

Турдуев Ильяз Эрмекович - к.т.н., доцент,
Жусупов Исмадилла Монокович - преподаватель,
Ошский технологический университет,
ilyaz_turduev@mail.ru

СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК И УСТАНОВКА ШУНТО-СИММЕТРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ШИНАХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В данной статье рассмотрены: метод изменения схемы соединения распределительного трансформатора; применения симметрирующих устройств для уменьшения нагрузки более загруженной фазы, для увеличения нагрузки менее загруженной фазы в сетях 0,38 кВ; и метод установки шунто-симметрирующих устройств на шинах распределительных трансформаторов

Ключевые слова: шунто-симметрирующее устройство, магнито-провод, распределительное устройство, нагрузка, фаза, сеть, электроснабжение, сопротивление, потеря, напряжение, линия.

Turduev Ilyaz Ermekovich - candidate technical science, associate professor,
Zhusupov Ismatilla Monokovich, lecturer,
Osh Technological University

WINDING CONNECTION DIAGRAMS AND INSTALLATION OF SHUNT-BALANCING DEVICES ON DISTRIBUTION TRANSFORMER TIRES

This article includes the following: a method for changing the connection scheme of a distribution transformer; method of applying balancing devices to reduce the load of the more loaded phase, to increase the load of the less loaded phase in 0.38 kV networks; installation method of shunt balancing devices on distribution transformer tires.

Key words: shunt balancing devices, magneto-wire, switchgear, load, phase, network, power supply, resistance, loss, voltage, line.

Турдуев Ильяз Эрмекович - т.и.к, доцент,
Жусупов Исмадилла Монокович - окутуучу,
Ош технологиялык университети

ТҮРМӨКТӨРДҮ ТУТАШТЫРУУ СХЕМАЛАРЫ ЖАНА БӨЛҮШТҮРҮҮЧҮ ТРАНСФОРМАТОРДУН АЛКАКТАРЫНА ШУНТТУК-ШАРТТАЛГАН ТҮЗМӨКТӨРДҮ ОРНОТУУ

Бул макалада: бөлүштүрүүчү трансформатордун туташтыруу схемасын өзгөртүү ыкмасы; 0,38 кВ тармагындагы азыраак жүктөлгөн баскычынын чыңалуусун көбөйтүү үчүн, көбүрөк жүктөлгөн баскычтын чыңалуусун азайтуу учун, шартталган түзмөктөрдү колдонуу ыкмасы; бөлүштүргүч трансформаторлорунун шиналарына шунттук-шартталган түзмөктөрдү орнотуу ыкмасы каралган

Ачык сөздөр: шунттук шартталган түзмөк, магнит-зым, бөлүштүрүүчү түзмө, жүктөм, фаза, тармак, электр менен жабдуу, каршылык, жоготуу, чыңалуу, линия.

Введение. Способ установки шунто-симметрирующих устройств на шинах распределительных трансформаторов, может быть реализован заменой в сельских сетях 038кВ трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда» - «звезда с нулем» на трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-зигзаг с нулем».

Актуальность темы и цель работы. Наиболее распространенными в настоящее время являются трансформаторы с соединением обмоток по схеме «звезда»-«звезда с нулем». Это обусловлено тем, что они имеют более простое конструктивное выполнение и меньшие размеры, а следовательно и меньшую стоимость по сравнению с трансформаторами с другой схемой соединения обмоток. Однако эти трансформаторы имеют большое сопротивление токам нулевой последовательности, которое в среднем в 10 раз, а иногда и более, превышает сопротивление прямой последовательности. Активное сопротивление R_0 масляных трансформаторов увеличено по сравнению с сопротивлением обмоток постоянному току из-за потерь в магнито-проводе, баке и различных конструктивных деталях выемной части.

Целью работы является: - разработка методики расчета дополнительных потерь мощности, обусловленных не симметрией токов в сети 0,38 кВ с симметрирующим устройством; - экспериментальные исследования потери мощности и показателей не симметрии токов и напряжений в действующих сетях 0,38 кВ.

Материалы и методы исследований. Материалом служит шунто-симметрирующие устройства (ШСУ), которую можно отнести и категории так называемых фильтровых схем, характерной особенностью которых является то, что они имеют минимально возможное сопротивление току нулевой последовательности. Благодаря этому, большая часть токов нулевой последовательности сети 0,38 кВ замыкается на участке, где шунто-симметрирующее устройства (ШСУ) подключается к сети и самим устройством. Другими словами, данные устройства как бы замыкают на себя (шунтируют) токи нулевой последовательности и почти не пропускают их на другие участки линии 0,38 кВ.

