

трубчато-пластинчатому радиатору с шагом оребряющих пластин 1,45 мм.

На рисунке 4 представлены результаты этого эксперимента. Как видно, коэффициент k_c зависит не только от среднеквадратического отклонения скорости воздуха по фронту радиатора, но и от средней скорости воздуха проходящего через радиатор.

Результаты, полученные в результате проведения численных экспериментов, хорошо согласуются с натурными экспериментами и с расчетами, выполненными по специальной методике [1].

Радиатор, установленный на автомобиль, всегда обдувается неравномерным потоком воздуха, это связано с элементами конструкции воздушного тракта, находящимися на пути потока воздуха, это в первую очередь вентиляторная установка. На ранней стадии проектирования важно знать, каким будет сопротивление радиатора в реальных условиях эксплуатации. Как было сказано выше, для этого необходимо учитывать аэродинамические свойства сердцевин радиатора, прогнозируемую неравномерность поля скоростей по фронту радиатора и среднюю скорость охлаждающего воздуха.

Литература

1. Петров А.П., Петров К.А. Методика определения влияния неравномерности поля скоростей воздуха по фронту радиатора на коэффициент его аэродинамического сопротивления // Труды I Международного симпозиума. М.: РАН, 2010. Т.1: Фундаментальные проблемы науки. с. 63-71.

Многоуровневая комплексная система управления качеством электрооборудования на этапах жизненного цикла автомобиля

Пимкина Е.С., д.т.н. проф. Козловский В.Н., к.т.н. проф. Малеев Р.А.
ПВГУС, Университет машиностроения

8 (8482) 637734, katrinka_7777@mail.ru, 8 (8482) 637140, kozlovskiy-76@mail.ru

Аннотация. В работе приводится описание многоуровневой системы управления качеством продукции на этапах жизненного цикла на примере электрооборудования автомобилей.

Ключевые слова: система управления, качество, компьютерное моделирование, электрооборудование автомобилей.

Для создания системы управления, обеспечивающей описание и взаимодействие процессов производства и управления качеством продукции, необходимо создание принципиально новых структур, объединяющих в себе элементы математики, теории вероятностей, математической статистики и логики. В качестве связующего звена между ними должен выступать единый показатель, способный отразить характеристики качества (стабильности) технологического процесса изготовления.

Для решения проблемы повышения качества электрооборудования автомобилей нами разработана многоуровневая система управления структура. В качестве объекта исследования выступает технологический процесс изготовления электромеханических преобразователей (ЭП) как наименее надежных элементов системы электрооборудования автомобилей. Одной из наиболее важных причин низкой надежности ЭП является невысокая стабильность изготовления размерных параметров активной зоны. Именно процесс формирования размерных параметров активной зоны ЭП в системе управления осуществляется с помощью генератора случайных чисел.

На рисунке 1 приведен пример задания одного из входных параметров (длины полюса). Здесь в модуль вводится численное значение геометрического размера, нижний и верхний пределы поля допуска. В модуле производится расчет среднего значения размера и среднего квадратического отклонения (1) по ТУ:

$$\sigma = \frac{x_n + x_b}{6} \quad (1)$$

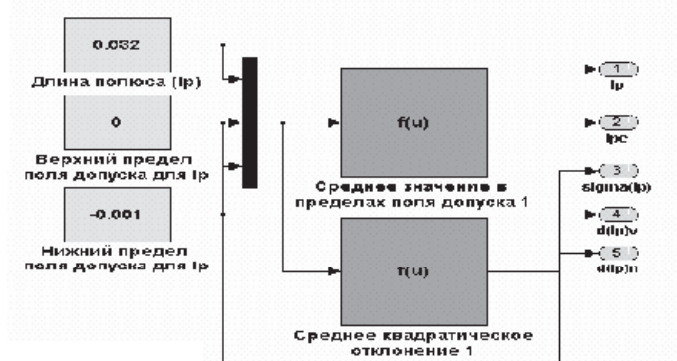


Рисунок 1. Задание входных параметров

Входные и промежуточные параметры рассмотренного модуля попадают в статистическую модель, описывающую партию изделий заданного объема. Они являются аргументами функции, описывающей генератор случайных чисел (рисунок 2), который формирует нормальное распределение рассматриваемых ключевых размеров для N-го количества устройств в партии.

