

# Отчет о проверке на заимствования №1



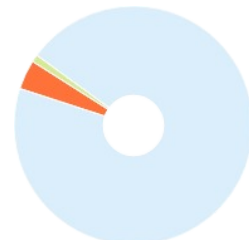
**Автор:** Косяченко Оксана Викторовна [kosyachenko@msun.ru](mailto:kosyachenko@msun.ru) / ID: 376  
**Проверяющий:** Косяченко Оксана Викторовна ([kosyachenko@msun.ru](mailto:kosyachenko@msun.ru) / ID: 376)  
**Организация:** Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельск  
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://msun.antiplagiat.ru>

## ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 193  
 Начало загрузки: 25.11.2019 07:47:31  
 Длительность загрузки: 00:00:04  
 Корректировка от 25.11.2019 07:50:53  
 Имя исходного файла: Макашева. Цифровая трансформация тяговых  
 Размер текста: 1420 кБ  
 Тип документа: Статья  
 Символов в тексте: 14403  
 Слов в тексте: 1694  
 Число предложений: 105

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)  
 Начало проверки: 25.11.2019 07:47:37  
 Длительность проверки: 00:00:13  
 Комментарии: [Автосохраненная версия]  
 Модули поиска: Сводная коллекция ЭБС, Коллекция РГБ, Цитирование, Коллекция eLIBRARY.RU, Модуль поиска Интернет, Модуль поиска "msun", Кольцо вузов



ЗАИМСТВОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
4,03%	0,19%	95,78%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.  
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.  
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.  
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.  
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.  
 Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.  
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	1,24%	3,58%	Условие	<a href="http://reshaem.net">http://reshaem.net</a>	12 Фев 2018	Модуль поиска Интернет	178	5
[02]	1,23%	2,71%	Рогов, Григорий Викторович Повыше...	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	08 Дек 2017	Коллекция РГБ	177	4
[03]	0%	2,57%	Интеллектуальные преобразователи д...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	раньше 2011	Коллекция eLIBRARY.RU	0	4
[04]	0%	2,36%	ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛО...	<a href="https://docplayer.ru">https://docplayer.ru</a>	17 Мая 2019	Модуль поиска Интернет	0	3
[05]	0%	2,14%	ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный...	<a href="https://docplayer.ru">https://docplayer.ru</a>	12 Сен 2019	Модуль поиска Интернет	0	3
[06]	0%	2,05%	40995	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	09 Мар 2016	Сводная коллекция ЭБС	0	3
[07]	0,58%	1,94%	Выпуск №2 за 2008 год	<a href="http://ssuwt.ru">http://ssuwt.ru</a>	04 Авг 2017	Модуль поиска Интернет	83	3
[08]	0%	1,84%	РД 153-34.0-15.501-00 Методические ук...	<a href="http://gosthelp.ru">http://gosthelp.ru</a>	18 Июн 2019	Модуль поиска Интернет	0	2
[09]	0%	1,72%	ДП140529 ЭЭФ ВасилевичВА.txt	не указано	29 Мая 2014	Кольцо вузов	0	2
[10]	0%	1,72%	ДП140529 ЭЭФ ИвановаНА.txt	не указано	29 Мая 2014	Кольцо вузов	0	2
[11]	0,99%	1,56%	АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИ...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	14 Ноя 2015	Коллекция eLIBRARY.RU	142	2
[12]	0%	1,49%	Ахметшин, Азат Ринатович диссертаци...	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	раньше 2011	Коллекция РГБ	0	2
[13]	0%	1,49%	Максимова, Александра Альбертовна ...	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	19 Фев 2018	Коллекция РГБ	0	2
[14]	0%	1,49%	Стрикос, Димитриос Лукас диссертаци...	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	раньше 2011	Коллекция РГБ	0	2
[15]	0%	1,49%	Журнал №3 (51) 2016 год	<a href="https://irgups.ru">https://irgups.ru</a>	19 Ноя 2016	Модуль поиска Интернет	0	2
[16]	0%	1,49%	Электробезопасность	<a href="http://compcentr.ru">http://compcentr.ru</a>	24 Июн 2019	Модуль поиска Интернет	0	2
[17]	0%	1,49%	<a href="http://xn--80aa3afkgvdf5he.xn--p1ai/ES...">http://xn--80aa3afkgvdf5he.xn--p1ai/ES...</a>	<a href="http://xn--80aa3afkgvdf5he.xn--p1ai/ES...">http://xn--80aa3afkgvdf5he.xn--p1ai/ES...</a>	17 Июн 2019	Модуль поиска Интернет	0	2
[18]	0%	1,42%	АЛГОРИТМ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГР..	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	27 Мая 2019	Коллекция eLIBRARY.RU	0	2
[19]	0%	1,42%	Безик В.А., Никитин А.М. _ Методическ...	не указано	15 Ноя 2019	Кольцо вузов	0	2

