

ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

Сборник научных трудов
Тематический выпуск
"Проблемы совершенствования
электрических машин и аппаратов"

27 '2009

Издание основано Национальным техническим университетом
"Харьковский политехнический институт" в 2001 году

Государственное издание
Свидетельство Госкомитета по информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2 июля 2001 года

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Председатель

Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, д-р техн. наук, проф.

Секретарь координационного совета

К.А. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц.

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.
Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.
Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.
Л.М. Бесов, д-р техн. наук, проф.
Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.
М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.
А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.
В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.
В.В. Епифанов, д-р техн. наук, проф.
О.П. Качанов, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.
В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.
В.С. Лушков, д-р техн. наук, проф.
О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.
П.Г. Перерва, д-р техн. наук, проф.
В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.
М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.
Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.
Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.
Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный редактор:

В.С. Лушков, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь:

А.Г. Серета, канд. техн. наук, доц.

В.Ф. Болдох, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.
Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.
В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.
В.И. Мильх, д-р техн. наук, проф.
В.П. Себко, д-р техн. наук, проф.
Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Адрес редколлегии: 61002, Харьков,
ул. Фрунзе, 21. НТУ "ХПИ".
Каф. ЭА. Тел. (057) 707-68-64

Харьков 2009

Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2009. – № 27. – 147 с.

Випуск приурочений до Міжнародного симпозиуму "Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика" (SIEMA'2009), 21 – 23 жовтня 2009 року, Харків, НТУ "ХПІ". В збірнику висвітлюються проблеми удосконалення електричних машин і апаратів, досягнення вчених, вузів і підприємств України та інших країн, які прийняли участь у симпозиумі.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів.

Випуск приурочен к Международному симпозиуму "Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов. Теория и практика" (SIEMA'2009), 21 – 23 октября 2009 года, Харьков, НТУ "ХПИ". В сборнике освещаются проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов, достижения ученых, вузов и предприятий Украины и других стран, которые приняли участие в симпозиуме.

Для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, специалистов.

**Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ "ХПІ";
Протокол № 11 від 30.10.2009**

© Національний технічний університет "ХПІ", 2009

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 К – катушка; П – полюс статора; Я – ярмо статора; ν_0 – базовая температура; $R_{кю}, R_{по}, R_{пк}, R_{як}, R_{яп}, R_{яо}$ – тепловые сопротивления, учитывающие передачу тепла теплопроводностью и конвекцией.

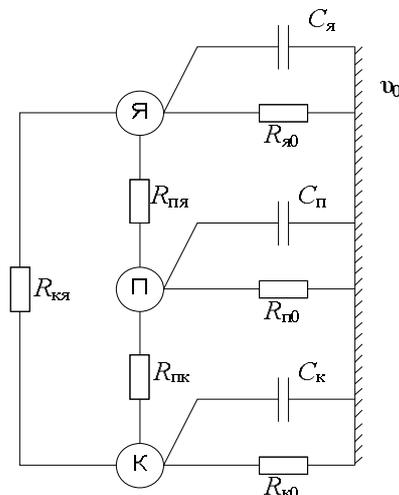


Рис.1.

Для их расчета приняты следующие теплофизические параметры:

теплопроводность стали вдоль пластин $\lambda'_{ст} = 20 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}$, поперек пла-

стин $\lambda''_{ст} = 4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}$, теплопроводность изоляции $\lambda'_{из} = 0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}$, эк-

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

Теплофизические параметры определялись с помощью учебника [3]. Электрические потери в катушке $P_k = 3,78$ Вт, магнитные потери в полюсе $P_{\text{п}} = 0,109$ 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, $C_{\text{п}} = 17,57$ 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:

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

где $\Lambda_{\text{п}} = \Lambda_{\text{пя}} + \Lambda_{\text{пк}} + \Lambda_{\text{п0}}$; $\Lambda_{\text{я}} = \Lambda_{\text{кя}} + \Lambda_{\text{пя}} + \Lambda_{\text{я0}}$ - результирующие тепловые проводимости соответственно катушки, полюса и ярма;

α - температурный коэффициент сопротивления меди;

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

Таблица 1

$\Lambda_{\text{кп}}$	$\Lambda_{\text{кя}}$	$\Lambda_{\text{пя}}$	$\Lambda_{\text{к0}}$	$\Lambda_{\text{п0}}$	$\Lambda_{\text{я0}}$	$\Lambda_{\text{к}}$	$\Lambda_{\text{п}}$	$\Lambda_{\text{я}}$
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.

