

УДК 621.331.3.025.1

Обеспечение электроэнергетической доступности в районе Насирии и Басры (Южный Ирак) за счет системы нетягового электроснабжения скоростной железнодорожной магистрали

М. Д. Д. Алсултан^{1,2}, М. В. Шевлюгин¹

¹ Российский университет транспорта (МИИТ), Россия, 127055, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9

² Кербельский университет, Ирак, Кербела

Для цитирования: Алсултан М. Д. Д., Шевлюгин М. В. Обеспечение электроэнергетической доступности в районе Насирии и Басры (Южный Ирак) за счет системы нетягового электроснабжения скоростной железнодорожной магистрали // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 4. С. 814–824. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-04-814-824

Аннотация

Цель: система нетягового электроснабжения — это оптимальное решение для обеспечения электроэнергией железнодорожного транспорта. Система передает электричество потребителям через провода, установленные над путями. Этот способ имеет ряд преимуществ, которые могут оказаться особенно полезными в условиях Южного Ирака. В статье рассматриваются различные стратегии по обеспечению доступности электроэнергии в районах Насирии и Басры, расположенных на юге Ирака, посредством применения нетяговой системы электроснабжения, специально разработанной для высокоскоростных железных дорог. Помимо обсуждения технических характеристик системы, статья подчеркивает ее значимость для удовлетворения энергетических потребностей региона. Анализ технических деталей и оценка возможных последствий вносят вклад в дискуссию о внедрении нетяговой системы электроснабжения и освещают ее потенциал для решения проблемы энергетической доступности в Насирии и Басре. **Методы:** для успешной реализации проекта по электроснабжению исследователи применили систему моделирования, созданную с использованием программы ETAP. Этот мощный инструмент дает возможность определять значения потребляемой электропоездами электрической нагрузки, нетяговых нагрузок и моделировать работу всей электрической инфраструктуры с высокой точностью. **Результаты:** исследование предоставляет ценную информацию о сложных и стандартизированных системах переменного тока, а также о сетевых системах расчета нагрузок на тяговые и нетяговые распределительные провода. Полученные данные свидетельствуют о том, что предлагаемая нетяговая система может повысить энергоэффективность и снизить зависимость от традиционных источников энергии, способствуя устойчивому развитию региона. **Практическая значимость:** исследования позволяют оптимизировать работу системы, обеспечивая высокоэффективную обработку электроэнергии.

Ключевые слова: нетяговые потребителям, два провода — рельс (ДПР), система тягового электроснабжения, моделирование нетягового электроснабжения, тяговые подстанции переменного тока

Введение

Южный Ирак, включая регионы Насирии и Басры, стал центром внимания в вопросах развития инфраструктуры и обеспечения

ключевых объектов, таких как транспортные сети и электроэнергетические системы. Одной из главных задач в этом регионе является

предоставление надежного и стабильного электроснабжения для различных секторов, включая промышленность, транспорт, а также городские и частные дома. В связи с этим возрастает интерес к внедрению новых технологий энергоснабжения, объединяющих нетяговых потребителей, энергосбытовые сети и систему тягового электроснабжения для высокоскоростных железнодорожных магистралей в единую комплексную систему энергообмена [1].

Постановка задачи

После военных действий в электроэнергетической системе Ирака имеется ряд фундаментальных проблем:

1. Недостаточно генерирующих мощностей.
2. Недостаточная развитость топологии электроэнергетических сетей.
3. Повышенные потери в линиях электропередачи за счет их большой протяженности при низком уровне напряжения.
4. Недостаточный уровень надежности всех устройств электроснабжения.
5. Устаревшее и изношенное оборудование старых электростанций, линий электропередачи повышенного напряжения, трансформаторных подстанций и конечных распределительных сетей.
6. Отсутствие централизованного управления.
7. Отсутствие резервных линий электропередачи, наличие объединенной системы электроснабжения и многого другого.

Учитывая все вышесказанное, проектируемая система нетягового электроснабжения предоставляет возможность обеспечивать нетяговых потребителей энергией значительной мощности. Это преимущество особенно актуально в условиях энергодефицита, характерного для Южного Ирака [2].

Внедрение системы нетягового электропитания способствует значительному снижению потерь, которые обычно возникают в процессе передачи электроэнергии. Этот прогресс в первую очередь связан с использованием проводов большого сечения, стратегически проложенных непосредственно над железнодорожными путями, что позволяет эффективно сократить расстояние, по которому должно проходить электричество. Такой упрощенный путь не только сводит к минимуму потери энергии, но и заметно повышает общую энергоэффективность. Кроме того, эта система способствует повышению уровня эксплуатационной стабильности, поскольку воздушные провода по своей природе менее подвержены повреждениям в результате неблагоприятных погодных условий или различных внешних факторов, что, в свою очередь, снижает вероятность простоев или аварий, связанных с перебоями в подаче электроэнергии. Энергия, вырабатываемая и подаваемая через эту систему, поставляется под особенно высоким напряжением, в частности на уровнях 27,5 и 28,5 кВ, что необходимо для поддержания производительности и надежности электроснабжения для современных транспортных систем [3].

Внедрение системы нетягового электроснабжения на скоростных железнодорожных магистралях в регионах Насирии и Басры может существенно повысить эффективность. Это улучшит надежность и доступность перевозки энергоносителей по железной дороге, что будет способствовать развитию экономики и повышению уровня жизни местного населения.

