

**Ростовский государственный
университет путей сообщения**

филиал РГУПС в г. Воронеж

**ТРУДЫ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ РГУПС**

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(Воронеж, 17 июня 2019г.)**



Воронеж – 2019

Редакционная коллегия:

Климентов Н.И. – к.т.н, доцент

Орлов В.В. – к.т.н., доцент

Мамедов Г.М. – ст. преподаватель

Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС
«Электроснабжение железных дорог» (Воронеж, 17 июня 2019г.) – Воронеж:
филиал РГУПС в г. Воронеж, 2019. – 80с.

Статьи публикуются в редакции авторов (с корректировкой и правкой). Мнения
и позиции авторов не обязательно совпадают с мнениями и позициями
редакционной коллегии

© Филиал РГУПС в г. Воронеж
© Кафедра социально-гуманитарные,
естественно-научные и
общепрофессиональные дисциплины

СОДЕРЖАНИЕ

Снижение вероятности ложного срабатывания систем модульного (газового или порошкового) пожаротушения. Аксёнов Д.А., Мамедов Г.М.	4
Способы и режимы намагничивания деталей и узлов локомотивов при проведении магнитопорошкового контроля. Быханова Е.А., Климентов Н.И.	6
Проверка состояния, регулировка и ремонт воздушной стрелки. Вахрамеев Д.А., Климентов К.Н.	12
Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И.	17
Ремонт разъединителей на напряжение 6 -10 кВ. Голубчиков А.С., Мамедов Г.М.	21
Проверка исправности искрового промежутка в цепи заземления опоры контактной сети. Дегтярев А.А., Климентов К.Н.	24
Использование микропроцессорной системы управления и диагностики оборудования МСУД-Н на электровозах переменного тока серии ЭП 1 и ЭП 1М. Демин А.Н., Сычев Е.В.	28
Методы диагностики состояния центрифугированных железобетонных опор. Жданов В.В., Климентов К.Н.	33
Проверка состояния железобетонных опор воздушных линий электропередачи до 10 кВ. Кубахов А.Н., Голубчиков А.С., Мамедов Г.М.	37
Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка – Сергеевка ЮВЖД. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И.	40
Измеритель сопротивления обмоток. Никитин И.Ю., Климентов К.Н.	44
Комплексная проверка состояния воздушных линий. Никитин И.Ю., Климентов Н.И.	49
Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов. Скопина С.Г., Климентов Н.И.	56
Экспериментальное формирование механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором. Стручалина С.А., Мамедов Г.М.	59
Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя с фазным ротором. Ушакова К.А., Мамедов Г.М.	63
Снятие вольтамперной характеристики обмоток электромагнитного привода выключателя ВВ/TEL – 10. Шматков В.И., Голубчиков А.В., Климентов К.Н.	66
Устройство для контроля состояния обмоток двигателей переменного тока. Яковлева Н. А., Мамедов Г.М.	71

УДК 614.841.345.6

Снижение вероятности ложного срабатывания систем модульного (газового или порошкового) пожаротушения.

Аксёнов Д.А., Мамедов Г.М.

Аннотация: Рассмотрены основные причины ложного срабатывания систем модульного пожаротушения. Рассматривается решение данной проблемы без внедрения дополнительных технических средств.

Ключевые слова: ложное срабатывание, системы модульного пожаротушения.

Ложное срабатывание систем модульного (газового или порошкового) пожаротушения – это подача огнетушащего вещества, в результате реакции пожарных извещателей на факторы, не связанные с пожаром (пыль, насекомые, электромагнитные наводки и т.д.).

Ложное срабатывание систем модульного пожаротушения, в результате воздействия огнетушащих веществ, может нанести вред имуществу, здоровью людей находящихся внутри помещения, а также значительный материальный ущерб.

Основными причинами ложного срабатывания систем модульного пожаротушения являются следующие:

- сильная запыленность рабочих камер точечных оптически-электронных извещателей (рисунок 1);
- попадание внутрь камеры извещателя различных насекомых;
- электромагнитные наводки, которые влияют на правильную работу входных и выходных каскадов дымовых извещателей (рисунок 2);
- электромагнитные помехи, которые приводят к некорректной работе прибора управления пожаротушением (рисунок 3).



Рисунок 1. Конструкция дымовой камеры пожарного извещателя

Для устранения причин наиболее часто принимают следующие решения:

- регулярная дезинфекция помещений;
- исправление ошибок, допущенных во время пуско-наладочных работ или полная перенастройка системы модульного пожаротушения;
- заземление экранированного кабеля и оборудования;
- переделывание скруток или полная замена кабеля по всей длине.

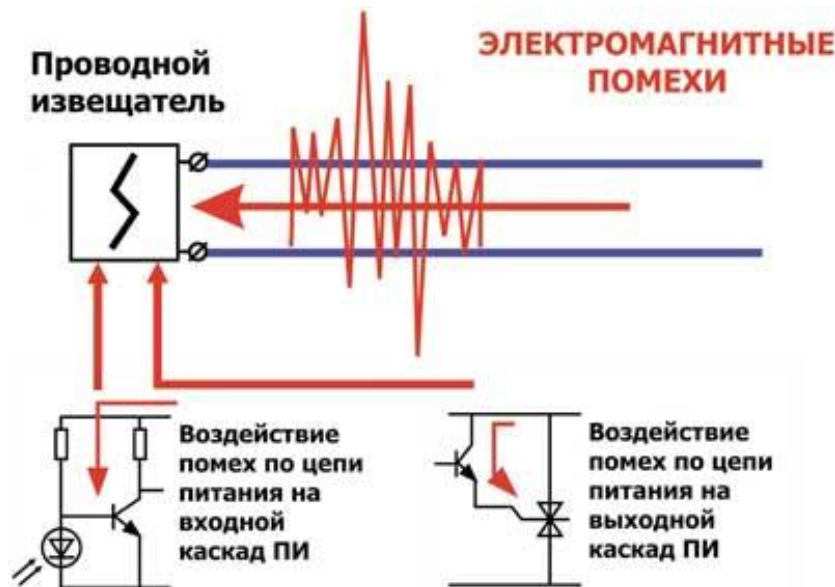


Рисунок 2. Воздействие электромагнитных помех на входной и выходной каскады проводных извещателей

Перечисленные выше решения требуют дополнительных материальных затрат, а также внедрения дополнительных технических решений.



Рисунок 3. Воздействие электромагнитных помех на входной и выходной каскады проводных извещателей

Во избежание ложного срабатывания систем модульного пожаротушения предлагается следующее решение: прибор управления пожаротушением имеет два релейных выхода – «НЕИСПРАВНОСТЬ» и «ПОЖАР». Передача извещения «НЕИСПРАВНОСТЬ» осуществляется при коротком замыкании или обрыве шлейфа сигнализации, при неисправности источников основного и резервного питания, при вскрытии корпуса прибора управления пожаротушением и т.д. Передача извещения «ПОЖАР» как и автоматический запуск пожаротушения, осуществляется при срабатывании двух пожарных извещателей в одном шлейфе сигнализации. Кроме того, имеется релейный выход, предназначенный для управления инженерным оборудованием (выключения вентиляции, закрытия воздушных затворов и т.д.). Предлагается задействовать данный релейный выход для передачи извещения «Внимание! Опасность пожара» при срабатывании одного пожарного извещателя в шлейфе сигнализации.

Данное решение наиболее применимо для объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта без постоянного присутствия персонала. Реализация данного решения позволяет своевременно прибыть дежурному

персоналу на объект, визуально оценить ситуацию в защищаемом помещении и предотвратить ложное срабатывание систем модульного пожаротушения (газового или порошкового).

Список литературы

1. Установки пожарной сигнализации: Учебно-справочное пособие / С.В. Собурь. – 7-е изд., с изм. – М.: ПожКнига, 2015г.
2. Установки пожаротушения автоматические: Учебно-справочное пособие / С.В. Собурь. – 9-е изд., с изм. – М.: ПожКнига, 2015г.
3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
4. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические нормы и правила проектирования.
5. СП 153.13130.2013 Свод правил инфраструктура железнодорожного транспорта требования пожарной безопасности.

УДК 620.129.1

Способы и режимы намагничивания деталей и узлов локомотивов при проведении магнитопорошкового контроля.

Быханова Е.А., Климентов Н.И.

***Аннотация:** В работе рассмотрены физические основы магнитных методов контроля и различные способы и режимы намагничивания контролируемого изделия.*

***Ключевые слова:** магнитопорошковый контроль, полюсное и циркулярное намагничивание, способ приложенного поля, способ остаточного намагничивания, зона достаточной намагниченности.*

Магнитные методы контроля основаны на обнаружении магнитного потока рассеяния, создаваемого различными дефектами в намагниченных изделиях из ферромагнитных материалов. Магнитный поток, распространяясь по изделию и встречая на своем пути дефект, огибает его вследствие того, что магнитная проницаемость дефекта значительно больше магнитной проницаемости основного материала. В результате этого часть магнитных силовых линий вытесняется дефектом на поверхность, образуя местный магнитный поток рассеяния[1].

Методика контроля магнитопорошковым методом включает в себя следующие операции:

- подготовка поверхностей перед контролем и очистка их от загрязнений, окалины, следов шлака после сварки;
- подготовка суспензии, посредством перемешивания магнитного порошка с транспортирующей жидкостью;
- намагничивание контролируемого изделия;
- нанесение суспензии на поверхность контролируемого изделия;

- осмотр поверхности изделия и выявление мест, покрытых отложением порошка.

В данной работе рассмотрены различные способы и режимы намагничивания контролируемого изделия [2].

При магнитопорошковом контроле (МПК) деталей локомотивов применяют полюсное (продольное или поперечное) и циркулярное намагничивание:

- полюсное намагничивание проводят с помощью соленоидов, электромагнитов, постоянных магнитов, а также с помощью кабеля, размещенного на поверхности детали;

- циркулярное намагничивание проводят пропусканием электрического тока по детали или ее части; по проводнику, помещенному в сквозное отверстие в детали; по кабелю, намотанному на деталь, имеющую форму кольца.

Следует учитывать, что при намагничивании дефекты могут не выявиться, если угол α между вектором напряженности магнитного поля и направлением дефектов менее 30° (рисунок 1).

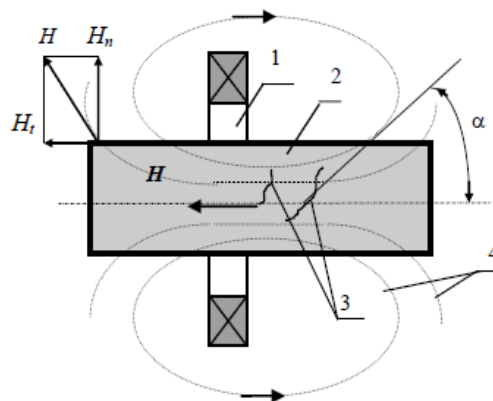


Рисунок 1. Влияние на выявление дефектов направления вектора напряженности магнитного поля и его составляющих:

1 – соленоид; 2 – деталь; 3 – трещины; 4 – силовые линии магнитного поля; H_t и H_n – тангенциальная и нормальная составляющие вектора напряженности магнитного поля H ; α – угол между вектором напряженности магнитного поля и направлением дефектов.

Вектор напряженности магнитного поля H в точках на поверхности намагниченной детали может быть разложен на две составляющие: тангенциальную H_t , направленную по касательной к поверхности детали, и нормальную H_n , направленную перпендикулярно поверхности детали (рисунок 1). Магнитное поле над дефектом формируется тангенциальной составляющей вектора напряженности магнитного поля H_t .

При МПК деталей применяют следующие виды намагничивающего тока: при контроле способом приложенного поля (СПП) – переменный, постоянный и импульсный (последовательность импульсов); при контроле способом остаточного намагничивания (СОН) – импульсный (не менее 3-х импульсов), постоянный.

Намагничивание соленоидами

Соленоидом намагничивается часть детали, находящаяся внутри и с двух его внешних сторон (рисунок 2). Длина L зоны достаточной намагниченности

(ДН) зависит при этом от формы и размеров детали, положения соленоида относительно детали и зазора между корпусом соленоида и контролируемой поверхностью.

Для обеспечения достаточной длины L зоны ДН деталь следует разместить в соленоиде симметрично или так, чтобы зазор h между корпусом соленоида и контролируемой поверхностью детали сверху был больше, чем снизу (рисунок 2).

Намагничивание соленоидами длинных деталей ($l/d \geq 5$, где l – длина детали, d – максимальный размер поперечного сечения) осуществляют:

- непрерывным плавным перемещением соленоида вдоль детали;
- дискретным перемещением соленоида вдоль детали – по участкам.

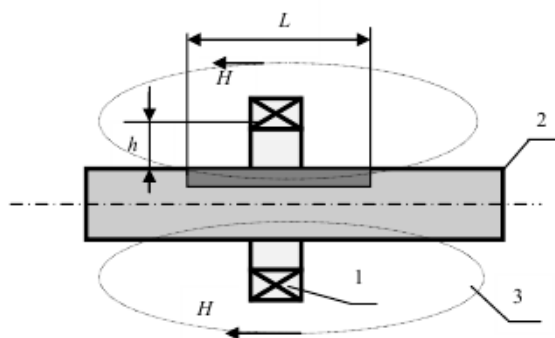


Рисунок 2. Зона ДН при намагничивании детали соленоидом:

1 – соленоид; 2 – деталь; 3 – силовые линии магнитного поля; L – длина зоны ДН; h – зазор между соленоидом и контролируемой поверхностью детали; H – вектор напряженности магнитного поля.

Длину участков при дискретном перемещении соленоида принимают равной длине зоны ДН. Смежные участки должны перекрывать друг друга не менее чем на 20 мм.

Для намагничивания участков детали, прилегающих к торцам, соленоид устанавливают так, чтобы конец детали входил в отверстие соленоида не менее, чем на 30 мм. Затем соленоид перемещают по направлению от конца детали к ее середине.

При намагничивании длинных деталей с переменным сечением определяют длину зоны ДН для отдельных участков детали, в пределах которых сечение изменяется незначительно, и каждый участок намагничивают как отдельную деталь, перемещая соленоид от концов участка к его середине.

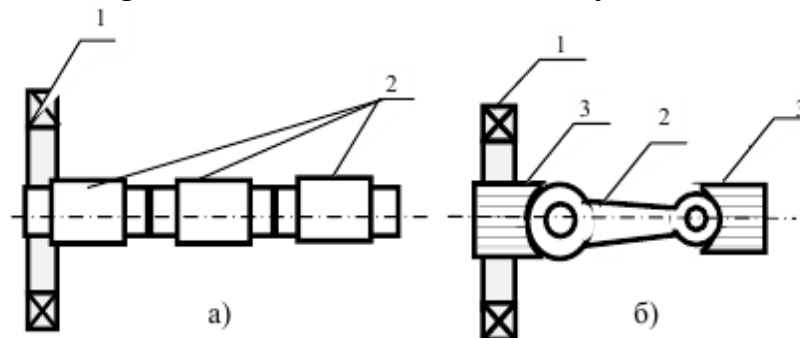


Рисунок 3. Намагничивание коротких деталей составлением их в цепочку (а) и с использованием удлинительных наконечников (б):

1 – соленоид; 2 – детали; 3 – удлинительные наконечники.

Короткие детали ($l/d < 5$) при намагничивании соленоидами для устранения размагничивающего влияния полюсов составляют в цепочки (рисунок 3а) или приставляют к их торцам удлинительные наконечники (рисунок 3б).

При намагничивании соленоидами коротких деталей сложной формы с максимальным размером поперечного сечения, превышающим диаметр рабочего отверстия соленоида (фланцы, крышки и др.), используют удлинительные наконечники. Детали помещают по возможности ближе к корпусу соленоида, один из концов удлинительного наконечника вставляют в рабочее отверстие соленоида, другой – приставляют к контролируемой детали (рисунок 4).

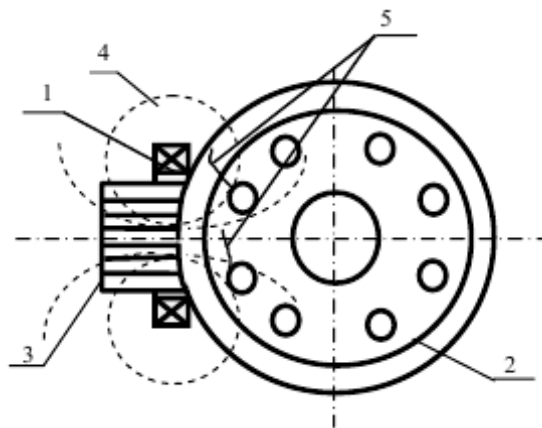


Рисунок 4. Намагничивание соленоидом плоской круглой детали:

1 – соленоид; 2 – деталь; 3 – удлинительный наконечник; 4 – силовые линии магнитного поля; 5 – дефекты.

Намагничивание седлообразным намагничивающим устройством (СНУ)

СНУ применяют при контроле деталей длиной не менее 600 мм (средняя часть оси колесной пары, хвостовик корпуса автосцепки, тяговый хомут и др.). Длинные детали намагничивают непрерывным или дискретным (по участкам) перемещением СНУ вдоль детали.

СНУ необходимо располагать над контролируемой деталью так, чтобы зазор h между дугой СНУ и поверхностью детали составлял 40...60 мм (рисунок 5). При применении СНУ намагничивается только верхняя часть детали в пределах 120° (рисунок 5). Поэтому цилиндрические детали намагничивают СНУ не менее трех раз, поворачивая их каждый раз на угол не более $(120^\circ \pm 10^\circ)$.

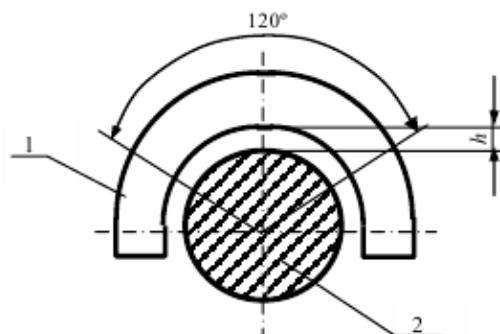


Рисунок 5. Намагничивание детали СНУ:

1 – СНУ; 2 – деталь; h – зазор между корпусом СНУ и деталью.

Намагничивание электромагнитами и постоянными магнитами

Электромагниты и постоянные магниты (далее – магниты) применяют при контроле участков деталей крупногабаритных и (или) сложной формы, если известны зоны контроля и преимущественное направление возможных дефектов (диски колесных центров, кронштейны, головки шатунов, фланцы, крышки, сварные швы рам тележек и др.).

Магнит устанавливают на контролируемую поверхность детали так, чтобы его полюса находились по разные стороны от предполагаемых дефектов (рисунок 6).

При определении длины a и ширины b зоны ДН следует учитывать, что на поверхности детали вблизи полюсов магнита образуются неконтролируемые зоны шириной $c = 10...25$ мм (рисунок 6), в которых дефекты не выявляются.

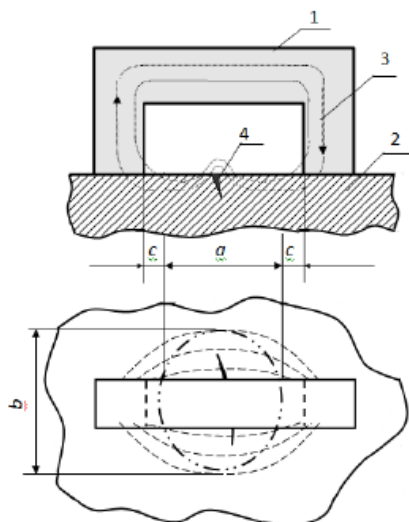


Рисунок 6. Намагничивание детали электромагнитом или постоянным магнитом:

1 – магнит; 2 – деталь; 3 – силовые линии магнитного поля; a и b – длина и ширина зоны контроля; $c = 10...25$ мм – ширина неконтролируемой зоны на поверхности детали вблизи полюсов магнита.

Намагничивание гибкими кабелями или стержнями

Дефектоскопы с токопроводящими гибкими кабелями или стержнями применяют для продольного и циркулярного намагничивания деталей различной формы.

Для продольного намагничивания гибкий кабель наматывают в виде соленоида непосредственно на контролируемую деталь или на жесткий каркас из немагнитного материала, в который помещают эту деталь. При этом между кабелем и поверхностью детали должен быть зазор от 10 до 20 мм. При намагничивании короткой детали допускается наматывать на нее кабель без зазора с расстоянием между витками не более 5 мм. При этом намагничивается только поверхность детали под витками кабеля.

Схемы циркулярного намагничивания деталей, имеющих форму кольца, с помощью токопроводящего стержня или гибкого кабеля приведены на рисунках 7а и 7б. При намагничивании в соответствии с рисунком 7а стержень (или кабель) помещают в центре отверстия детали.

При намагничивании в соответствии с рисунком 7б гибкий кабель наматывают на деталь равномерно или локально от 3 до 6 витков, которые при

намагничивании перемещают на предварительно размеченные участки вдоль окружности кольца не менее трех раз.

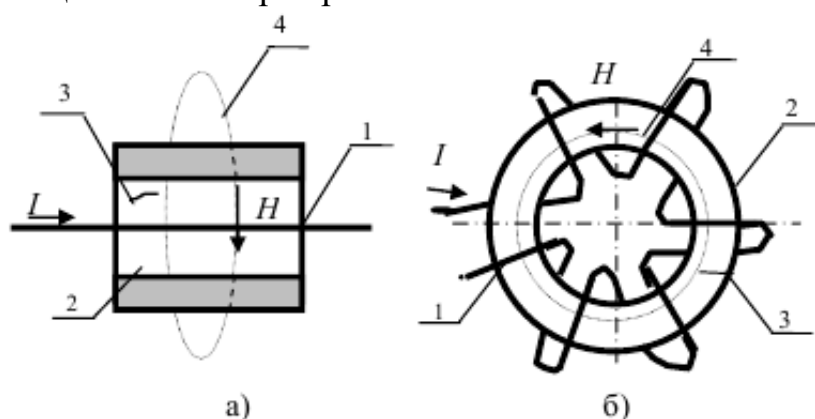


Рисунок 7. Циркулярное намагничивание с помощью стержня (а) или гибкого кабеля (б) деталей, имеющих форму кольца:

1 – стержень (или кабель); 2 – деталь; 3 – трещины; 4 – силовые линии магнитного поля; H – вектор напряженности магнитного поля;
 I – намагничивающий ток.

Схемы полюсного и циркулярного намагничивания гибким кабелем деталей, имеющих форму диска (фланцы, ступицы и т.п.), приведены на рисунке 8.

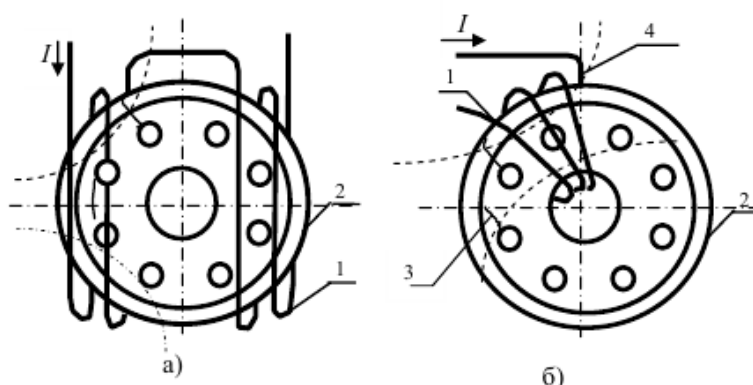


Рисунок 8. Полюсное (а) и циркулярное (б) намагничивание с помощью гибкого кабеля деталей, имеющих форму диска:

1 – кабель; 2 – деталь; 3 – трещины; 4 – силовые линии магнитного поля;
 I – намагничивающий ток.

Для полюсного намагничивания детали, имеющей форму диска, гибкий кабель наматывают на деталь или на каркас из немагнитного материала, в который ее вставляют (рисунок 8а). Для выявления дефектов различного направления деталь намагничивают в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, поворачивая ее на 90° . Циркулярное намагничивание деталей, имеющих форму диска с центральным отверстием, осуществляют с помощью гибкого кабеля, намотанного на деталь согласно рисунку 8б.

