

2. Значения амплитуд импульсов перенапряжений в трансформаторах с симметрирующим устройством значительно ниже и зависят от величины нагрузки на фазу и несимметричности нагрузки на трансформаторе.

3. Для трансформаторов с симметрирующей обмоткой характерно более равномерное распределение напряжения по всей длине обмотки при прохождении переходного процесса, вызванного коммутацией нагрузки.

4. Значения амплитуд импульсов перенапряжений в нулевой точке трансформатора при отсутствии симметрирующей обмотки при коммутации несимметричной нагрузки выше в среднем в 1,7 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние режима нейтрали и схем включения обмоток силового трансформатора на его импульсные характеристики: Труды КНЦ вып.22 (Энергетика вып.8 3/2014(22))/ Ю.М.Невретдинов, А.В.Бурцев, Г.П.Фастий, КНЦ РАН, 2014, 20с.

2. В. Ф. Важов. Техника высоких напряжений: курс лекций / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 112 с.

3. Астафьева, О.В. Исследование перенапряжений и разработка системы защиты от них в сетях среднего и высокого классов напряжения металлургических заводов и комбинатов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.12: защищена 25.05.2007: утверждена 11.10.2007/Халилов Фирудип Халилович. – Спб., 2007 – 224с. – Библиогр.: с. 93–110. – 003069650.

**Радкевич В.Н. к.т.н., доцент, Сталович В.В. магистр техн. наук  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ АПК**

**Ключевые слова:** линия электропередачи, кабель, броня, заземление, индуктивность, эффект близости, высшие гармоники, напряжение, реактивная мощность, компенсация, нагрев

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности применения одножильных кабелей в электрических сетях напряжением до 1 кВ производственных объектов АПК. Выявлены основные факторы, снижающие качество напряжения в электрических сетях, выполненных одножильными кабелями. Приведены мероприятия по повышению качества электроэнергии.

Промышленные предприятия АПК (например, заводы по комплексной переработке семян масличных культур, мяса, молока и т.п.) могут иметь производственные объекты, потребляющие большую мощность. Их электроснабжение не всегда возможно осуществлять от собственных трансформаторных подстанций (ТП) напряжением 10(6)/0,4 кВ. Это может быть в тех случаях, когда расчетная нагрузка отдельно расположенного объекта имеет недостаточную величину для того, чтобы предусмотреть установку собственной ТП, а также когда условия производства, окружающей среды или архитектурные требования не позволяют разместить ТП в непосредственной близости от потребителей электроэнергии.

Трехфазные кабельные линии напряжением 0,4 кВ, состоящие из пяти (или четырех) одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, применяются, когда технически сложно или экономически не выгодно использовать для линии несколько многожильных кабелей.

В нормативной и технической литературе применению одножильных кабелей в системах электроснабжения (СЭС) напряжением до 1 кВ уделяется недостаточное внимание. Вследствие этого при проектировании СЭС нередко принимаются решения, которые приводят к негативным последствиям в процессе эксплуатации трехфазных линий электропередачи, выполненных одножильными кабелями. Рассмотрим основные причины, которые приводили к низкому качеству напряжения в СЭС реальных производственных объектов.

При протекании переменного тока через большие сечения проводников (95 мм<sup>2</sup> и более) даже при частоте тока 50 Гц проявляется поверхностный эффект [1], который вызывает увеличение активного сопротивления проводников, что не учитывается при выполнении электрических расчетов.

В трехфазных электрических сетях, выполненных одножильными кабелями, большое значение имеет конструктивное исполнение

линии и расположение кабелей относительно друг друга при прокладке, которое следует принимать в соответствии с [2]. Несимметричное расположение кабелей с большими сечениями токопроводящих жил (ТПЖ) из-за электромагнитных явлений, вызывающих эффекты близости и индуктивного переноса мощности, оказывает влияние на их индуктивные и активные сопротивления [1]. Это в свою очередь может вызвать несимметрию напряжения, подведенного к электроприемникам.

К особо нежелательным последствиям приводит применение в трехфазных сетях переменного тока одножильных кабелей с броней, выполненной из стальных лент. Это связано с тем, что магнитное поле кабеля вызывает токи в стальных лентах, а токи - их нагрев. Изоляция и оболочка кабеля подвергаются нагреву тепловой, выделяемой токопроводящей жилы и стальной броней. Охлаждение кабеля существенно ухудшается, что приводит к увеличению активного сопротивления жилы, потерь мощности, электроэнергии и напряжения. Но главным является то, что индуктивное сопротивление одножильного бронированного кабеля существенно больше, чем небронированного, что увеличивает потерю напряжения и ухудшает качество напряжения, подведенного к электроприемникам. Отметим, что в соответствии с [3] одножильные кабели с ленточной броней из стали предназначены для использования только в сетях постоянного тока, что не всегда учитывается при проектировании СЭС.

Недостаточный уровень компенсации реактивной мощности (РМ) потребителей электроэнергии вызывает увеличение реактивных нагрузок и, как следствие, потерь напряжения, мощности и электроэнергии в электрических сетях. Вопросы компенсации РМ тесно связаны с высшими гармониками тока и напряжения в электрических сетях. Технические средства компенсации РМ должны выбираться в зависимости от их уровня и мощности источника питания.

Наличие высших гармоник сказывается на увеличении индуктивных и активных сопротивлений линии, что может привести к значительному ухудшению качества электрической энергии в электрических сетях, в частности, к отрицательному отклонению напряжения.

### **Заключение.**

Основными факторами, снижающими качество электроснабжения в СЭС с одножильными кабелями реальных объектов, являются применение бронированных стальными лентами кабелей, неправильная раскладка кабелей, недостаточная компенсация реактивной мощности потребителей, наличие в сетях высших гармоник напряжения и тока.

Для обеспечения качества электроэнергии в СЭС с одножильными кабелями необходимо применять небронированные кабели (или с броней из немагнитных материалов) и располагать их в соответствии с рекомендациями [2]. Следует осуществлять компенсацию РМ потребителей и при обосновании предусматривать мероприятия по снижению уровня высших гармоник напряжения и тока в электрических сетях.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Основы теории цепей. Учебник для вузов/ Г.В.Зевеке, П.А.Ионкин, А.В.Нетушил, С.В.Страхов. – М.: «Энергия», 1975. – 752 с.
2. РД 34.20.508 Инструкция по эксплуатации силовых кабельных линий. Часть 1. Кабельные линии напряжением до 35 кВ. - Москва: Союзтехэнерго, 1980.-95с
3. ГОСТ 31996-2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.

**Селюк Ю.Н. ст. преподаватель,  
Барайшук С.М. к.ф.-м.н., доцент**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь*

### **СЕЛЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ ДО 1 кВ И СПОСОБЫ ЕЁ ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Ключевые слова:** селективность, автоматические выключатели, выбор аппаратов защиты, устройств защитного отключения, электротравмы