

**Ростовский государственный
университет путей сообщения**

филиал РГУПС в г. Воронеж

**ТРУДЫ 80-й СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ РГУПС (ЧАСТЬ 4)**

**Секция «Электроснабжение железных дорог»
(Воронеж, 21-23 апреля 2021г.)**



Воронеж – 2021

УДК 621.316.174

Редакционная коллегия:

Климентов Н.И. – к.т.н., доцент
Мамедов Г.М. - доцент
Лукин О.А. – к.ф.-м.н., доцент
Тимофеев А.И. – к.э.н., доцент

Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС (часть 4)
Секция «Электроснабжение железных дорог» (Воронеж, 21-23 апреля 2021г.) –
Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2021. – 80с.

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

УДК 621.316.174

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

СОДЕРЖАНИЕ

Исследование характеристик вагонного генератора продольного поля Шеметов К.Ю., Мамедов Г.М.	4
Использование цеолитовой установки для растворения агидола в трансформаторном масле Дегтярев А.А., Климентов Н.И.	8
Испытательный стенд для контроля параметров датчиков тока тяговых электродвигателей Стретенцев П.Г., Мамедов Г.М., Климентов Н.И.	12
Исследование датчика тока тяговых двигателей электропоездов Стретенцев П.Г., Мамедов Г.М., Климентов Н.И.	15
Исследование переходных режимов электропривода переменного тока Кричевцов И.Г., Климентов Н.И., Мамедов Г.М.	18
Анализ характеристик систем автоматического регулирования в устройствах тягового подвижного состава Тройнин Е.В., Мамедов Г.М., Климентов Н.И.	23
Обнаружение межвитковых замыканий в датчиках тока тяговых двигателей Федин Р.С., Мамедов Г.М.	28
Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4 - 10 кВ Дегтярев А.А., Климентов Н.И., Мамедов Г.М.	32
Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim Кураков А.В., Климентов Н.И.	36
Разработка системы электроснабжения для питания устройств обогрева и освещения стрелочных переводов ст. Новохоперск ЮВ ж. д. Косовцев А.И., Климентов Н.И.	39
Показатели оценки состояния контактной сети Евстигнеев М.И., Климентов Н.И.	46
Применение модуля резистивной защиты для ВЛ СЦБ 10 кВ Стебенев А.А., Климентов Н.И.	52
Проверка и измерение параметров вентильных разрядников и ограничителей перенапряжения на 6 -10 кВ Дегтярев А.А. Мамедов Г.М.	59
Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески Евстигнеев М.И., Мамедов Г.М.	64
Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования Семенчук Д.Е., Мамедов Г.М.	71
Системы электропитания устройств электрической централизации Адамов А.Н., О.С. Шерстюков	74

УДК 629.423

Исследование характеристик вагонного генератора продольного поля

Шеметов К.Ю., Мамедов Г.М.

Аннотация: В статье рассмотрена возможность использования характеристики холостого хода генератора, которая позволяет установить оптимальный режим работы регулятора напряжения генератора в системе АСУ АСЭС вагона.

Ключевые слова: пассажирский вагон, генератор, обмотка возбуждения, характеристика холостого хода, регулирование напряжения.

В автономной системе электроснабжения (АСЭС) вагона используют генераторы постоянного и переменного тока, приводимые во вращение через редуктор от колесной пары вагона.

Среди требований, предъявляемых к любым системам электроснабжения, основным является обеспечение заданного уровня напряжения. В пассажирских вагонах, в системах с приводом подвагонного генератора, принято стандартное напряжение в цепях потребителей равное 110 В.

Генератор, приводимый во вращение от оси колесной пары, при изменении скорости движения изменяет свое напряжение в широких пределах. Стабилизация напряжения генератора при различных эксплуатационных режимах осуществляется с помощью систем автоматического регулирования. Основным в системе автоматического регулирования является тиристорный регулятор напряжения генератора, который регулирует ток в обмотке возбуждения. Средние значения тока возбуждения и напряжений генератора определяются величиной сопротивления в цепи возбуждения и соотношением между относительной замкнутостью и разомкнутостью цепи регулирования тока возбуждения.

Для поддержания выходного напряжения генератора на заданном уровне, независимо от условий работы, характеризующихся изменением частоты вращения, нагрузки, температуры, применяют регуляторы напряжения, требования к которым формируются на основе изучения свойств генератора [1].

Генератор автоматически включается в работу при скоростях движения вагона 35...40 км/час. Максимальная скорость для вагонов с АСЭС по условиям работы привода ограничена величиной в 160 км/час. Следовательно, диапазон изменения скорости движения вагона при которой должен работать генератор составляет 35...160 км/час. В таких условиях работы генератора поддержание его напряжения на требуемом уровне возможно только изменением тока в обмотке возбуждения.

Целью работы является снятие и анализ характеристики холостого хода генератора и определение его регулировочных свойств.

В качестве прототипа использовался генератор постоянного тока с самовозбуждением и номинальным напряжением 110 В.

На рисунке 1 приведена схема включения генератора при определении характеристики холостого хода [2]. Характеристика холостого хода генератора

$E = f(I_e)$ отражает зависимость э. д. с. E , наводимой в якорной обмотке генератора, от тока возбуждения

Характеристику холостого хода генератора (рисунок 2) снимают при одном неизменном значении частоты вращения « n ». Характеристики, соответствующие другим значениям частоты вращения, получают путем графического построения, учитывая, что при неизменном токе возбуждения, э. д. с. генератора меняется пропорционально изменению частоты вращения.

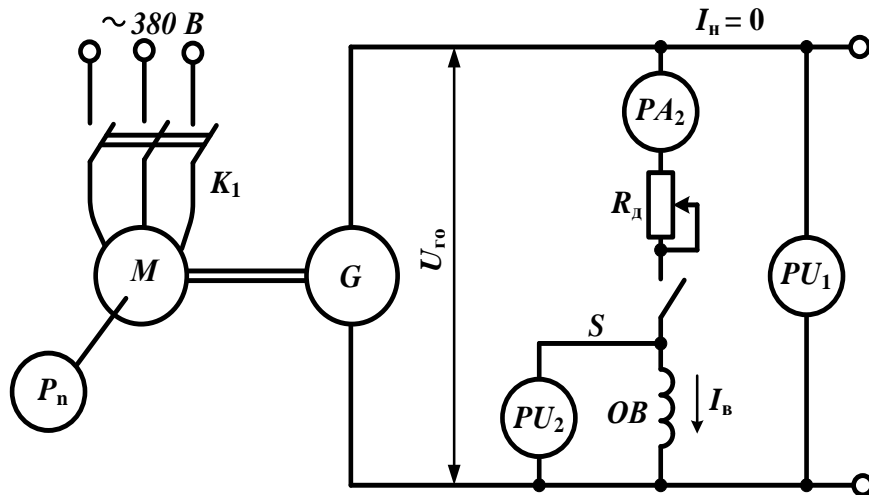


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки при определении характеристики холостого хода генератора

Эксперимент проводится путем плавного изменения тока возбуждения генератора (от $I_b = 0$) и измерения напряжения генератора через каждые 15...20 В, увеличивая его до значения на 40...50% превышающего номинальное.

По полученным данным рассчитывается сопротивление обмотки возбуждения и строится кривая холостого хода $E = f(I_b)$. Начальный участок характеристики из-за остаточного магнитного потока, при отсутствии тока возбуждения, характеризуется значением э. д. с. E_0 (участок 0-А)

Для практических целей кривая холостого хода для любой частоты вращения может быть представлена (аппроксимирована) тремя отдельными прямолинейными участками [3]:

- А-Б – ненасыщенная зона;
- Б-В – зона перехода к насыщенному состоянию;
- В-Г – насыщенная зона.

Кусочно-линейная аппроксимация кривой холостого хода позволяет определить такие показатели генератора как начальную « n_0 » и критическую « $n_{кр}$ » частоту вращения, максимальное и минимальное значение тока возбуждения генератора I_b , снятые для одного фиксированного значения частоты вращения.

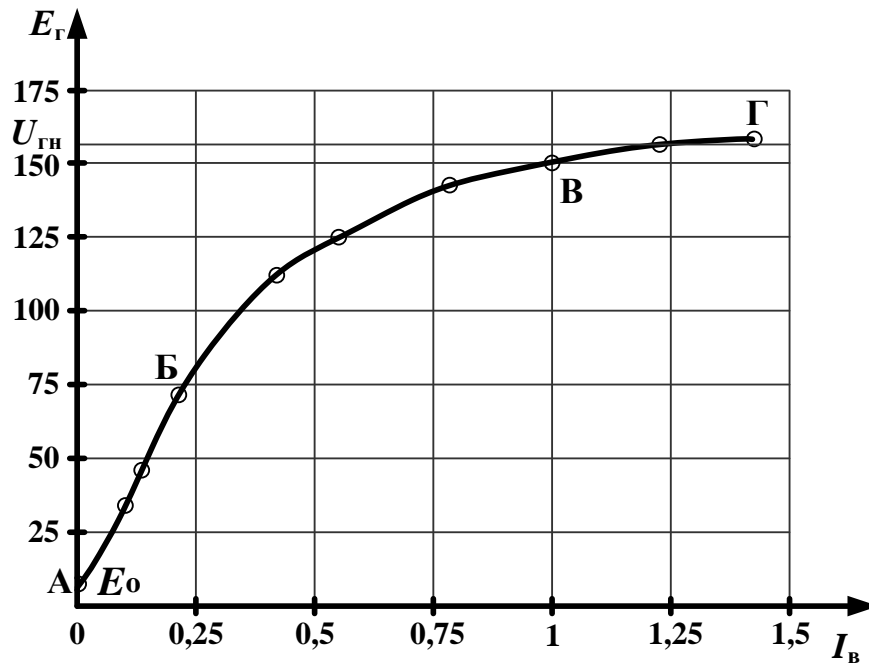


Рисунок 2. Характеристика холостого хода генератора

Выделив на полученной кривой холостого хода отдельные участки, характеризующие различную степень насыщенности магнитной системы, выбираются граничные точки и находятся их координаты: $A(I_{вА}, E_A)$, $B(I_{вБ}, E_B)$, $B(I_{вВ}, E_B)$, $\Gamma(I_{вГ}, E_\Gamma)$.

Для критической частоты вращения можно записать, что

$$n_{кр} = \frac{R_{ОВ}}{\epsilon_1}, \text{ где } \epsilon_1 = \frac{E_B - E_A}{(I_{вБ} - I_{вА}) \cdot n}. \quad (1)$$

Наибольший ток возбуждения генератора, определяемый выражением

$$I_{в макс} = \frac{U_{ГН}}{R_{ОВ}}, \quad (2)$$

достигается при начальной частоте вращения n_0 , определяемой по формуле

$$n_0 = \frac{U_{ГН}}{a_3 + \epsilon_3 \cdot I_{в макс}}, \quad (3)$$

где a_3 и ϵ_3 - коэффициенты, определяемые конкретно для каждого участка кривой по следующим выражениям

$$a_3 = \frac{E_B I_{вГ} - E_\Gamma I_{вБ}}{(I_{вГ} - I_{вБ}) \cdot n}; \quad \epsilon_3 = \frac{E_\Gamma - E_B}{(I_{вГ} - I_{вБ}) \cdot n}. \quad (4)$$

При частоте вращения n_0 напряжение генератора достигает номинального значения $U_{\text{ГН}}$ и вступает в работу регулятор напряжения генератора (РНГ).

Наименьший ток возбуждения $I_{\text{В мин}}$ соответствует работе генератора с наибольшей частотой вращения $n_{\text{макс}}$, определяется

$$I_{\text{В мин}} = \frac{U_{\text{ГН}} - a_1 n_{\text{макс}}}{\vartheta_1 n_{\text{макс}}}, \quad (5)$$

где $a_1 = \frac{E_0}{n}$.

Общее сопротивление цепи возбуждения, при котором достигается наименьший ток возбуждения

$$R_{\text{В макс}} = \frac{U_{\text{ГН}}}{I_{\text{В мин}}}. \quad (6)$$

Определяемые частоты вращения генератора n , n_0 и $n_{\text{кр}}$ связаны со скоростью движения вагона зависимостью

$$n = V \frac{\mu}{0,188 D_{\text{к}}}, \quad (7)$$

где μ - передаточное число редуктора;

$D_{\text{к}}$ - диаметр колеса вагона, м;

V - скорость движения вагона км/ч.

Исследование данной физической модели позволяет получить необходимую информацию для определения законов управления, обеспечивающих оптимальное функционирование автономной системы энергоснабжения пассажирского вагона.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.

3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.314.212

Использование цеолитовой установки для растворения агидола в трансформаторном масле

Дегтярев А.А., Климентов Н.И.

Аннотация: Предложена реализация процесса растворения агидола в трансформаторном масле на базе цеолитовой установки УЦМ-92, предназначенной для нагрева, сушки и фильтрации трансформаторного масла.

Ключевые слова: трансформаторное масло, антиокислительные присадки, агидол, цеолитовая установка.

Силовой трансформатор высокого напряжения считается одним из самых дорогостоящих и важных элементов по распределению электроэнергии. Поэтому эксплуатационная надежность энергетических систем определяется сроком службы трансформаторов. Продлить срок службы силового

трансформатора высокого напряжения до 30 или даже до 40 лет можно с правильной поддержкой и своевременным устранением дефектов.

Выход из строя трансформатора высокого напряжения является проблемой, которая требует оптимального решения. В большинстве случаев трансформатор выходит из строя в результате длительной эксплуатации без надлежащего профилактического обслуживания.

Процент технологических нарушений, связанных с ухудшением свойств трансформаторных масел, приблизительно равен 20% всех нарушений [1]. Эти цифры касаются только старения масла. Иногда негативное влияние продуктов старения на твердую изоляцию учитывается далеко не всегда.

В настоящее время, доказано, что продукты окисления масла (гидроперикиси и водорастворимые кислоты) снижают полимеризацию целлюлозы, и влияет на прочность бумажной изоляции. Кроме того, электрическая прочность и срок службы изоляции во многом зависят от содержания влаги.

Принимая во внимание все причины сбоев трансформаторов, можно сделать вывод, что их нормальная работа определяется чистотой трансформаторного масла.

В трансформаторном масле происходят необратимые процессы старения. Масло теряет свои химические и эксплуатационные свойства при попадании влаги и с образованием продуктов окисления. Процесс окисления также ускоряют солнечный свет, высокая рабочая температура и растворенные соли металлов.

Из-за продуктов старения и загрязняющих веществ, накапливающихся на активных частях трансформатора – масло перестает передавать тепло. Следовательно, для поддержания работы масла в трансформаторе, необходимо профилактическое техническое обслуживание, частью которого является периодический контроль и непрерывный мониторинг масла.

Поэтому для сохранения свойств трансформаторного масла используется химическая защита масла с помощью ингибиторов окисления. Все современные отечественные трансформаторные масла содержат антиокислительную присадку - агидол. Количество агидола в свежем трансформаторном масле зависит от марки масла и должно быть не менее 0,2 % массы [2].

В присутствии агидола процесс термоокислительного старения масла находится в периоде, который характеризуется малыми скоростями образования различных продуктов окисления и, как следствие, малым изменением показателей качества масла. Оптимальным содержанием присадки в масле является количество 0,2 - 0,3 % массы. Агидол в масле находится в растворенном состоянии и практически не извлекается из масла различными адсорбентами при непрерывной регенерации.

Эффективность работы агидола, как ингибитора окисления, значительно выше в глубоко очищенных маслах с малым содержанием ароматических углеводородов и смол, таких как масло гидрокрекинга марки ГК.

При эксплуатации трансформаторного масла идет процесс непрерывного расхода агидола, скорость которого зависит от многих факторов и, в первую

очередь, от температуры и концентрации кислорода в масле. С их увеличением растет и расход агидола. В эксплуатации находятся трансформаторы с маслами изготовленными по старым стандартам без добавления агидола.

Для добавление агидола в трансформаторное масло существуют специальные установки.

В распоряжении Лискинской дистанции электроснабжения Юго-Восточной железной дороги отсутствует специализированная установка для разведения агидола в трансформаторном масле. Промышленная установка типа УСИ по данным сайта [3] стоит порядка 500 тыс. руб. Ручное разведение агидола неприемлемо ввиду токсичности присадки. Разведение агидола путем непосредственной засыпки в трансформатор не позволяет в точности определить конечную концентрацию присадки в масле.

Для растворения агидола в трансформаторном масле требуется постоянный подогрев и перемешивание масла. И поэтому предложено реализовать это на базе цеолитовой установки УЦМ-92 (рисунок 1).

Установка цеолитовая - маслонагреватель УЦМ-92 предназначена для нагрева, сушки и фильтрации трансформаторного масла при монтаже и ремонте силовых трансформаторов. С помощью установки можно производить следующие работы:

- осушку от влаги и очистку от механических примесей трансформаторных масел;
- прогрев трансформаторов циркуляцией нагретого масла;
- подсушку твердой изоляции обмоток трансформатора;
- замену (слив, залив) масла при монтаже и ремонтах трансформаторов.

При замене в адсорберах цеолита на соответствующий адсорбент или при применении дополнительных адсорберов возможно проведение регенерации и раскисления трансформаторного масла.



Рисунок 1. Общий вид цеолитовой установки с доработками

При использовании этой установки для разведения агидола она была подключена входным и выходным патрубками к полутонной емкости с трансформаторным маслом. Входные фильтры подачи масла были удалены из емкостей так как разведение предполагалось в заранее очищенном масле, а также для того, чтобы мелкодисперсный агидол не забивал фильтры. В одну из емкостей установки была вварена труба подачи присадки, выведенная выше уровня масла в системе. При проверке работоспособности предлагаемой технологии было разведено 75 кг агидола. Присадка полностью растворилась в трансформаторном масле. Нарушений в работе установки не выявлено.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
4. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
5. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
6. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
7. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
8. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
9. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 629.423.3:621.316.53

Испытательный стенд для контроля параметров датчиков тока тяговых электродвигателей

Стретенцев П.Г., Мамедов Г.М., Климентов Н.И.

Аннотация: Представлено описание разработанного стенда для проведения проверки датчиков тока тяговых электродвигателей, как в нормальных условиях их работы, так и в условиях, отличающихся от требуемых при их эксплуатации.

Ключевые слова: стенд, тяговые двигатели, датчики тока.

В настоящее время на сети железных дорог России эксплуатируются электропоезда, в системах управления которых используются датчики тока, обеспечивающие оптимальные режимы пуска и торможения тяговых электродвигателей.

Воздействия напряжения сетей электропитания на современную электронную аппаратуру имеют различный характер: высоковольтные импульсы нано-микросекундной длительности, превышение и снижение величины напряжения приводят к сбоям в функционировании электронной аппаратуры электропоезда и выходу её из строя.

По запросу моторвагонного депо «Отрожка», об оказании содействия в разработке схемы стенда и технологии проверки датчиков тока электропоездов, в филиале РГУПС в г. Воронеж разработан стенд для проведения диагностики датчиков тока (рисунок 1).

Одной из задач, реализуемой на стенде является выявление причин изменения выходных параметров датчика тока, приводящих к неудовлетворительной работе системы управления тяговыми двигателями[1].

Разработанный стенд содержит имитатор тока тягового электродвигателя, что позволяет исследовать процессы близкие к реальным, протекающим в электрических цепях датчика тока, а также систему сбора и анализа информации. Эта установка имеет сопряжение с компьютером и позволяет наблюдать результаты исследований на экране монитора, с дальнейшей распечаткой их на принтере.

Для изучения принципа действия и режимов работы датчиков тока использовалась среда LabVIEW [2,3]. Она представляет собой среду графического программирования, предназначенную для создания прикладного программного обеспечения информационно-измерительных систем, а также различных компьютерных систем сбора и обработки экспериментальных данных. LabVIEW прикладные программы могут использоваться на платформе ПК различных типов и способны функционировать под управлением практически всех известных операционных систем

Состав и назначение элементов схемы стенда.

Источник питания ИП1 предназначен для питания первичной обмотки датчика тока необходимой величиной напряжения с повышенной и нормальной пульсацией, которые имеют место при различных положениях контроллера в процессе разгона и торможения тяговых электродвигателей [1].

Источник стабилизированного переменного напряжения ИП2 предназначен для питания первичной обмотки трансформатора TV стабильным напряжением синусоидальной и несинусоидальной формы (после тиристорного стабилизатора напряжения).

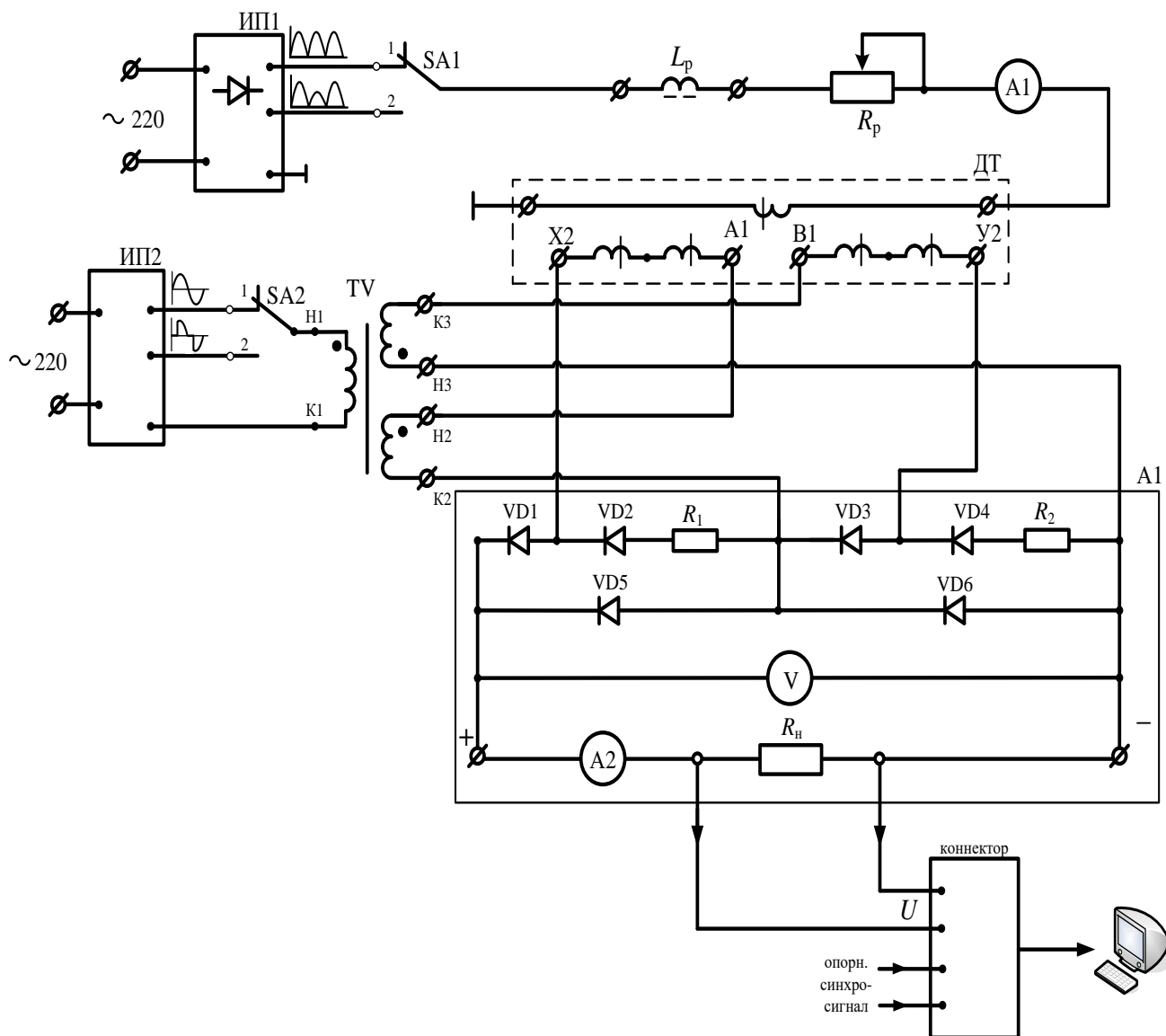


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема стенда

Трансформатор TV (1ТРЭ.096 У2) обеспечивает напряжение питания рабочих обмоток А1, В1 датчика тока [1].

