

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **М.Х. Назарова** на тему “Оптимизация и планирование режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии (на примере системы Памира)”, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

1. Актуальность темы исследования

В связи с географическим положением Республики Таджикистан как центра Азиатского региона возобновляемые и альтернативные источники энергии играют все более важную роль в электроснабжении потребителей в промышленном и частном секторах экономики. Это относится к высокогорным регионам республики, которые обычно функционируют автономно от централизованной энергосистемы Таджикистана. Данные высокогорные регионы представляют собой автономные региональные энергосистемы, одному из которых, а именно, Памиру посвящена диссертационная работа. Актуальность темы исследования подтверждается общемировой тенденцией (трендом) перехода к безуглеродной энергетике, а также децентрализации источников генерации, что ведет к так называемой распределенной генерации.

Диссертационная работа решает весьма актуальную задачу прогнозирования мощности альтернативных источников энергии путем предсказания на часовом интервале скорости ветрового потока и солнечной инсоляции. Это позволяет оперативно управлять дефицитом и профицитом электроэнергии, тем самым повышать качества функционирования автономной энергосистемы.

Исследование охватывают широкий спектр генерирующих источников: водные, ветровые, солнечные ресурсы и накопители энергии с возможностью оптимального планирования их использования с целью минимизации материальных и финансовых затрат на суточном интервале времени для каждого электропотребителя.

2. Научная новизна и значимость результатов и выводов диссертационной работы

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

2.1. Обоснована необходимость прогнозирования ветровой и солнечной энергии с помощью искусственной нейронной сети и структурно-параметрической оптимизации модели для достижения наименьшей относительной погрешности.

2.2. Выдвинута и проверена новая в данной предметной области гипотеза об использовании для краткосрочного прогнозирования данных не всего временного ряда, а только выборочных часов суток.

3.3. Предложены метод и алгоритм оптимального планирования энергопотребления на основе линейного программирования и правил продукции для минимизации финансовых расходов отдельных генерирующих потребителей.

4.4. Предложена новая концепция исполнения автономной электрической сети Памира с исключением излишних трансформаций энергий и совпадения основного напряжения 20 кВ сопредельного государства.

3. Практическая значимость работы

3.1. Разработана программная реализация предложенного метода и алгоритма оценки относительной погрешности прогноза скорости ветра и солнечной инсоляции "Построение нейросетевых моделей для прогнозирования энергетического потенциала альтернативных источников энергии".

3.2. Определены оптимальные углы наклона по азимуту панелей солнечной фотоэлектрической станции для каждого из сезонов года.

3.3. Разработан программный продукт "Оптимизация режимов электропотребления автономной электрической системы с распределенной генерации".

3.4. Представлены акты внедрения в промышленность в энергетическую компанию ОАО "Памирская Энергетическая Компания", в учебный процесс

Новосибирского государственного технического университета и в учебный процесс Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими.

4. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решения поставленных задач

Для достижения поставленных целей автором решен достаточно сложный комплекс взаимосвязанных задач. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 102 библиографических источников и приложений. Общий объём работы составляет 195 страниц.

Во введении обоснованно актуальность исследований, изложены цель и задачи диссертационной работы, методы решения поставленных задач.

В первой главе диссертации рассмотрены тенденции развития мировой электроэнергетики на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии. Также подробно дана оценка энергетического потенциала Республики Таджикистан, в частности, исследуемому региону Памира.

В второй главе выбрана архитектура нейронной сети в виде многослойного перцептрона и для неё определены: число нейронов, функция активации нейронов, аргумент обучения, шаг обучения. Также, решена задача прогнозирования скорости ветрового потока и солнечной инсоляции для четырёх сезонов года. При этом прогнозирование осуществляется двумя методами: по почасовым и общей статистическим выборкам.

В третьей главе обоснован выбор и идеология построения солнечной фотоэлектрической станции с фиксированным углом наклона для каждого сезона, что позволяет сократить эксплуатационные расходы на построение и обслуживания этих станций. А также исходя из обзора мирового рынка производителей ветроустановок сделан выбор мощности и условия сезонной генерации за счет ветроэлектрической станции. Наряду с этим определен тип накопителя энергии в виде сверхпроводящего индуктивного накопителя (СПИН) на жидком азоте.

В четвертой главе получено оптимальное соотношение генерации энергии альтернативными источниками от суточного электропотребления в

зимний период. Показано, что в летний период в оптимальном выборе источников генерации нет необходимости, так как вся электрическая нагрузка может быть восполнена энергией гидроэлектростанций на малых реках региона. Предложенный метод и алгоритм оптимизации энергопотребления для минимизации финансовых расходов отдельных генерирующих потребителей позволяют минимизировать финансовые затраты нескольких потребителей электроэнергии. Оптимизация реализованы в реальном практическом исследовании для энергосистемы Памира. Предложена новая концепция построение электрической сети на одном напряжении 20 кВ с использованием самонесущих изолированных проводов, что существенно сокращает число трансформаций напряжения и соответствует структуре электроснабжения 20 кВ сопредельного государства.