[20]	0%	1,42%	Рыбцов В.А._ЭЭТм_1701a	не указано	19 Июн 2019	Кольцо вузов	0	2
[21]	0%	1,42%	Безик В.А., Никитин А.М. Методически...	не указано	15 Ноя 2019	Кольцо вузов	0	2
[22]	0%	1,41%	2015-РОАТ-ЭЛ-Капитанов-МА.docx	не указано	09 Июн 2015	Кольцо вузов	0	3
[23]	0%	1,35%	Ларин, Андрей Николаевич диссертаци...	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	раньше 2011	Коллекция РГБ	0	2
[24]	0%	1,22%	Ким Анна Вадимовна Ким А.ЭЛ2.антип...	не указано	21 Июн 2018	Кольцо вузов	0	2
[25]	0%	1,21%	143866	<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	раньше 2011	Сводная коллекция ЭБС	0	1
[26]	0%	1,21%	65619	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	09 Мар 2016	Сводная коллекция ЭБС	0	1
[27]	0%	1,21%	Электромагнитная совместимость в эл..	<a href="http://bibliorossica.com">http://bibliorossica.com</a>	раньше 2011	Сводная коллекция ЭБС	0	1
[28]	0%	1,21%	СРЕДСТВА ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ ПОКА.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	21 Фев 2018	Коллекция eLIBRARY.RU	0	1
[29]	0%	1,21%	ВКР-М17ЭС-11-19-Скопин М.С..pdf	не указано	17 Июн 2019	Кольцо вузов	0	1
[30]	0%	1,21%	2016ВКР0587РАДЦЕВ	не указано	23 Мая 2016	Кольцо вузов	0	1
[31]	0%	1,21%	ВКР Пюро	не указано	23 Апр 2018	Кольцо вузов	0	1
[32]	0%	0,78%	Регулируемые установки емкостной к...	<a href="http://ibooks.ru">http://ibooks.ru</a>	раньше 2011	Сводная коллекция ЭБС	0	2
[33]	0%	0,78%	О применении устройств продольной...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	03 Мая 2017	Коллекция eLIBRARY.RU	0	2
[34]	0%	0,65%	Исследование энергетической и эконо..	<a href="https://jih.ru">https://jih.ru</a>	29 Окт 2019	Модуль поиска Интернет	0	1
[35]	0%	0,63%	ПРИНЦИП КОРРЕКТИРОВКИ СТОИМО...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	27 Дек 2016	Коллекция eLIBRARY.RU	0	1
[36]	0,19%	0%	не указано	не указано	раньше 2011	Цитирование	28	1

## Текст документа

УДК 621.316.761.2:621.332.015.32

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ: АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

DIGITAL TRANSFORMATION OF RAILWAY TRACTION

SUBSTATIONS: ASPECTS OF ELECTRICITY QUALITY

EVALUATION

Макашѐва Светлана Игоревна

Пинчуков Павел Сергеевич

Мартьянов Егор Олегович

Овчинникова Элина Дмитриевна

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,

Хабаровск

Makasheva Svetlana Igorevna

Pinchukov Pavel Sergeevich

Martianov Egor Olegovich

Ovchinnikova Elina Dmitryevna

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk

jap\_svet@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрена технология оценки показателей

качества электрической энергии с последующей их корректировкой при

помощи устройств продольной емкостной компенсации в условиях

цифровой подстанции. Рассмотрены методы и техники анализа,

применимые к большим данным при цифровизации тяговых подстанций

железных дорог. На примере коэффициента несимметрии напряжений по

обратной последовательности произведена прогнозная оценка влияния

устройств продольной емкостной компенсации на степень симметрии

напряжений в тяговой сети переменного тока на основании натурального

эксперимента.

