

НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОСТАВОК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ – КАТЕГОРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Управление на принципе логистического подхода формирования качества электроэнергетической системы обеспечивает адекватную мобильную связь предприятия с субъектами внешней среды и соответствующей системной организации ее внутренней среды. Качественное дифференцирование логистической системы электроэнергетического комплекса зависит от надежности работы всех звеньев системы.

Ключевые слова: электроэнергетическая система; логистические процессы; надежность; структура управления.

Анализ многообразия публикаций отечественных и зарубежных ученых и практиков по проблемам логистики и представлений о качестве позволил нам сделать ряд выводов:

1. Логистика отождествляется с процессом управления. Например, логистика, по мнению проф. В.И. Сергеева, это «...интегральный инструмент менеджмента, способствующий достижению стратегических, тактических или оперативных целей организации бизнеса» [1. С. 35]. То есть по сути логистика в рамках данного представления выступает элементом менеджмента.

2. За последнее десятилетие логистика получила большое внимание и, по мнению А.И. Семененко, «логистика» – это, прежде всего, определенное прогрессивное мышление, методология процесса сквозной организационно-аналитической оптимизации сложных целенаправленных, в том числе слабоструктурированных систем, каковыми можно представлять любые организационно-экономические, производственно-коммерческие, коммерческие, производственно-хозяйственные и иные подобного рода потоково-процессные виды деятельности» [2. С. 69].

3. Чаще всего объектом управления логистики выступают товарно-материальные потоки в сфере обращения и производства, а также финансовые, информационные и другие потоки, которые обеспечивают и описывают изменения пространственно-временного положения товарно-материальных потоков [3. С. 73–85].

Многообразие представлений о качестве в основном сконцентрировано вокруг двух позиций: первая опирается на технико-технологические аспекты качества, выделяя физико-химические свойства товаров; вторая использует в качестве отправной точки потребности и ожидания потребителей.

Вместе с тем системный подход как общенаучный метод, широко используемый в экономике и логистике в частности, предусматривает исследование объектов экономических отношений как систем, включающих совокупность взаимосвязанных элементов. В этом смысле и стоит рассматривать качество и его проявления.

Электроэнергетика по своей физической природе функционирует как потоковый процесс, например в работе А.У. Альбекова, А.М. Тлеперищева «Организация и функционирование логистической системы электроэнергетического комплекса Ростовской области» [4] помимо приведенной обширной информационно-аналитической базы современного состояния отечественной электроэнергетики на региональном уровне. В указанной работе основной упор делается на логистическом исследовании сферы обращения электро-

энергии, где, как считают авторы, скрывается «нераскрытый стоимостный потенциал электроэнергетики» и отмечается, что:

– наиболее сложные проблемы заключаются в коммерческой составляющей;

– существуют отраслевые особенности функционирования электроэнергетического комплекса, и авторы предлагают логистическую интерпретацию производственно-коммерческой деятельности субъектов электроэнергетического комплекса, все составляющие которой – от генерирования электроэнергии и до реализации продукции электропотребления – рассматривают как логистическую цепь;

– группировка потоков электроэнергии является объектом товародвижения и основой формирования логистической системы электроэнергетики;

– логистический подход при формировании тарифной политики электроснабжения основан на максимально возможном учете индивидуальных особенностей электропотребления;

– разработаны научно-методические основы прямого и укрупненного нормирования расхода электроэнергии как необходимого условия логистической системы управления электроснабжением.

Проведя анализ работ и публикаций, связанных с темой данного диссертационного исследования, выяснилось, что проблема надежности и качества поставок электроэнергии в логистической системе электроэнергетического комплекса мало изучена.

Например, проблема «качество–логистика» рассматривалась с позиции логистической системы товародвижения в работе В.И. Гиссина [5]. Целенаправленное изучение качества с позиции потоковой концепции позволило систематизировать логистическую систему управления качеством, в проведенном исследовании составляющие системы увязаны в единое целое с общей целью и функционирующими элементами и связями как внутренними, так и внешними.

