

УДК 338.2

**Теткин Игорь Юрьевич,**

студент,

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Юрьев Артем Романович,**

Студент,

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

г. Екатеринбург, Российская Федерация

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIG DATA ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ**

Аннотация:

В статье проанализированы возможности использования Big Data для выявления уровня экономических потерь электросетевых компаний. представлены целевые ориентиры ПАО «Россети». На сегодняшний день электросетевой комплекс остается консервативной отраслью, в которой внедрение Big Data не так активно, как в финансовой сфере. Внедрение технологии Big Data во всю энергетическую систему РФ невозможно без создания активно-адаптивных сетей. Проанализированы источники экономических потерь электросетевых компаний на основе зарубежного опыта.

Ключевые слова:

электросетевые компании, BIG DATA, экономические потери, активно-адаптивные сети, анализ.

Электросетевой комплекс России обеспечивает транспортирование и распределение электроэнергии всем юридическим и физическим лицам и является самым крупным в мире. В нем насчитывается более 10 700 линий электропередач напряжения 110 – 1150 кВ., функционирует семь энергообъединений и энергосистем, расположенных на территории 79 субъектов России.

Одной из проблем российской электроэнергетики является высокий уровень аварийности и отказов на электроэнергетических объектах, а, следовательно, и высокий уровень экономических потерь. Причины этого кроются в устаревшем оборудовании и инженерных сетях технологий эксплуатации последних, технически изживший себя уровень автоматизации управления технологическими процессами и производств. Так, сейчас основная схема организации эксплуатации электрической сети ориентирована, прежде всего, на круглосуточное пребывание на них оперативного персонала, контролирующего состояние объекта и выполняющего оперативные переключения.

Существующий электросетевой комплекс России обладает существенным потенциалом для развития за счет внедрения современных технических решений наряду с изменением организационных моделей деятельности. На рис. 1 представлены целевые ориентиры ПАО «Россети» до 2030 года [1].

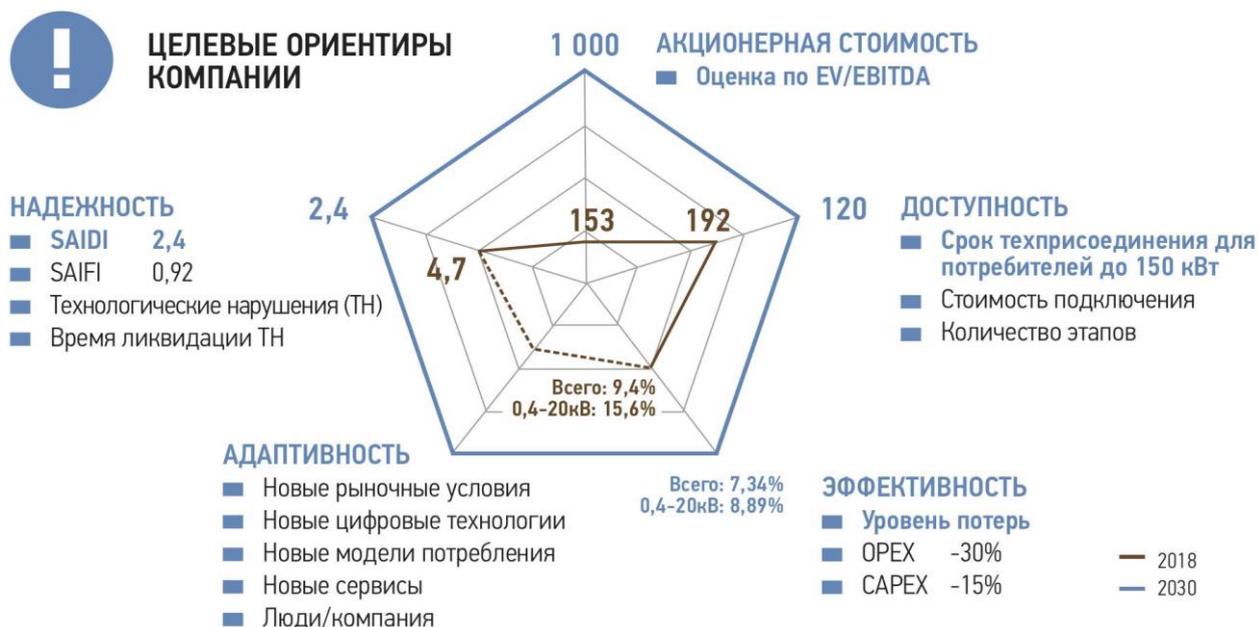


Рисунок 1 – Целевые ориентиры ПАО «Россети»

Данные, собираемые энергокомпаниями, скоро действительно станут большими. Устройства интеллектуальной энергетики постоянно посылают информацию о состоянии оборудования, энергопотреблении, напряжениях, нагрузках, GPS-координаты электропоездов и электромобилей и многое другое. Уже в 2017 г. объем информации, посылаемой умными счетчиками в мире, дошел до 280 петабайт (280x10<sup>15</sup> байт) в год. Правильно обрабатывая эти данные, энергетический бизнес может выйти на новые уровни эффективности и отношений с клиентами.