В пятой главе приведено технико-экономическое обоснование применения альтернативных источников энергии. Рассчитаны оптимальные расходы потребителя, доходы от экспорта избытка электроэнергии и определены себестоимость электроэнергии ветровой и солнечной электростанции.

Анализ поставленных задач, методов и алгоритмов их решения, подтверждает единство структуры и содержания работы.

5. Соответствие диссертационной работы паспорту специальности

Исходя из анализа выполненных исследований, поставленных и решенных автором задач диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы:

- пункт 6 Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.
- пункт 8 Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике.
- пункт 13 Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

6. Степень достоверности результатов и обоснованности выводов исследования

Достоверность научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается корректным использованием теоретических основ электротехники, статистических методов обработки данных, методов искусственного интеллекта в виде искусственных нейронных сетей, а также адекватностью моделей и методов компьютерного моделирования, удовлетворительным совпадением прогнозных результатов фактическим данным.

7. Апробация работы и подтверждения ее основных положений и результатов

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях, научных семинарах. По материалам исследований диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе три работы в рецензируемых изданиях из перечня, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 4 работы индексируются в наукометрических базах Web of Science и Scopus, 5 работ в прочих изданиях. Получены два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат диссертации и публикации полностью отражают содержание, выводы и научные результаты, полученные автором.

8. Основные замечание по работе

По диссертационной работе М.Х. Назарова можно сделать следующие замечания:

8.1. Автор ссылается на некоторые принятые законы и постановления правительства Таджикистана по развитию отрасли электроэнергетики в том числе использование возобновляемых и альтернативных источников энергии. Однако в работе не указаны названия, номера и время принятия этих законов и постановлений.

8.2. В диссертации используется два понятия “возобновляемые” и “альтернативные” источники энергии. Следует пояснить зачем сделано такое разделение?

8.3. В ряде случаев автором не разъясняется использованные термины “оптимальное планирования” и “оптимизация”, что создает затруднения в понимании смысла, которые он вкладывает в эти термины.

8.4. Для покрытия дефицита мощности в автономной энергосистеме предлагается установить дополнительные источники генерации в виде: ветровой электростанций, солнечных фотоэлектрических станций и накопителя энергии. При этом не ясно чем обусловлено выбор место установки этих источников?

8.5. В работе ветроэнергетических установок обычно возникает необходимость использования преобразователей для поддержания частоты, однако, в работе не уделяется внимание возможным появлению высших гармоник и низкочастотных помех, что отражается на электромагнитной совместимости электротехнических устройств автономной энергосистемы.

8.6. При анализе устранившихся режимов автономной энергосистемы Памира автор не описывает какие виды электропотребителей функционируют в ней, и таким образом, возникает неясность какие статические характеристики нагрузки (СХН) активной и реактивной мощности по напряжению имеют электропотребители? В следствие этого полученные итоговые отклонение напряжения могут иметь другую величину, а при больших провалах напряжения может возникнуть статическая неустойчивость асинхронных двигателей.

8.7. В работе имеются отдельные стилистические погрешности и грамматические ошибки. Например, в первой главе вместо параграфов 1.2 и 1.3 написано 2.2. и 2.3.

9. Общее заключение

В целом результаты научных исследований и выводы, полученные в диссертационной работе, свидетельствует о том, что соискателем выполнена достаточно актуальная и современная работа, направленная на решение важной

практической задачи в электроэнергетике, а именно прогнозирование и оптимальное планирование электропотребления в автономных электрических системах. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и имеет существенное значение для улучшения технико-экономических показателей автономных электрических систем.

Диссертационная работа на тему «Оптимизация и планирование режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии (на примере системы Памира)» полностью соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842 (ред. от 11.09.2021 г.), а её автор Назаров Мусо Холмуродович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Доктор технических наук, профессор,
 профессор кафедры «Электроэнергетических
 систем и электротехники» Сибирский
 государственный университет
 Водного тра

Сальников Василий Герасимович

630099, Новосибирская обл.,
 г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33
 09.22
 Федерального государственного
 бюджетного образовательного
 учреждения высшего образования
 «Сибирский государственный
 университет Водного транспорта»
 тел: +7(913) 701-96-39,
 E-mail: nsawt_ese@mail.ru

Отзыв получен 02.09.2022 г. Проф. /Сальников В. Г./
 с отзывом о работе 02.09.2022 г. Проф. /Назаров М. Х./