Намагничивание венцов зубчатых колес и шестерен осуществляют пропусканием импульсного тока по гибкому кабелю, проложенному в межзубных впадинах (рисунок 9).

В применяемых для контроля венцов зубчатых колес и шестерен дефектоскопах типа УМДЗ и УНИ-2000/4000 гибкий кабель для пропускания импульсного тока закреплен в корпусе индуктора.

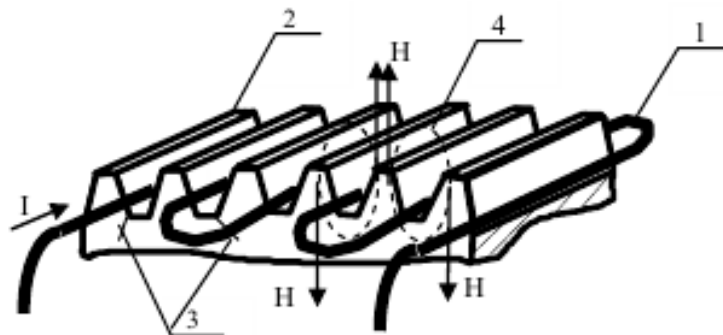


Рисунок 9. Намагничивание венцов зубчатых колес и шестерен с помощью гибкого кабеля:

1 – кабель; 2 – деталь; 3 – трещины; 4 – силовые линии магнитного поля;

H – вектор напряженности магнитного поля; I – намагничивающий ток

Способ намагничивания следует выбирать в зависимости от формы и размеров контролируемой детали, а также расположения и ориентации подлежащих выявлению дефектов.

Список литературы

1. Физические основы неразрушающего контроля (магнитопорошковый, вихретоковый и ультразвуковой методы). Технические средства неразрушающего контроля деталей подвижного состава. Учебно-методическое пособие. ФГУП «ВНИИЖТ» – М.; 2005 г.
2. Инструкция по магнитопорошковому контролю деталей и узлов локомотивов. ПКБ ЦТ. 25.0164. Филиал ОАО «РЖД»: ОАО «ЖЕЛДОРРЕММАШ» – М.; 2013 г.

УДК 621.332.531

Проверка состояния, регулировка и ремонт воздушной стрелки.

Вахрамеев Д.А., Климентов К.Н.

Аннотация: Приведены основные параметры расположения элементов воздушной стрелки, последовательность технологического процесса проверки, регулировки и ремонта воздушной стрелки.

Ключевые слова: контактная сеть, воздушная стрелка, устройство одновременного подъёма проводов воздушной стрелки.

Воздушные стрелки (ВС) должны обеспечивать:

- плавный, без ударов и искрений, переход токоприёмника с контактного провода одного пути (съезда) на контактный провод другого пути;
- свободное взаимное перемещение подвесок, образующих ВС;
- минимальное взаимное вертикальное перемещение контактных проводов в зоне подхвата ползком токоприёмника провода примыкающего пути [1].

Воздушная стрелка образуется пересечением двух контактных подвесок. Для обеспечения одновременного подъёма проводов при проходе токоприёмника с примыкающего пути на главный, на контактном проводе главного пути в месте пересечения устанавливают ограничительную накладку, длина которой зависит от марки стрелочного перевода (1,5 м при марке 1/9 и

круче, 1,7 м – при 1/11, 2 м – при 1/18 и положе) (таблица). На модернизированных ВС для одновременного подъёма проводов используют специальные устройства одновременного подъёма (УППВС). Основные параметры расположения элементов ВС показаны на рисунке 1.

Таблица. Параметры стрелочных переводов

Марка крестовины	Расстояние от фиксирующего устройства до элемента СП, м		
	до острьяка l_1	до центра крестовины l_2	до математического центра l_3
1/22	39,5	21	12,5
1/18	32,5	17	11
1/11	17,5	9,5	6
1/9	17	8	5
1/6	10	5,5	3

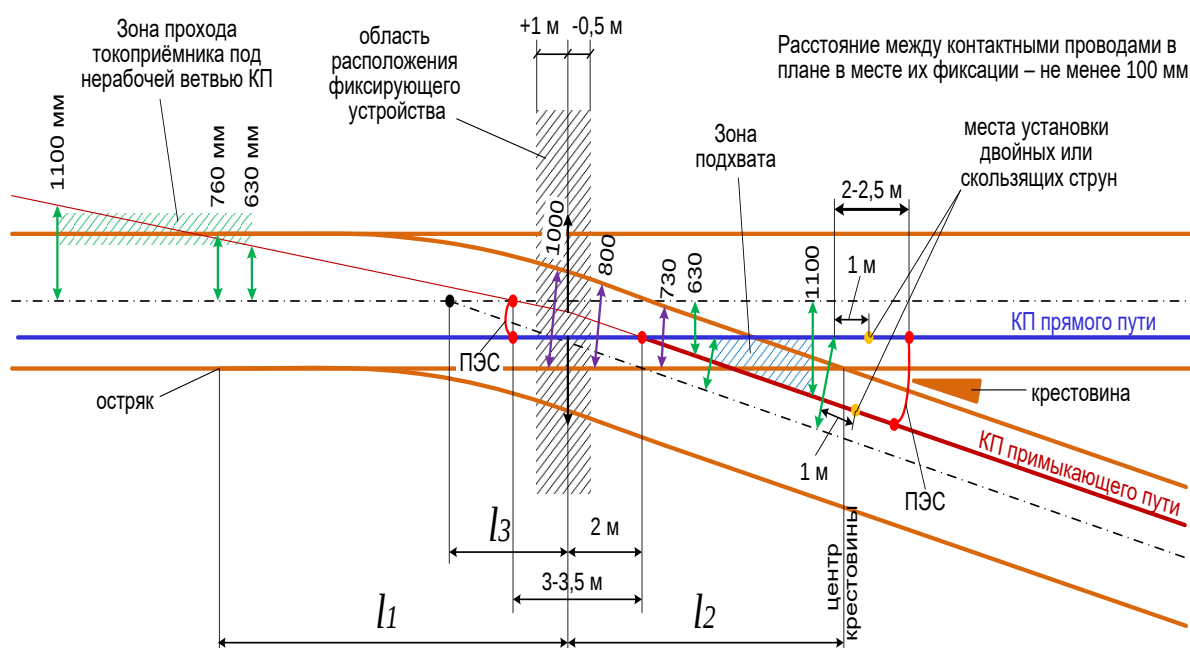


Рисунок 1. Основные параметры расположения элементов воздушной стрелки.

Пересечение контактных проводов должно отстоять от осей прямого и примыкающего путей на 360–400 мм и находиться в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов составляет 730–800 мм. Зона подхвата токоприёмником контактных проводов примыкающего пути и зона прохода токоприёмника под нерабочими ветвями контактных проводов должны располагаться на расстоянии 630–1100 мм от оси пути.

Расстояние между ограничительной накладкой и контактным проводом, на котором она установлена, должно быть 13–15 мм (так как высота контактных проводов сечением 85–120 мм² варьируется в диапазоне 10,8–12,9 мм). Пересечение контактных проводов при среднегодовой температуре должно располагаться в средней части ограничительной накладки.

За зоной подхвата токоприёмником контактных проводов, на расстоянии не более 1 м в сторону крестовины, должны быть установлены двойные вертикальные или скользящие струны. Скользящие струны устанавливаются при полукомпенсированной подвеске в соответствии с графиком.

Вместо скользящих струн может применяться устройство одновременного подъёма проводов воздушной стрелки (УППВС) (рисунок 2).

Последовательность технологического процесса [2]:

1. Проверка положения воздушной стрелки:

- установить съемную изолирующую вышку под проверяемой воздушной стрелкой;

- проверить правильность расположения точки пересечения контактных проводов, образующих воздушную стрелку, относительно стрелочного перевода;

- над типовым стрелочным переводом пересечение контактных проводов должно отстоять от осей прямого и отклоненного пути на 360–400 мм и находиться в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов крестовины составляет 730–800 мм;

- над перекрестным стрелочным переводом контактные провода пересекаемых путей должны иметь двойное (ромбовидное) пересечение в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов крестовины составляет 730–800 мм. Допускается одинарное пересечение контактных проводов над центром пересечения осей путей;

- над глухим пересечением путей контактные провода должны пересекаться над центром пересечения осей путей;

- определить, измерением положение зоны подхвата ползком токоприемника контактных проводов примыкающего или пересекаемого пути. Зона подхвата должна располагаться на расстоянии 630–1100 мм от оси данного пути. В зоне подхвата ветвей не допускается наличие каких-либо зажимов, за исключением зажимов крепления ограничительной накладки;

- при необходимости, произвести регулировку. Регулировка положения контактных проводов производится перемещением проводов в узле фиксации на смежных со стрелкой опорах;

- проверить положение по высоте контактных проводов ветвей воздушной стрелки в зоне подхвата их токоприемником. Провода должны находиться на одном уровне (в одной плоскости);

- регулировка контактных проводов по высоте производится с помощью вертикальных струн.

2. Проверка ограничительной накладки:

- проверить состояние и правильность расположения накладки и узлов ее крепления к контактному проводу, при необходимости, произвести регулировку;

- боковые наклоны ограничительной накладки не допустимы;

- головки болтов фиксирующих зажимов, крепящих накладку, должны быть развернуты к контактному проводу примыкающего пути;

- при двух контактных проводах ограничительные накладки устанавливаются на каждый рабочий контактный провод со сдвижкой, таким образом, чтобы пересекаемый контактный провод при среднем значении температуры окружающего воздуха данного климатического района располагался в средней части ограничительных накладок. Длина накладки

должна быть: 1500 мм – для стрелок 1/6; 1700 мм – для стрелок 1/11 и 2000 мм – для стрелок 1/18 и 1/20.

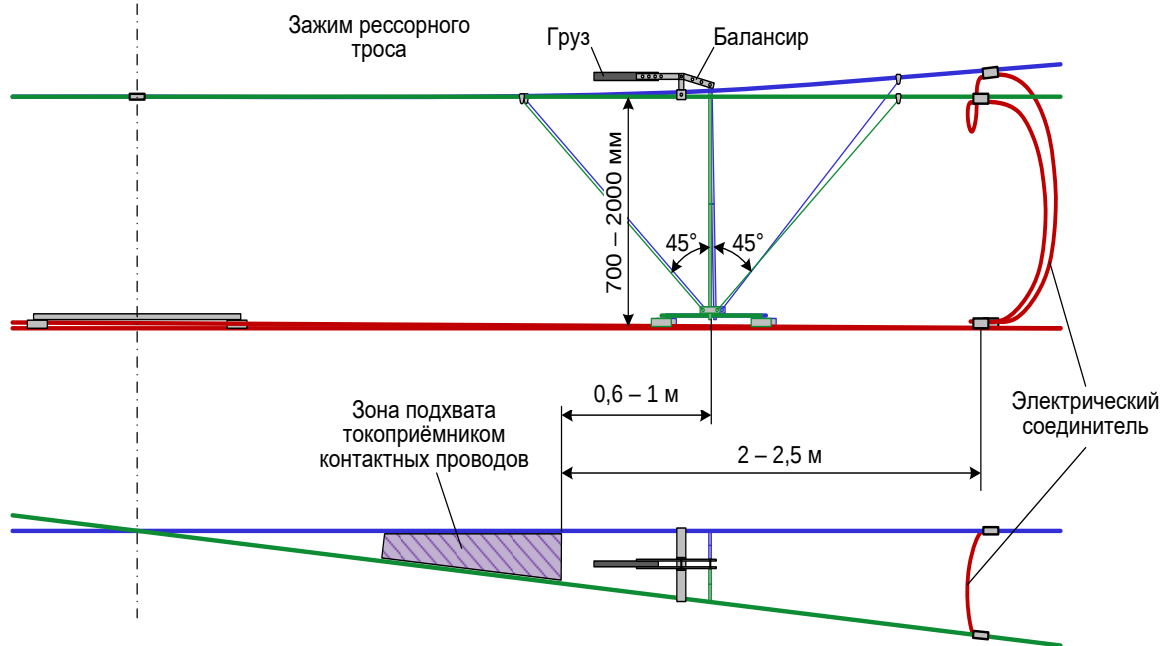


Рисунок 2. Схема установки устройства одновременного подъема проводов воздушной стрелки (УППВС)

3. Проверка состояния элементов воздушной стрелки:

- проверить состояние рабочих поверхностей контактных проводов в зоне воздушной стрелки. Обратить внимание на отсутствие подвоев токоприемника, местных износов, наплывов или подгаров;
- осмотреть и заменить зажимы, имеющие трещины, раковины или коррозию болтов;
- проверить правильность установки и состояние электрических соединителей. Основной электрический соединитель на типовом стрелочном переводе устанавливается на расстоянии 2–2,5 м от точки пересечения контактных проводов в сторону острья стрелочного перевода, а дополнительный – за двойными струнами в сторону крестовины стрелочного перевода на расстоянии 1,8–2,5 м от струн;
- питающие зажимы должны быть надежно закреплены на контактном проводе;
- проверить наличие на нерабочих ветвях контактных проводов, где они входят в зону прохода нерабочей части полоза токоприемника, двойных вертикальных звеньев или скользящих струн. Они устанавливаются на расстоянии 800–1000 мм от зоны подхвата в сторону крестовины. Нерабочие ветви контактных проводов по высоте, где они входят в зону подхвата токоприемника, должны располагаться выше рабочего контактного провода не менее чем на 150 мм и закреплены двойными струнами;
- в этих местах на контактные провода не разрешается устанавливать скобы, коуши или струновые зажимы в обхват контактного провода;
- скользящие струны устанавливаются при полукомпенсированной подвеске при недостаточном расстоянии между несущим тросом и контактным проводом;

- проверить состояние звеньев струн. При износе более 30% струны заменить;
- проверить правильность установки и действие перекрестных жестких распорок, струн или других специальных устройств, обеспечивающих одновременный подъем ветвей контактных проводов воздушной стрелки;
- проверить состояние антикоррозийного покрытия стальных изделий и, при необходимости, окрасить их масляной краской;
- проверить соединение между собой несущих тросов полукомпенсированных подвесок над точкой пересечения контактных проводов соединительными зажимами;
- угол наклона струн к вертикали в плоскости, перпендикулярной оси пути, не должен превышать 20° .

4. Проверка регулировки воздушной стрелки и узлов фиксации:

- с помощью рейки и уровня проверить положение контактных проводов в зоне подхвата. Провода должны располагаться на одном уровне (в одной плоскости);
- контактные провода второстепенного пути (съезда) при примыкании к главному пути должны быть на 20–40 мм выше контактных проводов главного пути;
- проверить правильность регулировки и плавность перехода полоза токоприемника с контактного провода одного пути на контактный провод другого пути, перемещая рейку (брусок) в горизонтальном положении с усилием не менее 100 Н (10 кгс);
- проверить узлы фиксации контактного провода, наклон и продольное перемещение дополнительного стержня фиксатора в месте крепления его к контактному проводу, измерить высоту сечения контактных проводов на всей длине воздушной стрелки, обратив внимание на зону подхвата. Расстояние между контактными проводами в плане у фиксирующего устройства должно быть не менее 100 мм;
- смещение фиксатора вдоль оси пути не должно превышать $1/3$ длины фиксатора в обе стороны от среднего положения при крайних значениях температуры окружающего воздуха;
- расстояние от рабочего контактного провода до основного стержня фиксатора должно составлять 350–400 мм для прямых и 400–500 мм для обратных фиксаторов и фиксирующих тросов.

По окончании работ необходимо собрать материалы, монтажные приспособления, инструмент, убрать съемную вышку с пути, снять сигнальных, ограждавших место работы; дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ, оформить запись в «Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, и связи и контактной сети».

Список литературы

1. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ЦЭ-868). Департамент электрификации и электроснабжения Министерства путей сообщения Российской Федерации. – М., «ТРАНСИЗДАТ», 2002 г. – 184 с.

2. Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог. Департамент электрификации и электроснабжения. Центр организации труда и проектирования экономических нормативов. ОАО «Российские железные дороги» – М., ТРАНСИЗДАТ, 2004 г. – 254 с.

УДК 621.314.222.8

Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И.

Аннотация: Изложены основные сведения о конструкции и технических данных трансформаторов напряжения ЗНОМ-35, представлены последовательность и содержание операций технологического процесса их ремонта.

Ключевые слова: трансформатор напряжения, технические характеристики, технологический процесс ремонта.

Трансформаторы напряжения ЗНОМ-35-65У1 являются масштабными преобразователями, которые предназначены для выработки сигнала измерительной информации с целью подключения к ним электрических измерительных приборов, цепей защиты и сигнализации в сетях напряжением 35 кВ с изолированной нейтралью (рисунок 1).

Структура условного обозначения трансформатора напряжения ЗНОМ-35-65У1:

З - заземляемый;

Н - трансформатор напряжения;

О - однофазный;

М - естественная циркуляция воздуха и масла;

35 - класс напряжения, кВ;

65 - год разработки;

У1 - климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150 -

69.



Рисунок 1. Внешний вид трансформатора напряжения ЗНОМ-35-65У1

Условия эксплуатации.

Высота над уровнем моря не более 1000 м. Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию. Требования техники безопасности по ГОСТ 12.2.007.3-75. Трансформатор соответствует ТУ 16-517.128-78 и ТУ 16-517.128-78.

Технические характеристики в соответствии с ГОСТ 1983 – 2003 (рисунок 2).

Номинальное напряжение обмоток: первичной – $35000:\sqrt{3}$ В; вторичной основной – $100:\sqrt{3}$ В; вторичной дополнительной – $100:3$ В.

Номинальная мощность для классов точности: 0,5 – 150 ВА; 1,0 – 250 ВА; 3,0 – 600 ВА.

Предельная мощность – 1000 В·А.

Испытательное напряжение обмоток: ВН - 95 кВ; НН – 2 кВ.

Масса – 82 кг.

Гарантийный срок - 3 года со дня ввода трансформатора в эксплуатацию.



Рисунок 2. Технические характеристики трансформатора напряжения ЗНОМ-35-65У1

Конструкция и принцип действия.

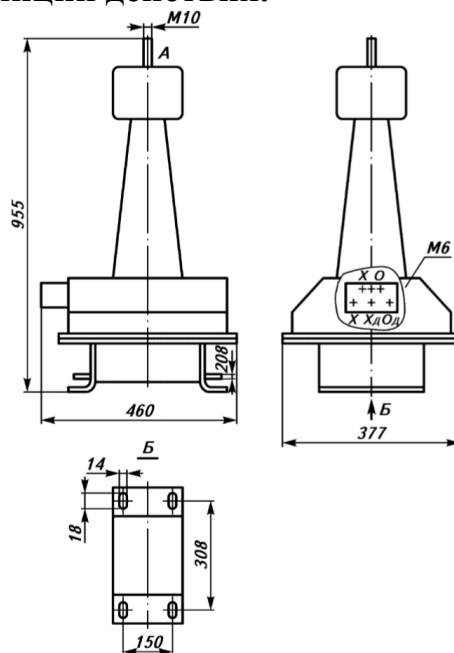


Рисунок 3. Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформатора

Общий вид, габаритные и установочные размеры трансформатора приведены на рисунке 3. Трансформатор состоит из магнитопровода, выполненного из электротехнической стали, обмоток с изоляцией, а также других конструктивных деталей, служащих для соединения отдельных частей в единую конструкцию. Активная часть находится в баке, заполненном трансформаторным маслом. Бак и крышка трансформатора выполнены из листовой стали. Выводы первичных обмоток расположены на крышке бака, а выводы вторичных обмоток и заземляемый вывод первичной обмотки трансформатора расположены на панели зажимов, расположенной в коробке на стенке бака (рисунок 4). Трансформатор имеет расширитель для масла, расположенный на высоковольтных вводах первичной обмотки и не имеет пробок для соединения с атмосферой.

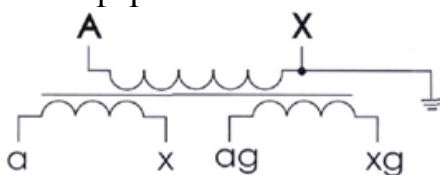


Рисунок 4. Схема внутренних соединений обмоток трансформатора

Наименование, последовательность и содержание операций технологического процесса ремонта трансформатора напряжения:

1. Слив масла и разборка трансформатора:

- подготовить емкость для слива масла и ведро;
- открутить маслоспускную пробку и слить масло из трансформатора в емкость;
- открутить болты крепления высоковольтного изолятора на крышке бака трансформатора;
- снять расширитель, открутив гайку со шпильки высоковольтного вывода;
- снять высоковольтный изолятор;
- открутить болтовые соединения крепления крышки с баком;
- снять крышку бака;
- отсоединить гайки внутри бака и поднять активную часть.

2. Осмотр и ремонт частей трансформатора:

- очистить крышку трансформатора чистым материалом, осмотреть ее целостность, осмотреть уплотнительную прокладку, при необходимости заменить прокладку;
- провести осмотр расширительного бака на целостность, протереть бак чистой ветошью, очистить от загрязнения маслоуказательное стекло, определить пригодность резиновых уплотнительных прокладок и, при необходимости, заменить их;
- очистить от пыли и грязи высоковольтный изолятор, определить пригодность его к дальнейшей эксплуатации. На изоляторах не допускаются сколы и трещины на ребрах длиной более 60 мм по окружности, более 5 мм по глубине, а также глубокие царапины на поверхности глазури более 25 мм. При наличии недопустимых дефектов изолятор заменить. Заменить резиновый уплотнитель.

3. Проверка магнитопровода:

- очистить сердечник, проверить заземление его на корпус;
- проверить шихтовку и протянуть гайки на шпильках магнитопровода;
- провести измерение сопротивления R_{60} изоляции шпилек мегомметром 1000 В, которое должно быть не менее 1 Мом;

4. Промывка и протирка бака и выемной части:

- очистить и осмотреть бак трансформатора, убедиться в отсутствии вздутия, определить, нет ли механических повреждений, промыть бак трансформаторным маслом, затем протереть бак чистым материалом снаружи и внутри;

- проверить состояние маслоспускного крана, разобрать маслоспускной кран и прочистить его чистой ветошью, смоченной трансформаторным маслом;
- произвести осмотр верхней изоляции обмоток, определить целостность всей поверхности изоляции (при нарушении целостности изоляции, верхнюю изоляцию заменить).

5. Закрепление обмоток:

- поместить обмотки в бак и закрепить.

6. Сборка трансформатора:

- собрать маслоспускной кран, установить крышку бака трансформатора на бак и закрепить болтами, прикрепить маслоспускной кран к крышке болтами. Установить прокладку и продеть высоковольтный вывод сквозь бак расширителя. Закрепить высоковольтный вывод, затянув гайку на расширителе. Закрепить изолятор на крышке болтами крепления.

7. Заливка масла в бак трансформатора:

- залить в бак трансформатора через специальное отверстие чистое, сухое испытанное трансформаторное масло по уровню в маслоуказательном стекле. Уровень должен быть не выше 30-40 мм отметки, соответствующей температуре.

8. Внешний осмотр трансформатора после сборки:

- после сборки трансформатора произвести внешний осмотр трансформатора, убедиться в отсутствии протекания масла.

9. Испытания трансформатора:

- провести испытания согласно технологической карте испытаний.

10. Окраска трансформатора:

- окрасить трансформатор при помощи кистей.

11. Окончание работ:

- собрать материалы, инструменты, монтажные приспособления, защитные средства;
- закрыть распоряжение;
- оформить протокол.

Работы выполняются бригадой, состоящей из двух исполнителей: электромеханика и электромонтера 4-го разряда.

Норма времени на один трансформатор – 9,13 чел./час.

Работа выполняется по распоряжению в мастерской масляного хозяйства.

Список литературы

1. ГОСТ 19832001. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.
2. [Электронный ресурс]. – http://light-09.ru/wp-content/uploads/2015/05/Avtom-v-prom-ti_statya-v.4_Final.pdf.

