

УДК 621.311.1

ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЖИМНОЙ НАДЁЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Черемушников Сергей Вячеславович,

бакалавр, Иркутский национальный исследовательский технический университет,
cheremushnikoff@yandex.ru

Аннотация

Для того чтобы разрабатывать и внедрять электроэнергетические современные интеллектуальные системы, необходимы специальные исследования. Они должны касаться общего подхода, который будет применяться к управлению функционированием этих систем, их параметрами, режимами и структурой. Исследования и тестирования необходимо осуществлять в аварийных и стандартных ситуациях. Если проводить подобные процессы, электроэнергетика в стране будет реформирована и изменится в более качественную сторону. На сегодняшний день к сфере электроэнергетики предъявляется достаточно большое количество всевозможных требований. От того, насколько грамотно они будут выполнены, зависит состояние экологии и экономики в стране, жизнь общества и каждого отдельного человека, а также уровень благосостояния населения. Особое внимание необходимо уделять режимной надёжности функционирования приборов электроэнергетики. Под режимной надёжностью подразумевается способность объекта выполнять определенные функции в предварительно заданном объеме и времени, а также в конкретных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: обзор, методы, оценка, режимная надёжность, интеллектуальные, электроэнергетические системы.

REVIEW OF METHODS FOR ASSESSING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF INTELLIGENT ELECTRIC POWER SYSTEMS

Sergei V. Cheremushnikov,

bachelor, Irkutsk National Research Technical University, cheremushnikoff@yandex.ru

ABSTRACT

The introduction of intelligent electric power systems requires research and development of a generalized approach to managing the structure, modes and parameters of their functioning in normal and emergency situations. As a result of the reform, the electric power industry of our country has changed qualitatively. Currently, new requirements are being imposed on it, the fulfillment of which largely depends on the standard of living of people and society, the state of

the economy and the environment. Today, operational reliability is the property of an object to perform specified functions in a given volume in time under certain operating conditions.

Keywords: review, methods, evaluation, operational reliability, intelligent, electric power systems.

Введение. Важно понимать, что надежность является одной из важных характеристик и свойств, которые должны соблюдаться в процессе функционирования ЭЭС. Этот параметр достаточно тесно связан с такими характеристиками, как безопасность, общее качество реализуемой и выпускаемой продукции, а также экономичность. Не менее важно обратить внимание на то, что ЭЭС является технической производственной системой. Именно по этой причине необходимо грамотно трактовать надежность, выделять ее преимущества и важность, по сравнению с обычными техническими объектами. Причина в том, что надежность характеризуется определенной спецификой. Актуальность исследовательской работы базируется на том, что уровню надежности современных электроэнергетических систем посвящен достаточно большой объем научных исследований, монографической литературе во всем мире и в России, в том числе.

При этом в теоретическом плане, проблема, связанная с надежностью электроэнергетических систем, является далеко не исчерпанной. Она требует довольно пристального внимания, многочисленных исследований и тестирований. Подобный подход необходим по той причине, что проблема надежности подобных систем носит многоплановый характер. Кроме того, осуществляется глобализация и либерализация электроэнергетики, внедряются рыночные отношения, развиваются технологические основы. По причине того, что на сегодняшний день появляется большое количество систем и методик, предназначенных для оценки и анализа технического состояния электроэнергетического оборудования. Вопросы, связанные с прогнозированием и анализом технического состояния, имеют очень важное значение. Подобная значимость, по большей части, основана на том, что в основной массе, системы, чувствительные к режимным и схемным параметрам электроэнергетических систем, очень часто не принимаются во внимание.

Цель исследования. Цель исследования состоит в рассмотрении основных методов оценки надежности рабочих режимов электроэнергетических систем.

Материалы и методы исследования. Проведен обзор разработок отечественных и зарубежных авторов в сфере развития и оценки режимной надежности интеллектуальной энергетики.