Annotation: The article discusses the technology for assessing the power

quality indicators with their subsequent adjustment using series compensation device at the digital substation. The methods and techniques of analysis applicable to big data technology for digital traction substations are considered. Using the example of the voltage unbalance factor in the reverse sequence, a predictive assessment is made of the effect of series capacitive compensation devices on the degree of voltage symmetry in the AC traction network during a field experiment.

Ключевые слова: цифровизация, качество электроэнергии, устройство продольной компенсации, тяговая сеть, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, прогнозная аналитика, большие данные.

Keywords: digitalization, power quality, series compensation device, traction network, voltage unbalance factor, predictive analytics, big data

Введение. По оценкам большинства мировых экспертов в ближайшие десять лет будут широко востребованы комплексные и гибкие решения в области электроэнергетики. Как показывает мировой опыт, управление системами электроснабжения в разных отраслях промышленности, транспорта, жилищно-коммунального и сельского хозяйства, будет осуществляться на основе умных цифровых технологий (Smart Technologies) и анализа больших данных (Big Data) [1,2]. В этой связи, важнейшей и актуальной задачей, стоящей перед российской экономикой, транспортом и промышленностью, является цифровизация во всех сферах деятельности человека. Одним из примеров внедрения цифровых технологий ОАО « Российские железные дороги» [3] является разработка проекта цифровой тяговой подстанции электрифицированных участков железной дороги [3].

Тяговая подстанция на железной дороге является тем системообразующим звеном, где координируется система управления многими системами: релейной защиты и автоматики, системой контроля потребления электрической энергии, и системой оценки качества электрической энергии. В настоящее время под термином “качество электрической энергии” (КЭ) понимается мера соответствия ряда показателей, установленных и нормируемых по ГОСТ 32144-2013 [4] значениям, записанным в этом нормативном документе. В Российской Федерации показатели качества электрической энергии определены по напряжению и частоте питающей сети.

Цели и задачи исследования. В тяговой сети электрифицированных железных дорог переменного тока при интенсивных объемах перевозок и повышении веса поезда происходит снижение уровня напряжения и ухудшение показателей качества электроэнергии [5]. Это связано с тем, что система электроснабжения железных дорог проектировалась изначально на меньшие веса поездов и объемы перевозок, чем в настоящее время. Поэтому для поддержания на должном уровне качества электрической энергии и величины напряжения в тяговой сети применяют устройства

продольной емкостной компенсации (УПК), которые устанавливают на тяговых подстанциях. Целью настоящей работы является разработка технологии оценки показателей качества электрической энергии с последующей их корректировкой при помощи устройств продольной емкостной компенсации в условиях цифровой подстанции.

Натурные измерения. Структура цифровой тяговой подстанции предусматривает применение автоматизированных систем мониторинга электрических параметров ее присоединений, которые включают в себя блок контроля КЭ [6]. В состав блока контроля КЭ входят измерительно-вычислительные комплексы, которые включаются в контрольные точки

тяговой подстанции. На рис.1 показан пример подключения измерительного комплекса к шинам 27,5 кВ тяговой подстанции, что является первым этапом технологии оценки показателей качества электрической энергии (ПКЭ).