Понятие Big Data в первую очередь относится к методам обработки данных, которые включают прогнозную аналитику, анализ поведения потребителей и другие сложные статистические исследования. В частности, широко используются индуктивная статистика и методы идентификации нелинейных систем, которые позволяют вывести неочевидные закономерности из больших наборов данных и предсказать будущие события вместе с их последствиями.

Информация, входящая в Big Data, может быть структурированной, полуструктурированной и неструктурированной, причем, как правило, последняя составляет наибольшую долю. Например, это многочисленные отклики граждан о работе энергосбытовых компаний в социальных сетях и на различных Интернет-форумах.

Само понятие «большие данные» обычно определяется через 6 ключевых характеристик или 6-V измерений. Большие данные должны обладать: 1) значительным объемом (Volume), когда величина объема характеризует полноту и репрезентативность данных для целей анализа; 2) разнообразием форм и источников данных (Variety), что подразумевает вовлечение для анализа не только структурированных, но слабоструктурированных и неструктурированных данных, которые по оценкам составляют до 95% всех полезных данных; 3) высокой скоростью (Velocity) накопления данных и регулярностью их обработки. Некоторые исследователи добавляют к этим характеристикам еще такие: 4) вариативность (Variability) или комплексность данных по времени или иной метрике, выражаемая в непостоянстве информационных потоков и гетерогенности их источников; 5) достоверность (Veracity): несмотря на ненадежность и неопределенность данных из отдельных источников, только анализ данных по совокупности позволяет получать близкие к достоверным результатам; 6) ценность (Value): часто данные, полученные в исходном виде или фрагментарно, сами по себе имеют низкую ценность, но высокую ценность можно получить, анализируя большие объемы таких данных [2].

На сегодняшний день электросетевой комплекс остается консервативной отраслью, в которой внедрение Big Data не так активно, как в финансовой сфере. Между тем энергетики могли бы использовать Big Data для учета тех данных, которые косвенно влияют на производство энергии.

Технологии Big Data в энергетике применяются на всех этапах энергоснабжения: генерации, транспортировки и распределения ресурса. Например, на ТЭЦ создаются цифровые двойники для хранения большого объема данных о состоянии оборудования. Линии электропередачи оснащаются датчиками для мониторинга передаваемого количества электроэнергии, а при передаче ресурса потребителям благодаря технологиям big data компании собирают и обрабатывают информацию о динамике потребления, уровне платежей и дебиторской задолженности.

Модели, построенные на анализе больших данных, призваны помочь нам оптимизировать ряд процессов в электроэнергетике. Например, быстрее и точнее прогнозировать отказы оборудования, оптимизировать динамическое ценообразование так, чтобы снизить пиковые нагрузки, оптимизировать интеграцию распределенной генерации в систему. Основные этапы выявления экономического эффекта представлены в рис. 2 [3].

Мониторинг состояния оборудования в непрерывном режиме позволит не только моментально оповестить об аварии, но и предотвратить ее. Проанализировав собранные данные, можно сократить издержки на реализацию планово-предупредительной ремонтной стратегии. Сейчас в рамках ремонтных работ зачастую меняются узлы и агрегаты, чей потенциал еще не исчерпан. Использование технологий Big Data позволит спрогнозировать выход оборудования из строя, оптимизировать энергопотребление для снижения пиковых нагрузок, запланировать новые мощности и рассчитать прогнозируемые объемы энергопотребления.

Внедрение технологии Big Data во всю энергетическую систему РФ невозможно без создания активно-адаптивных сетей с использованием технологий «Smart Grid (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology – технология самодиагностики, анализа и отчета, а Grid (с англ.) – энергосистема, электросеть, энергосеть), в создании которой будущее электросетей России.

