

## **ОТЗЫВ**

### **на автореферат Нестеренко Глеба Борисовича на тему «Разработка способов и алгоритмов управления накопителями энергии для стабилизации частоты в автономных энергосистемах» по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика» на соискание учёной степени кандидата технических наук**

Для обеспечения надежного электроснабжения потребителей электрической энергией в автономных системах электроснабжения, в которых номинальная мощность генерирующего оборудования электростанций может быть соизмерима с мощностью наиболее крупных электроприёмников, важной задачей является согласование технических характеристик энергоустановок по условиям установившихся и переходных электроэнергетических режимов.

Соотношение между номинальной мощностью генерирующего оборудования электростанций и мощностью асинхронной двигательной нагрузки, пуск которой должен обеспечиваться, при проектировании принимается в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53471 или ГОСТ Р 55006. При этом традиционным решением проблемы увеличения суммарной мощности двигательной нагрузки является завышение номинальной мощности генерирующего оборудования, что приводит к увеличению капитальных затрат и снижению коэффициента использования установленной мощности таких электростанций.

Современным решением данной проблемы является установка на электростанциях систем накопления электрической энергии (СНЭЭ) для сглаживания бросков мощности нагрузки, уменьшения амплитуды отклонений частоты и скорости её изменения.

Таким образом, разработка способов и алгоритмов управления, позволяющих использовать СНЭЭ для стабилизации частоты в автономной энергосистеме, является актуальной задачей.

К изложенным в автореферате материалам имеются следующие вопросы и замечания:

1. Одной из задач работы является «Обоснование и формулирование требований к системе автоматического регулирования частоты в автономной энергосистеме со СНЭЭ», при этом на стр. 10 автореферата сказано, что «предлагается ограничить максимальное отклонение частоты пределом, действующим в 1 синхронной зоне ЕЭС России:  $\pm 0,2$  Гц». Таким образом, предел изменения частоты принят по ГОСТ Р 55890 без уточнения типа и/или областей использования генерирующего оборудования или электроприёмников, для надежного функционирования которых необходимо обеспечение данного предела. Кроме этого, ни в автореферате, ни в работе требования к системе регулирования не сформулированы единым списком, а указываются в разных частях. Предлагается в рамках защиты отдельно сразу сформулировать обоснование выбранного предела и полный перечень разработанных требований.

2. На рис. 12 автореферата представлен алгоритм поддержания уровня заряда накопителя энергии за счет коррекции управляющего воздействия (стр. 15). Следует пояснить, каким образом определяются пределы границ  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  для литий-ионного накопителя (ЛИА) и суперконденсатора. В частности, принятое значение глубины разряда для ЛИА. Оптимальным представляется отражение данного алгоритма в рамках защиты в виде блок-схемы.

3. Из автореферата не ясно, каковы характеристики зоны нечувствительности предлагаемого совмещенного алгоритма №3. С учетом использования этой зоны с целью сохранения длительного срока службы (циклического ресурса) СНЭЭ, считаем необходимым описать эту зону в явном виде.

4. Даже при соблюдении оптимального цикла заряда/разряда не удастся избежать старения СНЭЭ, т.е. снижения энергоемкости и располагаемой мощности в плоскости параметров времени и количества зарядов и разрядов. Учитывалось ли это каким-либо образом при верификации алгоритма №4? Наиболее актуальным вопросом становится в отраженном в автореферате случае кардинального изменения величин отклонения частоты с и без использования СНЭЭ. В таком случае предполагается, что циклов заряда/разряда должно быть непропорционально больше.

5. Алгоритм распределения долевого участия СНЭЭ и СЭС в регулировании частоты на основе нечеткой логики является одним из положений, выносимых на защиту. Однако, его описанию в автореферате уделено непропорционально мало внимания. В частности, говорится о применении встроенных функций пакета Fuzzy

Logic Toolbox для среды MATLAB. Предлагается в рамках защиты подробнее описать алгоритм координации совместной работы разнородных источников энергии в составе автономной гибридной энергоустановки и личный вклад автора в его разработку.

Представленная к защите работа обладает требуемой научной новизной и практической значимостью для электроэнергетических систем. Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842) и соответствует научной специальности 2.4.3 «Электроэнергетика», а её автор Нестеренко Глеб Борисович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Директор департамента развития  
энергосистем  
АО «НТЦ ЕЭС»,  
кандидат технических наук

Волков Максим Сергеевич  
*расшифровка*

Главный специалист отдела развития  
энергетических систем в г. Москве  
АО «НТЦ ЕЭС»,  
кандидат технических наук

15.09.2023  
Дворкин Дмитрий Валентинович  
*расшифровка*

Главный специалист отдела развития  
энергетических систем в г. Москве  
АО «НТЦ ЕЭС»,  
кандидат технических наук

Субботин Павел Владимирович  
*расшифровка*

Озлов поучен 28.09.2023г. /С/Субботин П.В./