

Technology and Security. – 2013. – Bun. 1(3). – С.44.

2. Безопасность промышленных систем автоматизации и управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ussc.ru/catalog/id/26>

3. Data Historians vs. DCS, SCADA, and PLC Systems [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://instrumentationandcontrol.net/wp-content/uploads/2016/05/ASPENTECH-2013-Data-Historians-vs.-DCS-SCADA-and-PLC-Systems.pdf>

4. The 2013 Cybersecurity Executive Order: Overview and Considerations for Congress [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://fas.org/sgp/crs/misc/R42984.pdf>

5. Яковив И. Б. Базовая модель информационных процессов управления и критерии безопасности кибернетической системы/ И.Б. Яковив// Інформаційні технології і безпека : збірник наукових праць. – К. : ІССЗІ НТУУ «КПІ», 2015. – Випуск No 2 (4). – С.68-74.

6. National Institute of Standards and Technology (2013), NIST Special Publication 800-82. Revision 1, Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security, available at : <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.800-82r2> (May 2015).

7. Отчет Лаборатории Касперского INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS VULNERABILITIES STATISTICS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://kasperskycontenthub.com/securelist/files/2016/07/KL_REPORT_IC_S_Statistic_vulnerabilities.pdf

8. Яковив И. Б. Канал связи с позиций атрибутивно-трансфертной сущности информации / И. Б. Яковив // Інформаційні технології і безпека : збірник наукових праць. – К.: ІССЗІ НТУУ «КПІ», 2012. – Випуск No 2 (2). – С.84-96.

Поступила 11.09.2017р.

УДК519.711

Ю.Г. Куцан, Г.А. Иванов, Киев

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЫНОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НОВОГО ЛИБЕРАЛИЗИРОВАННОГО РЫНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ УКРАИНЫ

Abstract. The presented research is aimed at studying approaches and methods for regulating the liberalized electricity market in order to model the contractual relations of its participants and to model pricing for electricity and related transportation and supply services. In addition, the study will help to better understand the relationship with the pricing of the respective energy market segments, and also to determine the long-term prospects of the Ukrainian electricity market.

Ключевые слова: рынок электрической энергии, либерализация, конкуренция, модель рынка электроэнергии, потребитель электрической энергии, переход к новой модели рынка, европейская модель рынка.

Основной текст статьи

Либерализация рыночных отношений и ценообразования на рынках электрической энергии обусловлено желанием государства максимально дать свободу участникам этих рынков в выборе своих контрагентов. При этом потребитель получает не только право выбора поставщика, но и экономически обоснованную цену на электрическую энергию [2]. В идеальном варианте потребитель должен самостоятельно покупать электрическую энергию и у производителей по договорным ценам, схематично такой вариант показан на рис. 1.



Рис. 1. Схематическое представление идеального рынка электрической энергии

Как правило, на рынках электрической энергии купля-продажа осуществляется в каждом отдельном часе суток. Определение средневзвешенной цены электроэнергии в двустороннем договоре купли-продажи осуществляется по следующей формуле, грн./МВт:

$$Ц^{цл} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i^{од} \times W_i^{од})}{\sum_{i=1}^n W_i^{од}}$$

где: i – час в периоде купли-продажи электрической энергии, год.;

$C_i^{од}$ – цена электрической энергии в каждом часе « i » согласно двустороннего договора между продавцом и покупателем, грн./МВт;

$W_i^{од}$ – объем электрической энергии в каждом часе « i » согласно двустороннего договора между продавцом и покупателем, грн./МВт.

Фактической потребление или отпуск электрической энергии отличается от объемов, которые были приобретены или проданы ранее по договорам на рынке. Это вызывает дисбаланс выработки и потребления электрической энергии в энергосистеме, что влечет за собой не только ухудшение качество электрической энергии, но и может стать причиной системной аварии. Чтобы избежать таких отрицательных последствий для потребителей необходимо чтобы в энергосистеме был ответственный субъект за поддержание баланса вырабатываемой и потребляемой электрической энергии. Таким субъектом выступает системный оператор, которому вменено обязательство осуществлять диспетчеризацию генерирующий мощностей и объектов энергосистемы для поддержания нормального ее функционирования. При этом, и производитель и потребитель обязаны покупать и продавать

электрическую энергию системному оператору, которая была не потреблена или не выработана, а также потреблена или выработана сверх ранее купленных в договорах объемов. Схематично на рис. 2 представлено движение электрической энергии между производителем, потребителем и системным оператором.