Рис.1. Схема подключения измерительно-вычислительного блока для контроля КЭ на стороне 27,5 кВ цифровой подстанции

На первом этапе необходимы замеры тех ПКЭ, которые в настоящее время нормируются соответствующими ГОСТами. Однако современные средства измерения, входящие в структуру цифровой подстанции, позволяют фиксировать и прочие ПКЭ, не включенные в ГОСТ, но дающие информацию для инженерных расчетов в области повышения эффективности работы технических устройств (к примеру, показатели качества тока). Объектами настоящего исследования являются параметры напряжения в системе тягового электроснабжения, измеренные при помощи измерителя ПКЭ Ресурс UF-2М за время натурального эксперимента на тяговых подстанциях, расположенных на Дальнем востоке РФ [5]. Рассматриваемый измеритель формирует за время измерения массив данных в виде листов базы данных MS Excel. Пример видового окна для одного из таких листов приведен на рис. 2 .

Рис. 2. Видовое окно основных параметров электрической энергии

Обработка исходной информации. Особенностью применяемых измерителей является наличие в них блока обработки результатов замеров, расчет конкретных ПКЭ и выдача итоговой информации в табличном виде.

Эти данные можно в виде цифрового потока передавать на удаленный пункт обработки информации, как это предусматривает второй этап технологии оценки показателей качества электрической энергии.

Покажем, как производится оценка одного из важных свойств электроэнергии – степени симметрии ее фазных (или линейных) напряжений на примере двух ПКЭ: коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K0U, %, и коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности <sup>11</sup> K2U, %.

В связи с тем, что полученные натурные данные представляют собой огромные массивы значений, то их обработку целесообразно производить вероятностно-статистическим методом с построением гистограмм плотности распределения случайной величины и определением ее математического ожидания (МО) и среднеквадратического отклонения (СКО). На этом этапе необходимо выделить следующие методы и техники анализа, применимые к большим данным (Big Data):

1. статистический анализ;
2. визуализация аналитических данных;
3. прогнозная аналитика.

Статистический анализ. Известно, что энергетические характеристики тяговой сети, являясь случайными величинами, подчиняются нормальному распределению Гаусса [5, 6], которое задается функцией плотности вероятности

(1)

где  $x$  – случайная величина.

Нормальное распределение характеризуется математическим ожиданием (МО), дисперсией и среднеквадратическим отклонением (СКО) случайной величины. Расчет параметров нормального распределения производился в среде MS Excel с использованием встроенных инструментов и функций: НОРМРАСП, СЧЁТЕСЛИ. На рис. 3 представлено видовое окно расчета для напряжений подстанции для двух случаев- с учетом включения УПК и с учетом отключения УПК.

Рис. 3. Фрагмент расчета нормального распределения напряжений

Выполненный таким образом статистический анализ параметров электрической энергии (тока, напряжения, частоты) служит основой для последующего расчета ПКЭ в соответствии с методикой, установленной действующим ГОСТом [4]. Данный этап сопряжен с производством большого числа повторяющихся расчетов и требует большого объема для хранения поступающей информации.

Визуализация аналитических данных. Идеология построения цифровой подстанции позволяет использовать возможности цифровых технологий для улучшения восприятия поступающей информации в режиме реального времени. Так, рассчитанные и статистически обработанные значения рассматриваемых ПКЭ можно визуализировать на дисплее оперативного персонала подстанции в виде рис.4.

Нормальное распределение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности на шинах 27,5 кВ подстанции [2] при включении и отключении устройств продольной емкостной компенсации представлено в виде кривых нормального закона распределения на рис.4. На гистограмме обозначены результаты ранее выполненного статистического анализа случайной величины – нанесены вертикальные линии, обозначающие уровень МО и СКО искомого ПКЭ - коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, K2U, %.

Рис.4. Визуализация аналитических данных K2U, %, для шин 27,5 кВ цифровой подстанции

Прогнозная аналитика. Прогнозировании будущего поведения объектов и субъектов с целью принятия оптимальных решений является важной составляющей цифровых технологий. На тяговых подстанциях прогноз пределов изменения ПКЭ тесно связан с графиком движения поездов. Важным фактором при таком прогнозе является наличие возможности своевременной корректировки параметров технических средств, в частности, емкости устройств продольной емкостной компенсации с целью улучшения качества электрической энергии и обеспечения движения поездов по намеченному графику.

