

# О необходимости учета значимости потребителей при управлении надежностью электроснабжения

А. П. Ильин

Санкт-Петербургский государственный экономический университет  
Санкт-Петербург, Россия  
ilyin.ap.89@gmail.com

**Аннотация.** В современных реалиях обеспечение надежного электроснабжения является экономической задачей. В Российской Федерации остро стоит проблема износа электросетевой инфраструктуры. Для решения этой и ряда других проблем в условиях ограниченных ресурсов электроэнергетических организаций при планировании мероприятий по ремонту и модернизации предлагается учитывать значимость потребителей электроэнергии. Значимость потребителя должна зависеть от возможных последствий нарушения его электроснабжения.

**Ключевые слова:** управление надежностью электроснабжения; устойчивое развитие; электроэнергетика; электросетевой комплекс

## I. ВВЕДЕНИЕ

В условиях развития рыночных отношений в электроэнергетике понятие «надежность электроснабжения» можно отнести не только к технической категории, но и в большей степени к экономической категории. Соответственно, обеспечение оптимального уровня надежности электроснабжения становится важной экономической задачей [6]. Необходимость повышения надежности электроснабжения потребителей отмечена в различных государственных документах и в том числе в Энергетической стратегии России [7].

Несмотря на то, что по итогам 2019 г. Министерство энергетики РФ оценивало состояние электросетей России как «очень хорошее», проблема старения электросетевого комплекса стоит достаточно остро. Дело в том, что статистика Минэнерго оценивает техническое состояние только части объектов электросетевого комплекса. Так, Минэнерго оценивает износ только по силовым трансформаторам 110 кВ и выше и линии электропередач (ЛЭП) 35кВ и выше. Иное оборудование подстанций и трансформаторы ниже 110 кВ, а также ЛЭП ниже 35 кВ не оцениваются [3].

По состоянию на 01.01.2020 износ магистральных сетей крупнейшего отраслевого комплекса ПАО «ФСК ЕЭС» составляет более 50%. При сохранении таких же низких темпов обновления инфраструктуры, к 2025 г. в среднем износ электросетевой инфраструктуры крупнейшего отраслевого холдинга превысит 60%. Причем вероятность такого исхода событий в связи с экономическим кризисом на фоне пандемии достаточно высока и постоянно повышается. В отдельных регионах дела обстоят намного хуже, чем в среднем по территории России. Так, например, удельный вес оборудования, отработавшего нормативный срок эксплуатации в Смоленском филиале ПАО «МРСК Центра» на

территории Смоленской области достигло 79,81%, а в Тверской области достигло 77,58% [5].

Для конечного потребителя, качество услуг по передаче электроэнергии оценивается, в числе прочего, по продолжительности и частоте аварийных и плановых отключений. Соответственно, отработавшее свой нормативный срок электроэнергетическое оборудование требует более частого и более продолжительного ремонта, что может привести как к неудовлетворенности потребителей качеством услуг, так и к масштабным лавинообразным отключениям.

Таким образом, решая задачу уменьшения износа и устаревания электросетевой инфраструктуры, мы занимаемся повышением удовлетворения потребности конечных потребителей в качественной и надежной услуге электроснабжения.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В рыночных условиях, и в тоже время существующих социальных ограничениях на рост тарифов перед электроэнергетическими компаниями встает сложная задача определения перечня первоочередных мероприятий по реконструкции и текущему и капитальному ремонту. Так как проведение ремонтов электроэнергетического оборудования требует значительных инвестиций, посредством привлечения собственного или заемного финансирования, одновременное их проведение не всегда представляется возможным. Следствием этого является увеличение отказов и аварий в электроснабжающей системе. Последствия отказов в рассмотренной системе могут быть различны. Так, например, кратковременный перебой в поставке электроэнергии жилому дому может причинить лишь небольшие неудобства, вызванные невозможностью приготовить еду, либо посмотреть телевизор собственникам квартир. Однако, перебой электроснабжения крупного предприятия может привести к потере заготавливаемого сырья, произведенных полуфабрикатов и готовой продукции, порче многомиллионного технологического оборудования, серьезным экологическим последствиям как на местном уровне, так и для региона в целом, а также поставить под угрозу здоровье и жизнь работников и людей, живущих вблизи предприятия, что является важнейшим фактором устойчивого развития предприятия.

На данный момент разработано большое количество технических и организационных мероприятий по обеспечению потребителя требуемым уровнем надежности электроснабжения. В то же время практически не проработан вопрос по разработке методики принятия решений по очередности

использования данных мероприятий. Это обстоятельство приводит к необоснованному и бесконтрольному внедрению указанных мероприятий, что значительно снижает их эффективность и не дает ожидаемого результата.