Датчик тока якоря типа 1УМ.007.8 представляет собой магнитный усилитель, работающий в режиме трансформатора постоянного тока, обмотка

управления которого содержит один виток с током якоря тягового электродвигателя.

Для имитации величины управляющего тока в первичной обмотке датчика, через окно датчика пропущены витки дополнительной (первичной) обмотки управления, число витков которой создают необходимую (рабочую) намагничивающую силу, эквивалентную силе тока якоря реального тягового двигателя [4], т. е.

$$F_p = F_y,$$

где $F_p = I_p \cdot w_p$ – магнитодвижущая сила рабочей обмотки,

$F_y = I_y \cdot w_y$ – магнитодвижущая сила обмотки управления.

Датчик тока предназначен для преобразования величины тока электродвигателя в низковольтное напряжение для работы в электронных блоках БРУ, БУТР и БРТ системы автоматического управления тяговыми электродвигателями [1].

Блок А1 предназначен для преобразования выходного напряжения датчика тока на диодах VD1 – VD6, нагрузкой которых служит резистор R_n . Напряжение на резисторе R_n является выходным напряжением датчика тока.

Разработанный стенд позволяет произвести измерения всех параметров датчика тока, снять вольтамперные характеристики, снять характеристику управления $I_y = f(I_p)$ при номинальном сопротивлении нагрузки и номинальном напряжении рабочих обмоток, позволяет проверить маркировку выводов рабочих обмоток и определить наличие в них короткозамкнутых витков.

Список литературы

1. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
2. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
3. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
4. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
5. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.

6. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
7. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворяркина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворяркина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
8. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 629.423.31.053.3

Исследование датчика тока тяговых двигателей электропоездов

Стретенцев П.Г., Мамедов Г.М., Климентов Н.И.

Аннотация: Проведены сравнительные исследования влияния формы выпрямленного тока якорной цепи тяговых электродвигателей на уровень выходного напряжения датчика тока.

Ключевые слова: электропоезда, тяговые электродвигатели, датчики тока.

Датчики тока предназначены для преобразования величины тока тяговых двигателей электропоездов в низковольтное напряжение, пропорциональное току и не имеющее гальванической связи с цепями, в которых измеряется ток. Они представляют собой магнитные усилители, работающие в режиме трансформаторов постоянного тока, и входят в состав схемы регулятора тока, формирующего напряжение управления фазорегуляторами для поддержания заданного значения тока якорей тяговых двигателей [1].

В данной работе проведено исследование влияния формы выпрямленного тока якорей тяговых электродвигателей на уровень выходного напряжения датчика тока.

Для проведения этих исследований была создана экспериментальная установка, схема которой показана на рисунке 1. Эта схема содержит исследуемый датчик тока (магнитный усилитель типа 1УМ007.8), рабочие обмотки которого подключены последовательно с цепью нагрузки к источнику переменного напряжения (трансформатор 220/127/127).

Обмоткой управления датчика является один виток провода с током якоря тягового двигателя. Переменный ток, протекающий в рабочих обмотках датчика и в нагрузке, пропорционален току якоря тягового двигателя электропоезда. К рабочим обмоткам датчика подключены выпрямительные устройства, нагрузкой которых является резистор R3. Напряжение на этом резисторе является выходным напряжением датчика тока.

Схема экспериментальной установки предусматривает возможность регулировки значения тока в первичной (намагничивающей) обмотке датчика

тока в пределах установленных эксплуатационной инструкцией электропоезда [1].

Целью работы на экспериментальной установке являлось определение изменения выходного напряжения датчика и формы кривой выходного напряжения при изменении значения тока в первичной обмотке датчика в соответствии с рабочим диапазоном изменения тока якоря двигателя.

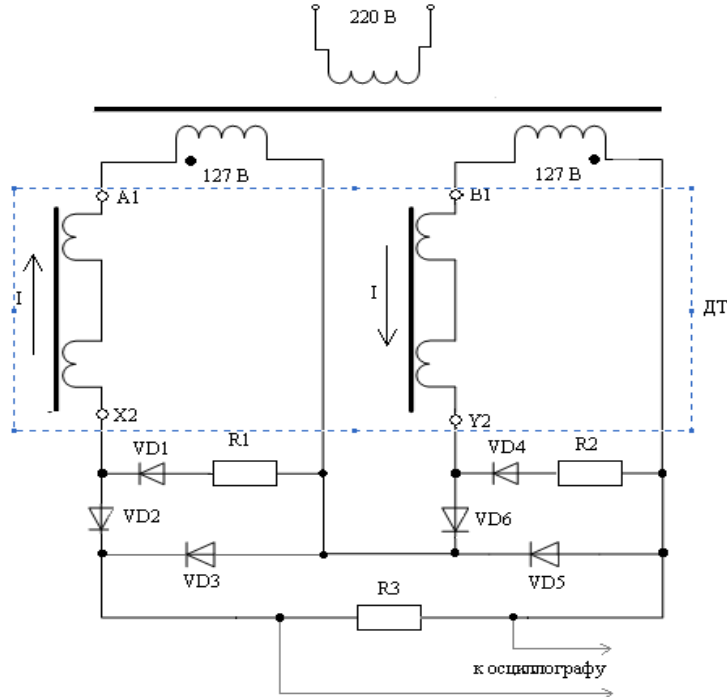
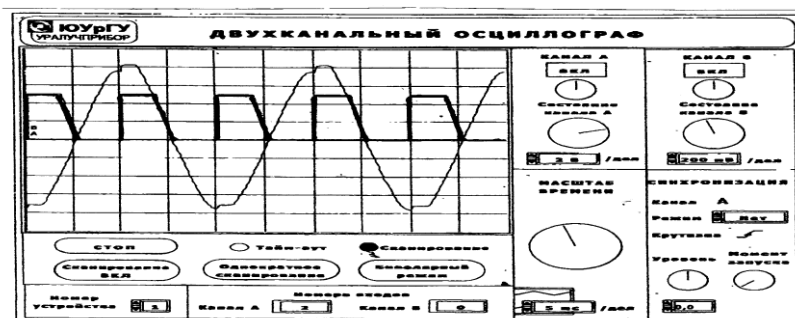


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

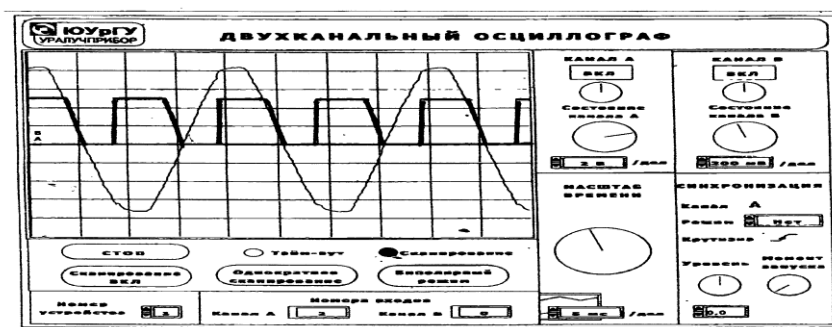
Вышеуказанное выполнялось для пульсирующего тока в первичной цепи датчика с коэффициентом пульсаций $k_{п1} = 0,67$ и $k_{п2} = 0,25$ [1].

На рисунке 2 представлены осциллограммы выходного напряжения датчика тока, которые наблюдались на экране монитора компьютера, работающе-



а)

$k_{п1} = 0,67$



б) $k_{\pi} = 0,25$

Рисунок 2. Осциллограммы выходного напряжения датчика тока го в составе аппаратно-программного комплекса LabVIEW (режим «Двухканальный осциллограф»), и затем выводились на печать. Величина выходного напряжения датчика тока измерялась вольтметром на нагрузочном резисторе R3.

По результатам проведенных исследований построены экспериментальные зависимости величины выходного напряжения датчика тока от величины его первичного тока для двух, указанных выше, случаев (рисунке 3,а).

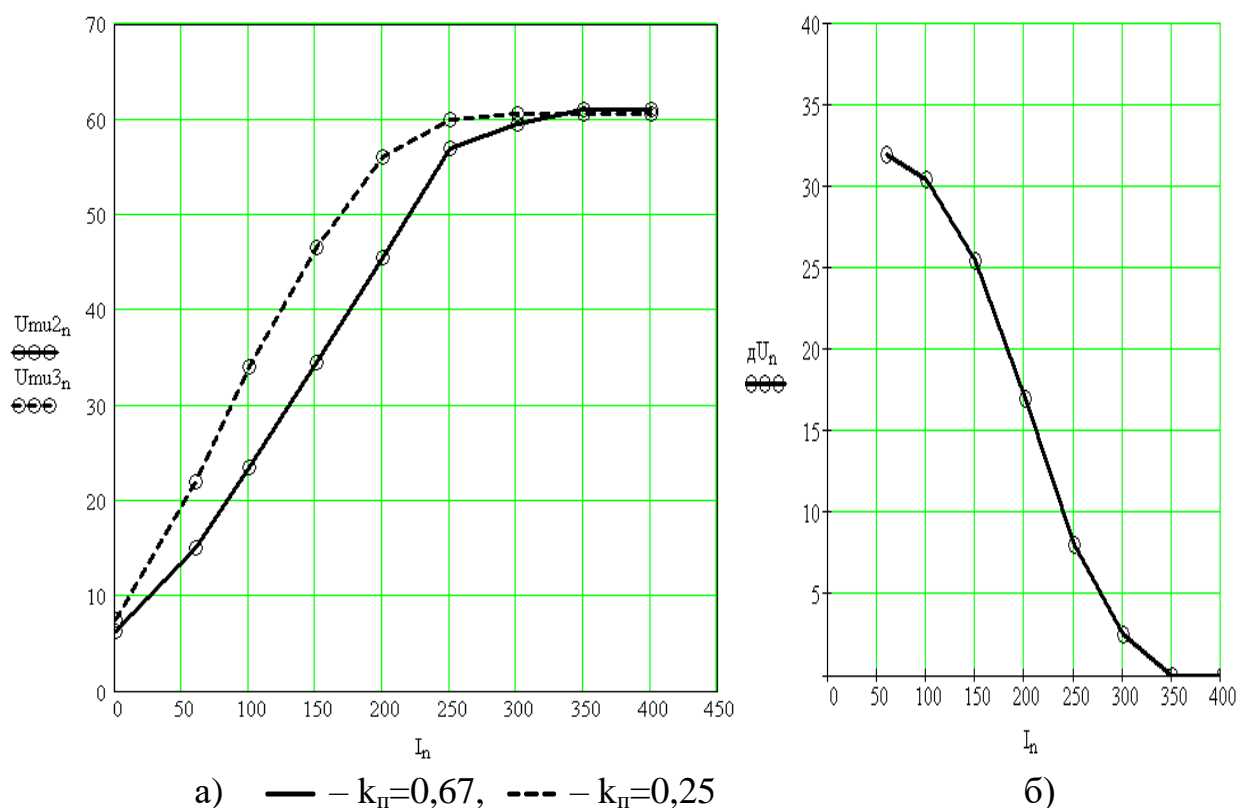


Рисунок 3. Зависимости выходного напряжения датчика (а) и расхождения в % величины выходного напряжения (б) от тока якоря

Обработка проведенных экспериментов (рисунок 3,б) показала, что наибольшее расхождение (32%) уровня выходного напряжения наблюдается при меньших значениях первичного тока и с его ростом оно уменьшается до нуля.

Список литературы

1. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
2. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
3. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
4. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
5. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
6. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
7. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.313.333.

Исследование переходных режимов электропривода переменного тока Кричевцов И.Г., Климентов Н.И., Мамедов Г.М.

Аннотация: Представлены результаты исследования характеристик асинхронного электродвигателя с использованием аппаратно-программного комплекса на основе LabVIEW технологий.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, переходные характеристики.

Современные электромеханические системы характеризуются высокоинтенсивными динамическими режимами работы исполнительных

механизмов, в которых используют электрические приводы на базе асинхронных электродвигателей с фазным ротором.

В работе рассматриваются вопросы использования аппаратно-программных средств компании National Instruments для исследования режимов пуска и динамического торможения асинхронного электродвигателя в функции времени.

Аппаратная часть комплекса (рисунок 1) содержит источники питания, измерительные преобразователи и приборы, трансформаторы и электрические машины. Автоматическое управление комплексом осуществляется с помощью ПК, оснащенного встроенным устройством ввода/вывода информации, позволяющим реализовать системы управления модулями или группами модулей, обеспечивая измерения и отображение исследуемых параметров.

Программная часть комплекса включает в себя среду LabVIEW и разработанные на ее основе, встроенные в ПК цифровые приборы, виртуальные пульты, осциллографы и графопостроители. Используемый в работе виртуальный пульт управления изображен на рисунок 2.

В качестве объекта исследования в работе используется электромашинный агрегат, состоящий из двух спаренных электрических машин, установленных на едином основании. Одна из них является исследуемым асинхронным электродвигателем с фазным ротором М, а другая – машина постоянного тока G, работающая в режиме генератора, является нагрузочным устройством.

Управление электроприводом осуществляется нажатием кнопок «Пуск» и «Стоп» на виртуальном пульте (рисунок 2).

Необходимые параметры режимов пуска и торможения выбираются из меню на виртуальном пульте управления посредством соответствующих этим режимам уставок реле. Состояние коммутационных элементов Q1, Q2 и Q3 в различные моменты времени отображается на схеме пульта управления.

Информационные сигналы датчиков тока и напряжения (A8) и датчика частоты вращения (G4) поступают на аналоговые входы АСНО-АСН7 коннектора (A7), выходные сигналы которого посредством шлейф-кабеля поступают на устройство обработки информации компьютера ПК (рисунок 1).

Снятие переходных характеристик исследуемого электропривода проводилось при различных значениях сопротивления в цепи ротора и постоянного тока статора асинхронного двигателя при неизменном статическом моменте нагрузки.

На рисунке 3 приведено семейство переходных характеристик, снятых при неизменном значении постоянного тока статора и различных значениях сопротивлений в роторной цепи.

Для детального анализа снятых характеристик на рисунке 4 приведены развернутые переходные характеристики электропривода, полученные в режиме пуска (а) и динамического торможения (б) асинхронного электродвигателя с фазным ротором.

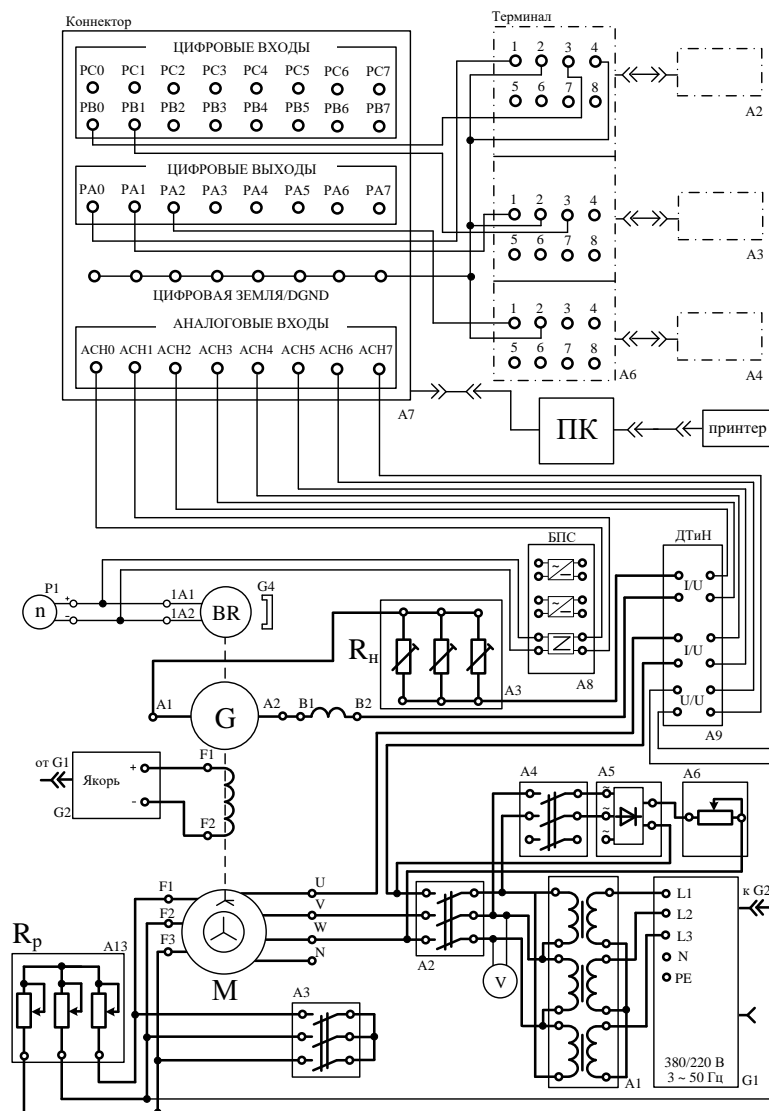


Рисунок 1. Электрическая схема аппаратно-программного комплекса для исследования автоматизированного электропривода переменного тока

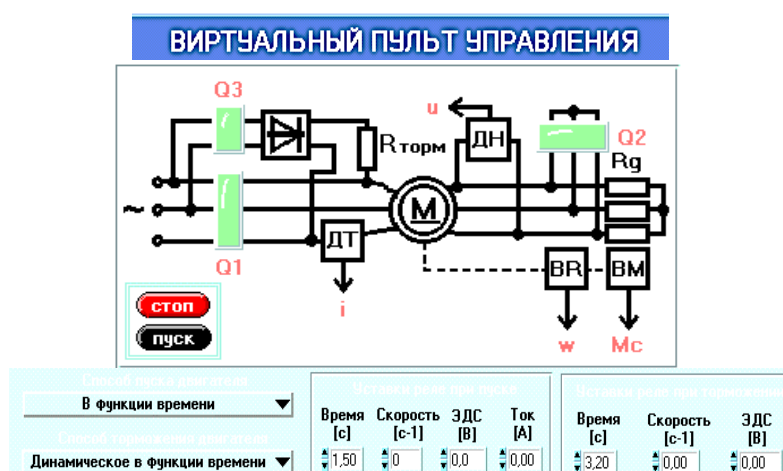
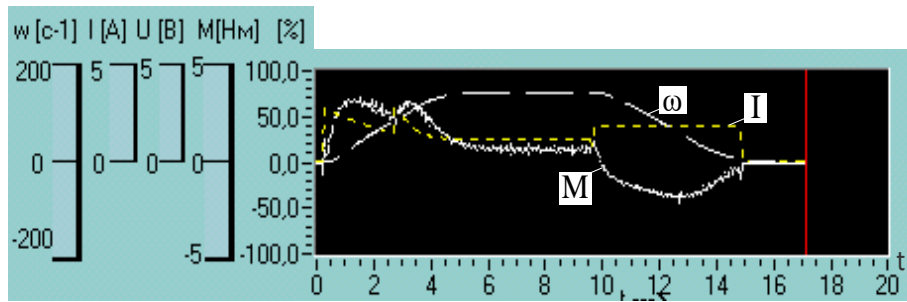
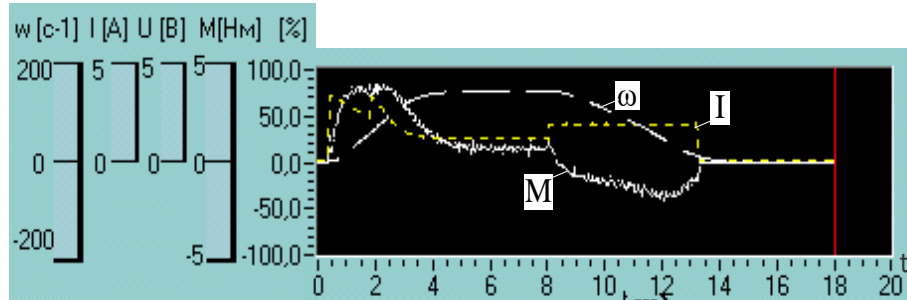


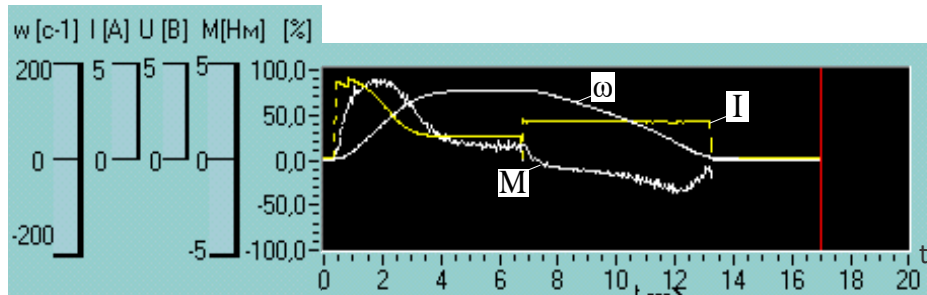
Рисунок 2. Виртуальный пульт управления



а)

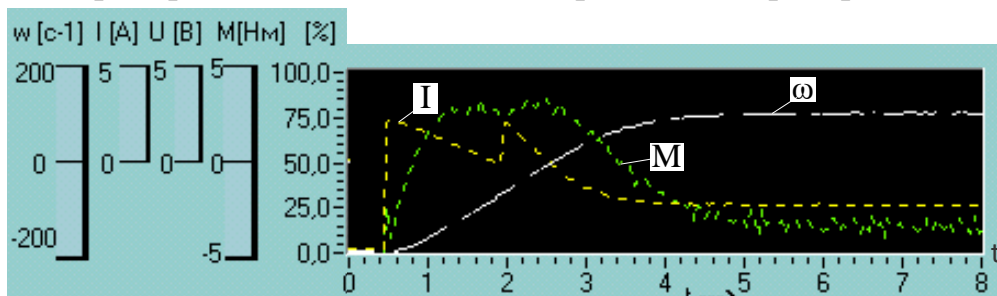


б)

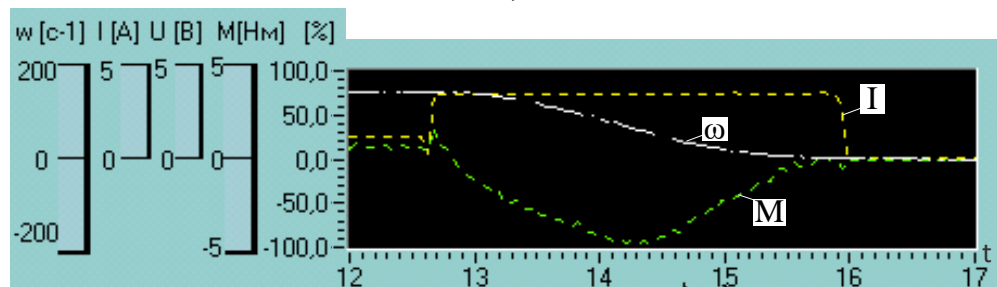


в)

Рисунок 3. Осциллограммы тока, момента и скорости при неизменном токе статора и различных значениях сопротивления роторной цепи



а)



б)

Рисунок 4. Осциллограммы тока, момента и скорости при пуске (а) и динамическом торможении (б)

Приведенные осциллограммы позволяют формировать оптимальные режимы пуска и торможения электродвигателя, изменяя, предусмотренные программой, уставки времени пуска и времени торможения.