Результаты и их обсуждение. У технологии современных информационных, интеллектуальных, энергетических систем есть определенные принципы, характеристики и свойства. Вот самые главные из них [7]:

- способность на интеллектуальном уровне реагировать на все запросы потребителей, в частности, уменьшать или увеличивать объем вырабатываемой энергии;
- адекватная реакция на внешние и внутренние факторы;
- гибкость, под которой подразумевается возможность адаптироваться под необходимый уровень потребления энергии, учитывая при этом изменения, которые происходят в системе;

- сетцентричность, которая подразумевает под собой максимально эффективное управление, потребление и снабжение энергии, принимая за основу разветвленную энергетическую сеть;
- способность к интеграции, под которой подразумевается возможность вписаться в окружающую среду, с точки зрения размещения объекта электроустановки, планирования местности, функционирования и взаимодействия отдельных систем;
- эффективность, то есть полное соответствие находящегося в распоряжении оборудования, которое соответствует экологической, экономической и энергетической эффективности;
- грамотное функционирование, то есть способность каждого отдельного присутствующего в системе элемента взаимодействовать с другими элементами через телекоммуникационные связи;
- конкурентоспособность, под которой подразумевается технологическая способность максимально эффективно поддерживать экономичность выделяемых энергоресурсов и их доступность для всех потребителей;
- эффективность функционирования системы, которая обеспечивается грамотным сочетанием эксплуатации энергетических ресурсов и используемых технологий;
- надежность, то есть способность противостоять воздействию разным воздействием на систему электроснабжения информационных факторов физического характера, способность к быстрому самовосстановлению, без тотальных отключений и сбоев.

Как правило, показатели надежности определяются в виде определенной задачи, связанной с проведением анализа. Требуется найти особые показатели для того или иного объекта, решить задачу, связанную с выбором оптимального решения. Определение надежности в подобной ситуации должно рассматриваться для каждой отдельной конкретной задачи. При этом в ней должны быть предварительно заданы основные ресурсы и средства, а также сформулированы главные критерии. Также необходимо определять уровень надежности, решая задачу, которая носит базовый характер [4].

Современные ЭЭС состоят по своей конструкции из сетевого генерирующего оборудования. Важно понимать, что при определенных обстоятельствах и в особых условиях эксплуатации оно может оказывать воздействие на общий уровень надежности системы. Параметры его требуется в обязательном порядке принимать во внимание при анализе и при оценке. Стоит отметить, что перед специалистами в этот момент встает одна серьезная проблема, которая связана с тем, что необходимо произвести довольно существенный объем всевозможных вычислений. Снизить их количество можно только в том случае, если из всего множества разных признаков классификационного характера выбрать те, которые будут максимально оптимальными и которые позволят оценивать режим и уровень надежности энергосистемы с максимальным уровнем точности. Для того чтобы уменьшить общую размерность вектора параметров входения, можно использовать разные методики [5].

Целесообразной является классификация всех используемых методик по возможностям получения информации и по характеру ее последующего использования. В

этом случае все методики, связанные с определением надежности будут распределены на методы прогнозирования, на расчетные и экспериментальные подходы и способы [4].

В настоящее время для оценки надежности электроэнергетической системы используются две основные методики. Одна из них имитационная, вторая аналитическая. Последний вариант базируется на проведении большого количества прямых вычислений, где используются определенные математические модели. За счет всевозможных допущений, в процессе расчета надежности системы электроэнергетики, вычисления, связанные с аналитикой, можно выполнить довольно оперативно. При этом важно понимать, что за счет упрощения, соответственно, увеличивается значимость. Также есть риск, что аналитическая методика не позволит смоделировать все возможные условия эксплуатации оборудования. Все это позволяет сделать вывод относительно того, что аналитические методики должны использоваться в основном при проектировании.

Современное имитационное моделирование производится также через имитацию реальных условий процесса эксплуатации, а также в том случае, если осуществляется случайное обращение энергетической системы. Благодаря этому можно принимать во внимание множество разных факторов, которые при планировании развития системы и при ее проектировании принять во внимание невозможно. В качестве примера можно привести простое оборудование по той причине, что некоторые элементы были подвержены аварийному ремонту. Все это говорит о том, что у вычисления основных параметров надежности энергосистемы присутствуют определенные недостатки [8].