Кроме того, внедрение этой технологии может стать важным шагом в направлении снижения зависимости региона от традиционных источников энергии, таких как нефть и газ, и способствовать переходу

к более экологически чистым и устойчивым источникам энергии, а также снизить зависимость от импорта [4].

На рис. 1 изображена карта Южного Ирака, на которой показана электрифицированная железнодорожная линия и основная система электроснабжения, протянувшаяся от Багдада в центре Адака до Басры на крайнем юге. Здесь нанесена также система тягового электроснабжения высокоскоростной железной дороги в Насирии и регионе Басры с системой «два провода — рельс» (ДПР).

Следует особо отметить, что благодаря системе тягового электроснабжения (СТЭ) удастся значительно улучшить электроэнергетическую обстановку в значительной части Южного Ирака за счет возможности питания

тяговых потребителей от третьих обмоток тяговых трансформаторов и распределенной системы электроснабжения ДПР. Нетяговая линия электроснабжения, работающая по трехфазной системе с напряжением 27,5 кВ, используется для электроснабжения железных дорог и близлежащих районных потребителей, расположенных вдоль железных дорог, электрифицированных однофазным переменным током [6].

В табл. 1 представлены потребители продольного электроснабжения ДПР, что наглядно иллюстрирует комплексную систему двухпроводных железнодорожных линий (ДПР), специально внедренную в районах Насирии и Басры. Она включает в себя в общей сложности 10 отдельных единиц выходной

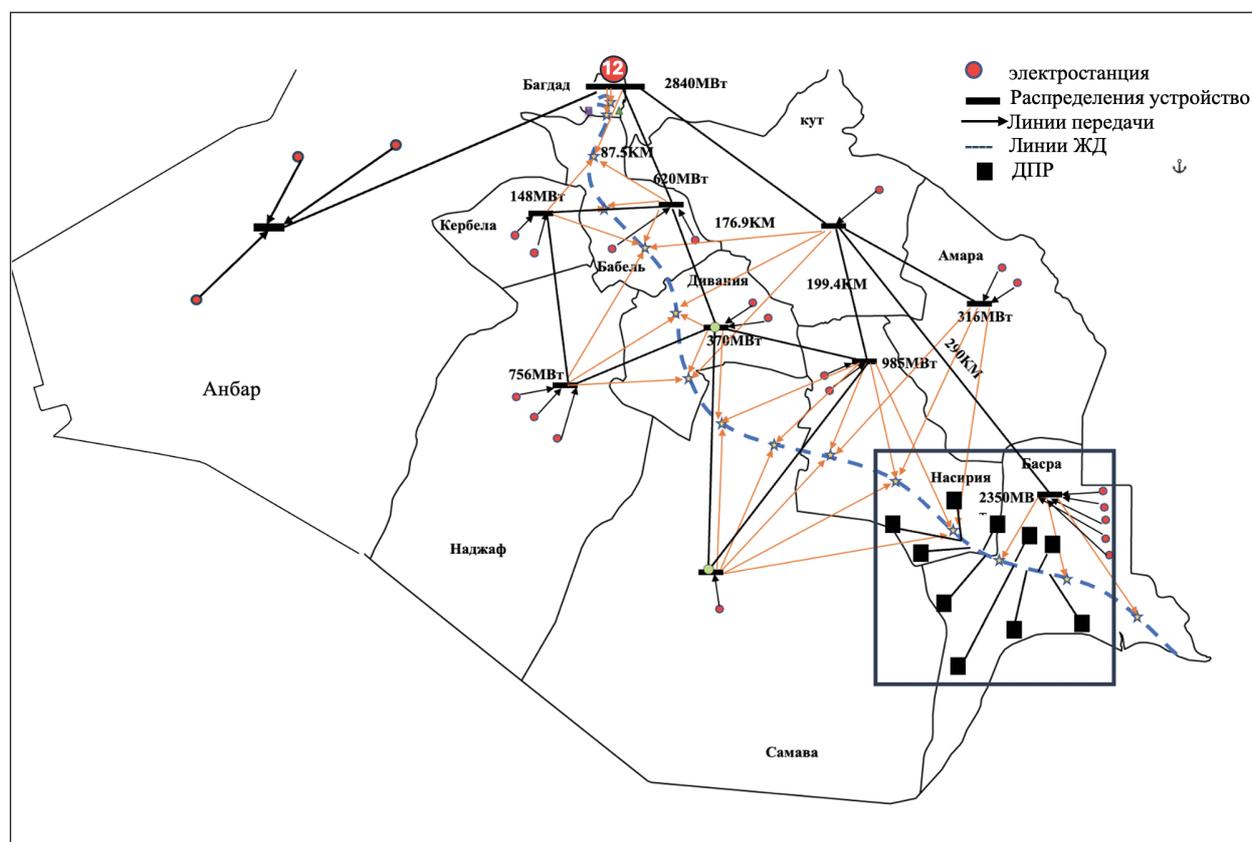


Рис. 1. Схема электроэнергетической системы и СТЭ железной дороги Южного Ирака с участком ДПР [5]

ТАБЛИЦА 1. Потребители системы ДПР

№.	Название	Тип потребителя	Мощность (кВт)
1	Шерстяная одежда	Фабрика	600
2	Деревня Хамза	Населенный пункт	450
3	Деревня Аль-Гараыв	Населенный пункт	500
4	Цементный завод	Завод	1200
5	Шаайба	Нефтеперерабатывающий завод	1500
6	Маджнун	Нефтеперерабатывающий завод	2000
7	Аль-Румела	Нефтеперерабатывающий завод	1600
8	Нахар Амар	Нефтеперерабатывающий завод	1300
9	Аль-Бугариб	Нефтеперерабатывающий завод	1400
10	Стеклопластиковая труба	Завод	700

мощности, необходимых для удовлетворения разнообразных потребностей и требований потребителей.