Обработка полученных осциллограмм позволяет получить значения основных параметров электропривода: пусковые ток и момент, время разгона и время торможения, а также построить механическую и скоростную характеристики электродвигателя.

В результате проведенной работы реализована идея применения современных информационно-измерительных технологий в учебном процессе. Разработанная лабораторная установка представляет интерес для создания современных лабораторных комплексов по исследованию переходных характеристик асинхронных электродвигателей с фазным ротором, в том числе, и как вариант разработки для функционирования в режиме удаленного доступа.

Список литературы

1. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
2. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
3. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
4. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
5. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
6. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
7. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.313.2

Анализ характеристик систем автоматического регулирования в устройствах тягового подвижного состава

Тройнин Е.В., Мамедов Г.М., Климентов Н.И.

Аннотация: Рассматривается постановка и решение задачи по анализу систем регулирования с целью обеспечения определения быстродействия и колебательности переходных процессов.

Ключевые слова: системы автоматического регулирования, MathCad, логарифмические характеристики, качественные показатели переходного процесса.

Большой класс систем автоматического регулирования (САР) в устройствах тягового подвижного состава характеризуется требованиями к высокой надежности динамики рабочих режимов [1].

В данной работе рассматривается вопрос анализа системы автоматического регулирования с использованием метода логарифмических частотных характеристик в инженерной практике.

Логарифмический частотный критерий позволяет судить об устойчивости замкнутой системы регулирования по виду логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ) разомкнутой системы [2,3].

В работе выполнен анализ системы автоматического регулирования применяемой в устройствах тягового подвижного состава, функциональная схема которой состоит из двигателя, источника питания, усилителя и чувствительного элемента и имеет следующую передаточную функцию в разомкнутом состоянии

$$W(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}, \quad (1)$$

где

k – коэффициент передачи системы регулирования,

T_1, T_2, T_3 – постоянные времени, соответственно, электродвигателя, источника питания и усилителя.

Коэффициент передачи k и постоянные времени T_1, T_2, T_3 являются известными.

Для типовой системы САР локомотива поставлена задача, используя метод частотных характеристик, выполнить анализ схемы с целью определения числовых значений запаса устойчивости по амплитуде $\Delta L(\omega)$ и по фазе $\Delta \varphi(\omega)$, а также качественных характеристик переходного процесса – величину перерегулирования σ , время регулирования t_p и степень колебательности M при двух значениях коэффициента передачи системы регулирования k .

Решение поставленной задачи осуществляется графическим расчетом параметров САР, основанным на применении метода логарифмических частотных характеристик и программного пакета MathCad [4].

Для этого выполнено построение логарифмических амплитудных частотных характеристик $L_1(\omega)$ и $L_2(\omega)$ для двух числовых значений коэффициента передачи k_1 и k_2 , а также фазовой частотной характеристики $\varphi(\omega)$. По выполненным построениям определены интервалы, характеризующие устойчивость системы по амплитуде и фазе, соответствующие двум значениям коэффициента передачи САР.

Ниже приводится MathCad документ, в котором представлено построение логарифмических частотных характеристик.

Исходные данные для расчета

Коэффициенты передачи:

$$k_1 := 50, \quad k_2 := 1000.$$

Постоянные времени звеньев:

$$T_1 := 25 \text{ с}, \quad T_2 := 0.1 \text{ с}, \quad T_3 := 0.01 \text{ с}.$$

Частоты сопряжения:

$$\omega_{c1} := \frac{1}{T_1}, \quad \omega_{c1} = 0.04 \text{ рад/с}; \quad \omega_{c2} := \frac{1}{T_2}, \quad \omega_{c2} = 10 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{c3} := \frac{1}{T_3}, \quad \omega_{c3} = 100 \text{ рад/с}.$$

Диапазон изменения частоты: $\omega := 0.01, 0.014..1000 \text{ рад/с}$.

Выражение для логарифмической амплитудной частотной характеристики

$$L(\omega) := 20 \cdot \log(k) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega) - 20 \cdot \log(T_2 \cdot \omega) - 20 \cdot \log(T_3 \cdot \omega)$$

Программа для построения графика логарифмической амплитудной частотной характеристики

а) при $k = k_1 = 50$, получим

$$L_1(\omega) := \begin{cases} (20 \cdot \log(k_1)) & \text{if } (0.01 < \omega \leq \omega_{c1}) \\ (20 \cdot \log(k_1) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega)) & \text{if } (\omega_{c1} \leq \omega < \omega_{c2}) \\ (20 \cdot \log(k_1) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega) - 20 \cdot \log(T_2 \cdot \omega)) & \text{if } (\omega_{c2} \leq \omega < \omega_{c3}) \\ \left[(20 \cdot \log(k_1) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega) - 20 \cdot \log(T_2 \cdot \omega)) \dots \right] & \text{if } (\omega_{c3} \leq \omega < 1000) \\ + (-20) \cdot \log(T_3 \cdot \omega) & \end{cases}$$

б) при $k = k_2 = 1000$, получим

$$L_2(\omega) := \begin{cases} (20 \cdot \log(k_2)) & \text{if } (0.01 < \omega \leq \omega_{c1}) \\ (20 \cdot \log(k_2) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega)) & \text{if } (\omega_{c1} \leq \omega < \omega_{c2}) \\ (20 \cdot \log(k_2) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega) - 20 \cdot \log(T_2 \cdot \omega)) & \text{if } (\omega_{c2} \leq \omega < \omega_{c3}) \\ \left[(20 \cdot \log(k_2) - 20 \cdot \log(T_1 \cdot \omega) - 20 \cdot \log(T_2 \cdot \omega)) \dots \right] \\ + (-20) \cdot \log(T_3 \cdot \omega) & \text{if } (\omega_{c3} \leq \omega < 1000) \end{cases}$$

Выражение для построения логарифмической фазовой частотной характеристики

$$\phi(\omega) := \frac{-\text{atan}(\omega \cdot T_1) - \text{atan}(\omega \cdot T_2) - \text{atan}(\omega \cdot T_3)}{\text{deg}}$$

Построение указанных выше логарифмических характеристик выполнено на рисунке 1.

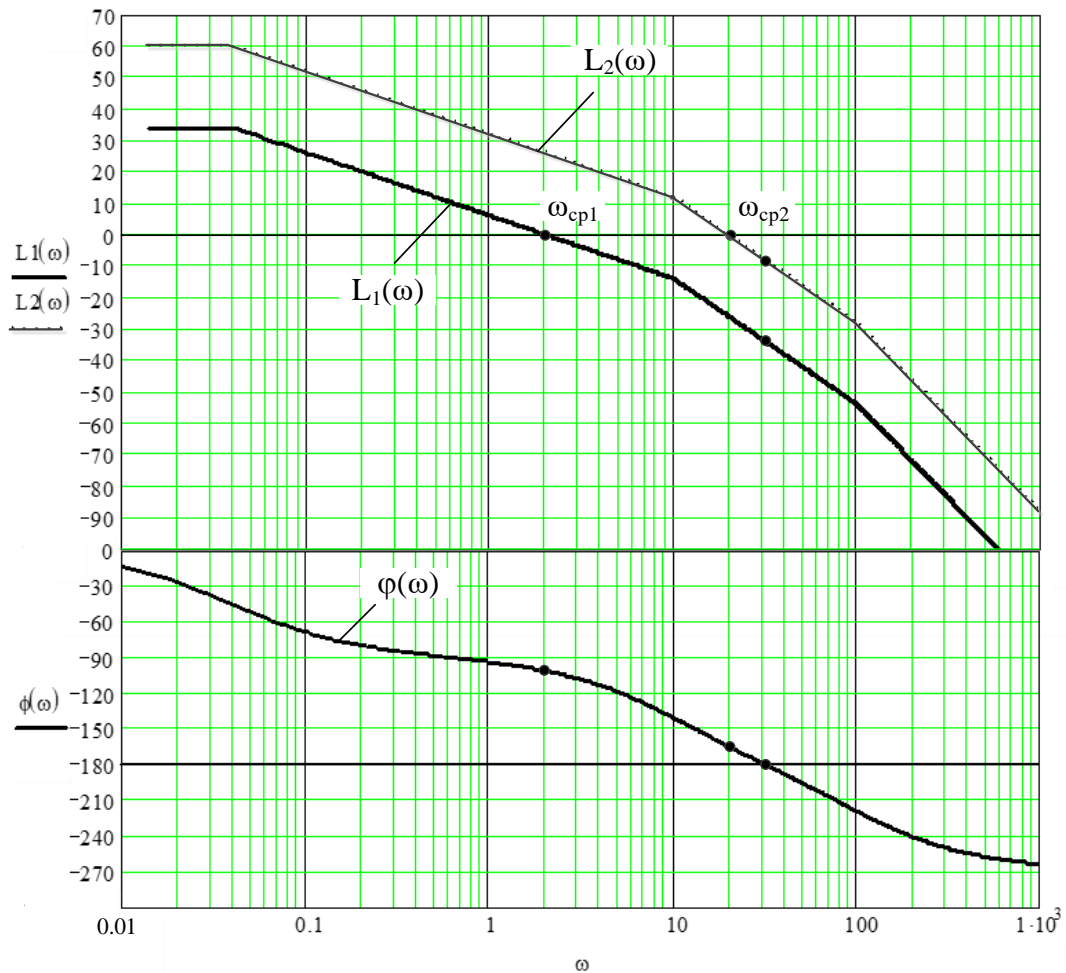


Рисунок 1. Логарифмические амплитудные $L_1(\omega)$ и $L_2(\omega)$ и фазовая $\phi(\omega)$ частотные характеристики

Далее по этим характеристикам известными действиями [2,3] определяются показатели запаса устойчивости

по амплитуде $\Delta L_1(\omega) = 33$ дБ, $\Delta L_2(\omega) = 9$ дБ и
 по фазе $\Delta \phi_1(\omega) = 180^\circ - 104^\circ = 76^\circ$, $\Delta \phi_2(\omega) = 180^\circ - 168^\circ = 12^\circ$.

При увеличении коэффициента передачи, с целью повышения статической точности системы регулирования, получен неудовлетворительный

запас устойчивости (значение $\Delta\varphi_2(\omega)$) ниже рекомендуемых [2,3]). Этот факт предопределяет неудовлетворительные качественные показатели переходного процесса.

Для оценки качества переходного процесса используется передаточная функция замкнутой системы регулирования при единичной обратной связи (2)

$$W_{\text{зам}}(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)}, \quad (2)$$

а изображение переходной функции $H(p)$ для передаточной функции (2) определяется выражением (3)

$$H(p) = W_{\text{зам}}(p) \cdot \frac{1}{p}. \quad (3)$$

Оригинал переходной функции $h(t)$ определяется по изображению $H(p)$ посредством обратного преобразования Лапласа [4].

Для этого выражение (3) записывается с учетом (1) и (2) и в него подставляются числовые значения параметров системы. Далее к полученному выражению в MathCade применяется обратное преобразование Лапласа («Символика» - «Трансформация» - «Инверсия Лапласа»). В результате этих действий получаем выражения для переходных функций $h_1(t)$ и $h_2(t)$, которые описывают переходные процессы в рассматриваемой САР при двух значениях коэффициента передачи k_1 и k_2 соответственно.

По полученным выражениям выполняется построение графиков переходных процессов (рисунок 2).

Ниже представлен соответствующий MathCad документ.

Диапазон времени: $t = 0,0.01..2$

а) при $k = k_1 = 50$, получим

$$h_1(t) := 0.980 - 0.0022 \cdot e^{-100.22t} + 0.808 \cdot e^{-6.85t} - 1.786 \cdot e^{-2.97t}$$

б) при $k = k_2 = 1000$, получим

$$\begin{aligned} h_2(t) := & C - D \cdot e^{-dt} - E \cdot e^{-et} \cdot \cos(\beta \cdot t) - G \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta \cdot t) \dots \\ & + i \cdot \left(-A \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos(\beta \cdot t) + B \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta \cdot t) \right) \dots \\ & + i \cdot \left(A \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos(\beta \cdot t) - B \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta \cdot t) \right) \end{aligned}$$

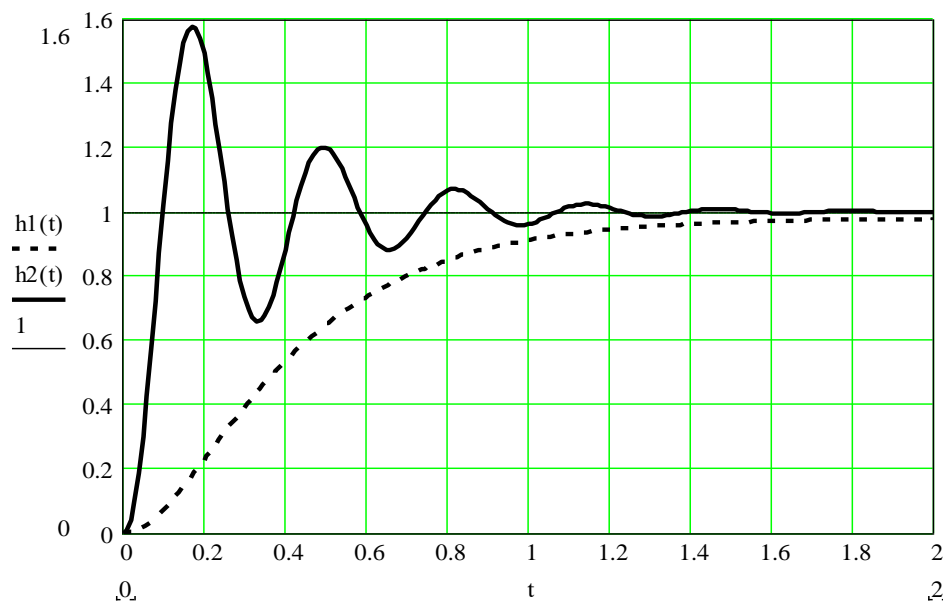


Рисунок 2. Кривые переходных процессов САР при различных коэффициентах передачи

Значения коэффициентов, полученных в результате обратного преобразования Лапласа:

$$A := 0.171 ; \quad B := 0.481 ; \quad C := 0.999 ; \quad D := 0.036 ; \quad E := 0.963 ; \quad G := 0.342 ;$$

$$\alpha := 2.977 ; \quad \beta := 19.386 ; \quad d := 104.086 ; \quad e := 2.977 .$$

Характер переходного процесса для функции $h_1(t)$ является монотонным, время регулирования составляет $t_p \approx 2$ с.

Для функции $h_2(t)$ характер переходного процесса – колебательный, величина перерегулирования составляет $\sigma = 59\%$, время регулирования – $t_p = 1,3$ с. и коэффициент колебательности равен $M > 1,5$.

По полученным результатам делается вывод о степени пригодности системы к эксплуатации.

Предложенный в работе подход для построения и анализа логарифмических частотных характеристик и переходных функций систем автоматического регулирования, сохраняя наглядность и простоту этого метода, позволяет значительно ускорить расчеты и повысить их точность.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0

3. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
4. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
5. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
6. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
7. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
8. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
9. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 629.423.3:621.316.53

Обнаружение межвитковых замыканий в датчиках тока тяговых двигателей

Федин Р.С., Мамедов Г.М.

Аннотация: Предложена методика, позволяющая выявлять наличие короткозамкнутых витков в рабочих обмотках датчиков тока тяговых двигателей.

Ключевые слова: датчик тока, межвитковые замыкания, выявление замыканий.

Датчики тока якоря и возбуждения входят в систему автоматического управления тяговыми двигателями электропоезда и предназначены для преобразования величины силового тока в низковольтное напряжение, изменяющееся пропорционально току и не имеющее гальванической связи с высокопотенциальными цепями [1]. Возникающие в процессе эксплуатации дефекты датчика приводят к неудовлетворительной работе системы управления электропоездом.

Одним из наиболее часто встречающихся дефектов датчика тока являются межвитковые замыкания в его рабочих обмотках. Нарушение межвитковой изоляции происходит как в процессе производства, так и при эксплуатации. Пробой межвитковой изоляции в условиях эксплуатации может быть вызван атмосферными или коммутационными перенапряжениями при переходных режимах (разгон, торможение, реверс) или другими причинами. Отбраковка датчиков тока с межвитковым замыканием в рабочих обмотках при малом числе замкнутых витков не позволяет обнаруживать их посредством измерения омического сопротивления обмоток.

Предложенное устройство для обнаружения межвиткового замыкания содержит генератор звуковой частоты (ЗГ), исследуемый датчик тока (ДТ), являющийся, по принципу работы, трансформатором постоянного тока, осциллограф (ЭО) и электронный вольтметр (V_2). В датчике тока выполнена дополнительная измерительная обмотка с числом витков $w_{из}$ и обмотки с 1, 2 и 3-мя витками, позволяющие имитировать короткозамкнутые витки.

Схема устройства для определения наличия межвитковых замыканий в рабочих обмотках датчика тока приведена на рисунке 1. С учетом частотных свойств материала магнитопровода датчика тока [2.3], устанавливается оптимальная частота генератора, обуславливающая максимальную чувствительность устройства.

Для обнаружения короткозамкнутого витка к рабочим обмоткам датчика подводится напряжение генератора звуковой частоты в диапазоне 3 – 10 В. На измерительной обмотке определяется наведенная ЭДС E_{xx} при отсутствии замыкания в рабочей обмотке. Затем поочередно замыкаются обмотки, имитирующие короткозамкнутые витки.

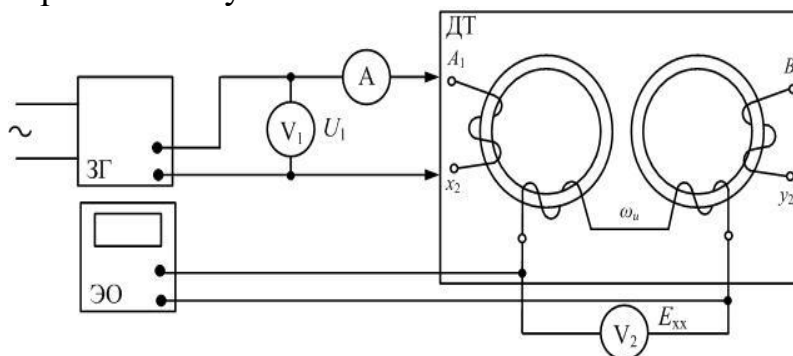


Рисунок 1. Схема устройства для определения наличия межвитковых замыканий в рабочих обмотках датчика тока

По результатам измерений на рисунке 2 построены графики, отражающие реакцию датчика тока на наличие короткозамкнутых витков в его рабочих обмотках. На этом рисунке по оси абсцисс указана частота в герцах и показаны частотные зависимости индуктируемой ЭДС в измерительной обмотке.

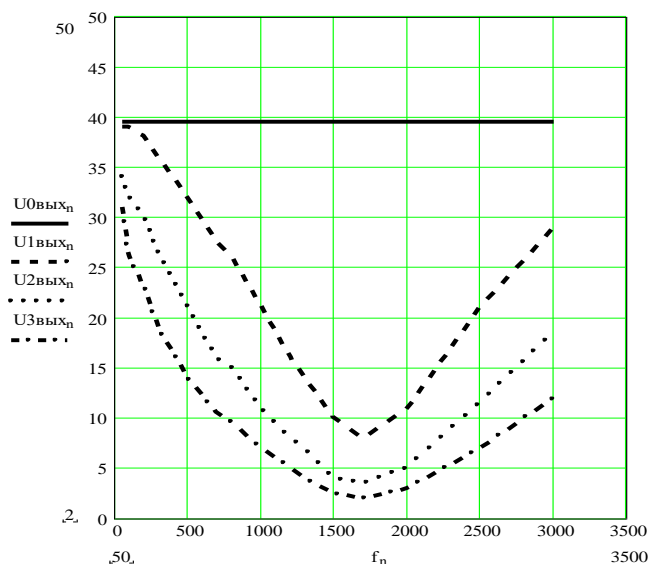


Рисунок 2. Частотные зависимости изменения величины индуцируемого напряжения в измерительной обмотке датчика тока

Предложенное устройство позволяет диагностировать трудновывявляемые дефекты датчиков тока тяговых двигателей электропоездов.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструкционных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева брукс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020).

- труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
 9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
 10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.

10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.315.2

Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4 - 10 кВ

Дегтярев А.А., Климентов Н.И., Мамедов Г.М.

Аннотация: Приведена методика проведения испытаний силовых кабелей на напряжения 0,4-10 кВ, включающая измерение сопротивления изоляции кабеля и испытание повышенным напряжением кабельной линии.

Ключевые слова: силовые кабели, испытания, сопротивление изоляции, повышенное напряжение.

Данная методика испытаний предназначена для выявления дефектов и оценки общего состояния силовых кабелей 0,4 - 10 кВ. Эти испытания необходимы для обеспечения бесперебойного питания электроприёмников и безаварийной работы электрооборудования. В нее входит измерение сопротивления изоляции кабеля и испытание повышенным напряжением кабельной линии.

Испытание силовых кабелей 0,4-10 кВ проводится в атмосферных условиях близких к нормальным: температура окружающего воздуха (-30⁰... +40⁰)С и относительная влажность воздуха не более 90 %.

Измерение сопротивления изоляции кабеля

Измерение сопротивления изоляции кабеля производится мегомметром на 2500 В в течении 60с, для каждой жилы в отдельности или группы жил одной фазы при двух других заземленных жилах или группы жил. Для силовых кабелей напряжением до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 Мом. Сопротивление изоляции кабелей выше 1 кВ не нормируется.

При измерениях в эксплуатации показания мегомметра не служат основанием для оценки изоляции кабельной линии, поскольку в значительной степени сопротивление изоляции кабеля определяется состоянием концевых разделок и зависит от длины кабеля. Проверка кабеля мегомметром позволяет выявить лишь грубые развитые дефекты (замыкание на землю или между жилами, обрыв жил), а также различного рода упущения, допущенные при ремонте кабеля.

Испытание повышенным напряжением

Основным критерием удовлетворительного состояния кабелей является испытание повышенным выпрямленным напряжением каждой жилы относительно оболочки и двух других заземленных жил. Схема испытания изоляции кабеля повышенным выпрямленным напряжением показана на рисунке 1.

После каждого испытания повышенным напряжением производят повторное измерение сопротивления изоляции с помощью мегомметра для того, чтобы убедиться, что испытания не ухудшили состояние изоляции кабеля. У кабелей напряжением до 10 кВ значение тока утечки не должно превышать 300 мкА, а асимметрия токов утечки по фазам должна быть не более 8-10%.

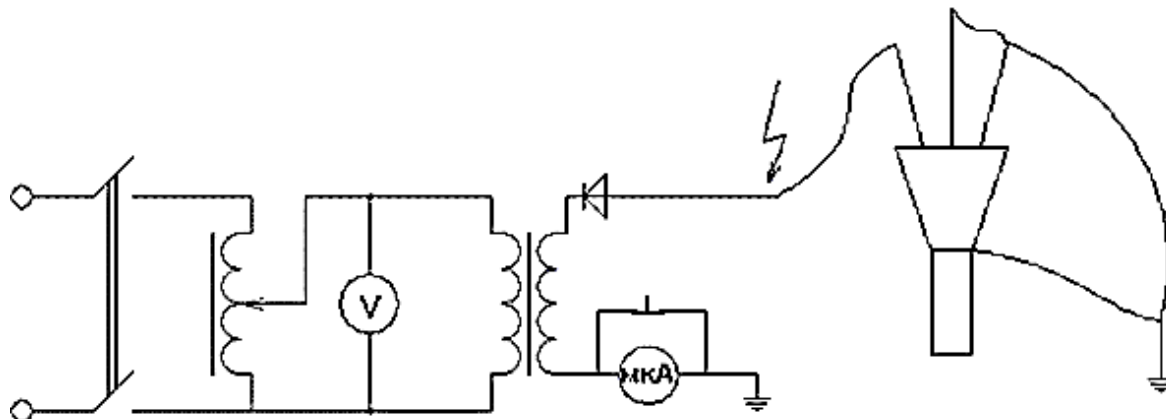


Рисунок 1. Схема испытания изоляции кабеля повышенным выпрямленным напряжением

Значения испытательного выпрямленного напряжения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Вид испытаний и значения испытательных напряжений

ид испы- тания	В	Значение испытательного напряжения кВ, для силовых кабельных линий на напряжение кВ				
		Кабели с бумажной изоляцией				
		до 1	2	3	6	10
П		6	12	18	36	60
К		2,5	10 - 17	15 - 25	36 - 45	60
М		—	10 - 17	15 - 25	36 - 45	60
		Кабели с пластмассовой изоляцией				
		0,66	1	3	6	10
П		3,5*	5*	15	36	60
М		—	2,5 *	7,5	36	60
К		—	—	7,5	36	60
		Кабели с резиновой изоляцией				
		3	6	10		
П		6	12	20		
М		6	12	20		
К		6**	12**	20**		

*Является обязательным только для кабелей электрической станций, подстанций и распределительных устройств. Испытание выпрямленным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони не производится

****После мелких ремонтов, не связанных с перемонтажом кабеля, изоляция проверяется мегомметром на 2500В.**

Средства измерения

Для измерения сопротивления изоляции кабеля применяют мегомметр Ф4102/2-1М. Диапазон измерения от 0 до 50000 МОм. Класс точности 1,5 по ГОСТ 8.401—80. Предел допускаемого значения основной погрешности равен $\pm 1,5\%$ от длины шкалы.

Для проведения испытаний кабеля повышенным напряжением используется передвижная высоковольтная лаборатория СПЭИИ.

Подготовка к выполнению измерений

Перед началом проведения измерений (испытаний) необходимо:

- ознакомиться со схемой прокладки и наличием муфт кабельной линии (если имеется);
- отключить испытываемый кабель и выполнить технические и организационные мероприятия;
- произвести визуально осмотр концевых муфт.

Выполнение измерений

Измерение сопротивления изоляции кабельной линии

Необходимо установить прибор (мегомметр) в горизонтальное положение. Снять крышку прибора и закрепить её на боковой стенке в предусмотренных гнездах. В отсек питания установить сетевой блок, при питании от сети или 9 элементов А373 при питании от химических источников тока.

К клемме « \perp » подключить первый соединительный шнур – к клемме с охранным кольцом и к клемме «Э» подключить второй соединительный шнур, в соответствии с маркировкой. Установить переключатель измерительных напряжений в нужное положение.

При разомкнутых зажимах R_x , нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1» и установить ручкой «УСТ. \square » указатель мегомметра на отметку (\square).

Замкнуть зажимы R_x , нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1» и установить ручкой «УСТ. 0» указатель прибора на отметку (0), а затем, нажав обе кнопки «ИЗМЕРЕНИЕ 2», проверить установку указателя на отметку (0).

В случае отклонения указателя от отметки (0), установить указатель в первом и во втором случае так, чтобы отметка (0) оказалась посередине этих двух показаний.

Для проведения измерений нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1», подав тем самым на объект измерения высокое напряжение. На время измерения держать кнопку нажатой.

Через 60 сек после нажатия кнопки произвести отсчет измеряемого значения сопротивления по шкале 1. При необходимости проведения измерений с повышенной точностью, не отпуская кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 1», нажать кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ 2» и сделать отсчет измеряемого сопротивления по шкале 2.

После проведения измерения мегомметром необходимо снять остаточный заряд с жилы кабеля, посредством её кратковременного заземления.

Аналогичные замеры сопротивления изоляции провести при других сочетаниях жил. Замеренные сопротивления изоляции кабельной линии записать в рабочую тетрадь, для последующего сравнения с замерами, полученными после испытания повышенным напряжением.

Испытание повышенным выпрямленным напряжением изоляции кабельной линии

Сборка схемы, для испытания повышенным напряжением производится согласно инструкции по эксплуатации передвижной высоковольтной лаборатории. Высоковольтный вывод испытательной установки присоединяется к одной из жил кабеля, на другие жилы накладывается переносное заземление. На испытательную установку подается питание. Снимается заземление с высоковольтного вывода испытательной установки и начинается плавный подъем напряжения со скоростью 1-2 кВ/с до максимального испытательного напряжения. При этом постоянно ведется наблюдение за характером изменения тока утечки и напряжения. По достижении испытательным напряжением максимального значения производится отсчет времени испытания. На последней минуте испытания производится отсчет тока утечки, по шкале микроамперметра, с последующей записью в рабочую тетрадь. По истечении времени испытания производится понижение испытательного напряжения до нуля. Через разрядное сопротивление заземляется высоковольтный вывод установки. Аналогичные операции проводятся с другими жилами кабельной линии.

Испытание повышенным напряжением одножильных кабелей производится с подачей напряжения испытания на жилу относительно корпуса (брони) кабеля.

После каждого испытания производят повторное измерение сопротивления изоляции с помощью мегомметра для того, чтобы убедиться, что испытания не ухудшили состояния изоляции кабеля.

Обработка и вычисление результатов измерений.

Если асимметрия токов утечки по фазам, превышает 8-10%, то это является признаком дефекта кабельной линии (обычно плохая разделка муфт). Результаты испытаний кабелей считаются удовлетворительными, если при испытаниях не произошло пробоя, не отмечено нарушения изоляции, не наблюдалось резких бросков тока в сторону увеличения и напряжения в сторону уменьшения, ток утечки в период приложения максимального напряжения не возрастал и не превышал допустимых значений, не наблюдалось скользящих разрядов, сопротивление изоляции осталось неизменным (до и после испытания повышенным напряжением).

Оформление результатов измерений

Результаты измерений, обработки и вычислений заносятся в рабочую тетрадь, затем составляется протокол.

Требования к квалификации персонала

Испытания производятся специально обученным персоналом электротехнической лаборатории в соответствии с требованиями правил техники безопасности.

Список литературы

1. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
2. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
3. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
4. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
5. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
6. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
7. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
8. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.332

Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim

Кураков А.В., Климентов Н.И.

Аннотация: В среде Multisim разработана модель тяговой сети с двумя тяговыми подстанциями и поперечной емкостной компенсацией.

Ключевые слова: электроснабжение, тяговые подстанции, тяговая сеть, поперечное компенсирующее устройство.

Для одного и того же локомотива при его перемещении вдоль фидерной зоны изменяется индуктивное сопротивление системы и, следовательно, изменяется коэффициент мощности [1].

В данной работе с применением программы схемотехнического моделирования Multisim имитируется схема питания контактной сети

переменного тока системы 25 кВ. Рассматривается межподстанционная зона двух подстанций, на одной из которых находится компенсирующее устройство.

Реальный тяговый трансформатор имитируется схемой замещения с подключенными измерительными приборами - амперметром, вольтметром и ваттметром (рисунок 1).

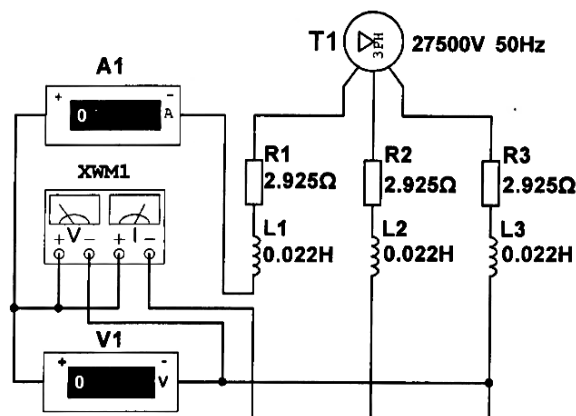


Рисунок 1. Модель схемы замещения тягового трансформатора

Локомотив при моделировании представляется, как активно-индуктивная нагрузка (рисунок 2).

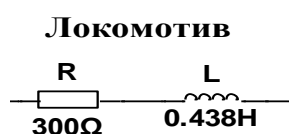


Рис. 2. Схема замещения локомотива

Контактная сеть на модели представляется схемой замещения, с активными и индуктивными сопротивлениями каждых десяти километров (рисунок 3)

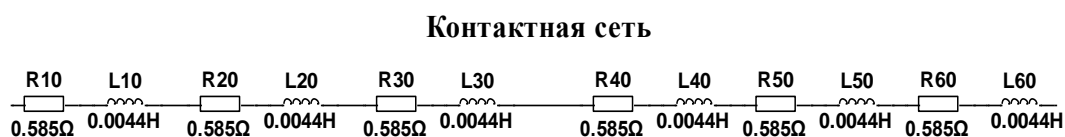


Рисунок 3. Схема замещения контактной сети

На рисунке 4 представлена разработанная модель тяговой сети с двумя тяговыми подстанциями и поперечной емкостной компенсацией на одной из тяговых подстанций (подстанция 2).

Имитируя на модели перемещение локомотива вдоль межподстанционной зоны по приборам можно отслеживать изменение напряжений, токов, активных мощностей и коэффициентов мощности на каждой подстанции и на локомотиве, как при наличии емкостной компенсации, так и при ее отсутствии.

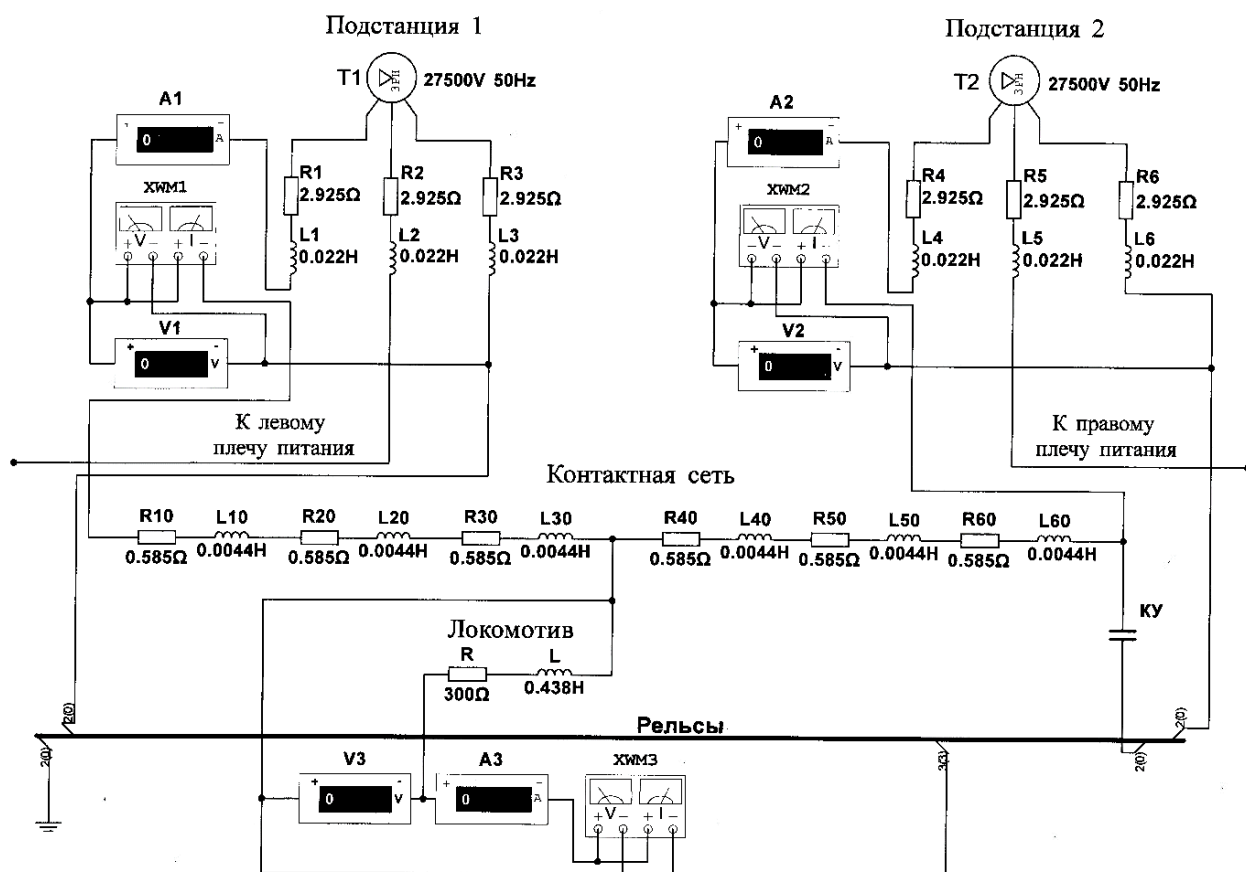


Рисунок 4. Модель межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока

В качестве примера на рисунке. 5 показаны снятые с помощью приборов зависимости изменения коэффициента мощности на подстанциях 1 и 2 в функции от расположения локомотива в межподстанционной зоне, как при наличии поперечной емкостной компенсации, так и при ее отсутствии.

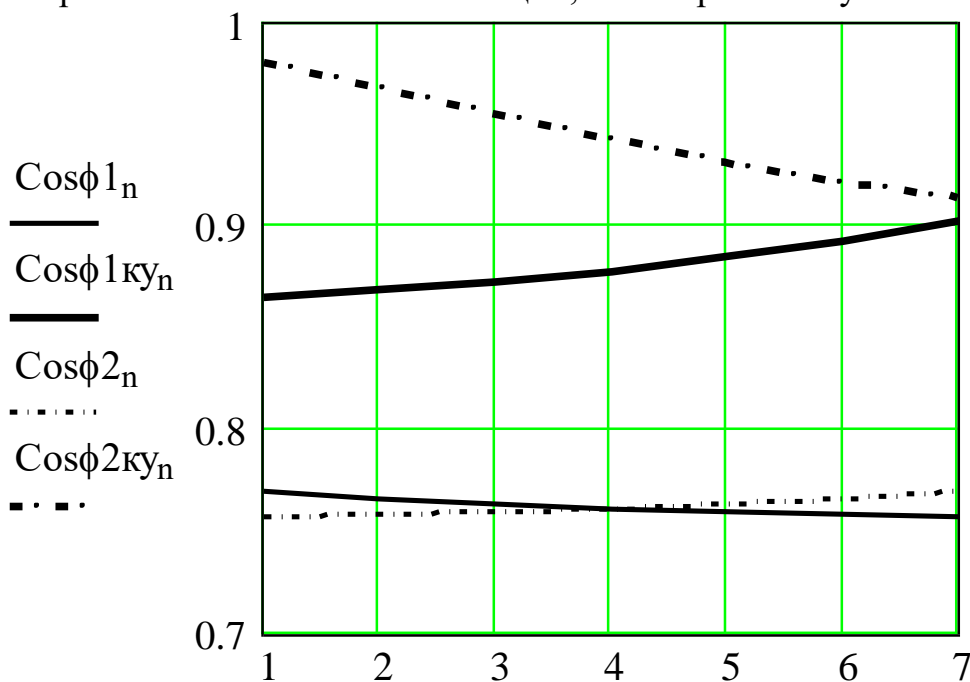


Рисунок 5. Изменения коэффициента мощности на подстанциях 1 и 2 при перемещении локомотива в межподстанционной зоне

Используя разработанную модель тяговой сети переменного тока можно оценить изменения напряжений и определить распределение токов и мощностей между подстанциями при различных расположениях локомотива в межподстанционной зоне.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
4. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
5. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
6. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
7. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 625.151

Разработка системы электроснабжения для питания устройств обогрева и освещения стрелочных переводов ст. Новохоперск ЮВ ж. д.

Косовцев А.И., Климентов Н.И.

Аннотация: Разработана система электроснабжения для питания устройств электрообогрева и освещения стрелочных переводов ст. Новохоперск ЮВ ж.д., выбрано для установки необходимое оборудование и линии электропитания.

Ключевые слова: электроснабжение, стрелочные переводы, электрообогрев, освещение

На станции Новохоперск Юго-Восточной железной дороги в эксплуатации находятся 36 стрелочных переводов, из них 15 стрелочных переводов расположены на главных путях станции. Эти стрелочные переводы не оборудованы системой обдува и электрообогревом, что осложняет работу эксплуатационного персонала, напрямую влияя на безопасность движения поездов. При возникновении сложных погодных условий, сопровождающихся обильным выпадением снега, возникает большая вероятность нарушения работоспособности напольного оборудования, а именно - перевода стрелок для создания маршрутов движения поездов.

Кроме этого, на станции находятся социально значимые объекты, такие как больница, котельная, билетные кассы и др., подключенные к питающей воздушной линии два провода рельс (ВЛ ДПР). Указанные объекты являются потребителями первой категории электроснабжения и требуют резервирования гарантированного электроснабжения. Однако, существующая система электроснабжения не обеспечивает их надежную и бесперебойную работу.

В данной работе для снижения вероятности возникновения нарушений в графике движения поездов и, принимая во внимание экономическую составляющую, предлагается оборудовать электрообогревом стрелочные переводы №1,3,5,7,9,21,27,31, расположенные на главных путях в нечетной горловине станции, и стрелочные переводы №2,4,6,8,10,16,18, расположенные на главных путях в четной горловине станции. А также стрелочные переводы №11,13,17,23,25, задействованные в маршруте движения специального подвижного состава аварийно-восстановительной техники района контактной сети ЭЧК-22. Для решения поставленной задачи необходимо установить две комплектные трансформаторные подстанции, подключаемые к ВЛ ДПР по одной в каждой горловине станции (рисунок 1).

Для обогрева стрелочных переводов на ст. Новохоперск предлагается использовать систему управления электрообогревом стрелок СЭИТ-04М [1]. Особенностью этой системы является то, что для питания трубчатых электронагревателей (ТЭН) электрообогрева одной стрелки используются два однофазных изолировочных трансформатора, по одному на каждый рельс.

Система СЭИТ-04М [1] для одной железнодорожной станции состоит из одного пульта ПУО-02 и нескольких шкафов управления электрообогревом ШОИТ-02 (рисунок 2). Каждый шкаф ШОИТ-02 соединяется с пультом ПУО-02 двухпроводной линией.

Количество шкафов ШОИТ-02 определяется исходя из общего количества и расположения обогреваемых стрелок на станции (рисунок 3). Количество стрелок, подключаемых к одному шкафу, может быть от 1 до 4 стрелок (таблица 1).

