

Results of the study: analyzed the main provisions of the existing Ukrainian and European standards for lightning protection; a comparative overview of modern computer-aided design of lightning protection systems; investigated the prospects of introduction of 3D-modeling of lightning protection systems of the electric network.

Conclusions: shown that the introduction of modern technologies and algorithms of 3D-modeling can significantly improve promises more effective design of lightning protection systems and emergency facilities has decreased in numbers of electrical networks, in particular the step-down substations.

Key words: electric network, down substation, lightning protection, 3D-modeling.

1. Advanced lightning protection systems of the electric network. // Electropanorama.–2013, № 7–12.
2. IEC 62305-1:2010 Protection against lightning. Part 1. General principles.
3. IEC 62305-2:2010 Protection against lightning. Part 2. Risk management.
4. IEC 62305-3:2010 Protection against lightning. Part 3. Physical damage to structures and life hazard.
5. IEC 62305-4:2010 Protection against lightning. Part 4. Electrical and electronic systems within structures.
6. DSTU Б В.2.5-38:2008 (IEC 62305:2006) Protection against lightning – К.: Minregionbud of Ukraine, 2008.

УДК 614.8; 621.3

С.В. Казанский, канд. техн. наук, доцент; **В.В. Мальцев**
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ
ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Рассмотрены действующие отечественные и европейские нормативы по устройству молниезащиты. Проведен сравнительный анализ особенностей применения программ автоматизированного проектирования молниезащиты. Приведена последовательность 3D-моделирования систем молниезащиты объектов электрических сетей.

Цель исследования: повышение надежности эксплуатации объектов электрических сетей за счет внедрения эффективных систем молниезащиты.

Методика реализации: внедрение передовых алгоритмов и программ автоматизированного 3D-моделирования систем молниезащиты объектов электрических сетей, в частности понизительных подстанций.

Результаты исследования: проанализированы основные положения действующих украинских и европейских нормативов по устройству молниезащиты; проведен сравнительный обзор современных систем автоматизированного проектирования систем молниезащиты; исследованы перспективы внедрения 3D-моделирования систем молниезащиты объектов электрических сетей.

Выводы: показано, что внедрение современных алгоритмов и технологий 3D-моделирования позволяет значительно повысить эффективность проектирования систем молниезащиты и уменьшить аварийность объектов электрических сетей, в частности понизительных подстанций.

Ключевые слова: электрическая сеть, понизительная подстанция, молниезащита, 3D-моделирование.

Надійшла 22.11.2014

Received 22.11.2014

Мохаммад Аль Шарари; В.Ф.Находов, канд. техн. наук, доцент; **Ю.Н. Исаенко**
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ЭНЕРГЕТИКА ИОРДАНИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Представлена схема электроэнергетической отрасли Иордании, дана характеристика основных энергетических компаний. Приведена структура использования традиционных видов топлива на электростанциях, генерации и потребления электрической энергии в стране. Рассмотрены суточные графики электрической нагрузки объединенной энергосистемы, а так же действующая система тарифов на электроэнергию в Иордании. Приведены прогноз развития энергетической отрасли страны, в том числе и в направлении расширения использования нетрадиционных и возобновляемых источников

енергии.

Ключевые слова: Электроэнергетика Иордании, электростанции, электрические сети, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, тарифы на электроэнергию.

Цели работы.

Анализ состояния, направлений дальнейшего развития и проблем электроэнергетической отрасли Иордании.

Материал и результаты исследования.

Электроэнергетическая отрасль Иордании включает четыре сектора, которые охватывают все этапы технологического процесса производства, передачи, распределения и конечного потребления электроэнергии в стране (рис.1) [1].

Взаимоотношения между энергетическими компаниями, входящими в состав всех указных выше секторов, а также потребители электрической энергии регулируются Комиссией управления электроэнергией.

Государственное управление энергетическим сектором страны в целом осуществляет Министерство энергетики и минеральных ресурсов Иордании (МЭиМР).

Сектор генерации объединяет 4 крупных производителей электроэнергии:

- Центральную энергетическую компанию;
- Энергетическую компанию Альсамра;
- Энергетическую компанию Восток Амман;
- Энергетическую компанию Алькутране.