Создание вышеназванной технологии поможет при решении задач повышения надежности работы оборудования, возможности его контроля на расстоянии. В электроэнергетике такого рода технологиям относятся: мониторинг состояния и управления электротехническим оборудованием; автоматизированный учет и информационные системы потребителей; инфраструктура систем связи для энергообъектов; автоматизация для повышения надежности и безотказности электроснабжения; интеграция источников электроэнергии малой мощности и накопителей, управление данными. Будучи в единой платформе, названные технологии позволяют кардинально по-новому подходить к построению электрических сетей, переходя от жесткой структуры «генерация – сети – потребитель» к более гибкой, в которой каждый узел сети может являться активным элементом. Что в свою очередь также позволяет повысить надежность, качество, доступность оказания услуг по передаче электроэнергии и технологическому присоединению потребителей, сформировать новую инфраструктуру для максимально эффективного процесса передачи электроэнергии между субъектами электроэнергетики, а также развивать конкурентные рынки сопутствующих услуг.

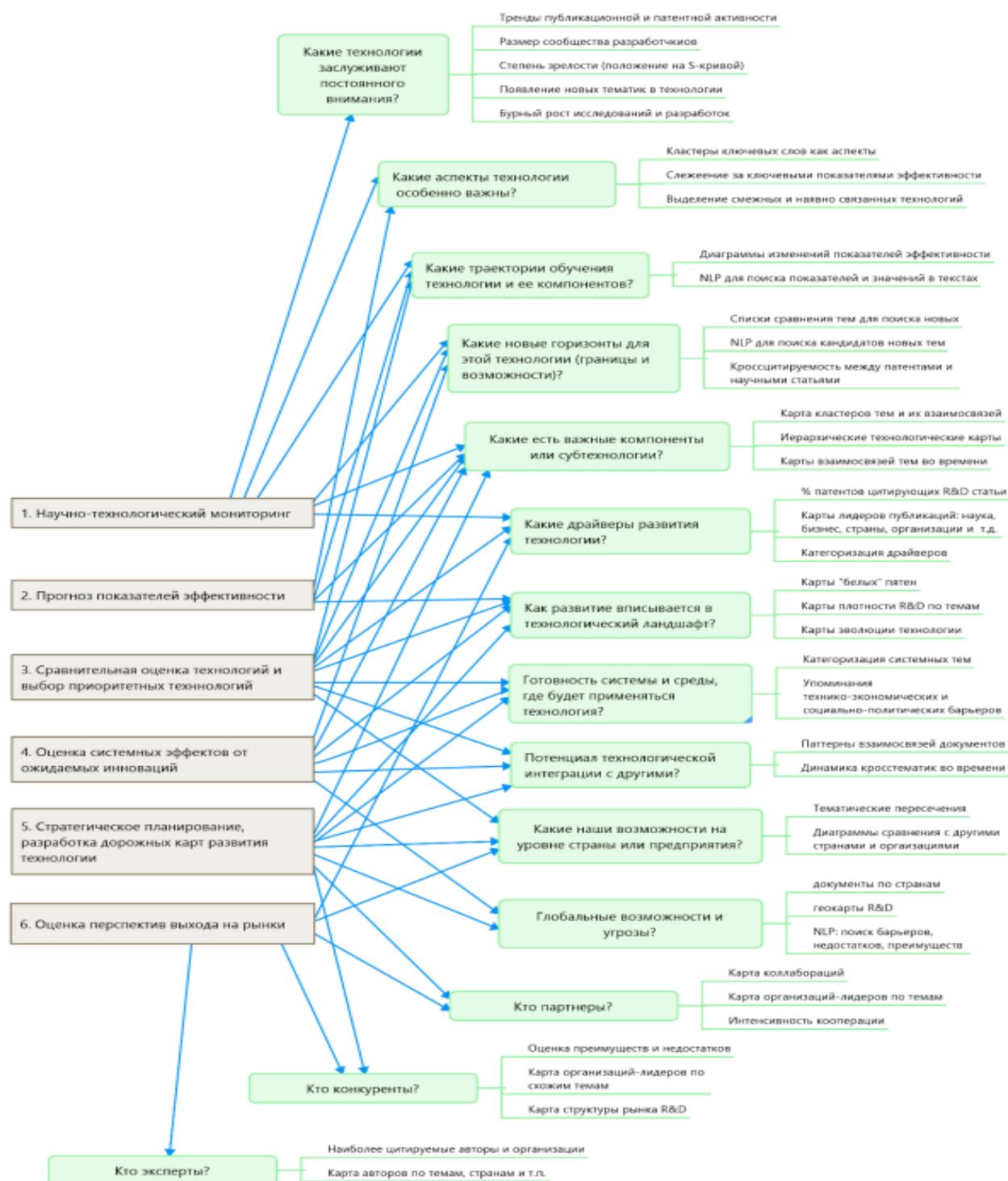


Рисунок 2 – Этапы выявления экономического эффекта [4].