УДК 621.316.545

Ремонт разъединителей на напряжение 6 -10 кВ
Голубчиков А.С., Мамедов Г.М.

Аннотация: В работе представлено описание назначения и устройства высоковольтных разъединителей, рассмотрены виды ремонта, основные неисправности и способы их устранения.

Ключевые слова: разъединители, внешний осмотр, основные неисправности, виды ремонта.

Разъединитель является контактным коммутационным аппаратом (рисунок 1), предназначенным для включения и отключения участков электрической сети или электрических установок, не находящихся под нагрузкой, для изменения схемы соединения, для переключения присоединений распределительных устройств (РУ) с одной системы сборных шин на другую, для заземления отключенных и изолированных участков системы с помощью вспомогательных ножей, предусмотренных для этих целей [1].

Разъединители обеспечивают видимый разомкнутый промежуток между подвижным и неподвижным контактами, оставшимися под напряжением, и аппаратами, выведенными в ремонт.



Рисунок 1. Внешний вид разъединителя РЛНД-10

Разъединители различают:

- по роду установки (внутренние, внешние);
- по числу полюсов (однополюсные, трехполюсные и др.);
- по способу управления (ручное, дистанционное).

Разъединителями разрешается включение и отключение:

- нейтрали трансформаторов и дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыкания на землю;
- зарядного тока шин и оборудования (кроме конденсаторных батарей);

– зарядного тока воздушных и кабельных линий 2,5 А при 6 кВ и 1 А при 10 кВ;

– трехполусными разъединителями с механическим приводом – силовых трансформаторов с намагничивающим током 4,5 А при 6 кВ и 2,5 А при 10 кВ, а если разъединители имеют изоляционные перегородки между полюсами, то, соответственно, 5,5 А и 4,5 А);

– однополусными разъединителями – силовых трансформаторов с намагничивающим током до 2,5 А при 10 кВ и 4,5 А при 6 кВ;

– трехполусными разъединителями – нагрузочный ток линии до 15 А.

С помощью разъединителей отключают от электрической сети различные аппараты, оборудование, кабельные, воздушные линии, на которых должны выполняться ремонтные, наладочные или испытательные работы. Разъединители являются непременным элементом в схеме распределительных пунктов и трансформаторных подстанций.

В эксплуатации к разъединителям предъявляют следующие требования:

– разъединители должны создавать явно видимый разрыв электрической цепи, длина которого должна соответствовать классу напряжения электроустановки;

– при длительной работе с номинальным током контактные соединения разъединителей не должны нагреваться свыше 75 °С;

– контактная система должна обладать необходимой термической и динамической стойкостью;

– при прохождении токов короткого замыкания ножи разъединителей должны удерживаться во включенном положении (запирающим приспособлением привода, механическим или магнитным замком). Необходимое расстояние между контактами полюса разъединителя, находящимся в отключенном положении, должно надежно фиксироваться механическим запором;

– изоляция разъединителей должна обеспечивать надежную работу при дожде, гололеде, запыленности воздуха;

– механизм главных ножей разъединителей должен иметь блокировку с выключателем и заземляющими ножами.

При внешнем осмотре разъединителей основное внимание должно быть обращено на состояние контактных соединений и изоляции этих аппаратов. Контактные соединения являются ответственными и в то же время наиболее слабыми частями разъединителей.

Стандартом предусмотрено три вида ремонта: текущий, средний, капитальный [2]. На практике используется два вида ремонта: текущий и капитальный.

Текущий ремонт производят, чтобы устранить дефекты, выявленные во время осмотров, и кроме того, уточнить и ликвидировать причины обнаруженных в процессе эксплуатации отдельных замечаний в работе аппаратов.

Капитальный ремонт разъединителей включает ремонт изоляторов, токоведущих частей, приводного механизма и каркаса. Сначала изоляторы

очищают от пыли и грязи (слегка смоченной в бензине тряпкой) и внимательно осматривают с целью выявления дефектов.

Далее проверяют:

- крепление подвижных и неподвижных контактов на изоляторах, а также токоведущих шин и проходных изоляторов;
- отсутствие при включении смещения подвижного контакта относительно оси неподвижного;
- надежность контакта в месте соединения шин с неподвижными контактами (на стягивающих болтах должны быть контргайки);
- степень касания подвижного и неподвижного контактов с помощью щупа толщиной 0,05 мм, который должен проходить на глубину не более 5-6 мм. Изменение плотности достигается затяжкой спиральных пружин на неподвижных контактах. Однако плотность контактов должна быть такой, чтобы вытягивающее усилие не превышало 100-200 Н для разъединителей РВО и РВ на ток до 600 А;
- одновременность касания ножей с губками трехфазового разъединителя. Регулировка достигается изменением длины поводков или тяг отдельных фаз;
- момент замыкания и размыкания блок-контактов. В случае включения разъединителя цепь блок-контактов должна замыкаться при приближении ножей к губкам, а при выключении – после прохождения ножом 75% его полного хода. Регулировка производится изменением длины тяги блок-контактов и поворотом контактных шайб на шестигранном валу;
- целостность пластин гибкой связи вала заземляющих ножей с каркасом разъединителя. Для надежности соединения поверхности заземляющей шины и рамы разъединителя плоскость вокруг отверстия для болта зачищают до блеска, смазывают тонким слоем вазелина и соединяют заземляющую шину с рамой болтом, чтобы избежать коррозии вокруг места соединения, болт окрашивают;
- точность работы механической блокировки вала разъединительных и заземляющих ножей. Трущиеся части разъединителей и привода покрывают незамерзающей смазкой, а при необходимости предварительно протирают смоченной в бензине тряпкой и зачищают шкуркой.

Место контакта ножа и губки смазывают тонким слоем незамерзающей смазки или вазелина. Предварительно контактные поверхности зачищают мягкой стальной щеткой. Отремонтированный разъединитель проверяют неоднократным включением и отключением с помощью привода. Если при этом не обнаружится каких-либо признаков разрегулирования или других дефектов, разъединитель принимают в эксплуатацию.

Список литературы

1. Фираго Б.И. Ремонт и обслуживание электрооборудования /Б.И. Фираго, С.Н. Павлович – Высшая школа, 2006г. – 242с.
2. Технологические карты на работы по текущему ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог. ОАО РЖД. Департамент электрификации и электроснабжения Изд. «ТРАНСИЗДАТ» – М.; 2004г. – 207с.

УДК 621.316.99

Проверка исправности искрового промежутка в цепи заземления опоры контактной сети.

Дегтярев А.А., Климентов К.Н.

Аннотация: Рассмотрен порядок проверки заземления опор контактной сети и искровых промежутков, перечислены необходимые приборы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и сигнальные принадлежности, приведены конструкции двух типов искровых промежутков и схема проверки их исправности.

Ключевые слова: заземление опор контактной сети, искровой промежуток, схема проверки искрового промежутка.

Искровые промежутки и спуски заземлений опор контактной сети электромеханик ремонтно-ревизионного участка группы опорного хозяйства проверяет совместно с электромехаником или электромонтером района контактной сети. При этом проверку искровых промежутков измерительным прибором, их отключение, а также замену неисправных искровых промежутков выполняет работник района контактной сети. Искровые промежутки опор контактной сети проверяют тем же методом, что и искровые промежутки светофоров и релейных шкафов [1].

Электромеханик с работником района контактной сети при совместной проверке искровых промежутков опор контактной сети и искусственных сооружений должен убедиться в их исправности. Правильность заземлений опор контактной сети и искусственных сооружений электромеханик проверяет визуальным осмотром и по утвержденной технической документации (двухниточному плану станции или перегона).

Парные опоры контактной сети с жесткой поперечиной и групповые заземления опор должны иметь общее подключение к рельсовой нити одного из путей непосредственно или же к средней точке (выводу) дроссель-трансформатора. Провод группового заземления конструкций и сооружений по длине не должен перекрывать длину рельсовой цепи, на которую он заземлен.

Групповые заземления конструкций и сооружений на станциях и перегонах присоединяют к рельсам или путевым дроссель-трансформаторам только в одной точке; подключение групповых заземлений к тяговым нитям двухниточных рельсовых цепей допускается не ближе 200 м от путевых дроссель-трансформаторов.

Заземление разрядников контактной сети или высоковольтных линий (ВЛ) должно осуществляться к средним выводам путевых (дополнительных) дроссель-трансформаторов или к тяговым нитям однопутевых рельсовых цепей. Допускается их присоединение к тяговым нитям двухниточных рельсовых цепей, при этом, на перегонах – не ближе 200 м от путевых дроссель-трансформаторов, а на станциях – в любой точке рельсовой цепи. При

бесстыковых рельсовых цепях – не ближе 100 м от места подключения аппаратуры рельсовой цепи [1].

Работа выполняется в сухую погоду без снятия напряжения, вдали от частей, находящихся под напряжением, без подъема на высоту и без перерыва в движении поездов. По распоряжению и уведомлению энергодиспетчера о времени, месте и характере работ [2].

Приборы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и сигнальные принадлежности:

1. Вольтметр М23ЦМ762) высокоомный со шкалой 20-100 В, с нулевым делением в середине шкалы - 1 шт.;
2. Провода для подключения сечением 1,5-2,5 мм² - 5 м;
3. Шунтирующая перемычка сечением 50 мм² - 1 шт.;
4. Отвертки - 1 компл.;
5. Пассатижи комбинированные - 1 шт.;
6. Ключ гаечный - 1 шт.;
7. Блокнот для записи с письменными принадлежностями - 3 компл.;
8. Перчатки диэлектрические - 5 пар;
9. Жилет сигнальный - 2 шт.;
10. Сигнальные принадлежности - 1 компл.;

Норма времени на один искровой промежуток – 0,102 чел. ч.

Подготовительные работы и допуск к работе.

Накануне работ передать энергодиспетчеру заявку на выполнение работ вдали от частей, находящихся под напряжением, без подъема на высоту, без перерыва в движении поездов, с указанием времени, места и характера работ.

Получить распоряжение на производство работ и инструктаж от лица, выдавшего его.

Подобрать монтажные приспособления, защитные средства, сигнальные принадлежности, приборы и инструмент, проверить их исправность и сроки испытаний. Погрузить их на транспортное средство, организовать доставку вместе с бригадой к месту работы.

Уведомить энергодиспетчера о месте, времени и характере работ.

По прибытии на место работы провести инструктаж по технике безопасности и осуществить допуск к производству работ [3].

Заземляющий проводник (спуск) должен быть окрашен, выправлен и натянут вдоль опоры с полевой или боковой стороны. Не допускается соприкосновение спуска с поверхностью бетона и с кронштейном ВЛ до 1 кВ. С этой целью между спуском и опорой устанавливаются изолирующие деревянные (или полимерные) прокладки, закрепляемые на опоре хомутом или вязальной проволокой. На металлической опоре проверяют подключение заземляющего проводника, которое должно быть выполнено с помощью специального заземляющего болта. Подключение заземления к основным элементам опоры запрещается. При двойном заземлении расстояние между точками подключения заземляющих проводов к рельсу должно быть не более 200 мм [4].

Проверку состояния и ремонт группового заземления опор проводят тем же составом исполнителей, но без снятия напряжения, вблизи частей, находящихся под напряжением.

До начала работ, при наличии в заземляющих спусках защитного устройства, устанавливают на нем медную шунтирующую перемычку сечением 50 мм², присоединяя ее сначала со стороны тягового рельса, а затем – со стороны троса. Работу выполняют в диэлектрических перчатках. При работах на контактной сети переменного тока на трос группового заземления завешивают две переносные заземляющие штанги на расстоянии 200 м друг от друга; проверку состояния заземления и ремонт производят в зоне между ними.

Осмотр троса группового заземления начинают с проверки его целостности и исправности присоединения к рельсовой цепи. Затем проверяют длину «плеча» троса группового заземления от места подключения к рельсовой цепи до анкеровки (или врезного изолятора) и высоту его подвеса.

Длина «плеча» на линиях постоянного тока не должна превышать 600 м при железобетонных опорах и 300 м – при металлических, а на переменном токе – не более 200 м. У изолирующих стыков рельсовой цепи трос группового заземления должен быть секционирован.

Трос группового заземления должен анкероваться на высоте 4 м от поверхности земли. Высота подвеса троса от уровня земли должна быть не менее 5 м [1].

Проверяется целостность и исправность заземления и надежность присоединения его к тяговому рельсу. Ослабленные крепления подтянуть ключом.

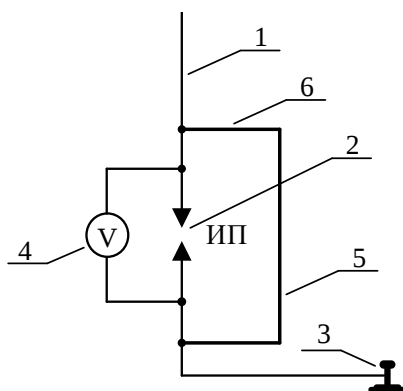


Рисунок 1. Схема проверки исправности искрового промежутка:

- 1 – заземляющий проводник;
- 2 – искровой промежуток;
- 3 – тяговый рельс;
- 4 – вольтметр со шкалой 20-100 В;
- 5 – шунтирующая перемычка (подключенное положение);
- 6 – шунтирующая перемычка (отключенное положение).

Для проверки искрового промежутка ИП (2) (рисунок 1), следует установить на нем в диэлектрических перчатках шунтирующую перемычку (5) (рисунок 1), присоединив ее сначала со стороны тягового рельса (3), а затем выше ИП к раскоу металлической опоры или заземляющему спуску (1) железобетонной опоры. Проверить крепление ИП к заземляющим проводникам. Ослабленные крепления подтянуть ключом.

При использовании вместо шунтирующей перемычки переносной заземляющей штанги установка и снятие ее может производиться без диэлектрических перчаток.

Присоединить вольтметр (4) по обе стороны ИП (2) изолированными от земли проводами.

Отсоединить шунтирующую перемычку со стороны опоры, не отсоединяя ее со стороны рельса (3).

Проследить за показаниями вольтметра. При наличии поездов в тяговом режиме на перегоне стрелка прибора должна отклоняться от нуля, что указывает на исправность ИП. Если стрелка не отклоняется, дождаться прохождения поезда по пути, на который заземлена опора. Если и в этом случае стрелка не отклоняется – то ИП закорочен и подлежит замене. Перед установкой в цепь заземления опоры новые искровые промежутки регулируют, а искровые промежутки, бывшие в эксплуатации, ремонтируют. При ремонте их очищают от пыли и грязи, регулируют или заменяют изолирующую прокладку (рисунок 2).

При снятии показаний запрещается касаться опоры и ее заземляющего спуска.

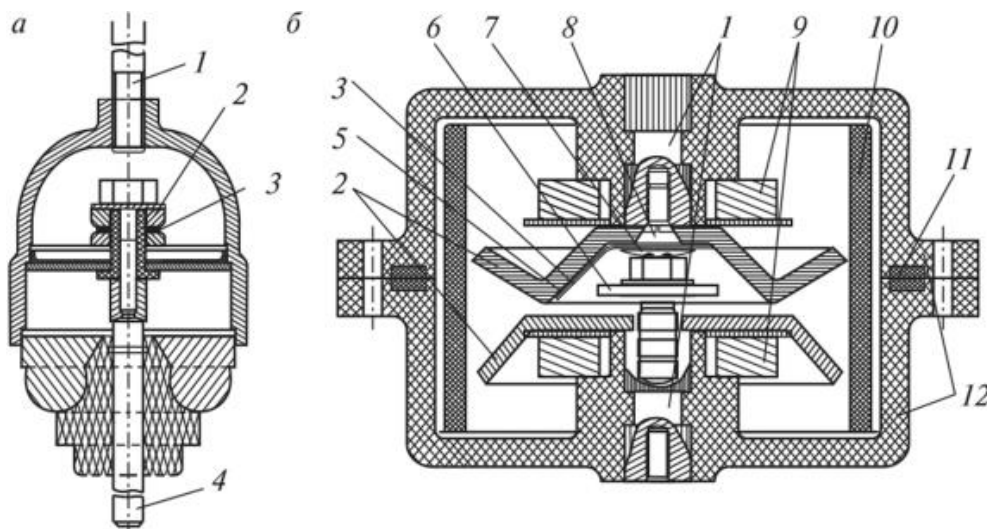


Рисунок 2. Искровой промежуток ИПМ-62М (а); искровой промежуток ИПВ-ЦНИИ-62 (б):

1,4 – токопроводы; 2 – электроды; 3 – слюдяная прокладка; 5 – поджигающий электрод; 6 – варистор СН2-2А; 7 – пружинная шайба; 8 – миканитовая прокладка; 9 – кольцевые магниты; 10 – дугостойкая втулка; 11 – уплотнительное кольцо; 12 – крышка.

Присоединить шунтирующую перемычку со стороны опоры, отключить вольтметр от ИП, после этого отсоединить перемычку сначала со стороны опоры, а затем – со стороны тягового рельса. Присоединение и отсоединение шунтирующей перемычки выполняется в диэлектрических перчатках.

После окончания работ необходимо собрать приборы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и погрузить их на транспортное средство.

Дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ.

Недостатки, выявленные в ходе совместной проверки с работником района контактной сети искровых промежутков и спусков опор контактной

сети, а также проверки правильности подключения заземлений искусственных сооружений к рельсам должны быть устранены.

Результаты проверки оформляют актом. При необходимости недостатки, выявленные при совместной проверке, электромеханик записывает в Журнал осмотра формы ДУ-46.

Список литературы

1. Правила содержания тяговых подстанций, трансформаторных подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения. Утверждены Распоряжением ОАО "РЖД" от 05.08.2016 № 1587р.
2. Инструкция энергодиспетчера, управляющего электроустановками дистанции электроснабжения ОАО "РЖД" (утв. распоряжением ОАО "РЖД" от 19 декабря 2013 г. N 2802р).
3. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети №103.
4. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок тяговых подстанций и районов электроснабжения предприятия ОАО РЖД №1105Р.

УДК 629.4.05

Использование микропроцессорной системы управления и диагностики оборудования МСУД-Н на электровозах переменного тока серии ЭП 1 и ЭП 1М.

Демин А.Н., Сычев Е.В.

Аннотация: *Представлено описание назначения аппаратуры микропроцессорной системы управления и диагностики оборудования электровоза в режимах тяги и торможения, рассмотрены технические данные этой системы и приведена ее структурная схема.*

Ключевые слова: *микропроцессорная система управления и диагностики оборудования электровоза, технические данные, режимы работы.*

1. ОПИСАНИЕ И РАБОТА АППАРАТУРЫ МСУД

1.1 Назначение [1]:

1.1.1 Аппаратура микропроцессорной системы управления и диагностики электрооборудования электровоза предназначена для управления электроприводом и электрическими аппаратами электровоза ЭП1.

1.1.1 Аппаратура с штатным программным обеспечением осуществляет автоматическое управление электроприводом и электрическими аппаратами электровоза в режимах тяги и торможения:

- разгон электровоза до заданной скорости с заданной и автоматически поддерживаемой величиной тока якоря тяговых электродвигателей и последующее автоматическое поддержание заданной скорости;
- рекуперативное торможение до заданной скорости с последующим автоматическим поддержанием заданной скорости на спусках;
- автоматическое плавное торможение с учетом тормозных характеристик до полной остановки электровоза;
- защиту от буксования и юза колесных пар;

- автоматическую непрерывную диагностику состояния электрического оборудования электровоза;
- стыковку микропроцессорных контроллеров с блоками системы АСУБ;
- стыковку микропроцессорных контроллеров с персональными IBM совместимыми машинами для отладки рабочих программ и моделирования процесса управления.

Таблица. Наименование параметров и их значения.

Наименование параметров	Значение
Количество последовательных каналов обмена информацией	2 (RS-485)
Скорость обмена информацией по последовательным каналам, Кбит/с	19,2
Количество каналов ввода дискретных сигналов:	
- в микропроцессорный контроллер МПК1 (МПК2) блока управления БУ-193	26
- в центральный микропроцессорный контроллер ЦМК1 блока управления БУ-193	48
Количество каналов ввода импульсных сигналов от датчиков скорости	6
Количество каналов вывода дискретных сигналов:	
- в контроллер МПК1 (МПК2) блока БУ-193	16
- в контроллер ЦМК1 блока БУ-193	24
Количество каналов ввода аналоговых сигналов	16
Количество каналов формирования импульсных сигналов управления:	
- тиристорами выпрямительно-инверторных преобразователей (ВИП)	8
- тиристорами выпрямительных установок возбуждения (ВУВ)	2
- тиристорами оптики	6
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	У2
Режим работы	продолжительный
Охлаждение	Воздушное, естественная конвенция
Время готовности при температуре окружающего воздуха:	
- выше минус 35С, не более	10
- ниже минус 35С, не более	30
Напряжение питания, В	50+/-10
Потребляемая мощность по цепям питания (с блоками индикации), Вт, не более	100
Напряжение подогрева, В	50+/-15
Потребляемая мощность по цепям подогрева, Вт, не более	200
Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254-96	IP 40
- блоков БУ-193 и БС-224	IP 31
- блоков индикации ВС3641	

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Наименование параметров и их значения приведены в таблице.

2.2 Технические данные

2.2.1 Аппаратура микропроцессорной системы управления и диагностики электрооборудования электровоза построена на программных принципах обработки информации с использованием микропроцессорных контроллеров Micro PC (рисунок 1).

2.2.2 Требования к организации обмена, составу, кодированию информации и характеристикам электрических сигналов в магистральном канале соответствуют стандарту RS-485.

2.2.3 Скорость передачи информации по магистральному каналу - до 56 Кбит/с.

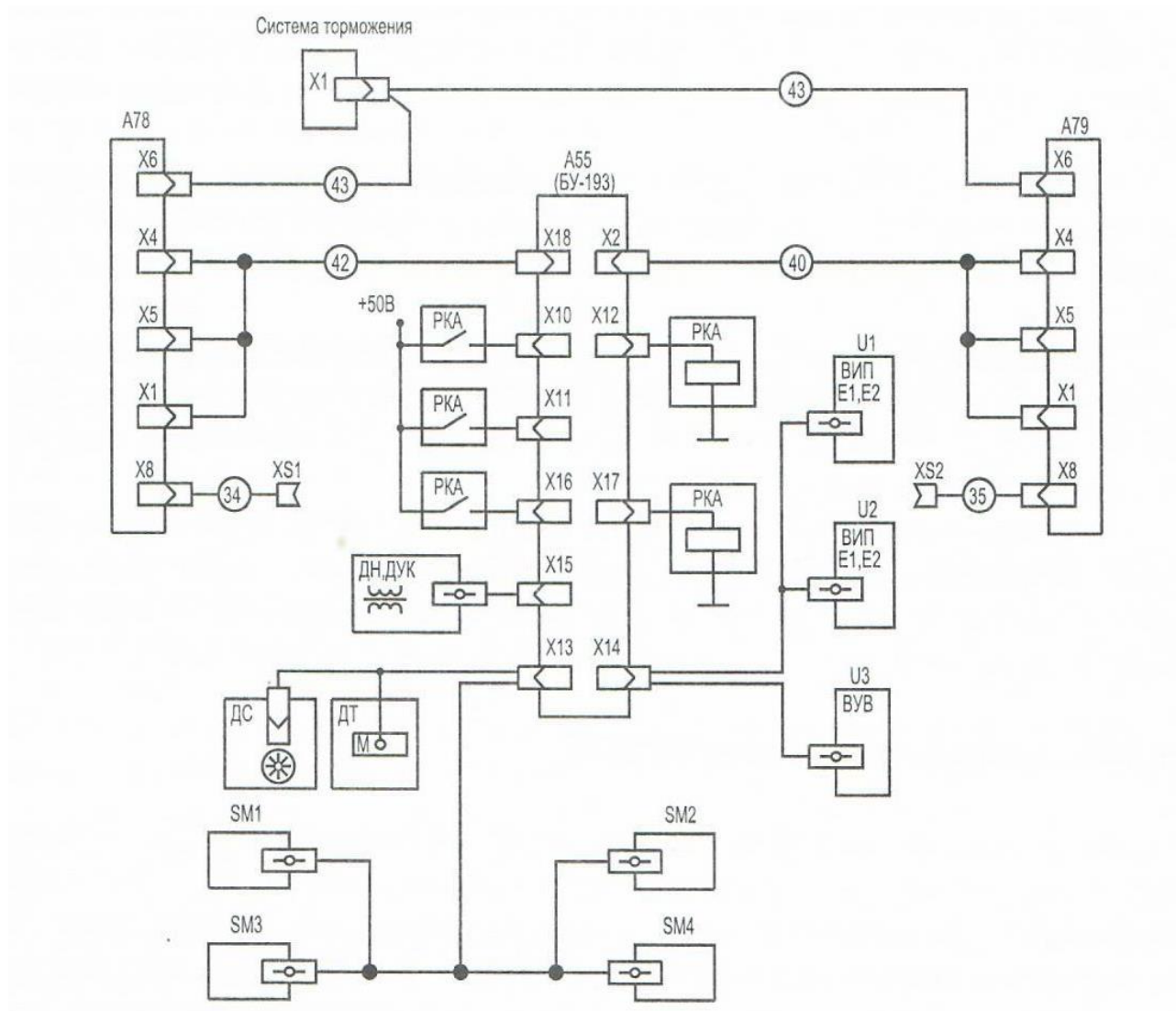


Рисунок 1. Структурная схема МСУД-Н

2.2.4 Разрядность центрального процессора - 32. Быстродействие - 800 тыс. оп/с.