Значительное увеличение сопротивления нулевой последовательности связано с тем, что магнитное поле создаваемое токами нулевой последовательности имеет весьма сложную конфигурацию. Оно замыкается не только в пределах магнито-провода но и через бак трансформатора. Следствием этого является то, что даже при небольшой не симметрии нагрузок возникает значительная не симметрия фазных напряжений на шинах вторичного напряжения распределительного трансформатора.

Исследованиями является не симметрия токов в фазах сети 0,38 кВ, приводящая к увеличению потерь электрической энергии, а также не симметрирующее устройство, или средства снижения этих потерь.

В ряде случаев эта несимметрия составляет 50% в конце магистральных линий. Расчетами установлено, что потеря напряжения в таких трансформаторах при несимметричном режиме может достигать до 15...20% вместо 4% в симметричном режиме, а каждому значению (в процентах) не симметрии напряжений соответствует 1,73% дополнительного отклонения напряжения. Поэтому часто мощность таких трансформаторов определяется не мощностью питаемой нагрузки, а минимально необходимым током короткого замыкания и трансформатор выбирается с завышением мощности на 2...3 ступени.

В трансформаторах с соединением обмоток по схеме «звезда-зигзаг с нулем» на каждом сердечнике имеет место магнитное равновесие между первичными и вторичными ампервитками при однофазной нагрузке. Сопротивление нулевой последовательности вторичной обмотки таких трансформаторов пропорционально потокам рассеяния, создаваемым полумотками, расположенными на общем сердечнике.

При правильном конструктивном выполнении обмоток этот поток рассеяния может быть уменьшен до нуля и индуктивность нулевой последовательности также может быть сведена к нулю.

Вместе с тем, соединение обмотки трансформатора «в зигзаг» требует большого расхода цветного материала. Вес отмотки при прочих равных условиях увеличивается приблизительно в 1, 16 раза. Поэтому общий вес цветного материала всего трансформатора получается на 7...8% больше, чем при соединении аналогичной обмотки низшего напряжения 2В звездой». В целом, из-за дополнительного расхода обмоточного провода, стоимость трансформатора увеличивается на 30% по сравнению с трансформаторами с соединением обмоток по схеме «звезда-звезда с нулем».

Теоретические и экспериментальные исследования, показали, что в сельских сетях 0,38 кВ с имеющимся уровнем несимметрией нагрузок в них невозможно обеспечить снижение потерь электроэнергии заменой трансформаторов со схемой «звезда-звезда с нулем» трансформаторами со схемой «звезда-зигзаг с нулем» или другими трансформаторами с малым сопротивлением нулевой последовательности z_0 .

1) Применение в сетях 0,38 кВ трансформаторов с малым сопротивлением нулевой последовательности приводит, по сравнению с трансформаторами со схемой «звезда-звезда с нулем», к увеличению в линии и трансформаторе токов нулевой и обратной последовательностей;

2) Эквивалентное сопротивление нулевой последовательности сети с трансформаторами, имеющими малое z_0 , определяются в основном сопротивлением линии, которое на порядок выше сопротивления таких трансформаторов.

В связи с увеличением токов обратной последовательности в сети с трансформаторами, имеющими малое z_0 , в узлах нагрузки возрастает напряжение обратной последовательности, отрицательно влияло на работу трехфазных электродвигателей. Поэтому применение таких трансформаторов в сетях со смешанной нагрузкой не рекомендуется.

Однако трансформаторы с малым сопротивлением нулевой последовательности со схемой «звезда-зигзаг с нулем» и другие позволяют соответственно снизить в узлах нагрузки напряжение нулевой последовательности. В связи с этим, их применение целесообразно в сельских сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой для повышения качества электрической энергии.

Вопрос о выборе места установки подобных шунто-симметрирующих устройств (ШСУ) в сети 0,38 кВ имеет первостепенное значение и должен быть тщательно исследован и проанализирован.

Отмечается возможность включения шунто-симметрирующих устройств (ШСУ) в сеть на шинах 0,4 кВ трансформатора. Однако данные исследования проводились преимущественно в условиях городских электрических сетей 0,38 кВ, обладающими практически сосредоточенными параметрами. В сельских сетях 0,38 кВ, которым свойственны большая протяженность линий и рассредоточенность нагрузки, как показали исследования, установка шунто-симметрирующих устройств (ШСУ) на шинах потребительской подстанции не только не дает положительного результата по уменьшению потерь электрической энергии в сети 0,38 кВ, но и ведет к увеличению коэффициентов ε_i и K_i , то есть происходит возрастание потерь.