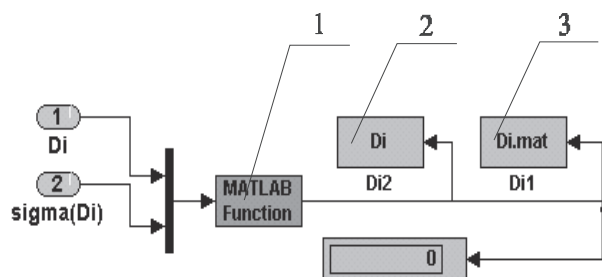


Рисунок 2. Организация генератора случайных чисел в модели, описывающей технологический процесс производства главных технических устройств: 1 – генератор случайных чисел, 2 – блок записи в рабочее окно программы, 3 – блок записи в файл программы

Виртуальная партия организуется при помощи статистического метода прогнозирования поведения сложной системы (метод Монте-Карло). Связь между входными и выходными параметрами осуществляется на основе методики расчета технических характеристик генератора, электростартера, электромеханического усилителя рулевого управления и стартер-генератора.

В качестве обобщенного критерия качества (стабильности) технологического процесса изготовления устройств рассматривается вероятностная оценка попадания ключевого размерного параметра в пределы установленного техническими условиями (ТУ) поля допуска.

При определении критерия качества принято, что погрешности изготовления деталей в пределах допуска распределяются по нормальному закону. Следовательно, вероятность попадания рассматриваемого параметра в поле допуска (P_i) с учетом оценки среднего квадратического отклонения рассчитывается по формуле:

$$P_i = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{x_n}^{x_b} e^{-\frac{(x-x_{cp})^2}{2\sigma^2}} \cdot dx, \quad (2)$$

где: σ - среднее квадратическое отклонение размера;

x_{cp} – среднее значение размера в пределах допуска;

x_n, x_b – нижнее и верхнее значение пределов допусков.

Так как любой электромеханический преобразователь состоит из компонентов, каждый из которых определяет его качество, то среднее значение критерия качества технологического процесса можно представить в следующем виде:

$$P_{cp} = \prod_{i=1}^m P_i \quad (3)$$

Исходя из полученного значения коэффициента качества технологического процесса изготовления устройств, можно определить возможное среднее (d_{cp}) количество дефектных изделий в партии выраженное в процентах:

$$d = (N - P_{cp} \cdot N) \cdot 100 \quad (4)$$

где: N – объем контролируемой партии.