Одной из проблем эффективного внедрения технических и организационных решений является тот факт, что расчет технико-экономического эффекта от такого внедрения достаточно трудоемкий и длительный процесс. Соответственно, необходимо на основании некоторого стоимостного критерия произвести ранжирование ремонтных мероприятий по очередности. Из сказанного выше следует, что необходимо учитывать, на надежность электроснабжения каких потребителей данная конкретная работа (ремонт или реконструкция) может оказать влияние, а также значимость каждого потребителя. Под значимостью потребителя будем понимать меру приоритетности обеспечения надежного электроснабжения данного потребителя определенной электросетевой компанией. Указанным критерием определения значимости потребителя может являться потенциальный ущерб (прямой либо косвенный), который вероятно нанесет отключение электроснабжения конкретного потребителя. Причем под ущербом необходимо понимать не только экономический ущерб, связанный с порчей продукции и выходом из строя оборудования, а также возможные ущербы от реализации экологических и социальных рисков, которые несет ненадежное электроснабжение.

Данные риски могут быть рассмотрены в рамках концепции устойчивого развития, которая объединяет три направления:

- экономическое – сохранение и преувеличение различных видов капитала, обеспечивающих экономическое производство (в том числе и природный, социальный капиталы);
- экологическое – стабильность природных и экологических систем, пренебрежение которыми ведет к деградации окружающей среды и ставит под угрозу существование человечества;
- социальное – сохранение культурной и социальной стабильности.

Стандарты устойчивого развития в области экологических, социальных вопросов и корпоративного управления (environmental, social, governance или ESG) влияют не только на отношения бизнеса с государственными органами и людьми.

Они влияют и на его финансовый результат деятельности, не только потому, что требуют очевидных дополнительных затрат, но и поскольку помогают уменьшить некоторые расходы, отражаются на стоимости бизнеса (в том числе на стоимости акций компании) и предоставляют дополнительные возможности или ограничивают его стратегическое развитие [8].

Нарушение электроснабжения различных групп потребителей может приводить к социально-экологическим последствиям разного характера. В рамках стратегии устойчивого развития электросетевая компания должна обеспечивать взаимосвязь своих внутренних приоритетов с приоритетами в области защиты окружающей среды, развития общества и корпоративного управления.

К внешним заинтересованным сторонам можно отнести:

- потребители электросетевой компании;
- сетевые организации;
- государственные и муниципальные органы власти;
- инвесторы;
- партнеры;
- общественность.
- внутренние заинтересованные стороны:
- акционеры компании;
- работники компании;
- руководство компании.

Карта взаимного влияния заинтересованных сторон компании представлена на рис. 1.

На основе факторов, анализируемых при определении соответствия компании критериям устойчивого развития, можно выделить социально-экологические риски, которые должны быть учтены при определении значимости потребителя [4].

- «Окружающая среда»
  - загрязнение атмосферного воздуха;
  - загрязнение водных ресурсов;
  - загрязнение и уничтожение земельных ресурсов;
  - отрицательное влияние на биоразнообразие;
- «Взаимоотношение с обществом»
  - нарушение охраны труда и производственной безопасности;
  - отрицательное влияние на региональное развитие;
- «Корпоративное управление»
  - отсутствие взаимодействия с заинтересованными сторонами.

Таким образом, в целях повышения надежности электроснабжения необходимо разработать механизм учета значимости потребителей, который позволит электроэнергетическим компаниям наиболее эффективно распределять имеющиеся ресурсы для поддержания и модернизации электросетевого комплекса. Значимость потребителя должна определяться возможными последствиями, к которым может привести отключение электроснабжения, причем помимо экономического ущерба необходимо также рассматривать и учитывать в модели риски, определенные в соответствии с ESG подходом.

Наибольшее влияние на размер предполагаемого ущерба оказывает технологический процесс потребителя. Помимо этого, для ряда технологических процессов имеют значение особенности климатического региона, в котором функционирует потребитель. Соответственно потребителям необходимо разделить на группы исходя из основного технологического процесса. Также для ряда



Рис. 1. Карта взаимного влияния заинтересованных сторон электросетевой компании

технологических процессов необходимо выделить группы, учитывающие климатическую специфику региона. Группы необходимо выделять так чтобы предполагаемые последствия нарушения электроснабжения всех потребителей одной группы можно было описать по одинаковым правилам.

В общем виде реальный экономический ущерб, который электросетевая компания должна компенсировать потребителю может быть выражен формулой:

$$P_{Прям} = P_{Оф} + P_{ТМЦ} + P_{ТрЛиц} + P_{ЛЛиР},$$

где  $P_{Оф}$  – потери основных фондов, руб.;  $P_{ТМЦ}$  – потери товарно-материальных ценностей и товара, руб.;  $P_{ТрЛиц}$  – потери от уничтожения имущества третьих лиц, руб.;  $P_{ЛЛиР}$  – затраты на локализацию и ликвидацию аварий, руб.

Однако, сложность оценки возможных последствий нарушения электроснабжения, в основном заключается в неполноте данных для точного расчета экономического ущерба, а также трудоемкость данного процесса. С точки зрения социально-экологического ущерба, трудность представляет его «оцифровка», соотнесение с экономическими последствиями.