Самая большая из названных Центральная энергетическая компания (ЦЭК) включает 9 электростанций, основные технические характеристики которых приведены в таблице 1. [2]

Таблица 1

Характеристика электростанций ЦЭК

Название электростанции	Установленная мощность энергоблоков, работающих на различном топливе, МВт				Количество электроэнергии в 2013 году, ГВт·ч/год	
	Мазут	Природный газ	Дизель	Возобновляемые источники	Выработанной	Отпущенной
Акаба	5*130			6 (гидро)	4081,3	3750,9
Альхусейн	3*33 4*66				1281,1	1207,6
Рихаб	1*97	2*30 2*100			1620,0	1592,4
Альриша		5*30			363,85	359,9
Марка			4*20		3,95	3,90
Юг Амман			2*30		24,6	24,5
Алькарак			1*20		2,16	2,11
Альибрагимия				4*0,08(ветер)	0,55	0,53
Хова				5*0,225(Ветер)	2,01	1,99

Средний КПД энергоблоков ЦЭК составляет 34,67 %.

Как свидетельствуют, в частности, данные таблицы 1, основная часть электроэнергии, вырабатываемой станциями Центральной энергокомпании, производится с использованием традиционных видов топлива: мазута, природного газа и дизеля. Потребление главным образом традиционного топлива характерно также для большинства электростанций других компаний и, следовательно, для всего генерирующего сектора Иордании в целом (рис.2).[3]

Кроме крупных производителей электрической энергии, в стране имеется также значительное количество мелких ее производителей. В основном это частные промышленные предприятия, которые вырабатывают электроэнергию для собственного потребления, а имеющиеся ее излишки продают Национальной электроэнергетической компании.

