

В.А. Левицкая, К.Д. Рубцов, П.О. Чинков

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОРРЕКТИРОВКА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОТ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

Аннотация. Одним из способов корректировки реактивной мощности, потребляемой тяговой подстанцией из сети, является подключение к подстанции батарей конденсаторов. Использование конденсаторных батарей, помимо снижения потерь мощности, увеличения пропускной способности распределительных сетей, повышения устойчивости и надежности электропередач, позволяет также улучшить механическую характеристику двигателей за счет исключения снижения рабочего напряжения, что важно при протяженной линии питания.

Все данные улучшения будут положительно отражаться на экономической эффективности подстанции, а также увеличении его продолжительности работы.

Ключевые слова: экономический расчёт, прибыль, экономическая эффективность, тяговая подстанция, статор, компенсация, реактивная мощность.

V.A. Levitskaya, K.D. Rubtsov, P.O. Chinkov

Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk, the Russian Federation

INCREASE OF ECONOMIC EFFICIENCY AND ADJUSTMENT OF REACTIVE POWER FROM CONNECTION OF CAPACITOR BANKS TO TRACTION SUBSTATION

Abstract. One of the ways to adjust the reactive power consumed by the traction substation from the network is to connect capacitor banks to the substation. The use of capacitor banks, in addition to reducing power losses, increasing the capacity of distribution networks, increasing the stability and reliability of power transmission, also improves the mechanical characteristics of motors by eliminating the reduction of operating voltage, which is important with an extended power line.

All these improvements will have a positive impact on the economic efficiency of the substation, as well as an increase in its operating time.

Keywords: economic calculation, profit, economic efficiency, traction substation, stator, compensation, reactive power, electricity.

Введение

Одним из способов корректировки реактивной мощности, потребляемой из сети, является подключение к двигателю батареи конденсаторов [7].

Мероприятия по компенсации реактивной мощности на предприятии позволяют уменьшить нагрузку на двигатели, увеличить срок их службы, уменьшить нагрузку на провода, кабели, улучшить качество электроэнергии (за счёт уменьшения искажения формы напряжения), уменьшить нагрузку на коммутационную аппаратуру (за счет снижения токов), снизить расходы на электроэнергию, а также избежать штрафов за снижение качества электроэнергии пониженным коэффициентом мощности.

В результате проведённых исследований установлено, что для двигателей с паспортными мощностями от 7,5 до 45 кВт за счет емкости, образуемой изолированными пластинами статора, возможна полная компенсация потребляемой двигателем реактивной мощности. Для двигателей с мощностями 5,5, 55, 75 и 90 кВт компенсация возможна до коэффициента мощности 0,88 – 0,91.

Активная мощность электрической себя представляет собой количество реальной мощности (используемой или рассеиваемой). При наличии в системе конденсаторов или других

реактивных нагрузок приводит к появлению обратного эффекта — мощности, которая тратится впустую, повышая расход энергии и снижая пропускную способность электросетей.

Реактивная мощность обозначается литерой Q , измеряется в реактивных вольт-амперах (вар) и является функцией реактивного сопротивления (X). Собственно, коэффициент мощности представляет собой безразмерную величину, отражающую отношение активной мощности к реактивной. Таким образом, чем выше Q , тем ниже коэффициент мощности и менее эффективна система.

Для коррекции реактивной мощности используются емкостные нагрузки, однако подобрать их сложно из-за нелинейной динамики параметров тока. Коэффициент мощности зависит от целого ряда факторов, в том числе от количества работающих двигателей, характеристик потребителей, масштабов и архитектуры распределительных сетей. Подбирая оборудование для коррекции коэффициента мощности, можно добиться экономии электроэнергии от конденсаторных установок и повысить ресурс дорогостоящего оборудования.

Актуальность проблемы растет с увеличением промышленных энергосистем с высоким содержанием асинхронных двигателей, индуктивных потребителей и нелинейных нагрузок. Чем выше процент реактивной мощности, тем выше себестоимость электроэнергии. Если тарификация ресурса производится по активной мощности, то поставщику энергии приходится увеличивать ее расход. При Q системы достигает 40%, возникает необходимость увеличения мощности на эту же величину. Таким образом, стоимость транспортировки ресурса в системах с низким коэффициентом мощности возрастает до 250-1000 руб. в месяц.

