

### **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

**Аннотация:** в работе рассмотрены принципы построения многоуровневой защиты от аварийных режимов в электроустановках; различные методы обеспечения селективности автоматических выключателей, в частности временной и зонный; актуальность их изучения при подготовке инженеров-электриков.

Защита электрических распределительных сетей напряжением до 1 кВ от аварийных режимов – комплексная задача, требующая достаточно серьезной проработки. Это связано как с многовариантной конфигурацией электрических сетей, так и с разнообразием возможных аварийных режимов. Наиболее распространенными в настоящее время задачами для внутренних сетей зданий и сооружений различного назначения являются защита от сверхтоков (перегрузок и коротких замыканий), а также от поражения электрическим током (при прикосновении человека к токоведущим или открытым проводящим частям, находящимся под напряжением). Прочие аварийные режимы менее распространены, поэтому защита от них разрабатывается только в отдельных случаях.

Реализация защиты от указанных выше аварийных режимов обеспечивается применением соответствующих электрических аппаратов: автоматических выключателей, устройств защитного отключения (УЗО) либо УЗО с защитой от сверхтоков (дифференциальных автоматических выключателей). Освоение методики выбора данных аппаратов – важный этап подготовки инженеров-электриков в области электробезопасности, поскольку грамотно подобранные защитные аппараты значительно снижают вероятность электропоражений и повышают эффективность защиты электрооборудования и персонала.

При построении внутренних распределительных сетей довольно часто встречаются конфигурации с несколькими уровнями распределения электроэнергии и, как следствие, с несколькими последовательно расположенными аппаратами защиты. В этом случае, помимо прочих условий выбора защитной аппаратуры, одним из главных является требование селективности срабатывания защиты. Под этим термином понимается избирательное действие нескольких последовательно установленных аппаратов защиты, при котором в случае возникновения аварийного режима срабатывает аппарат, ближайший к месту повреждения. При этом происходит отключение только аварийного участка электрической сети, лока-

лизация возможных её повреждений, а также обеспечивается бесперебойная работа неповрежденных частей электроустановки.

Нормативным документом [1] устанавливаются для автоматических выключателей полная либо частичная селективность. Последняя обеспечивается, если ток короткого замыкания превышает предельный ток селективности (он определяется как точка пересечения защитных характеристик аппаратов).

Кроме того, в литературе [2] рассматриваются различные методы обеспечения селективности автоматических выключателей: токовый, временной, энергетический, зонный. Первый из перечисленных методов основан на использовании выключателей с различными уставками по току срабатывания при коротких замыканиях. Второй метод предусматривает введение дополнительно преднамеренной задержки времени срабатывания автоматических выключателей, причём токи и время срабатывания повышаются по мере удаления аппарата от нагрузки (потребителя).

Энергетическая селективность основывается на токоограничивающих характеристиках автоматических выключателей, имеющих весьма высокое быстродействие в условиях короткого замыкания. Для данной разновидности защитных аппаратов характер срабатывания обусловлен не только величиной возникающего тока, но и типоразмером автоматического выключателя. Значение предельного тока селективности определяется по таблицам энергетической селективности, представляемым производителем аппаратов.

Развитием метода временной селективности является зонная, которая реализуется организацией взаимодействия между токоизмерительными устройствами автоматических выключателей по информационному кабелю. В случае обнаружения сверхтока от каждого автоматического выключателя по указанному кабелю поступает сигнал (так называемый сигнал блокировки) на более высокий уровень защиты (аппараты, расположенные ближе к источнику питания). Одновременно выполняется проверка отсутствия аналогичного сигнала с более низкого уровня защиты. Если сигнал поступил, данный защитный аппарат не срабатывает, так как место короткого замыкания находится ближе к нагрузке, то есть в зоне нижнего иерархического уровня. В случае отсутствия сигнала блокировки короткое замыкание возникло в зоне, соответствующей рассматриваемому автоматическому выключателю, что требует его срабатывания.

В настоящее время в известных источниках селективность защитных аппаратов изучена недостаточно [1-3]. В частности, отсутствуют чёткие критерии применения различных видов селективности при выборе аппаратов защиты электрических сетей. Поэтому достаточно высока вероятность ошибочного выбора защитного электрооборудования, что, в свою очередь, снижает эффективность локализации аварийных режимов, увеличивает затраты на устройства защиты и ликвидацию последствий нештатных ситуаций. Разработка указанных критериев требует проведения серьёзной аналитической и исследовательской работы, чтобы обеспечить высокую достоверность полученных рекомендаций. Нами были выполнены предварительные исследования обоснованности применения различных методов селективности защиты на примере электрических сетей различной конфигурации. В процессе исследований учитывался подход, изложенный в [3] для определения зоны защиты используемых аппаратов как одного из критериев обоснованности и эффективности исследуемого метода обеспечения селективности.

Следует отметить, что обоснованность выбора метода селективности электросетей – комплексный показатель, характеризуемый несколькими критериями. Кроме указанного, нами были рассмотрены критерии времени либо тока, надёжности срабатывания, а также относительной стоимости аппарата защиты. Перечисленные критерии описываются разнородными и неоднозначными данными, что требует их некоторой интерпретации и систематизации. Формирование на основе приведенных критериев обобщённого показателя проводилось способом построения обобщённой функции желательности выбора метода (вида) селективности. Сущность данного способа подробно изложена в [4].

Развитие аппаратов защиты в данном направлении требует дальнейших исследований, и численного моделирования процессов, что должно позволить сформулировать рекомендации по выбору метода селективности аппаратов защиты для распределительных сетей напряжением до 1 кВ. Разработанные рекомендации могут быть использованы как на практике, так и при изучении студентами специальных дисциплин, в частности «Электробезопасность», а также в ходе курсового и дипломного проектирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ ИЕС 60947-2-2014. Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели [Текст]. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 49 с.

2. Емельянов, А.И. Селективность и координация систем защиты в сетях электроснабжения низкого напряжения [Текст]// Главный энергетик. – 2015. - № 7. – с. 12 – 19.

3. Крысенко, А., Лосенков, Д. Выполнение некоторых требований ТКП 339-2011 при проектировании электроустановок [Текст]// Промышленная безопасность и охрана труда. Практикум. – 2013. - № 4. – с. 33 – 39.

4. Ахназарова, С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии [Текст]/ С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978. – 319 с.

**Сыч А.Д., Кулаковский Д.А., Елифанов В.И., Климович М.Р.**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь*

## **СОВРЕМЕННАЯ ЗАЩИТА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

**Ключевые слова:** повышенное и пониженное напряжение, реле, защита.

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос применения реле напряжения у потребителей, при различных аварийных ситуациях в питающих линиях электропередачи.

В настоящее время повсеместно эксплуатируется дорогостоящая техника, в быту и на производстве, которая чувствительна к качеству электроэнергии. Особенно важным фактором является величина питающего напряжения. Если напряжение выходит за рамки допустимого предела, будь то в большую или меньшую сторону, оборудование выходит из строя.

Обрыв нулевого проводника в электрической сети, до потребителей, может привести к перекосу фаз, вследствие чего, однофазные потребители будут получать из сети уже не фазное, а линейное напряжение. Обрыв нулевого провода может быть на питающей подстанции, в этажном щите многоквартирных домов, либо в воздушной сети 0,4кВ с не изолированными проводами в результате различных ситуаций.