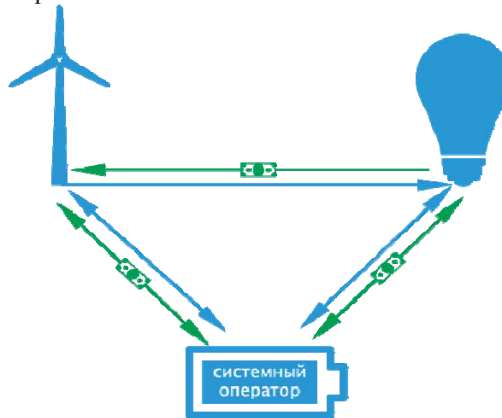


Рис. 2. Схематическое представление финансового урегулирования небалансов потребителя и производителя электрической энергии

Определение средневзвешенной цены электроэнергии, которая покупается или продается участником рынка на балансирующем рынке, осуществляется по следующей формуле, грн./МВт:

$$C^{BP} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i^{BP} \times (\pm W_i^{BP}))}{\sum_{i=1}^n (\pm W_i^{BP})}$$

где: C_i^{BP} – цена электрической энергии для сторон ответственных за баланс на балансирующем рынке в часе «i», грн./МВт;

W_i^{BP} – объем электрической энергии для сторон ответственных за баланс на балансирующем рынке в часе «i», грн./МВт.

Как правило, участникам сложно придерживаться по факту потребления почасовых объемов, которые контрактуются в долгосрочных договорах между производителями и потребителями электрической энергии. Для возможности оперативной докупки дополнительной или продажи излишней по прогнозу электрической энергии по рыночной цене, на рынке создается биржа, которая по заранее установленным правилам организывает централизованную площадку для покупателей и продавцов [3]. Таким образом, потребитель получает возможность за сутки до реального дня потребления докупить или продать необходимые объемы электрической энергии, цена которой привлекательнее чем на балансирующем рынке. На

рис. 3 представлено движение электрической энергии между производителем, потребителем, системным оператором и биржей. Некоторые биржи электрической энергии предоставляют возможность участникам рынка покупать и продавать электрическую энергию за 15 минут до реального времени поставки. Таким образом биржа хеджирует риски участников от финансовых затрат на балансирующем рынке.

Определение средневзвешенной цены электроэнергии, которая покупается или продается участником рынка на бирже электрической энергии, как продукт на сутки вперед, осуществляется по следующей формуле, грн./МВт:

$$C^{PДН} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i^{PДН} \times (\pm W_i^{PДН}))}{\sum_{i=1}^n (\pm W_i^{PДН})}$$

где: $C_i^{PДН}$ – цена электрической энергии на бирже электрической энергии, как продукт на сутки вперед часе «i», грн./МВт;

$W_i^{PДН}$ – объем электрической энергии на бирже электрической энергии, как продукт на сутки вперед в часе «i», грн./МВт.

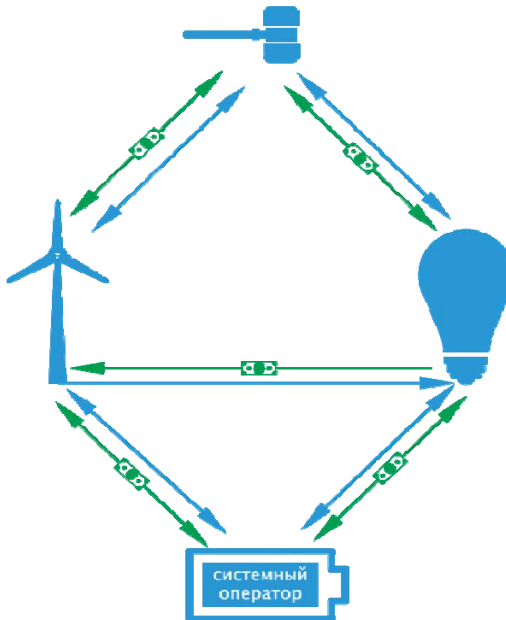


Рис. 3. Схематическое представление движения денег и электрической энергии на либерализованном рынке электрической энергии

Системному оператору, для выполнения своей главной функции – сохранение баланс потребления и выработки электрической энергии, необходимо иметь гарантии наличия резервов мощностей у производителей. При этом резервы мощности должны предоставляться участниками рынка на рыночных условиях. С этой целью, системный оператор создает рынок вспомогательных услуг, на котором производители и потребители могут сами устанавливать цены на свои услуги по поддержанию резервов и предоставлять их на установленный период системному оператору [2].