В электрических сетях среднего и высокого напряжения возможно появление еще одной проблемы — гармонических токов высокого уровня. Гармоники ухудшают качество электроэнергии, могут привести к появлению пробоев, скачков напряжения и резонансным явлениям. В таких системах экономический эффект от внедрения конденсаторных установок заметен на первых этапах. От проектирования до установки и настройки может пройти несколько недель, но по окончании работ Вы почувствуете разницу. Использование современного оборудования позволит существенно сэкономить и продлить ресурс дорогостоящей аппаратуры.

Приведём пример двигателя, используемого на станции Курагино. На данной тяговой подстанции применяется двигатель ТДТНЖ-40000/220 УХЛ1 (таблица 1).

Обозначение типа трансформатора расшифровывается следующим образом: Т – трехфазный, Д – охлаждение с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, Т – трехобмоточный, Н – с регулированием напряжения под нагрузкой; Ж – для электрифицированных железных дорог; номинальная мощность – 40000 кВА; класс напряжения обмотки ВН – 220 кВ; УХЛ1 – исполнение для районов с умеренным климатом при размещении на открытом воздухе.

Таблица 1 – Характеристики двигателя на станции Курагино

Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение обмоток, кВ			Схема и группа соединения	Напряжение КЗ, %			Потери, кВт	
	ВН	СН	НН		ВН-НН	ВН-СН	СН-НН	Холодого хода	КЗ
									220
									Ток XX, %
40000	230	27,5	$\frac{6,6}{11}$	Y/Δ/Δ	12,5	22,0	9,5	54,0	0,55
Время эксплуатации, лет	20								

I. Экономический эффект от внедрения конденсаторных установок

Из-за снижения коэффициента мощности в промышленных электросетях ежегодно теряется от 5 до 30% энергии. Чем сложнее и масштабнее система, тем более серьезные последствия может иметь появление реактивной мощности, для компенсации которой используется специальное оборудование. Экономический эффект от внедрения конденсаторных установок очевиден: коррекция коэффициента мощности снижает затраты на транспортировку энергии, повышает пропускную способность электросетей и надежность подключенного к системе оборудования.

Как корректировать коэффициент мощности?

Одним из самых оптимальных решений для большинства промышленных электросетей является коэффициент мощности не менее 0,9. Достичь подобного эффекта можно следующими действиями:

- Добавлением емкостной нагрузки.
- Использованием нерегулируемой конденсаторной батареи.
- Подключение отдельного конденсатора параллельно каждому двигателю или источнику нелинейной нагрузки.
- Применение регулируемой конденсаторной батареи.
- Комплексный подход, сочетающий все указанные методы.

Установка компенсирующих устройств в системах электроснабжения носит в основном экономический характер. Дело в том, что проблемы баланса реактивных мощностей энергосистем и регулирования напряжения решаются, как правило, с помощью системных средств регулирования и компенсации.

Одна из главных проблем экономической эффективности на тяговых подстанциях – большой расход электроэнергии из-за реактивной мощности. Экономическая эффективность – показатель относительный, который соизмеряет получаемый результат расходами, либо ресурсами.

Для правильного выбора батареи конденсаторов нужно произвести экономический расчёт, который покажет, какая батарея конденсаторов будет наиболее эффективна в использовании на тяговой подстанции Красноярской железной дороги.

Годовые издержки на тяговой подстанции определяются по формуле

$$I = \frac{P_a + P_o}{100} \cdot K + \beta \cdot \Delta \mathcal{E}_{год} \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

где P_a и P_o – отчисления на амортизацию и обслуживание, %; β – стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии; $\Delta \mathcal{E}_{год}$ – годовые потери электроэнергии в трансформаторах; K – капитальные вложения, состоящие из стоимости трансформаторов, РУ и постоянной части затрат (объединённый пункт управления, аккумуляторную батарею, компрессорную станцию (при наличии)).

Для планирования сумм амортизационных отчислений необходимо знать наличие основных средств на начало года, план ввода в эксплуатацию основных фондов, план выбытия из эксплуатации основных фондов и нормы амортизационных отчислений.

II. Анализ расхода электроэнергии Красноярской железной дороги

На основании данных расхода электроэнергии по обмоткам тяговых трансформаторов тяговых подстанций Красноярской железной дороги в период с 01.11.2020 по 01.11.2021 г., а также от Энергосбыта Красноярского края [8] стоимость 1 кВт/ч для тяговых подстанций составляет ориентировочно 3 рубля. Соответственно, все данные сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ расхода электроэнергии по обмоткам тяговых трансформаторов тяговых подстанций Красноярской ЖД с 01.11.2020 по 01.11.2021 г.

