

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Андрееенкова Евгения Сергеевича  
«Исследование погрешностей трансформаторов напряжения в  
распределительных сетях 6 – 35 кВ», представленной на соискание ученой  
степени кандидата технических наук.

Специальность 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Измерительные трансформаторы напряжения (ИТН) являются неотъемлемым элементом систем учета и измерений потребляемой мощности и энергии в электрических сетях среднего напряжения, подключения приборов релейной защиты и автоматики, приборов анализа качества электрической энергии. Основным требованием к ИТН является точность измерения напряжения, характеризуемая амплитудной и угловой погрешностью. Вопросы исследования влияния различных факторов на величину погрешности является актуальной задачей, решаемой многими авторами.

В настоящее время большинство нагрузок, подключаемых к ИТН, имеют блоки питания с нелинейными элементами, изменяющими гармонический состав тока и напряжения вторичной цепи ИТН. Задача оценки влияния нелинейной нагрузки на погрешности ИТН является малоизученной. Поставленная в диссертации научная задача исследования погрешностей ИТН от нелинейных нагрузок является новой и, несомненно, актуальной. Новый подход предлагается автором и для решения задачи снижения погрешностей ИТН в реальных условиях эксплуатации путем автоматической компенсации погрешностей.

На основании использования обобщенной математической модели возникновения погрешностей ИТН на холостом ходе и в режиме нагрузки автором установлена аналитическая зависимость между конструктивными параметрами ИТН и величиной его вторичного напряжения при различных уровнях первичного напряжения и коэффициента загрузки. Полученные зависимости позволили установить, что нагрузочные погрешности ИТН носят линейный характер (как амплитудные, так и угловые) и могут определяться

через напряжение короткого замыкания в условиях эксплуатации. Полученные выводы положены в основу разработки алгоритмов автоматической компенсации погрешностей ИТН.

Автором экспериментально подтвержден нелинейный характер нагрузки ИТН на основании анализа формы напряжения и нагрузочного тока, полученных с ИТН подстанции и одного из современных электросчетчиков. Используя информацию о гармоническом составе напряжения, автором предложена методика оценки погрешностей ИТН, отличающаяся тем, что позволяет рассчитать фактические погрешности для любого числа гармоник тока вторичной цепи. Выполненные исследования с использованием разработанной автором методики привели к выводу, что амплитудная погрешность ИТН определяется только мощностью первой гармоники тока нагрузки. Угловая погрешность может отличаться от угловой погрешности первой гармоники, поэтому ее следует оценивать исходя из формы напряжения по методике, предложенной автором. Для подтверждения теоретических положений автором проведено моделирование эквивалентной вторичной цепи ИТН при воздействии третьей и пятой гармоник, которое показало совпадение расчетных и экспериментальных погрешностей.

Автором предложены новые алгоритмы и схемотехнические решения вольтодобавочных устройств для автоматической компенсации погрешностей от нагрузки вторичной цепи ИТН. Предложенные схемы позволяют эффективно снизить амплитудную составляющую погрешности. Для технической реализации предлагаемых устройств автоматической компенсации погрешностей автором использованы современные методы разработки схемотехнических устройств, основанные на предварительном моделировании схемы устройства в программном пакете *NI Multisim*. С использованием результатов моделирования изготовлены образцы устройств автоматической компенсации погрешностей ИТН и проведены лабораторные испытания, подтвердившие работоспособность предлагаемых алгоритмов компенсации погрешностей ИТН.



В качестве замечаний автореферата необходимо отметить спорный вопрос об одинаковой размерности полученных выражений для амплитудной и угловой погрешностей (формулы 3 и 4). Указанное замечание не снижает общей ценности диссертационной работы, носит рекомендательный характер и может быть пояснено автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне. Достоверность полученных результатов подтверждена экспериментальной проверкой, как в лабораторных условиях, так и испытаниями на подстанциях в сетях 6-10 кВ. Основные выводы и результаты исследований опубликованы и прошли апробацию на международных и Всероссийских научно-практических конференциях.

Исходя из представленных в автореферате сведений, диссертация написана на высоком научном уровне, соответствует требованиям ВАК и соискатель Андреенков Евгений Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Чермухин Василий Ефимович, к.т.н., с.н.с.,  
заместитель заведующего кафедрой электротехники и электроники Частного  
учреждения высшего образования «Московский институт энергобезопасности и  
энергосбережения»

*Подпись Чермухина В.Е. и Андреенкова Е.С.*  
*Сверное по карточке Андреенкова Е.С. Фейтсоль*



105425, г.Москва, Щелковский проезд, д.13А, стр.1

Частное учреждение высшего образования «Московский институт  
энергобезопасности и энергосбережения»