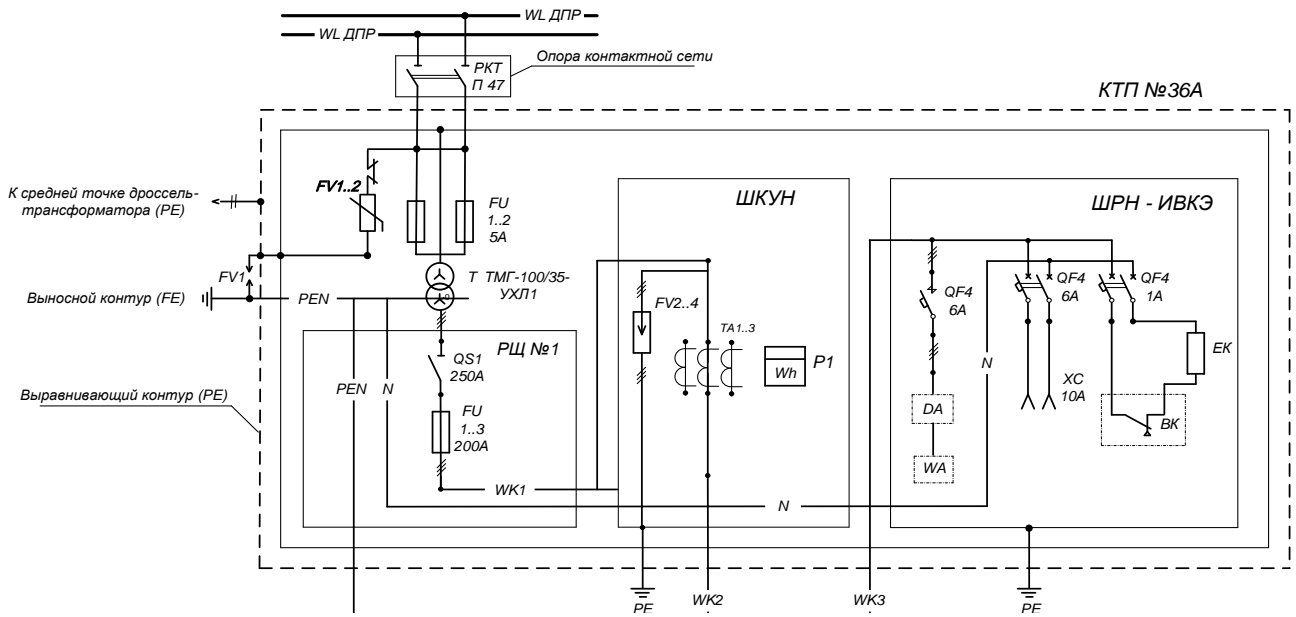


Рисунок 1. Схема КТП для питания цепей электрообогрева и освещения стрелочных переводов в нечетной горловине ст. Новохоперск

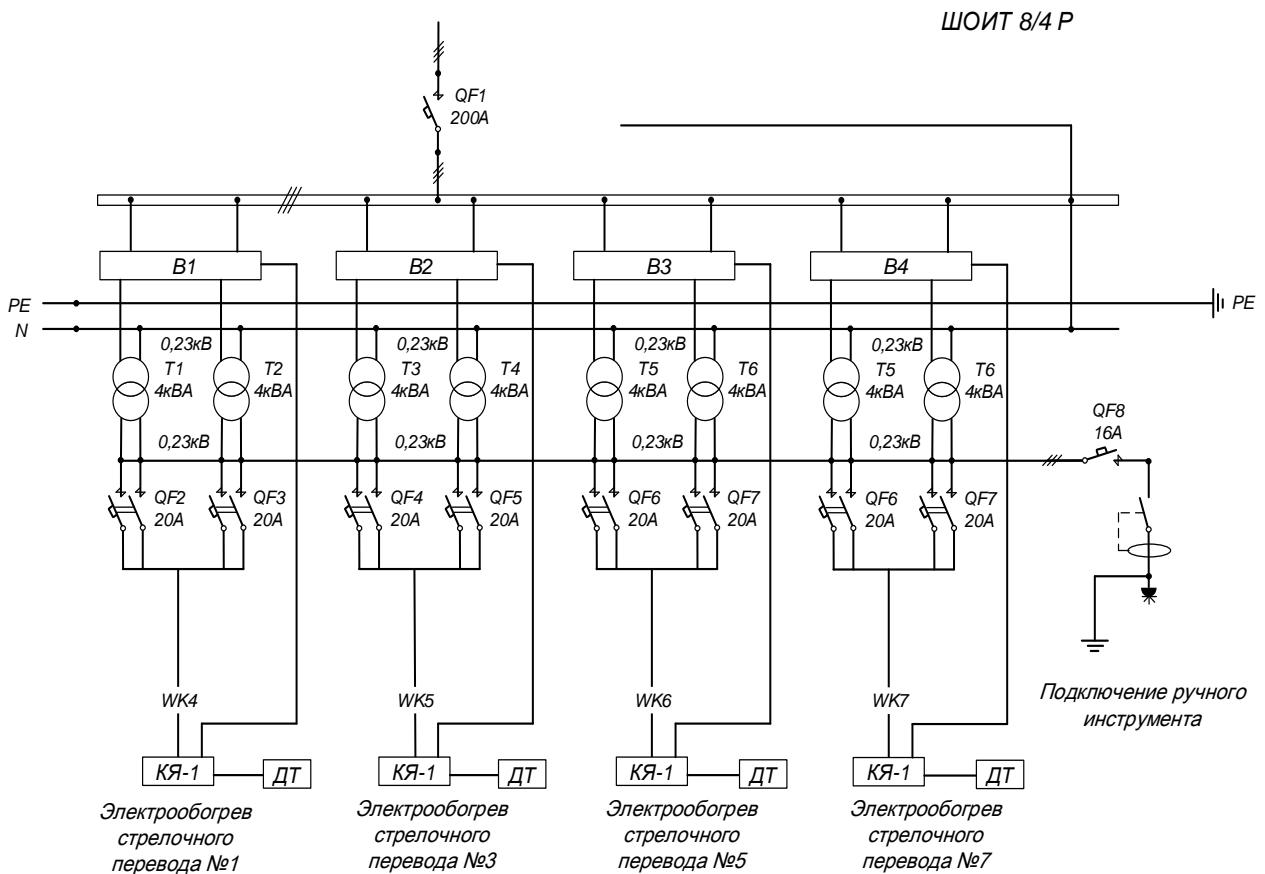


Рисунок 2. Схема шкафа управления электрообогревом стрелочных переводов

Таблица 1. Типы и параметры шкафов управления ШОИТ-02

Тип шкафа управления	Количество обогреваемых стрелок	Мощность на 1 стрелку кВА	К-во блоков БКУ-04 в шкафу	К-во датчиков температуры	Количество клеммных ящиков КЖ-02
ШОИТ-02-8/1	1	8	1	1	1
ШОИТ-02-8/2	2	8	2	2	2
ШОИТ-02-8/3	3	8	3	3	3
ШОИТ-02-8/4	4	8	4	4	4

Мощность и токи, распределенные по фазам шкафов, без учета освещения стрелок, приведена в таблице 2.

Таблица 2. Распределение мощностей и токов по фазам шкафов ШОИТ-02 (без учета освещения)

Условное обозначение	Номинальная мощность кВА	Ток переменный номинальный, А по фазам А, В и С	Автоматический выключатель защиты на вводе QF1
ШОИТ 02 -8/1	8	18; 18; 0	3-х фазный D25
ШОИТ 02 -8/2	16	36; 18; 18	3-х фазный D40
ШОИТ 02 -8/3	24	36; 36; 36	3-х фазный D50
ШОИТ 02 -8/4	32	54; 54; 36	3-х фазный D63

Токи, распределенные по фазам шкафов, для освещения стрелок, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Распределение токов по фазам шкафов ШОИТ-02 для освещения стрелок

Условное обозначение	Номинальная мощность освещения, кВА	Ток переменный номинальный, А (по фазам А, В и С)
ШОИТ 02 -8/1	0,5	0; 0; 2,3
ШОИТ 02 -8/2	1,0	0; 0; 4,6
ШОИТ 02 -8/3	1,5	0; 0; 6,9
ШОИТ 02 -8/4	2,0	0; 0; 9,2

Для питания цепей обогрева и наружного освещения стрелочных переводов ст. Новохоперск выполнен расчет и выбор кабелей. Все выбранные кабели проверены по длительному допустимому нагреву и допустимой потере напряжения. Марки выбранных кабелей, их длина и схемы разводки указаны на рисунках 3 и 4.

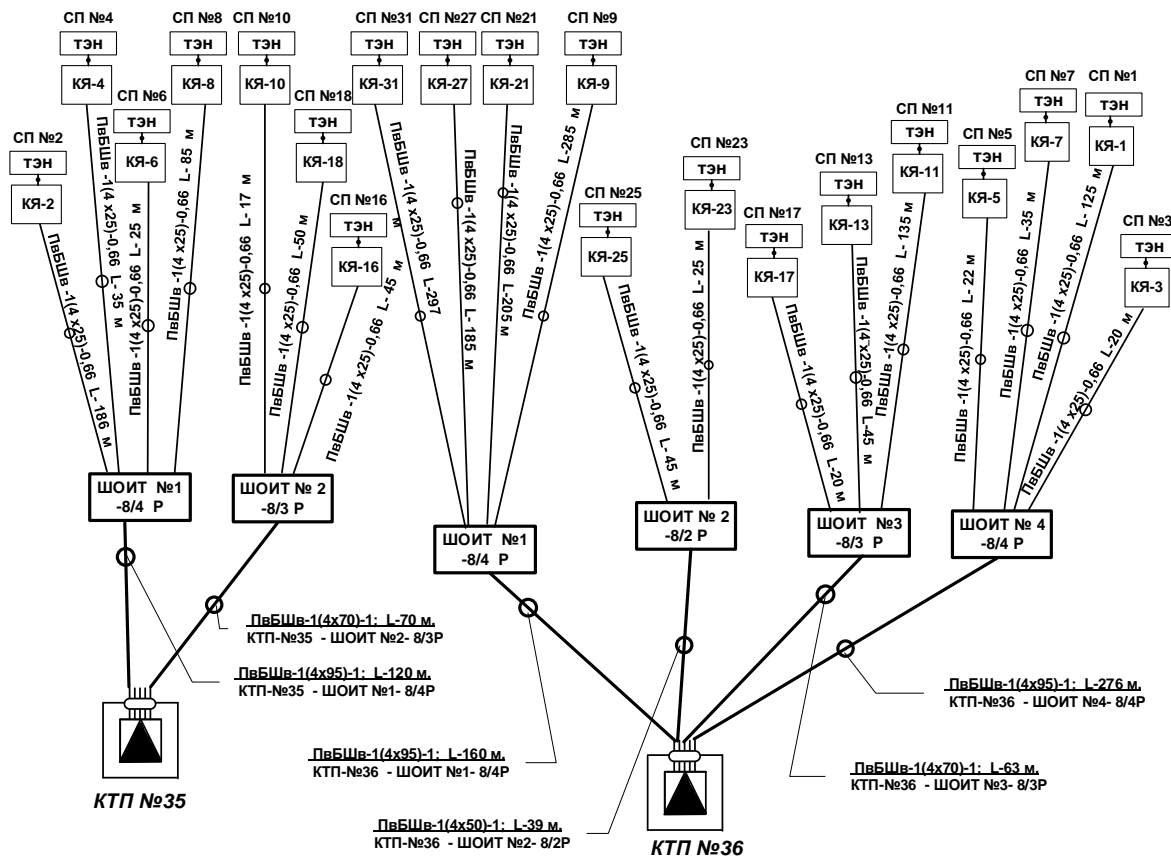


Рисунок 3. Схема разводки кабелей системы обогрева стрелочных переводов

Система управления электрообогревом стрелок СЭИТ-04М обеспечивает:

- управление электрообогревом стрелок от дистанционного пульта управления ПУО-02 на станции, от пульта дежурного по станции, от пульта центрального диспетчера или вручную тумблером на панели ручного управления шкафа ШОИТ-02;
- управление освещением стрелок от пульта ПУО-02 на станции или вручную тумблером на панели ручного управления шкафа ШОИТ-02;
- электропитание ручного электроинструмента от шкафа ШОИТ-02;
- электропитание ТЭНов изолированным напряжением 230 В;
- контроль уровня напряжений питающего ввода;
- контроль параметров работы внутренних устройств системы управления электрообогревом стрелок (контакторов, датчиков и т.п.);
- контроль мощности и определение перегорания ТЭНа;
- контроль сопротивления изоляции ТЭНов;
- контроль температуры рельса и управление электрообогревом с учетом температуры окружающей среды;
- возможность работы в летнее время от отдельного, однофазного ввода для управления освещением стрелки;
- индикацию состояния при отклонениях контролируемых параметров от нормы;
- отключение электрообогрева при аварийных отклонениях контролируемых параметров от нормы;

- контроль вскрытия шкафа управления электрообогревом, в том числе и при отключенном напряжении питания шкафа (в летнее время).

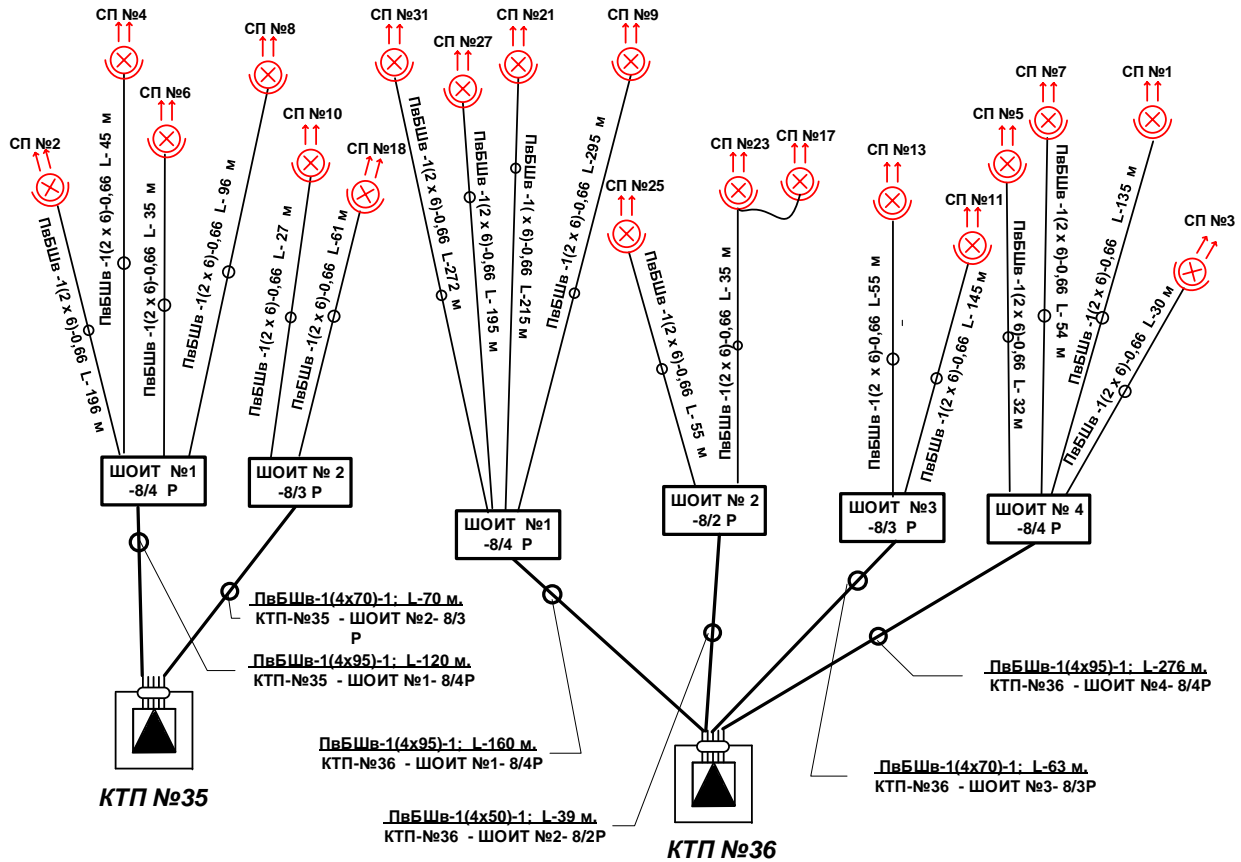


Рисунок 4. Схема разводки кабелей для освещения стрелочных переводов

Если ток через трансформатор, рассчитанный на подключение ТЭНов мощностью до 4-х кВт, превысит значение 21 А и остается таким в течении 0,6 сек, фиксируется авария ТЭНа типа превышение подключенной мощности.

При фиксации данной аварии электрообогрев отключается и блокируется до снятия команды на электрообогрев.

Данная авария ТЭНа индицируется прерывистым свечением светодиодов. Контроль мощности ТЭНов.

Мощность ТЭНов, подключенная к изолировочным трансформаторам, определяется как: $P_1 = (U_1 * I_1)$ и $P_2 = (U_2 * I_2)$.

Авария ТЭНа по снижению мощности фиксируется в том случае, если текущая мощность P становится на 25% ниже заданной (P_3), и остается такой в течении 10 сек. Указанная авария ТЭНа индицируется прерывистым свечением светодиодов.

На трансформаторных подстанциях №35, №36 монтируется шкаф распределительный наружной установки с информационно вычислительным комплексом электроустановки (ШРН-ИВКЭ) в комплект которого входят: концентратор данных ECHELON DC-1000/SL, передающая антенна «шайба-1 GSM 900/1800», розетка РД-47 10А/240В, нагревательный элемент ПЭВ-100, тепловой датчик Plannenberq FLZ520.

Для точного учёта расхода электрической энергии потребляемой различными электроприёмниками получающими питание от трансформаторной подстанции требуется разместить на данных подстанциях устройства коммерческого учёта расхода электрической энергии. Для этого выбираем продукцию компании «Echelon Corporation».

Счетчики электроэнергии Echelon обеспечивают целый ряд различных функций: автоматическое считывание показаний счётчиков, снятие показаний в зависимости от времени, удалённое управление отключением нагрузки, оптимизация управления распределением электроэнергии, определение отключений электроснабжения и управление восстановлением, обнаружение полного отключения электроэнергии и падения напряжения, управление нагрузками в реальном времени, и другие.

Технические характеристики счетчиков электроэнергии Echelon:

- возможность связи по линиям электросети (PLC) с концентратором данных Echelon;
- порт оптической связи для сопряжения с компьютером или портативным считывающим устройством (соответствует стандарту IEC 61107;
- на дисплее счетчика представлен прокручиваемый список из 10 элементов (с идентификационными кодами для каждого элемента), включающий в частности: электроэнергию, показатели электрической сети, время, дату, остаток кредита, значения энергии по различным тарифам и прочее;
- контактор отключения нагрузки с возможностью удаленного отключения. Если контактор был удаленно приведен в положение "выключено", то его нельзя будет включить вручную;
- интервалы регистрации данных: каждые 5, 15, 30, 60 минут или раз в сутки;
- профиль нагрузки хранится в памяти счетчика до 180 дней;
- резервное аккумуляторное питание для поддержания точности часов реального времени (RTC/Real Time Clock) и обнаружения попыток несанкционированных действий во время прекращения подачи электроэнергии;
- оповещение о попытке несанкционированных действий и изменениях в работе счетчика;
- измерение показателей качества электроэнергии;
- безопасность оптической связи обеспечивается защитой с использованием паролей, а безопасность PLC-связи – кодированием и аутентификацией.

Внедрение системы обогрева стрелочных переводов на ст. Новохоперск позволит обеспечить выполнение плана перевозок пассажиров и грузов с установленными скоростями независимо от состояния погоды при обеспечении безопасности движения.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020).

- труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
 3. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
 4. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
 5. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
 6. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
 7. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
 8. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
 9. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.332.3

Показатели оценки состояния контактной сети

Евстигнеев М.И., Климентов Н.И.

Аннотация: Рассмотрена балльная оценка состояния контактной сети, приведен перечень регистрируемых, визуальных и учитываемых показателей и начисляемые штрафные баллы, в том числе, начисляемые за выявленные повторные отступления от нормативных параметров.

Ключевые слова: контактная сеть, регистрируемые, визуальные и учитываемые показатели, начисляемые штрафные баллы, нормативный журнал.

Балльная оценка состояния контактной сети определяется на основании результатов инспекционных осмотров электрифицированных участков железных дорог с использованием вагона-лаборатории (ВИКС).

В осмотрах должны принимать участие: начальник службы электрификации и электроснабжения или его заместитель, начальник дистанции электроснабжения или, при его отсутствии, заместитель, ведающий вопросами текущего содержания контактной сети, и начальник района контактной сети.

Техническое состояние контактной сети в границах района контактной сети, дистанции электроснабжения и службы электрификации и электроснабжения железной дороги определяется средним баллом за квартал (месяц) путем деления общей суммы начисленных штрафных баллов ("регистрируемые показатели", "повторные отступления", "визуальные показатели", "учитываемые показатели") на количество проверенных километров в однопутном исчислении.

Участки (километры) контактной сети, имеющие сумму начисленных штрафных баллов более 150, выделяются в "неудовлетворительные километры", а места, где штрафные баллы составляют 400 и более, - в "опасное место".

1. Перечень регистрируемых показателей и начисляемые штрафные баллы, формируемые программой записи параметров контактной подвески аппаратным комплексом ВИКС в автоматическом режиме приведены в таблице 1.

Штрафные баллы, начисляемые за выявленные повторные отступления от нормативных параметров:

- ранее оцененных 400 баллами увеличиваются в 5 раз. При наличии 3-х и более таких повторений контактная сеть района контактной сети оценивается как неудовлетворительная;
- по остальным отклонениям количество баллов удваивается.

Таблица 1. Регистрируемые показатели состояния и штрафные баллы

№ п/п	Регистрируемые показатели	Регулируемое значение нормируемого показателя	Начисляемые штрафные баллы
1	Отклонение от нормируемого ПУТЭКС зигзага контактного провода в точках фиксации и наибольшего отклонения от оси токоприемника на воздушных стрелках и сопряжениях, мм	от 160 до 200	50
		более 200	100
2	Зигзаг контактного провода (абсолютное значение), мм	более 500	400
3	Вынос контактного провода (абсолютное значение), мм	более 450	400
4	Ненагруженный фиксатор на прямом участке пути	наличие	50
5	Абсолютное значение разности величин зигзага при одностороннем зигзаге контактного провода на прямом участке пути у смежных опор, мм	менее 150	50

Секция «Электроснабжение железных дорог» Воронеж, 21-23 апреля 2021г.