В число потребителей электроэнергии, поставляемой по линиям ДПР, входит широкий спектр объектов, таких как ремонтные пункты, грузовые дворы, склады, сети освещения и др. Две фазы линии состоят из сталеалюминиевых проводов, подвешенных со стороны поля на опорах контактной сети. Третий фазный провод представляет собой не что иное, как сами рельсы, отсюда и название. Опоры снабжены проводами от фазы, подающей питание в контактную сеть, а также от фазы, которая на данном участке не используется для тяговых целей [7].

Для обслуживания потребителей большой мощности напряжение в линии ДПР может быть увеличено до 29 кВ. С другой стороны, для потребителей, не являющихся тяговыми системами, подаваемое на них напряжение снижается с помощью комплектных трансформаторных подстанций (КТП), стратегически установленных там, где это необходимо. Эти трансформаторные подстанции могут быть оснащены однофазными или трехфазными

трансформаторами. Стоит отметить, что линия ДПР может питаться от одной тяговой подстанции (ТП) или от двух соседних подстанций при условии, что эти подстанции относятся к одному типу с точки зрения подключения к внешней сети электроснабжения [8].

На случай возникновения неисправностей или сбоев в системе тягового электроснабжения существует план действий в чрезвычайных ситуациях, предполагающий автоматическое переключение электропитания на линию ДПР с соседней действующей ТП. Это обеспечивает бесперебойное и надежное энергоснабжение железных дорог и различных зависимых от них потребителей [9].

Моделирование работы СТЭ железнодорожной магистрали с учетом системы ДПР

Модель СТЭ с линией ДПР протяженностью 129,35 км в области Насирии и Басры (Южный Ирак) была построена и отлажена с помощью программного комплекса ETAP [10]. В модели предусмотрены все элементы энергетической системы: электростанции, линия электропередачи (ЛЭП), распределительные

устройства, тяговые подстанции, контактная сеть, кабельные питающие линии, линии обратного тягового тока и т. д. В модели также учтены профиль пути, исполненный график движения поездов и характеристики локомотивов [11].

На рис. 2 показано формирование профиля участка железнодорожного маршрута с использованием данных, полученных от космических спутников. Этот метод помог устранить недостаток данных о профиле маршрута. Полученная информация иллюстрирует изменения высоты вдоль маршрута, выделяя значимые подъемы и спуски, которые может пройти поезд, а также области, которые будут обеспечены энергией через систему ДПР. Принятый подход позволяет более точно определить электрическую нагрузку, потребляемую электропоездами, нетяговые нагрузки и прове-

сти моделирование работы всей электрической инфраструктуры [12].

На рис. 3 представлена мнемосхема электропитания выделенного участка системы тягового электроснабжения района Насирии и Басры с учетом системы ДПР. Здесь предусмотрено питание нетяговых потребителей, согласно табл. 1.

Результатами имитационного моделирования являются осциллограммы токов и напряжений в линиях ТП, ДПР в системе первичного электроснабжения. На рис. 4 и 5 представлены зависимости напряжения и тока ТП в районе Басры, на рис. 6 и 7 показаны зависимости напряжения и тока в линии ДПР в том же районе [13].

По результатам имитационного моделирования для обеспечения перевозочного процесса на железнодорожной линии ТП должны

