

О ДАТЧИКАХ ТОКА ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ж. С. ФАЙЗУЛЛАЕВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

Основными параметрами, измеряемыми при функциональной диагностики тяговых электродвигателей постоянного тока (ТЭПТ), являются: отклонения токов и напряжений от номинальных значений; вибрационные параметры корпуса двигателя и ее движущихся узлов; параметры тепловых процессов, сопровождающих электромагнитные процессы при нарушениях нормальных режимов и старении конструкционных материалов и др. В частности, для измерения тока в цепи возбуждения ТЭПТ применяются датчики постоянного тока (ДПТ). Особенности функциональной диагностики ТЭПТ выдвигают к ДПТ следующие специфические требования: высокая дифференциальная чувствительность, точность, надежность, линейность статической характеристики в области малых токов и способность сохранять информацию о величине и направлении преобразуемого постоянного тока в области больших токов, малое потребление энергии и минимальные массогабаритные показатели. Выполнение этих требований к ДПТ вместе с другими средствами функциональной диагностики позволяют повысить эффективность диагностики ТЭПТ.

Сравнительный анализ основных характеристик существующих ДПТ показал, что для систем функциональной диагностики ТЭПТ наиболее приемлемы и перспективны магнитомодуляционные ДПТ (МДПТ) на магнитно-транзисторных мультивибраторах (МТМ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Основными достоинствами этих датчиков тока являются высокие метрологические характеристики, перегрузочная способность, простота обслуживания и большая выходная мощность. Вместе с этим выявлено, что существующие МДПТ имеют низкую дифференциальную чувствительность, точность, надежность и узкий линейный участок статической характеристики. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на разработку МДПТ с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью и широким линейным участком статической характеристики для систем функциональной диагностики ТЭПТ.

В Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта разработаны несколько конструктивных исполнений и схемных решений к ним МДПТ, защищенные патентами Республики Узбекистан на изобретение. Показано, что выполнение магнитной системы в виде нескольких коаксиально расположенных тороидальных сердечников, соединенных между собой диаметрально перемычками с последовательно-согласно соединенными секциями обмоток на них, позволяет повысить чувствительность МДПТ. Показано, что в МДПТ с цифровым выходом, содержащем трансформаторный автогенератор, два конъюктора, генератор заполнения, два реверсивных счётчика, арифметический блок, непосредственное соединение входа второго конъюктора с трансформаторным автогенератором, а выхода второго счётчика – с другим входом арифметического блока, а также нахождение сигналов с обоих выходов трансформаторного автогенератора в противофазе повышает дифференциальную чувствительность, расширяет линейную участку статической характеристики, упрощает его конструктивное исполнение и повышает его элементную надежность за счет исключения из схемы элементов триггера и делителя.

Разработаны математические модели магнитных цепей новых МДПТ с учетом распределенности их параметров. С целью упрощения анализа магнитных цепей предполагалось, что кольцевые замкнутые сердечники, а также ферромагнитные перемычки, диаметрально соединяющие между собой коаксиально расположенные кольцевые замкнутые сердечники, идентичны, а боковые магнитные потоки рассеяния пренебрежимо малы. Эти допущения вносят незначительные неточности в расчетах, однако существенно упрощают анализ рассматриваемых цепей. Учет нелинейности средней кривой намагничивания в первом приближении произведен с помощью среднего значения удельного магнитного сопротивления материала сердечника датчика. Показано, что магнитное напряжение вдоль магнитной цепи распределено нелинейно и меняет свой знак в точке магнитной нейтрали, а магнитный поток непостоянен и имеет минимальное значение в точке магнитной нейтрали, причем при увеличении коэффициента затухания магнитного потока степень нелинейности распределения магнитного напряжения и непостоянства магнитного потока по длине магнитной цепи возрастает.

