

Цифровизация тяговых подстанций как инструмент решения проблемы обнаружения места повреждения в контактной сети

Костин Алексей Петрович

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
Студент*

Макашёва Светлана Игоревна

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
к.т.н., доцент кафедры “Системы электроснабжения”*

Пинчуков Павел Сергеевич

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
к.т.н., доцент кафедры “Системы электроснабжения”*

Аннотация

Статья рассматривает комплекс проблем в работе систем обеспечения движения поездов по электрифицированным участкам переменного тока, связанных с точным и своевременным обнаружением места повреждения в контактной сети. В качестве перспективного инструмента решения проблемы обнаружения места повреждения в контактной сети рассматриваются функциональные возможности цифровизации тяговых подстанций.

Ключевые слова: короткое замыкание, определение места повреждения, автоматизированная система мониторинга, цифровая подстанция, цифровая железная дорога, контактная сеть.

Digitalization of traction substations as a tool to solve the problem of the fault location determination in the traction network

Kostin Aleksey Petrovich

*Far Eastern State Transport University
Student*

Makasheva Svetlana Igorevna

*Far Eastern State Transport University
Ph.D in engineering, candidate of technical science, associate professor,
Department of “Power Supply Systems”*

Pinchukov Pavel Sergeevich

*Far Eastern State Transport University
Ph.D in engineering, candidate of technical science, associate professor,
Department of “Power Supply Systems”*

Abstract

The paper deals the problem of the operation of AC traction network on the electrified railways associated with the fault location's correct determination in the traction network. A functionality of traction substation's digitalization is considered as a perspective tool for solving the problem of detecting fault location in the traction network. A new approach to determining the fault location in the traction network implemented on the basis of digital traction substations is proposed.

Keywords: short circuit, fault location, automated monitoring system, digital substation, digital railway, traction network

Транспортные системы по праву занимают ведущую позицию в экономической системе любого государства ведь исторически сложилось так, что транспорт удовлетворяет одну из важнейших потребностей человека – потребность в перемещении грузов и пассажиров. Неслучайно среди прочих отраслей экономики России сегмент логистики и транспорта по итогам 2017 года показал наиболее высокие темпы роста, достигнув величины в 3,7% [1].

В настоящее время Правительством Российской Федерации взят ускоренный курс на цифровизацию экономики, где особая роль отведена “умным” транспортным системам - цифровым интеллектуальным устройствам и объектам для успешного взаимодействия транспортных средств и инфраструктуры [1].

В рамках выбранного курса на цифровизацию ОАО "РЖД" с 2016 года реализует комплексный научно-технический проект «Цифровая железная дорога», где важная роль отводится интеллектуальным технологиям между пользователем, транспортным средством, системой управления движением и инфраструктурой [2]. Одним из важных элементов этой системы является цифровая подстанция, которая включает в себя интеллектуальное первичное оборудование (электронные измерительные трансформаторы, интеллектуальные выключатели и т.п.) и вторичное оборудование (сети управления, объединяющие устройства и т.п.), соединенное между собой посредством протоколов связи по стандарту IEC 61850 (МЭК 61850) [3].

Набор стандартов цифровой тяговой подстанции согласно требованиям МЭК 61850 развивается и активно поддерживается производителями устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики, измерительных устройств [4]. Таким образом, производители упомянутых устройств всерьез рассматривают широкие функциональные возможности, которые открывают внедрение цифровизации в качестве перспективных способов решения многих проблем работы электрических сетей различного назначения. К примеру, защита таких специфических электрических сетей, как контактные сети систем электроснабжения переменного тока, может быть выполнена на новых цифровых подстанциях гораздо более эффективно за счет повышения быстродействия и точности определения места повреждения в контактной сети.

На рис. 1 представлена структурная схема, определяющая иерархическую взаимосвязь процессов обмена информацией и управляющих воздействий между различными уровнями цифровой тяговой подстанции в соответствии с нормативной документацией стандартов (протоколов) МЭК 61850 (IEC 61850) [3].