2.2.5 Емкость оперативного запоминающего устройства - 1 Мб.

2.2.6 Емкость постоянного запоминающего устройства - 512 кб.

2.2.7 Количество внешних запросов прерываний - 4.

2.2.8 Количество входных аналоговых сигналов - 20. Разрядность интегрирующего аналого-цифрового преобразователя - 10. Уровень входных сигналов - от 0 до 10 В.

2.2.9 Количество каналов ввода дискретных сигналов в контроллере МПК1 (МПК2) - 24; в контроллере ЦМК - 48. Уровень дискретных сигналов: логический 0 - от 0 до +1,0 В; логическая 1 - от +30 до +80 В.

2.2.10 Максимальное количество выходных дискретных сигналов - 48, в том числе в ЦМК - 24. Установленное количество выходных сигналов - 24, в том числе в ЦМК - 8. Напряжение коммутации до +80 В, ток активной нагрузки до 1,5 А.

2.2.11 Максимальное количество выходных импульсных сигналов - 24. Установленное количество выходных сигналов - 16. Амплитуда выходных импульсов не менее 20 В на нагрузке 68 Ом.

2.2.12 Максимальное количество каналов программируемых таймеров - 24. Установленное количество таймеров - 16. Выходной сигнал – импульс длительностью 40 - 100 мкс.

2.2.13 Последовательный интерфейс по стыку RS-232 в контроллере ЦМК - 5 каналов; в контроллерах МПК1, МПК2 по одному каналу.

2.2.14 Входное напряжение питания 50 В постоянного тока с пределами изменения от 35 В до 70 В.

2.2.15 Вероятность безотказной работы МСУД в течение 4000 час.(200000 км пробега электровоза) не менее 0,99.

2.2.16 Ремонтопригодность МСУД обеспечивается наличием встроенных средств технического диагностирования, ЗИП и конструктивным исполнением, позволяющим оперативно осуществить замену отказавших съемных элементов исправными элементами из состава ЗИП, а также проведение необходимого технического обслуживания.

2.2.17 Время готовности МСУД к работе с момента включения при температуре окружающего воздуха выше минус 35°C не превышает 10 минут, при температуре окружающего воздуха ниже минус 35°C не превышает 30 минут.

2.2.18 Аппаратура МСУД нормально функционирует при воздействии внешних климатических факторов:

- температура окружающей среды для аппаратуры, расположенной в кузове электровоза от минус 60°C до + 60 °C, для блоков БИ1 - от минус 25°C до + 60°C;

- скорость возрастания температуры окружающего воздуха при запуске электровоза в работу до 1 град/мин;

- скорость спада температуры окружающего воздуха после окончания работы электровоза до 2 град/мин;

- относительная влажность воздуха до 100% при температуре 20°C;

- возможность выпадения инея;

- тип атмосферы II по ГОСТ 15150-69;

- наличие пыли с концентрацией до 20 мг/куб. м;

- максимальная высота над уровнем моря до 1400м.

2.2.19 В части воздействия внешних механических факторов МСУД соответствует группе М25 по ГОСТ 17516.1-90Е:

- синусоидальная вибрация в диапазоне частот 0,5 - 100 Гц с максимальной амплитудой ускорений 1 g в любом из трех взаимно перпендикулярных направлений;

- одиночные удары в одном горизонтальном направлении с пиковым ударным ускорением 3 g и длительностью ударного ускорения 2-20 мс.

2.3 Состав аппаратуры МСУД

2.3.1 Аппаратура МСУД состоит из следующих составных частей:

- шкаф МСУД1 ТЯБК.469134.045 - 1 шт;
- блок БИ1.1 ТЯБК.469136.110 - 2 шт;
- кабель 41 ТЯБК.685611.023 - 1 шт;
- кабель 42 ТЯБК.685611.023-01 - 1 шт;
- комплект ЗИП ТЯБК.305653.005 - 1 шт.

2.4 Устройство и работа составных частей аппаратуры МСУД

2.4.1 Шкаф МСУД1

2.4.1.1 Шкаф МСУД1 состоит из трех микропроцессорных контроллеров (центрального ЦМК и двух технологических МПК1 и МПК2) и блока входных фильтров ВФ или ВФ1.

ЦМК обеспечивает обмен информацией между контроллерами управления и постами машиниста по интерфейсу RS-485, диагностику состояния электрооборудования и связь с приборами АСУБ по стыку RS-232.

МПК1 или МПК2 последовательно опрашивает состояние входных сигналов от объекта управления, вычисляет значения выходных управляющих воздействий по программе, соответствующей алгоритму управления приводом и другим оборудованием электровоза.

В аппаратуре предусмотрен встроенный непрерывный контроль, обеспечивающий проверку ее исправности. При возникновении отказов отдельных компонентов аппаратура либо сохраняет работоспособность, либо передает сообщение в блок БИ1.1 о необходимости переключиться на другой МПК.

Управление преобразователями осуществляется с помощью контроллера машиниста автоматически (по программе) путем изменения угла открытия тиристорov ВП, а в режиме электрического торможения также и путем изменения угла открытия тиристорov ВУВ [2]. Изменение угла открытия тиристорov осуществляется программным способом при помощи микропроцессорного контроллера МПК.

Список литературы

1. Микропроцессорная система управления и диагностики оборудования электровозов МСУД-Н. Руководство по эксплуатации ИДМБ.421455.001 РЭ2 (ЗТС.676.004РЭ2).
2. Электровоз ЭП 1. Руководство по эксплуатации. Новочеркасский электровагоностроительный завод (НЭВЗ), 2007 г.

УДК 621.315.668.3

**Методы диагностики состояния
центрифугированных железобетонных опор
Жданов В.В., Климентов К.Н.**

Аннотация: Приведены причины дефектов центрифугированных железобетонных стоек, перечислены различные методы испытания бетонов на прочность, рассмотрены преимущества ультразвукового метода неразрушающего контроля.

Ключевые слова: железобетонные опоры, методы диагностики, приборы контроля.

Деструктивные процессы, снижающие несущую способность железобетонных фундаментов и стоек опор воздушных линий (ВЛ) в эксплуатации характеризуются множеством параметров: это и воздействие грунтово-климатических факторов внешней среды, и влияние вибрации от действия ветровых нагрузок, и другие специфические, в том числе электрофизические, условия функционирования электросети. Диагностике должны подвергаться все железобетонные конструкции со сроком эксплуатации более 20 лет.

В настоящее время достаточно хорошо проработаны следующие методы испытания бетонов на прочность:

- метод стандартных образцов;
- использование кернов, вырубленных из конструкции;
- группа методов неразрушающего контроля (НК).

Первый метод неприемлем в эксплуатации. Использование второго метода проблематично, поскольку он ухудшает прочностные характеристики конструкции за счет выбуривания образцов из тела конструкции, а также из-за сложной технической осуществимости такой операции в полевых условиях.

Более приемлемыми являются методы неразрушающего контроля:

- метод пластической деформации;
- метод упругого отскока;
- метод ударного импульса;
- метод отрыва со скалыванием ребра конструкции;
- метод отрыва стальных дисков;
- ультразвуковой метод (метод УЗ-контроля).

Наиболее адекватным считается метод УЗ-контроля, поскольку в отличие от других методов он позволяет измерить интегральные параметры прочности. По технике проведения испытаний этот метод делится на сквозное УЗ-прозвучивание, когда датчики располагаются с разных сторон тестируемого образца, и поверхностное УЗ-прозвучивание, когда датчики расположены с одной стороны. Метод сквозного УЗ-прозвучивания позволяет, в отличие от всех остальных методов НК, контролировать прочность не только приповерхностных слоев бетона, но и всего объема бетона конструкции [1].

Основным преимуществом средств НК, основанных на использовании ультразвуковых методов оценки прочности бетона, является существование устойчивой зависимости параметров распространения ультразвуковых колебаний в бетоне от состояния его структуры, наличия и накопления в нем тех или иных дефектов и повреждений. Возникновение в структуре бетона любых дефектов, уменьшающих его прочность, соответствующим образом изменяет скорость и время распространения ультразвука в бетоне [2,3].

Прочностные характеристики бетона являются важными, но не единственными параметрами, характеризующими надежность и работоспособность железобетонной конструкции. Появление по тем или иным причинам трещин в бетоне может вызывать коррозию арматуры и ослабление несущей способности конструкции изнутри. Оценка коррозионного состояния арматуры проводится электрохимическими методами путем ее поляризации от внешнего источника тока. Сопротивления анодной и катодной поляризации арматуры в неповрежденном и поврежденном бетоне имеют существенные различия, которые и несут информацию о коррозионном состоянии арматуры.

Наиболее эффективным современным средством контроля технического и коррозионного состояния железобетонных конструкций ВЛ является комплекс испытаний, использующий ультразвуковые и вибрационные методы оценки механических свойств, а также электрохимические методы определения коррозионного состояния арматуры и металлоконструкций ВЛ.

Причинами дефектов центрифугированных железобетонных стоек являются:

- неплотно прижатые края опалубки, допущенные при изготовлении центрифугированных стоек, следствием чего явилось быстрое разрушение швов полуформ в эксплуатации. Этот дефект зачастую приводит к образованию больших сквозных дыр, оголению арматуры и образованию значительных трещин вдоль швов полуформ (рисунок);
- повреждения, сколы, полученные при транспортировке и установке опор;
- влияние на стойки опор грунтово-климатических факторов (образование на стойке опоры мелких и крупных трещин).

Оценка остаточной несущей способности железобетонных опор, используемых в электросетях различного назначения, является довольно сложной, так как часть дефектов носит скрытый характер, а сложное физико-химическое сочетание арматуры и бетона требует комплексного подхода к данной проблеме. Так, практически не поддается точной оценке как степень снижения несущей способности опор из-за старения бетона, так и степень коррозии арматуры в теле опоры без применения методов разрушающего контроля [1]. Большая сложность возникает и при оценке качества бетона и арматуры в подземной части опоры.

Для диагностики состояния опор контактной сети (КС), условия эксплуатации которых отличаются от условий эксплуатации электросетевых опор используются следующие методы: вибрационный, электрохимический и потенциальных диаграмм.

Результаты вышеуказанных методов очень сильно зависят как от грунта, в котором установлена опора, так и от состояния самой опоры. Методы оценки технического состояния железобетонных электросетевых конструкций кольцевого сечения, предлагаемые в нормативных документах (приборами механических или поверхностных методов неразрушающего контроля), не обеспечивают выявления дефектов в бетоне на ранней стадии их появления и не позволяют получить количественные оценки развития этих дефектов во времени из-за большой погрешности получаемого результата.



Рисунок. 1 Дефектная железобетонная стойка

Среди перспективных способов диагностики следует отметить ультразвуковые способы диагностики состояния железобетонных конструкций неразрушающими способами. При этом наличие арматуры в теле бетона, пустоты внутри конструкции не дают точного представления об истинном состоянии конструкции. Разрушения бетона на уровне земли (наиболее массовые), без откопки опоры на требуемую для диагностики глубину в настоящее время являются трудно диагностируемыми. Снижение прочности бетона является одним из основных факторов снижения несущей способности железобетонных опор [2]. Определение прочности бетона и характеристик трещин на поверхности выполняется неразрушающим ультразвуковым методом путем поверхностного прозвучивания.

Определение армирования центрифугированных опор контактной сети осуществляется магнитным методом [3,4]. Для магнитного метода определения армирования центрифугированных конструкций (диаметр элементов армирования и положение армированного каркаса в конструкции опор КС наиболее эффективно использовать прибор «Система Ферроскан PS 200»). Измерения производятся в несколько этапов. На первом этапе определяют расположение арматуры, ее диаметр и глубину залегания в теле опоры (выполняются в режиме Imagescan), позволяющем визуализировать положение элементов армирования конструкции и фиксировать в памяти сканера PS 200 scanner, с последующей возможностью определения глубины залегания и

диаметра арматурных стержней. Затем, полученные изображения элементов армирования с помощью инфракрасного передатчика и приемника (второй этап) передаются на монитор PS 200 monitor. На третьем этапе (этап камеральной обработки) полученные изображения положения арматуры в теле конструкции обрабатываются с использованием соответствующего программного обеспечения прибора «Система Ferrosan PS 200», позволяющего осуществлять передачу данных с монитора прибора на ПК для последующей обработки и анализа. Результаты измерений, полученные с использованием прибора «Система Ferrosan PS 200» представляются в виде таблиц и графических рисунков (годографов).

Повреждения бетонной оболочки опоры проявляются в виде трещин и сколов. Глубину трещин определяют, как правило, с помощью игл, тонких проволочных щупов, а также ультразвуковым импульсным методом. При использовании ультразвукового контроля глубину трещин рассчитывают путем сравнения времени распространения ультразвукового импульса на участках неповрежденного трещиной бетона (t_1) и в бетоне с трещиной (t_2) методом продольного профилирования при условии, что плоскость трещинообразования перпендикулярна линии прозвучания.

Для ультразвукового контроля состояния бетонной оболочки могут быть использованы приборы: «Пульсар-1,2», «Пульсар-1,0», УКБ-1М, УК-1401, «Бетон 32», «УК14П» при помощи которых определяются: скорость и время распространения ультразвука в бетоне на участке без наличия трещин и время прохождения ультразвука на участке с трещиной при перпендикулярном расположении линии прозвучания к плоскости трещинообразования.

Определение глубины трещин в бетоне центрифугированных конструкций контактной сети выполняется в соответствии с методикой обработки результатов измерений и представляется в виде таблиц и годографов по каждому отдельно взятому профилю. Анализ полученных данных позволяет судить об однородности или неоднородности плотности и, соответственно, прочности материала опоры контактной сети.

Методом сравнения времени распространения УЗК по участку без внутренних дефектов и повреждений с аналогичными результатами, полученными на участке, имеющем внутренние дефекты и повреждения можно судить о наличии или отсутствии структурных нарушениях бетона (пустоты, разуплотнения и др.), либо о достаточно глубокой внутренней трещине или о нахождении внутри полости кольцевой конструкции невидимых на внешней поверхности скрытых трещин.

Железобетонные опорные конструкции обладают высокой механической прочностью и большой деформативностью, но под воздействием различных нагрузок могут значительно отклониться от вертикального положения [3]. В результате этого от нагрузок (вес проводов, тросов, гололеда и др.) возникают изгибающие моменты, вызывающие дополнительные деформации опоры.

Опоры линий электропередачи загружены, как правило, равномерно, в отличие от опор контактной сети. Неравномерность загрузки последних приводит к эксцентриситету приложения силы, и, как следствие, разных по

размеру растянутых и сжатых зон. Максимальные моменты, которые действуют на опору, сосредоточены на уровне условного обреза фундамента, поэтому данная область должна быть обследована более тщательно. Результатами обследования опор выявлено, что наибольшее количество трещин, как продольных, так и поперечных возникает в растянутой зоне опор [4].

Трещины, возникающие в сжатой зоне бетона, как правило, не снижают несущей способности опоры, т.к. бетон хорошо работает на сжатие. Сжатие части бетонного элемента с трещиной приводят к ее закрытию. Разрушение может произойти лишь в том случае, когда сжимающие нагрузки превышают допустимые для данной марки бетона.

По параметрам трещин на поверхности центрифугированных опор контактной сети и ориентировочной оценке коррозии арматуры остаточная несущая способность конструкции может быть определена с учетом схемы загрузки и расположения повреждений.

Список литературы

1. Штенгель В.Г. О методах и средствах неразрушающего контроля для обследования эксплуатируемых железобетонных конструкций // В мире НК. – 2002. – №2. – С. 12-15;
2. Ботин Г.П., Попонин С.А., Тарасов А.Г. Ультразвуковой контроль состояния железобетонных стоек опор и фундаментов воздушных линий электропередачи // Материалы Первой международной научно-практической конференции «Линии электропередачи – 2004: Опыт эксплуатации и научно-технический прогресс». – Новосибирск, 20-24 сентября 2004;
3. Гунгер Ю.Р., Тарасов А.Г., Чернев В.Т. Ультразвуковой и вибрационный контроль состояния железобетонных стоек опор и фундаментов воздушных линий электропередачи // Электроинфо. – 2005. – №11. – С. 40-43;
4. Подольский В.И. Железобетонные опоры контактной сети: конструкция, эксплуатация, диагностика. М.: Интекст, 2007. – 152 с.;

УДК 621.315.668.3

Проверка состояния железобетонных опор воздушных линий электропередачи до 10 кВ.

Кубахов А.Н., Голубчиков А.С., Мамедов Г.М.

Аннотация: Рассмотрены условия выполнения работ при проверке состояния подземной части железобетонных опор, перечислены необходимые условия, машины, механизмы, защитные средства, приборы, приспособления инструмент и материалы. Изложен порядок выполнения работ.

Ключевые слова: воздушные линии, железобетонные опоры, подземная часть, проверка состояния.

В процессе изготовления, транспортирования и эксплуатации в железобетонных опорах и приставках могут образоваться трещины. Проникновение в них влаги, приводит к коррозии арматуры и резкому снижению механической прочности опоры. Проверку состояния

железобетонных опор и приставок осуществляют не реже 1 раза в 6 лет. Работа выполняется бригадой электромонтеров в количестве трех человек: одного электромонтера пятого разряда и двух электромонтеров третьего разряда.

Условия выполнения работы:

- без снятия напряжения, вдали от частей, находящихся под напряжением, без подъема на высоту и без перерыва в движении поездов;
- по наряду или распоряжению и уведомлению энергодиспетчера о времени, месте и характере работ;
- измерения рекомендуется проводить при температуре окружающего воздуха выше +5 °С и при талом состоянии грунта, в котором установлена опора (фундамент, анкер).

Машины, механизмы, защитные средства, приборы, инструмент, приспособления и материалы:

- лестница приставная 7 м (при установке оттяжек на опоре);
- приборы ИЗС-10Н, М1101 и УК1401М (при необходимости);
- микроскоп МПБ-2, лупа Польди (с ценой деления 0,1 мм) или набор щупов (0,03 — 0,025мм);
- штангенциркуль, линейка измерительная или рулетка;
- лопата, лом, трамбовка, молоток, топор, ключи гаечные;
- перемычка медная для шунтирования искрового промежутка;
- перчатки диэлектрические (2 пары);
- жилет сигнальный и каска защитная (по числу исполнителей);
- сигнальные принадлежности (комплект);
- блокнот для записи с письменными принадлежностями (комплект);
- аптечка (комплект).

Подготовительные работы и допуск к работе:

- накануне работ передать энергодиспетчеру заявку на выполнение работ вдали от частей, находящихся под напряжением, без подъема или с подъемом на высоту, без перерыва в движении поездов, с указанием времени, места и характера работ;
- получить распоряжение или наряд на производство работ и инструктаж от лица, выдавшего его;
- на основании осмотров, диагностических испытаний и измерений определить перечень опор (фундаментов) опасных в отношении электрокоррозии и подлежащих дополнительному обследованию с откопкой для оценки их состояния. К таким опорам (фундаментам, анкерам) относятся: выявленные при диагностировании по технологическим картам; расположенные в электрокоррозионно опасных зонах; имеющие на поверхности бетона надземной части выходы продуктов коррозии арматуры или трещины, уходящие в подземную часть;
- подобрать, при необходимости, временные оттяжки из стального троса с натяжными муфтами и временными анкерами;
- подобрать приборы, монтажные приспособления, защитные средства, сигнальные принадлежности и инструмент, проверить их исправность и сроки

годности. Погрузить их на транспортное средство, организовать доставку вместе с бригадой к месту работы;

- уведомить энергодиспетчера о месте, времени и характере работ;
- по прибытии на место работы провести инструктаж по охране труда, распределить обязанности между исполнителями;
- проверить целостность и исправность заземления опоры и надежность его присоединения к тяговому рельсу. При наличии в цепи заземления защитного устройства установить на нем медную шунтирующую перемычку сечением 50 мм², присоединив ее сначала со стороны опоры. Работу выполнять в диэлектрических перчатках;
- осуществить допуск бригады к производству работ.

Выполнение работ:

Откопать вручную лопатой (с рыхлением грунта ломом) фундамент или подземную часть железобетонной опоры. Откопку вести с полевой стороны опоры, не менее периметра, на глубину 1,0 м, как правило, без проведения специальных мер по обеспечению устойчивости опоры. Грунт выбрасывать на бровку или полку с соблюдением габарита, не допуская засорения кювета грунтом. При повреждениях на большей глубине откопку увеличить до 2/3 размера заглубления или до первого уступа у монолитного фундамента. Для обеспечения устойчивости опоры в этих случаях необходимо до продолжения откопки установить не менее двух временных оттяжек из троса С-70 или ПБСМ-70, 95. При откопке в слабых грунтах, стенки котлована укреплять дощатыми щитами, не допуская обвала грунта со стенок.

Откопанную, конструкцию очистить от грунта и осмотреть бетон, простукивая молотком. Глухой звук при простукивании, отслоение бетона, наличие трещин или выступающие пятна, ржавчины на поверхности бетона, свидетельствуют о коррозионном повреждении арматуры.

Определить размеры обнаруженных повреждений:

- ширину раскрытия трещин (с помощью микроскопа МПБ-2, лупы Польди или набора щупов);
- длину трещин (с помощью линейки или рулетки);
- глубину выбоин или толщину поврежденного слоя бетона (при помощи штангенциркуля или щупа). Прибором УК1401М определить несущую способность опоры, прибором ИЗС-10Н измерить толщину стенки опоры. Она должна быть не менее 60 мм. Установить их классификацию по степени опасности в соответствии с Указанием по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети (К-146), определить необходимость замены или объемы работ по текущему или капитальному ремонту.

Острodefицитные опоры (фундаменты), подлежащие замене, должны быть взяты на оттяжки и, при возможности, частично разгружены. Результаты приборных измерений сравнить между собой и с предыдущими измерениями. Резкие отклонения в показаниях прибора свидетельствуют о наличии коррозии арматуры и скрытых трещинах. Измерения прибором УК-1401М проводятся тем же порядком, что и надземной части опор.

Результаты обследования занести в блокнот, при необходимости, выполнить эскизы повреждений с указанием их размеров и мест расположения. По результатам обследования и оценки состояния опоры (фундамент), не подлежащую ремонту или замене, засыпать грунтом. Засыпку вести слоями толщиной не более 20 см с тщательным трамбованием. В слабых грунтах, по мере засыпки, изымать дощатые щиты, установленные для крепления стенок котлована.