Таблица 1

Входные параметры имитационных моделей устройств главной группы

№ п.п.	Параметр	Размер, м	Отклонения, м
1	2	3	4
Трехфазный синхронный генератор переменного тока с электромагнитным возбуждением			
1.	Наружный диаметр ротора	0,088	-0,0001; 0
2.	Внутренний диаметр статора	0,089	0; 0,00012
3.	Длина расточки статора	0,025	0; 0,00084
4.	Диаметр втулки	0,043	-0,00025; 0
5.	Зазор в стыке	0,00005	-0,00001; 0,00001
6.	Внешний диаметр обмотки возбуждения	0,068	0; 0,00005
7.	Длина втулки	0,03	0; -0,0021
Трехфазный синхронный генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов			
1.	Внутренний диаметр статора	0,089	0; 0,00012
2.	Длина расточки статора	0,025	0; 0,00084
3.	Наружный диаметр ротора	0,088	-0,0001; 0
4.	Внешний диаметр магнитной системы	0,078	0; 0,00005
5.	Внутренний диаметр магнитной системы	0,042	-0,00025; 0
6.	Зазор в стыке	5×10-5	-0,00001; 0,00001
7.	Длина магнита	0,028	0; -0,0021
Электростартер на базе ЭП постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов			
1.	Диаметр полюсов	0,068	0,0001; 0
2.	Диаметр якоря	0,065	0; -0,0001
3.	Длина пакета якоря	0,049	0; -0,0005
4.	Длина корпуса	0,015	0,00025; 0
5.	Толщина стенки корпуса	0,006	0,0002; 0
Электростартер на базе ЭП постоянного тока с электромагнитным возбуждением			
1.	Диаметр полюсов	0,078	0,0001; 0
2.	Диаметр якоря	0,078	0; -0,00012
3.	Длина пакета якоря	0,093	0; -0,0015
4.	Длина корпуса	0,018	0,00025; 0
5.	Толщина стенки корпуса	0,006	0,0002; 0
Электромеханический усилитель рулевого управления на базе двигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов			
1.	Диаметр полюсов	0,055	0,00025; 0
2.	Диаметр якоря	0,055	0; -0,0003
3.	Длина пакета якоря	0,033	0; -0,001
4.	Высота паза	0,013	0,0002; 0
5.	Ширина паза	0,020	0,0002; 0
Электромеханический усилитель рулевого управления на базе вентильно-индукторного двигателя			
1.	Внутренний диаметр полюсов	0,061	0,001; 0
2.	Диаметр якоря	0,06	-0,003; 0
3.	Ширина паза ротора	0,033	0,0005; -0,0005
4.	Ширина полюса ротора	0,017	0,0005; -0,0005
5.	Длина пакета якоря	0,03	0; -0,001
Стартер – генератор на базе индукционно-динамической машины			
1.	Наружный диаметр сердечника статора	0,244	0; -0,00025
2.	Внутренний диаметр сердечника ротора	0,245	0,0003; 0
3.	Длина сердечника статора	0,04	0,001; 0
4.	Длина сердечника ротора	0,04	0,001; 0
5.	Внутренний диаметр сердечника статора	0,17	0; -0,00035

В таблице 1 представлены значения ключевых размерных параметров входа моделей системы управления качеством генератора, электростартера, электромеханического усилителя рулевого управления и стартер-генератора, а также их геометрические поля допусков.

Индивидуальные расчетные значения и обобщенный показатель качества технологического процесса изготовления технических устройств главной группы по исследуемым параметрам представлены в таблице 2.

Таблица 2

Численные значения критерия качества

№ п.п.	Параметр	P _i	P _{ср}
1	2	3	4
Трехфазный синхронный генератор переменного тока с электромагнитным возбуждением			
1.	Диаметр полюсов	0,9973	0,9812
2.	Диаметр якоря	0,9973	
3.	Длина пакета якоря	0,9973	
4.	Длина корпуса	0,9973	
5.	Толщина стенки корпуса	0,9973	
6.	Диаметр полюсов	0,9973	
7.	Диаметр якоря	0,9973	
Трехфазный синхронный генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов			
1.	Внутренний диаметр статора	0,9973	0,9812
2.	Длина расточки статора	0,9973	
3.	Наружный диаметр ротора	0,9973	
4.	Внешний диаметр магнитной системы	0,9973	
5.	Внутренний диаметр магнитной системы	0,9973	
6.	Зазор в стыке	0,9973	
7.	Длина магнита	0,9973	
Электростартер на базе ЭП постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов			
1.	Диаметр полюсов	0,9973	0,9865
2.	Диаметр якоря	0,9973	
3.	Длина пакета якоря	0,9973	
4.	Длина корпуса	0,9973	
5.	Толщина стенки корпуса	0,9973	
Электростартер на базе ЭП постоянного тока с электромагнитным возбуждением			
1.	Диаметр полюсов	0,9973	0,9865
2.	Диаметр якоря	0,9973	
3.	Длина пакета якоря	0,9973	
4.	Длина корпуса	0,9973	
5.	Толщина стенки корпуса	0,9973	
Электромеханический усилитель рулевого управления на базе двигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов			
1.	Диаметр полюсов	0,9973	0,9865
2.	Диаметр якоря	0,9973	
3.	Длина пакета якоря	0,9973	
4.	Высота паза	0,9973	
5.	Ширина паза	0,9973	
Электромеханический усилитель рулевого управления на базе вентильно-индукторного двигателя			
1.	Внутренний диаметр полюсов	0,9973	0,9865
2.	Диаметр якоря	0,9973	
3.	Ширина паза ротора	0,9973	
4.	Ширина полюса ротора	0,9973	
5.	Длина пакета якоря	0,9973	
Стартер – генератор на базе индукционно-динамической машины			
1.	Наружный диаметр сердечника статора	0,9973	0,9865
2.	Внутренний диаметр сердечника ротора	0,9973	
3.	Длина сердечника статора	0,9973	
4.	Длина сердечника ротора	0,9973	
5.	Внутренний диаметр сердечника статора	0,9973	