Тяговая подстанция	Расход по обмоткам СН-I, СН-II (кВт/ч)			Общий расход	Общий расход после подключения	Экономия
	27,5 кВ	35/10 кВ	Всего			
Курагино	36153441,5	82351565,1	118505006,6	237010013,2	220419312,3	16590700,92
Кошурниково	89643691,5	39720945,6	129364637,1	258729274,2	240618225	18111049,19
Мариинск	79222831,88	38879035,8	118101867,7	236203735,3	219669473,9	16534261,47
Ачинск	105285066,6	60686393,8	165971460,4	331942920,7	308706916,3	23236004,45
Саянская	44779198,2	36141449,4	80920647,6	161841295,2	150512404,5	11328890,66
Мана	24241585,5	8476767	32718352,5	65436705	60856135,65	4580569,35
Иланская	109865270,6	71509796,4	181375067	362750134,1	337357624,7	25392509,38
Кача	153120400,1	8183590,8	161303990,9	322607981,9	300025423,1	22582558,73
Красноярск-Восточный	35570122,5	15687201	51257323,5	102514647	95338621,71	7176025,29
Итого	677881608,4	361636744,9	1039518353	2079036707	1933504137	145532569,5

Зависимости общих расходов электроэнергии тяговых подстанций Красноярской железной дороги в период с 01.11.2020 по 01.11.2021 г. Представлены на рисунке 1.

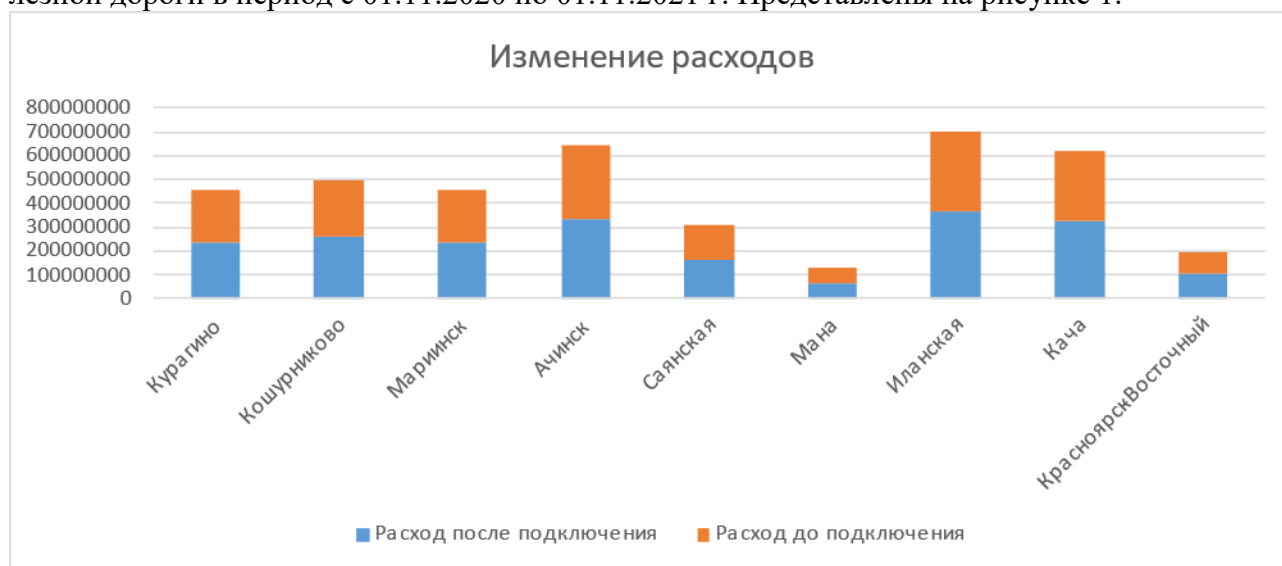


Рис.1. Зависимости общих расходов до (график 1) и после подключения батареи конденсаторов (график 2)

Результаты приведенных расчетов позволяет сделать вывод о том, что приобретение оборудования стоимостью 30 000 рублей будут экономически эффективны. Это подтверждается сокращением использования объемов электроэнергии в 0,07 раз при подключении батарей конденсаторов.

При этом произойдет снижение материальных затрат на 7% в отчетном году по сравнению с прошлым годом.