При внедрении либерализованного рынка потребителя пугает многообразие сегментов и многогранность договорных отношений на новом рынке, и он готов купить услугу у другого участника рынка на поставку ему электрической энергии. Таким образом, все проблемы, связанные с покупкой электрической энергии и услуг по ее транспортировке, а также риски, которые несет для потребителя балансирующий рынок, поставщик берет на себя. Но при этом, цена поставляемой энергии увеличивается на величину стоимости услуг поставщика. Цена услуги поставщика включает в себя кроме маржинального дохода: риски от неплатежеспособности потребителя, возможный преждевременный расторжения контракта на поставку потребителем, риски от скачков цен на сегментах рынка и т.д. На рис. 5 изображено схематическое представление работы поставщика на либерализованном рынке

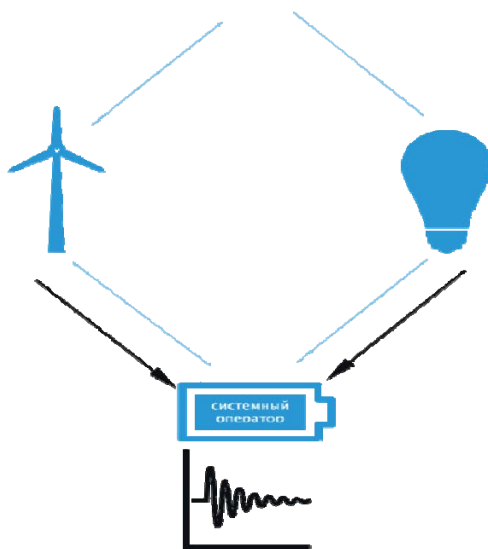


Рис. 4. Предоставление услуг системному оператору по поддержанию резервов мощности производителями и потребителями электрической энергии

Цена поставляемой энергии покрывает затраты на транспортировку электрической энергии высоковольтными магистральными сетями и местными распределительными. Операторы этих сетей являются монополистами на региональном уровне, и их деятельность регулируется со стороны государства. Эти операторы предоставляют участникам рынка услугу по перемещению электрической энергии их сетями по ценам, которую устанавливает государство.

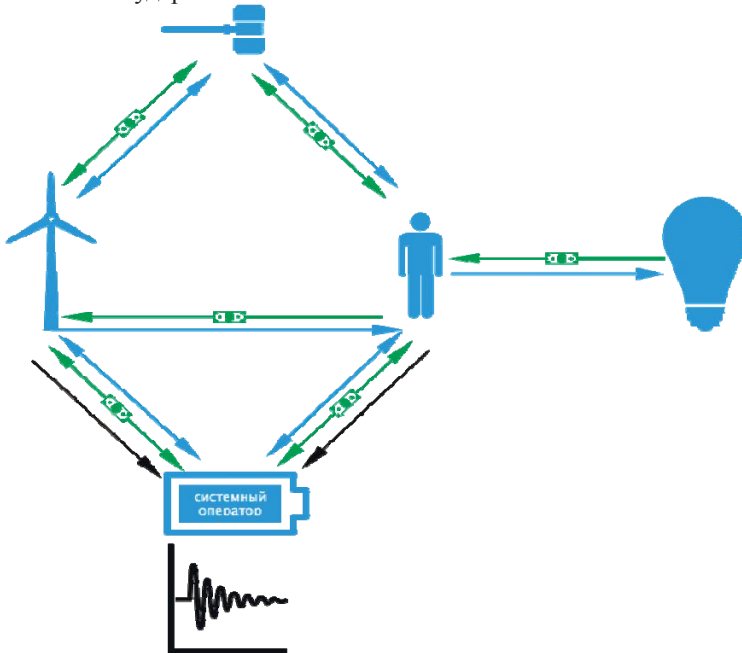


Рис. 5. Схематическое представление работы поставщика на либерализованном рынке

Цена, по которой поставщик продает электрическую энергию потребителю, рассчитывается по следующей формуле:

$$C^П = \frac{\sum_{i=1}^n \left(C_i^{ДП} \times W_i^{ДП} + \left(C_i^{РДН} \times W_i^{РДН} \right) + \left(C_i^{БП} \times (\pm W_i^{БП}) \right) \right)}{W_{\Sigma}^П} + T_{ОСП} + C_{ОСП}$$

где: $W_{\Sigma}^П$ – суммарный объем поставляемой электрической энергии потребителю поставщиком, тыс. кВт·ч;

$T_{ОСП}$ – установленный государством тариф оператору системы передачи на его услугу по перемещению электрической энергии магистральными сетями, грн./МВт;

$T_{оср}$ – установленный государством тариф оператору системы распределения на его услугу по перемещению электрической энергии локальными распределительными сетями, грн./МВт;

$C_{осп}$ – цена услуг по поставке электрической энергии потребителю, грн./МВт.