Тщательный профессиональный анализ того, насколько надежными являются электроэнергетические системы, может осуществляться для определенных промежутков времени эксплуатации, для отдельных, характерных для работы этой системы, факторов и для довольно значительного временного интервала [9, с. 79].

В одной ситуации моделирование необходимо осуществлять для минимума и максимума нагрузок энергосистемы. Также можно выполнить для каждого отрезка времени последовательное моделирование. Но в этой ситуации требуется соблюдать хронологию.

На данный момент единственным доступным и распространенным способом оценки является метод Монте-Карло. Данная методика среди приближенных методов считается наиболее универсальной. За какое-то определенное время она выдает необходимые ответы на поставленные задачи [6]. Методика, основанная на подобном подходе, заключается в двух основных вычислительных этапах [2]. Первый из них заключается в том, что необходимо рассчитать показатели надежности, используя при этом статистический анализ и его результаты, которые были получены ранее. Второй заключается в том, чтобы многократно формировать расчетные состояния, их режим, определение дефицитов, используя при этом метод оптимизации.

В процессе формирования расчетных состояний требуется в обязательном порядке учитывать внеплановые и плановые ремонтные работы, отклонения в нагрузке и другие аспекты, которые, как правило, являются случайными и оказывают влияние на работу всей энергетической электрической системы, в целом.

Особое внимание необходимо уделять методу машинного обучения. На сегодняшний день он достаточно развит во многих сферах производства и промышленности, в том числе и в области энергетики. В частности, машинное обучение и его методики можно использовать для того, чтобы оценить уровень режима надежности с интеллектуальной точки зрения [3].

Все перечисленные методики и подходы являются значимыми для того, чтобы упростить и значительно ускорить все необходимые для оценки расчеты, которые показывают в результате надежность системы. Особой популярностью пользуются методы многозадачной регрессии. Они предоставляют возможность получить точные значения

перетока и дефицита мощности для всех расчетных эксплуатационных состояний электроэнергосистемы. При этом полностью отпадает необходимость в том, чтобы производить расчет режима при помощи обычных вычислений на первом этапе, которые занимают достаточно много времени. Также применение многозадачной регрессии повышает у показателя надежности точность этого параметра. Но важно понимать, что использование этой методики сопровождается определенными ограничениями. В первую очередь, стоит отметить, что, если наблюдается существенное повышение эффективности, то достигается оно по мере увеличения сложности той системы, которая подвергается оценке и анализу. Говоря иными словами, использование многозадачной регрессии не даст большого эффекта в том случае, если используется небольшая схема. Во-вторых, стоит отметить, что запрос на оперативность обработки данных дает определенные ограничения при настройке высоких гиперпараметров. Здесь требуются существенные временные затраты, а также может быть не совсем точным полученный результат [1].

На основании всего выше сказанного становится понятно, что для метода машинного обучения подходящей методикой является машинный способ. Он дает достаточно точные результаты, характеризуется оперативностью и имеет минимальную зависимость от предварительных настроек. В исследовательской работе сравнивалось три метода машинного обучения. В результате стало понятно, что для работы, эта методика является оптимальной. Ее применение предоставила возможность увеличить уровень эффективности расчета в том случае, если будет допустимо изменение точности. Для проведения анализа, у методик машинного обучения стоит расширить их масштабируемость и работоспособность.

Заключение. Опираясь на все перечисленные выше факторы, можно сделать несколько важных выводов. В частности, становится понятно, что эффективность используемых для оценки надежности программ, является важным вычислительным критерием в разных практических задачах. Во-вторых, выводом является то, что, если оценивать уровень надежности системы посредством методики Монте-Карло, то здесь потребуется затрачивать намного больше времени на расчеты. Причина в том, что возникает необходимость рассчитать нелинейные задачи оптимизации, связанные с достаточно большим количеством неизвестных параметров. Именно по этой причине использование более эффективной альтернативной методики позволит увеличить скорость решения задач, которые в результате будут показывать общий уровень балансовой надежности.