В результате анализа проведенных расчётов было установлено, что экономическая эффективность после подключения батарей конденсаторов повысилась почти на 7%. Это говорит о том, что у тяговых подстанций сократились расходы на закупку электрической энергии, соответственно, на 7%

III. Закупка батарей конденсаторов на тяговую подстанцию

Сэкономленные средства можно потратить на приобретение батарей конденсаторов и их установку на тяговой подстанции, или в иные необходимые материальные ресурсы, которые будут формироваться исходя из цен приобретения, наценок, комиссионных вознаграждений, уплачиваемых снабженческим, внешнеэкономическим организациям, стоимости услуг товарных бирж, включая, брокерские услуги, таможенные пошлины, плату за транспортировку, осуществляемую сторонними организациями.

С точки зрения минимизации этих затрат компенсирующие устройства (КУ), то есть батареи конденсаторов должны устанавливаться как можно ближе к электроприемникам, то есть в системах электроснабжения потребителей электроэнергии. В таком случае, потери электроэнергии снижаются как в сетях потребителей, так и в сетях энергоснабжающих организаций (ЭСО).

В среднем одна батарея конденсатора стоит 30 тысяч рублей. Для улучшения экономической эффективности можно приобрести 5 батарей конденсаторов (в зависимости от типа и мощности тяговой подстанции).

Несмотря на затраты, необходимые для покупки и установки нового оборудования, расходы на подстанции значительно уменьшатся (согласно таблице 2). Экономия составила 7% — это говорит о том, что данное улучшение целесообразно для использования на железной дороге в Красноярском крае.

Приведём технические характеристики конденсаторной батареи, которая будет эффективна на тяговой подстанции Курагино.

Таблица 3 – Технические данные конденсаторной батареи КС2-0,38-50-3У3 (1У3, 2У3)

Характеристика	Значение
Напряжение, кВ	0,38
Мощность, кВАр	50
Емкость, мкФ	1104
Высота, мм	725
Время работы, часов в год	8760
Время эксплуатация, лет	20

Эксплуатационные расходы на содержание и обслуживание тяговых подстанций включают в себя:

- фонд оплаты труда с начислением на социальное страхование;
- стоимость материалов и запасных частей;
- стоимость электрической энергии, расходуемой на собственные нужды;
- амортизационные отчисления;
- расходы по охране труда и технике безопасности;
- прочие денежные расходы.

Начисления на социальное страхование ($H_{с.с}$) установлены в размере 36,6% от годового фонда оплаты труда (Φ_r), руб.

Годовой фонд оплаты труда принимается равным 11 213 964 руб. (согласно данным тяговой подстанции Красноярской железной дороги).

$$H_{с.с} = \frac{\Phi_r \cdot 36,6\%}{100\%} \quad (2)$$

Тогда фонд заработной платы с учётом $H_{с.с}$ определится, руб.

$$\Phi_{зн} = \Phi_r + H_{с.с} \cdot \quad (3)$$

Расходы по охране труда и технике безопасности принимаются равными 0,7% от расходов на фонд заработной платы, на электроэнергию и материалы, руб.

$$C_{ox} = \frac{(\Phi_{зн} + C_{с.н.} + C_{mat}) \cdot 0,7\%}{100\%}. \quad (4)$$

где $C_{с.н.}$ – денежные расходы на электроэнергию, потребляемую на собственные нужды; C_{mat} – стоимость материалов, запасных частей и изделий.

Для расчёта возьмём тяговую подстанцию Курагино. Все данные расходы добавим в таблицу 4.

Таблица 4 – Таблица необходимых показателей для расчёта эффективности

Экономический элемент	Прошлый год	Отчётный год	Абсолютная разница	Темп роста, %
Материалы	70000	30000	-40000	42,86
Электроэнергия	237010013,2	220419312,3	-16590700,92	93,00
Прочие материальные затраты	79869	87431	7562	109,47
Амортизация	3500	1500	-40000	42,86
Фонд оплаты труда	11213964	11614731	-400767	103,57
Расходы по охране труда	111305,50	109845,32	-1460,18	98,69
Итого	248555151,7	232291319,62	-16263832,08	93,46

Анализ эксплуатационных расходов в разрезе экономических элементов показал, что отчётный год деятельности характеризовался уменьшением стоимости затрат материалов по общей сумме 40000 рублей. Также было уменьшение затрат на электроэнергию, амортизацию и охрану труда. Уменьшение затрат связано с тем, что после установки батарей конденсаторов были уменьшены затраты на важные показатели (электроэнергия, амортизация).

