

ЭПС на экспериментальном кольце позволит правильно оценить уровень его ЭМС с системой электроснабжения.

УДК 656.257

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

А. Н. КОВРИГА

Белорусский государственный университет транспорта

Полувековой опыт эксплуатации двухпроводной схемы управления стрелочным электроприводом постоянного тока позволил выявить ее недостатки, основным из которых является возможность получения контроля стрелки, не соответствующего ее фактическому положению, т.е. ложного контроля. Так, только на Белорусской железной дороге при относительно небольшой части всех стрелок железных дорог, оборудованных этой схемой, за последние пять лет зафиксировано три случая получения ложного контроля. В 1997 году на ст. Оболь при замене монтажа электропривода из-за ошибок электромеханика и дежурного по станции была создана опасная ситуация с выездом поезда на неправильный путь. В 2000 году на ст. Неман произошел сход одиночного локомотива на стрелке с подвижным сердечником при ремонте стрелочного кабеля. В 2002 году на ст. Бигосово получен ложный контроль стрелок съезда с последующим взрезом одной из стрелок проходившим по ней поездом.

В настоящее время на Белорусской железной дороге и железных дорогах других стран происходит замена двухпроводной схемы другими схемами, например, пятипроводной схемой управления стрелочным электроприводом с двигателем переменного тока. Вместе с тем, совершенствование двухпроводной схемы в направлении повышения безопасности ее работы является задачей актуальной по ряду причин. К ним относится: непосредственное влияние надежности ее работы на безопасность движения поездов; большее количество стрелок железных дорог, оборудованных этой схемой управления; длительный период времени, требуемый для переоснащения стрелок другими схемами; большой объем работ, количество материальных и трудовых ресурсов, необходимых для ее замены.

Повышение безопасности работы схемы только за счет организационных мер (изменение инструкций, регламента работ, обучение обслуживающего персонала и т.д.) является недостаточным.

В течение нескольких лет на кафедре «Автоматика и телемеханика» БелГУТа проводились исследования по разработке рекомендаций и технических решений, направленных на защиту схем управления от опасных отказов. В докладе приводятся результаты этих исследований.

Разработка схемных решений, полностью исключающих опасные отказы и учитывающих все возможные ситуации и ошибочные действия лиц, причастных к управлению и обслуживанию схем, практически не представляется возможной без их глубокой модернизации.

Наиболее приемлемой для внедрения является схема с контрольной цепью переменного тока с полярной избирательностью и контролем уровня переменного тока в первичной обмотке контрольного трансформатора. Данная схема предполагает наличие двух контрольных блоков БДР (плюсового и минусового) с различными параметрами. Схема проходит эксплуатационные испытания на станции Гомель.

Вместе с тем использование двух блоков БДР позволяет организовать диагностику схемы управления путем анализа на посту ЭЦ значений контрольного тока. В докладе приведен один из вариантов построения системы диагностики.

Анализ пятипроводной схемы управления электроприводом с двигателем переменного тока и лабораторные испытания показали возможность получения опасного отказа – ложного контроля положения стрелки при накоплении неконтролируемых отказов типа сообщения между проводами или неразмыкания контактов автопереключателя. На кафедре разработаны схемные решения, позволяющие привести указанные отказы к защитным.

В отличие от двухпроводной схемы управления одиночной стрелкой, где все отказы контролируются, схема управления спаренной стрелкой имеет ряд неконтролируемых отказов, накопление которых может также привести к ложному контролю. В частности, это явилось причиной получения ложного контроля с последующим взрезом стрелки на станции Бигосово Бел. ж.д. В докладе

предлагаются варианты изменения схем, которые позволят снизить количество неконтролируемых отказов.

УДК 537.2.001.24

ПОСТРОЕНИЕ СЕТОК РАВНОВЕЛИКИХ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Решение определенного круга задач электромагнитной совместимости (ЭМС), а именно: конструирование испытательных камер, экранов, построение схем замещения, проектирование копланарных волноводных линий с позиций ЭМС – требует выполнения расчетов характеристик трехмерных статических и квазистатических электрических полей. Большая часть таких задач может быть решена только численными методами, наиболее прогрессивным из которых является метод граничных элементов. В этом методе граничные поверхности задачи разделяются на малые участки, поверхностная плотность заряда которых принимается постоянной. Значения поверхностной плотности зарядов граничных элементов отыскивается путем сведения интегральных уравнений электростатики к линейным алгебраическим, которые впоследствии решаются на ЭВМ.

Как показывает практика расчетов, точность и сходимость метода граничных элементов существенно зависят от свойств сетки элементов. В докладе рассматриваются вопросы выработки условий, которым должна соответствовать сетка граничных элементов, и способа построения сеток, удовлетворяющим этим условиям.

В простейшем случае действие граничного элемента принимается равным действию точечного заряда, численно равного полному заряду элемента, находящегося в его центре. Другими словами, кусочно-непрерывное распределение заряда заменяется системой точечных зарядов. Для анализа свойств поля такой системы рассмотрим задачу о расчете электростатического поля в квадранте, образованном тремя взаимно перпендикулярными полуплоскостями. На полуплоскостях расположены точечные заряды на равных расстояниях друг от друга по каждой координатной оси. Путем решения уравнения Лапласа можно показать, что потенциал поля зарядов, принадлежащих полуплоскости XU , выражается формулой

$$\varphi(x, y, z) = A e^{-\lambda z} \cos \frac{2\pi n x}{\alpha} \cos \frac{2\pi n y}{\beta}, \quad (1)$$

где φ – потенциал, A – переменная, зависящая от граничных условий, α, β, γ – расстояния между зарядами по осям x, y, z соответственно, m .

Из формулы (1) следует, что сетка граничных элементов должна иметь равномерную густоту на всех рассматриваемых граничных поверхностях. Этим достигается уменьшение искажений поля системы точечных зарядов дополнительными гармониками ряда Фурье.

Для построения равномерной сетки граничных элементов на прямоугольных поверхностях поступим следующим образом. Координаты произвольной вершины граничного элемента можно найти из параметрического уравнения плоскости:

$$\begin{aligned} x_n &= x_0 + u\alpha_1 + v\alpha_2; \\ y_n &= y_0 + u\beta_1 + v\beta_2; \\ z_n &= z_0 + u\gamma_1 + v\gamma_2, \end{aligned} \quad (2)$$

где n – номер вершины граничного элемента; x_0, y_0, z_0 – координаты начальной точки граничного элемента, m ; $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ – координаты вектора, связанного с одной из сторон элемента, m ; $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ – координаты вектора, связанного со стороной элемента, перпендикулярной первой, m .

Параметры u и v должны определяться так, чтобы удовлетворить сформированному выше требованию к сетке элементов. Предлагается вычислять параметры (2) по следующему алгоритму. Вначале отыскивается наименьшая сторона среди всех сторон прямоугольных граничных поверхностей. Допустимый размер граничного элемента (базовый отрезок $l_{\text{баз}}$) находится путем деления длины наименьшей стороны на целое число, характеризующее густоту сетки.

Параметры уравнений (2) определяются по следующим выражениям: