

УДК: 621.331.3.025.1

Особенности построения и функционирования устройств генерации электроэнергии в южной части Ирака

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

¹ Российский университет транспорта (МИИТ), Россия, 127994, Москва, ул. Образцова 9, стр. 9

² Кербельский университет, Ирак, Кербела

Для цитирования: Алсултан М. Д. Д., Шевлюгин М. В. Особенности построения и функционирования устройств генерации электроэнергии в южной части Ирака // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 2, вып. 2. С. 359–369. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-359-369

Аннотация

Цель: сектор электроэнергетики Ирака находится в критическом состоянии, требующем немедленных реформ. Отрасль и академическое сообщество выразили обеспокоенность по поводу способности системы обеспечивать стабильное электроснабжение и общей операционной неэффективности. В настоящее время сектор энергетики испытывает один из самых значительных ростов спроса в мире, и, учитывая его капиталоемкость, он занимает значительную часть государственной программы инвестиций Ирака. Более того, наблюдается значительное увеличение финансовой нагрузки на электроснабжение Ирака из-за высоких субсидий, необходимых для покрытия текущих расходов. Эти субсидии считаются одними из самых высоких в мире. **Методы:** рассуждения, представленные в статье, касаются сложного вопроса о производственных мощностях электростанций, работающих в географических границах центральных и южных регионов страны Ирака, с уделением особого внимания первостепенной важности понимания масштабов и объема спроса на энергию, существующего в этих вышеупомянутых регионах, а также многогранных сложностей, связанных с разнообразными типами потребителей, которые участвуют в использовании этих энергетических ресурсов. **Результаты:** принимая во внимание вышеупомянутые трудности, в данной статье подробно рассматриваются эти вопросы и представлен ряд предложений, направленных непосредственно на повышение общей эффективности энергетического сектора. Одна из основных рекомендаций предусматривает комплексную реформу энергетического сектора с уделением особого внимания удовлетворению растущего спроса на электроэнергию среди населения. Ожидается, что реализация этого предложения позволит добиться значительных успехов в обеспечении надежных и устойчивых энергетических решений для удовлетворения постоянно растущих потребностей населения.

Ключевые слова: реформа, иракская энергосистема, генерация, распределение, учет, планирование электроэнергии, реализация проектов по производству электроэнергии, мультилинейная регрессия.

Введение

Ирак имеет долгую историю использования электроэнергии начиная с установки первого электромобиля в 1917 году. Энергетическая система страны претерпела значительные изменения до вторжения США в 2003 году. До войны в Персидском за-

ливе в 1991 году общая установленная генерирующая мощность Ирака составляла 9295 МВт, при этом 87 % населения имели доступ к электричеству. Однако война нанесла значительный ущерб электрической системе, что привело к отключениям

электроэнергии и ограничению энергоснабжения [1]. После войны начались восстановительные работы, но растущий спрос на электроэнергию и ограниченное предложение привели к постоянным отключениям электроэнергии. Создание Национального управления электроэнергетики в 1999 году и последующие реформы были направлены на решение этих проблем, но повреждение инфраструктуры, дефицит газа и проблемы управления препятствовали прогрессу [2]. Несмотря на усилия по увеличению генерирующих мощностей, спрос постоянно превышает предложение. Для решения этих проблем необходимы комплексные реформы, стимулирующие экономический рост и обеспечивающие устойчивое развитие электроэнергетического сектора, особенно в сфере распределения [3].

Состояние производства электроэнергии в южной части Ирака

Совокупная установленная мощность производства электроэнергии на юге Ирака превышает 7000 МВт и включает в себя 147 отдельных генерирующих блоков с мощностями от 1,7 до 300 МВт на блок. Эти генерирующие блоки разбросаны по 8 тепловым электростанциям, способствуя оценочной общей выработке около 2125 МВт. Среди этих блоков особую роль играют 20 газовых турбинных станций, имеющих в совокупности примерно 9823 МВт мощности. Кроме того, есть 3 дизельные электростанции с общей мощностью около 640 МВт наряду более чем с 100 небольшими дизельными генераторами, специально разработанными для управления пиковыми нагрузками, как показано в таблице 1 [3–4].

ТАБЛИЦА 1. Информация об электростанциях Ирака

TABLE 1. Information on power plants in Iraq

Район	Производитель	Наименование электростанции	Тип энергоносителя	N_T	$P_{пр}$, МВт	$P_{ср}$, МВт
Багдад	«Хитачи»	«Таджи-1»	Газ	7	179	54
	ДЕ	«Таджи-2»	Газ	4	184	100
	«Сименс» & «Ансальдо»	«Дора»	Тепловой	4	640	211
	«Вият»	«Дора»	Газ	4	148	37
	ДЕ	«Южный Багдад»	Тепловой	3	165	29
	ДЕ	«Кудис»	Газ	14	1408	511,7
	ДЕ	«Обручальный газ»	Газ	1	20	13
	ДЕ	«Южный Багдад — 1»	Газ	2	246	88
	ДЕ & «Хитачи»	«Южный Багдад — 2»	Газ	16	400	98
	«Сименс Иран»	«Садр»	Газ	4	640	436
	ДЕ	«Басмайя»	Газ	8	3	534
ДЕ	«Новая Басмайя»	Газ	10	2500	1800	
Бабель	ДЕ & «Хитачи»	«Хилла»	Газ	8	176	107
	ДЕ	«Хилла-2»	Газ	2	250	103
	Hitachi & NEI Parson	«Мусайиб»	Тепловой	4	1320	619
	ДЕ	«Мусайиб»	Газ	10	440	178
	АСЕС	«Хиндия»	Гидро	4	15	3,05

Район	Производитель	Наименование электростанции	Тип энергоносителя	N_G	$P_{пр}$, МВт	$P_{ср}$, МВт
Кербола	ДЕ	«Кербола»	Газ	2	250	144,7
	STX	«Восточная Кербола»	Дизель	10	440	82
	ДЕ	«Альхайрат»	Газ	10	1250	533
Наджаф	ВВС	«Наджаф»	Газ	4	280	136
	ДЕ	«Новый Наджаф»	Газ	2	250	174
	ДЕ	«Альхайдария»	Газ	5	656	446
Дивания	STX	«Восточная Дивания»	Дизель	2	100	73
	STX	«Северная Дивания»	Дизель	2	100	77
	ДЕ	«Газ Дивании»	Газ	4	500	401
Самава	ДЕ	«Газ Самава»	Газ	1	40	21,04

Примечание: N_G — число генераторов, $P_{пр}$ — проектная мощность, $P_{ср}$ — доступная мощность.

Согласно энергетическому мастер-плану для всего Ирака, была поставлена амбициозная цель добавления 24 400 МВт мощности производства электроэнергии между 2012 и 2019 годами. Этот план предполагал наличие 13 000 МВт газовой мощности, 7000 МВт тепловой мощности и возобновляемой энергии на уровне 400 МВт к 2015 году. К сожалению, эти цели не были достигнуты, в результате чего Ирак имеет лишь 14 часов ежедневного электроснабжения. Распреде-

ление установленной мощности производства показывает, что газовые турбины составляют 61 %, паровая генерация – 28 %, дизельная генерация — 3 %, а гидроэлектроэнергия составляет 8 % от мощности, как показано на рис. 1 [5, 7].

В 2017 году правительство предложило общую мощность 28 680 МВт; однако достигнутая мощность оказалась ниже — 24 020 МВт, даже с учетом включения 2 ГВт импорта из Ирана.

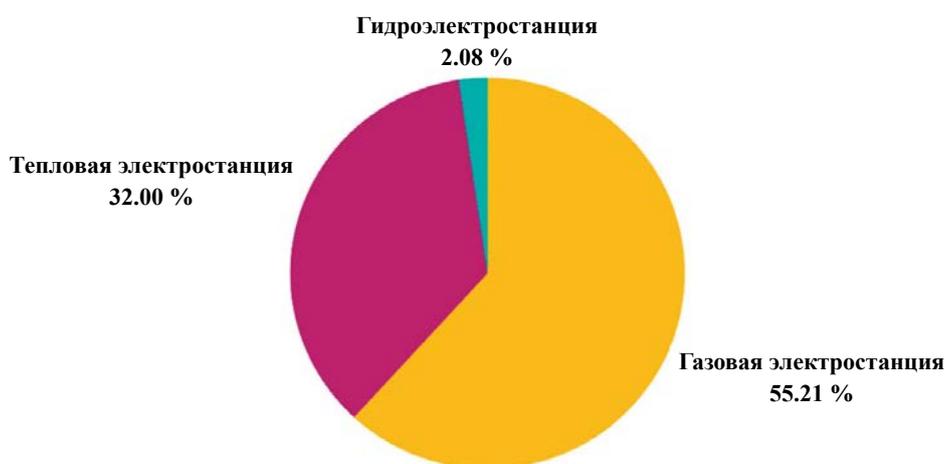


Рис. 1. Типы генерации в процентном соотношении

Fig. 1. Types of generation in percentage terms

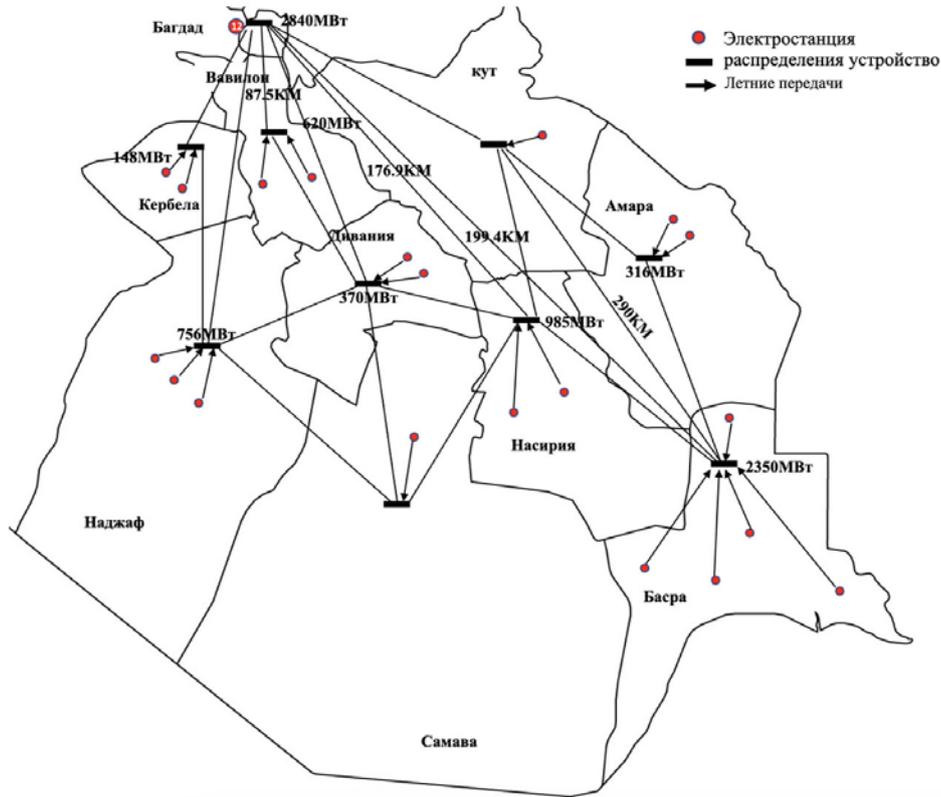


Рис. 2. Карта южной части Ирака

Fig. 2. The map of the southern part of Iraq

Рис. 2 дает визуальное представление о пространственном распределении и географическом размещении электростанций в центральных и южных регионах Ирака. Иллюстрация показывает конкретные местоположения этих станций, выделяя их присутствие и расположение в данных областях страны.

Состояние потребительства электроэнергии в южной части Ирака

Ситуацию ухудшает годовой средний прирост спроса на электроэнергию, который составляет 7 %. Следует отметить, что потребление электроэнергии превышает производство, что приводит к ограниченному доступу иракцев к электроэнергии в течение всего 5–8 часов ежедневно из-за применения

программируемых отключений между разными регионами, контролируемых Министерством электроэнергетики. Это происходит, несмотря на обещания правительства об увеличении объема производимой электроэнергии к лету 2015 года. Состояние производства и потребления электроэнергии в течение 24 часов в трех городах (Багдаде, Вавилоне, Давании) изображено на рис. 3, а, 3, б [5–7].

Для решения проблем с дефицитом в общей сети жители Ирака прибегли к альтернативным решениям, включая децентрализованные генераторы, работающие на местном уровне. Эти генераторы часто принадлежат частным инвесторам, которые поставляют электроэнергию в определенные зоны. Несмотря на то что генераторы

частично смягчают нехватку электроэнергии, вызванную недостаточной публичной сетью, стоимость электроэнергии от частных инве-

сторов выше, примерно (3 долл.) за кВт·ч, что оказывается тяжелым бременем для потребителей с доходами ниже среднего [2].

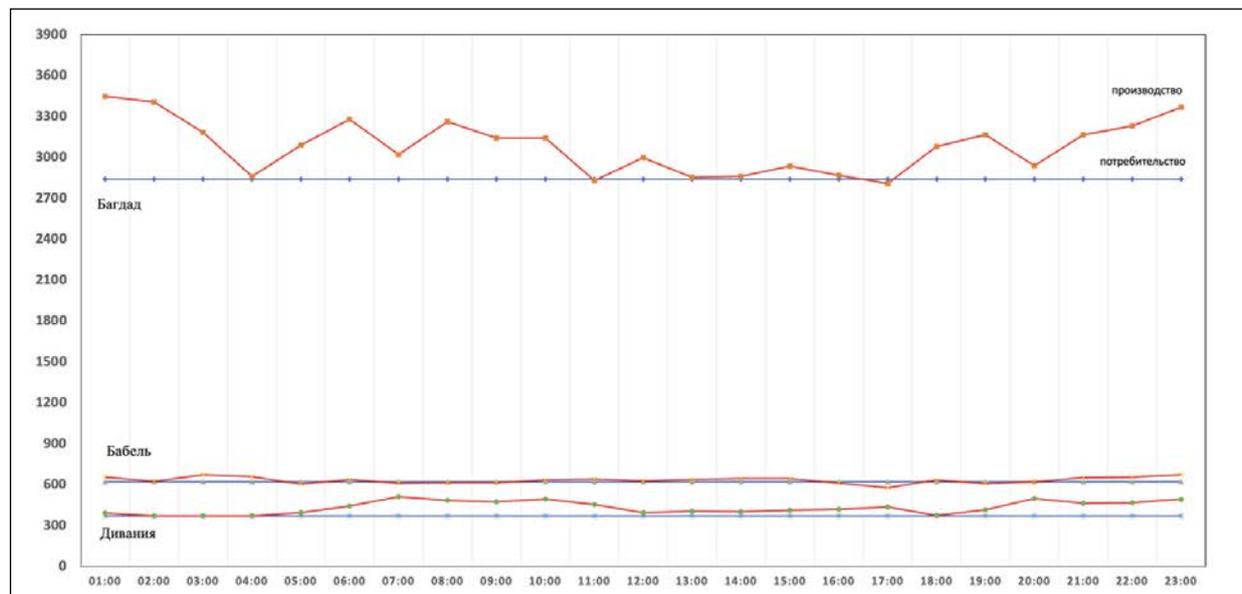


Рис. 3а. Различие между объемом производства и потребления в трех регионах (Багдад, Бабель, Дивания)

Fig. 3a. Difference between the volume of production and consumption in three regions (Baghdad, Babel, Diwaniya)

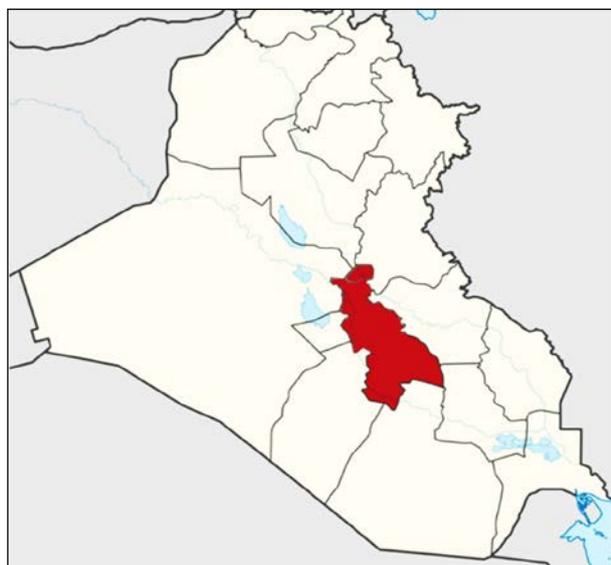


Рис. 3б. Три региона на карте (Багдад, Бабель, Дивания)

Fig. 3b. Three regions on the map (Baghdad, Babel, Diwaniya)

В ответ на это Министерство нефти предприняло меры, предоставив ограниченное количество субсидированного топлива владельцам автономных генераторов. Этот шаг направлен на смягчение финансовой нагрузки, вызванной высокой стоимостью электроэнергии. В результате владельцы этих генераторов обеспечивают минимум 10 часов электроснабжения ежедневно, а субсидирование топлива способствовало снижению цены на электроэнергию, предоставляемую частными владельцами генераторов для жилых потребителей. В настоящее время цены на электроэнергию варьируются от 4–8 долл. за кВт·ч в месяц при напряжении 220 В, в сравнении с предыдущим диапазоном (8–17 долл. за кВт·ч) [8].

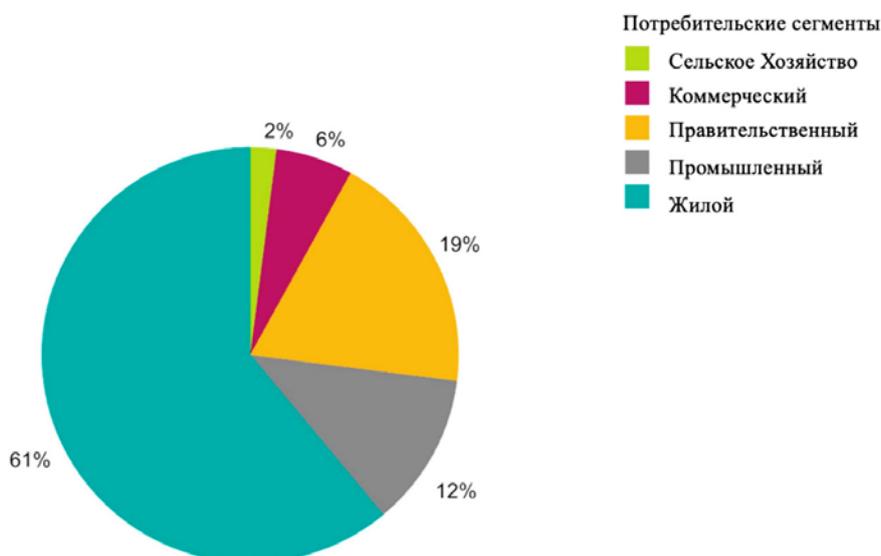


Рис. 4. Объем потребления в различных сегментах

Fig. 4. The volume of consumption in various segments

Состояние передачи и распределения электроэнергии

Передачей электроэнергии в Ираке управляют три отдельных управления, расположенных в разных регионах: Центральное управление электропередачи, Центральное управление электропередачи Евфрата и Южное управление электропередачи. В их обязанности входят техническое обслуживание и эксплуатация линий электропередачи и подстанций в центральных и южных районах страны протяженностью 16 429 км и управление высоковольтными линиями и подстанциями общей мощностью 44 000 МВА.

Для распределения электроэнергии министерство действует через шесть дирекций, созданных в соответствии с географическими местоположениями: Тавзия аль-Фурат аль-Васат, Тавзия аль-Карх, Тавзия ар-Рисафа, Тавзия аль-Васат, Тавзия ас-Садр и Тавзия аль-Джануб [2, 9]. Эти дирекции совместно обслуживают

3 275 000 конечных потребителей в 11 губернаторствах [10]. Однако система распределения находится в плохом состоянии из-за неэффективного управления и отсутствия финансирования, что приводит к техническим и нетехническим потерям. Большинство этих потерь связано с проблемами распределения, в частности с устаревшей инфраструктурой и линиями электропередачи, предназначенными для ограниченной передачи энергии на короткие расстояния.

Неэффективность операционной деятельности в распределительном секторе, включая бухгалтерский учет, выставление счетов и обслуживание клиентов, усугубила ситуацию. Акты вандализма, кражи и конфликт интересов также привели к потере пропускной способности подстанций. Эти проблемы существенно повлияли на надежность и эффективность всей электросети, что привело к авариям и снижению производительности [11, 12].

Широкое использование несанкционированных подключений без оплаты и высокий уровень неплатежей за потребление электроэнергии усугубили проблемы. Рост спроса на электроэнергию, особенно со стороны домашних пользователей для отопления и охлаждения, еще больше осложнил работу системы. Среднесуточная подача электроэнергии в дома в Ираке составляет всего 8 часов, а в большинстве мухазф — менее 18 часов в день [13, 14].

Хотя некоторые домохозяйства имеют доступ к альтернативным источникам энергии, большинство населения по-прежнему испытывает серьезную нехватку электроэнергии, особенно внутренне перемещенные лица, получающие электричество менее 4 часов в день [14].

Реформы в секторе генерации электроэнергии

В статье представлены предложения по решению вопросов в секторе производства электроэнергии, включая восстановление существующих электростанций, введение новых установок и замену устаревшей инфраструктуры. В ней также подчеркивается необходимость увеличения инвестиций как в дополнительные генерирующие мощности, так и в секторы передачи и распределения энергии во избежание обострения проблем периодического производства энергии. Для обеспечения надежности поставок топлива в статье предлагается стратегия, направленная на использование природного газа на новых электростанциях, перевод работающих на ТМГ электростанций на газовые установки, переход на комбинированные газовые турбины и гибридизацию с солнечной энергией. Этот подход потребует 7–10 млн метрических тонн природного газа в день, что может быть достигнуто за счет привлечения неиспользованных запасов и запрета выбросов газа.

В статье описаны ключевые меры для реформирования энергетического сектора, особенно в области генерации энергии:

1. Переход от тяжелого мазута к природному газу и СГТ, стимулирование гибридных электростанций, таких как интегрированные солнечные комбинированные циклы (ИСКЦ) [15, 16].

2. Прямое внедрение возобновляемых источников, таких как ветер и солнечная энергия, как независимо, так и в гибридных схемах с ископаемыми видами топлива.

3. Постепенный вывод из эксплуатации, модернизация или приобретение устаревших энергоблоков.

4. Разработка плана расширения генерации на основе комбинированных циклов на природном газе и интегрированных солнечных комбинированных циклов (ИСКЦ).

5. Введение частных независимых производителей электроэнергии, ориентированных на открытые циклы на природном газе с возможностью интеграции СГТ в рамках плана расширения генерации.

Реформирование систем передачи и распределения электроэнергии

С учетом явного увеличения мощности генерации становится очевидным, что существующая система передачи недостаточна для обработки дополнительной нагрузки, что приводит к постоянной нестабильности системы. Эта проблема усугубляется проблемами высокого напряжения, особенно рядом с кластерами электростанций в центральных, северных и южных регионах страны. Центральный район, в частности Багдад, испытывает дополнительные высокие нагрузки, что дополнительно ограничивает пропускную способность. Министерство электроэнергетики должно придерживаться

приоритета улучшения и расширения системы передачи. Учитывая нынешнее состояние энергетического сектора Ирака, необходимо осуществить всестороннюю реформу, акцентируя внимание на улучшении инфраструктуры передачи и укреплении действий. Приобретение дополнительных высоковольтных линий рекомендуется для удовлетворения повышенного спроса на электроэнергию.

Стратегия реформирования сектора передачи включает создание новых линий передачи напряжением 400 и 132 кВ, строительство новых подстанций напряжением 400/132 и 132/33/11 кВ, реконструкцию существующих подстанций напряжением 400/132 и 132/33/11 кВ, взаимосвязь с электростанциями соседних стран (Саудовская Аравия, Турция, Иран), внедрение системы измерения сети, улучшение операционных возможностей через систему SCADA и управление диспетчеризацией.

Реформы в распределительном секторе имеют серьезные последствия из-за вертикально интегрированного характера систем производства электроэнергии. Координация и планирование имеют решающее значение для обеспечения преимуществ этих реформ. Однако для достижения желаемых результатов необходимо устранить проблемы с распределением. Необходимы срочные меры для достижения экономической устойчивости сектора распределения. В настоящее время отсутствуют система учета потребителей и устаревшие счетчики, а также широко распространены хищения электроэнергии и незаконное подключение к электросети.

По оценкам Министерства энергетики, существует большое количество незарегистрированных подключений, которые могут быть законными или иметь неисправные счетчики. Министерству следует разработать стратеги-

ческие инвестиционные планы по улучшению материальных активов сектора с уделением особого внимания замене и расширению основных объектов инфраструктуры. Необходима нормативная и законодательная политика для децентрализации энергетического сектора, внедрения ориентированного на получение прибыли предоставления услуг и поощрения более активной роли частных компаний. Для обеспечения финансовой стабильности необходимо приложить усилия по сокращению технических, коммерческих и инкассовых убытков. Реализация этой политики приведет к установке современных счетчиков и введению многолетней тарифной системы. Кроме того, следует принять меры по поддержке потребителей с низкими доходами и созданию независимого системного оператора. Также важно разработать структуры и политику соглашений о покупке электроэнергии и долгосрочных соглашений о передаче электроэнергии [8, 16].

Выводы

В общем, энергетический сектор Ирака столкнулся с низкой производительностью, особенно в областях генерации, передачи и распределения электроэнергии. Эти проблемы возникли из-за операционной и административной неэффективности, а также небрежности. В результате этого происходят значительные технические и нетехнические убытки общей суммой около 30–40 млрд долл. ежегодно. Эти проблемы усугубляются непланируемыми и нерегулируемыми расширениями в сочетании с использованием устаревшей инфраструктуры, что обуславливает перегрузку системы. Конкретно в энергетическом секторе имеются недостатки в системах тарификации, неэффективный учет, низкая скорость генерации доходов, недостаточное финансирование и неудовлетворительное управление.

С учетом этих проблем, настоящая статья проводит анализ этих вопросов и выдвигает рекомендации, направленные на повышение эффективности энергетического сектора. Одним из ключевых предложений является всесторонняя реформа энергетического сектора с акцентом на улучшение системы тарификации и учета. Этого можно достичь с помощью законодательных и регулирующих мер, позволяющих разделить энергетический сектор, а также привлечением частных компаний к трем ключевым процессам (генерация, передача и распределение) энергетического сектора для улучшения его общей производительности, особенно в части удовлетворения потребностей населения в электроэнергии. Предлагаемые реформы, описанные в данной статье, обладают потенциалом существенно сократить значительные коммерческие и технические потери, улучшить точность тарификации и сбор доходов, а также поднять общую производительность энергетического сектора.

Библиографический список

1. Reda M., Saied N., Khaldi A. et al. Iraq Electrical Power Infrastructure. Past, Present and Future Developments and Expectations // Senior Member IEEE, 2006.
2. Архив сайта Министерства электроэнергетики Республики Ирак (на арабском языке) [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20090402033504/http://www.moelc.gov.iq/pages_en.aspx?id=4 (дата обращения: 06.02.2022).
3. Сайт Министерства электроэнергетики Республики Ирак (на арабском языке) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oco.moelc.gov.iq/> (дата обращения: 06.02.2022).
4. Khazaal H. F., Alrikabi H. T. S., Abed F. T. et al. Water desalination and purification using desalination units powered by solar panels // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 1373–1382.
5. Abass A. Z., Pavlyuchenko D. Southern Iraq gas station conversation to integrated solar combined cycle / E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 114. P. 05008: EDP Sciences.
6. Majhool M., Farhan M. S. Design and Implementation of Sunlight Tracking Based on the Internet of Things // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 877, no. 012026. P. 11.
7. Abass A. Z., Pavlyuchenko D. A., Kobobel I. V. Solar energy perspectives in Iraq // Power engineering: research, equipment, technology. 2020. Vol. 45. P. 63–70.
8. Abed F. T., Ibrahim I. A. Efficient Energy of Smart Grid Education Models for Modern Electric Power System Engineering in Iraq // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 870, no. 1. P. 012049: IOP Publishing.
9. Abass A. Z., Pavlyuchenko D. A., Balabanov A. et al. Inclusion of solar energy in Iraq gas-turbine power plants as a method of solving the country's energy system shortage // Power engineering: research, equipment, technology. 2020. Vol. 22, no. 3. P. 98–107.
10. Azeez R. A., Abdul-Hussein M. K., Mahdi M. S. et al. Design a system for an approved video copyright over cloud based on biometric iris and random walk generator using watermark technique // Periodicals of Engineering Natural Sciences. 2021. Vol. 10. № 1. P. 178–187.
11. Farhan Mohammed Hassan Majhool M. S. Enhancing the Efficiency of Solar Cell Based on the Internet of Things Applications // Wasit journal of engineering sciences. 2022. Vol. 10, no. 1.
12. Salim H. T., Jasim N. A. Design and Implementation of Smart City Applications Based on the Internet of Things / International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM). 2021. Vol. 15, no. 13. P. 4–15.
13. Majhool M. H., Alrikabi H. T. S., Farhan M. S. Using Internet of Things application for Monitoring Photo-Voltaic Panel Based on Ask Sensors Cloud / Design Engineering. 2021. P. 3884–3896.

14. Al-Rikabi H. An assessment of electricity sector reforms in Iraq // Al-Bayan Center for Planning Studies. 2017.

15. Iraq electricity master plan // P. Brinckerhoff. Baghdad: Parsons Brinckerhoff, 2010.

16. Yahya O. H., Salim H. T., Al_ airaji R. M. et al. Using Internet of Things Application for Disposing of Solid Waste // International Journal of Interactive Mobile Technologies. 2020. Vol. 14, no. 13. P. 4–18.

Дата поступления: 09.03.2024

Решение о публикации: 13.05.2024

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

Features of construction and operation of electric power generation devices in the southern part of Iraq

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

¹ Russian University of Transport (MIIT), 9 bld. 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, Russia

² University of Karbala, Iraq, Karbala

For citation: Alsultan M. J. J., Shevlyugin M. V. Features of construction and operation of electric power generation devices in the southern part of Iraq // *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2024. Vol. 21, iss. 2. P. 359–369. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-359-369

Abstract

Objective: the Iraqi electricity sector is in a critical state requiring immediate reforms. The industry and the academic community have expressed concern about the system's ability to provide stable power supply and overall operational inefficiency. The energy sector is currently experiencing one of the most significant demand increases in the world, and given its capital intensity, it occupies a significant part of Iraq's government investment program. Moreover, there has been a significant increase in the financial burden on Iraq's electricity supply due to the high subsidies needed to cover current expenses. These subsidies are considered to be among the highest in the world. **Methods:** the reasoning presented in the article deals with the complex issue of the production capacities of power plants operating within the geographical boundaries of the central and southern regions of the country of Iraq, with particular attention to the paramount importance of understanding the scale and volume of energy demand existing in these aforementioned regions, as well as the multifaceted complexities associated with the diverse types of consumers who participate in the use of these energy resources. **Results:** taking into account the above-mentioned difficulties, this article examines these issues in detail and presents a number of proposals aimed directly at improving the overall efficiency of the energy sector. One of the main recommendations provides for a comprehensive reform of the energy sector, with special attention to meeting the growing demand for electricity among the population. The implementation of this proposal is expected to make significant progress in providing reliable and sustainable energy solutions to meet the ever-increasing needs of the population.

Keywords: reform, Iraqi power system, generation, distribution, metering, electrical power planning, implementation of power generation projects, multi-linear regression.

References

1. Reda M., Saied N., Khaldi A. et al. Iraq Electrical Power Infrastructure. Past, Present and Future Developments and Expectations // Senior Member IEEE, 2006.
2. Arxivsaĭta Ministerstva eĭlektroeĭnergetiki Respubliki Irak (na arabskom yazyĭke) [Eĭlektronnyĭ resurs]. URL: https://web.archive.org/web/20090402033504/http://www.moelc.gov.iq/pages_en.aspx?id=4 (data obrashheniya 06.02.2022). (In Russian)
3. Saĭt Ministerstva eĭlektroeĭnergetiki Respubliki Irak (na arabskom yazyĭke) [Eĭlektronnyĭ resurs]. URL: <http://www.oco.moelc.gov.iq/> (data obrashheniya 06.02.2022). (In Russian)
4. Khazaal H. F., Alrikabi H. T. S., Abed F. T. et al. Water desalination and purification using desalination units powered by solar panels // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 1373–1382.
5. Abass A. Z., Pavlyuchenko D. Southern Iraq gas station conversation to integrated solar combined cycle // E3S Web of Conferences. 2019, vol. 114. P. 05008: EDP Sciences.
6. Majhool M., Farhan M. S. Design and Implementation of Sunlight Tracking Based on the Internet of Things // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 877. № 012026. P. 11.
7. Abass A. Z., Pavlyuchenko D. A., Kobobel I. V. Solar energy perspectives in Iraq // Power engineering: research, equipment, technology. 2020. Vol. 45. P. 63–70.
8. Abed F. T., Ibrahim I. A. Efficient Energy of Smart Grid Education Models for Modern Electric Power System Engineering in Iraq // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 870. № 1. P. 012049: IOP Publishing.
9. Abass A. Z., Pavlyuchenko D. A., Balabanov A. et al. Inclusion of solar energy in Iraq gas-turbine power plants as a method of solving the country's energy system shortage // Power engineering: research, equipment, technology. 2020. Vol. 22, no. 3. P. 98–107.
10. Azeez R. A., Abdul-Hussein M. K., Mahdi M. S. et al. Design a system for an approved video copyright over cloud based on biometric iris and random walk generator using watermark technique // Periodicals of Engineering Natural Sciences. 2021. Vol. 10. № 1. P. 178–187.
11. Farhan Mohammed Hassan Majhool M. S.. Enhancing the Efficiency of Solar Cell Based on the Internet of Things Applications // Wasit journal of engineering sciences. 2022. Vol. 10, no. 1.
12. Salim H. T., Jasim N. A. Design and Implementation of Smart City Applications Based on the Internet of Things / International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM). 2021. Vol. 15, no. 13. P. 4–15.
13. Majhool M. H., Alrikabi H. T. S., Farhan M. S. Using Internet of Things application for Monitoring Photo-Voltaic Panel Based on Ask Sensors Cloud / Design Engineering. 2021. P. 3884–3896.
14. Al-Rikabi H. An assessment of electricity sector reforms in Iraq // Al-Bayan Center for Planning Studies. 2017.
15. Iraq electricity master plan / P. Brinckerhoff. Baghdad: Parsons Brinckerhoff, 2010.
16. Yahya O. H., Salim H. T., Al airaji R. M. et al. Using Internet of Things Application for Disposing of Solid Waste // International Journal of Interactive Mobile Technologies. 2020. Vol. 14, no. 13. P. 4–18.

Received: 09.03.2024

Accepted: 13.05.2024

Author's information:

Mohammed Jaafar Jasim 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