

УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НОРМАТИВОВ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ЕЁ ПЕРЕДАЧЕ ПО СЕТЯМ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ

© 2014 В. Г. Гольдштейн, Ю. П. Кубарьков, А. Ю. Рыгалов,
Е. В. Ревякина, В. В. Степанов

Самарский государственный технический университет

В статье рассматривается вопрос прогнозирования потерь электроэнергии на пятилетний срок в условиях RAB-регулируемого тарифа. Предлагается использование многокритериального регрессионного анализа и системы визуализации полученных данных для принятия обоснованных решений.

RAB-регулирование, визуализация данных, потери электроэнергии, умные сети, моделирование.

Российские сетевые компании переходят на новый метод формирования тарифа – на RAB-регулирование. Цель нового метода – привлечь деньги в развитие электрических сетей (ЭС) [1, 2]. Для этого в тарифе на передачу энергии помимо фактических затрат компании учитываются суммы, обеспечивающие возврат средств, вложенных в сети, а также некий процент дохода для инвестора, вложившего эти средства. Источником средств может быть прямой инвестор, например владелец сетей, либо другой заимодавец, например банк. В этом случае доходная часть, заложенная в тариф, пойдёт на погашения процентов по кредиту. При этом принципы RAB-регулирования позволяют сетевой компании при сравнительно небольшом росте тарифа получить значительные средства на развитие.

RAB (Regulatory Asset Base) – регулируемая база капитала. Это система долгосрочного регулирования тарифов естественных монополий, идущая на смену прежнего механизма. Механизм RAB-регулирования взят на вооружение в электросетевых комплексах многих стран Европы, где неплохо себя зарекомендовал: в развитие ЭС были привлечены инвестиции, при этом тарифы предприятий ЭС не выросли, а даже уменьшились (с поправкой на инфляцию). Такой эффект стал возможен благодаря тому, что в RAB-регулирование встроен механизм, стиму-

лирующий снижение издержек сетевых компаний.

В связи с этим переходом встал вопрос об изменении методики тарификации [2, 3]. Старая методика опиралась на данные двух лет: на данные базового и регулируемого года (БГ, РГ). Остальные года вообще не рассматривались. Для учёта RAB-регулирования в методике тарификации необходимы полные и точные данные по БГ, предшествующему ему и текущему годам. На основании этих данных можно составить прогноз потерь электроэнергии (ЭЭ) на РГ и последующие четыре года.

Норматив потерь ЭЭ в ЭС – это экономически обоснованный и документально подтверждённый технологический расход ЭЭ при её транспортировке, относящийся к налогооблагаемым материальным ресурсам и направленный на получение дохода ТСО организации. Сейчас нормирование происходит примерно по следующей схеме:

- 1) территориальная сетевая компания (ТСО) производит расчёт потерь электроэнергии при её передаче;
- 2) отчёт подвергается экспертизе;
- 3) отчёт вместе с заключением экспертизы передаётся в министерство энергетики для утверждения.

Большое количество таблиц в каждом отчёте, множество таблиц от разных ТСО со своими особенностями снижает эффек-

тивность работы и увеличивает вероятность ошибок.

Для того, чтобы снять необходимость обязательного полного просмотра каждой таблицы отчёта, необходимо подобрать критерии возможности нормирования и визуализировать выполнение этих критериев. Выбрано восемь критериев возможности нормирования, которые отображают динамику изменения основных показателей ТСО, полноту и корректность предоставленных данных. Они являются достаточными для определения возможности нормирования потерь ЭЭ при её передаче по сетям данной ТСО.

Потери ЭЭ на РГ целесообразно вычислять по старой методике [2]. Для про-

гнозирования потерь ЭЭ на последующие четыре года было решено применить многокритериальный регрессионный анализ [4, 5].

В качестве критериев для модели были выбраны приём ЭЭ в сеть, установленная мощность трансформаторов, длина линий электропередач и мероприятия по снижению потерь, что позволяет учесть состояние сети в целом и электросетевого оборудования. Для построения модели и методики в целом были использованы средства *Microsoft Excel*. Ниже (табл. 1) приведен пример таблицы модели (сторона низкого напряжения, линейная регрессия).