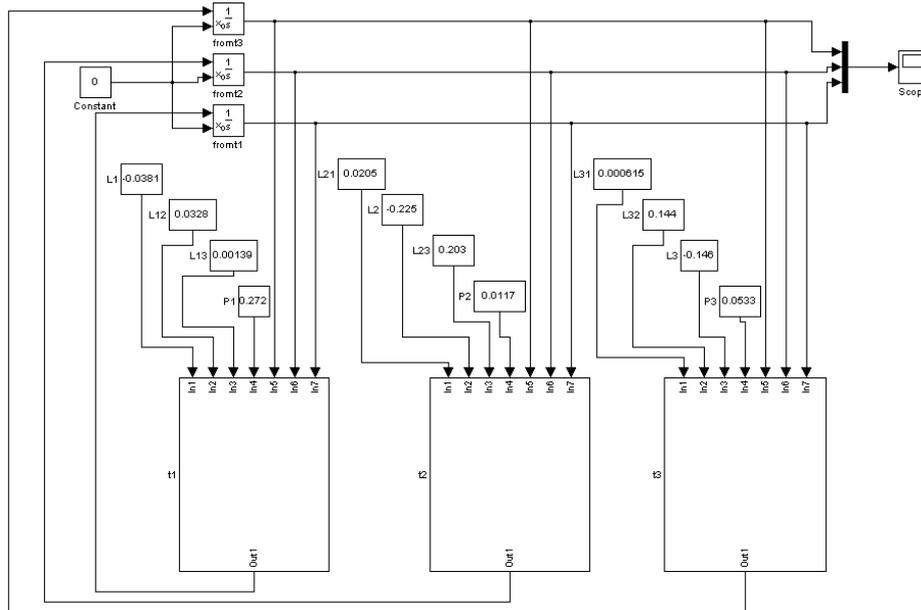


Рис. 2.

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.

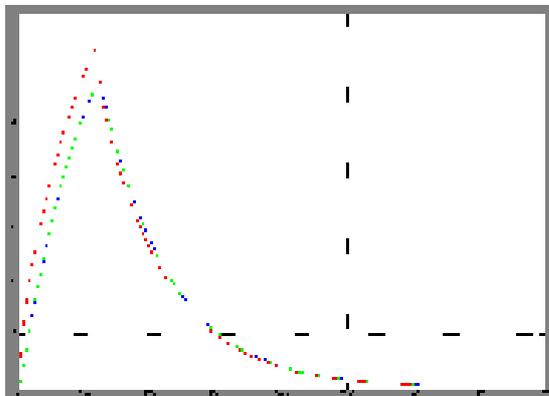


Рис. 3.

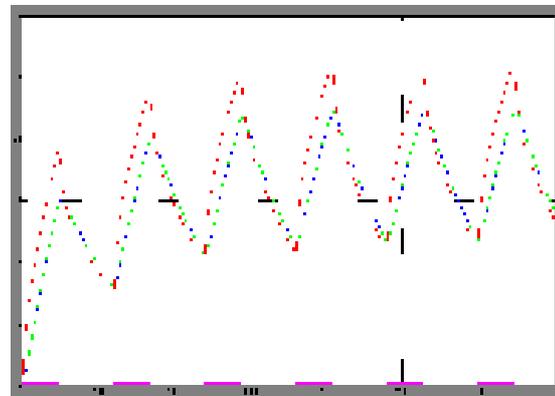


Рис. 4.

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 вентиляционно-индукторного двигателя с учетом магнитных потерь// Вісник Кременчуцького Державного політехнічного

університету. 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