Список литературы:

1. Бояркин Д.А. Использование многозадачной регрессии для анализа случайных состояний электроэнергетической системы при оценке надежности методом Монте-Карло // Математика и математическое моделирование. 2021. №2.
2. Бояркин Д.А., Крупнев Д.С., Якубовский Д.В. Использование методов машинного обучения для определения дефицитов мощности электроэнергетических систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 4(12). С. 61-69.
3. Воропай Н.И., Курбацкий В.Г., Томин Н.В. и др. Комплекс интеллектуальных средств для предотвращения крупных аварий в электроэнергетических системах. Новосибир.: Наука, 2016. 332 с.
4. Воропай Н.И. Надежность интеллектуальных систем электроснабжения: учеб. пособие / Н.И. Воропай – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 201 с.

5. Методы и модели исследования режимной надежности региональной электроэнергетической системы с применением новых информационных технологий (заключительный отчет по теме 2.1.7 «Разработка методов исследования и обеспечения режимной надежности региональной электроэнергетической системы с применением новых информационных технологий»). Зарегистрирован во ВНТИЦентре, № гос. регистрации 01.200.1 16595.
6. Мигов Д.А., Винс Д.В. Параллельная реализация и имитационное моделирование оценки надёжности сети методом Монте-Карло // Вестн. Том. гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. №47.
7. Ханаев В.В. Управление спросом на электроэнергию как дополнение к распределённой генерации // ЭП. 2020. №4 (146).
8. Худяков Р.И. Методы оценки рабочих режимов электроэнергетических систем // Вестник науки. 2020. №12 (33).
9. Чукреев Ю.Я. Сравнительный анализ вероятностных показателей балансовой надежности и методических принципов их определения при управлении развитием электроэнергетических систем / Ю.Я. Чукреев, М.Ю. Чукреев // Известия Коми научного центра УрО РАН. - 2012, - № 3(11). - С.76 - 81

References:

1. Boyarkin D.A. The use of multitasking regression for the analysis of random states of an electric power system when assessing reliability by the Monte Carlo method // Mathematics and mathematical modeling. 2021. No.2.
2. Boyarkin D.A., Krupenev D.S., Yakubovsky D.V. Using machine learning methods to determine power shortages of electric power systems // Information and mathematical technologies in science and management. 2018. No. 4(12). pp. 61-69.
3. Voropai N.I., Kurbatsky V.G., Tomin N.V. et al. A set of intelligent tools to prevent major accidents in electric power systems. Novosibirsk: Nauka, 2016. 332 p.
4. Voropai N.I. Reliability of intelligent power supply systems: textbook. manual / N. I. Voropai – Blagoveshchensk: Publishing house of AmSU, 2013. – 201 p.
5. Methods and models for investigating the operational reliability of a regional electric power system using new information technologies (final report on the topic 2.1.7 "Development of methods for researching and ensuring the operational reliability of a regional electric power system using new information technologies"). Registered in VNTICenter, state registration no. 01.200.1 16595.
6. Migov D.A., Vince D.V. Parallel implementation and simulation of network reliability assessment by the Monte Carlo method // Vestn. Volume. State University. Management, computer engineering and computer science. 2019. No.47.
7. Khanaev V.V. Demand management for electricity as an addition to distributed generation // EP. 2020. №4 (146).
8. Khudyakov R.I. Methods of evaluation of operating modes of electric power systems // Bulletin of Science. 2020. №12 (33).
9. Chukreev Yu.Ya. Comparative analysis of probabilistic indicators of balance reliability and methodological principles of their determination in the management of the development of

electric power systems / Yu.Ya. Chukreev, M.Yu. Chukreev // News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. - 2012, - № 3(11). - Pp.76-81.