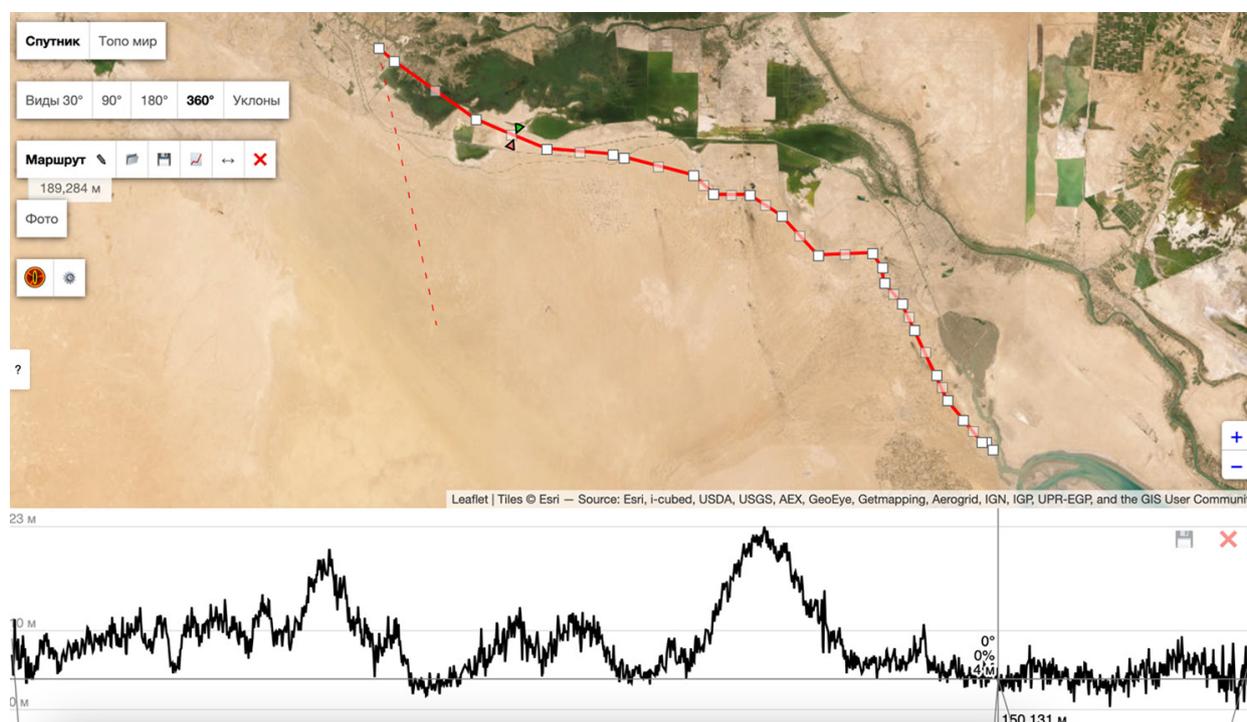


Рис. 2. Формирование продольного профиля трассы железнодорожной магистрали при использовании данных, полученных из сканирования космических спутников.