В активно-адаптивной сети функционирование начинается с процессов непрерывного диагностического мониторинга динамических объектов (ДО) электрической сети (ЭС), т.е. непрерывно функционирующих ее объектов, которыми являются воздушные линии (ВЛ), кабельные линии (КЛ), технологическое оборудование подстанций сети (ТО ПС), подсистем АСУ ТП, осуществляющие управление диагностическим мониторингом: сбор, обработка информации, хранение ее в интеллектуальном банке данных (ИБиД) и использование ее в активно-адаптивных процессах.

Создание активно-адаптивных электросетей связано с установкой подстанций нового поколения – Цифровых подстанций (ЦПС) с использованием волоконно-оптических преобразователей тока (ВОПТ) или оптических трансформаторов. Именно с построения

новых ЦПС стоит начать модернизацию ЭС России. Далее мы более подробно рассмотрим применение ЦПС в рамках внедрения инновационных технологий.

Цифровая подстанция ЦПС будет являться ключевым компонентом активно-адаптивной сети, передающей большую часть данных для обработки.

Отличительными характеристиками ЦПС являются:

1. Наличие встроенных в первичное оборудование интеллектуальных микропроцессорных устройств,
2. Применение локальных вычислительных сетей для коммуникаций,
3. Цифровой способ доступа к информации, ее передаче и обработке,
4. Автоматизация работы подстанции и процессов управления ею.

Как показывает опыт зарубежных предприятий, выигрыш от анализа больших данных может быть очень велик. Например, компания Center Point Energy USA использовала предсказательный анализ и обработку данных в реальном времени, чтобы предотвратить воровство электроэнергии, сэкономив тем самым почти 2 млн долл. Отметим, что речь может идти не только об эксплуатации уже имеющихся систем. Компания Vestas Wind Systems, производитель ветряных установок из Дании, предлагает энергопредприятиям модель на Big Data, чтобы оптимизировать расположение ветряных турбин для увеличения выработки электроэнергии и срока службы оборудования [4, 5].

Предиктивная аналитика на производстве позволяет провести анализ и прогнозирование влияния воздействий факторов на параметры продукции. Во-первых, осуществить прогнозирование отказов оборудования - переход от обслуживания по регламенту к обслуживанию по состоянию. Во-вторых, проводить прогнозирование производства продукции и потребления энергии и ресурсов. В-третьих, формировать онлайн упреждающие оповещения о будущих внештатных ситуациях.

Машинное обучение может помочь поставщикам энергии лучше выявлять неисправные или скомпрометированные компоненты в электросетях. Об этом стало известно 28 февраля 2022 года. В исследовательском проекте под руководством Массачусетского технологического института описывается методика, позволяющая моделировать сложные взаимосвязанные системы, состоящие из множества переменных, значения которых со временем изменяются. Сопоставляя соединения в этих так называемых множественных временных рядах, «байесовская сеть» может научиться выявлять аномалии в данных.

Состояние электросети может быть составлено из множества точек данных, включая величину, частоту и угол напряжения во всей сети, а также ток. Обнаружение аномалий зависит от выявления аномальных точек данных, которые могут быть вызваны такими вещами, как обрыв кабеля или повреждение изоляции.

Данный метод использует неконтролируемое обучение для определения аномальных результатов, вместо использования правил, созданных вручную. Когда исследователи проверили свою модель на двух частных наборах данных, записывающих измерения двух межсетевых соединений в США, они выявили превосходство модели над другими методами машинного обучения, основанными на нейронных сетях.

Решение задач в этой области относят к проблемам, обозначаемым термином “аналитика на сетях” – Grid Analytics и “аналитика для клиентов” – Customer Data Analytics. Главной задачей здесь ставят оптимизацию распределенных сетей с помощью программного управления и аналитики. Решение задач построения эффективных алгоритмов опирается на использование весьма точных имитационных моделей сети, таких как GridLab-D разработанной по заказу министерства энергетики США и многочисленных данных, собираемых как с существующих смарт счетчиков, так и устройств цифровой защиты и управления, скомбинированных с программными решениями и коммуникациями, чтобы управлять ими. Интеграция, оптимизация и менеджмент данных для управления распределенными энергоресурсами является достойной задачей для изолированных алгоритмов и технологий больших данных. Аналитика для клиентов оценивается

инвестиционным потенциалом не менее чем в 7.1 млрд. долларов. Эксперты выделяют три главных направления аналитических систем, ориентированных на клиентов:

- защита доходов,
- тонкое предсказание нагрузки,
- детальная сегментация пользователей.