Разработана статическая математическая модель процесса формирования импульсов в магнитомодуляционных преобразователях постоянного тока в виде зависимостей магнитного напряжения,

магнитного потока и напряженности магнитного поля от преобразуемого тока и параметров магнитной системы МДПТ. Выявлено, что длительность формируемых импульсов кроме измеряемого тока зависит от напряжения источника питания, сопротивления балластного резистора, тока коллекторной обмотки и магнитных свойств сердечника. Разработаны линейная и нелинейная динамические модели магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока. Показано, что разработанный преобразователь тока с ШИМ при малых отклонениях ширины импульса можно представить в виде последовательно соединенных цепочек линейных динамических звеньев с амплитудно-импульсной модуляцией, а для более точных исследований динамических свойств – в виде ключа, формирующего δ -импульсы, и нелинейного формирователя, формирующего положительные прямоугольные импульсы.

Анализ полученных выражений статических характеристик новых МДПТ показал, что они имеют высокую линейность на начальном участке, причем продолжительность линейного участка характеристики зависит от величин, в основном влияющих на максимальный ток коллектора, значений напряжения источника питания, сопротивления базового резистора и числа витков базовой обмотки. Установлено, что чувствительность разработанных МДПТ в большей степени определяется величиной сопротивления балластного резистора, числом витков коллекторной обмотки и она растет с уменьшением числа витков коллекторной обмотки и с увеличением сопротивления балластного резистора.

Исследование переходного процесса новых МДПТ показал, что при больших постоянных времени фильтра низких частот целесообразным является представление МДПТ на МТМ с ШИМ в виде линейного импульсного звена с амплитудно-импульсной модуляцией. Выявлено, что динамика МДПТ с дискретным фильтром определяется в основном величиной постоянной времени входной цепи и периодом, определяющим время запаздывания выходного напряжения относительно измеряемого тока. Экспериментальными исследованиями установлено, что при анализе динамики МДПТ с отрицательной обратной связью можно пренебречь постоянной времени цепи, образованной обмоткой и резистором обратной связи, так как при реальных параметрах цепи обратной связи значения этой постоянной времени составляют единицы микросекунд, что минимум на два порядка меньше постоянных времени других цепей.

Анализ источников погрешностей новых МДПТ показал, что наибольшее влияние на параметры их элементов, следовательно, на точность измерения, оказывает изменение температуры окружающей среды. Выявлено, что погрешность, возникающая при изменении параметров ферромагнитного сердечника под воздействием температуры, приблизительно на два порядка ниже, чем погрешности, возникающие при температурных изменениях параметров других элементов МДПТ. Показано, что наибольший вклад в величину погрешности вносит изменение коэффициентов усиления транзисторов МДПТ под воздействием температуры, причем чем меньше их величина и чем больше различаются они между собой, тем больше температурный дрейф выходного напряжения МДПТ. Установлено, что для исключения влияния изменения коэффициентов усиления транзисторов преобразователя на суммарную погрешность необходимо подобрать транзисторы с возможно более высоким коэффициентом усиления либо применять составные транзисторы. Основные технические характеристики нового МДПТ: диапазон измерений – 0–200 А; чувствительность – 1,1 В/А; основная приведенная погрешность – $\pm 0,4$ %; степень нелинейности рабочего участка статической характеристики – 0,5 %; напряжение источника питания – 12 В; количество витков в коллекторной обмотке – 100; количество витков в базовой обмотке – 25; сопротивление балластного резистора – 100 Ом; сопротивление базового резистора – 150 Ом; габариты – 115×75×30 мм; масса – не более 150 г.

УДК 629.4.02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СИЛ СЖАТИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЁННЫХ ВАГОНОКОНСТРУКЦИЙ В КОМПАС-3D V16 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНОЙ БИБЛИОТЕКИ АРМ FEM

А. В. ФОМИН, А. А. СТЕЦКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Постановка проблемы. Применение прочностного анализа методом конечных элементов наиболее эффективно в случае анализа сложных конструкций и схем нагрузок, решение которых классическим методом может оказаться достаточно трудоемким.