Источник: <https://votetovid.ru/#33.674,43.489,7z,33.063924,44.912109i,tb>

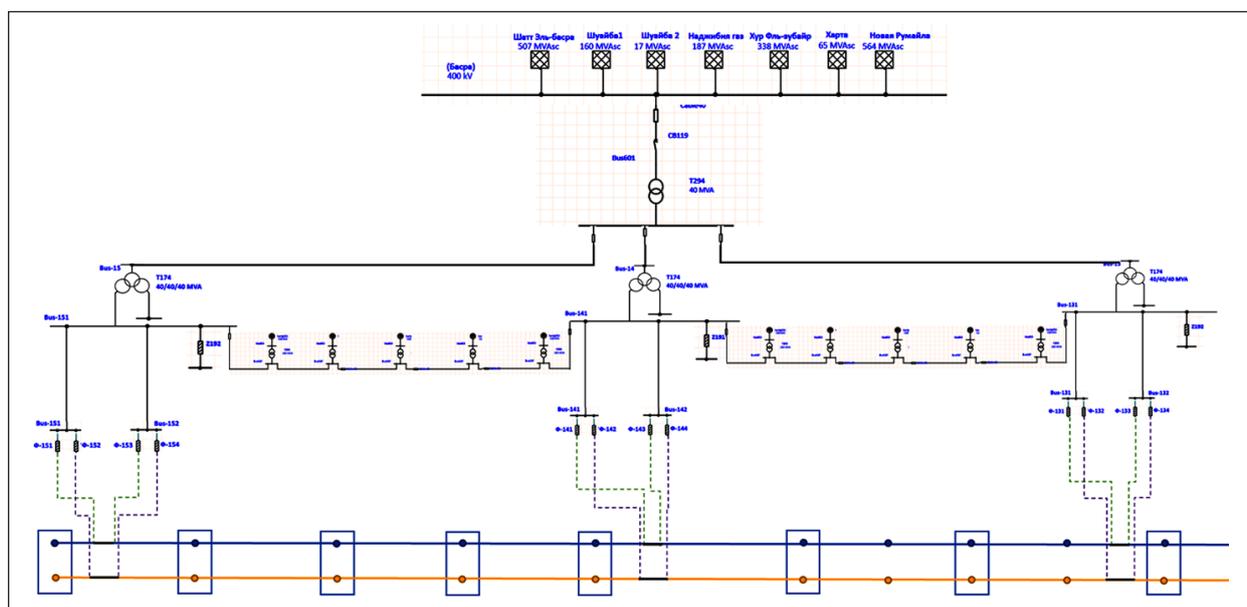


Рис. 3. Мнемосхема электроснабжения выделенного участка по системе ДПР

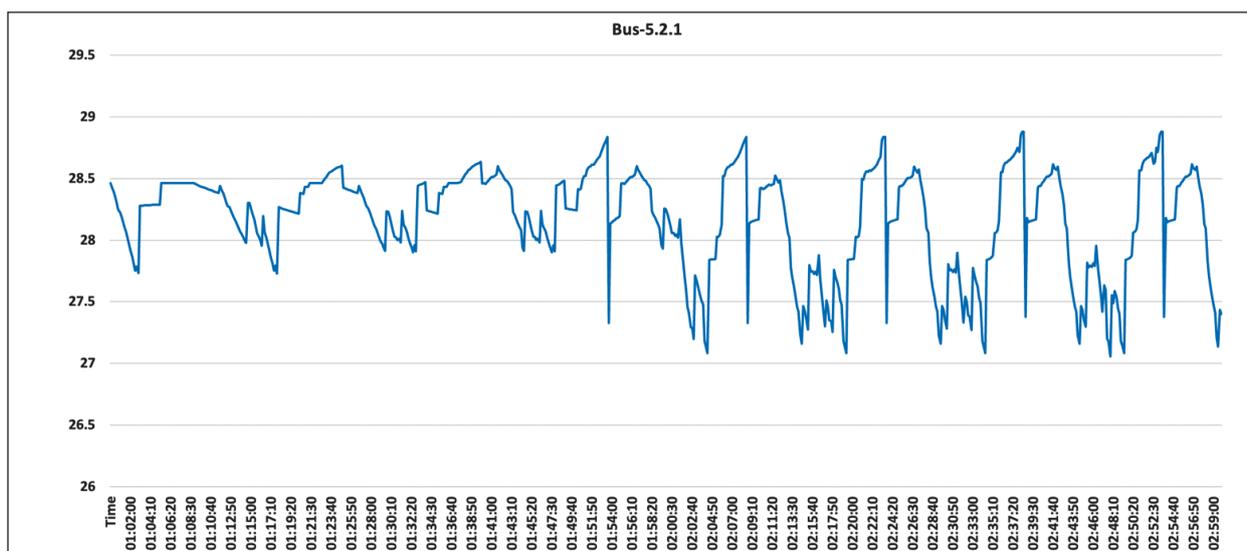


Рис. 4. Напряжение на шинах ТП железнодорожной линии

быть оснащены тяговыми трансформаторами мощностью 16 МВА (один трансформатор в резерве).

Однако для обеспечения электроснабжения нетяговых потребителей по системе ДПР и с помощью третьей обмотки тягового трансформатора следует к тяговой мощности прибавить еще 1,7 и 4,2 МВА соответственно. Учи-

тывая весь комплекс разнородной нагрузки, на каждой ТП необходимо установить трансформатор 25 МВА (и еще один в резерв). Модернизация электроэнергетической системы (ЭЭС) в виде запуска новых электростанций (ЭС) и объединения питающих пунктов позволила обеспечить необходимые объемы энергопотребления [14].

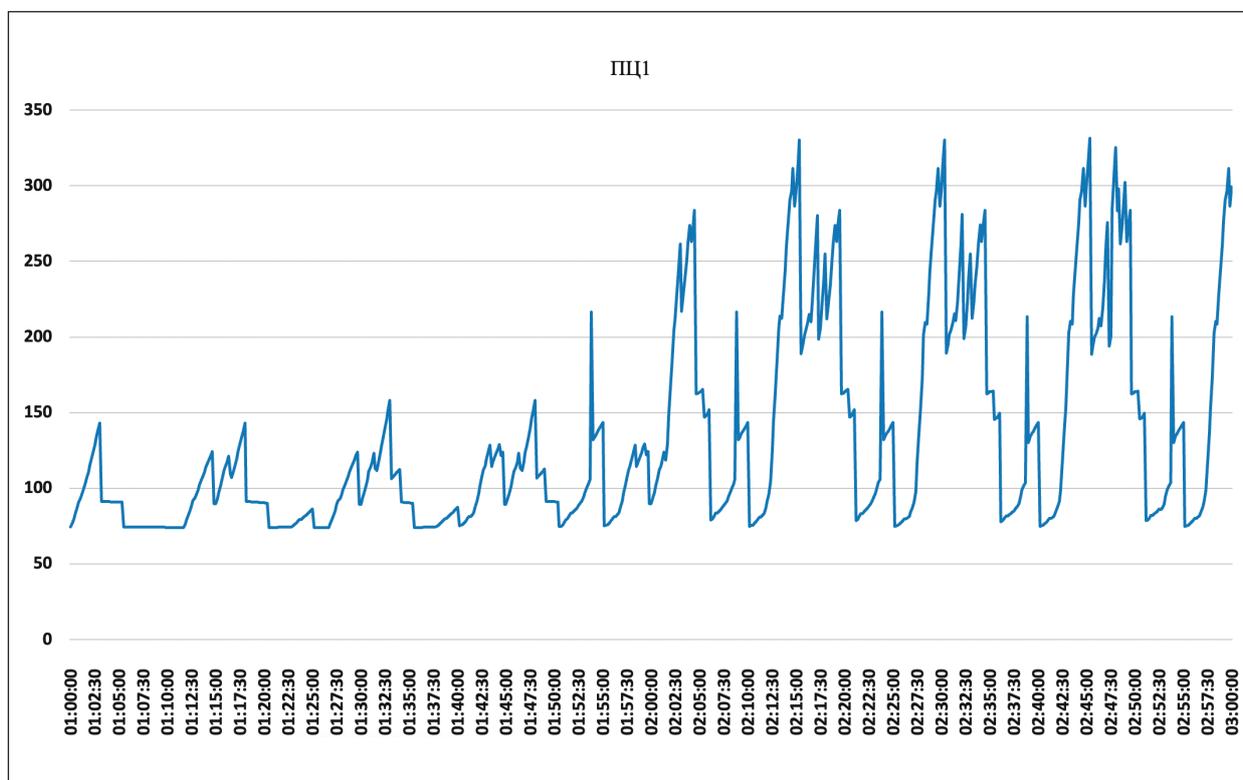


Рис. 5. Ток ТП железнодорожной линии

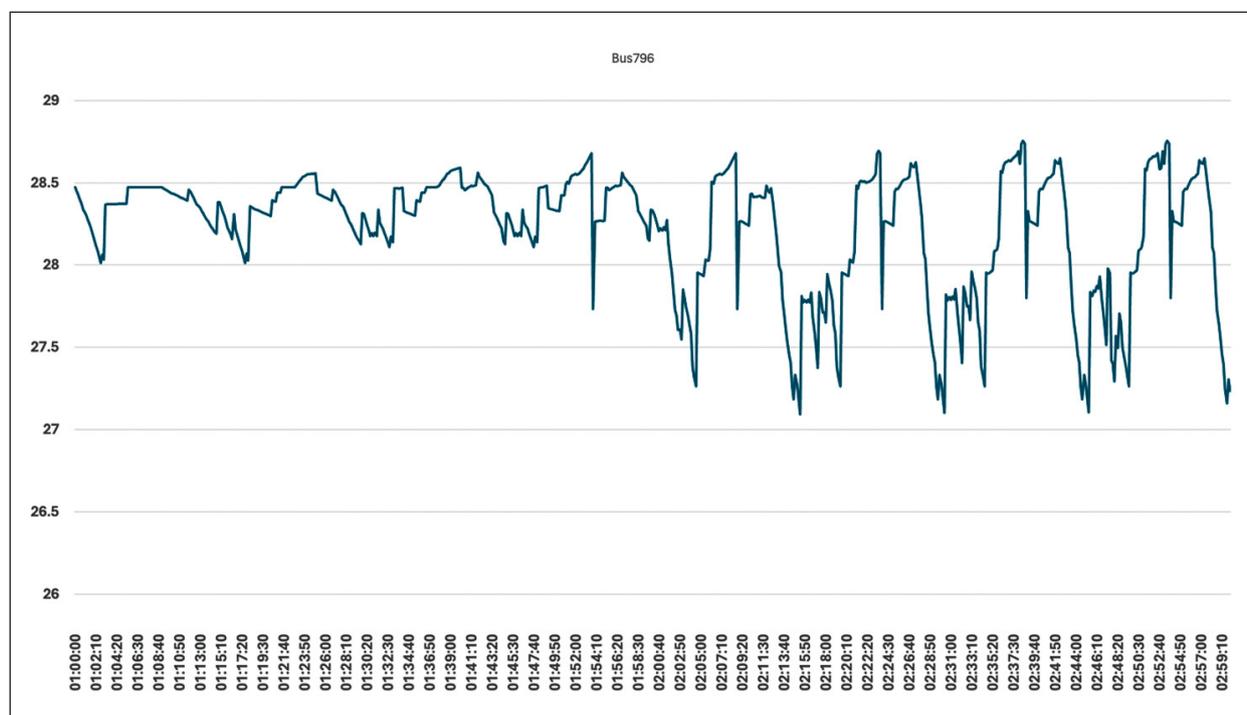


Рис. 6. Напряжение в линии ДПР

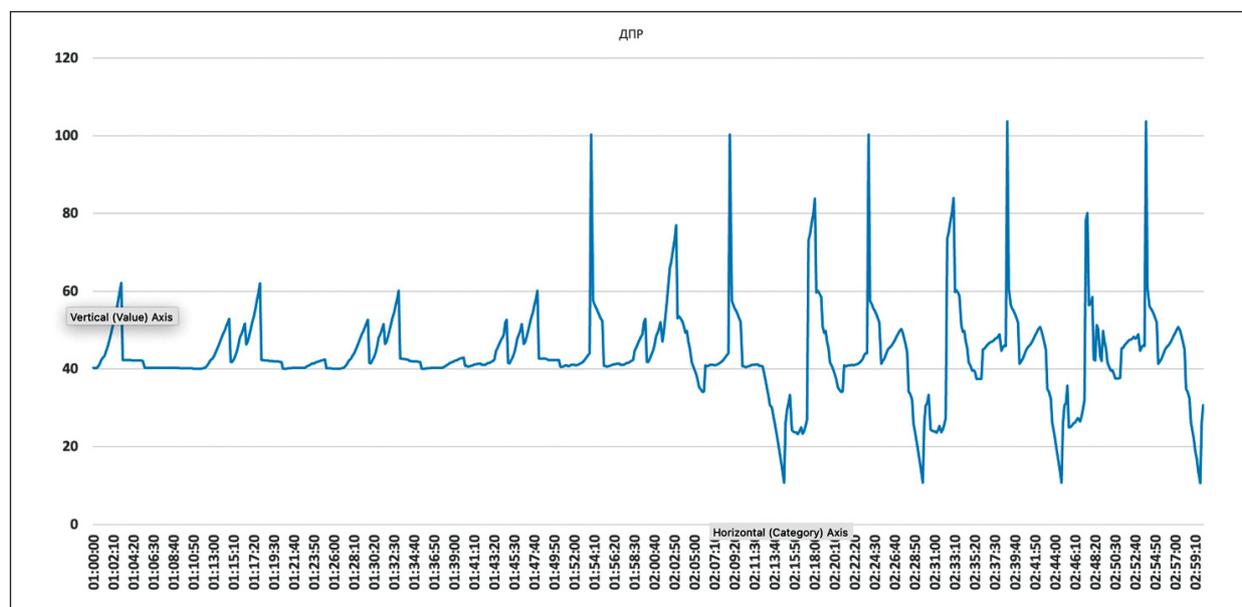


Рис. 7. Ток в линии ДПР

Вывод

В этой научной статье большое внимание уделяется первостепенной важности использования нетяговой системы электроснабжения для обеспечения электричеством потребителей в районах Насирии и Басры, расположенных в южной части Ирака. Внедрение такой системы обладает огромным потенциалом для значительного улучшения энергетической инфраструктуры этого региона и, следовательно, обеспечения надежного и стабильного электроснабжения множества разнообразных потребителей.