Одним из наиболее важных в логистике является понятие логистической системы (ЛС). Устоявшегося определения ЛС нет ни в отечественной, ни в зарубежной литературе. Но во всех определениях ЛС имеют начальное состояние и конечное, определяемое целью функционирования. В ЛС возможны промежуточные состояния, поэтому понятия логистическая система, логистический процесс, логистическая цепь являются равнозначными.

Любая ЛС состоит из элементов-звеньев, через которые проходит поток, а поэтому между звеньями имеются определенные функциональные связи. Каждое звено в ЛС выполняет свою конкретную задачу, но в целом все звенья ЛС работают на цель всей системы.

Существует тесная взаимосвязь между потоковой концепцией ЛС и процессным подходом, который регламентируется международным стандартом ИСО 9000:2000.

В работе В.И. Гиссина отмечается, что логистическая система управления качеством предусматривает логистизацию факторов, влияющих на уровень качества, т.е. интерпретацию проблемы с позиции потоковой концепции [5].

Энергосистема как топливно-энергетический комплекс охватывает энергетические ресурсы, выработку, преобразование, передачу и использование различных видов энергии. В энергосистему входят электроэнергетика, снабжение различными видами топлива, атомная энергетика – все это в масштабах страны образует Единую энергетическую систему.

Ведущей областью энергосистемы является электроэнергетика.

Экономика как хозяйственная система состоит из подсистем – отраслей, которые отражают общественное разделение труда и соответствующие общественные потребности. В свою очередь потребности порождают спрос. Вне зависимости от уровня и меры государственного регулирования функционирование современной экономики и ее отраслей прямо связано с удовлетворением реального и потенциального спроса, т.е. ориентировано на потребителя, на рынок.

Эффективность функционирования экономики в значительной мере определяется качеством и надежностью электрообеспечения. Именно поэтому электроэнергетика находится в центре внимания не только хозяйственно-экономических структур, но и административно-государственных органов. Весь арсенал современных методов и средств организации и управления энергосистемой направлен на достижение надежного электроснабжения. Среди таких методов и средств важное место следует отвести логистике.

В работе А.М. Тлепцерищева показано, что принципы и методы логистики по своей сути являются универсальными, но их применение в конкретной отрасли требует определенной адаптации. В результате такой адаптации формируется отраслевая логистика. В нашем случае речь идет об электроэнергетической логистике (ЭЭЛ) [4].

При всем разнообразии толкований логистики в них прямо или опосредованно присутствуют определяющие понятия – поток и управление. Данное обстоятельство предопределяет условие логистизации управляемого процесса.

Под логистизацией понимается процесс формирования потока или представление управляемого объекта в виде потока для оптимизации его параметров.

Так, например, Е.К. Ивакин формулирует цели логистизации [6. С. 54]:

- повышение качества и конкурентоспособности;
- снижение затрат на содержание запасов и иммобилизацию средств фирмы;
- рост адаптивности производства к изменяющейся конъюнктуре рынка;
- сокращение потерь несопряженности потоков.

На основании выполнения логистизации разрабатывается концепция, формируются логистические цепи и системы.

Электроэнергетика по своей физической природе функционирует как потоковый процесс, а поэтому в данном случае применим классический логистический подход, т.е. процесс электроснабжения становится управляемой системой в логистическом менеджменте.

Принципиально важным является то, что электропроизводство, электросбыт и электроснабжение представляют собой потоковые процессы в силу своей физической сущности в электроэнергетической системе (ЭЭС), которая включает следующие элементы:

- электростанции;
- повышающие трансформаторы;
- синхронные компенсаторы;
- понижающие трансформаторы у потребителей;
- статические конденсаторы разного напряжения;
- электроприборы, включая электродвигатели;
- электротехнические установки;
- электрические сети, в том числе ЛЭП и др.

В ЭЭС одновременно происходит снабжение и реактивной электроэнергией, а поэтому применяются дополнительные источники реактивной энергии – синхронные компенсаторы и статические конденсаторы разного напряжения.

Логистика показала свою эффективность в различных отраслях производства и обращения, что дает основание говорить об оптимистическом прогнозе роли логистики в электроэнергетике.

Принципы и методы логистики по своей сути являются универсальными, но их применение в конкретной отрасли требует определенной адаптации. В результате такой адаптации формируется отраслевая логистика. В нашем случае речь идет об ЭЭЛ.