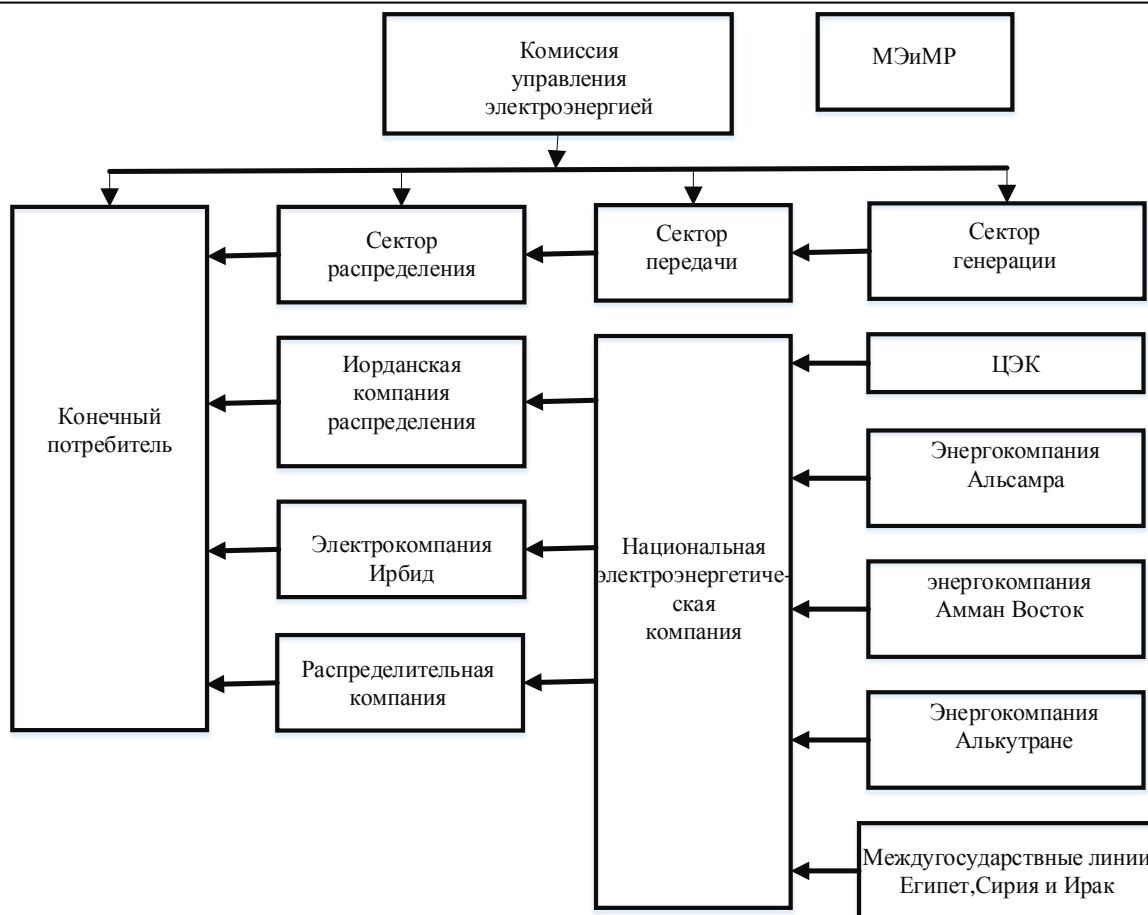


Рис.1 Структура электроэнергетической отрасли Иордании

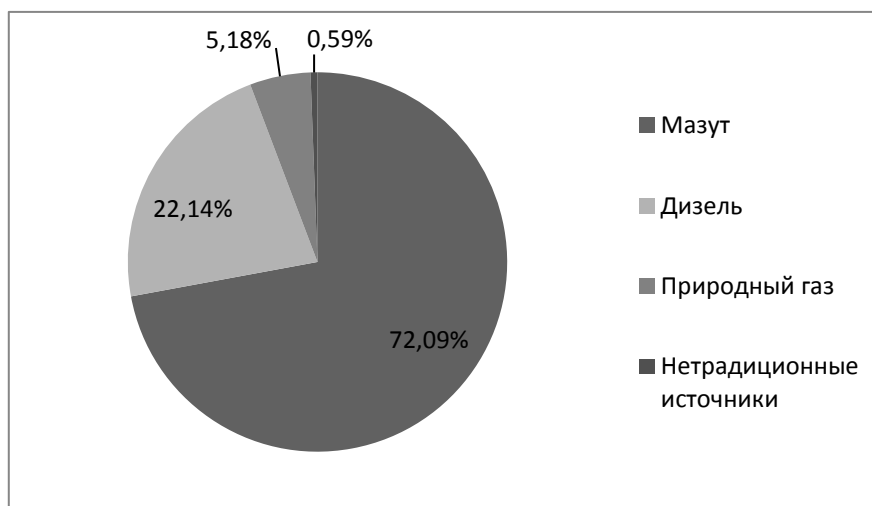


Рис.2. Объемы производства электроэнергии в Иордании в процентной (%) зависимости от всей генерации в 2013 году с использованием различных энергоресурсов (нетрадиционные источники – ветер, биогаз и гидроэнергия).

Часть используемой в Иордании электрической энергии импортируется из Египта и Сирии, а часть вырабатываемой электроэнергии экспортируется в эти страны по имеющимся межгосударственным линиям электропередачи.

Объем производства электрической энергии генерирующими компаниями Иордании в 2013 году приведен на рис.3.[3]

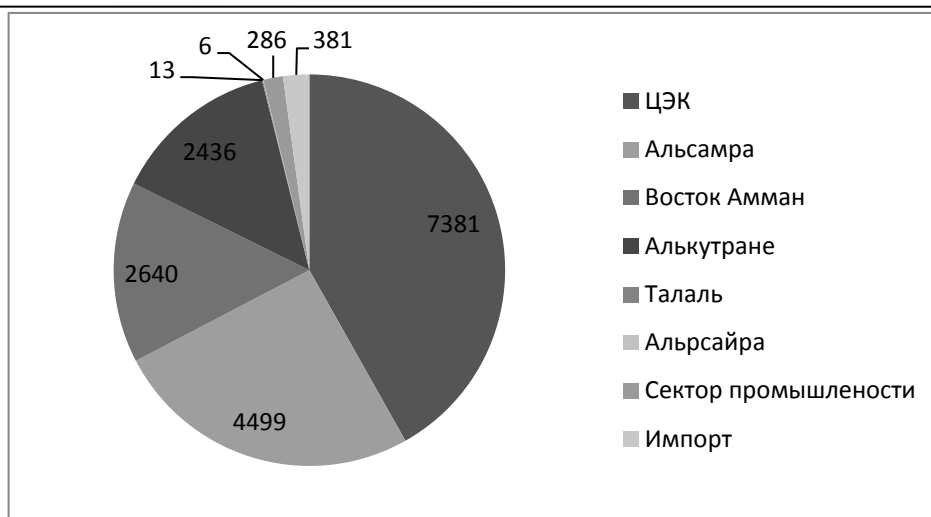


Рис.3. Объем производства электрической энергии (ГВт*ч/год) генерирующими компаниями Иордании в 2013 году.