№ п/п	Регистрируемые показатели	Регулируемое значение нормируемого показателя	Начисляемые штрафные баллы
6	Превышение уклона контактного провода, указанного ПУТЭКС, промилле	до 25 более 25	50 150
7	Уменьшение высоты контактного провода в любой точке пролета от нормируемого ПУТЭКС при минимальной высоте 5750 мм: для контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ, мм; для контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ, мм	до 50 от 50 до 100 более 100 до 50 от 50 до 75 более 75	50 200 400 100 200 400
8	Высота контактного провода над УГР менее 6000 мм на переезде	пролет	400
9	Абсолютное значение стрелы провеса контактного провода (штрафуется однократно в пролете), мм	от 150 до 250 более 250	100 150
10	Отклонение по высоте контактного провода на воздушных стрелках главного и бокового пути в зоне подхвата при движении: - по главному пути при скорости движения до 160 км/ч, мм; - по главному пути при скорости движения свыше 160 км/ч, мм; - по боковому пути, мм	от +/- 40 до +/- 80 более +/- 80 более +/- 40 более +/- 80	100 200 200 200
11	Уменьшение расстояния по высоте от рабочего контактного провода до отходящей или пересекающей анкерной ветви, фиксирующего троса, основного стержня фиксатора, оттяжки и других пересекающих проводов, мм	80 и менее	400
12	Уменьшение расстояния по высоте от рабочего контактного провода до дополнительного фиксатора, мм: - при зигзаге менее 300 мм - при зигзаге более 300 мм	80 и менее 80 и менее	200 50
13	Превышение контактного нажатия над расчетным, нормируемым для установленной максимальной скорости движения поезда, Н. Снижение контактного нажатия от расчетного, нормируемого для установленной максимальной скорости движения поезда, Н	от 50 до 100 от 100 до 150 более 150 от 60 до 100 более 100	10 50 100 50 100
14	Удар по полозу токоприемника или отрыв полоза токоприемника	Регистрация	400
15	Нагрев узла, зафиксированный тепловизором	Узел	400

2. Перечень визуальных показателей и начисляемые штрафные баллы, формируемые программой записи показателей, вводимые оператором с помощью клавиатуры приведены в таблице 2.

Таблица 2. Визуальные показатели состояния и штрафные баллы

№ п/п	Визуальные показатели	Зарегистрированное значение нормируемого показателя	Начисляемые штрафные баллы
1	Наличие зажимов в зоне подхвата воздушной стрелки, заземления контактного провода в ограничительной накладке, отсутствия поперечных электрических соединителей на воздушной стрелке	Воздушная стрелка	150
2	Несоответствие температуре воздуха расстояния от грузов компенсаторов до земли и у ролика	Грузы	200
3	Наличие оборванных жил в несущем тросе, многожильных тросах компенсации, средней анкеровки, фиксирующих тросов гибких и жестких поперечин	Обрыв	400
4	Разбитый изолятор контактной сети, ВЛ	Гирлянда	200
5	Наклон опоры контактной сети более нормативного	Опора	50
6	Отсутствие заземления опоры	Заземление	200
7	Отсутствие или неудовлетворительное состояние нумерации опор	Перегон	200
8	Отсутствие специальных указателей и отличительной окраски опор на изолирующем воздушном промежутке и нейтральной вставке	Сопряжение	200
9	Провисание ветви средней анкеровки ниже уровня контактного провода	Средняя анкеровка	400
10	Оборванная струна	Струна	150
11	Отсутствие продольного электрического соединителя на сопряжении, поперечного электрического соединителя в пролете	Пролет	150
12	Приближение проводов контактной сети к заземленным частям менее 200 мм на постоянном токе и менее 270 мм на переменном токе	Приближение	150
13	Несоответствие техническим нормам стыковки несущего троса, усиливающего, питающего провода	Стыковка	150
14	Наличие птичьих гнезд на ригеле	Ригель	50
15	Наличие стыковок в контактом проводе анкерного участка более допустимого	Анкерный участок	200
16	Наличие недемонтированных воздушных стрелок на недействующих съездах	Воздушная стрелка	150

3. Перечень учитываемых показателей и начисляемые штрафные баллы, начисляемые за отказы в работе контактной сети, зафиксированные в системах КАСАНТ или АСУЭ; события, имевшие место за проверяемый период (квартал, месяц) приведены в таблице 3.

Таблица 3. Учитываемые показатели отказов и штрафные баллы

№ п/п	Учитываемые показатели	Зарегистрированное значение нормируемого показателя	Начисляемые штрафные баллы
1	Падение (наклон) опоры, излом ригеля жесткой поперечины контактной сети, обрыв поперечносущих тросов гибкой поперечины с нарушением габарита контактной сети	Опора (ригель)	10000
2	Случай повреждения контактной сети, квалифицированный событием, по вине хозяйства электрификации и электро-снабжения, кроме учтенного в пункте 1	Событие	3000
3	Одно повреждение контактной сети по вине персонала дистанции электроснабжения, приведшее к задержке поездов (по системе КАС АНТ и АСУЭ) за проверяемый период (квартал, месяц), кроме учтенных в пунктах 1, 4 - 8	Повреждение	500
4	Излом токоприемника на воздушной стрелке по вине персонала района контактной сети, кроме учтенного в пункте 2	Воздушная стрелка	1000
5	Пережог контактного провода, несущего троса, усиливающих проводов на сопряжениях по вине персонала района контактной сети, кроме учтенного в пункте 2	Сопряжение	1500
6	Повреждение секционного изолятора (независимо от типа), кроме учтенного в пункте 2	Секционный изолятор	400
7	Повреждение секционного разъединителя контактной сети, включая его шлейфы и привод, кроме учтенного в пункте 2	Секционный разъединитель	400
8	Повреждение разрядника, или ограничителя перенапряжения (ОПН), включая шлейфы, кроме учтенного в пункте 2	Разрядник (ОПН)	400

Нормативный журнал параметров контактной сети разрабатывается на дистанции электроснабжения в соответствии с требованиями ПУТЭКС (ЦЭ-868), утверждается начальником службы электрификации и электроснабжения железной дороги для каждого района контактной сети, переутверждается один раз в 5 лет.

Отступления от нормативных параметров, оцененные 400 баллами, устраняются немедленно в течение не более двенадцати часов. При регистрации отступлений по пунктам 2; 3; 7; 8; 11; 14; 15 (таблица 1) и пунктов

3; 9 (таблица 2) из вагона-лаборатории контактной сети в установленном порядке начальником вагона-лаборатории контактной сети (ВИКС) или лицом, его замещающим, должно быть выдано предупреждение о следовании ЭПС с опущенными токоприемниками в зоне опасного места до времени его устранения (в соответствии с требованиями Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации).

Оценка состояния контактной сети на один километр для районов контактной сети, дистанций электроснабжения и служб электрификации и электроснабжения железных дорог приведена в таблице 4.

Таблица 4. Удельная оценка состояния контактной сети

Средняя балльная оценка на 1 км	Оценка
до 50 (включительно)	отлично
более 50 до 100 (включительно)	хорошо
более 100 до 150 (включительно)	удовлетворительно
более 150	неудовлетворительно

При наличии 3-х и более неудовлетворительных километров в границах одного района контактной сети контактная сеть этого района оценивается как неудовлетворительная.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.

6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворяджина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворяджина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.331

Применение модуля резистивной защиты для ВЛ СЦБ 10 кВ

Стебенев А.А., Климентов Н.И.

Аннотация: Рассмотрены особенности работы воздушных линий 10 кВ продольного электроснабжения для питания автоблокировки ВЛ СЦБ и защиты их при однофазных замыканиях на землю.

Ключевые слова: воздушные линии продольного электроснабжения, однофазное замыкание на землю, высокоомный резистор нейтрали, модуль резистивной защиты.

На ряде электрифицированных железных дорог воздушные линии (ВЛ) продольного электроснабжения нетяговых потребителей, в частности ВЛ 10 кВ для питания автоблокировки ВЛ СЦБ, располагаются с полевой стороны на опорах контактной сети переменного тока. Данное техническое решение экономически обосновано и имеет существенное практическое значение [1]. Однако при таком расположении ВЛ 10 кВ возрастает электрическое влияние на неё напряжения контактной сети и магнитное влияние токов преобразовательных электровозов и токов короткого замыкания.

Задача по ограничению электромагнитного влияния на ВЛ 10 кВ осложняется тем, что к ВЛ подключены измерительные трансформаторы напряжения, нейтральные точки высоковольтных обмоток которых заземлены, а вебер-амперная характеристика трансформаторной стали носит нелинейный характер.

В связи с появлением тональных рельсовых цепей с централизованным размещением аппаратуры (АБТЦ) реальная нагрузка от ВЛ 10 кВ снизилась и

составляет 250-300 ВА на 1 км ВЛ. На ЭЧП устанавливаются трансформаторы мощностью 160 кВА (реже 250 кВА). Нагрузка же составляет 10-15 % от мощности трансформатора. Потребители ВЛ 10 кВ (ВЛ СЦБ) включены в основном только на станциях от трансформаторов ТМ мощностью 25 кВА постов ЭЦ, а перегоны протяженностью 15-20 км свободны от отбора мощности.

Перечисленные выше особенности питания и расположения ВЛ СЦБ приводят к возникновению резонансных (иногда и феррорезонансных) явлений в системе: ВЛ 10 кВ – трансформаторы – система тягового электроснабжения [2].

Основным потребителем электрической энергии на железнодорожном транспорте является электроподвижной состав (ЭПС) – электровозы и моторвагонные секции. Наряду с этим вдоль железной дороги расположено большое количество потребителей электрической энергии – линейных потребителей, а также потребителей населенных пунктов и районов – районных потребителей. В отличие от электрической тяги линейные и районные потребители называются нетяговыми потребителями. Для электроснабжения нетяговых потребителей, расположенных вдоль железных дорог, применяют линии трехфазного тока напряжениями 6, 10 и 35 кВ в трехпроводном исполнении, а также линии, где в качестве третьего провода используют рельсы (система «два провода-рельс» (ДПР)).

Преобразование электрической энергии на электрифицированных железных дорогах осуществляется на тяговых подстанциях (постоянного и переменного тока), на которых установлены понизительные трансформаторы, от которых также получают питание ЭПС и районные потребители.

Применительно к электрифицированным участкам железных дорог к выводам трансформатора, питающего ВЛ 10 кВ, подключено всего одно присоединение, которое и определяет весь емкостной ток. При этом ВЛ 10 кВ продольного электроснабжения оборудуются защитой от замыкания на землю с действием на сигнал выключателя фидера при расположении ВЛ 10 кВ на отдельно стоящих опорах или - на отключение, в случае нахождения ВЛ 10 кВ на опорах контактной сети.

Защитное отключение ВЛ 10 кВ при замыкании фазы на землю обеспечивает надежность работы рельсовых цепей, в том числе тональных, уменьшает мешающее влияние ВЛ 10 кВ на низковольтные сети и электроустановки напряжением до 1000 В, а также обеспечивает условия электробезопасности при обслуживании электроустановок, получающих питание по ВЛ 10 кВ. Одним из основных требований к защите от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) должно быть ее быстроедействие и селективность. В этой связи применение защиты от однофазных замыканий на землю является оправданным. При этом в основу построения схем создания таких защит положено использование напряжения и тока нулевой последовательности, возникающих при однофазном замыкании на землю. Напряжение нулевой последовательности фиксируется на трансформаторе нулевой последовательности, вторичная обмотка которого соединяется в разомкнутый

треугольник (ТН-0,05/10). Наряду с напряжением нулевой последовательности фиксируется также ток нулевой последовательности.

Для получения сигналов тока нулевой последовательности на тяговой подстанции используется модуль резистивной защиты напряжения (ШРЗН) [3]. В шкафу этого модуля располагается понижающий трансформатор мощностью $S = 25$ кВА. Нулевую точку первичной обмотки этого трансформатора заземляют на контурный заземлитель тяговой подстанции через резистор сопротивлением R . Вторичная обмотка соединяется в треугольник. Тем самым для токов нулевой последовательности трансформатор, устанавливаемый в шкафу резистивной защиты, работает в режиме близком к режиму короткого замыкания.

Для расчёта напряжения нулевой последовательности в случае подключения модуля резистивной защиты к ВЛ 10 кВ пользуются методом холостого хода и короткого замыкания. Согласно этому методу расчётная схема замещения имеет вид, представленный на рисунке 1.

Учитывая, что схема нулевой последовательности для трансформатора, обмотки которого соединены треугольником, может быть представлена полным сопротивлением, концы которого разомкнуты по отношению к внешней цепи и

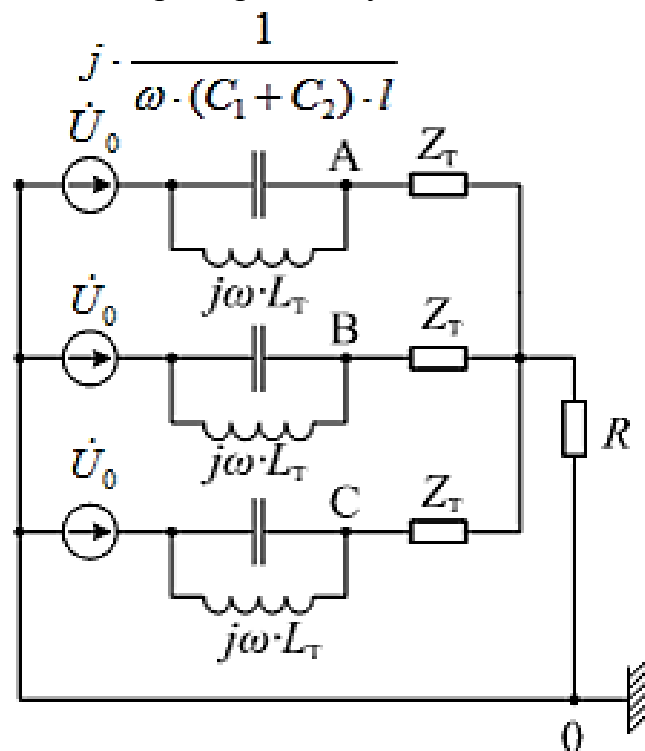


Рисунок 1. Расчётная схема для определения напряжения нулевой последовательности на ВЛ 10 кВ при включении ШРЗН

имеют соединение с землёй через резистор будем иметь

$$\dot{U}_{A0} = \dot{U}_{B0} = \dot{U}_{C0} = \dot{U}_0 \cdot \frac{R + \frac{1}{3}Z_T}{R + \frac{1}{3}Z_T + \frac{1}{3}Z_{\text{Э}}}, \quad (1)$$

где \dot{U}_0 – напряжение нулевой последовательности при отсутствии в схеме ШРЗН,

Z_T – полное сопротивление трансформатора,

$Z_{\text{Э}}$ – эквивалентное сопротивление, равное

$$Z_{\text{Э}} = -j \frac{\omega L_T}{\omega^2 L_T (C_{\phi} + C_1 + C_2) l - 1}.$$

Анализ уравнения (1) показывает, что применение модулей ШРЗН позволяет существенно уменьшить электрическое влияние тяговых сетей на ВЛ 10 кВ. При этом эффективность включения ШРЗН определяется рядом параметров, носящих случайный характер. В значительной мере это касается электрических характеристик трансформатора ТН-0,05/10 и протяженности ВЛ 10 кВ.

Рассмотрим выбор вида резистора при его включении в нейтраль трансформатора, питающего ВЛ 10 кВ [4,5]. Основными требованиями выбора вида резистора при его включении в нейтраль являются:

- экономичность резисторного устройство;
- простота подключения к нейтрали и удобство в эксплуатации;
- надежность работы в нормальном режиме и перегрузках;
- отсутствие или минимум реактивной составляющей дополнительного активного тока, оказывающий отрицательное влияние на угловые соотношения между током и напряжением и на параметры переходного процесса при замыкании на землю;
- минимум элементов подключения, габаритов и стоимости резисторного устройства;
- эффективность работы при магнитном влиянии токов электроподвижного состава при его работе в квазистационарном режиме.

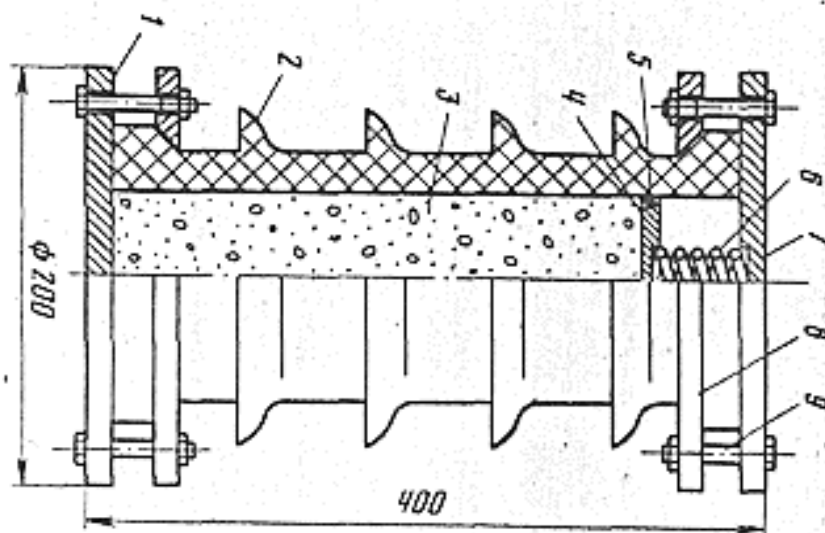


Рисунок 2. Конструкция высокоомного резистора нейтрали типа РВН-6/10

В настоящее время разработана конструкция, изготовлены и испытаны образцы высокоомных резисторов на напряжение 6-10 кВ различных номиналов [4,5] (рисунок 2). Энергия рассеяния резисторов позволяет находиться им в случае отказа или несрабатывания защиты (а также при наличии в сети устройств автоматического защитного закорачивания поврежденной фазы) в течение относительно длительного времени (не менее 30-40 с).

Это обеспечивает при меньших габаритах значительно более высокую надежность резисторного устройства в режиме длительного однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) по сравнению с трансформаторными устройствами.

Остальные преимущества резисторных устройств также очевидны по сравнению с другими известными средствами создания дополнительного активного тока.

Резисторное устройство должно состоять из следующих составных элементов [4,5]:

- высокоомного резистора нейтрали типа РВН – 10;
- силового предохранителя с арматурой, например, типа ПК для защиты резистора,
- схемы контроля цепи резистора с выходом в цепи сигнализации.

Резисторное устройство должно удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Номинальные напряжения на резисторе (между нейтралью сети и землей при металлических ОЗЗ) должно быть не ниже фазного напряжения в сети 10 кВ;

2. Значение сопротивления резистора должно находиться в пределах 0,5 – 3 кОм для сетей 10 кВ с различными токами замыкания на землю. Предпочтительный ряд номинальных значений 2; 1,5; 1; 0,75 кОм;

3. Значение длительной мощности, рассеиваемой резистором, исходя из возможности постоянного протекания через него тока в режиме до 15% несимметрии фазных напряжений в сети 10 кВ должно быть не ниже 1,5 кВт;

4. Резистор должен допускать протекание номинального активного тока при замыкании на землю в сети в течении времени не менее 30 с;

5. Предельное количество повторных замыканий на землю в сети продолжительностью до 10 с с интервалами между ними до 1 мин и при протекании через резистор номинального активного тока, при котором резистор сохраняет свои номинальные параметры (в пределах отклонений $R_a \pm 15\%$), должно быть не менее 3 раз;

6. Высота резистора, исходя из условий размещения всего устройства в ячейке трансформатора подстанции, не должна превышать 600 мм, а наружный диаметр должен быть не более 250 мм. Масса резистора должна быть не более 50 кг;

7. Конструкция резистора должна обеспечивать герметичность внутренней полости для возможности ее установки в РУ – 10 кВ;

8. Резистор должен выдерживать не менее $2 \cdot 10^4$ включений при номинальном напряжении на резисторе и длительности протекания активного тока не более 3 с;

9. Срок службы резистора должен быть не менее 10 лет. Срок гарантийной работы резистора – в течение 2 лет с начала эксплуатации при условии соблюдения потребителем правил, указанных в инструкции по эксплуатации;

10. Монтаж и крепление резистора должны обеспечивать его ревизию и профилактические испытания в установленные сроки;

11. Схема контроля цепи резистора должна иметь выход на цепи сигнализации подстанции и выведенную на наружную панель ячейки (камеры) кнопку проверки ее исправности.

Конструкция высоковольтного резистора нейтралити типа РВН-10 для ВЛ 10 кВ представлена в [4,5]. Резистивная смесь резистора изготавливается по определенной технологии и состоит из токопроводящих компонентов на основе углерода и диэлектрических составляющих. Удельное электрическое сопротивление резистивной смеси обеспечивает практически линейную вольт-амперную характеристику резистора до области номинальных напряжений (степень нелинейности не ниже 0,97-0,99).

Резисторы РВН-10 имеют следующие основные характеристики:

Номинальное напряжение, кВ	10,6/1,73.
Значение сопротивления, кОм	3; 2; 1; 0,75.
Энергия рассеяния (в течение 30 с), не ниже, кДж	800.
Длительная мощность, кВт	0,5.
Высота, мм	400.
Диаметр (внешний), мм	200.
Масса, кг	30.

При отсутствии требуемого номинала резисторов их можно соединять последовательно или параллельно между собой из двух и более элементов.

Кроме указанных выше резисторов могут быть использованы резисторы типа С5-40В-500, имеющими мощность рассеивания 500 Вт и номинальный ток 1 А.

В реальных электрических сетях ВЛ 10 кВ за счет электромагнитного влияния системы тягового электроснабжения ток нулевой последовательности не превышает 2 А. Следовательно, требуемую величину сопротивления можно набрать из отдельных резисторов путем их каскадного соединения. При этом допустимая мощность рассеивания будет существенно выше активной мощности, соответствующей напряжению и току нулевой последовательности, выделяемой в резисторном блоке.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.316.933

Проверка и измерение параметров вентильных разрядников и ограничителей перенапряжения на 6 -10 кВ

Дегтярев А.А. Мамедов Г.М.

Аннотация: В работе представлено описание назначения и устройства вентильных разрядников и ограничителей перенапряжения, приведены объем, аппаратура и условия проведения межремонтных испытаний, а также пределы контролируемых параметров.