В работе [4] электроэнергетическая логистика рассматривается как наука об управлении и оптимизации энергетических потоков, потоков услуг в сфере энергоснабжения и связанных с ними информационных и финансовых потоков в системе энергоснабжения для достижения поставленных целей.

Следовательно, основной деятельностью любой энергетической компании является энергетическая логистика, а любая энергетическая компания, например РАО ЕЭС, является логистической энергетической системой.

Практика создания логистических управляющих систем позволила сформулировать следующую систему принципов энергетической логистики:

- безопасность управленческих решений – реализация управленческих решений не должна приводить к ущербу жизни, здоровья и имущества людей;
- экологичность управленческих решений – реализация управленческих решений должна сопровождаться минимальным влиянием на окружающую среду;
- надежность функционирования системы энергоснабжения – реализация любого управленческого решения должна обеспечивать нормальное непрерывное функционирование системы энергоснабжения;
- эффективность затрат – управленческое решение должно обеспечивать максимальную эффективность функционирования всей системы энергоснабжения;
- адаптивность управленческих решений – управленческое решение должно быть рассчитано с учетом всех изменений внешней среды и самой системы энергоснабжения к моменту окончания его исполнения;

– синхронизация управленческих воздействий – управленческое решение должно быть рассчитано с учетом того, что его влияние на разные элементы системы энергоснабжения может наступить не одновременно, например вследствие их удаленности друг от друга;

– регулирование в режиме реального времени – частота выработки управленческих решений, величина, время и место исполнения соответствующих управляющих воздействий на систему энергоснабжения должны обеспечивать заданную точность управления во всех ее элементах;

– минимизация информационных потоков – персонал и система автоматического управления высшего уровня должны быть обеспечены всей необходимой информацией, объем которой должен быть минимальным;

– защита информации – информация, используемая при управлении системой энергоснабжения, должна быть защищена от несанкционированного доступа;

– доступность информации – процессы выработки и контроля реализации управленческого решения должны быть обеспечены всей необходимой информацией;

– прогнозирование в управленческих решениях – управленческое решение должно быть рассчитано с учетом развития во времени текущей ситуации у потребителей, в окружающей среде и в самой системе энергоснабжения;

– финансовое обеспечение управленческих решений – реализация любого управленческого решения должна быть обеспечена соответствующими финансовыми средствами;

– системность управленческих решений – управленческое решение должно влиять на изменение не только энергетических потоков, но и потоков информации и финансов, учитывать взаимодействие элементов системы энергоснабжения между собой, а также соответствовать всем принципам энергетической логики.

Логистика в ЭЭС применяется в сферах аналогичных тем, в которых она применяется в любой традиционной коммерческой логистической системе (в логистике контрактов, логистике закупок, логистике запасов, производственной логистике, транспортной логистике, логистике хранения, логистике сбыта и др.), но со специфическими особенностями. Эти особенности делают энергетическую логистику более технической наукой.

Основная задача, решаемая энергетической логистикой, – это автоматическое логистическое (т.е. с соблюдением всех перечисленных выше принципов энергетической логистики) распределение нагрузки между элементами системы энергоснабжения.

Качественное дифференцирование логистической системы электроэнергетического комплекса зависит от надежности работы всех звеньев системы.

Введение надежности в качестве классифицирующего критерия логистических цепей электроэнергетического комплекса и определение их видов в зависимости от восстанавливаемости позволяет оценить степень надежности логистических цепей на основе определения показателей, связанных с явлениями отказа – событиями, заключающимися в нарушении работоспособности. С точки зрения предотвращения, отказы можно разделить на постепенные и внезапные. Если первые можно про-

гнозировать и предотвращать профилактическими мероприятиями, то внезапные отказы представляют наибольшую опасность для функционирования цепи. Возможность предотвращения постепенных отказов основывается на диагностировании параметров, свидетельствующих о нарушениях в порядке работы, в то время как внезапные отказы проявляются в виде резкого изменения параметров, что говорит о разрушении стабильного поведения логистической цепи. Объект, в котором происходит отказ в выполнении логистической операции, – звено логистической цепи – рассматривается не только как техническая, но и как экономическая единица.