Сектор передачи электроэнергии представляет собой единую государственную структуру, имеющую название Национальная электроэнергетическая компания (НЭК). Эта компания включает в себя воздушные и кабельные линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 400, 230, 132 и 33 кВ, а также трансформаторные подстанции (ТП) соответствующих напряжений. Протяженность линий электропередачи, а также суммарная установленная мощность трансформаторов на подстанциях Национальной электроэнергетической компании приведены в таблице 2.[3]

Таблица 2

Характеристика электрических сетей Национальной энергетической компании (НЭК) Иордании

Напряжение ЛЭП и ТП, кВ	Протяженность ЛЭП, км/цепь		Суммарная установленная мощность трансформаторов на ТП, МВА
	Воздушных	Кабельных	
400	924		
230	17		
132	3425	97	
33	17		
400/132/33			3760
230/132			100
132/33			7444
132/6			155
132/11			25

Кроме того, в состав НЭК входит диспетчерский центр, который осуществляет мониторинг и управление электрическими нагрузками, покупает электрическую энергию у крупных и мелких производителей, а также продает ее распределяющим компаниям.

Количество вырабатываемой электрической энергии в Иордании, так же как и максимальная электрическая нагрузка энергосистемы, ежегодно увеличиваются. В частности, в 2013 году Национальной электроэнергетической компанией Иордании было куплено у генерирующих компаний и продано распределяющим компаниям соответственно 16719 и 16372 МВт·час электроэнергии.

Динамика изменения максимальной электрической нагрузки энергосистемы, а также количества произведенной в стране электроэнергии в течение 2011 – 2013 годов приведены на рис.4.[3] Прогноз увеличения максимальных нагрузок и количества производимой электроэнергии на последующие 2014 – 2019 годы приведен на рис.5.[3]

Сектор распределения энергии, представлен 3 компаниями, в состав каждой из которых входят воздушные и кабельные распределительные линии электропередачи напряжением 33, 11, и 0,415 кВ, а также трансформаторные подстанции соответствующих напряжений. Указанные компании продают электрическую энергию конечным ее потребителям.

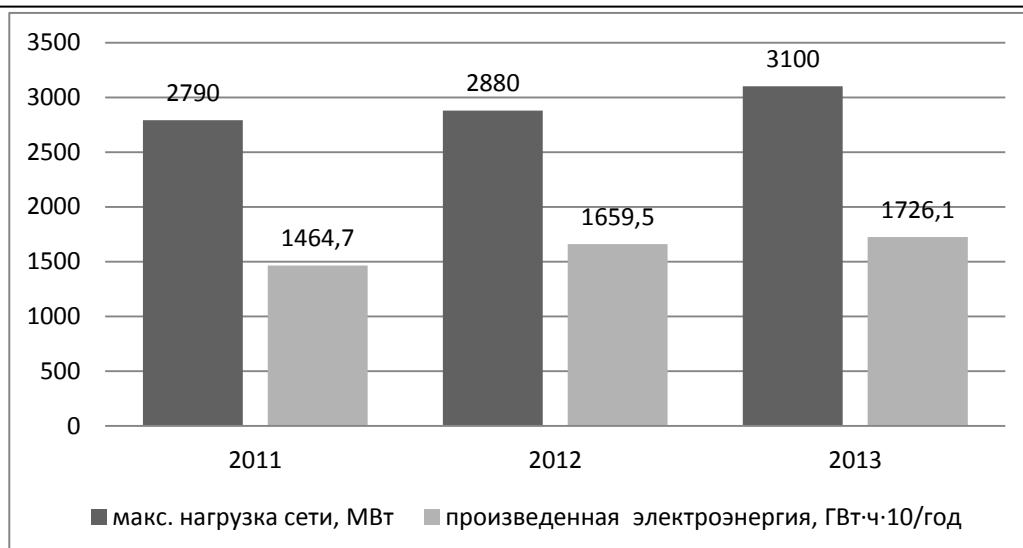


Рис.4 Динамика изменения максимальной электрической нагрузки энергосистемы и количества произведенной в Иордании электроэнергии.



Рис.5 Прогноз увеличения максимальных нагрузок энергосистемы и количества производимой электроэнергии на 2014 – 2019 годы.

Таблица 3

Характеристика электрических сетей одной из распределительных компаний Иордании			
Напряжение ЛЭП и ТП, кВ	Протяженность ЛЭП, км/цепь		Суммарная установленная мощность трансформаторов на ТП, МВА
	Воздушных	Кабельных	
33	3744	598	
11	539	329	
0,4/15	5763	676	
33/11			616,5
33/6.6			283
33/3.3			61
33/0.4			1051
11/6.6			11
11/0.4			512,6
6.6/0.4			6,5

Протяженность линий электропередачи, а также суммарная установленная мощность трансформаторов на подстанциях распределительной компании, которая обслуживает наибольшую часть территории Иордании, приведены в таблице 3.[4]

Одной из основных проблем энергетической отрасли Иордании является практически полная зависимость от импортируемых энергоресурсов. В настоящее время страна покупает около 97% топлива, необходимого для выработки электроэнергии, основную часть которого, как было сказано, составляет нефть и продукты ее переработки.

