{\text{я}} = 24,86$ кал/°С.

Математическая модель нестационарных тепловых процессов представляет собой систему дифференциальных уравнений, которая получена на основании уравнения теплового баланса.

Запишем систему уравнений для схемы замещения рис. 1:

$$\begin{cases} \frac{d\theta_k}{dt} = \frac{P_k}{C_k} - \frac{\Lambda_k - \alpha \cdot P_k}{C_k} \cdot \theta_k + \Lambda_{\text{пк}} \cdot \theta_{\Pi} + \Lambda_{\text{кя}} \cdot \theta_{\text{я}}; \\ \frac{d\theta_{\Pi}}{dt} = \frac{P_{\Pi}}{C_{\Pi}} + \Lambda_{\text{пк}} \cdot \theta_k - \frac{\Lambda_{\Pi} - \alpha \cdot P_{\Pi}}{C_{\Pi}} \cdot \theta_{\Pi} + \Lambda_{\text{пя}} \cdot \theta_{\text{я}}; \\ \frac{d\theta_{\text{я}}}{dt} = \frac{P_{\text{я}}}{C_{\text{я}}} + \Lambda_{\text{кя}} \cdot \theta_k + \Lambda_{\text{пя}} \cdot \theta_{\Pi} - \frac{\Lambda_{\text{я}} - \alpha \cdot P_{\text{я}}}{C_{\text{я}}} \cdot \theta_{\text{я}}, \end{cases}$$

где $\Lambda_{\Pi} = \Lambda_{\text{пя}} + \Lambda_{\text{пк}} + \Lambda_{\text{по}}$; $\Lambda_{\text{я}} = \Lambda_{\text{кя}} + \Lambda_{\text{пя}} + \Lambda_{\text{я0}}$ - результирующие тепловые проводимости соответственно катушки, полюса и ярма;

α - температурный коэффициент сопротивления меди;

$\theta_k, \theta_{\Pi}, \theta_{\text{я}}$ - превышения температур соответственно катушки, полюса и ярма. Результаты расчетов тепловых проводимостей сведены в табл. 1.

Таблица 1

$\Lambda_{\text{кп}}$	$\Lambda_{\text{кя}}$	$\Lambda_{\text{пя}}$	$\Lambda_{\text{ко}}$	$\Lambda_{\text{по}}$	$\Lambda_{\text{я0}}$	Λ_k	Λ_{Π}	$\Lambda_{\text{я}}$
0,433	0,0149	2,15	0,0459	0,00929	0,043	0,4938	2,59	2,21

На основании системы уравнений составлены имитационные модели для продолжительного режима работы (рис. 2), кратковременного и повторно-кратковременных режимов с разными ПВ.

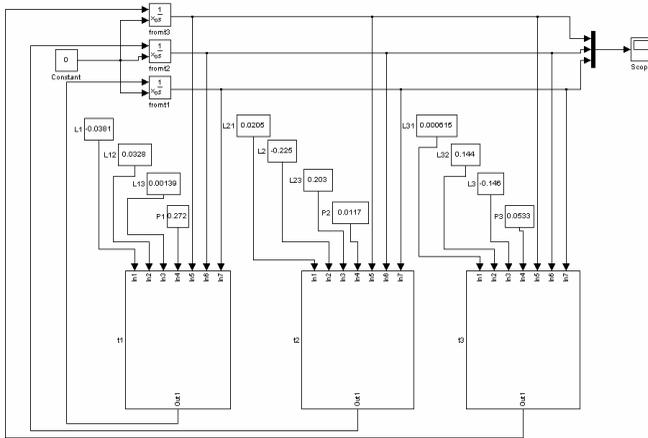


Рис. 2.

Результаты расчетов для кратковременного и повторно-кратковременного с ПВ=40% приведены на рис. 3 и рис. 4 соответственно. На рисунках верхней кривой соответствует превышение температуры в катушке, а нижней – в полюсе и ярме. На рис. 4 внизу приведены диаграммы потерь в катушке, полюсе и ярме.

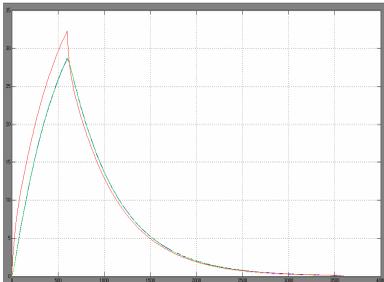


Рис. 3.

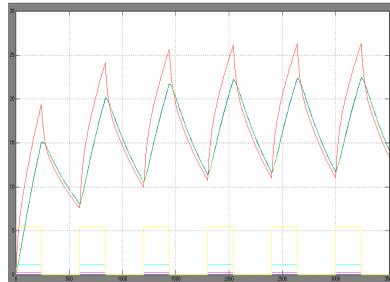


Рис. 4.

Вывод. Использование имитационных моделей для анализа нестационарных тепловых процессов позволяет быстро и наглядно оценить тепловое состояние двигателя для любых режимов работы: S1–S8, соответствующих ГОСТу, или любых специальных режимов.

Список источников информации: 1. Галайко Л.П. Имитационная модель установившегося режима работы вентильно-индукторного двигателя с учетом магнитных потерь// Вісник Кременчуцького Державного політехнічного

университету. Вип. 3/ 2009 (56). Ч. 2. – Кременчук: 2009. – С. 131-134. 2. *Галайко Л.П., Гаевская Н.Г.* Сравнение методов эквивалентных тепловых схем и конечных элементов для теплового расчета вентильно-индукторного двигателя/ Вестник НТУ "ХПИ" 25' 2008. Харьков. 2008. с. 3-5. 3. *И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов и др.* Проектирование электрических машин: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 496 с.



Гаевская Наталья Александровна, студентка Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" с 2006 г. по специальности электрические машины и аппараты, стипендиат имени М.Ф. Семко.

Научные интересы связаны с проблемами современных методов расчета тепловых процессов в электрических машинах, в частности вентильно-индукторных.



Галайко Лидия Петровна, доцент, кандидат технических наук. Защитила диплом инженера, диссертацию кандидата технических наук в Харьковском политехническом институте по специальности электрические машины и аппараты соответственно в 1960 и 1969 гг. Доцент кафедры "Электрические машины" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" с 1975 г.

Научные интересы связаны с проблемами специальных электрических машин, в частности, вентильно-индукторных.

Поступила в редколлегию 7.09.2009