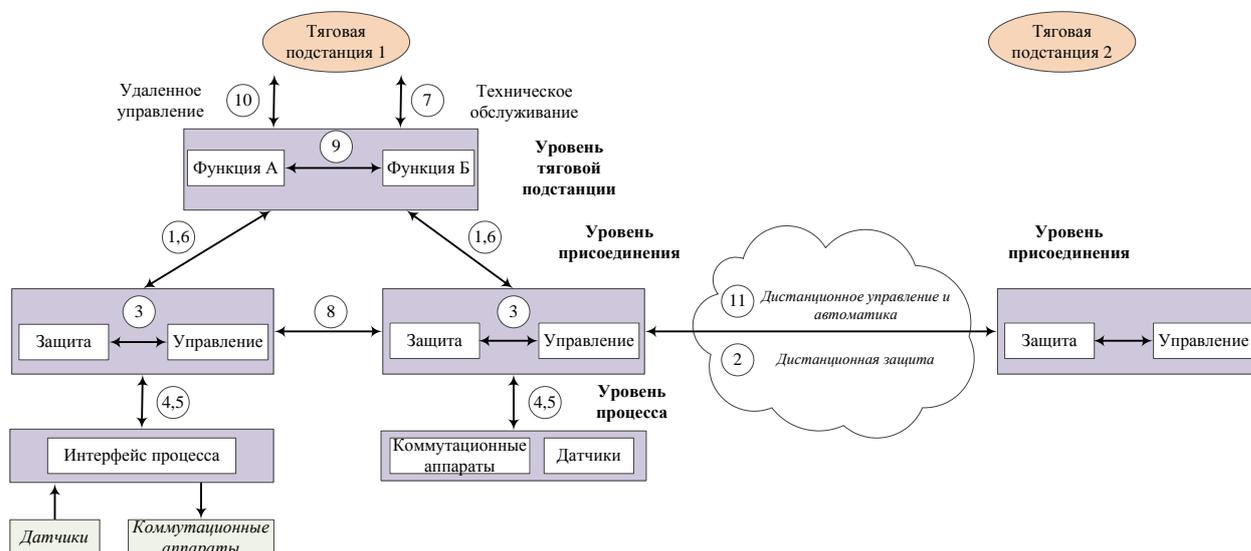


Рисунок 1 – Архитектура построения уровней обмена информацией и управляющих воздействий цифровой тяговой подстанции

Как следует из рис.2, на цифровой тяговой подстанции предусмотрены три основных уровня, определяющие механизм и иерархию обменных процессов, а именно:

1. Уровень тяговой подстанции
2. Уровень присоединения
3. Уровень процесса

Все процедуры обмена информацией и управляющими воздействиями цифровой тяговой подстанции, обозначенные цифрами на рис.1, разбиты на 11 основных позиций:

1. Обмен сигналами устройств защиты между уровнями присоединения и тяговой подстанции;
2. Обмен сигналами устройств защиты между уровнем присоединения одного объекта и уровнем присоединения смежного объекта (например, между двумя смежными тяговыми подстанциями);
3. Обмен данными в рамках уровня присоединения;
4. Передача мгновенных значений тока и напряжения от измерительных преобразователей (на уровне процесса) устройствам уровня присоединения;
5. Обмен сигналами функций управления оборудованием между уровнем процесса и уровнем присоединения;
6. Обмен сигналами функций управления между уровнем присоединения и уровнем тяговой подстанции;

7. Обмен данными между уровнем тяговой подстанции и удаленным рабочим местом оператора (диспетчера, оперативного персонала и т.п.);

8. Прямой обмен данными между присоединениями, в частности, для реализации быстродействующих функций, таких как оперативная блокировка;

9. Обмен данными в рамках уровня тяговой подстанции;

10. Обмен сигналами функций управления между уровнем тяговой подстанции и удаленным диспетчерским (управляющим информационным) центром;

11. Обмен сигналами функций управления между уровнями присоединения двух различных объектов, например, дискретными сигналами для реализации оперативной блокировки или другой автоматики тяговой подстанции.

Для сбора, передачи и обработки информации на цифровой тяговой подстанции уже сейчас целесообразно использовать существующую на ряде подстанциях ОАО "РЖД" автоматизированную систему мониторинга (АСМ), которая имеет большой потенциал с точки зрения расширения своих функциональных возможностей и интеграции в цифровое пространство "умной" железной дороги [5].