Кроме того, структура потребляемого в энергетической отрасли топлива и энергетическая зависимость от его внешних поставок является причиной высокой стоимости производства электрической энергии и значительных ее колебаний в связи с изменением мировых цен на нефть. Так, например, стоимость производимой в стране электроэнергии в течение 2010 – 2013 годов в связи с ростом мировых цен на нефть в среднем увеличилась на 19,2 %, в то время, как с 2006 до 2009 года, когда Иордания импортировала по низким ценам природный газ из Египта, стоимость электрической энергии возросла всего на 3,4 %.

В связи с указанными проблемами одной из приоритетных задач энергетической отрасли Иордании становится значительное расширение использования местного ископаемого топлива, а также возобновляемых источников энергии.

С этой целью в стране созданы необходимые нормативно-правовые основы и разработана долгосрочная стратегия развития энергетики, которая направлена на повышение энергетической эффективности, снижение стоимости производства электроэнергии, и предполагает постепенное увеличение доли нетрадиционных и возобновляемых источников энергии с 0,6% в 2013 году до 13% к 2016 и до 32 % к 2020 году.

Согласно данной стратегии общая мощность генерирующих установок, использующих возобновляемые источники энергии, возрастет на 527 МВт. В этом направлении планируется реализация таких проектов как строительство ветровых электростанций в городе Тафила (117 МВт), которая будет введена в эксплуатацию уже в начале 2015 года, и в городе Фуджедж (80 – 90 МВт).

Кроме того, в стране на ближайшее время запланировано сооружение ряда солнечных электростанций: в городах Гвера (65 – 75 МВт), Маан (200 МВт), Аль Хусейния (65 – 75 МВт), последняя из которых уже введена в эксплуатацию.

В направлении использования местного ископаемого топлива стратегия развития энергетической отрасли предусматривает создание новых генерирующих установок, которые будут производить электроэнергию с применением технологии прямого сжигания горючего сланца, значительные запасы которого имеются в Иордании. Общая мощность таких энергоблоков должна составить 1158 МВт, а доля их участия в общем объеме выработки электроэнергии в стране будет равна 17% в 2018 и 24% в 2020 году.

В качестве примера можно назвать запланированное сооружение таких энергоблоков по совместному с Эстонией проекту (458 МВт), который должен быть начат в 2017 году, и по совместному проекту с Китаем и Арабскими эмиратами (600 МВт), который начнется в 2018 – 2019 годах.

Стратегия развития энергетической отрасли предполагает в рамках совместного проекта с Россией сооружение в Иордании атомной электростанции общей мощностью 2000 МВт, ввод в эксплуатацию первой очереди которой намечен на 2023, а второй очереди – на 2025 год. Планируется, что доля этой АЭС в общей выработке электроэнергии в стране будет составлять 6 %.

Сектор конечного потребления электроэнергии Иордании разделяется на 2 части

- Крупные потребители, к которым относится, прежде всего, промышленные предприятия;
- Мелкие и средние потребители (бытовые, коммерческие, предприятия водоснабжения, уличное освещение и др.).

Структура потребления электроэнергии основными группами ее потребителей, а также динамика изменения электропотребления в Иордании в течение 2009 – 2013 годов приведены на рис.6.[3]

Спрос на электрическую энергию в стране ежегодно возрастает в среднем на 7,2 %.

Как свидетельствует рисунок 6, основным потребителем электроэнергии в Иордании является население. Промышленность занимает второе место по величине годового электропотребления, используя примерно в два раза меньше энергии, чем население.

Потребление электроэнергии населением в течение предыдущих пяти лет ежегодно увеличивалось в среднем на 3,9 %. При этом по статистике МЭиМР в 2013 г, 56 % бытовых потребителей использует электроэнергию для подогрева воды, 82% абонентов пользуется электрическими кондиционерами (зимой и летом), а 48% потребителей использует водяные охлаждающие кондиционеры (только летом).

С точки зрения энергосбережения и применения альтернативных источников энергии в группе бытовых потребителей в настоящее время 13,5 % абонентов установили солнечные коллекторы для подогрева воды, 80 % населения использует энергоэффективные лампы, 21 % бытовых потребителей термоизолируют свои дома при постройке, но крыши домов утепляют только 18 % абонентов.