Сложность адаптации к логистическим процессам положений теории надежности экономических систем обусловлена тем, что рассматриваемые элементы представляют собой равнозначимые звенья. Тем самым свойства логистического звена дополняются такими характеристиками, как:

– безотказность выполнения логистических операций: сохранение работоспособности звена в течение установленного времени работы данного участка цепи;

– долговечность и сохраняемость: свойство логистического звена сохранять работоспособность в достаточном количестве циклов функционирования логистической цепи;

– восстанавливаемость: возможность разрабатывать и реализовывать организационно-экономические мероприятия, обеспечивающие поддержание на необходимом уровне безотказности его работы.

Классифицировать отказы, возникающие в звеньях логистической цепи, можно на основе перечня логистических активностей (функций), выполняемых данным звеном. Причины отказов могут быть различными – техническими или организационными, но независимо от природы возникновения необходимо составление максимально полного перечня возможных сбоях в работе логистического звена, что позволит как выявить причины их появления, так и принять соответствующие меры по их предотвращению. Отказы в виде невыполнения или неправильного осуществления логистических активностей можно сгруппировать следующим образом в виде последствий, вызываемых различными типами отказов:

- 1) повреждение элементов материального потока;
- 2) нарушение движения материального потока;
- 3) искажение структуры материального потока.

Конкретный перечень отказов должен быть установлен в процессе экспертизы логистической цепи для каждого ее звена.

Участники логистической цепи могут увеличить степень ее надежности путем повышения уровня восстановления каждого звена на основе выработки механизмов реагирования на отказы и предотвращения угроз. Однако кардинально ряд внешних воздействий можно устранить только с участием соответствующих государственных институтов и на основе мер макроэкономического регулирования.

Вся электроэнергетическая система должна обладать определенным уровнем надежности, т.е. система должна сохранять во времени установленные значения всех параметров. К номенклатуре показателей надежности, как было изложено выше, следует отнести: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Надежность постоянно изменяется в про-

цессе эксплуатации ЭЭС (турбины, генераторы, трансформаторы, электроприборы и др.) и при этом характеризует её состояние. Чтобы ЭЭС сохраняла работоспособное состояние и обеспечивала заданный уровень качества, необходимо, чтобы все звенья, входящие в

ЭЭС, имели высокий уровень надежности и утвержденные технические регламенты.

Электроэнергетическую систему представим в виде логистической цепи, состоящей из m звеньев, каждое из которого характеризуется своей надежностью R_i (рис. 1).

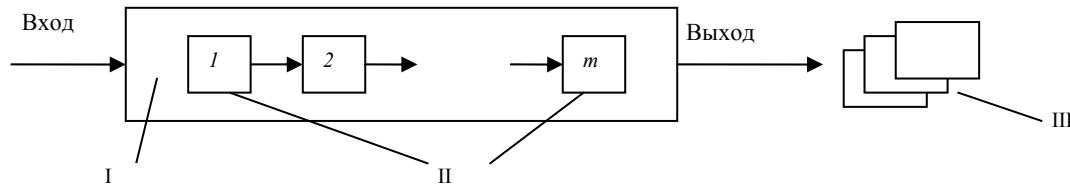


Рис. 1. Логистическая цепь ЭЭС: 1, 2, ... m – звенья (трансформаторы, электрические сети и т.д.); I – ЭЭС, II – элементы ЭЭС (ЛЭП, трансформаторы и т.д.), III – потребители

Представленная модель ЭЭС является цепью с последовательным сочетанием звеньев. При выходе из строя любого из звеньев (первого, второго, m -го) вся ЭЭС выходит из строя. В связи с изложенным надежностью такой системы можно представить в виде

$$R_t = R_{t1} R_{t2} \dots R_{tm}. \quad (1)$$

Предположим, что элементы системы (рис. 3) будут выходить из строя в соответствии с экспоненциальным законом распределения вероятности, то формула (1) может быть представлена в виде

$$R_t = (e^{-\lambda_1 t}) (e^{-\lambda_2 t}) \dots (e^{-\lambda_m t}) \text{ либо } R_t = e^{-t(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m)}, \quad (2)$$

где $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_m$ – интенсивность отказов для m звеньев.

