

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Семененко Сергея Игоревича на тему «Разработка алгоритмов размещения синхронизированных векторных измерений для повышения эффективности оценивания состояния ЭЭС», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

### **Актуальность диссертационной работы**

В настоящее время во многих странах мира, а также в России уделяется большое внимание созданию распределенных систем WAMS на основе устройств синхронизированных векторных измерений (PMU), которые подключаются к измерительным трансформаторам тока и напряжения, формируя метки времени. В России данная технология представлена в виде созданного программно-аппаратном комплекса «Система мониторинга переходных режимов» (СМПР). В последнее время в мире наблюдается рост требований к качеству информационного обеспечения, что приводит к необходимости расширения спектра применяемых и разработки новых быстрых алгоритмов обработки информации: проверки наблюдаемости, определения качества исходных данных, получения оценок параметров режима с учётом синхронизированных измерений. В диссертационной работе показывается высокая эффективность использования оптических измерительных трансформаторов тока и напряжения в системе WAMS на основе PMU для оценивания состояния. Кроме того, обосновывается необходимость расстановки PMU с учётом обеспечения топологической связности элементов (измерителей узловых напряжений и измерителей токов ЛЭП), что позволяет достичь вычислительной устойчивости, высокой скорости выполнения оценивания состояния ЭЭС, а также снижению погрешности при его проведении.

Учитывая вышеизложенное, диссертационная работа Семененко С.И., посвящённая вопросам разработки методов и подходов для оптимизации состава устройств высокоточных синхронизированных векторных и традиционных (SCADA) систем измерений, обеспечивающих увеличение точности и скорости оценивания состояния ЭЭС и учитывающих технико-экономический характер задачи развития информационных систем является актуальной и перспективной.

### **Научная новизна диссертационного исследования**

1. Показана возможность безытерационного расчёта параметров режима по данным телеизмерений PMU и SCADA при условии особого выбора мест размещения PMU и SCADA, что существенно повышает скорость.
2. Предложен способ преобразования нелинейной системы уравнений установившегося режима, который позволяет решить её относительно специальных векторов известных и неизвестных параметров прямым методом

без использования итераций для модели переменного тока.

3. На основе разработанного способа преобразования системы уравнений установившегося режима сформулированы алгоритмы выбора мест размещения устройств РМУ.

4. Исследовано влияние погрешности исходных данных на погрешность параметров состояния ЭЭС, получаемых в результате безытерационного расчёта. Обоснована область применимости предлагаемого способа.

5. Разработаны алгоритмы выбора мест размещения устройств РМУ для двухуровневого оценивания состояния, совмещающего данные, получаемые от РМУ и SCADA, позволяющие сформировать «каркас» синхронизированных векторных измерений для увеличения точности оценивания состояния.

6. Обоснованы возможности предлагаемых алгоритмов для увеличения точности оценивания состояния и скорости выполнения расчётной процедуры.

7. Предложен метод выбора весовых коэффициентов оценивания состояния на базе метода взвешенных наименьших квадратов, позволяющий учесть в методе линейного оценивания состояния погрешности измерений комплексных величин токов и напряжений, измеряемых в форме модуля и угла.

8. Исследована точность метода выбора весовых коэффициентов и показана граница его применимости.

**Практическая значимость диссертационной работы** заключается в совершенствовании методов оценки состояния ЭЭС, а также в развитии методов расстановки устройств измерений в условиях появления новых технологий в области средств измерения и управления в электроэнергетике.

Результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в 18 печатных публикациях, 8 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, 10 – в тезисах докладов, а также апробированы на 13 международных и российских научно-технических конференциях.

По автореферату диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. В автореферате рассматриваются алгоритмы размещения устройств РМУ в сетях высокого, сверхвысокого и ультравысокого напряжения, хотя это не указано в тексте. Однако, в настоящее время, учитывая массовое строительство распределенной генерации (РГ) и объектов ВИЭ, выполнять оценивание состояния придется в сетях среднего напряжения 6-35 кВ. Применимы ли результаты диссертационного исследования в этих сетях, учитывая еще меньшую протяженность ЛЭП, а также малые перетоки (отсутствуют транзитные перетоки – радиальная схема; при большой выработке объектов РГ и ВИЭ перетоки по ЛЭП могут стремиться к нулевым значениям)?

2. В сетях напряжением 6-110 кВ находят свое применение не оптические (высокая стоимость), а цифровые комбинированные измерительные трансформаторы тока и напряжения, измерение в которых осуществляется одновременно преобразователями, выполненными на различных физических принципах. Справедливы ли выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе, к данным измерительным трансформаторам?

Указанные вопросы и замечания не являются критическими и не

уменьшают достоинств представленной диссертационной работы, но выявляют области, в которых автор мог бы продолжить дальнейшие научные изыскания.

В целом диссертационная работа «Разработка алгоритмов размещения синхронизированных векторных измерений для повышения эффективности оценивания состояния ЭЭС» соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней УрФУ, выполнена на высоком уровне и является самостоятельным завершенным научным исследованием, вносящим свой вклад в развитие методов расстановки устройств синхронизированных векторных измерений.

Считаю, что соискатель Семененко Сергей Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Ректор ФГАОУ ДПО «ПЭИПК»,  
доктор технических наук, профессор,  
Почетный энергетик РФ,  
Действительный член АЭН РФ

Александр Николаевич Назарычев

06 ноября 2019 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
дополнительного профессионального образования «Петербургский  
энергетический институт повышения квалификации»  
Адрес: 196135, Санкт-Петербург, ул. Авиационная, д. 23  
Тел. +7 (812) 708-48-46  
E-mail: rector@peipk.spb.ru

Подпись Назарычева А.Н. заверяю:

Верно  
Начальник О/Д



В.В. Ожколенков