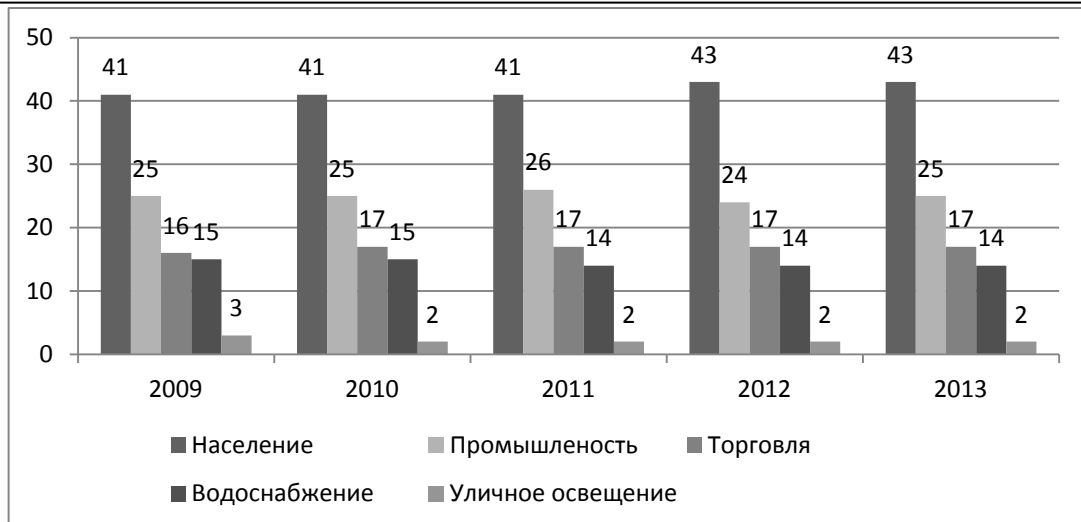


Рис.6. Структура потребления электроэнергии основными группами потребителей и динамика ее изменения (%).

Государство всячески стимулирует использование населением энергоэффективного оборудования и альтернативных источников энергии. В частности, разрешения на постройку новых жилых домов не выдаются, если застройщики не обязуются устанавливать солнечные коллекторы, не взимаются таможенные сборы и налоги на импортное энергоэкономичное электрооборудование.

Подобные решения на государственном уровне приняты также в отношении промышленного сектора.

Спрос потребителей на электрическую мощность в Иордании имеет неравномерный характер как для различных сезонов года (рисунок 7).[2], так и в течение суток. Особенно неравномерность нагрузки потребителей заметна в суточном разрезе (рисунок 8).[2]

С целью регулирования спроса потребителей на электрическую мощность (выравнивания графиков нагрузки) Иорданская Комиссия управления электроэнергией устанавливает для распределяющих энергокомпаний, а также для конечных потребителей соответствующие тарифы на электроэнергию. В стране действуют как одноставочные, так и двухставочные тарифы с основной платой за электрическую мощность, потребляемую в часы максимальной нагрузки энергосистемы. Причем в каждом из указанных видов тарифов стоимость электроэнергии для дневного и ночного периода суток различна.

В частности, двухставочные тарифы установлены для всех распределяющих энергокомпаний. Причем плата за максимальную мощность для каждой из них одинакова и по состоянию на 15.08.2013 г. составляет 2,98 динар/кВт в месяц (1 динар = 1,42 доллара США). Стоимость электроэнергии в дневное и ночное время для разных электрокомпаний неодинакова и составляет соответственно 62,71 – 76,26 и 52,66 – 66,21 филс/кВт.ч (1 динар = 1000 филс).