В общем случае вероятность надежного функционирования ЭЭС, элементы (звенья) которой соединены последовательно, можно представить как

$$R_{u(t)} = \prod_{i=1}^m P_{i(t)}, \quad (3)$$

где $P_{i(t)}$ – вероятность безотказной работы i -го звена логистической цепи за наработку времени t ; m – количество звеньев в ЭЭС.

Формула (3) показывает, что отказ любого звена последовательной ЭЭС приводит к отказу всей системы ЭЭС.

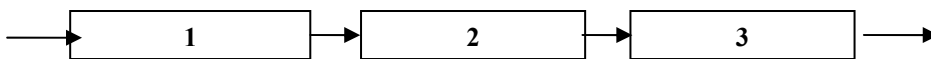


Рис. 2. Звенья электроэнергетической системы

Если предположим, что P_1 и P_2 равны 0,02, а P_3 равно 0,2, то $1-P = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,8 = 0,768$; $P = 0,232$.

Звенья последовательных систем могут обладать различной безотказностью. Ненадежность такой системы всегда меньше ненадежности самого ненадежного элемента, чтобы устранить «слабые» звенья в ЭЭС с последовательным взаимодействием, следует применять резервирование звеньев, имеющих недостаточную надежность.

Резервирование может быть общим, поэлементным и смешанным. При резервировании ЭЭС отдельных ненадежных звеньев методом параллельно расположенных звеньев вероятность отказа всей подсистемы равна произведению вероятностей отказа подсистем. На рис. 3 представим часть системы

С целью повышения надежности логистической системы с последовательным взаимодействием звеньев необходимо применять резервирование для элементов ЭЭС, имеющих недостаточную надежность.

В работе [26] надежность рассматривается как фундамент качества, т.е. основные показатели надежности должны являться первоочередными управляемыми параметрами.

Можно отметить, что в силу разных причин в ЭЭС невозможно достичь требуемого уровня надежности поставляемой электроэнергии потребителям. Следует заметить, что забота о надежности ЭЭС зависит не только от надежности и качества распределения, качества сбыта, но и качества эксплуатации.

Обеспечив функционирование ЭЭС необходимым уровнем надежности, следует уделить внимание проблемам качества поставляемой электроэнергии потребителям.

В ЭЭС существуют различные сочетания звеньев: последовательные, параллельные и др.

Как было изложено выше, надежность ЭЭС с последовательным соединением звеньев невелика. Представим, что имеется система, состоящая из ряда звеньев (рис. 2). Мы можем оценить вероятность отказа P через заданный промежуток времени каждого звена. Вероятность того, что отказа не произойдет, равна $(1-P)$:

$$(1-P) = (1-P_1)(1-P_2)(1-P_3).$$

ЭЭС, в которой проведено дублирование наименее надежного звена 3.

Вероятность отказа звена 3 при этом равна $P_3 = P_{31}P_{32} = 0,2 \cdot 0,2 = 0,4$.

Для всей части ЭЭС: $1-P = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,96 = 0,922$, $P = 0,078$.

Как видно, вероятность отказа ЭЭС при параллельном резервировании слабого звена равна $P = 0,078$ вместо $P = 0,232$ как при последовательном расположении звеньев.

Для повышения надежности работы ЭЭС необходимо выявить в существующих системах «слабые» звенья, которые следует усилить, используя различные методы резервирования, что приведет к повышению надежности функционирования ЭЭС.

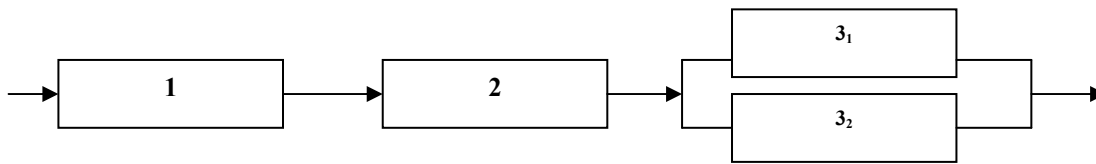


Рис. 3. Система ЭЭС с параллельным резервированием

Если при последовательном соединении элементов общая надежность системы (т.е. вероятность безотказной работы) ниже надежности самого ненадежного элемента, то при резервировании общая надежность системы может быть выше надежности самого надежного элемента.