Анализ полученных данных (таблица 2) показывает, что индивидуальные значения показателей качества по каждому из ключевых размеров активной зоны принимают одинаковые значения 0,9973. Данное обстоятельство объясняется двумя факторами: первый – вероятностной природой показателя качества, т.е. оценка качества есть вероятность изготовления размерного параметра в пределах геометрического поля допуска, и второй – действующие на предприятиях одинаковые подходы к назначению границ поля допуска на геометрический размер. Таким образом, сложность системы управления качеством напрямую зависит от числа входных ключевых параметров производства.

Разработанная многоуровневая система управления производством партии технических устройств заданного объема дает возможность для полноценного и объективного исследования влияния технологического процесса изготовления ключевой группы размерных параметров на электромагнитные характеристики ЭП. Объективность модели вытекает из того, что в виртуальных структурах мы учли действующие в реальном производственном процессе элементы случайности. Обобщенный показатель качества технологического процесса изготовления технических устройств создает предпосылки для проектирования и оптимизации статистических методов приемочного контроля качества исследуемых партий изделий, исходя из существующего уровня качества.

Литература

1. Набоких В.А. «Электрооборудование автомобилей и тракторов» Учебник для СПО. «Академия», 2-ое издание.- М., 2012.- 486с.
2. Чернов А.Е., Акимов А.В. «Качество и надежность электротехнических комплексов автономных объектов». Известия МГТУ «МАМИ» №1 (13).- М., 2012.- с. 105-112.
3. Чернов А.Е., Акимов А.В. «Системы электроснабжения АТС с интеллектуальными алгоритмами, обеспечивающие повышение экологических и энергетических показателей». Известия МГТУ «МАМИ» № 1 (13).- М., 2012.- с. 101-105.
4. Горкин В.П., Зубков А.С., Тяпков П.Ю. «Интеллектуальные датчики угла с использованием гальваномагнитных эффектов». Известия МГТУ «МАМИ» №2 (10). М., 2010. с. 30-34.
5. Чернов А.Е., Акимов А.В., Кротов А.Н. « Многофункциональный регулятор напряжения для генераторных установок нового поколения». Известия МГТУ «МАМИ» №2 (10).- М., 2010.- с. 88-91.

Моделирующая система управления как инструмент обеспечения стабильности показателей качества производства электромеханических преобразователей

Полякова Е.В., д.т.н. проф. Козловский В.Н., к.т.н. проф. Малеев Р.А.
ПВГУС, Университет машиностроения

8 (8482) 637734, polyakova-88@mail.ru, 8 (8482) 637140, kozlovskiy-76@mail.ru

Аннотация. В работе приводится описание моделирующей системы управления процессом производства электромеханических преобразователей, предназначенной для обеспечения стабилизации показателей надежности их производства.

Ключевые слова: система управления; электромеханический преобразователь.

Система электрооборудования современных автомобилей представляет собой комплекс постоянно расширяющихся и совершенствующихся подсистем, которые обеспечивают безотказную работу автомобиля в целом. Наиболее важными подсистемами с точки зрения безопасности, безаварийности и надежности функционирования автомобиля являются подсистемы энергообеспечения, пуска, рулевого управления и т.д., в состав практически каждой из них входят технические устройства, которые выполнены на базе электромеханических преобразователей (ЭП).

В массовом производстве качество технических характеристик ЭП имеет существенную зависимость от технологических погрешностей производства размерных параметров ак-