Очистить кювет от грунта и спланировать излишки грунта. Демонтировать временные оттяжки опоры. У опор, подлежащих ремонту или замене, временные оттяжки не демонтируются. При обеспечении проведения ремонта в 2-х недельный срок котлован землей не засыпается.

Окончание работ:

Снять в диэлектрических перчатках с защитного устройства в цепи заземления шунтирующую перемычку, отсоединив ее сначала со стороны опоры, а затем – со стороны рельса; собрать приборы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и погрузить их на транспортное средство; дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ; возвратиться на производственную базу ЭЧК, сделать запись в книге произведенных работ; результаты измерений перенести в Книгу металлических и железобетонных опор (форма ЭУ-87), а на дефектные опоры оформить установленной формы карточки.

УДК 621.332:621.315.175

**Схема плавки гололеда на контактной сети
участка Журавка – Сергеевка ЮВЖД.
Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И.**

Аннотация: Рассмотрены различные способы борьбы с гололедом на проводах контактной сети электрифицированных железных дорог. Представлена схема режима плавки гололеда на контактной сети участка Журавка – Сергеевка ЮВЖД и описана последовательность ее сборки.

Ключевые слова: контактная сеть, гололедно-изморозевые отложения, способы борьбы, схема плавки гололеда.

В настоящее время и за весь период существования электрифицированных железных дорог одним из опасных атмосферных явлений в зимний период является гололедно-изморозевые отложения. В период образования вышеуказанных осадков особое внимание уделяется поддержанию нормальной работы устройств электрификации и электроснабжения и электроподвижного состава (ЭПС), проводятся работы по предотвращению условий для возникновения автоколебаний («пляски» проводов контактной подвески), разрегулировки проводов, механической перегрузки проводов и их обрывов.

К механическим способам борьбы с гололёдом относят удаление гололедообразования на контактной сети с помощью гололедоочистительных устройств, установленных на автоматрисах или платформах, а также вибропантографов и пневмобарабанов, установленных на специально выделенных электровозах и маневровых локомотивах. Обивка гололедных отложений может осуществляться с земли или вышек и площадок, смонтированных на механизмах и транспортных средствах. Для обивки используются деревянные, бамбуковые, стеклопластиковые или бакелитовые шесты.

Работы по удалению гололёда с контактного провода могут выполняться как с закрытием, так и без закрытия перегона для движения поездов.

Для механического удаления гололёда с контактного провода под напряжением используется специальная установка МОГ, которая монтируется на четырехосной платформе. Удаление гололёда с контактного провода устройством МОГ производится путём ударов по контактному проводу металлическими битами, расположенными на поверхности вращающихся роторов. Подъём головки устройства МОГ до контактного провода и обеспечения нажатия на него (130-170 Н) создаётся грузами через канатно – блочную систему. Механическую очистку от гололёда установкой МОГ выполняют два работника района контактной сети в защитных касках, очках и диэлектрических перчатках, имеющие квалификационные группы не ниже III и наблюдающий не ниже V. Работа по механическому удалению гололёда с контактного провода по обеспечению безопасности работающих может оформляться нарядом или распоряжением.

Запрещается работа по удалению гололёда устройством МОГ-7 в следующих случаях:

- при скорости ветра свыше 12м/с;
- во время мокрого снегопада;
- под пешеходными мостами, путепроводами, в тоннелях и на мостах;
- в местах, где не может быть использована полная длина изолирующей части выдвижной рамы;
- в опасных местах, в зоне 2-х метров до секционных изоляторов и под ними;
- в тёмное время суток, если нет достаточного освещения контактной подвески на расстоянии не менее 50 м;
- при скорости движения более 40 км/ч;
- на стоянках.

К электрическим способам борьбы с гололёдом относятся профилактический подогрев проводов для предотвращения их обледенения и плавка образовавшихся гололедных отложений.

Профилактический подогрев проводов заключается в поддержании положительной (до нескольких градусов) температуры провода за счёт протекания в нём тока соответствующей величины. Этот способ используется в течение периода времени, при котором существуют климатические условия образования гололёда. При профилактическом подогреве следует, как правило,

применять такие схемы питания тяговой сети, которые не требуют полного прекращения движения поездов.

Плавка гололёда осуществляется током, при котором выделяемая в проводах теплота достаточна для расплавления гололёдных отложений. Этот способ, как правило, сопряжён с прекращением движения поездов, поскольку для плавки гололёда требуется значительно больший ток, чем для профилактического подогрева. С целью сокращения времени на восстановление нормальной схемы питания и минимизации расхода электроэнергии, плавку гололёда рекомендуется производить наибольшим возможным током в период начала образования отложений при их толщине свыше 3...5 мм. После полного отпадания гололёдного образования на всем протяжении участка режим плавки следует продолжить на 10...15 минут для подсушивания проводов.

Выбор способа борьбы с гололёдом производится на основе результатов вариантных расчётов, при которых для различных схем питания тяговой сети определяется возможность реализации необходимых токов при заданных значениях температуры окружающей среды и скорости ветра, а в схемах плавки также нормативной толщины стенки гололёда.

Плавка гололеда и профилактический подогрев проводов контактной сети и воздушных линий (ВЛ), начатые своевременно, позволяют избежать тяжелых гололедных аварий. Для этого Дорожная геофизическая станция должна уведомлять энергодиспетчерский аппарат о начале гололедообразования. Энергодиспетчер после получения сообщения обязан оповестить о гололедообразовании районы контактной сети для установления контроля за интенсивностью гололедообразования на контактной сети и ВЛ.

Плавка гололеда на проводах осуществляется при уже образовавшемся гололеде путем искусственного повышения тока контактной сети или ВЛ.

Плавку гололеда на контактной сети и воздушных линиях электроснабжения рекомендуется начинать при увеличении толщины стенки гололедного отложения более 3 мм при наличии пляски проводов и более 5 мм при отсутствии пляски проводов.

При профилактическом подогреве проводов, а также при плавке гололеда, стрела провеса проводов, на которых гололеда нет или он уже отпал, увеличивается. Увеличение стрелы провеса при наибольшей длительно допустимой температуре нагрева проводов не должно приводить к сокращению наименьших расстояний между проводами ВЛ и землей, пересекаемыми или параллельно следующими ВЛ и другими объектами, установленными Правилами устройства электроустановок и Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог. Провода на всем протяжении, входящем в цепь профилактического подогрева или плавки гололеда, должны, как правило, быть одной марки (одинакового материала и сечения).

На контактной сети и ВЛ при плавке гололеда организуется наблюдение за гололедом.

Плавка гололеда может осуществляться при плотности и толщине стенки гололедного образования меньше нормативных значений. Длительность плавки при этом снижается.

Плавка гололеда и профилактический подогрев проводов могут осуществляться при скорости ветра меньше расчетной и температуре окружающей среды выше нормативного значения.

В качестве примера рассмотрим порядок сборки схемы плавки гололеда на контактной сети участка Журавка – Сергеевка со стороны тяговой подстанции Журавка (рисунок):

- включить «А», «Б» ст.Зайцевка;
- отключить выключатели ВФ1, ВФ2, ВФ3, ВФ4 и разъединители С1, С2, С3, С4 поста секционирования Зайцевка;
- включить разъединитель ПГ ст.Сергеевка;
- отключить выключатели ВФ1-27, ВФ2-27 и разъединители ЛР1-27, ЛР2-27 на ЭЧЭ-Сергеевка;
- включить разъединители ОР6-27, ШР«А»-27 и РО-27;
- на ВФ7-27 и ВО-27 вывести из работы дистанционную защиту, АПВ, а также на время плавления гололеда защиту по минимальному напряжению фидеров 27,5 кВ, ВТ1,2-27;
- отключить выключатель ВФ6-27 и разъединитель ЛР6-27;
- включить выключатель ВО-27;
- ввести наблюдение за нагрузкой в период плавки гололёда и передавать информацию энергодиспетчеру;

На рисунке путь протекания тока плавки гололеда показан утолщенными линиями. Его максимальное значение на рассматриваемом участке составляет – 1200 А. Время плавки $t = 30$ минут.

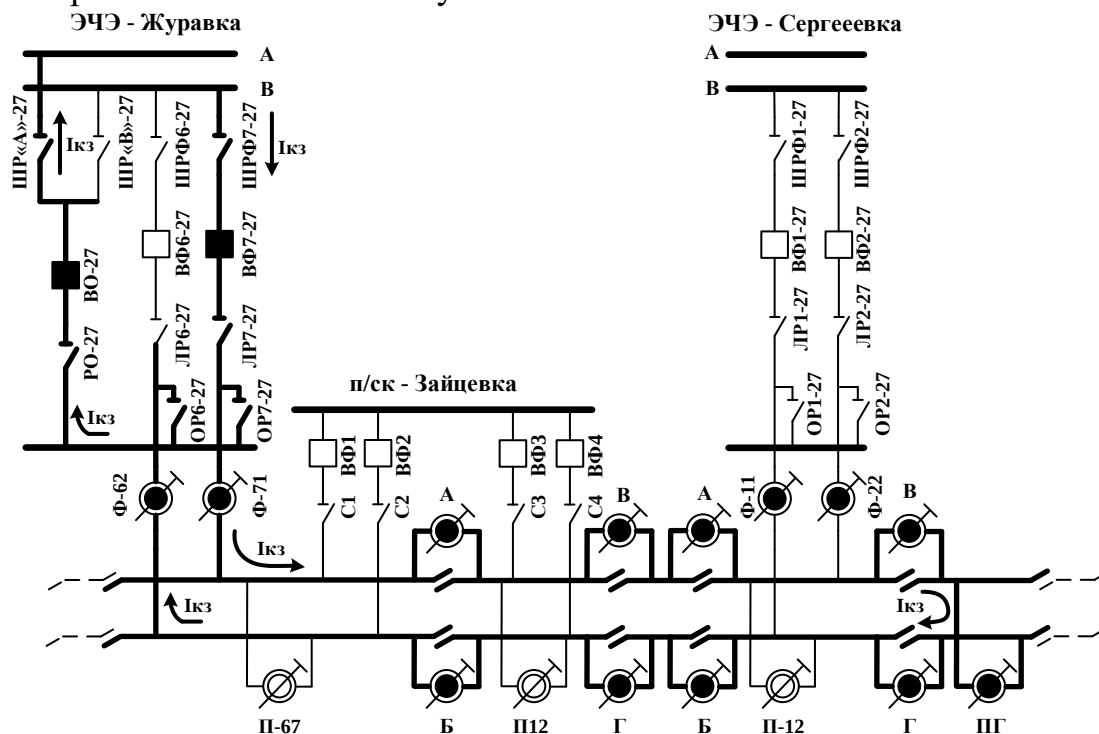


Рисунок. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка – Сергеевка со стороны тяговой подстанции Журавка.

На данном участке используется только схема плавки гололеда, а схема профилактического подогрева не предусмотрена ввиду слабого нагрева проводов из-за большого сопротивления контактной сети.

Перед началом сборки схемы плавки гололёда энергодиспетчер обязан предупредить энергодиспетчера соседней дистанции электроснабжения о необходимости вызова оперативного дежурного персонала на тяговую подстанцию, участвующую в сборке схемы плавки гололеда. А также причастного персонала ЭЧК на воздушные промежутки участка контактной сети и, при необходимости, персонала РРУ на посты секционирования для производства необходимых переключений или на тяговые подстанции для изменения уставок релейных защит.

Все действия и оперативные переключения производятся только по приказу одного энергодиспетчера, непосредственно организующего плавку гололеда.

УДК 621.317.331

Измеритель сопротивления обмоток. Никитин И.Ю., Климентов К.Н.

Аннотация: Приведено описание назначения и принципа работы измерителя сопротивления обмоток ИСО-1, его технические данные, структурная схема и порядок выполнения измерений.

Ключевые слова: измеритель сопротивления обмоток, технические характеристики, структурная схема, порядок работы.

Измеритель сопротивления обмоток ИСО-1 является переносным прибором, предназначенным для измерения активного сопротивления постоянному току электрических цепей, имеющих значительную индуктивность (например, обмоток силовых трансформаторов и электрических машин) методом амперметра-вольтметра. Прибор подключается к измеряемой цепи по четырехпроводной схеме. Прибор имеет шесть пределов измерения: 2 мОм, 20 мОм, 200 мОм, 2 Ом, 20 Ом, 200 Ом.

Таблица. Основные технические характеристики прибора

Предел измерения	Разрешающая способность	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	Максимальный измерительный ток
2 мОм	1 мкОм	$\pm 0,2$	5 А
20 мОм	10 мкОм	$\pm 0,2$	5 А
200 мОм	100 мкОм	$\pm 0,2$	5 А
2 Ом	1 мОм	$\pm 0,2$	2,5 А
20 Ом	10 мОм	$\pm 0,2$	250 мА
200 Ом	100 мОм	$\pm 0,2$	25 мА

Предусмотрена возможность регулировки измерительного тока в диапазоне от 50 до 100 % номинального значения (для работы с аккумуляторами малой емкости).

Нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха 30–80%;
- атмосферное давление 84–106,7 кПа (630–800 мм. рт. ст.).

Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от $-10 ^\circ\text{C}$ до $+40 ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха не более 90 % при $25 ^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление 84–106,7 кПа (630–800 мм. рт. ст.).

Дополнительная погрешность измерения, вызванная отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной, не превышает половины предела основной допускаемой погрешности на каждые $10 ^\circ\text{C}$ изменения температуры в пределах диапазона рабочих температур.

Индикатор прибора цифровой, светодиодный, 3,5 разряда (1999) с термостатированным подогревом.

Время установки показаний при измерении безиндуктивного сопротивления не превышает 5 с. При измерении сопротивления объектов, имеющих значительную индуктивность, время установки показаний возрастает пропорционально индуктивности (около 5 мин. при индуктивности 500 Гн).

В приборе используются форсированная установка тока и рекуперация (поглощение) энергии, накопленной в индуктивности. На время рекуперации включается звуковая и световая индикация, работающая вплоть до прекращения тока в цепи.

Предусмотрена возможность контроля напряжения питания, напряжения на выходе и тока через измеряемый объект. Погрешность измерения указанных величин не нормируется.

Питание прибора производится от внешнего гальванического элемента или аккумулятора с напряжением 12–16 В или от внешнего источника питания с тем же напряжением, средним током 3 А (кратковременный ток потребления – 6 А) и величиной пульсации не более 1 В при токе 3 А.

Средний потребляемый ток (при напряжении питания 15 В):

- 3 А на пределах 2, 20, 200 мОм;
- 1,5 А на пределе 2 Ом;
- менее 500 мА на пределах 20 и 200 Ом;
- менее 300 мА при отключенном токе нагрузки и выключенном термостате.

Длина измерительного шлейфа – 25 м с суммарным сопротивлением пар токовых и потенциальных проводов не более 1 Ом.

Продолжительность непрерывной работы – 8 ч. в сутки.

Прибор выполнен в металлическом корпусе. На передней панели расположены: цифровой индикатор, клеммы питания, клеммы подключения измеряемого объекта и органы управления (рисунок 1).

На задней панели по отдельному заказу могут располагаться разъемы, дублирующие клеммы питания и клеммы подключения измеряемого объекта (при установке прибора в стойке).



Рисунок 1. Передняя панель прибора

Структурная схема прибора показана на рисунке 2. Прибор питается от внешнего источника питания через защитный диод. Входные цепи прибора также защищены восемью диодами, переключающими индуктивный ток, возникающий при выключении измерительного тока, в цепь питания прибора. Клемма «-» питания соединена с корпусом. Параллельно цепи питания подключен ограничитель индуктивного выброса, ограничивающий напряжение питания на допустимом уровне при штатных значениях тока индуктивного выброса (до 5 А). Для включения и выключения измерительного тока используются контактные реле. Значение измерительного тока задается стабилизатором тока, контролирующим ток по падению напряжения на резисторе R_0 . Блок измерения отношений сравнивает падение напряжения на объекте с падением напряжения на резисторе R_0 и показывает отношение этих напряжений на цифровом индикаторе.

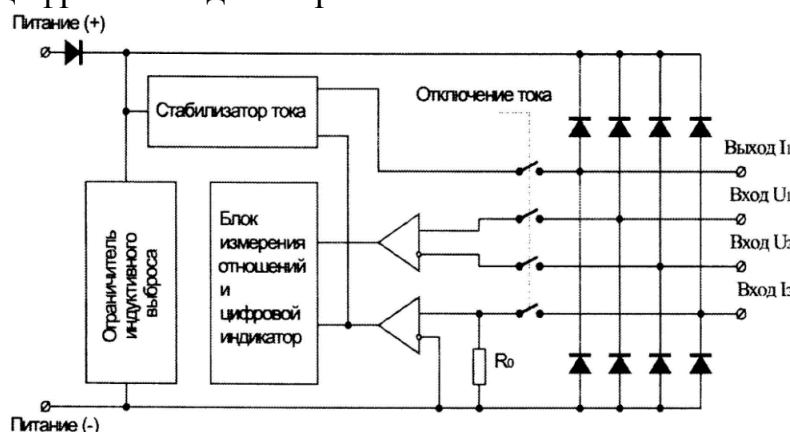


Рисунок 2. Структурная схема прибора

Провода источника питания не должны соединяться с измеряемым объектом.

При напряжении питания, превышающем 17 В, начнет срабатывать ограничитель индуктивного выброса, что приведет к резкому возрастанию потребляемого тока и может вызвать повреждение прибора.

При измерении сопротивления обмоток трансформаторов обслуживающий персонал должен соблюдать общие требования «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

В целях безопасности необходимо заземлить клемму (-) питания (корпус) прибора.

При измерении сопротивления, имеющего большое значение индуктивности, запрещается отключать измерительные провода вплоть до полного прекращения тока (до прекращения работы звукового сигнализатора и зажигания зеленого индикатора «Ток Откл»).

Прибор готов к работе сразу по включении питания.

При температуре окружающей среды ниже 0°C рекомендуется дать прибору поработать примерно 10 мин. перед началом измерения для того, чтобы успели прогреться термостат и индикатор прибора.

Не рекомендуется изменять полярность включения измерительных входов U1 и U2. При этом увеличивается погрешность прибора. При измерении в условиях наличия термо-ЭДС необходимо переключать все четыре измерительных провода.

Подстройка нуля (потенциометр «Уст. нуля») практически не требуется.

Порядок работы.

Подключить провода питания и измерительные провода, соблюдая полярность и порядок подключения измерительных проводов к объекту в соответствии с условиями на передней панели. При подсоединении к R_x первыми подключаются провода I1 и I2, последними U1 и U2. При отключении – первыми отключаются провода U1 и U2, затем I1 и I2 (рисунок 3).

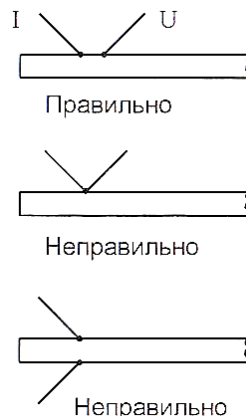


Рис. 3 Подключение измерительных проводов к измерительному прибору

Включить питание прибора. Убедиться, что индикатор питания горит, что сигнализирует достаточность напряжения питания. При необходимости в любое время можно проконтролировать питание прибора, включив режим работы «Упит». При этом индикатор показывает напряжение питания (после защитного диода).

Убедиться, что кнопка «Память» отжата и индикатор «Память» не горит.

Установить необходимый предел измерения R_x . предел измерения можно также переключать в процессе измерения, однако рекомендуется не оставлять переключатель предела измерения в промежуточном состоянии надолго, т.к. при этом резистор измерения тока может оказаться не подключенным и выходной ток может достигать 8 А, что может привести к порче прибора.

Нажать кнопку «Вкл/Откл Тока». При этом замкнется реле разрыва цепи, включится источник тока и зажжется индикатор «Ток Вкл».

Включить режим работы «Rx» и дождаться установления показаний прибора. При работе с большими индуктивностями, время установки тока может достигать нескольких десятков минут (особенно при работе с мощными трансформаторами, имеющими компенсационные обмотки). При этом на некоторое время может включаться индикатор перегрузки входа прибора (и символ «:» на индикаторе прибора), сигнализирующие перегрузку усилителя. В процессе установки тока можно контролировать ток (режим работы «Ix») и напряжение на выходе прибора (режим работы «Uвых»). Переключение режима работы прибора не оказывает влияния на цепи задания тока и может производиться в любое время.

При необходимости произвести контроль нуля прибора следует установить режим работы «Контроль нуля». При этом вход U1 отключается от клеммы U1 и соединяется с входом U2. Индикатор в этом режиме дает отсчет выходного напряжения с повышенной чувствительностью. Подстройка нуля производится потенциометром «Уст. нуля» на передней панели прибора. Подстройку нуля имеет смысл проводить только на диапазоне 2 мОм. Следует учесть, что при этом контролируются и компенсируются только внутренние цепи прибора, а уход нуля может быть вызван наличием внешних ЭДС, обусловленных разными температурами и плохим качеством внешних контактов.

Запись результата можно производить после установления показаний прибора. При необходимости, можно зафиксировать показания индикатора, нажав кнопку с фиксацией «Память» (или до снятия питания с прибора). После этого можно начать отключение тока или новое измерение. Включение режима «Память» индицируется зажиганием красного индикатора рядом с кнопкой.

Горение индикатора «Перегрузка входа» при установившемся токе может быть вызвано неправильной полярностью подключения входных проводов U1 и U2 или слишком большим сопротивлением измерительного шлейфа (более 1 Ом). При горении этого индикатора прибор может давать правильные показания, однако нормированная точность прибора не гарантируется.

Появление знака «_» на индикаторе при установившемся токе сигнализирует о неправильном подключении проводов U1 и U2.

Для выключения измерительного тока повторно нажмите кнопку «Вкл/Откл. Тока». При этом выключится реле разрыва цепи, и прибор перейдет в режим рекуперации тока, который будет продолжаться вплоть до прекращения тока в измерительной цепи. При этом будет работать звуковая сигнализация и индикатор «Рекуперация» будет гореть. По завершении рекуперации зажжется зеленый индикатор «Ток Откл». После этого можно отключать измерительные провода.

Список литературы

1. Измеритель сопротивления обмоток ИСО-1. Руководство по эксплуатации. ООО «НПО «Электрум». – СПб.; 2018 г.

УДК 629.4.066

Комплексная проверка состояния воздушных линий.

Никитин И.Ю., Климентов Н.И.

Аннотация: Приведен порядок выполнения комплексной проверки воздушных линий. Перечислены операции при проверке кронштейнов, изоляторов и проводов в опорном узле, шлейфов, обводов и ответвлений, анкеровок (разанкеровок), заземления опоры и проводов в пролете.

Ключевые слова: воздушные линии, комплексная проверка, порядок выполнения.

Комплексная проверка состояния и ремонт воздушных линий (ВЛ) предусматривает:

- проверку состояния проводов, изоляторов, узлов и других элементов, состояние которых невозможно было оценить с достаточной достоверностью при осмотрах во время объездов и обходов, диагностических испытаниях и измерениях;
- очистку от загрязнения и возобновление смазки;
- регулировку, проверку надежности крепления арматуры и конструкций;
- оценку состояния защитного антикоррозионного покрытия стальных изделий и необходимости возобновления окраски;
- замену и восстановление отдельных изношенных и неисправных элементов, выявленных при техническом обслуживании и в процессе проведения комплексной проверки.

Перед подъемом на опору ВЛ, при работе без снятия напряжения с контактной сети, следует проверить целостность и исправность цепи заземления опоры, а при наличии в цепи заземления защитного устройства установить на нем в диэлектрических перчатках шунтирующую перемычку, присоединив ее сначала со стороны рельса, а затем — со стороны опоры. При работе со снятием напряжения с контактной подвески перемычка не устанавливается.

Перед подъемом на деревянную опору убедиться в наличии на ее паспортной табличке даты последней проверки на загнивание древесины. При отсутствии даты или при превышении одного года после последней проверки опору осмотреть и простукать молотком. При обнаружении кругового или локального загнивания подъем на опору запрещается до проведения полного обследования. При наличии на опоре плаката или надписи "Не влезай, опасно!", подъем на опору запрещается. При работе с приставной лестницы установить и закрепить ее на опоре.

