

А.Н. ПЕТРЕНКО, инж. "СКБ Укрэлектромаш"

В.Е. ТАНЯНСКИЙ, студент

Н.Я. ПЕТРЕНКО, к.т.н., доц. НТУ "ХПИ"

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Выполнены расчеты дополнительных электрических и магнитных потерь от высших гармоник напряжения, а также рассмотрено их влияние на нагрев отдельных узлов двигателя. Выполнен тепловой баланс источников и стоков тепла по результатам теплового расчета и определены тепловые потоки снаружи и внутри конструкции двигателя.

Ключевые слова: двигатель, дополнительные потери, высшие гармоники, тепловой баланс.

Введение. Высокий уровень зависимости отечественной экономики от внешних энергетических ресурсов и постоянный рост их цен обуславливают актуальность проблемы энергосбережения. Около 60 % вырабатываемой электроэнергии потребляется электроприводами, основным элементом которых являются асинхронные электродвигатели. Одним из наиболее эффективных способов улучшения технико-экономических показателей электроприводов является замена нерегулируемых на регулируемые электроприводы. Использование регулируемых электроприводов позволяет: разработать новые технологические процессы; решать задачи дальнейшей механизации и автоматизации производства; снизить себестоимость и повысить качество продукции; повысить энергетический коэффициент ($\eta \cdot \cos\phi$) асинхронного двигателя. В зависимости от назначения, диапазона регулирования и мощности применяются различные типы регулируемых электроприводов. Чаще применяются регулируемые электроприводы на базе асинхронных двигателей и полупроводниковых преобразователей частоты [1].

Температурное поле и тепловые потоки двигателя. Тепловое состояние частотно-управляемых двигателей зависит от величины потерь, которые определяются величиной нагрузки, законом и коэффициентом регулирования α и от условий охлаждения. Кроме того, на тепловое состояние существенное влияние оказывает режим работы двигателя ($S1 \dots S6$).

© Петренко А.Н., Таянский В.Е., Петренко Н.Я., 2012

Таким образом, тепловое состояние, т.е. распределение температуры внутри двигателя и температуры отдельных узлов двигателя являются сложной функцией пространственных координат X, Y, Z и времени t . Температурное поле двигателя определяется с одной стороны условиями эксплуатации, режимом работы, типами источников питания, величиной нагрузки, частотой вращения, с другой – конструктивными особенностями отдельных узлов и двигателя в целом [2].

Температура отдельных элементов конструкции двигателя АИР160S4 мощностью 15 кВт исследовалась при питании синусоидальным (Б) и несинусоидальным напряжением (А). Для исследования температуры использовалась математическая модель теплового состояния, которая построена на основании эквивалентной тепловой схемы. Эквивалентная тепловая схема (ЭТС) для стационарного режима работы представлена на рисунке.

Предварительные расчеты показали, что тепловые сопротивления на пути теплового потока от обмотки ротора к валу и по валу к внутреннему воздуху весьма велики, поэтому таким тепловым потоком при синусоидальном напряжении питания можно пренебречь. При ступенчатой форме питающего напряжения (ППЧ с АИН) возникают дополнительные магнитные потери и учет тепловых потоков в сердечнике ротора необходим. Конвективные тепловые сопротивления рассчитываются с помощью ЭТС для всех частот вращения диапазона регулирования двигателя. Результаты величины и распределение дополнительных потерь между элементами конструкции двигателя представлены в табл. 1.

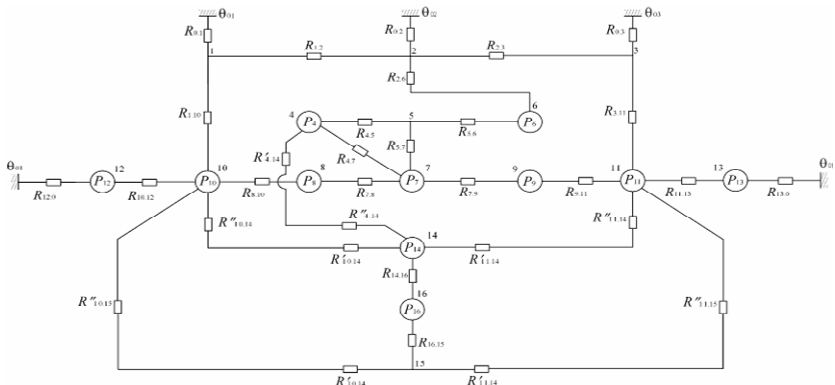


Рис. 1. ЭТС частотно-управляемого асинхронного двигателя для стационарных режимов работы

Таблица 1 – Величина дополнительных потерь в элементах конструкции двигателя от высших гармоник напряжения

Вид дополнительных потерь от ВГН	Место выделения потерь от ВГН	Величина дополнительных потерь от ВГН, Вт
Электрические потери	Пазовая часть обмотки статора	41,2
-//-	Лобовая часть обмотки статора (одна)	30,7
-//-	Обмотки ротора	211
Магнитные потери	Зубцы сердечника статора	2,1
-//-	Спинка сердечника статора	7,8
-//-	Сердечник ротора	7,4

Величина греющих потерь в зависимости от нагрузки в отдельных элементах конструкции двигателя представлены в табл.2 при питании несинусоидальным напряжением (А).