Ключевые слова: разрядники, ограничители перенапряжений, устройство, испытания, схема испытаний.

В электрических цепях достаточно часто возникают перенапряжения. Их причиной могут быть атмосферные грозовые разряды, которые сопровождаются значительной ионизацией воздуха и снижением электрической прочности воздушных промежутков. Кроме того, импульсные повышения напряжения могут возникать при коммутационных перенапряжениях.

Для снижения их амплитуды на подстанциях используют специальные устройства. Они делятся на два основных класса: разрядники и ограничители перенапряжения [1].

Разрядники - это электрические аппараты, которые предназначены для уменьшения амплитуды атмосферных, коммутационных или резонансных перенапряжений в электрических установках.

На подстанциях применяют два вида разрядников: вентильные и трубчатые.

В вентильных разрядниках используются вилитовые или тервитовые резисторы, имеющие нелинейную характеристику, и несколько искровых промежутков.

Вилит (карбид кремния с нанесенной на него пленкой оксида кремния) обладает способностью изменять свое сопротивление в зависимости от протекающего тока. При его повышении сопротивление вилитовых дисков резко падает и волна перенапряжения уходит через заземление, снижая амплитуду напряжения до значений, достаточных для гашения дуги в пробитых искровых промежутках.

Тервит (зерна карбида кремния, связующим элементом которых служит эмульсия глинозема в жидком стекле) обладает повышенной, по сравнению с вилитовой, термической стойкостью и пропускной способностью, а также еще большей нелинейностью сопротивления и может ограничивать как внутренние коммутационные, так и внешние атмосферные перенапряжения большой амплитуды.

Конструктивно вентильные разрядники состоят из фарфорового корпуса с фланцами для крепления, внутри которого находятся вилитовые или тервитовые кольца, несколько искровых промежутков и резисторы (рисунок 1). При появлении перенапряжения последовательно пробиваются искровые

промежутки и через нелинейные резисторы, сопротивление которых резко уменьшилось, импульс тока замыкается на землю. Резисторы при этом ограничивают возникающие сопровождающие токи. Количество срабатываний разрядника фиксируется специальными регистраторами.

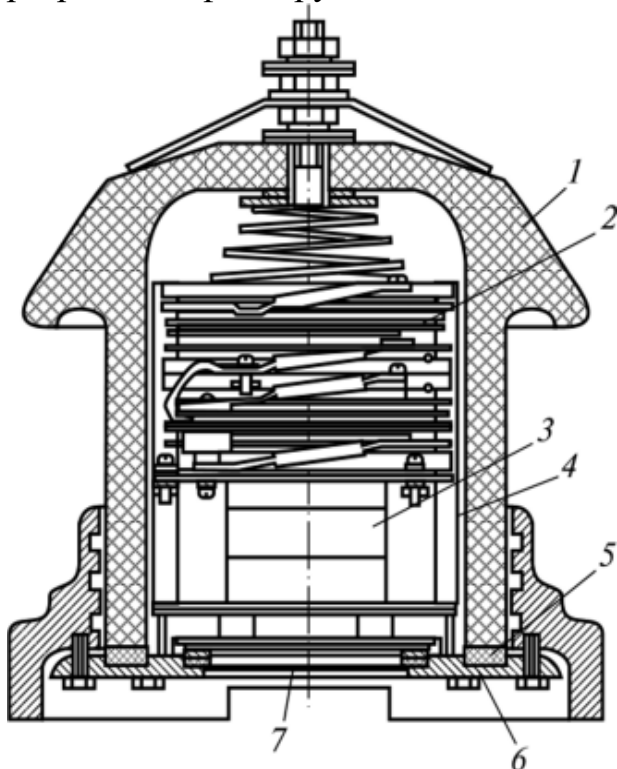


Рисунок 1. Вентильный разрядник типа РВКУ-6.

- 1 - фарфоровая крышка;
- 2 - искровой промежуток;
- 3 - блок нелинейных резисторов;
- 4 - прокладка;
- 5 - уплотнительное кольцо;
- 6 - днище;
- 7 - предохранительный клапан.

Как правило, разрядники изготавливают либо для защиты от внутренних, либо от внешних перенапряжений. Однако существуют и комбинированные разрядники, в которых используют тервит. В таких разрядниках при внутренних перенапряжениях работают два нелинейных элемента и один искровой промежуток, а при внешних пробивается и второй искровой промежуток, существенно уменьшая волну перенапряжения.

Ограничители перенапряжений нелинейные, в отличие от вентильных разрядников не имеют искровых промежутков и обладают рядом существенных преимуществ. К ним относятся повышенное быстродействие (время срабатывания составляет меньше наносекунды), отсутствие сопровождающего тока, неизменность характеристик нелинейных элементов в течение всего срока эксплуатации и, как следствие, снижение затрат на обслуживание, простота конструкции в связи с отсутствием искровых промежутков и низкая себестоимость производства.

Конструктивно ограничитель перенапряжений (рисунок 2) представляет собой колонку из последовательно соединенных нелинейных сопротивлений - варисторов, выполненных из оксида цинка, помещенных в прочный фарфоровый или стеклопластиковый корпус, воспринимающий механические нагрузки. В первом случае фарфор, кроме того, служит для изоляции, во втором случае на стеклопластик наносится ребристое покрытие из кремнийорганической резины.

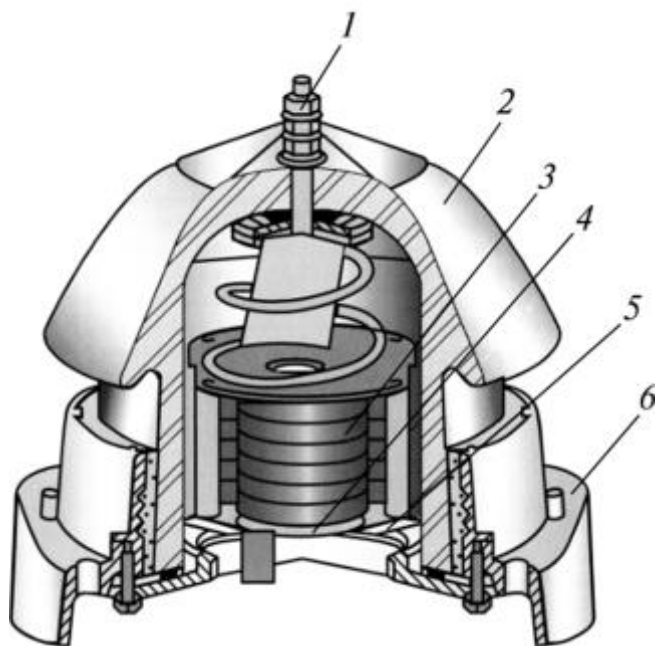


Рисунок 2. Ограничитель перенапряжений ОПН-10

- 1 - контактный вывод;
- 2 - фарфоровая крышка;
- 3 - блок оксидно-цинковых резисторов;
- 4 - предохранительный клапан;
- 5 - днище;
- 6 - чугунное основание.

Нелинейная вольтамперная характеристика металлооксидных резисторов, используемых в ограничителях перенапряжений, позволяет им длительно находиться в непроводящем состоянии, пропуская через себя лишь малый, преимущественно емкостный, ток, величина которого не превышает миллиампера. При возникновении импульса перенапряжения ограничитель переходит в проводящее состояние и способен пропустить через варисторы токи в сотни и тысячи ампер, что существенно снижает напряжение на защищаемом оборудовании. После срабатывания ограничитель перенапряжений возвращается в свое исходное состояние, сохраняя при этом все свои характеристики. Поэтому на новых строящихся объектах электроснабжения устанавливаются ОПН.

Проверка и измерение параметров вентиляльных разрядников и ОПН на напряжение 6-10 кВ производится перед установкой на оборудование и в

течении срока службы указанным в правилах содержания тяговых подстанций, трансформаторных подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения [2].

Измерения производятся бригадой в составе не менее 2 человек в специально оборудованной лаборатории по распоряжению или, если работа производится на линии, то по наряду. Работники производящие испытания должны иметь: производитель работ не ниже 4-й группы по электробезопасности, а член бригады - не ниже 3-ей группы. Все работники должны пройти специальное обучение на право испытаний с отметкой в удостоверении по охране труда.

Испытания вентильных разрядников и ОПН на напряжение 6-10 кВ производится высоковольтной установкой типа АИИ-70 или АИД-70 и мегаомметром на напряжения 2500 В.

Испытание необходимо проводить на сухих и чистых вентильных разрядниках, которые предварительно должны быть отсоединены от сети. Температура проведения испытания ограничителей перенапряжения должна быть в пределах $20\pm 15^{\circ}\text{C}$. Испытания производят выпрямленным током [3,4].

В межремонтные испытания вентильных разрядников входит:

- осмотр разрядника без вывода из работы;
- очистка разрядника и камеры (шкафа) в котором он размещен;
- измерение сопротивления разрядника;
- измерение тока проводимости вентильного разрядника;
- измерение пробивного напряжения разрядника.

Сопротивление изоляции разрядников на напряжение 6-10 кВ должно быть не менее 1000 Ом.

Ток проводимости разрядников типа РВС-6 должен быть не более 6 мкА. Пробивное напряжение – от 16 до 19,5 кВ.

Если все результаты испытания входят в эти значения, то разрядник признается годным для дальнейшей эксплуатации.

Испытание ограничителей перенапряжения необходимо проводить на сухих и чистых ОПН, которые предварительно должны быть отсоединены от сети. Температура проведения испытания ограничителей перенапряжения должна быть в пределах $20\pm 15^{\circ}\text{C}$.

Испытательное напряжение переменного тока (действующее значение) должно быть равно наибольшему длительно допустимому рабочему напряжению ОПН [3,4].

В межремонтные испытания ограничителей перенапряжения (ОПН) входит:

- осмотр ОПН без вывода из работы;
- очистка ОПН и камеры (шкафа), в котором он размещен;
- измерение сопротивления ОПН;
- измерение тока проводимости ОПН (рисунок 3);
- испытание ОПН повышенным напряжением.

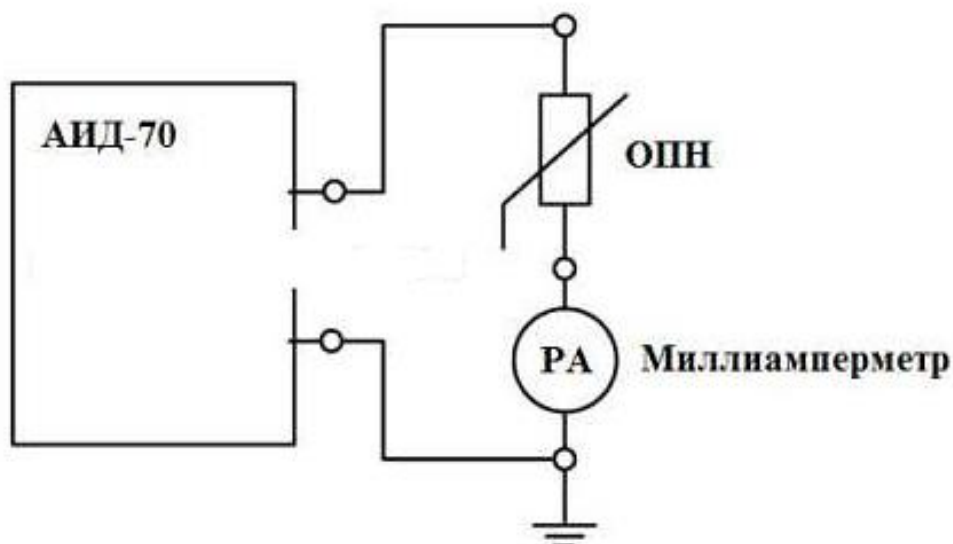


Рисунок 3. Схема испытания ОПН

Сопротивление изоляции ограничителей перенапряжения на напряжение 6-10 кВ должно быть не менее 3000 Ом.

Ток проводимости ОПН-6 от 0,35 до 6 мА.

Если все результаты испытаний находятся в указанных выше пределах, то разрядник или ограничитель напряжения признается годным для дальнейшей эксплуатации.

После всех произведенных операций вентильный разрядник и ограничитель перенапряжения можно устанавливать на устройства электроснабжения.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.

5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.332.31

Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески

Евстигнеев М.И., Мамедов Г.М.

Аннотация: Изложен полный перечень работ, проводимых при комплексной проверке состояния и ремонте контактной подвески.

Ключевые слова: контактная подвеска, внешний осмотр, высота подвески, натяжение, надежность крепления, очистка, смазка, регулировка, износ, замена.

Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески включают в себя: проверку ее узлов и элементов, состояние которых невозможно 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; замену и восстановление отдельных изношенных и неисправных элементов, выявленных при техническом обслуживании и в процессе проведения комплексной проверки.

Работы выполняются двумя исполнителями, находящимися на рабочей площадке съёмной изолирующей вышки, последовательно, по мере передвижения вышки. Один электромонтер проводит работы на несущем тресе (НТ), а второй одновременно — на контактном проводе (КП).

Проверяются внешним осмотром все зажимы, установленные на проводах. При этом не допускается проскальзывание зажима по проводу. Подлежат замене зажимы, имеющие открытые раковины, трещины, изломы "щечек", износ элементов сочленения, коррозию болтов. Ослабленные крепления необходимо подтянуть, закрепить контргайками, нанести на резьбовые соединения из стали антикоррозионную смазку.

Проверяется состояние всех узлов, элементов и деталей контактной подвески из стали (доступных для проверки под напряжением). Особое внимание обратить на состояние сварных швов, наличие деформаций, расслоений, трещин, коррозии металла, износа в узлах сочленения и ослабления креплений. Оценить состояние защитного антикоррозионного покрытия, определить необходимость возобновления окраски.

Проверяется внешним осмотром состояние рабочей поверхности КП. При осмотре обратить внимание на:

- наличие местных изгибов, допущенных при монтаже или в процессе эксплуатации;
- наличие местного, волнообразного или бокового износа;
- наличие задиров на поверхности трения;
- наличие подгаров, наплывов и заусенцев.

Обнаруженные изгибы КП выправить деревянным или свинцовым молотком на деревянном бруске.

В местах повышенного износа произвести выборочные замеры высоты оставшегося сечения КП. Не допускается эксплуатация КП, имеющего высоту сечения менее допустимой ПУТЭКС. В зависимости от величины местного износа смонтировать вставку нового КП или установить шунт.

Имеющиеся подгары, наплывы, заусенцы зачистить бархатным напильником. Используя два рихтовочных ключа, выправлять перекрутку КП до тех пор, пока он не займет вертикальное положение.

Произвести оценку качества токосъема по состоянию рабочей поверхности КП в соответствии с Приложением 1 ПУТЗКС (ЦЭ-1). Проверить внешним осмотром состояние установленных на КП шунтов и стыковых зажимов. Не допускается отжиг, местные поджоги, сужения (шейки), вмятины, трещины, выщербины, расслоения в местах спаек и другие видимые металлургические дефекты.

У шунтов проверить их крепление соединительными зажимами, обратить внимание на отсутствие подбоев токоприемника в местах перехода с КП на шунт и следов отрыва токоприемника в месте перехода с шунта на КП. В этих местах не должно быть подгаров, наплавлений металла, местных износов.

У стыковых зажимов проверить затяжку болтов и гаек. Зажимы должны плотно охватывать "щечками" шейку КП, располагаться вертикально (угол наклона в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси пути, не должен превышать 20°) и иметь вертикальную струну. У зажима должны отсутствовать следы подбоев при проходе полоза токоприемника и выскользывания провода из зажима (зазор между стыкуемыми проводами в зажимах К-059 и К-321 не должен превышать 1 мм).

Для повышения надежности на зажимах К-058 и К-059 должны быть установлены с обеих сторон усиливающие стальные планки, а на зажимах К-059 — шунты из провода ПБСМ-70. При двух КП стыковой зажим должен располагаться на 30 — 50 мм выше второго КП.

При необходимости, устранить отклонение параметров КП по высоте от нормативных, выявленные при диагностировании подвески вагоном-лабораторией, обнаруженные ранее, при проведении специальных измерений, или во время настоящей проверки состояния КП. Регулировка по высоте производится с помощью струн.

Высота подвески КП над уровнем головки рельса в точках фиксации должна соответствовать значениям нормативного журнала, а стрелы провеса для каждого типа подвески должны соответствовать значениям, установленным в таблицах или графиках в зависимости от температуры воздуха, с отклонением не более ± 10 мм.

Проверить внешним осмотром состояние поверхности НТ. Не допускается отжиг, поджог и обрывы проволок, следы коррозии биметаллических и стальных жил. Допустимое снижение сечения - не более 15% (обрыв жил, при этом, составит не более 2-х). В местах обрыва 1 - 2 проволок — установить бандажи с двух сторон. При большем числе оборванных жил установить шунт или смонтировать вставку из троса той же марки.

Проверить стыковые соединения на НТ. При проверке обратить внимание:

- у болтовых зажимов - на правильность положения провода в зажиме (провод должен входить в зажим по стенке параллельно его оси);
- у клиновых зажимов - на наличие клина и соответствие его сечению троса, а также на шунтирование узла стыкования;
- у трубчатых соединителей - на правильность и глубину обжатия, отсутствие разрывов трубки.

При наличии шунтов проверить их состояние на надежность крепления на НТ.

Проверить положение консоли относительно оси пути. У полукомпенсированной подвески на прямых участках пути консоль должна располагаться перпендикулярно оси пути, а в кривых — занимать радиальное положение. Максимальное отклонение конца консоли от этого положения не должно превышать ± 200 мм для консолей длиной до 5 м и ± 300 мм - для консолей большей длины. Положение консоли компенсированной подвески должно соответствовать графику температурных перемещений подвески с допуском ± 50 мм. ,

При отклонении изолированной консоли от указанного выше положения произвести ее регулировку, для чего ослабить крепление плашки в седле НТ, "удочкой", прикрепленной к хоботу консоли, установить ее в требуемое положение и закрепить плашкой НТ в седле.

Осмотреть изолированную консоль, проверить узел крепления тяги к подкосу, узел крепления с изолятором или с кронштейном консоли и с седлом

НТ. При отсутствии изолятора проверить состояние шунта и надежность его крепления к НТ и к кронштейну консоли (на изолированной консоли в точке подвеса НТ должен быть установлен дополнительный четырехтарельчатый изолятор или электрический шунт).

Проверить состояние седла и закрепление в нем НТ плашкой. Положение желобка плашки должно соответствовать сечению провода. В кривых участках пути и в других местах излома НТ укладывается в седле так, чтобы усилие от излома воспринималось основной частью корпуса седла, а не плашкой.

Проверить на кронштейне консоли узел крепления фиксатора и подкоса. Расстояние между ними (по подкосу) не должно превышать 500 мм. Не допускаются трещины на консоли и узлах крепления, а в местах шарнирных соединений — износ. Не допускается коррозия болтов, серьги или пестика, бугеля; отсутствие замков в узле соединения. Все ослабленные крепления подтянуть, на резьбовые соединения нанести антикоррозионную смазку.

Неизолированную консоль осмотреть визуально, не приближаясь к ней на расстояние менее 1 м. Все обнаруженные отклонения зафиксировать для устранения их при снятом напряжении.

Проверить длину ветвей средней анкеровки (СА) контактного провода и их натяжение. Длина каждой ветви анкеровки КП должна быть: у полукомпенсированной подвески не менее десятикратного минимального расстояния между НТ и КП этого пролета, а у компенсированной подвески - 17 м. СА контактного провода должна крепиться к КП в середине пролета, расположенного в середине анкерного участка. Не допускается провисание ветви троса СА ниже уровня КП. Обе ветви троса должны иметь одинаковое натяжение.

Проверить состояние троса и деталей его крепления к НТ и КП. К НТ провод СА крепится тремя зажимами с каждой стороны при двух КП и двумя зажимами - при одном КП. В качестве зажимов используются: соединительный зажим (деталь К-054) при тросе 70 мм² (диаметром 11 мм и менее), а в остальных случаях - зажим средней анкеровки и эластичной струны (деталь К-048).

К КП трос СА крепится зажимом средней анкеровки (деталь К-051). Трос должен быть изогнут по форме желоба зажима и выходить из него плавно без перекосов. При двух КП зажимы устанавливаются на каждом КП на расстоянии 450-500 мм друг от друга.

Не допускается эксплуатация троса СА, имеющего хотя бы одну оборванную жилу или зажимы с трещинами и изгибами "щек".

На стальном тросе СА проверить состояние покрытия антикоррозионной смазкой. При необходимости возобновить ее.

Проверить правильность монтажа и натяжение дополнительного троса СА, несущего троса компенсированной подвески. Дополнительный трос крепится к НТ с каждой стороны двойного седла на переходной опоре двумя соединительными зажимами и должен иметь максимальное натяжение 10 кН (1000 кгс). Проверка натяжения производится по стреле провеса дополнительного троса в середине пролета.

Проверка может производиться путем измерения натяжения в тросе СА с помощью динамометра. На проводе устанавливаются два натяжных зажима на расстоянии 1,5...2 м. Между ними подключается с помощью струбины динамометр и натяжная муфта. После передачи нагрузки на динамометр фиксируется его показание, которое затем сопоставляется с данными.

Узлы анкеровки дополнительного троса СА проверяются отдельно при снятом напряжении с контактной сети.

Не допускается эксплуатация питательных зажимов КП (деталь К-053) без клиньев и при наличии следов перемещения клина из зажима в обратном направлении, а также следов соприкосновения с полозом токоприемника поверхности зажима (максимальное отклонение его от вертикальной оси должно быть не более 20°).

Осмотреть каждую струну. Она должна быть нагружена и расположена вертикально при компенсированной подвеске, а при полукомпенсированной - наклон струны должен соответствовать графику продольных перемещений КП в зависимости от изменения температуры.

При крайних значениях температуры угол наклона струны в плоскости подвески не должен превышать 30° к вертикали. При необеспечении этого требования необходимо простую струну заменить на скользящую.

Износ струны не должен превышать 30% ее полного сечения, а максимальный угол наклона струны в вертикальной плоскости перпендикулярной оси пути - 20° .

Негодные к эксплуатации струны или ее отдельные звенья необходимо заменить.

Проверить расстояние между струнами. Оно не должно превышать 10 м при полукомпенсированной подвеске и 8 м при компенсированной подвеске.

В местах приема полоза токоприемника контактным проводом на воздушных стрелках, а также у врезных изоляторов (с обеих его сторон) проверить наличие двойных струн и, при необходимости, установить недостающие. Обе струны должны иметь одинаковую нагрузку.