Вторая группа технических средств снижения несимметрии токов и потерь мощности объединяет способы и средства, с помощью которых снижается несимметрия нагрузки или достигается частичная (полная) токов нулевой последовательности в сети 0,38 кВ.

Одним из способов снижения несимметрии нагрузки является автоматическое подключение определенной однофазной нагрузки к наименее загруженной фазе сети с

коммунально-бытовыми нагрузками. Реализация этого способа осуществляется путем применения специальных симметрирующих устройств (СУ), включаемых в сети 0,38 кВ.

Симметрирующее устройство (СУ) в себя содержит блок сравнения, блок коммутации и выявитель несимметрии. Выполнено устройство по схеме фильтра напряжения обратной последовательности, подключенного к трем фазам. Выявитель несимметрии, блок сравнения и блок коммутации последовательно осуществляют определение несимметрии напряжения, превышающей выданный уровень, сравнение и выбор менее загруженной фазы сети и автоматическое подключение однофазной нагрузки к данной фазе. Недостатками этого устройства является то, что для поддержания практически симметричного режима работы сети необходимо 2...3 таких устройства, то есть полное симметрирование сети такими одним симметрирующим устройством (СУ) практически невозможно, не всегда имеется однофазная переключаемая нагрузка необходимой мощности, снижается надежность электроснабжения потребителей.

Симметрирующее устройство (СУ), в котором активные и реактивные элементы включены между фазами и нулевыми проводами, применяются также для уменьшения нагрузки более загруженной фазы и для увеличения нагрузки менее загруженной фазы в сетях 0,38 кВ. В этом симметрирующее устройство (СУ) с помощью конденсаторов и дросселя происходит изменение начальной фазы тока и напряжения на угол $4\pi/3$ в сторону отставания или (что одно и то же) на угол $2\pi/3$ в сторону опережения. Симметрирование токов и напряжений осуществляется путем селективного подключения отключения однофазных нагрузок в зависимости от загруженности фаз сети. При этом сопротивление конденсаторов составляет $\sqrt{3}$, а сопротивления $x_i - 2\sqrt{3}$ сопротивления нагрузки. К недостаткам этого СУ следует отнести то, что устройствам данного типа не могут осуществлять одновременную компенсацию токов обратной и нулевой последовательностей и предназначены для симметрирования однофазных нагрузок с фиксированным базовым узлов. Кроме того это устройство имеет значительную установленную мощность.

Автоматическое переключение однофазных потребителей в низковольтных распределительных сетях можно осуществлять, используя и симметрирующее устройство (СУ). Данное симметрирующее устройство (СУ) состоит из блока выявления не симметрии и сравнения. Схема управления и блока на коммутации однофазных потребителей. Наличие в блоке не симметрии ключей 19...21 симметров позволяет значительно увеличить быстродействие подключения порогового элемента в сети 0,38 кВ. Устройство обеспечивает довольно высокую точность симметрирования режима, повышенную надежность в работе в процессе эксплуатации и достаточно малые весо-габаритные показатели. К недостаткам данного симметрирующего устройства (СУ) следует отнести вероятность возникновения короткого замыкания контуров в распределительных сетях при случайном одновременном включении двух и более коммутаторов однофазных потребителей при переключении последних с одной фазы сети на другую (это приводит к эффекту мигания сети накаливания, особенно при преобладании вероятностной не симметрии).

Более совершенными симметрирующими устройствами данного класса являются СУ в 4 и СУ №5. Принцип работы СУ №4 заключается в циклическом подключении на определенное время группы однофазных потребителей по всем фазам сети, замыкания соответствующих токов нулевой последовательности каждой фазы, определения из этих трех значения наименьшего $I_0 \min$ и той фазы сети, которая соответствует данному $I_0 \min$ и далее, подключении указанной группы однофазных потребителей к этой фазе сети.

Симметрирующее устройство №5 состоит из трех блоков: блока выявителя несимметрии, блока сравнения и блока коммутации. Автоматическое переключение однофазных потребителей в наименее загруженной фазе осуществляется в зависимости от угловых сдвигов между напряжением нулевой последовательности и фазным напряжением, определяемыми нагрузками фаз сети. Отличительной чертой симметрирующего устройства (СУ) является простота его исполнения.

С помощью симметрирующих устройств №1...№5 добиваются перераспределения однофазных нагрузок по фазам сети, то есть их равномерного распределения по фазам. Это, в свою очередь приводит к уменьшению тока нулевой последовательности и дополнительных потерь в сети 0,38 кВ. Однако применение этого способа в сельских сетях осложняется тем, что трудно подобрать однофазную автоматически переключаемую нагрузку соответствующей мощности.