Таблица 2 – Результаты расчета греющих потерь в элементах конструкции двигателя, Вт

Часть двигателя	P ₂ , о.е.				
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
Пазовая часть обмотки статора	93,2	124,2	219,2	406,2	581,2
Лобовая часть обмотки статора (одна)	69,7	92,7	163,7	302,7	433,7
Обмотка ротора	247	305	446	680	775
Зубцы сердечника статора	84,1	94,1	102,1	118,1	139,1
Спинка сердечника статора	200,8	225,8	286,8	325,8	400,8
Сердечник статора	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Внутренний воздух (одна полость)	31	31	31	31	31
Подшипниковый щит (один)	31	31	31	31	31

Для проверки теплового баланса источников и стоков тепла, на основании результатов теплового расчета и параметров ЭТС определены тепловые потоки с оребренного корпуса и подшипниковых щитов в окружающую среду для режима номинальной нагрузки при синусоидальной (Б) и ступенчатой (А) формах напряжения, т.е. при отсутствии и наличии дополнительных потерь от ВГН. Результаты расчета тепловых потоков с оребренного корпуса и подшипниковых щитов сведены в табл. 3. Обозначения q_{ij} взяты из ЭТС (рис.1).

Таблица 3 – Значения тепловых потоков с оребренного корпуса и подшипниковых щитов.

q_{ij} Режим	q_{1k}	q_{2k}	q_{3k}	$q_{щ1}$	$q_{щ2}$	$\sum q_{дон}$	$\sum q$
Б, Вт	471,8	931,8	303,8	131,8	94,4	1933	1946
А, Вт	549,4	1047	326,6	155,3	112,7	2191	2247

Значения полных потерь при питании синусоидальным напряжением (режим Б) 1946 Вт, ступенчатым напряжением (режим А) 2247, Вт. Таким образом баланс истоков и стоков температуры от потерь мощности выполняется с точностью 0,9% при режиме Б и 2,5% при режиме А.

Аналогичным образом определены тепловые потоки внутри двигателя, а именно: тепловые потоки от лобовых частей обмотки статора и от ротора к внутреннему воздуху, от внутреннего воздуха к корпусу и подшипниковым щитам. Результаты расчета тепловых потоков внутри двигателя при питании синусоидальным напряжением (режим Б) и ступенчатым напряжением (режим А) сведены в табл.4. Индексы тепловых потоков i, j соответствуют номерам узлов ЭТС, изображенной на рисунке.

Таблица 4 – Значения результатов расчета тепловых потоков внутри двигателя

q_{ij} Режимы	$q_{8,10}$	$q_{9,11}$	$q_{14,10}$	$q_{14,11}$	q_{101}	$q_{11,3}$	$q_{10,12}$	$q_{11,13}$	$\sum q_{дон}$
Б, Вт	161,9	125,5	143,4	113,5	249,5	214,9	100,9	66,0	1175,6
А, Вт	173,8	133,2	200,2	166,9	301,1	265,9	124,4	82,3	1447,8

Выводы. 1. Различие тепловых потоков при синусоидальной и ступенчатой формах питающего напряжения обусловлено дополнительными электрическими потерями от высших гармоник напряжения в обмотках статора и ротора. 2. Наиболее существенно отличие тепловых потоков для обмотки ротора при ступенчатой форме напряжения и составляет 1,71, а для обмотки статора 1,11. 3. Основную роль в теплообмене выполняет примыкающая к сердечнику статора оребренная часть корпуса. 4. Отличие тепловых потоков от лобовых частей обмотки статора и ротора к внутреннему воздуху обусловлено существенной разницей условий теплообмена лобовых частей статора и ротора с внутренним воздухом со стороны вентилятора и привода. Основной причиной является значительное уменьшение коэффициента теплоот-

дачи оребренного корпуса по его длине.

Список литературы: 1. *Локтева И.Л.* Состояние и перспективы развития регулируемого электропривода на базе автономных инверторов за рубежом / И.Л. Локтева, Г.В. Онищенко // *Электротехническая промышленность. Серия 08. Электропривод*, – 1986. – № 1(24). – 64 с. 2. *Осташевский Н.А.* Математическая модель теплового стану частотно-керowanego асинхронного двигуна в стаціонарних режимах / М.О. Осташевський, О.М. Петренко // *Проблеми автоматизованого електроприводу. "Електроінформ"*. – 2009. – С. 266-270.

Поступила в редколлегию 10.09.2012

УДК 621.313.2

Исследование температурного поля и тепловых потоков частотно-управляемого асинхронного двигателя / А.Н. Петренко, В.Е. Тянянский, Н.Я. Петренко // *Вісник НТУ "ХП"*. Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ "ХП", 2012. – № 49 (955). – С. 61-65. Бібліогр.: 2 назв.

Наведені результати розрахунку додаткових втрат від вищих гармонік напруги та розглянуто їх вплив на нагрів окремих вузлів двигуна. Виконаний тепловий баланс джерел і стоків тепла за результатами теплового розрахунку та визначені теплові потоки зовні та в середині двигуна.

Ключові слова: двигун, додаткові втрати, вищі гармоніки, тепловий баланс.

The results of calculation of additional losses from higher harmonics of voltage are presented, their effect on heating of individual motor assemblies is considered. Heat balance of sources and sinks of heat by results of thermal calculation is carried out, heat flows outside and inside of the motor are determined.

Keywords: motor, additional losses, higher harmonics, heat balance.