Осмотреть каждую струну. Эластичная струна должна располагаться симметрично относительно вертикальной оси опорного узла. Эластичные струны не применяются на путях перегонов и станций магистральных и пригородных участков, где скорость движения электроподвижного состава не превышает 70 км/ч, в кривых участках пути радиусом менее 800 м при полукомпенсированной подвеске, а также на малодеятельных (слабозагруженных) участках железных дорог.

Проверить эластичность контактной подвески в опорном узле путем отжатия контактного провода (имитируя нажатие токоприемника). Эластичная струна должна плавно и равномерно поднимать и опускать контактные провода.

Внешним осмотром проверить состояние, правильность установки фиксатора и работоспособность фиксаторного узла. Конструктивное выполнение фиксаторов, схемы армировки и крепления на опоре, консоли,

фиксаторной стойке или фиксирующем тросе должны соответствовать типовым нормам или проектам.

Убедиться, что узел крепления фиксатора (или его изолятора) к фиксаторному кронштейну, фиксаторной стойке или нижнему фиксирующему тросу выполнен шарнирно и располагается выше уровня беспровесного положения контактного провода. При необходимости, регулирование должно производиться при снятом напряжении и разгрузке фиксатора. Проверить и, при необходимости, отрегулировать положение фиксатора в вертикальной плоскости. Основной стержень сочлененного фиксатора должен располагаться в одной плоскости с консолью. Простой фиксатор, гибкий фиксатор и дополнительный фиксатор сочлененного фиксатора должны располагаться так, чтобы их фиксирующий зажим на КП был смещен относительно оси основного стержня или вертикальной оси опоры. При крайних значениях температуры воздуха величина смещения от среднего положения не должна превышать $1/3$ длины фиксатора.

Проверить у сочлененных фиксаторов надежность крепления на основном стержне стоек для соединения с дополнительным фиксатором, наличие и правильность установки ограничительных упоров, предохраняющих фиксатор от опрокидывания при автоколебаниях или ветровых воздействиях. Проверить наличие износа в ушках стойки или в ушках дополнительных фиксаторов. Износ в этих местах не допускается.

Проверить (при наличии) надежность крепления, правильность установки и работоспособность ограничителей подъема на сочлененных фиксаторах. Величина подъема КП до соприкосновения дополнительного фиксатора с ограничителем должна быть 150 - 200 мм для прямых и кривых участков пути радиусом более 2000 м и 150 мм для кривых участков пути радиусом 2000 м и менее. Ограничитель подъема должен быть установлен на основном стержне таким образом, чтобы его длинный конец (300 мм) всегда был направлен в сторону анкеровки.

Проверить надежность крепления на НТ и на основном стержне фиксатора (фиксирующем тросе) косых распорных и страхующих струн, а также жестких распорок (при наличии). К НТ косые струны крепятся струновыми зажимами (деталь К-046), а жесткие распорки и косые струны на внутренней стороне кривой радиусом 800 м и менее при одиночном КП и радиусом 1500 м и менее при двойном КП - зажимом с ушком (деталь К-040). Расстояние от точки крепления до точки подвеса НТ должно быть у косых струн 1,5 м, а у жестких распорок - 1,2...1,7 м. Угол наклона жестких распорок к вертикали поперек оси пути не должен превышать 45° . На обратных фиксаторах страхующая струна крепится на расстоянии не менее 0,5 м от фиксаторного изолятора. У простых (не сочлененных) фиксаторов, установленных на фиксирующих тросах, проверить зажим для крепления фиксатора на тросе (смещение и перекося зажима не допускается). Убедиться, что ушко фиксатора не может выскользнуть из зажима при отклонении фиксатора. Проверить состояние наклонной струны (усовика) и зажимов для ее крепления. У гибких фиксаторов не допускается эксплуатация усовика с

перетертыми жилами или без коуша в заделке. Гибкие фиксаторы должны иметь возможность регулирования зигзага с помощью усовика.

Устранить отклонения зигзагов и "выносов" от нормативных параметров. На прямом участке пути зигзаг регулируется вручную, а в кривых — с помощью блоков БР-300 или полиспаста на 5 кН (500 кгс). Отклонения от установленных нормативных значений не должны превышать ± 30 мм. Значения зигзагов для двойного КП относятся к наружному по отношению к оси токоприемника проводу. В точках фиксации двойные КП должны располагаться на расстоянии 40 мм друг от друга, а при ромбовидной подвеске - на расстоянии 300 мм по обе стороны от оси токоприемника. Не допускается эксплуатация в кривых участках контактного провода с зигзагом от оси токоприемника более 500 мм, а на прямых - более 400 мм (с учетом горизонтальных и вертикальных перемещений фиксатора). При этом отклонение контактного провода от оси токоприемника в пролете ("вынос") при расчетной скорости ветра для данного района не должно превышать 100 мм на прямых и 450 мм на кривых участках пути.

Перечисленные выше работы выполняются при следующих условиях:

- под напряжением с применением изолирующей съёмной вышки; с использованием навесной лестницы 3 м; с подъемом на высоту;
- без перерыва в движении поездов; с ограждением места работ сигналами и с выдачей предупреждений поездам о работе съёмной вышки;
- по наряду и уведомлению энергодиспетчера с указанием времени, места и характера работ.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.
3. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
4. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
5. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от

- компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
6. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворяджина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворяджина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
 7. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 621.31:681.518.5

Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования

Семенчук Д.Е., Мамедов Г.М.

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос конструктивной реализации устройства для обнаружения межвитковых замыканий в обмотках электрооборудования.

Ключевые слова: витковые замыкания, обмотки, генератор импульсов, компаратор, транзисторные ключи, индуктор.

В условиях ремонтных служб железной дороги отбраковка электрооборудования с межвитковым замыканием в обмотках является важнейшей задачей в процессе ремонта.

Из различных методов выявления межвитковых замыканий, наибольшее распространение получили импульсные методы – один из которых, метод индуцированного напряжения, использован в выполненной работе.

Данная работа направлена на конструирование и изготовление устройства для выявления витковых замыканий в электрических обмотках статоров коллекторных машин, асинхронных двигателей и обмоток электрооборудования [1].

В основу работы устройства, обнаруживающего межвитковое замыкание в обмотках электрооборудования, положен следующий принцип. Вблизи контролируемой обмотки располагают источник импульсного электромагнитного поля и приемник электромагнитных колебаний. При отсутствии в контролируемой обмотке короткого замыкания витков, сигнал переменного электромагнитного поля не велик. При наличии межвиткового замыкания в контролируемой обмотке появляется электрический переменный ток, создающий собственное электромагнитное поле, которое обнаруживается приемником.

Источником импульсного электромагнитного поля служит катушка, помещенная на незамкнутом ферромагнитном сердечнике, на которую с электронной схемы поступают импульсы тока звуковой частоты.

Приемником-индикатором электромагнитного поля служит магнитная головка, отнесенная от индуктора и отделенная от него электромагнитным

экраном, образующая колебательный контур, настроенный на частоту индуктора.

Электронная часть устройства, приведённая на рис.1, содержит генератор импульсов тока, выпрямитель импульсов напряжения, снимаемого с контролируемой обмотки, компаратор, усилитель напряжения сигналов приемника и транзисторные ключи со светодиодными индикаторами [2].

На рисунке 2 приведена монтажная плата разработанного устройства для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования.

Импульсный генератор выполнен на ШИМ-контроллере, управляющий ключом на униполярном транзисторе. [3] Частота генератора задается навесными R-C элементами и составляет 2 кГц. При закрывании транзисторного ключа, в результате самоиндукции катушки индуктора, на его стоке появляется импульс напряжения, амплитуда которого определяется выражением (1) и составляет 400...500 В с периодом $T=500$ мкс и длительностью 2 мкс

$$U = I \cdot \sqrt{L/C}. \quad (1)$$

Микросхема работает в режиме отрицательной обратной связи по току и напряжению. При амплитуде импульсного напряжения на контролируемой обмотке более 400 В, напряжение обратной связи, подаваемое на ШИМ-контроллер, уменьшает длительность импульсов управления силовым ключом и переходит в режим стабилизации напряжения на контролируемой обмотке.

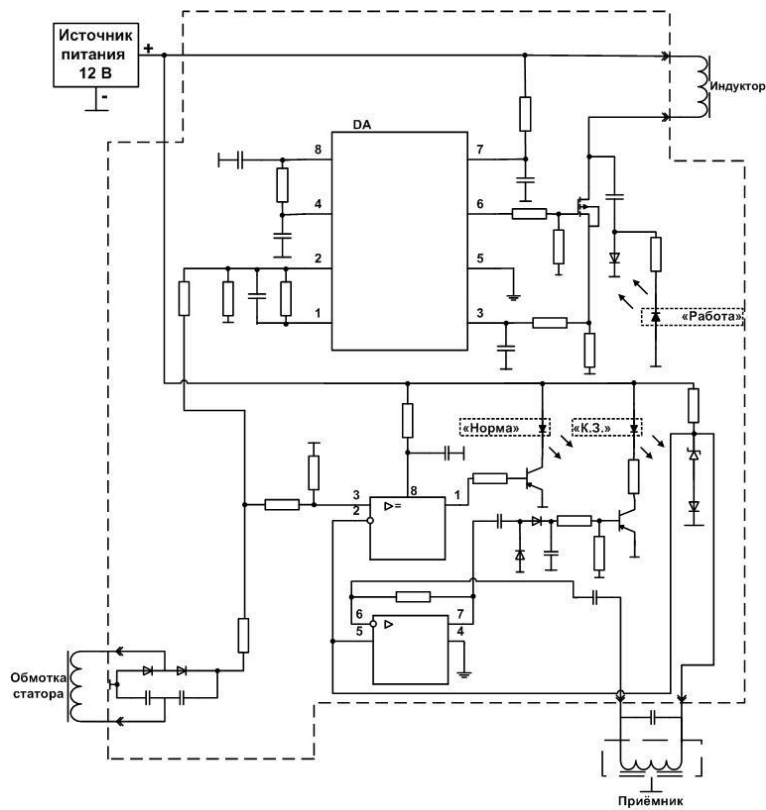


Рисунок 1. Принципиальная схема устройства

При внесении индуктора внутрь конструкции обмотки, импульсы тока индуктора наводят в контролируемой обмотке электродвижущую силу, величина которой зависит от амплитуды импульсов напряжения в индукторе, коэффициента взаимной индукции индуктор-обмотка и от коэффициента трансформации (соотношения витков индуктора и контролируемой обмотки) [4]. Наведенная в обмотке ЭДС выпрямляется по схеме удвоения и поступает через резистивные делители на вход компаратора и на вход ШИМ-контроллера, как сигнал обратной связи по напряжению.

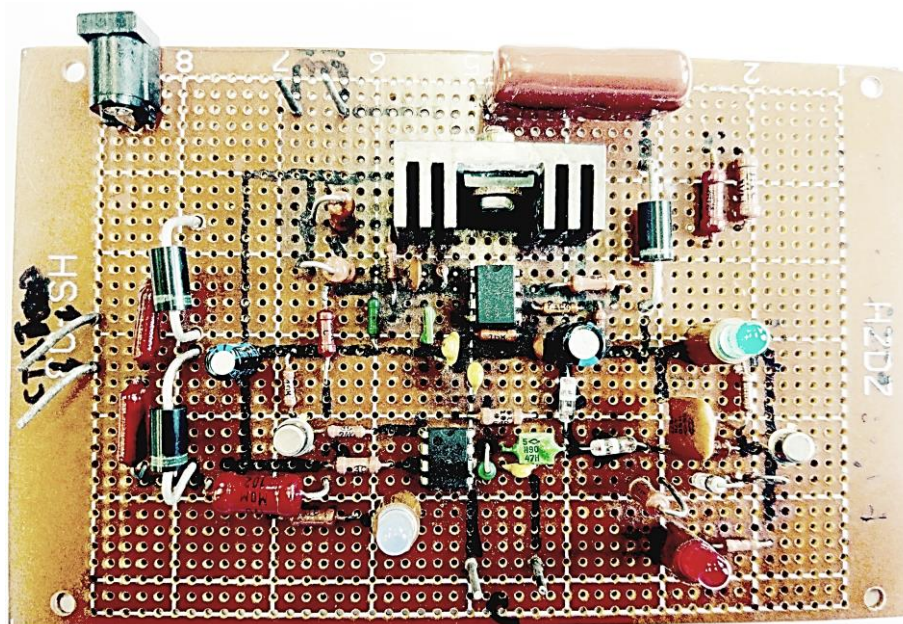


Рисунок 2. Монтажная плата устройства

При отсутствии виткового замыкания амплитуда импульсов наведённой ЭДС на контролируемой обмотке составляет около 150 В, часть этого напряжения поступает на вход компаратора, выход которого управляет транзисторным ключом светодиодного индикатора исправности обмотки. При наличии виткового замыкания, на контролируемой обмотке амплитуда импульсов составляет более 400 В и сигнал приёмника усиливается, модулируется и поступает на транзисторный ключ светодиодного индикатора наличия короткого замыкания.

Список литературы

1. Климентов Н.И. Моделирование в среде multisim схемы электроснабжения сети 0,4 кв питания нетяговых потребителей // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 140-144.
2. Быханова Е.А., Климентов Н.И. Анализ способов диагностики дефектов ответственных конструктивных элементов железнодорожного транспорта // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2019. С. 11-15.

3. Вахрамеев Д.А., Климентов Н.И. Ремонт трансформаторов напряжения ЗНОМ-35 // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 17-21. 0
4. Кураков А.В., Евстигнеев М.И., Климентов Н.И. Схема плавки гололеда на контактной сети участка Журавка - Сергеевка ЮВЖД // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 40-44.
5. Никитин И.Ю., Климентов Н.И. Комплексная проверка состояния воздушных линий // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 49-56.
6. Скопина С.Г., Климентов Н.И. Сигнализация контроля нагрева букс пассажирских вагонов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог. Труды студенческой научно-технической конференции РГУПС. 2019. С. 56-59.
7. Мамедов Г.М. Устройство формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 146-150.
8. Климентов Н.И., Мамедов Г.М. Исследование переходных режимов в автоматизированных электроприводах постоянного тока с управлением от компьютера // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 49-53.
9. Мамедов Г.М., Климентов Н.И., Дворядкина М.Ю. Электротехника и электроника. основы электроники - учебное пособие / Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; М.: Московский гос. ун-т путей сообщ., 2011.
10. Попов В.И., Мамедов Г.М. Исследование вагонного генератора продольного поля // В сборнике: Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. 2018. С. 149-152.

УДК 656.07

Системы электропитания устройств электрической централизации

Адамов А.Н., О.С. Шерстюков

Аннотация: Произведён анализ существующих систем питания устройств электрической и микропроцессорной централизаций на железнодорожном транспорте. Обозначены достоинства и недостатки систем питания.

Abstract: The analysis of the existing power supply systems for electric and microprocessor centralization devices in railway transport is carried out. The advantages and disadvantages of power systems are indicated.

Ключевые слова: электроснабжение, электрическая централизация, микропроцессорная централизация, устройства электропитания, устройства бесперебойного питания.

Keywords: power supply, electrical centralization, microprocessor centralization, power supply devices, uninterruptible power supply devices.

Системы электропитания устройств железнодорожной автоматики играют важную роль в общем процессе организации перевозок.

Посты электрической централизации (ЭЦ) должны обеспечиваться электроэнергией как электроприёмники особой группы I категории. Электроснабжение устройств железнодорожной автоматики и телемеханики должно выполняться от трёх независимых источников питания переменного тока [1].

Устройства электропитания релейных систем ЭЦ предназначены для ввода электроэнергии от внешних источников электроснабжения, распределения напряжения по нагрузкам поста ЭЦ, резервирования питания ответственных нагрузок, заряда аккумуляторных батарей, изоляции источников напряжения от земли и контроля изоляции, выработки импульсного питания ряда нагрузок.

Для ввода электроэнергии, распределения и преобразования питания используются типовые панели питания. В качестве панелей питания применяются панели ПВ-ЭЦК, ПР-ЭЦК, ПВП-ЭЦК, ПСПН-ЭЦК, ПСТН-ЭЦК, ПП25-ЭЦК и др. разновидности. Конкретный тип питающих панелей зависит от типа станций (крупные, промежуточные); типа ЭЦ, применяемой на станции.

В комплекс устройств электропитания крупных и промежуточных станций входит щит выключения питания ЩВП-73. Щит предназначен для быстрого и надёжного отключения одновременно всех видов питания устройств. Конструкция щита позволяет производить отключение аккумуляторных батарей для профилактики. Количество щитов ЩВП-73 зависит от количества вводных панелей.

Панели питания имеют резервные выпрямители для питания ответственных нагрузок, контроль неисправности выпрямителей, постоянный контроль изоляции от заземления всех цепей питания. Имеются статические преобразователи для резервирования питания ряда нагрузок гарантированного питания, обеспечивающее питание реле ЭЦ при отключенной батарее. Широко применена оптическая и акустическая сигнализация для информации работников эксплуатации о состоянии устройств.

Системы электропитания релейных систем ЭЦ помимо достоинств имеют и недостатки [2]:

- морально устаревшая элементная база (применение в качестве контролирующих устройств реле и др.);
- отсутствие постоянного контроля за элементами питающей установки;
- громоздкость оборудования.

Микропроцессорные централизации предъявляют более жёсткие требования к надёжности системы энергоснабжения по сравнению с системами релейных централизаций.

Система ЭЦ-ЕМ должна обеспечивать бесперебойное электропитание шкафов УВК РА и ПЭВМ рабочего места дежурного по станции (РМ ДСП).

Организация питания релейного оборудования и напольных устройств системы ЭЦ-ЕМ аналогична организации питания систем релейных ЭЦ. На

станциях, где возможно одновременное пропадание напряжения во всех фидерах, должны применяться устройства бесперебойного питания (УБП), обеспечивающие бесперебойность электропитания на время отсутствия напряжения во всех фидерах за счёт преобразования постоянного напряжения резервного источника питания в требуемое переменное напряжение.

В состав питающей установки ЭЦ-ЕМ входят:

- вводное устройство;
- щит распределительный (РЩ);
- трансформаторный щит (ТЩ);
- система бесперебойного питания с применением УБП фирмы GE DE категории Site Pro в комплекте с необслуживаемыми аккумуляторными батареями, размещёнными в батарейном кабинете. Ёмкость аккумуляторных батарей определяется расчётом по конкретному проекту с учётом резервирования питания нагрузки не менее 4 часов;
- изолирующий трансформатор нагрузок СЦБ;
- контрольная батарея (КБ);
- дизель-генераторный агрегат (ДГА).

Конкретный выбор типа устройства бесперебойного питания, типа батарей или электронных накопителей и их количество зависит от расчётной мощности нагрузки (шкафов УВК РА, ПЭВМ РМ ДСП) и максимально возможного времени прерывания питания всех фидеров.

Индикация состояния фидеров питания выведена на экран монитора РМ ДСП.

Назначением питающей установки (ПУ) МПЦ «EVIlock-950» является обеспечение электропитанием устройств МПЦ «EVIlock-950» и централизованной автоблокировки АБТЦ-Е, интегрированной в систему МПЦ «EVIlock-950», а также электропитания других микропроцессорных, электронных и релейных устройств, увязываемых с МПЦ-Е или АБТЦ-Е.

Питающая установка обеспечивает резервирование следующих нагрузок от устройств бесперебойного питания (УБП):

- АРМ ДСП, АРМ ШН, АРМ ПТО, АРМ МУ и др.;
- центральный процессор и объектные контроллеры;
- стационарные светофоры, светофоры АБТЦ-Е;
- цепи управления и контроля стрелок;
- релейные схемы МПЦ и АБТЦ;
- стационарные рельсовые цепи, рельсовые цепи АБТЦ и АБТЦ-Е;
- устройства АЛС (АЛС-Н, АЛС-ЕН);
- стационарные переездные устройства;
- постовые устройства ПОНАБ (ДИСК, КТСМ), АПК ДК и др.;
- устройства диагностики, диспетчерского контроля за движением поездов и диспетчерской централизации;
- устройства охранно-пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения и др.

ПУ МПЦ «EVIlock-950» также обеспечивает перечень нагрузок гарантированного питания:

- электрообогрев контактов автопереключателей стрелочных электроприводов;
- кондиционирование, электрообогрев помещений;
- устройства ПОНАБ (ДИСК, КТСМ), АПК ДК и др.;
- устройства проводной связи;
- устройства ДУ – дистанционное управление разъединителями контактной сети.

К ПУ МПЦ «EVIlock-950» подключаются и бытовые нагрузки. Бытовые нагрузки включают в себя устройства обогрева помещений и электрические плиты для разогрева пищи обслуживающим персоналом.

Питающая установка для МПЦ «EVIlock-950» обеспечивает:

- непрерывность питания нагрузок, подключенных к системе бесперебойного питания, при переключениях внешних источников питания или при их отключении на время не менее 60 минут при наличии ДГА и 120 минут при отсутствии ДГА;
- индикацию состояния фидеров, отключение внешних источников питания от нагрузки при отклонении их контролируемых параметров от нормируемых значений;
- обобщенный контроль срабатывания устройств защиты от перенапряжений и автоматических выключателей, а также предусмотрена индикация отключения автоматов каждого щита;
- применение необслуживаемых аккумуляторов и содержание аккумуляторной батареи в автоматическом режиме;
- учёт электроэнергии потребляемой от внешних источников.

Независимо от применяемой системы управления движением поездов к энергоснабжению устройств ЭЦ предъявляются высокие требования.

Библиографический список

1. СП 235.1326000.2015 Свод правил «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования», 2018. – 182 с.
2. Шерстюков, О.С., Аксенов Д.А. Анализ существующих систем питания устройств электрической централизации / О.С. Шерстюков // Современная наука: диалог естественно-научной и социально-гуманитарной субкультур // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 12 октября 2020 г. / Под общ. ред. Е.П. Ткачевой. - Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2020. – С. 25-28.

**ТРУДЫ 80-й СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ РГУПС (ЧАСТЬ 4)**

Секция «Электроснабжение железных дорог»
(Воронеж, 21-23 апреля 2021г.)

Отпечатано: филиал РГУПС в г Воронеж
г Воронеж, ул. Урицкого 75А
тел (473) 253-17-31

Подписано в печать 23.04.2021 Формат 21х30 ½
Печать электронная Усл.печ.л. – 5,7
Тираж 50 экз