В прошлом году показатели эффективности были выше. Это было связано с тем, что затраты на тяговую подстанцию были выше.

Общая структура распределения затрат сохранила свою пропорциональность.

Заключение

В ходе выполнения работы было определено, что корректировка реактивной мощности положительно влияет на тяговую подстанцию и улучшает качество электрической энергии. Таким образом, не смотря на все затраты после покупки, установки и подключения батареи конденсаторов получится большая экономия средств, которую можно направить на прочие необходимые расходы.

Соответственно, технические расчёты, представленные в статье [7] оправданы с представленными экономическими расчётами тяговых подстанций Красноярской железной дороги.

Также можно сделать вывод, что благодаря установки батареи конденсаторов на тяговых подстанциях будет дольше работать оборудование, потребуется меньше затрат на ремонт и обслуживание оборудования. Все необходимые затраты положительно скажутся на экономической составляющей тяговых подстанций Красноярской железной дороги.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы электромеханики : учебное пособие / В.П. Кочетков [и др.].. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 639 с. — ISBN 978-5-4486-0259-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/73337.html> (дата обращения: 11.10.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/73337>.

2. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. М.: Энергоиздат, 2019. 504 с.
3. Плотников С.М. Экспериментальные исследования размагничивания генератора постоянного тока. / С.М. Плотников, О.В. Колмаков. // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. № 18. 37-40 с.
4. Определение коэффициента затухания частотозависимых звеньев. Колмаков О.В. В сборнике: Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Ответственный редактор В.С. Ратушняк. 2018. С. 3-5.
5. Как рассчитать конденсатор в асинхронных двигателях [Электронный ресурс]. URL: <https://avtika.ru/kak-rasschitat-kondensator-v-asinhronnyh-dvigatelyah/>. (Дата обращения 11.10.2021).
6. Расчет емкости конденсатора для трехфазного двигателя – советы электрика [Электронный ресурс]. URL: <https://orenburgelectro.ru/podklyuchenie/raschet-emkosti-kondensatora-dlya-trehfaznogo-dvigatelya-sovety-elektrika.html>. (Дата обращения 11.10.2021).
7. Рубцов К.Д., Чинков П.О. Использование собственной ёмкости статора асинхронного двигателя для компенсации реактивной мощности (УДК 621.313.334 ГРНТИ 45.33.29).
8. Тарифы на электроэнергию в Красноярске и Красноярском крае [Электронный ресурс]. URL: https://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/krasnojarskiy_kraj/39423/. (Дата обращения 11.10.2021).
9. Вторичный источник питания с накопителем электрической энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47169295>. (Дата обращения: 07.02.2022).
10. Назначение источников бесперебойного питания [Электронный ресурс]. URL: <https://brshop.ru/tehnika/postoyannyj-istochnik-pitaniya.html>. (Дата обращения: 10.02.2022).
11. Накопители энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.referat911.ru/Radioelektronika/nakopiteli-jenergii/321577-2711325-place4.html>. (Дата обращения: 10.02.2022).
12. Накопители энергии в электрических системах [Электронный ресурс]. URL: <https://forca.ru/knigi/arhivy/nakopiteli-energii-v-elektricheskix-sistemah-10.html>. (Дата обращения: 10.02.2022).
13. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения; Введ. 2014-07-1. - М.: Стандартинформ, 2014. - 16 с.
14. Гольдштейн Е. И., Радаев Е. В. Гармонический анализ токов (напряжений) при наличии в них интергармоник и неизвестном периоде результирующего сигнала //Электричество. – 2009. – №. 12. – С. 87-88.
15. Вторичный источник питания с накопителем электрической энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47169295>. (Дата обращения: 07.02.2022).
16. Гармоники и частота гармоник в цепях переменного тока [Электронный ресурс]. URL: <https://electricdo.ru/garmoniki-v-elektricheskix-setyax-dlya-chajnikov.html>. (Дата обращения: 07.02.2022).
17. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с. : ил.

REFERENCES

1. Fundamentals of Electromechanics : a textbook / V.P. Kochetkov [et al.]. — Saratov : AI Pi Er Media, 2018. — 639 p. — ISBN 978-5-4486-0259-7. — Text: electronic // Electronic library system IPR BOOKS : [website]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/73337.html> (date of application: 11.10.2021). — Access mode: for authorization. users. - DOI: <https://doi.org/10.23682/73337> .
2. Asynchronous motors of the 4A series: handbook / A.E. Kravchik, M.M. Shlaf, V.I. Afonin, E.A. Sobolenskaya. М.: Energoizdat, 2019. 504 p.