Проверка кронштейнов:

- проверить положение кронштейна и его крепления на опоре. Кронштейн должен располагаться горизонтально, на прямых участках пути — перпендикулярно оси пути, а в кривых — занимать радиальное положение. Отклонение конца кронштейна от горизонтали не должно превышать ± 50 мм, а отклонение при развороте вдоль провода — ± 100 мм;

- проверить состояние металлических кронштейнов. Не допускаются деформации, расслоения, трещины. Косвенными признаками указанных дефектов могут служить выступающие на поверхности полосы ржавчины, локальные разрушения краски или глухой звук при простукивании молотком. Оценить состояние антикоррозионного покрытия и необходимость его возобновления. Проверить наличие коррозии металла, особенно в местах сварки, где возможна щелевая коррозия из-за неплотного прилегания накладок к основным элементам конструкции. При наличии коррозии определить размеры и степень опасности. У элементов замкнутого сечения (труба, короб) тщательно проверить нет ли сквозных коррозионных повреждений;

- проверить на деревянных кронштейнах крепящие узлы и детали. Не допускается ослабление креплений, наличие трещин и деформаций. Все болтовые соединения должны быть укомплектованы контргайками. Штыри для крепления проводов должны располагаться вертикально (допускается для крепления обводного провода или ответвления наклон штыря до 45° к вертикали);

- проверить наличие со стороны опоры ограничительного штыря высотой не менее 200 мм и надежность его закрепления;

- определить состояние древесины, внешним осмотром или по звуку при простукивании молотком. Глухой звук свидетельствует о наличии загнивания или расслоения бруса, а звонкий — о хорошем состоянии;

- проверить наличие износа в узлах сочленения; надежность всех креплений, а также присоединений к проводу заземления. Ослабленные крепления подтянуть, на резьбовые соединения из стали нанести антикоррозионную смазку;

Проверка изоляторов и проводов в опорном узле:

- очистить изоляторы от загрязнения, проверить их состояние и надежность крепления на штырях. Изоляторы не должны иметь сколов, трещин, оплавлений, ожогов глазури или стойкого загрязнения более 1/3 изолирующей поверхности;

- изоляторы должны быть надежно закреплены на штыре. При обнаружении качания изолятора необходимо освободить его от вязки провода и снять со штыря, после чего заменить на штыре каболку или насадить на штырь новый полиэтиленовый колпачок, вложить в изолятор прокладку и посадить на место, навернув изолятор до упора с возвратом на 1/4 оборота;

- проверить вязку провода к изолятору. Крепление вязальной проволоки на изоляторе и проводе должно быть плотным. На прямых участках пути провод должен быть прикреплен к головке изолятора или к шейке со стороны опоры, а на кривых участках пути – к шейке изолятора, при этом, изолятор должен находиться внутри угла. При прохождении линии в населенной местности, а также над платформами, пересечениями путей, шоссейных дорог и т.п. должно быть двойное крепление. В районах, где наблюдаются автоколебания ("пляска") проводов должна применяться рессорная вязка, а при прохождении линии над платформами, железнодорожными путями, шоссейными дорогами и т.п. – двойная рессорная вязка;

- проверить состояние провода в опорном узле. Провод не должен иметь оборванных жил и следов оплавления (подгаров). Не допускается ослабление крепления провода на изоляторе, изгиб его в месте вязки.

Проверка шлейфов, обводов и ответвлений:

- осмотреть обводы в местах разанкеровок и места присоединения шлейфов разрядников, разъединителей и ответвлений. Соединительные зажимы должны соответствовать сечению и марке соединяемых проводов. Не допускается излом или трещины "щечек" зажима, коррозия крепежных деталей;

- проверить надежность соединений легкими ударами ключа по зажимам (при этом не должно быть проскальзывания). Ослабленные крепления подтянуть, установить недостающие контргайки, на резьбовые соединения из стали нанести антикоррозионную смазку. Не допускается на арматуре в местах соединений проводов наличие цветов побежалости, а на проводах — обрывы жил и следы подгаров (оплавления). При необходимости зажимы перебрать (или заменить) с зачисткой контактных соединений металлической щеткой или наждачным полотном. При зачистке алюминиевых контактов предварительно нанести на их поверхность тонкий слой смазки ЗЭС или технического вазелина;

- опустить с помощью переносной лебедки подъемно-опускную КТП (КТППО) и проверить состояние ее высоковольтных и низковольтных розеточных контактов. Убедиться, что контактные сегменты не имеют подгаров и царапин, а пружины — изгибов и изломов. На трущиеся контактные поверхности нанести смазку ЦИАТИМ-101;

- проверить верхнее крепление конструкции КТППО на опоре, исправность тросов и верхнего блока подъемно-опускного устройства;

- проверить состояние и очистить от загрязнения, опорные изоляторы. Не допускаются сколы на поверхности изоляторов площадью более 3 см², трещины по фарфору или цементной заделке, качание оконцевателя на изоляционной детали;

- проверить места подключения шлейфов к розеточным контактам. Ослабленные крепления подтянуть. При наличии окисления или следов подгара, соединения перебрать, зачистив их наждачным полотном.

Проверка анкеровок (разанкеровок):

- проверить состояние анкерных штанг и узлов их крепления на опоре (хомутов, анкерных кронштейнов), мест соединения с изоляторами, изоляторов между собой и с анкеруемым проводом. Ослабленные крепления подтянуть, установить недостающие контргайки, заменить изношенные шпильки, замки. Не допускается износ элементов в узлах сочленения, наличие деформаций и трещин в местах сварки элементов конструкций и соединительных деталях, а также следы коррозии, подгара или обрывы жил проводов;

- проверить состояние обводов (при наличии) и узлов соединений между собой и с основными проводами. В местах соединений особое внимание обратить на наличие нагрева проводов и зажимов (по цветам побежалости). При необходимости, соединения перебрать с зачисткой контактных поверхностей металлической щеткой или наждачным полотном. При зачистке алюминиевых

поверхностей предварительно нанести на них тонкий слой смазки ЗЭС или технического вазелина;

- оценить, визуально, качество термитной сварки в местах соединений обводов: глубина усадочной раковины не должна превышать $1/3$ диаметра провода, трещины в месте сварки не допускаются. Убедиться в надежности соединения, перегнув провод руками;

- произвести очистку изоляторов от загрязнения и проверить их состояние. Изоляторы, имеющие устойчивое загрязнение более $1/3$ изолирующей поверхности или дефекты, подлежат замене;

Проверка заземления опоры:

- проверить состояние заземляющей проводки и мест присоединения. Ослабленные крепления подтянуть, закрепить контргайки, на резьбовые соединения нанести антикоррозионную смазку. Неисправные зажимы заменить с зачисткой контактных поверхностей до металлического блеска. Не допускается уменьшение сечения заземляющей проводки более 25 %;

- снять в диэлектрических перчатках с защитного устройства в цепи индивидуального заземления опоры шунтирующую перемычку, отсоединив ее сначала со стороны опоры, а затем со стороны заземлителя. На защитном устройстве группового заземления перемычка снимается после завершения работ на всех опорах, объединенных тросом группового заземления.

Проверка проводов в пролете:

- во время перемещения осмотреть с земли провода в пролете с помощью бинокля, убедиться, что провода не имеют оборванных жил, вмятин, выпучивания верхнего повива и набросов. Если снижение сечения многопроволочных проводов в результате обрыва жил не превышает 15% полного сечения провода (2 жилы), на месте обрыва необходимо наложить бандаж. При большем снижении сечения необходимо выполнить вставку или установить шунт;

- проверить транспозицию проводов и чередование подключений однофазных трансформаторов. Чередование подключений рекомендуется выполнять в следующем порядке чередования фаз: а – в; а – с; в – с; а – в и т.д.;

- проверить правильность расположения и подвески проводов. Не допускается возможность взаимного касания проводов и касания ими заземленных конструкций при экстремальных погодных условиях.

Окончание работ:

- снять переносные заземляющие штанги с ремонтируемой ВЛ, а также с других ВЛ и контактной сети, с которых снималось напряжение;

- отсоединить заземляющую штангу от заземлителя;

- при снятии напряжения с ВЛ 0,4 кВ руководителю работ или по его распоряжению лицу, имеющему на то право, включить в работу ВЛ 0,4 кВ.

Дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ.

Состав исполнителей

Электромеханик1

Электромонтер 4 разряда.....по числу контролируемых ЭЧ
сигнальных точек на перегоне

Условия выполнения работ

Работа выполняется:

1. Дистанцией сигнализации и связи (ШЧ) с участием представителя дистанции электроснабжения.
2. По оперативному переключению ВЛ СЦБ основного питания на ВЛ СЦБ резервного питания и обратно энергодиспетчером по телеуправлению или по его приказу дежурным тяговой подстанции.
3. По распоряжению, с уведомлением энергодиспетчера о времени, месте и характере работ.

Общие указания

Проверка кронштейнов

Проверить положение кронштейна и его крепления на опоре. Кронштейн должен располагаться горизонтально, на прямых участках пути — перпендикулярно оси пути, а в кривых — занимать радиальное положение. Отклонение конца кронштейна от горизонтали не должно превышать ± 50 мм, а отклонение при развороте вдоль провода — ± 100 мм. Проверить состояние металлических кронштейнов. Не допускаются деформации, расслоения, трещины. Косвенными признаками указанных дефектов могут служить выступающие на поверхности полосы ржавчины, локальные разрушения краски или глухой звук при простукивании молотком. Оценить состояние антикоррозионного покрытия и необходимость его возобновления. Проверить наличие коррозии металла, особенно в местах сварки, где возможна щелевая коррозия из-за неплотного прилегания накладок к основным элементам конструкции. При наличии коррозии определить размеры и степень опасности. У элементов замкнутого сечения (труба, короб) тщательно проверить нет ли сквозных коррозионных повреждений. Оценка степени опасности повреждений проводится в соответствии с разделом 5.2 Указаний по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети (№ К-146-96). На деревянных кронштейнах проверить крепящие узлы и детали. Не допускается ослабление креплений, наличие трещин и деформаций. Все болтовые соединения должны быть укомплектованы контргайками. Штыри для крепления проводов должны располагаться вертикально (допускается для крепления обводного провода или ответвления наклон штыря до 45° к вертикали). Проверить наличие со стороны опоры ограничительного штыря высотой не менее 200 мм и надежность его закрепления. Определить состояние древесины, внешним осмотром или по звуку при простукивании молотком. Глухой звук свидетельствует о наличии загнивания или расслоения бруса, а звонкий — о хорошем состоянии. Проверить наличие износа в узлах сочленения; надежность всех креплений, а также присоединений к проводу заземления. Ослабленные крепления подтянуть, на резьбовые соединения из стали нанести антикоррозионную смазку.

Проверка изоляторов и проводов в опорном узле

Очистить изоляторы от загрязнения, проверить их состояние и надежность крепления на штырях. Изоляторы не должны иметь сколов, трещин, оплавлений, ожогов глазури или стойкого загрязнения более $\frac{1}{3}$

изолирующей поверхности. Они должны быть надежно закреплены на штыре. При обнаружении качания изолятора необходимо освободить его от вязки провода и снять со штыря, после чего заменить на штыре каболку или насадить на штырь новый полиэтиленовый колпачок, вложить в изолятор прокладку и посадить на место, навернув изолятор до упора с возвратом на $\frac{1}{4}$ оборота. Проверить вязку провода к изолятору. Крепление вязальной проволоки на изоляторе и проводе должно быть плотным,. На прямых участках пути провод должен быть прикреплен к головке изолятора или к шейке со стороны опоры, а на кривых участках пути — к шейке изолятора, при этом, изолятор должен находиться внутри угла. При прохождении линии в населенной местности, а также над платформами, пересечениями путей, шоссейных дорог и т.п. должно быть двойное крепление. В районах, где наблюдаются автоколебания ("пляска") проводов должна применяться рессорная вязка, а при прохождении линии над платформами, железнодорожными путями, шоссейными дорогами и т.п. — двойная рессорная вязка. Схемы крепления проводов на штыревых изоляторах приведены на рис. 2.3.2 — 2.3.5 Технологической карты № 2.3.6 книги III настоящего сборника. Проверить состояние провода в опорном узле. Провод не должен иметь оборванных жил и следов оплавления (подгаров). Не допускается ослабление крепления провода на изоляторе, изгиб его в месте вязки.

Проверка шлейфов, обводов и ответвлений

Осмотреть обводы в местах разанкеровок и места присоединения шлейфов разрядников, разъединителей и ответвлений. Соединительные зажимы должны соответствовать сечению и марке соединяемых проводов. Не допускается излом или трещины "щечек" зажима, коррозия крепежных деталей. Проверить надежность соединений легкими ударами ключа по зажимам (при этом не должно быть проскальзывания). Ослабленные крепления подтянуть, установить недостающие контргайки, на резьбовые соединения из стали нанести антикоррозионную смазку. Не допускается на арматуре в местах соединений проводов наличие цветов побежалости, а на проводах — обрывы жил и следы подгаров (оплавления). При необходимости зажимы перебрать (или заменить) с зачисткой контактных соединений металлической щеткой или наждачным полотном. При зачистке алюминиевых контактов предварительно нанести на их поверхность тонкий слой смазки ЗЭС или технического вазелина. Опустить с помощью переносной лебедки подъемно-опускную КТП (КТППО) и проверить состояние ее высоковольтных и низковольтных розеточных контактов. Убедиться, что контактные сегменты не имеют подгаров и царапин, а пружины — изгибов и изломов. На трущиеся контактные поверхности нанести смазку ЦИАТИМ-101. Проверить верхнее крепление конструкции КТППО на опоре, исправность тросов и верхнего блока подъемно-опускного устройства. Проверить состояние и очистить от загрязнения, опорные изоляторы. Не допускаются сколы на поверхности изоляторов площадью более 3 см^2 , трещины по фарфору или цементной заделке, качание оконцевателя на изоляционной детали. Проверить места подключения шлейфов к розеточным контактам. Ослабленные крепления подтянуть. При наличии окисления или следов подгара, соединения перебрать, зачистив их наждачным полотном.

Проверка анкеровок (разанкеровок)

Проверить состояние анкерных штанг и узлов их крепления на опоре (хомутов, анкерных кронштейнов), мест соединения с изоляторами, изоляторов между собой и с анкеруемым проводом. Ослабленные крепления подтянуть, установить недостающие контргайки, заменить изношенные шплинты, замки. Не допускается износ элементов в узлах сочленения, наличие деформаций и трещин в местах сварки элементов конструкций и соединительных деталях, а также следы коррозии, подгара или обрывы жил проводов. Проверить состояние обводов (при наличии) и узлов соединений между собой и с основными проводами. В местах соединений особое внимание обратить на наличие нагрева проводов и зажимов (по цветам побежалости). При необходимости, соединения перебрать с зачисткой контактных поверхностей металлической щеткой или наждачным полотном. При зачистке алюминиевых поверхностей предварительно нанести на них тонкий слой смазки ЗЭС или технического вазелина. Оценить, визуально, качество термитной сварки в местах соединений обводов: глубина усадочной раковины не должна превышать U_3 диаметра провода, трещины в месте сварки не допускаются. Убедиться в надежности соединения, перегнув провод руками. Произвести очистку изоляторов от загрязнения и проверить их состояние. Изоляторы, имеющие устойчивое загрязнение более $1/3$ изолирующей поверхности или дефекты, указанные в п.2.9.2 ПУТЭКС (ЦЭ-197), подлежат замене.

Проверка заземления опоры

Проверить состояние заземляющей проводки и мест присоединения. Ослабленные крепления подтянуть, закрепить контргайки, на резьбовые соединения нанести антикоррозионную смазку. Неисправные зажимы заменить с зачисткой контактных поверхностей до металлического блеска. Не допускается уменьшение площади сечения заземляющей проводки более 25 %. Исполнителю опуститься вниз, отсоединить приставную лестницу от опоры, опустить ее на землю. Снять в диэлектрических перчатках с защитного устройства в цепи индивидуального заземления опоры шунтирующую перемычку, отсоединив ее сначала со стороны опоры, а затем — со стороны заземлителя. На защитном устройстве группового заземления перемычка снимается после завершения работ на всех опорах, объединенных тросом группового заземления. Переместиться к следующей опоре.

Проверка проводов в пролете

Во время перемещения осмотреть с земли провода в пролете с помощью бинокля, убедиться, что провода не имеют оборванных жил, вмятин, выпучивания верхнего повива и набросов. Если снижение сечения многопроволочных проводов в результате обрыва жил не превышает 15% полного сечения провода (2 жилы), на месте обрыва необходимо наложить бандаж. При большем снижении сечения необходимо выполнить вставку или установить шунт. Проверить транспозицию проводов и чередование подключений однофазных трансформаторов. Транспозиция проводов должна соответствовать схеме рис. 2.1.1, а чередование подключений рекомендуется выполнять в следующем порядке чередования фаз: а — в; а — с; в — с; а — ви

т.д. Схема транспозиция проводов: l — длина пролета; h — шаг транспозиции; z — полный цикл транспозиции

Проверить правильность расположения и подвески проводов. Не допускается возможность взаимного касания проводов и касания ими заземленных конструкций при экстремальных погодных условиях. Минимальные расстояния от проводов до земли и других устройств должны соответствовать табл. 2 ПУГЭК (ЦЭ-197).

Окончание работ

Снять переносные заземляющие штанги с ремонтируемой ВЛ, а также с других ВЛ и контактной сети, с которых снималось напряжение.

Отсоединить заземляющую штангу от заземлителя и собрать ее в транспортное положение (при работе вблизи частей, находящихся под напряжением).

При снятии напряжения с ВЛ 0,4 кВ руководителю работ или по его распоряжению лицу, имеющему на то право (с последующим его уведомлением), включить в работу ВЛ 0,4 кВ.

Дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ.

Собрать материалы, инструмент, защитные средства, монтажные приспособления и погрузить их на транспортное средство в соответствии с Технологической картой № 1.2.1 книги III настоящего сборника.

УДК 629.45.027.117

Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов.

Скопина С.Г., Климентов Н.И.

***Аннотация:** Приведено описание работы и сравнение температурной и позисторной систем контроля нагрева букс пассажирских вагонов, представлена характеристика позисторного датчика, полученная экспериментально.*

***Ключевые слова:** пассажирские вагоны, буксы, системы контроля нагрева.*

Сигнализация контроля нагрева букс (СКНБ, СКНБП) служит для повышения безопасности движения поездов. Она позволяет постоянно контролировать нагрев букс и предупреждать аварии в результате перегрева и разрушения подшипников [1].

Электрическая схема СКНБ с электромагнитным реле – двухпроводная и постоянно находится под напряжением. Все термодатчики установлены на буксах тележек и соединены между собой последовательно. В цепь термодатчиков последовательно включена катушка реле. Параллельно термодатчикам через два размыкающих контакта реле подключены сигнальная лампа, находящаяся на щите, и звонок. Когда катушка реле находится под напряжением, цепь сигнальной лампы и звонка обесточена. Выключатель на щите служит для проверки цепи сигнализации.

Провода от термодатчиков проложены по раме тележки в трубах. Провода тележек соединены с проводами на кузове с помощью специальных штыревых разъемов на каждой из двух тележек. Цепь сигнализации защищена двумя предохранителями.

Внутри латунного корпуса термодатчика расположен легкоплавкий сплав, к которому подключен двухжильный провод. Концы провода, залитые сплавом, служат контактами (рисунок 1).

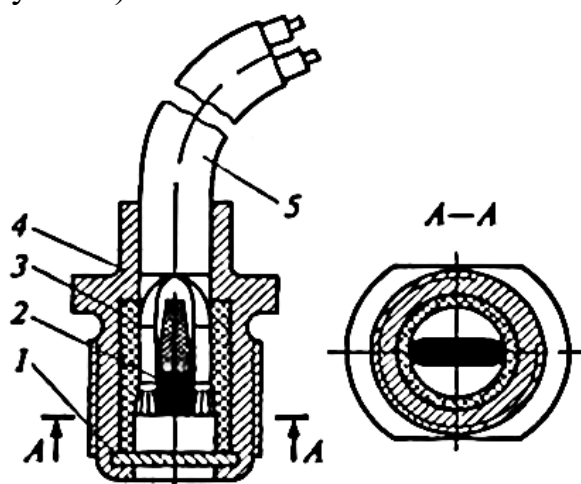


Рисунок 1. Термодатчик СКНБ:

1 – латунное дно; 2 – легкоплавкий сплав; 3 – изоляционная втулка; 4 – корпус; 5 – двухжильный кабель.

При нагреве корпуса буксы в месте установки термодатчика до температуры 83-92⁰С сплав расплавляется и замыкает его контакты. При размыкании цепи реле обесточивается и своими размыкающими контактами замыкает цепь звонка и сигнальной лампы.

При любом разрыве цепи катушки реле в служебном купе звенит звонок и загорается сигнальная лампа. Поэтому при отправлении в рейс проводник проверяет исправность сигнализации при помощи выключателя на щите. На некоторых вагонах вместо выключателя проверки работы сигнализации применяется кнопка и имеется возможность отключения цепи звонка.

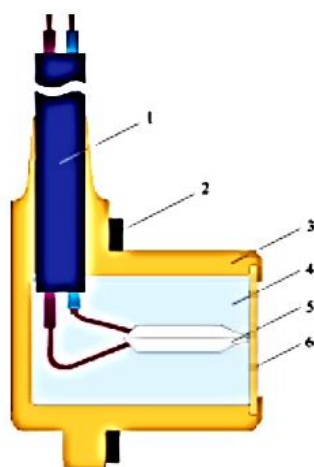


Рисунок 2. Позисторный датчик СКНБП:

1 – двухжильный кабель; 2– уплотняющая шайба; 3 – латунный корпус; 4 – теплопроводящий материал; 5 – позистор; 6 – крышка.

В связи с имеющимися место случаями ложного срабатывания СКНБ, что выясняется после остановки поезда и проверки степени нагрева букс данного вагона, в систему был включен электронный блок, а вместо термодатчика – позисторный датчик. Внутри такого датчика установлен позистор (рисунок 2).

Позистор - это термосопротивление (устанавливается вместо легкоплавкого металла), которое при нагреве изменяет свое сопротивление.

Позистор в спокойном состоянии при температуре 20-25⁰С имеет сопротивление порядка 100 Ом. При нагреве буксы до 85⁰С сопротивление возрастает до 8 кОм.

Авторами проведены исследования изменения сопротивления позисторного датчика при его нагреве. Результаты эксперимента показаны на рисунке 3.