Для успешной реализации проекта по электроснабжению исследователи применили комплексную систему сбора и обработки необработанных данных в условиях дефицита информации, созданную с использованием программного комплекса ЕТАР. Использование предложенного подхода позволило определить значения электрической нагрузки потребителей, с высокой точностью смоделировать работу всей электрической инфраструктуры и выбрать оборудование тяговых подстанций и устройств нетяговой сети электроснабжения [15].

Кроме того, использование данной системы энергоснабжения способствует повышению энергоэффективности и, следовательно, неизбежному снижению зависимости от традиционных источников энергии. Несомненно, эта ключевая мера знаменует собой важный шаг на пути к обеспечению устойчивого развития и в итоге повышению качества жизни в этих конкретных иракских регионах.

Библиографический список

1. Manihal M. A. Estimation and Analysis of Demand Structure for the Rail Transport Sector in Iraq for the Period (1999–2016) // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2019. Vol. 10, iss. 02. P. 424–445. URL: <https://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=02> (accessed: 21.08.2023).
2. Mousavi S. M. G., Tabakhpour Adel L., Fuchs Ewald F. Power Quality Issues in Railway Electrification: A Comprehensive Perspective // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2014. Vol. 62, iss. 5. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7000530> (accessed: 21.08.2023).

3. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Качество электроэнергии в линиях электропередачи «два провода — рельс рельс» // *Электрификация транспорта*. 2014. № 7. С. 84–91.
4. Емцев А.Н., Шумаков Н.М., Фадеев В.А. Линии ДПП электрифицированных железных дорог как источник питания нетяговых потребителей // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки — развитию регионов Сибири*. 2010. Т. 2. С. 3–8.
5. Шевлюгин М. В., Алсултан М. Д. Д. Современные принципы проектирования электрификации Южноиракских железных дорог // *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*. 2024. № 6. С. 7–15.
6. Iraq Republic Railways 2022 (IRR). URL: <http://iraq-jccme.jp/files/railway-projects-Iraq-rr25032022.pdf> (accessed: 21.08.2023)
7. Бочев А.С., Финоченко Т.Э. Модернизация линии продольного электроснабжения «два провода — рельсы» // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2006. № 4. С. 117–119.
8. Устройство для электроснабжения нетяговых потребителей электрифицированных железных дорог: пат. 46979 U1, Рос. Федерация / Ожиганов Н.В., Бочев А.С.; заявл. 04.04.2005; опубли. 08.10.2005. Бюл. № 22. 11 с.
9. Семенова Е.Ю. Причина недостоверности учета потребления электроэнергии на линиях «два провода — рельс» продольного электроснабжения электрифицированного транспорта // *Электричество*. 2021. № 9. С. 67–72.
10. Application of ETAP™ ETRAX™ software package for digital simulation of distribution network that feeds an AC traction power supply system / V. Tulsy [at al.] // In collection: E3S Web of Conferences. Ser. ENERGY-21 — Sustainable Development and Smart Management. 2020. P. 07011.
11. Шевлюгин М. В., Щегловитова Е. В. Имитационная модель системы тягового электроснабжения железных дорог переменного тока для оценки качества электроэнергии на вводах подстанций // *Энергобезопасность и энергосбережение*. 2023. № 1. С. 89–92.
12. Модель совмещенной тяговой подстанции метрополитена с учетом тяговой нагрузки и потребителей собственных нужд / Л.М. Клячко [и др.] // *Электротехника*. 2021. № 9. С. 22–25.
13. Цифровая модель тяговой подстанции двух родов тока / М.В. Шевлюгин [и др.] // *Электротехника*. 2018. № 9. С. 40–44.
14. Шевлюгин М.В., Ермоленко Д.В., Королев А.А. Анализ взаимных электромагнитных влияний между системой тягового электроснабжения и энергосистемой на единой цифровой модели в программном комплексе ETAP // *Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта: материалы Всерос. науч.-практ. конф. к 75-летию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта*. 2019. С. 73–81.
15. Шевлюгин М. В. Энергосберегающие технологии на железнодорожном транспорте и метрополитенах, реализуемые с использованием накопителей энергии: автореф. дисс. ... докт. техн. наук. М., 2013.

Дата поступления: 29.07.2024

Решение о публикации: 16.08.2024

Контактная информация:

АЛСУЛТАН Мохаммед Джафар Джасим — аспирант; 1144648@edu.rut-miit.ru

ШЕВЛЮГИН Максим Валерьевич — докт. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой электроэнергетики транспорта; mx_sh@mail.ru

Provision of electric power accessibility in the Nasiriyah and Basra region (Southern Iraq) due to the traction power supply system of the high-speed railway

M. J. J. Alsultan^{1,2}, M. V. Shevlyugin¹

¹ Russian University of Transport (MIIT), 9, Obraztsova st., Moscow, 127055, Russia

² University of Karbala, Iraq, Karbala

For citation: *Alsultan M. J. J., Shevlyugin M. V.* Provision of electric power accessibility in the Nasiriyah and Basra region (Southern Iraq) due to the traction power supply system of the high-speed railway // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 4. P. 814–824. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-04-814-824

Abstract:

Purpose: the non-traction power supply system represents an innovative approach to providing electricity for rail transport. It is based on the use of wires installed above the rails to transfer electricity to trains. This method has a number of advantages that can be especially valuable in the conditions of Southern Iraq. The article describes various strategies aimed at ensuring the availability of electricity in the Nasiriyah and Basra regions located in the southern part of Iraq by using a non-traction power supply system designed specifically for high-speed rail. In addition to describing the technical aspects of the aforementioned system, the document also examines its implications in terms of meeting the energy needs of the region. By analyzing the technical aspects and assessing the consequences, this article contributes to the discussion on the implementation of a non-traction power supply system in the region and sheds light on its potential to solve the urgent problem of electricity availability in the Nasiriyah and Basra regions. **Methods:** for the successful implementation of the power supply project, the researchers applied a modeling system created using the ETAR program. This powerful tool provides the ability to determine the values of the electric load consumed by electric trains and non-traction loads and simulate the operation of the entire electrical infrastructure with high accuracy. The results of the study provide valuable information about complex and standardized AC systems, as well as network load calculation systems for traction and non-traction distribution wires. **Practical importance:** research makes it possible to optimize the operation of the system, providing highly efficient processing of electricity.