Прогноз в случае нормального распределения случайной величины производится по правилу «трёх сигм» [5]. Известно, что для нормального распределения случайной величины, её рассеивание (с вероятностью 0,9985) укладывается на участке от влево и вправо от МО на три величины СКО. Иначе говоря, наиболее вероятная реализация случайной величины находится на интервале  $\mu \pm 3\sigma$ . Это позволяет, зная среднеквадратическое отклонение и математическое ожидание случайной величины, указать интервал её практически возможных значений. Вероятность того, что случайная величина покинет границы указанного интервала, составляет 0,0015. Такое событие, исходя из принципа невозможности маловероятных событий, можно считать практически невозможным [5].

Прогнозная аналитика и визуализация результатов прогнозного расчета может быть выполнена также и в виде таблиц, что облегчает дальнейшую процедуру принятия решений по корректировке параметров УПК [8].

Таблица 2. – Сравнение измеренных за время натурального эксперимента и нормируемых по ГОСТ 32144-2013 значений ПКЭ

Показатель
Количество значений, вышедших за допустимый предел, %
Допустимое количество значений при выходе их
Вариант с УПК Вариант без УПК за предел, %

Предел K2U=2% 46,68 92,04 5

Предел K2U=4% 4,4 42,82 0

Как можно увидеть из результатов натурного измерения, представленных на рис. 4 и в табл. 2, при включенном УПК МО коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности практически совпадает с нормируемым значением 2 %, установленной ГОСТ 32144-2013. МО коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности при отключенном УПК близко к 4 % норме. СКО при включенном УПК в 1,5 раза меньше, чем при отключенном (1,03 % < 1,5 %).

В целом, можно заключить, что установленные ГОСТом нормы КЭ значительно превышаются, что говорит о крайне неудовлетворительном

качестве электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности на **1** рассматриваемом объекте.

Прогнозируя диапазон изменения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности на шинах 27,5 кВ **2** рассматриваемой тяговой подстанции можно отметить, что наиболее вероятный диапазон при включении УПК составляет 0±3,09 %, а при отключении УПК – от 0 до 4,51%. Как в первом, так и во втором случае КЭ **1** по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности на **1** стороне 27,5 кВ рассматриваемой тяговой подстанции является неудовлетворительным.

Для цифровой подстанции такая оперативно выводимая информация должна стать поводом для незамедлительной корректировки параметров УПК с целью приведения КЭ к требованиям, регламентируемым ГОСТом.

В рассматриваемом случае использование УПК с существующими параметрами настройки способствует незначительному улучшению КЭ с точки зрения симметрирования напряжения, однако является недостаточным для приведения качества электроэнергии к требованиям норм.

Выводы. В результате произведенного анализа качества электрической энергии на шинах 27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока **7** можно заключить, что рассмотренная технологии оценки показателей качества электрической энергии пригодна для применения ее для этапов реализации проекта цифровизации тяговых подстанций. С учетом развития цифровых технологий на железной дороге после оценки КЭ необходима визуализация данных и прогнозная аналитика пределов изменения

показателей качества электроэнергии с последующей корректировкой параметров устройств продольной емкостной компенсации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. BloombergNEF [ Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/#toc-download>
2. Курьянов, В.Н. Цифровые подстанции. Опыт реализации / В.Н. Курьянов, Л.Р. Куц, Н.Р. Горбунова, И.В. Бондарев, В.В. Цыпик // Наука, образование и культура. – 2018. – No 3 (27). – С. 9–12.
3. Стратегия развития холдинга ОАО «РЖД» до 2030 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doc.rzd.ru>
4. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»
5. Макашева, С. И. Мониторинг качества электрической энергии в системе тягового электроснабжения переменного тока : моногр. / С.И. Макашева. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 108 с. : ил.
6. Makasheva, S., Expanding the Functionality of Automated Monitoring Systems for Traction Substations / Makasheva S., Pinchukov P. //

7. Научно-производственное предприятие “Энерготехника”

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.entp.ru/>

8. Пинчуков, П. С. Устройства релейной защиты в условиях  
тяжеловесного движения / П.С. Пинчуков, С.И. Макашѐва //

Железнодорожный транспорт. 2018. No 8. С. 40-42.