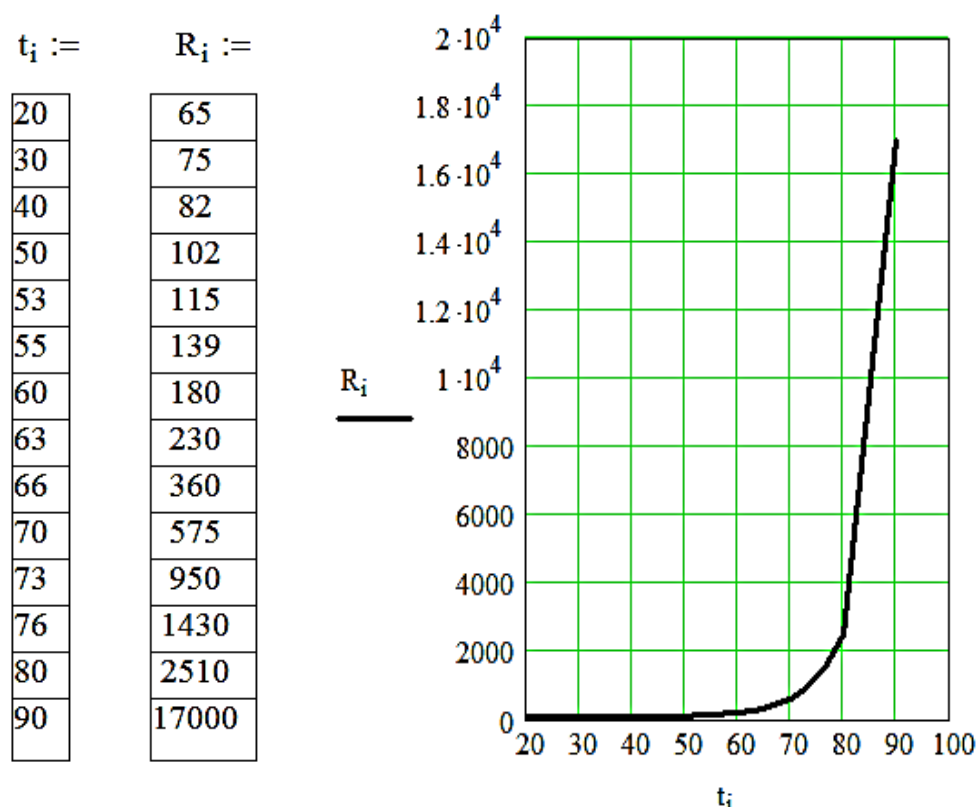


Рисунок 3. Зависимость сопротивления позисторного датчика от температуры

Указанный выше электронный блок смонтирован на распределительном щите и контролирует сопротивление датчиков со своим стабилизированным сопротивлением, находящимся внутри блока. Если сопротивление датчиков будет менее стабилизированного сопротивления блока, то электронный блок выдаст на распределительный щит прерывистый звуковой и световой сигналы (таблица). Это означает ложное срабатывание СКНБ.

Если сопротивление датчиков будет выше стабилизированного сопротивления блока, то блок выдаст на электрощит постоянный звуковой и световой сигналы. Это означает трение буксового узла.

Запрещено выпускать в эксплуатацию вагон с неисправной или отключенной СКНБ. Также запрещена замена позисторных датчиков на температурные.

Таблица Режимы работы и сигналы оповещения СКНБП

№ п/п	Режим работы	Сопротивление цепи термодатчиков, Ом	Сигнал оповещения
1	Ждущий	320-4000	Нет
2	Фиксация повышенного нагрева корпуса букс	7500-60000	Постоянный световой и звуковой сигнал
3	Фиксация обрыва электрической цепи термодатчиков	100000 и выше	Прерывистый световой и звуковой сигнал
4	Фиксация короткого замыкания электрической цепи термодатчиков	0-100	Прерывистый световой и звуковой сигнал

В вагонах нового поколения (с электро-дверями) при срабатывании СКНБ на перегрев проводник по внутренней связи "контакт" (телефон) вызывает ПЭМ или ЛНП, который связывается с машинистом и принимает меры к торможению состава.

Список литературы

1. Ледащева Т.Ю. Электрические аппараты и цепи вагонов: учеб. пособие. – М.: УМЦ ЖДТ, 2016.– 144 с.

УДК 621.313

**Экспериментальное формирование механических характеристик
асинхронного двигателя с фазным ротором.
Стручалина С.А., Мамедов Г.М.**

Аннотация: Рассмотрена возможность формирования механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором с целью определения регулировочных свойств.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, механические характеристики, естественная характеристика, искусственные характеристики.

Целью работы является получение опытным путем естественной и искусственных механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором.

Для экспериментального снятия механических характеристик асинхронного двигателя используется электротехнический стенд для исследования, оснащенный необходимой коммутационной аппаратурой и измерительными приборами (рисунок 1).

В качестве нагрузки испытуемого асинхронного двигателя используется механически связанный с ним генератор постоянного тока, работающий на нагрузочное сопротивление.

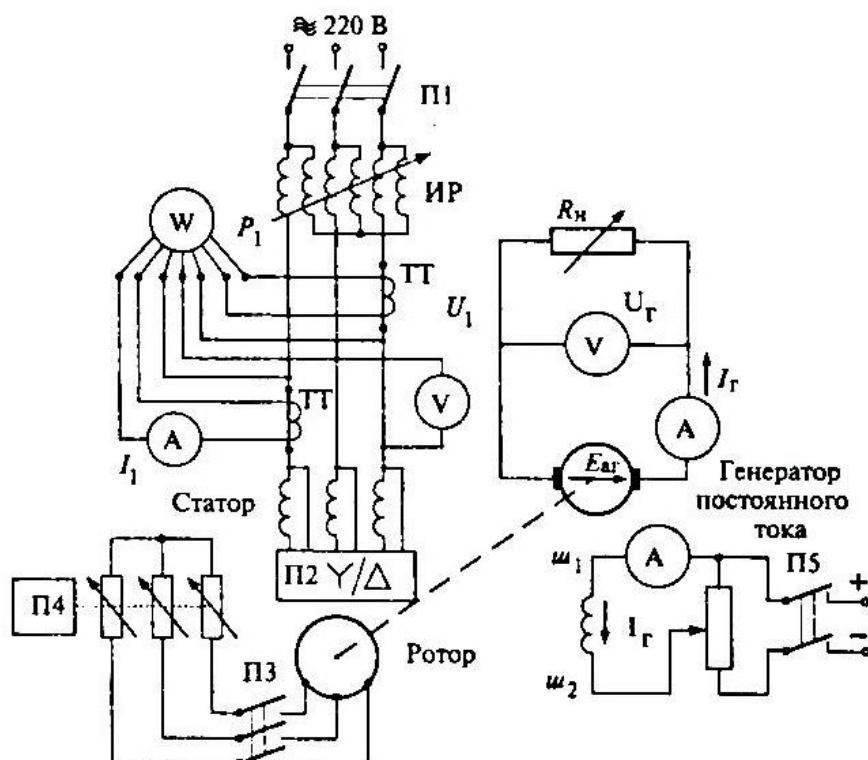


Рисунок 1. Схема асинхронного электродвигателя с фазным ротором

Семейство механических характеристик асинхронного двигателя выполнены для статического момента и различных значений добавочного сопротивления в цепи ротора. Их дальнейшая обработка позволяет построить естественные и искусственные механические характеристики в пределах рабочего участка механических характеристик двигателя. Это позволяет определить момент для получения «мягкой» характеристики для плавного регулирования частоты вращения и установления необходимого пускового момента с учетом характера оборудования [1].

Используя программу MATHCAD [2], построим графики естественной и искусственных механических характеристик работы асинхронного двигателя с фазным ротором. Для этого сначала рассчитаем мощность, вращающий момент и скольжение, используя формулы (1), (2), (3) из [1]. Ток и напряжение генератора измерены при проведении опыта.

$$P_{2i} = U_{гi} \cdot I_{гi} + I_{гi}^2 \cdot R_a + \Delta P, \quad (1)$$

где P_{2i} – мощность двигателя;

$U_{гi}$ – напряжение генератора;

$I_{гi}$ – ток генератора;

R_a – сопротивление якоря генератора;

ΔP – сумма механических потерь и потерь в стали генератора.

Результаты расчета механической мощности двигателя по выражению (1) при изменении нагрузочного момента и сопротивления реостата в цепи ротора приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета механической мощности двигателя

P_2 , Вт при ($R_p = 0$)	P_2 , Вт при ($R_p = 3$ Ом)	P_2 , Вт при ($R_p = 5$ Ом)	P_2 , Вт при ($R_p = 7$ Ом)
42,3	42,3	42,3	42,3
83,114	66,414	72,518	69,458
121,798	87,746	96,934	91,07
158,54	104,014	110,086	106,934
188,54	150,94	126,93	118,442
224,3	167,862	144,3	128,578

Расчет вращающего момента двигателя.

$$M_i = 9.55 \cdot \frac{P_{2i}}{n_{2i}}. \quad (2)$$

где M_i – вращающий момент;

P_{2i} – мощность двигателя;

n_{2i} – скорость вращения двигателя.

Результаты расчета вращающего момента двигателя по выражению (2) при изменении нагрузочного момента и сопротивления реостата в цепи ротора приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчета вращающего момента двигателя

M_i , Нм при ($R_p = 0$)	M_i при ($R_p = 3$ Ом)	M_i при ($R_p = 5$ Ом)	M_i при ($R_p = 7$ Ом)
0,281	0,306	0,316	0,321
0,559	0,496	0,577	0,567
0,831	0,665	0,812	0,791
1,095	0,808	0,947	0,982
1,324	1,264	1,144	1,143
1,599	1,457	1,378	1,306

Расчет значений скольжения.

$$S_i = \frac{n_0 - n_{2i}}{n_0}, \quad (3)$$

где S_i – скольжение;

n_0 – скорость вращения магнитного поля статора;

n_{2i} – скорость вращения ротора.

Результаты расчета скольжения двигателя по выражению (3) при изменении нагрузочного момента и сопротивления реостата в цепи ротора приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты расчета скольжения двигателя

S_i при ($R_p = 0$)	S_i при ($R_p = 3$ Ом)	S_i при ($R_p = 5$ Ом)	S_i при ($R_p = 7$ Ом)
0,04	0,12	0,147	0,16
0,053	0,147	0,2	0,22
0,067	0,16	0,24	0,267
0,8	0,18	0,26	0,307
0,093	0,24	0,293	0,34
0,107	0,267	0,333	0,373

По данным приведенным в таблицах 1,2,3 с применением программы MATHCAD [2] на рисунке 2 построены естественная и искусственные механические характеристики асинхронного электродвигателя с фазным ротором

с учетом зависимости оборотов двигателя от полученных выше значений скольжения (4)

$$n_{2i} = n_0 \cdot (1 - S_i). \quad (4)$$

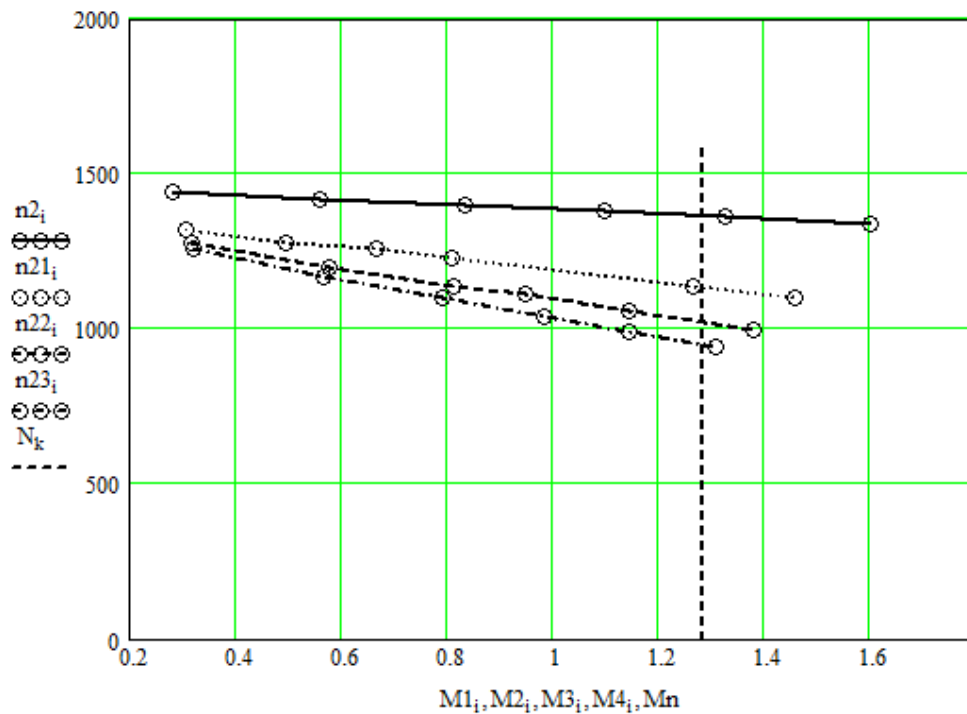


Рисунок 2. Естественная и искусственные механические характеристики асинхронного электродвигателя с фазным ротором

n_{2i} — естественная характеристика;
 n_{21i} , n_{22i} , n_{23i} — семейство искусственных характеристик.

В результате выполненной работы получены естественная и искусственные механические характеристики, которые позволяют сделать вывод о наличии небольшого диапазона регулирования скорости из-за снижения жесткости механических характеристик и роста потерь выходной мощности двигателя по мере увеличения сопротивления регулировочного реостата. Поэтому реализация большего диапазона регулирования скорости приводит к значительным потерям выходной мощности двигателя и снижению его КПД.

Список литературы

1. Копылов И.П. Электрические машины.-М.: Высшая школа, 2002.
- 2.Серебряков А.С., Шумейко В.В. МATHCAD и решение задач электротехники: уч. пос. для вузов ж.-д. транспорта. - М.: Маршрут, 2005.-240с.

УДК 621.313

Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя с фазным ротором.

Ушакова К.А., Мамедов Г.М.

Аннотация: В работе проведено исследование одного из способов регулирования скорости вращения асинхронного электродвигателя с фазным ротором. Рассмотрены возможности получения естественных и искусственных механических характеристик двигателя расчетным способом. Проведенная работа позволяет рационально эксплуатировать электроприводы механизмов на базе асинхронных электродвигателей.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, фазный ротор, механические характеристики, скольжение, момент.

Целью работы является получение расчетным способом естественной и семейства искусственных механических характеристик двигателя с фазным ротором посредством измерения величины добавочного сопротивления, вводимого в цепь ротора.

Выбор асинхронного двигателя для электропривода осуществляют на основе анализа его характеристик: механической и рабочих. Построение этих характеристик может быть выполнено путем расчета по каталожным данным или экспериментальным способом на специализированном стенде.

Наибольшее значение для оценки свойств асинхронного двигателя имеет механическая характеристика, представляющая собой графическую зависимость частоты вращения ротора n от вращающего момента M , развиваемого двигателем, то есть $n = f(M)$. Иногда эта зависимость выражается в виде $M = f(S)$, где S - скольжение, характеризующее степень отставания скорости ротора n от скорости вращения магнитного поля статора n_1 [1].

Рассчитанная и построенная по каталожным данным механическая характеристика называется естественной, а при изменении активного сопротивления ротора механические характеристики называют искусственными или реостатными.

Расчёт и построение механических характеристик асинхронного электродвигателя по каталожным данным.

Исходные данные исследуемого асинхронного двигателя:

$P_H = 180$ Вт; $n_H = 1345$ об/мин; $U_{HЛ} = 220$ В; $I_H = 1,4$ А;

$R_{ф.ст} = 7,5$ Ом; $R_{ф.р} = 8$ Ом; $\lambda = \frac{M_{max}}{M_H} = 2,0$.

Основные расчётные параметры.

Номинальное скольжение

$$S_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1} = 0,103, \quad (1)$$

где n_1 – частота вращения магнитного поля;

n_n – номинальная частота вращения ротора.

Критическое скольжение:

$$S_k = S_n \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,38. \quad (2)$$

Номинальный M_n и критический (максимальный) M_k моменты двигателя

$$M_n = 9,55 \cdot \frac{P_n}{n_n} = 1,28 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3)$$

$$M_k = \lambda \cdot M_n = 2,56 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (4)$$

где λ – коэффициент перегрузочной способности двигателя;

P_n – номинальная мощность двигателя.

Для расчета естественной механической характеристики двигателя на практике используют приближенное аналитическое выражение вращающего момента при различных значениях скольжения

$$M(S) = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{S_k}{S} + \frac{S}{S_k}}. \quad (5)$$

В соответствии с выражением (5) при изменении скольжения в пределах от нуля до единицы, и используя систему МATHCAD [2], выполняются расчет соответствующих значений момента двигателя и построение графика естественной механической характеристики $M = f(S)$ (рисунок 1).

По этому графику, учитывая формулу зависимости оборотов двигателя от скольжения $n = n_0(1 - S)$, построен график зависимости $n = f(M)$ (рисунок 2).

Для расчета и построения искусственных (реостатных) характеристик двигателя, в цепь фазного ротора, с активным сопротивлением $R_{ф.р}$, включают дополнительные (добавочные) сопротивления R_p .

Численные значения дополнительных сопротивлений определяются требованиями и необходимой формой искусственной механической характеристики.

Максимальный (критический) момент M_k асинхронного двигателя, при всех значениях сопротивления роторной цепи, имеет постоянное значение, не зависящее от активного сопротивления ротора.

Для этого случая критическое скольжение $S_{к.р}$ находят по приближенной формуле

$$\frac{S_{к.р}}{S_k} \approx \frac{R_{ф.р} + R_p}{R_{ф.р}}, \quad (6)$$

где $S_{к.р}$ – критическое скольжение, соответствующее активному сопротивлению роторной цепи, зависящее от величины дополнительного сопротивления, введенного в цепь ротора.

Значения критического скольжения $S_{к.р}$ увеличиваются с возрастанием активного сопротивления цепи ротора и определяются в соответствии с формулой (6) выражением (7)

$$S_{к.р} = S_k \cdot \frac{R_{ф.р} + R_p}{R_{ф.р}}. \quad (7)$$

Произведём расчет и построение искусственных механических характеристик для трех значений дополнительных сопротивлений в роторной цепи ($R_{p1}=3 \text{ Ом}$; $R_{p2}=5 \text{ Ом}$; $R_{p3}=7 \text{ Ом}$), в соответствии с выражениями (5) и (7)

$$M(S) = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{S_{к.р}}{S} + \frac{S}{S_{к.р}}} \quad (8)$$

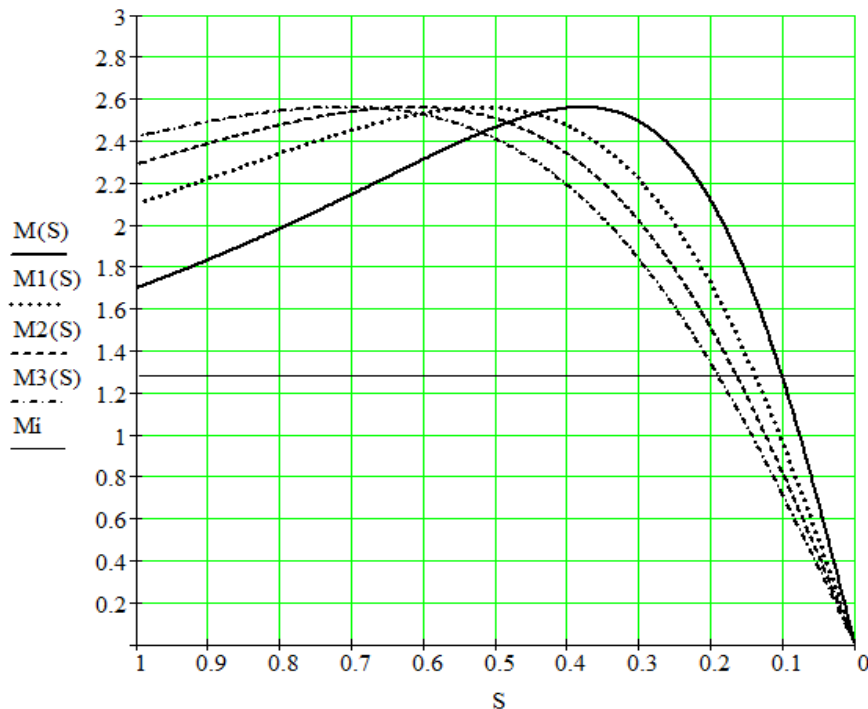


Рисунок 1. Естественная и семейство механических характеристик асинхронного двигателя $M = f(S)$.

Для этого задается диапазон изменения скольжения S в пределах от нуля до единицы и используя систему MATHCAD, рассчитываются соответствующие значения вращающего момента двигателя и построены графики естественной $M(S)$ и искусственных механических $M1(S)$, $M2(S)$, $M3(S)$ (рисунок 1).

По вышеприведенному расчету и графику $M = f(S)$, учитывая выражение зависимости оборотов двигателя от скольжения $n = n_0(1 - S)$, построим графики механических характеристик $n = f(M)$, отражающие зависимости оборотов двигателя от момента нагрузки при вышеназванных условиях.

В механических характеристиках участок кривой $M(S)$ или $n(M)$ от $S = 0$ до $S = S_{к}$ называется устойчивой частью характеристики, а участок от $S = S_{к}$ до $S = 1$ неустойчивой ее частью.

Выполненный анализ позволяет построить естественную и искусственные характеристики и сделать заключение, что за счет изменения сопротивления R_p имеется возможность повышать пусковой момент двигателя вплоть до критического момента без снижения перегрузочной способности двигателя, что очень важно при регулировании скорости.

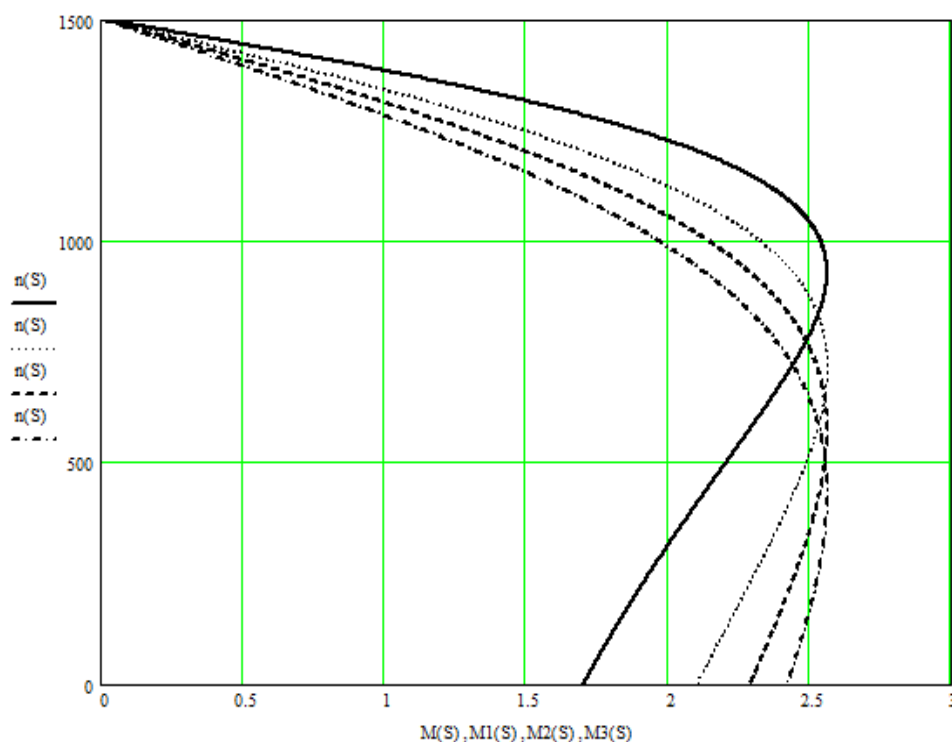


Рисунок 2. Механические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором $n=f(M)$.

Регулирование скорости этим способом осуществляется при небольшом диапазоне изменения скорости или кратковременной работе на пониженных скоростях. Этот способ нашел широкое применение, например, в электроприводах подъемно-транспортных машин и механизмов.

Список литературы

1. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 2002.
2. Серебряков А.С., Шумейко В.В. МАТНСАД и решение задач электротехники: учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта. –М.: Маршрут, 2005.

УДК 621.316.542

Снятие вольтамперной характеристики обмоток электромагнитного привода выключателя ВВ/TEL – 10.

Шматков В.И., Голубчиков А.В., Климентов К.Н.

Аннотация: Рассмотрено назначение вакуумных выключателей, их номинальные параметры и принцип работы; описаны процессы включения и отключения выключателя ВВ/ TEL-10; экспериментально снята вольтамперная характеристика обмоток электромагнитного привода выключателя и построен ее график.

Ключевые слова: вакуумные выключатели, режимы работы, вольтамперная характеристика обмоток электромагнитного привода выключателя.

Вакуумные выключатели (ВВ) (рисунок 1) предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением до 10 кВ включительно с изолированной, компенсированной, заземлённой через резистор или дугогасительный реактор нейтралью. ВВ предназначены для установки в новых и реконструируемых комплектных распределительных устройствах станций, подстанций и других устройств, осуществляющих распределение и потребление электрической энергии во всех отраслях народного хозяйства, в том числе нефтегазодобывающей и перерабатывающей, нефтехимической, химической, горнорудной и других отраслях.