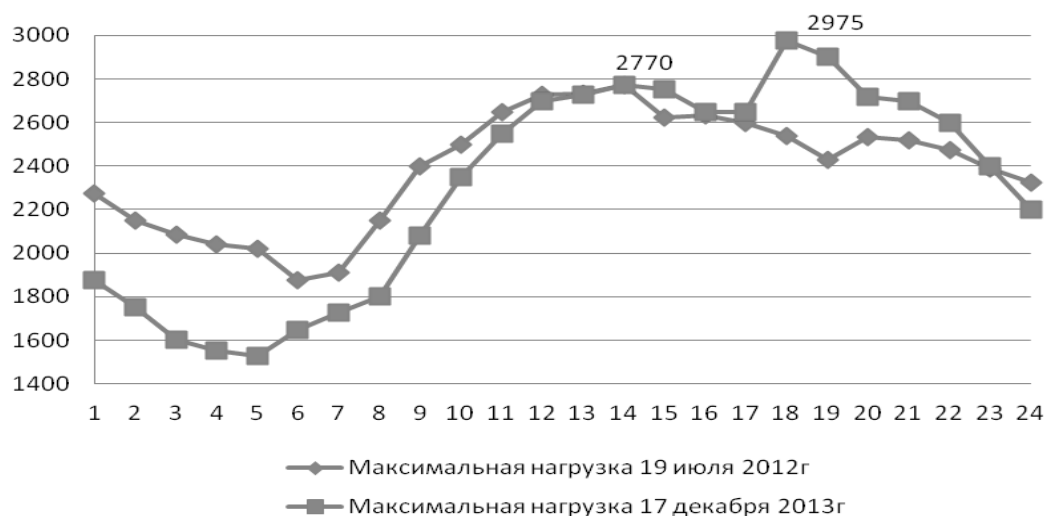


Рис. 7 Максимальная и минимальная нагрузка энергосистемы Иордании по месяцам года

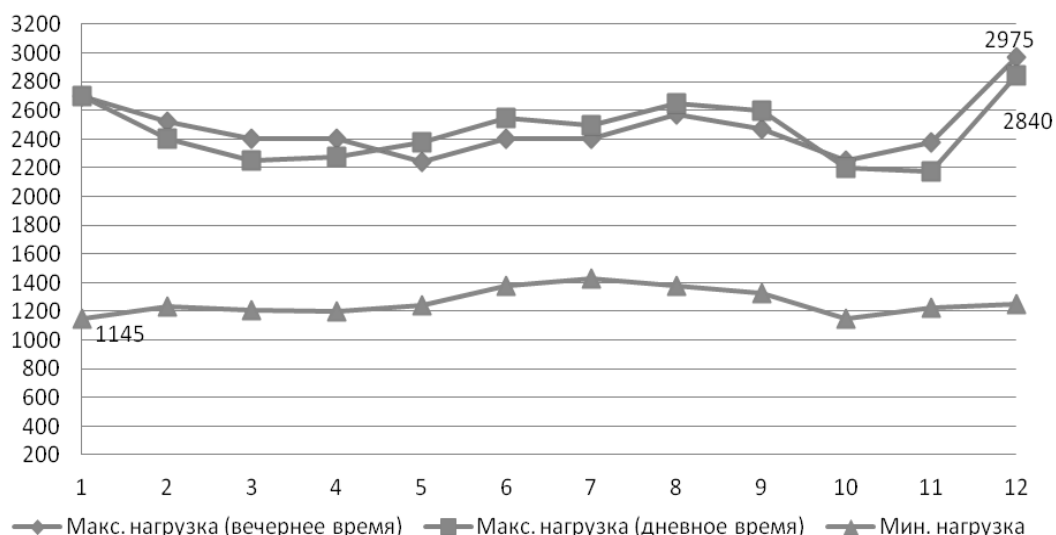


Рис.8 Графік изменения спроса на электрическую мощность для характерных суток

Двухставочные тарифы на электроэнергию действуют также для средних и крупных промышленных предприятий. Плата за максимальную мощность для таких потребителей изменяется от 3,79 для средних предприятий до 2,98 динар/кВт в месяц для крупных предприятий. В отдельную подгруппу выделены металлургические предприятия, для которых плата за мощность установлена в размере 2,98 динар/кВт в месяц, а дневной и ночной тариф на электроэнергию составляют 237 и 176 филс/кВт.ч.

Для всех прочих крупных промышленных предприятий установлена аналогичная плата за мощность (2,98 динар/кВт в месяц), однако стоимость электроэнергии для таких предприятий в дневное и ночное время соответственно равна 108 и 87 филс/кВт.ч.

Для бытовых потребителей используются одноставочные ступенчатые тарифы в зависимости от объема ежемесячного потребления электроэнергии. При этом стоимость энергии для таких потребителей на первой ступени составляет 33 филс/кВт.ч (при потреблении до 160 кВт.ч/мес.), а на последней седьмой ступени равна 235 филс/кВт.ч (при потреблении свыше 1000 кВт.ч/мес.). Аналогичные тарифы на электроэнергию с практически такими же ставками применяются также для бытовых потребителей.

Подобные одноставочные ступенчатые тарифы, но всего с двумя ступенями, установлены для коммерческих абонентов, банков, предприятий мобильной связи, а также для мелких промышленных предприятий. Причем для банков и предприятий мобильной связи используются более высокие ставки тарифов (от 238 – 256 до 265 – 278 филс/кВт.ч), а для мелких промышленных предприятий с целью стимулирования их развития установлены самые низкие тарифы (57 – 66 филс/кВт.ч).