Таблица 1. Пример таблицы модели

Годы	Потери ЭЭ, %	Потери ЭЭ, МВт-ч	Приём ЭЭ, МВт-ч	Установленная мощность трансформаторов, кВА	Суммарная длина линий, км	Снижение потерь, %
2007	8,89	252,21	2836,9	21 620 090	32176,2	0
2008	7,82	266,26	3402,0	21 620 090	32176,2	6,04
2009	8,65	250,66	2897,8	21 620 090	33189,0	4,33
2010	8,54	317,75	3720,0	21 620 090	33189,0	2,67
2011	8,91	337,86	3791,2	22 268 693	34184,7	2,5
2012	9,28	358,64	3863,7	22 936 753	35210,2	2,4
2013	9,55	376,20	3937,6	23 624 856	36266,5	3,1
2014	9,96	399,72	4013,0	24 333 602	37354,5	2,9

Для обеспечения достаточности исходных данных во все таблицы были введены данные по годам: предшествующий БГ, текущий и последующие за РГ четыре года. Для годов, предшествующего БГ и текущего, используется фактическая (отчётная) информация.

Для последующих за РГ периодом четырёх лет используются планируемые значения критериев. В дальнейшем их можно уточнять для увеличения досто-

верности прогноза. На основании этих данных по уровням напряжения высчитываются коэффициенты линейной и экспоненциальной регрессий и делается прогноз потерь ЭЭ. Полученные пары значений (потери – год) отображаются в виде графика (рис. 1), и строится линия тренда, по которой наглядно видны тенденция изменения потерь ЭЭ и выбросы отдельных значений.



Рис. 1. Пример графика с линией тренда

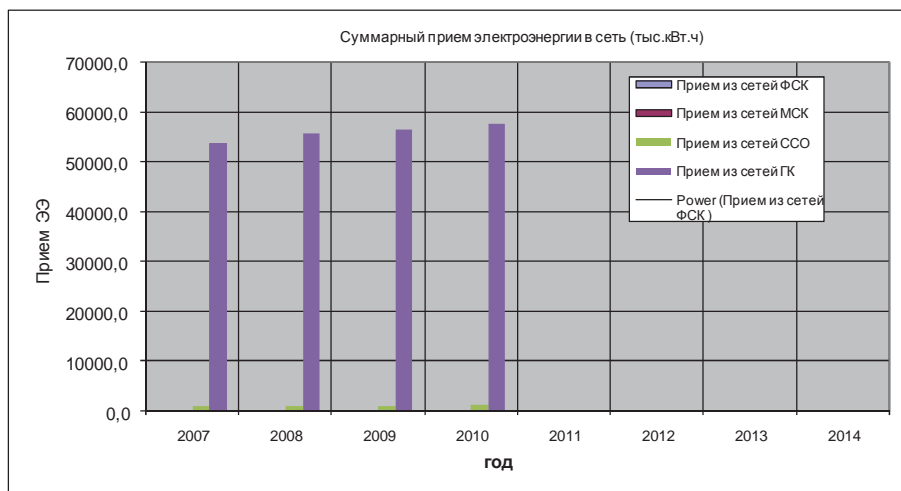


Рис. 2. Пример гистограммы «Приём из сетей ФСК»

Диаграмма (рис. 2) иллюстрирует вклад структурных составляющих в суммарный приём ЭЭ в ЭС и позволяет судить об их изменении (подобную диаграмму можно построить и в процентном выражении). Аналогично иллюстрируется отдача ЭЭ из ЭС.

Добавлена таблица «Динамика основных показателей», которая автоматически заполняется из предыдущих таблиц. По ней строятся гистограммы основных

показателей с нанесёнными линиями тренда.

Диаграмма, представленная на рис. 3, показывает долевое распределение суммарной протяжённости сетей по всем уровням напряжения. Для низковольтных сетей в некоторых случаях имеет смысл также построить отдельную диаграмму распределения протяжённости между кабельными и воздушными линиями.



Рис. 3. Пример гистограммы с линией тренда

Библиографический список

1. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 06.12.2011) «Об электроэнергетике» (с изм. и доп., вступающими в силу с 06.01.2012).
2. Приказ ФСТ №347-э/4 от 04.12.2009.
3. Методические указания по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке. Утв. Постановлением ФЭК РФ от 31.07.2002 № 49-Э/8. Перечень изменений и дополнений. Утв. Постановлением ФЭК России от 14 мая 2003 г. №37-Э/1.
4. Стрижов В.В., Крымова Е.А. Методы выбора регрессионных моделей. М.: ВЦ РАН, 2010.
5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Изд. дом «Вильямс». 2007.