Выключатели ВВ/TEL соответствуют требованиям ГОСТ 52565, ТУ 3414-017-84861888-2010 (ТШАГ.674152.003) и предназначены для коммутации токов при операциях “О”, “В”, “ВО”, “ОВ” и циклах автоматического повторного включения: “О - 0,3с - ВО”; “О - 0,3с - ВО - 20с - ВО” и “О - 0,3с - ВО - 180с - ВО”.

Таблица 1. Номинальные параметры вакуумного выключателя

Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	1000
Номинальный ток отключения, кА	20
Номинальное напряжение питания вспомогательных цепей, В	=220
Напряжение грозового импульса, кВ	75
Испытательное напряжение, кВ	42
Время протекания тока КЗ, с	3
Номинальная последовательность операций	О-0,3с-ВО-15-ВО

В основу работы выключателей серии ВВ/TEL заложен принцип гашения дуги переменного тока в вакуумной дугогасительной камере при разведении контактов в глубоком вакууме (остаточное давление порядка 10^{-6} мм рт. ст.).

Носителями заряда при горении дуги являются пары металла. Из-за практического отсутствия среды в межконтактном промежутке, конденсация паров металла в момент перехода тока через естественный ноль осуществляется за чрезвычайно малое время (10^{-5} с), после чего происходит быстрое восстановление электрической прочности ВДК/TEL. Электрическая прочность вакуума составляет более 30 кВ/мм, что гарантирует отключение тока при расхождении контактов более 1 мм.

Включение вакуумного выключателя ВВ/ TEL -10

В момент подачи команды включения от трансформатора напряжения через диодный мост при помощи кнопки включения начинается процесс включения выключателя. По мере роста тока в обмотке электромагнитного привода сила электромагнитного притяжения между якорем и статором возрастает до величины, превышающей силу противодействия пружины отключения. В этот момент якорь привода начинает двигаться по направлению к статору, толкая тяговый изолятор и подвижный контакт вакуумной дугогасительной камеры. В процессе движения происходит перемещение

тягового изолятора и сжатие пружины отключения и пружины дополнительного поджатия, зазоры уменьшаются, благодаря чему сила притяжения якоря увеличивается.

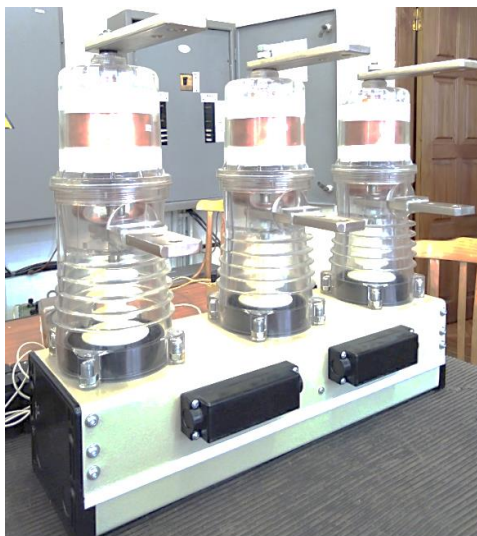


Рисунок.1 Внешний вид вакуумного выключателя ВВ/ TEL -10

Быстро растущая электромагнитная сила, ускоряет подвижный контакт вакуумной дугогасительной камеры до скорости, оптимальной для процесса включения и позволяет избежать дребезга контактов при их соударении, снижая, при этом, вероятность пробоя вакуумного промежутка до момента замыкания (рисунок 2).

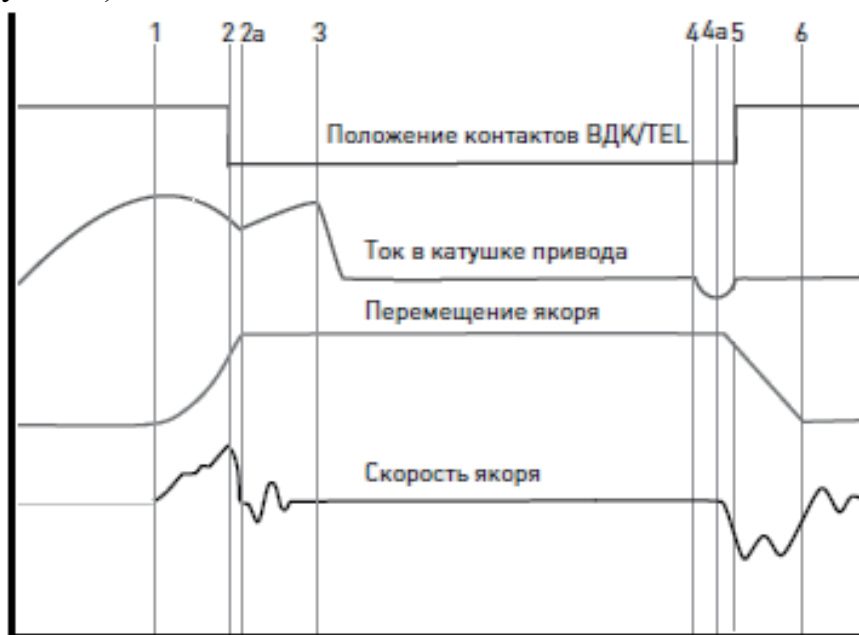


Рисунок 2. Осциллограммы вакуумного выключателя

Ускоряющийся якорь провоцирует возникновение в витках обмотки электромагнитного привода противо-ЭДС, которая препятствует дальнейшему нарастанию тока в обмотке, и даже несколько снижает его. В момент замыкания контактов подвижный контакт останавливается, а якорь продолжает двигаться еще на 2 мм, поджимая контакты через пружину дополнительного поджатия. Общий ход якоря 8 мм, ход подвижного контакта 6 мм. Достигнув статора, якорь останавливается, оставаясь притянутым к нему за счёт действия

магнитного поля, образованного протекающим током включения. В момент остановки якоря он перестает индуцировать противо-ЭДС, что приводит к росту тока, необходимого для насыщения якоря и статора до достижения ими необходимых магнитных свойств. Намагниченные до насыщения якорь и статор создают настолько мощный остаточный магнитный поток, что его достаточно для удержания якоря привода (и соответственно, контактов модуля) во включенном положении даже после отключения питания конденсаторных батарей модулей управления. Принцип, на котором основывается данный способ включения, и удержания выключателя во включенном состоянии называется «магнитная защелка». Испытания на стойкость к механическим воздействиям показали, что усилия удержания достаточны для того, чтобы сохранять модуль во включенном положении так долго, как это необходимо по условиям эксплуатации, даже, при воздействии вибрационных нагрузок. Отключающая пружина привода в процессе движения якоря сжимается, накапливая потенциальную энергию для выполнения операции отключения модуля. Перемещение якоря передается на синхронизирующий вал, поворачивая его в процессе движения для управления вспомогательными контактами.

Отключение вакуумного выключателя ВВ/ TEL -10

При подаче команды отключения, на кнопку отключения подается постоянное напряжение, обеспечивающее протекание тока через обмотку в течение 0,3 с. в направлении, противоположном току включения.

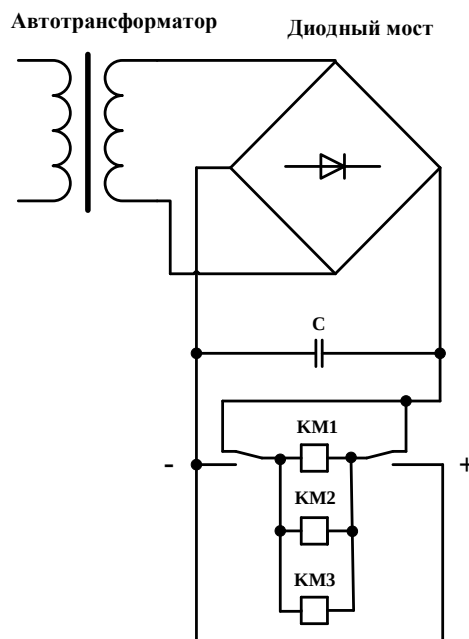


Рисунок 3. Схема для снятия вольтамперной характеристики обмоток электромагнитного привода выключателя ВВ/ TEL-10

Ток отключения частично размагничивает магнитную систему (якорь-статор) до значения, при котором, якорь под действием отключающей пружины сможет начать двигаться вниз. Совместное воздействие отключающей пружины и пружины дополнительного поджатия контактов является достаточным для того, чтобы «оторвать» примагниченный якорь от статора. Образовавшийся воздушный зазор в приводе резко уменьшает силу притяжения, поэтому якорь

под действием пружин отключения и поджатия интенсивно разгоняется и после 2 мм свободного движения ударным воздействием увлекает за собой подвижный контакт вакуумной дугогасительной камеры. Энергии ударного воздействия достаточно для разрыва точек микросварки на поверхности контактов.

Размыкание контактов происходит с интенсивным ускорением, способствуя достижению максимальной отключающей способности коммутационного модуля.

Нами произведено снятие вольтамперной характеристики обмоток электромагнитного привода выключателя ВВ/ TEL-10. Для этого на обмотки КМ1, КМ2 и КМ3 (рисунок 3) от автотрансформатора через диодный мост подавалось регулируемое напряжение в диапазоне от 0 до 220 В и выполнялось измерение тока. Результаты измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измеренных значений.

U, В	0	25	50	75	100	125	150	175	220
I, А	0	1,3	3	4,7	6,2	7,6	8,9	10	12

По результатам проведенного эксперимента построена графическая зависимость $I = f(U)$ (рисунок 4).

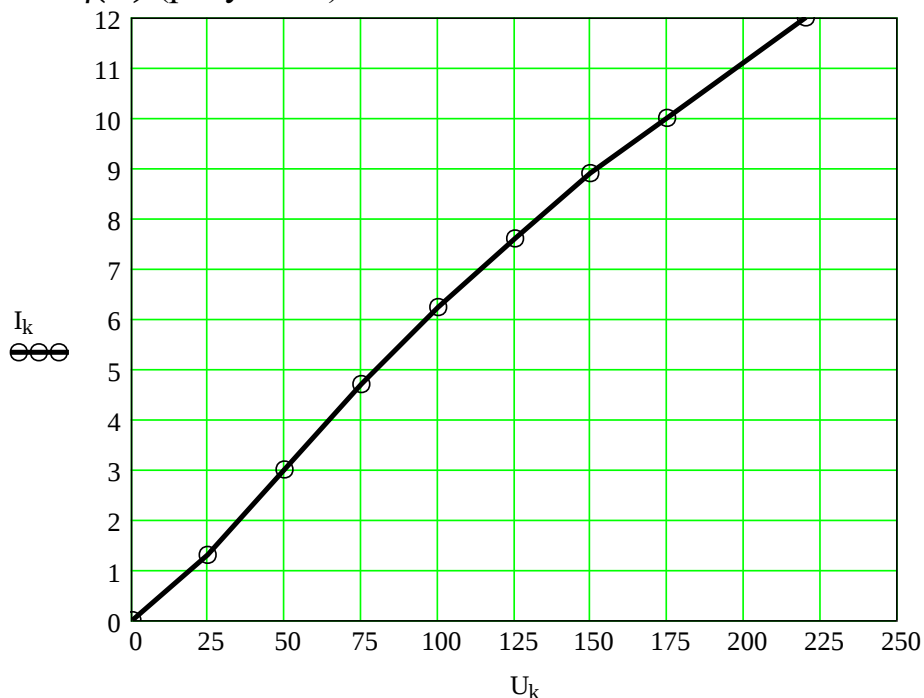


Рисунок 4. Вольтамперная характеристика обмоток электромагнитного привода вакуумного выключателя ВВ/ TEL-10

В процессе плановых проверок вакуумного выключателя по изменению вольтамперной характеристики обмоток электромагнитного привода можно судить о наличии в них дефектов.

Список литературы

1. Выключатели вакуумные серии ВВ/TEL. Руководство по эксплуатации ИТЕА674152.003РЭ 2002

УДК 621.312 681.5

Устройство для контроля состояния обмоток двигателей переменного тока.

Яковлева Н. А., Мамедов Г.М.

Аннотация: Рассмотрено устройство позволяющее выявлять дефекты в обмотках электродвигателей.

Ключевые слова: электродвигатель, обмотки, коэффициент несимметрии.

Электродвигатели переменного тока широко применяются в производственном оборудовании железнодорожного транспорта.

На ремонтных предприятиях отрасли отбраковки электродвигателей является важнейшей задачей в процессе ремонта.

В работе рассматривается устройство для диагностики трёхфазных обмоток двигателей переменного тока, которое обеспечивает обнаружение:

1. Междофазных замыканий;
2. Витковых замыканий;
3. Замыканий на корпус;
4. Обрыва проводников обмоток;
5. Неправильной маркировки выводов обмоток.

Конструктивно устройство выполнено в виде портативного прибора, работающего от аккумуляторной батареи, снабженной зарядным устройством.

Измерительный прибор устройства имеет две шкалы – верхнюю, имеющую красный и белый сектора, служащие для контроля работоспособности устройства, и нижнюю градуированную в процентах от 10 до 100, предназначенную для контроля коэффициентов несимметрии.

Технические данные устройства

1. Контролируемый параметр – коэффициент несимметрии фазных токов.
2. Диапазоны измерения коэффициента несимметрии % – (1-10) и (10-100).
3. Амплитуда измерительного напряжения, В – 6-8.
4. Частота измерительного напряжения, кГц – 9-12.
5. Чувствительность (коэффициент несимметрии при замыкании одного витка в обмотке) % – не менее 10.
6. Индикация – стрелочная.
7. Питание – автономное.
8. Потребляемая мощность – не более 1 Вт.

Принцип работы устройства основан на сравнении полных сопротивлений фаз обмотки при протекании в них токов под действием измерительного напряжения.

При наличии вышеперечисленных дефектов полные сопротивления фаз обмотки и соответственно токи в них будут различными. Степень этих различий устанавливается при помощи коэффициентов несимметрии:

$$K_{H1} = \frac{I_A - I_B}{I_O} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$K_{H2} = \frac{I_B - I_C}{I_O} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$K_{H3} = \frac{I_C - I_A}{I_O} \cdot 100\% \quad (3)$$

где: $I_O = I_A + I_B = I_B + I_C = I_C + I_A$.

Электрическая схема, приведенная на рисунке 1, содержит преобразователь напряжения обеспечивающий двухполярное питание $\pm 7,5$ В для работы устройства.

Схема преобразования включает: мультивибратор на транзисторах VT1, VT2, повышающий трансформатор TV2, выпрямительный мост VD5-VD8 с фильтрами C8, C9 и параметрические стабилизаторы R21, R22, VD9, VD10.

Генератор измерительного напряжения U1 на операционном усилителе, резисторах обратной связи R1, R3 и частото задающей цепи C1, C2, R2, R4. Вырабатываемое генератором напряжение подается через разделительный конденсатор C3 на резистивные делители R5-R6 и R7-R8.

С делителя R5-R6 измерительное напряжение поступает на вход генератора тока на операционном усилителе U2, в отрицательную обратную связь которого включена контролируемая обмотка двигателя и первичные встречно включенные обмотки дифференциального трансформатора TV1.

Посредством переключателя SA1 обмотки сравниваемых фаз электродвигателя поочередно подключаются к обмоткам дифференциального трансформатора и входу генератора тока.

Суммарный ток в сравниваемых фазах задается потенциометром R6-«Калибровка» и определяется по формуле:

$$I_O = \frac{U_{BX}}{R9} \quad (4)$$

где: U_{BX} – входное напряжение усилителя U2.

С вторичной обмотки дифференциального трансформатора TV1 напряжение, пропорциональное разности токов сравниваемых в фазных обмотках двигателя, подается на вход предварительного усилителя на микросхеме U3 и далее с выхода усилителя на резистивный делитель R12-R13.

Этот делитель вместе с переключателями SA2-«x0,1» или «x1.0» служит для выбора диапазона измерения коэффициента несимметрии.

С переключателей SA2 напряжение подается на вход оконечного усилителя U4 и с него на измерительный прибор PS.

При отжатых клавишах переключателей SA2 осуществляется самоконтроль работоспособности прибора. При этом измерительное напряжение с делителя R7-R8 поступает на вход U4 и через него на измерительный прибор PS, по показаниям которого судят об исправности схемы и элементов питания.

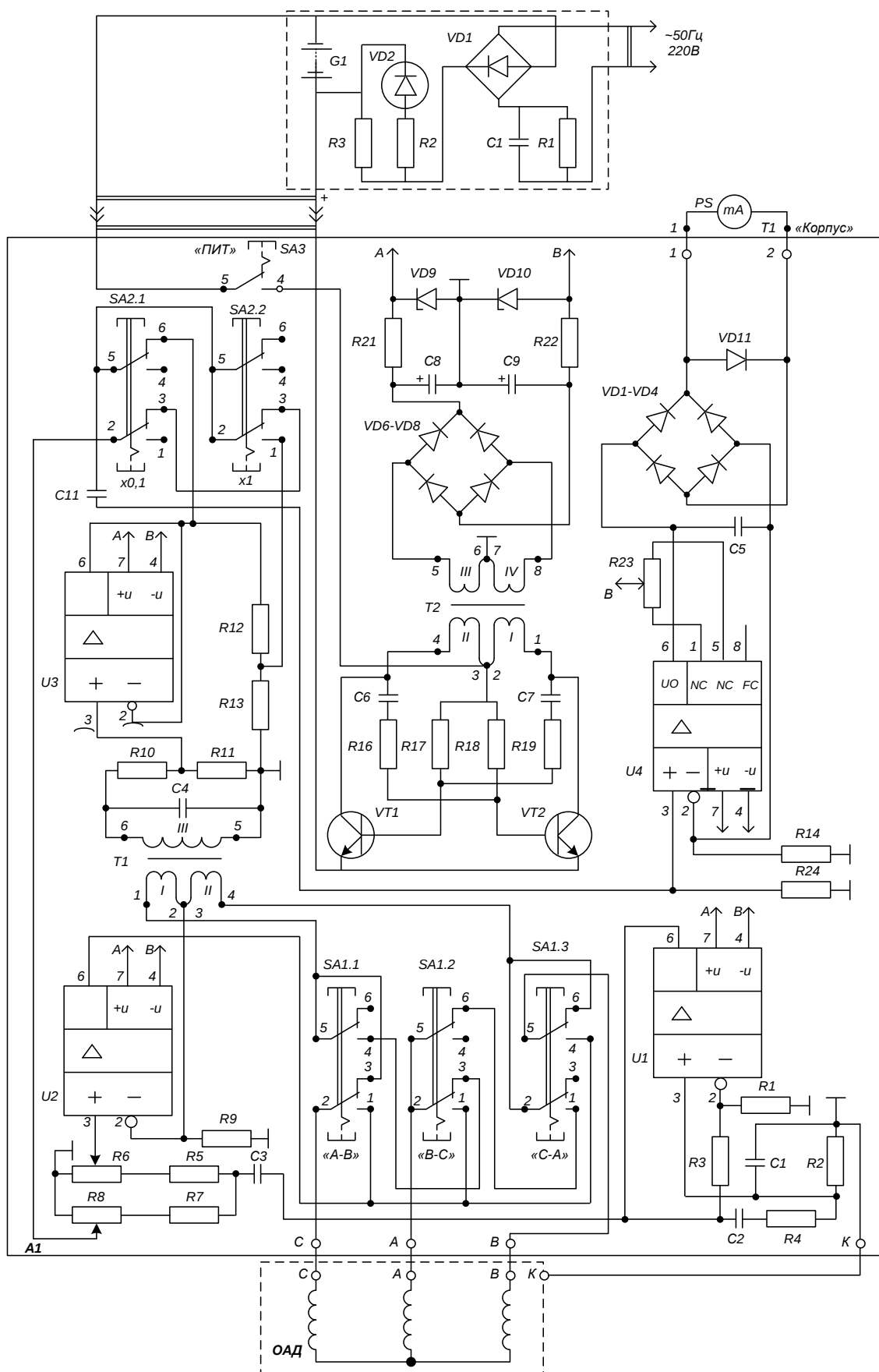


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема устройства

Вычисление коэффициентов несимметрии при помощи устройств осуществляется следующим образом. Одновременным нажатием двух соседних

клавиш переключателя SA1 («А-В» и «В-С» или «В-С» и «С-А») имитируется короткое замыкание одной фазы обмотки. Посредством потенциометра R6-«Калибровка» подбирается такое усиление усилителя U4, чтобы в диапазоне измерения коэффициента несимметрии 10-100% (при нажатой клавише переключателя SA2 «х 1») стрелка измерительного прибора PS установилась на отметке шкалы 100%. При этом в короткозамкнутой обмотке фазы устанавливается значение тока, равного 2,0А.

Затем две нажатые соседние клавиши переключателя SA1 отжимаются и поочередным нажатием «А-В», «В-С» и «С-А» сравниваются токи подключаемых к устройству обмоток фаз относительно их величины при коротком замыкании, т.е. при стопроцентном дефекте. При нажатой клавише переключателя SA2-«х 0,1» значения коэффициентов несимметрии, со шкалы прибора умножаются на 0,1.

Проверка работоспособности устройства

Нажать кнопку «Питание» при отжатых клавишах SA2, при этом стрелка индикатора должна переместиться в красный сектор. Если стрелка не устанавливается в красном секторе, то необходимо произвести зарядку аккумуляторной батареи. Если после зарядки батареи стрелка индикатора при включении не перемещается в красный сектор, то устройство неисправно.

Соединить между собой зажимы измерительного кабеля «А», «В», «С» и нажать поочередно клавиши «А-В», «В-С» и «С-А» для каждого нажатого положения клавишей «х1» и «х0,1». При этом стрелка индикатора должна устанавливаться в начале нижней шкалы прибора (на отметке «10»).

Порядок контроля трёхфазной обмотки.

Присоединить измерительный кабель с помощью зажимов «А», «В», «С» к выводам обмоток двигателя и зажим «К» к корпусу двигателя.

Обмотка двигателя должна быть соединена согласно схеме для данного двигателя (в звезду или треугольник).

Включить блок устройства нажав клавишу «Питание». Нажать клавишу SA2 - «х1», при этом стрелка индикатора (прибора) из красного сектора должна установиться в крайнее левое положение (на отметку «10»).

Выполнить калибровку индикатора для контролируемой обмотки, нажав одновременно две соседние клавиши «А-В» и «В-С» или «В-С» и «С-А».

Движком потенциометра «Калибровка» установить стрелу индикатора на отметку 100% и вернуть нажатые клавиши в исходное состояние.

Нажав клавишу SA2 - «х1», измерить коэффициенты несимметрии (по нижней шкале измерительного прибора (нажимая поочередно клавиши «А-В», «В-С» и «С-А»), в случае отклонения стрелки в пределах одного – двух делений с помощью клавиши «х 0,1» следует перейти на диапазон 1-10%.

Оценить состояние обмоток двигателя по величине наибольшего из коэффициентов несимметрии, используя данные таблицы 1.

Рассмотренное диагностическое устройство позволяет с достаточной степенью точности определить вид дефекта электрического двигателя.

Таблица 1. Возможные дефекты трёхфазной обмотки

Величина коэффициента несимметрии, %	Вид дефекта	Дополнительные меры по определению вида дефекта
0-7	Обмотка исправна	Не требуется
10-50	Межвитковые замыкания в фазе	Не требуется
50-100	КЗ фазы Обрыв обмотки Межфазное замыкание Неверное соединение схемы обмоток Плохой контакт между обмотками	Измерить активное сопротивление фаз омметром. Проверить правильность соединения схемы обмотки
Более 100 (индикатор при этом не калибруется)	Замыкание фазы обмотки на корпус	Измерить сопротивление изоляции обмотки относительно корпуса мегомметром

Список литературы

1. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2004 г.
2. Опадчий Ю.Ф. и др. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник для вузов. Под.ред. О.П. Глудкина.– М.:Телеком. 2002 г.
3. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение.– М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2001 г.