Важно отметить, что в связи с недостаточностью объема имеющихся данных применение аппарата теории вероятности в данном случае представляется не корректным. В ходе проведения исследования автором были разработаны и проанализированы два подхода к оценке значимости:

*А. Алгоритм оценки значимости потребителей с помощью теории обобщенных нечетких чисел (ОНЧ)*

Данный алгоритм получен путем модификации алгоритма оценки рисков инвестиционных проектов [1].

Применение теории ОНЧ является инновационным подходом в риск-анализе. В рамках данной концепции эксперт может варьировать степень уверенности в различных суждениях. Алгоритм можно представить следующим образом:

- разделение потребителей на несколько категорий;
- задание переменных в лингвистической форме;

- проведение модифицированного качественного анализа риска;
- присвоение степени уверенности каждого эксперта в вероятности реализации каждого фактора;
- расчет показателя значимости на основе вероятности реализации по каждому фактору;
- расчет меры сходства переменной риска с каждым из термов;
- расчет точного значения риска.

*В. Интегративный алгоритм оценки значимости потребителей*

Данный алгоритм основан на сценарном подходе расчета возможных последствий нарушения электроснабжения [2]. Наибольшая точность данного алгоритма достигается при использовании экспертных оценок совместно со статистическими данными о произошедших отключениях. Работу данного алгоритма можно представить следующим образом:

- разделение потребителей на несколько категорий;
- выделение основных сценариев развития аварии;
- вычисление экономической и социально-экологической составляющих бальной оценки категории;
- вычисление бальной оценки каждой категории;
- формирование существующего перечня потребителей;
- определение значимости для каждого потребителя.

Была проведена апробация описанных алгоритмов на реальной выборке потребителей электросетевой компании. В результате апробации был сделан вывод, что наиболее предпочтительным является использование интегративного алгоритма. Однако, в случае невозможности получения необходимых данных о потребителях, использование алгоритма на основе ОНЧ оправдано.

К недостаткам алгоритма на основе ОНЧ по сравнению с интегративным алгоритмом относится малый «разброс» полученных значений значимости, достаточно существенное число потребителей с одинаковыми значениями значимости. Это, в свою очередь, ведет к вероятной ошибке при выборе оптимального набора конкретных мероприятий по ремонту и реконструкции электроснабжающих объектов для оцениваемых потребителей.

### III. Выводы

Для повышения надежности электроснабжения программа ремонтных мероприятий должна составляться с учетом значимости потребителей, на которых данное мероприятие оказывает эффект. Оценка значимости потребителей необходимо осуществлять в соответствии с возможными последствиями, к которым может привести ненадежное электроснабжение. К последствиям нарушения электроснабжения помимо экономической составляющей относятся и социально-экологические факторы.

Расчет реального экономического ущерба для каждого конкретного потребителя представляет собой достаточно сложную задачу, с другой стороны, для определения значимости потребителей достаточно выяснить относительные значения. Автором разработаны и апробированы алгоритмы расчета значимости потребителей, которые могут быть использованы при планировании ремонтных мероприятий в электросетевых компаниях.

- [1] Гавриленко М.А. Применение теории нечётких множеств в оценке рисков // Аудит и финансовый анализ. 2013. №5. С. 75-81.
- [2] Лесных В.В., Тимофеева Т.Б., Петров В.С. Проблемы оценки экономического ущерба, вызванного перерывами в электроснабжении // Экономика региона. 2017. №3.
- [3] «Показатель технического состояния объектов электроэнергетики (физический износ)» [Электронный ресурс]//Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/17860> (дата обращения 04.06.2021)
- [4] «Публичная методика определения рейтинга устойчивого развития российских компаний» АО «Рейтинговое агентство Анализ, Консультации и Маркетинг» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.akm.ru/upload/akmrating/Public\\_Method\\_of\\_SD\\_rating\\_AKM.pdf](https://www.akm.ru/upload/akmrating/Public_Method_of_SD_rating_AKM.pdf) (дата обращения 04.06.2021)
- [5] Экспертно-аналитическая записка по теме: «Электросетевой комплекс Российской Федерации: анализ состояния и организационная структура». Институт экономики естественных монополий РАНХиГС: Репетюк С.В., Шеваль Ю.В. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/upload/iblock/17f/17f7ecbb1df3670f406e3e0f19ea0da8.pdf> (дата обращения 04.06.2021)
- [6] Электроэнергетика России: проблемы выбора модели развития: аналит. докл. к XV Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 1–4 апр. 2014 г. / О.Г. Баркин, И.О. Волкова, И.С. Кожуховский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М., 2014.
- [7] Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009г. № 1715-р: [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения 04.06.2021)
- [8] The Sustainable Development Agenda. What is sustainable development? United Nations. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda> (дата обращения 04.06.2021)