Проекты в этой сфере позволяют генерировать гибкие ценовые программы, привлекательные потребителям, проводить хорошо таргетированные маркетинговые мероприятия, строить модели точного поведения клиентов для дальнейшей адаптации ценовой политики. На этом рынке идет постоянный рост проектов как от стартапов, так и от известных игроков в электроэнергетике. Например, General Electric, в январе 2013 года запустила свою Big Data платформу Grid IQ Insight как инструмент для консолидации всех данных от существующих систем управления сетями, интеллектуальных приборов учета и сенсоров сети вместе с неструктурированными данными о погоде и лентами постов из Facebook и Twitter. В начале 2014 года GE запустила свою Инновационную программу в энергопредприятиях для 94 обслуживания предприятия включая AEP и Indianapolis Power & Light, которым это помогает стать узловыми партнерами путем обменов данными и идеями. В ближайшее время GE выводит несколько продуктовых аналитических пакетов, поддерживаемых платформой Grid IQ. В первую очередь эта платформа будет основой для понимания измерений “meter insight”, построенной для получения преимуществ от доступа к массе источников, в большей части еще неиспользуемых данных, от десятков миллионов интеллектуальных приборов учета и счетчиков, развернутых по всему миру.

Еще одна задача для предиктивных алгоритмов – это техническое обслуживание и ремонт оборудования. В основном, предприятия используют базовые механизмы контроля, предоставленные производителями оборудования. Но потенциал этих средств ограничен, поскольку они не позволяют проанализировать дополнительные факторы, влияющие на состояние оборудования, и заранее спрогнозировать критическую ситуацию. Таким образом, сотрудники отдела технического обслуживания получают множество данных, но не знают, как эти данные связаны между собой. В итоге реакция от ремонтных служб следует только после отказа оборудования, что ведет за собой простои, и, следовательно, дополнительные расходы. Прогнозная аналитика средствами машинного обучения и искусственного интеллекта проводит непрерывный анализ больших данных, выполняет визуализацию данных о состоянии оборудования на текущий момент и прогнозирует сценарии возникновения отказов оборудования. В результате сокращаются внеплановые простои, оптимизируются работы по ТОРО, уменьшается время техобслуживания, а управляющий персонал получает углубленный анализ причин отказов оборудования.

Таким образом, проанализировав различные данные, получаем, что внедрение технологии 4.0 – Big Data, совместно с ЦПС поможет ПАО «Россети» создать гибкую энергетическую систему, которая повышает надежность и эффективность всей ЭС, что соответствует концепции развития компании на 2030 год.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Программа инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» на 2016-2020 годы с перспективой до 2025 года. [https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/2017\\_PIR\\_FSK\\_2016-2020-2025.pdf](https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/2017_PIR_FSK_2016-2020-2025.pdf). (дата обращения: 10.03.2022).
2. Адылов, Я. Т. Перспективы использования оптоволоконных измерительных трансформаторов тока в системах распределения электрической энергии АО «Узбекэнерго» / Я. Т. Адылов, М. М. Хабибуллаев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 15 (305). — С. 89-92. — URL: <https://moluch.ru/archive/305/68711>. (дата обращения: 10.03.2022)/
3. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт, 2009, No 4 (15). – С.29-34.

4. Dolzhenkova E.V., Iurieva L.V. The development of the methodological aspects of the financial support for the electrical and thermal power production // В сборнике: AIP Conference Proceedings. 16. Сер. "Proceedings of the 16th International Conference on Industrial Manufacturing and Metallurgy, ICIMM 2021" 2022. С. 030003.
5. Юрьева Л.В., Мусатова Н.А. Совершенствование управления транзакционными издержками на основе теории динамического норматива // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2013. № 4-1. С. 18-28.

**Iuriev Artem R.**

student,

Ural Federal University

named after first President of Russia B. N. Yeltsin

Ekaterinburg, Russia

**Tetkin Igor Y,**

student,

Ural Federal University

named after first President of Russia B. N. Yeltsin

Ekaterinburg, Russia

**ANALYSIS OF THE USE OF BIG DATA TO IDENTIFY THE LEVEL OF ECONOMIC LOSSES OF ELECTRIC GRID COMPANIES**

*Abstract:*

The article analyzes the possibilities of using Big Data to identify the level of economic losses of electric grid companies. The targets of PJSC ROSSETI are presented. To date, the electric grid complex remains a conservative industry in which the introduction of Big Data is not as active as in the financial sector. The introduction of Big Data technology into the entire energy system of the Russian Federation is impossible without the creation of active adaptive networks. The sources of economic losses of electric grid companies are analyzed on the basis of foreign experience.

*Key words:*

Electric grid companies, BIG DATA, economic losses, active adaptive networks, analysis.