Информация об авторах

Гольдштейн Валерий Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», Самарский государственный технический университет. E-mail: aees@rambler.ru. Область научных интересов: электромагнитная совместимость высоковольтного электроэнергетического оборудования при воздействиях перенапряжений.

Кубарьков Юрий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрические станции», Самарский государственный технический университет. E-mail: tsara.cuba@yandex.ru. Область научных интересов: активно-адаптивные сети, мультиагентные системы в электроэнергетике, режимы работы электротехнических комплексов и систем.

Рыгалов Алексей Юрьевич, аспирант, Самарский государственный техни-

ческий университет. E-mail: alexeixox@gmail.com. Область научных интересов: активно-адаптивные сети, прогнозирование нагрузок в системах электроснабжения, режимы работы электротехнических комплексов и систем.

Ревякина Екатерина Викторовна, студент, Самарский государственный технический университет. E-mail: aees@rambler.ru. Область научных интересов: электромагнитная совместимость высоковольтного электроэнергетического оборудования при воздействиях перенапряжений.

Степанов Василий Викторович, аспирант, Самарский государственный технический университет. E-mail: aees@rambler.ru. Область научных интересов: прогнозирование потерь электроэнергии, тарификация потребителей электроэнергии.

THE USE OF REGRESSION MODELS FOR ESTIMATING THE STANDARDS OF ELECTRIC POWER LOSSES IN ITS TRANSFER BY TERRITORIAL NETWORK COMPANIES

© 2014 V. Goldshtein, Y. Kubarkov, E. Revyakina, A. Rygalov, V. Stepanov

Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

The paper deals with the issue of forecasting electric power losses for a five-year period in conditions of RAB-regulation. The use of multicriteria regression analysis and systems of visualisation of the obtained data in order to take well-founded decisions is proposed.

RAB-regulation, data visualisation, electric power losses, smart grids, simulation.

References

1. The Federal law of 26.03.2003 N 35-FZ (an edition of 06.12.2011) «About power industry» (with amendment and additions, coming into force from 06.01.2012).
2. No. 347-e/4 order FST of 04.12.2009.
3. Methodical instructions on the calculation of adjustable tariffs and prices of electric (thermal) energy in the retail market. Resolution of Federal Energy Regulatory Commission of the Russian Federation of 31.07.2002 No. 49-E/8. List of changes and additions. Resolution of Federal Energy Regulatory Commission of Russia of May 14, 2003. No. 37-E/1.
4. Strizhov V.V., Krymova E.A. *Metody vybora regressionnykh modeley* [Methods of a choosing regression models]. Moscow: VTs RAN Publ, 2010. 60 p.
5. Dreyper N., Smith G. *Prikladnoy regressionnyy analiz* [Applied regression analysis]. Moscow: Vilyams publishing house. 2007.

About the authors

Kubarkov Youry Petrovich, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Power Plants Department, Samara State Technical University. E-mail: tsara.cuba@yandex.ru. Area of research: active and adaptive networks, multiagent systems in power industry, operating modes of electrotechnical complexes and systems.

Goldstein Valery Gennadyevich, Doctor of Science (Engineering), Professor, Automated Electrical Power Systems Department, Samara State Technical University. E-mail: aees@rambler.ru. Area of research: electromagnetic compatibility of high-voltage electrical power equipment under overvoltage.

Revyakina Ekaterina Victorovna, undergraduate student, Automated Electrical

Power Systems Department, Samara State Technical University. Area of research: electromagnetic compatibility of high-voltage electrical power equipment under overvoltage

Rygalov Alexey Yurievich, postgraduate student, Power Plants Department, Samara State Technical University. Area of research: active and adaptive networks, forecasting of loadings in power supply systems, operating modes of electrotechnical complexes and systems.

Stepanov Vasily Victorovich, postgraduate student, Automated Electrical Power Systems Department, Samara State Technical University. Area of research: forecasting electric power losses, pricing of electric power for consumers.