Для всех остальных потребителей электроэнергии (сельское хозяйство, предприятия водоснабжения, пресса и телевидение, уличное освещение, армия, морской транспорт) используются простые одноставочные тарифы, уровень которых также неодинаков (самый низкий тариф 60 филс/кВт.ч установлен для сельского хозяйства).

Отдельную группу составляют сельскохозяйственные предприятия и отели, которые могут рассчитываться за потребляемую электроэнергию как по двухставочному дифференцированному по периодам суток, так и по простому одноставочному тарифу.

Выводы:

1. Электроэнергетика Иордании представляет собой одну из базовых отраслей экономики, которая динамично развивается.

2. Одной из основных проблем энергетической отрасли Иордании является практически полная зависимость от импортируемых ископаемых энергоресурсов и, как следствие, – высокая стоимость производства электрической энергии, зависящая от колебаний мировых цен на нефть.

3. Приоритетной задачей энергетической отрасли Иордании становится значительное расширение использования местного ископаемого топлива, а также возобновляемых источников энергии.

4. В стране созданы необходимые нормативно-правовые основы, разработана долгосрочная стратегия развития энергетики, которая направлена на повышение энергетической эффективности,

снижение стоимости производства электроэнергии, и предполагает постепенное увеличение доли нетрадиционных и возобновляемых источников энергии с 4 % в 2013 году до 32 % к 2020 году.

5. Основными потребителями электрической энергии в стране являются бытовые потребители, промышленные предприятия, а также предприятия водоснабжения. Причем спрос на электрическую энергию в Иордании ежегодно растет и имеет неравномерный характер, как для различных сезонов года, так и в течение суток.

6. Регулирование спроса потребителей на электрическую мощность в стране осуществляется экономическими методами, для чего создана и используется соответствующая, достаточно сложная система тарифов на электроэнергию.

Список литературы:

1. Комиссия управления электроэнергией, <http://erc.gov.jo/Arabic/Pages/default.aspx>
2. Ежегодный отчет 2013 г Центральной энергокомпании, <http://www.cegco.com.jo/?q=en>
3. Ежегодный отчет 2013 г Национальной энергокомпании <http://www.nepco.com.jo/#>
4. Ежегодный отчет 2013 г Распределительной энергокомпании <http://www.edco.jo/index.php/ar/>
5. Министерство энергетики и минеральных ресурсов Иордании

M. I. Alsharari, V.F.Nahodov, Y.N. Isayenko

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

JORDAN POWER GENERATION: CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

The article has a scheme of the electricity sector in Jordan and characteristics of main energetic companies. Adduce the structure of the use of traditional fuels for power generation and consumption of electricity in the country. As one of the main points of article was considering daily electric load graphics of the integrated power system, as well as the operating system of electricity tariffs in Jordan. Also article shows the prediction of the energy sector of the country, including the direction of increasing use of renewable energy sources.

Keywords: Jordan power generation, power plants, electrical grids, alternative and renewable energy sources, electricity tariffs.

1. Energy and mineral regulatory commission, <http://erc.gov.jo/Arabic/Pages/default.aspx>
2. Annual-Report of Central electricity generation co 2013. <http://www.cegco.com.jo/?q=en>
3. Annual-Report of National electrical power company 2013, <http://www.nepco.com.jo/#>
4. Annual-Report of Electricity distribution company 2013 <http://www.edco.jo/index.php/en/>
5. Ministry of Energy and Mineral resources of Jordan <http://www.memr.gov.jo/Default.aspx>

УДК 621.311:65.035

Мохаммад Аль Шарарі, В.Ф.Находов, канд. техн. наук, доцент; Ю.М. Ісаєнко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЕНЕРГЕТИКА ЙОРДАНІЇ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Представлена схема електроенергетичної галузі Йорданії, дана характеристика основних енергетичних компаній. Наведено структуру використання традиційних видів палива на електростанціях, генерації і споживання електричної енергії в країні. Розглянуто добові графіки електричного навантаження об'єднаної енергосистеми, а так само діюча система тарифів на електроенергію в Йорданії. Наведено прогноз розвитку енергетичної галузі країни, у тому числі і в напрямку розширення використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: Електроенергетика Йорданії, електростанції, електричні мережі, нетрадиційні та відновлювані джерела енергії, тарифи на електроенергію.

Надійшла 03.10.2014

Received 03.10.2014