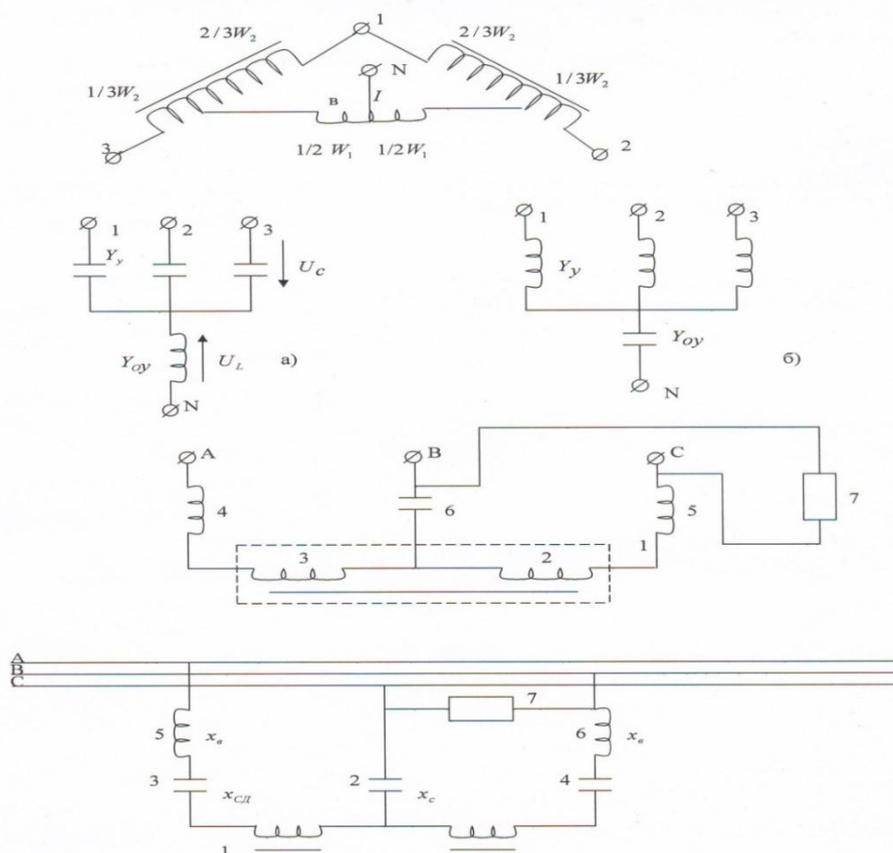


Рис 1. Схема симметрирующего устройства

Выводы:

1. В распределительных сетях 0,38 кВ имеет место несимметрия токов, обусловленная неравномерностью распределения однофазных нагрузок по фазам сети и случайными характеристиками их работы.
2. При разработке мероприятий по снижению потерь мощности и электрической энергии в сетях 0,38 кВ, обусловленных несимметрией токов, большое значение имеет правильная оценка величины этих потерь.
3. Точные методы расчета потерь мощности в электрических сетях при несимметричной системе токов основаны на применении метода симметричных составляющих.
4. Трансформаторы с малым сопротивлением нулевой последовательности со схемой «звезда-зигзаг с нулем» и другие позволяют соответственно снизить в узлах нагрузки напряжение нулевой последовательности. В связи с этим, их применение

целесообразно в сельских сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой для повышения качества электрической энергии.

Литература:

1. **Баркан Я.Д.** Несимметрия в сетях низкого напряжения. [Текст]// Электричество. - 1970.-№3. С.78-81.
2. **Будзко И.А.** Электрически линии и сети сельскохозяйственного назначения. [Текст] / Степанов В. Н.// Уч. пособ. М. -1988. С.488.
3. **Косоухов Ф.Д.** Анализ схемы трансформаторного симметрирующего устройства с ёмкостными элементами. [Текст]//- Изд. Вузов, электромеханика, 1981, №2. С.193-199.
4. **Косоухов Ф. Д.** Способы и средства для снижения потерь электроэнергии, обусловленных несимметрией токов в сельских распределительных сетях 0,38 кВ. [Текст] /А. Кулагин, И.В. Наумов// Сборник научных трудов ЛСХИ, 1987. С.49-52.
5. **Косоухов Ф.Д.** Расчёт падений напряжения и потерь мощности в сельских распределительных сетях при несимметрии токов. [Текст] // Учебное пособие. - Л.: ЛСХИ, 1982. С.74.
6. **Турдуев И.Э.** Анализ потерь мощности, токов, показателей несимметрии токов и напряжений в сети 0,38 кВ с шунто-симметрирующим устройством [Текст] // Вестник КНАУ. Бишкек, 2018, №2(47). – С. 384-387.