Keywords: non-traction consumers, two wire-rail (DPR), traction power supply system, modeling of non-traction power supply, traction substations of alternating current

References

1. Manihal M. A. Estimation and Analysis of Demand Structure for the Rail Transport Sector in Iraq for the Period (1999–2016) // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2019. Vol. 10, iss. 02. P. 424–445. URL: <https://www.iaeme.com/ijciyet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=02> (accessed: 21.08.2023).

2. Mousavi S. M. G., Tabakhpour Adel L., Fuchs Ewald F. Power Quality Issues in Railway Electrification: A Comprehensive Perspective // IEEE Transactions on

Industrial Electronics. 2014. Vol. 62, iss. 5. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7000530> (accessed: 21.08.2023).

3. Zakaryukin V.P., Kryukov A.V. Kachestvo elektroenergii v liniyah elektroperedachi “dva provoda — rel’s” // Elektrifikaciya transporta. 2014. No. 7. S. 84–91. (In Russian)

4. Emcev A.N., Shumakov N.M., Fadeev V.A. Linii DPR elektrificirovannyh zheleznyh dorog kak istochnik pitaniya netyagovyh potrebitelej // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye

i inzhenernye nauki-razvitiyu regionov Sibiri. 2010. T. 2. S. 3–8. (In Russian)

5. Shevlyugin M. V., Alsultan M. D. D. Sovremennyye principy proektirovaniya elektrifikatsii Yuzhnoirakskikh zheleznykh dorog // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. 2024. No. 6. S. 7–15. (In Russian)

6. Iraqi Republic Railways 2022 (IRR). URL: <http://iraq-jccme.jp/files/railway-projects-Iraq-rr25032022.pdf> (accessed: 21.08.2023)

7. Bochev A. S., Finochenko T. E. Modernizatsiya linii prodol'nogo elektrosnabzheniya "dva provoda – rel'sy" // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2006. No. 4. S. 117–119. (In Russian)

8. Ustrojstvo dlya elektrosnabzheniya netyagovykh potrebitelej elektrificirovannykh zheleznykh dorog: pat. 46979 U1, Ros. Federatsiya / Ozhiganov N. V., Bochev A. S.; zayavl. 04.04.2005; opubl. 08.10.2005. Byul. No. 22. 11 s. (In Russian)

9. Semenova E. Yu. Prichina nedostovernosti ucheta potrebleniya elektroenergii na liniyah "dva provoda — rel's" prodol'nogo elektrosnabzheniya elektrificirovannogo transporta // Elektrichestvo. 2021. No. 9. S. 67–72. (In Russian)

10. Application of ETAP™ ETRAX™ software package for digital simulation of distribution network that feeds an AC traction power supply system / V. Tulskey [at al.] // In collection: E3S Web of Conferences. Ser. ENERGY-21 — Sustainable Development and Smart Management. 2020. P. 07011.

11. Shevlyugin M. V., Shcheglovitova E. V. Imitatsionnaya model' sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya zheleznykh dorog peremennogo toka dlya ochenki kachestva elektroenergii na vvodakh podstancij.

Energobezopasnost' i energosberezhenie. 2023. No. 1. S. 89–92. (In Russian)

12. Model' sovmeshchennoj tyagovoj podstancii metropolitena s uchetom tyagovoj nagruzki i potrebitelej sobstvennykh nuzhd / L. M. Klyachko [i dr.] // Elektrotehnika. 2021. No. 9. S. 22–25. (In Russian)

13. Cifrovaya model' tyagovoj podstancii dvuh rodov toka / M. V. Shevlyugin [i dr.] // Elektrotehnika. 2018. No. 9. S. 40–44. (In Russian)

14. Shevlyugin M. V., Ermolenko D. V., Korolev A. A. Analiz vzaimnykh elektromagnitnykh vliyaniy mezhdu sistemoy tyagovogo elektrosnabzheniya i energosistemoy na edinoj cifrovoj modeli v programmnom komplekse ETAR // Aktual'nye voprosy razvitiya zheleznodorozhnogo transporta: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. k 75-letiyu aspirantury Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. 2019. S. 73–81. (In Russian)

15. Shevlyugin M. V. Energosberegayushchie tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte i metropolitenah, realizuemye s ispol'zovaniem nakopitelej energii: avtoref. diss. ... dokt. tekhn. nauk. M., 2013. (In Russian)

Received: 29.07.2024

Accepted: 16.08.2024

Author's information:

Mohammed J. J. ALSULTAN – Postgraduate Student; 1144648@edu.rut-miit.ru

Maxim V. SHEVLYUGIN – Dr. Sci. in Engineering, Associate Professor, Head of the Department Electric Power Engineering of Transport; mx_sh@mail.ru