Действительно, возможность обработки значительного числа информации, хранящейся в постоянно пополняющейся базе данных АСМ в настоящее время реализована пока достаточно слабо на объектах железнодорожного транспорта [5]. Однако, эту функцию, по мнению авторов, можно эффективно использовать для решения одной из актуальных проблем работы устройств релейной защиты контактной сети переменного тока - проблемы обнаружения места повреждения в контактной сети переменного тока железнодорожного транспорта [6]. Особенно острую актуальность приобретает проблема быстрого и точного определения места повреждения в тяговой сети в условиях движения тяжеловесных поездов, так как простой поездов, вызванный отключением участка контактной сети действиями релейной защиты, ведет к существенным финансовым убыткам и размер этих убытков прямо пропорционален времени, затраченному на поиск места, последующую ликвидацию повреждения и возобновление движения [7].

Произведенный анализ литературных источников [8-10] позволяет заключить, что, несмотря на многообразие существующих способов, методов, устройств и технологий, используемых в настоящее время для поиска места повреждения в контактной сети переменного тока, каждый из этих методов в той или иной мере обладает погрешностями и недостатками, снижающими эффективность поиска места повреждения.

Предлагаемый и прорабатываемый авторами в настоящее время новый подход к реализации алгоритма определения места повреждения в контактной сети переменного тока предполагает применение его на объектах

с высокой степенью цифровизации и работает на основе архитектуры связей между уровнями цифровой тяговой подстанции, представленных на рис. 1.

Методика определения места повреждения в этом случае будет включать в себя процедуры проверки состояния набора диагностируемых параметров с вероятного места повреждения с использованием логических соотношений между диагностируемыми параметрами и техническими условиями работы участка в виде матрицы наблюдения. При этом, определение значений контролируемых параметров должно позволить точно определить место повреждения на основании использования диагностической информации и сократить время на определение места повреждения за счет быстроты реакции элементов цифровой тяговой подстанции (или, на первом этапе апробации методики – элементов автоматической системы мониторинга и сопрягающих устройств).

Таким образом, на основании рассмотренных перспектив и функциональных возможностей цифровых тяговых подстанций с точки зрения поиска пути решения проблемы обнаружения места повреждения в тяговой сети можно сформулировать следующие выводы:

1. несмотря на многообразие способов, устройств и методов обнаружения места повреждения в контактной сети переменного тока, известные в настоящее время способы обладают рядом недостатков, снижающих точность и быстрдействие поиска, что свидетельствует об актуальности проблемы и необходимости поиска принципиально новых путей ее решения;

2. функциональные возможности цифровизации тяговых подстанций переменного тока имеют высокие потенциал в качестве инструмента быстрого и точного обнаружения места повреждения в контактной сети.

Вместе с тем, предлагаемый вариант решения проблемы обнаружения места повреждения в контактной сети переменного тока электрифицированных железных дорог требует дополнительных исследований на конкретном участке железной дороги на предмет адекватности работы и оценки своей эффективности.

Библиографический список

1. Российский транспорт объединит единая цифровая платформа URL: http://www.cnews.ru/reviews/transport2018/articles/rossijskij_transport_obedin_it_edinaya_tsifrovaya_platforma
2. Цифровая железная дорога: настоящее и будущее. URL: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=13486526>
3. ГОСТ Р МЭК 61850-7-1-2009. Группа П77. Национальный стандарт Российской Федерации. Сети и системы связи на подстанциях. Часть 7. Базовая структура связи для подстанций и линейного оборудования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200082215>
4. Бovyкин В.Н., Мокеев А.В. Пример использования МЭК 61850 при

- создании ССПИ подстанций // Технические и программные средства систем автоматизации. Телекоммуникационные системы для энергетики. 2015. № 7 (72). С. 49-55.
5. Makasheva S.I. An automated monitoring system as an instrument of lean production of a traction power supply system // Russian Electrical Engineering. 2016. Т. 87, № 2, С. 107-109.
 6. Мындреску Е.В., Пинчуков П.С. Поведение и состояние защит контактной сети переменного тока в современных условиях // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2016. Т. 1. С. 308-312.
 7. Пинчуков П.С., Макашёва С.И. Устройства релейной защиты в условиях тяжеловесного движения // Железнодорожный транспорт. 2018. № 8. С. 40-42.
 8. Chettya D., Pereraa A., Bellob M., Davidsonc I.E. Performance evaluation of traction and utility network interface: Fault location and protection coordination //Electric Power Systems Research. 2018. Т. 156. С. 44-53.
 9. Yablokov A., Filatova G., Timofeev A. Using of non-traditional current and voltage sensors for the fault location //MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2017. Т. 141. С. 01058..
 10. Penghou L. Design and implementation of feeder automation //MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. Т. 175. С. 03021.