3. Plotnikov S.M. Experimental studies of demagnetization of a DC generator. / S.M. Plotnikov, O.V. Kolmakov. // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. No. 18. 37-40 p.
4. Determination of the attenuation coefficient of frequency-dependent links. Kolmakov O.V. In the collection: Innovative technologies in railway transport. Proceedings of the XXII Intercollegiate Scientific and Practical Conference of KRIZHT IrGUPS. Responsible editor-tor V.S. Ratushnyak. 2018. pp. 3-5.
5. How to calculate a capacitor in asynchronous motors [Electronic resource]. URL: <https://avtika.ru/kak-rasschitat-kondensator-v-asinhronnyh-dvigatelyah/>. (Date of issue 11.10.2021).
6. Calculation of capacitor capacity for a three-phase motor - electrical tips [Electronic resource]. URL: <https://orenburgelectro.ru/podklyuchenie/raschet-emkosti-kondensatora-dlya-trehfaznogo-dvigatelya-sovety-elektrika.html>. (Accessed 11.10.2021).
7. Rubtsov K.D., Chinkov P.O. Using the own capacity of the asynchronous motor stator to compensate for reactive power (UDC 621.313.334 GRNTI 45.33.29).
8. Electricity tariffs in Krasnoyarsk and the Krasnoyarsk Territory [Electronic resource]. URL: https://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/krasnojarskiy_kraj/39423/. (Accessed 11.10.2021).
9. Secondary power supply with electric energy storage [Electronic resource]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47169295> . (Accessed: 07.02.2022).
10. Purpose of uninterruptible power supplies [Electronic resource]. URL: <https://brshop.ru/tehnika/postoyannyj-istochnik-pitaniya.html>. (Accessed: 10.02.2022).
11. Energy storage devices [Electronic resource]. URL: <https://www.referat911.ru/Radioelektronika/nakopiteli-jenergii/321577-2711325-place4.html>. (Accessed: 10.02.2022).
12. Energy storage in electrical systems [Electronic resource]. URL: <https://forca.ru/knigi/arhiv/nakopiteli-energii-v-elektricheskix-sistemah-10.html>. (Accessed: 10.02.2022).
13. GOST 32144-2013. Electrical energy. Electromagnetic compatibility of technical means. Standards for the quality of electrical energy in general-purpose power supply systems; Introduction. 2014-07-1. - Moscow: Standard inform, 2014. - 16 p.
14. Goldstein E. I., Radaev E. V. Harmonic analysis of currents (voltages) in the presence of interharmonics in them and an unknown period of the resulting signal //Electricity. – 2009. – no. 12. – pp. 87-88.
15. Secondary power supply with electric energy storage [Electronic resource]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47169295> . (Date of reference: 07.02.2022).
16. Harmonics and frequency of harmonics in alternating current circuits [Electronic resource]. URL: <https://electricdo.ru/garmoniki-v-elektricheskix-setyax-dlya-chajnikov.html>. (Date of address: 07.02.2022).
17. Quality management of electric power / I.I. Kartashev, V.N. Tulsy, R.G. Shamanov, etc.; edited by Yu.V. Sharova. – M. : Publishing House of MEI, 2006. – 320 p. : ill.

Информация об авторах

Левицкая Вероника Александровна - д. т. н., доцент кафедры «Управления персоналом», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, e-mail: Levickaia_VA@krsk.irgups.ru

Рубцов Кирилл Дмитриевич - студент кафедры «Системы обеспечения движения поездов», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск e-mail: kirill.rubtsov.2001@mai.ru

Чинков Павел Олегович - студент кафедры «Системы обеспечения движения поездов», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск e-mail: chinkov.job@mail.ru

Information about the authors

Veronika Aleksandrovna Levitskaya – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Personnel Management, Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk, e-mail: Levickaya_VA@krsk.irkups.ru

Kirill Dmitrievich Rubtsov– student of the Department of "Train Traffic Support Systems", Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk, e-mail: kirill.rubtsov.2001@mai.ru

Pavel Olegovich Chinkov – student of the Department of "Train Traffic Support Systems", Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk, e-mail: chinkov.job@mail.ru