Резервирование осуществляется путем введения избыточности. В зависимости от природы последней резервирование бывает: структурное, информационное, временное.

Структурное резервирование заключается в том, что в минимально необходимый вариант системы, состоящей из основных элементов, вводятся дополнительные элементы, устройства или даже вместо одной системы предусматривается использование нескольких одинаковых систем.

Информационное резервирование предусматривает использование избыточной информации. Его простейшим примером является многократная передача одного и того же сообщения по каналу связи.

Временное резервирование предусматривает использование избыточного времени. Возобновление прерванного в результате отказа функционирования системы происходит путем ее восстановления, если имеется определенный запас времени.

Существует два метода повышения надежности систем путем структурного резервирования:

- общее резервирование, при котором резервируется система в целом;
- раздельное (поэлементное) резервирование, при котором резервируются отдельные части системы.

В зависимости от способа включения резервных элементов различают постоянное резервирование, резервирование замещением и скользящее резервирование.

Постоянное резервирование – это такое резервирование, при котором резервные элементы участвуют в работе объекта наравне с основными. В случае отказа основного элемента не требуется специальных устройств, вводящих в действие резервный элемент, поскольку он включается в работу одновременно с основным.

Резервирование замещением – это такое резервирование, при котором функции основного элемента пере-

даются резервному только после отказа основного. При резервировании замещением необходимы контролирующие и переключающие устройства для обнаружения факта отказа основного элемента и переключения с основного на резервный.

Скользкое резервирование представляет разновидность резервирования замещением, при котором основные элементы объекта резервируются элементами, каждый из которых может заменить любой отказавший элемент. Постоянное резервирование и замещением имеют свои преимущества и недостатки.

Достоинством постоянного резервирования является простота, т.к. в этом случае не требуются контролирующие и переключающие устройства, понижающие надежность системы в целом и, самое главное, отсутствует перерыв в работе. Недостатком постоянного резервирования является нарушение режима работы резервных элементов при отказе основных.

Включение резерва замещением обладает следующим преимуществом: не нарушает режим работы резервных элементов, сохраняет в большей степени надежность резервных элементов, позволяет использовать один резервный элемент на несколько рабочих (при скользящем резервировании).

Предлагается для снижения ущерба и повышения качества функционирования ЭЭС, целесообразно использовать анализ видов и последствий отказов FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) [7], который возможно проводить не только на этапе проектирования ЭЭС, но и в процессе её работы. FMEA-анализ можно использовать на различных уровнях разделения системы и в разные моменты её жизненного цикла.

При проведении FMEA-анализа выявляются возможные виды отказов и их последствия от отдельных элементов к подсистемам и ЭЭС в целом. Применение FMEA-анализа, а также регулирование и управление качеством поставок электроэнергетических ресурсов в логистической системе ЭЭС позволят повысить надежность и качество поставок электроэнергии потребителям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев В.И. Менеджмент в бизнес-логистике. М.: Филинь, 1997. 772 с.
2. Семенов А.И., Сергеев В.И. Логистика. Основы теории. СПб.: Союз, 2001. 544 с.
3. Сергеев В.И., Кизим А.А., Эльяшевич П.А. Глобальные логистические системы. СПб.: Бизнес-пресса, 2001. 240 с.
4. Альбеков А.У., Тлепцерицев А.М. Организация и функционирование логистической системы электроэнергетического комплекса Ростовской области / Под ред. А.У. Альбекова. Ростов н/Д: Изд-во РГЭУ «РИНХ», 2002. 214 с.
5. Гиссин В.И. Управление качеством продукции. Ростов н/Д: Феникс, 2000. 256 с.
6. Ивакин Е.К. Логистика капитального строительства в регионе. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 1997. 188 с.
7. ГОСТ Р 51814.2 – 2001 «Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов». М.: Изд-во стандартов, 2001.

Статья представлена научной редакцией «Экономика» 3 марта 2009 г.