Как мы видим из выше представленной структуры либерализованного рынка, сложность договорных взаимоотношений и большое количество участников увеличивают цену для конечного потребителя и усложняют ценообразование. В идеальном рынке потребитель должен напрямую покупать электрическую энергию у производителя и самостоятельно оплачивать услуги передающей и распределительной компании. На рис. 6 представлены упрощённая схема движения электрической энергии и денег между участниками идеального либерализованного рынка.

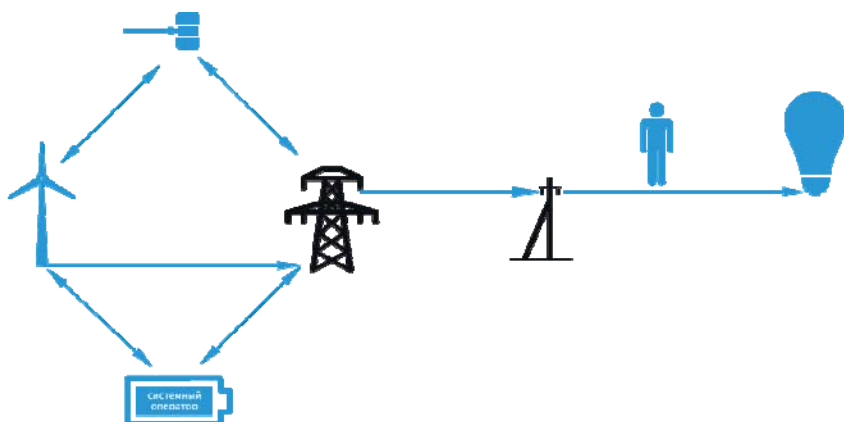


Рис. 6. Схематическое представление движения электрической энергии от производителя к потребителю

Диспетчерское управление и поддержание баланса выработки и потребления должно быть в любой модели рынка из-за специфичности такого вида товара как электрическая энергия. При этом, у ответственного субъекта за поддержание баланса должны быть гарантированные резервы мощности. Объемы электрической энергии, которые по тем или иным причинам не были законтрактованы участниками, но фактически прошли через, должны быть обеспечены балансирующим рынком для поддержания непрерывности поставки электрической энергии. Поэтому потребитель должен иметь два вида контрактов – заключенный на свободном рынке по договорной цене и заключенный на обязательном балансирующем рынке по цене, которую формирует на рыночной основе системный оператор.

Не менее важным для потребителя, с точки зрения комфорта участия на рынке, является единый тариф на транспортировку электрической энергии магистральными и распределительными электрическими сетями. При этом, этот тариф должен включать затраты на поддержание резервов мощности в энергосистеме и затраты на диспетчерское управление.

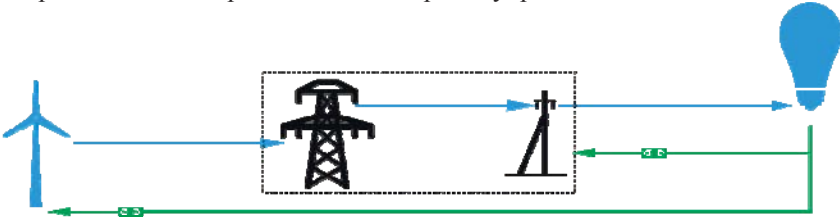


Рис. 7. Упрощённая схема движения электрической энергии и денег между участниками идеального либерализованного рынка

Таким образом, расчет цены электрической энергии для потребителя будет осуществляться по следующей формуле:

$$C^{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(C_i^{ДП} \times W_i^{ДП} + \left(C_i^{БП} \times (\pm W_i^{БП}) \right) \right)}{W_{\Sigma}^{\Pi}} + T_{\text{Послуги}}$$

где: $T_{\text{Послуги}}$ – тариф на услуги по транспортировке и поддержанию качества электрической энергии, грн./МВт.

С учетом выше изложенного, можно утверждать, что модель либерализованного рынка электрической энергии, которая является обязательной на законодательном уровне для стран-членов Европейского Союза, имеет существенные преграды для участия потребителей самостоятельно в рыночных отношениях по покупке или продаже электрической энергии. Это обусловлено сложностью договорных отношений с другими участниками рынка и финансовыми рисками на этом рынке. Уменьшив только количество предоставляемых услуг, и как следствие снизив общий уровень цен на эти услуги, потребитель получит более комфортные и понятные условия участия в рынке электрической энергии.

1. Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII “Про ринок електричної енергії”.
2. Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC. Article 9 “Unbundling of transmission systems and transmission system operators”. Available at: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/eur124471.pdf>.
3. Блинов И.В. Теоретические и практические основы функционирования конкурентного рынка электроэнергетики – 2015.

Поступила 9.10.2017р.