

СЕКЦИЯ 1 ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ УСТРОЙСТВА СИММЕТРИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Самарин Г.Н., д.т.н., доц., Егоров М.Ю., ассистент, Поляков С.В.,
соискатель, Луканов С.Н., соискатель
*ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная
академия», г. Великие Луки, РФ*

С каждым годом высокотехнологичное оборудование все больше проникает в сельскохозяйственное производство. Это предъявляет повышенные требования к качеству электрической энергии в сельских электрических сетях напряжением 0,4 кВ, которое, между тем, довольно часто не удовлетворяет ГОСТ 13109-97 по одному или нескольким показателям, а с начала 2013 года вступил в действие обновлённый стандарт качества ГОСТ Р 54149. В частности, одной из насущных проблем сельских сетей является несимметрия напряжений, возникающая вследствие неравномерной загрузки фаз мощностью и высокого значения сопротивления нулевой последовательности широко употребляющегося в сельскохозяйственном электроснабжении трансформатора со схемой соединения «звезда-звезда с нулем». Для решения проблемы несимметрии напряжений помимо организационных мероприятий, таких как, например, равномерное распределение нагрузок по фазам, могут использоваться и специальные технические средства – так называемые симметрирующие устройства. В данной статье рассматривается устройство симметрирование напряжений, разрабатываемое на кафедре «Механизация животноводства и применение электрической энергии в сельском хозяйстве» ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА».

Устройства симметрирования напряжений (УСН) (рисунок 1) включается в разрыв линии электропередач и корректирует величину напряжений и сдвиг фаз между ними посредством вольтодобавки. Этим УСН отличается от других устройств аналогичного назначения, в которых симметрирование напряжений осуществляется за счет снижения величины сопротивления нулевой последовательности сети 0,4 кВ, как, например, в ТМГСУ – разработке Минского электротехнического завода. ТМГСУ, по сути, представляет

собой обычный силовой трансформатор со схемой обмоток «звезда-звезда с нулем» с наложенной поверх всех обмоток компенсирующей обмоткой. Преимущество симметрирования напряжений за счет вольтодобавки по сравнению со способом снижения величины сопротивления нулевой последовательности сети в том, что первый способ дает результат, не зависящий от параметров и режима работы (в плане целостности нулевого провода) сети.

Структурно УСН состоит из трех специальных четырехобмоточных однофазных понижающих трансформаторов TV1, TV2 и TV3, предназначенных каждый для работы с одной фазой. Из четырех обмоток трансформаторов TV1, TV2 и TV3 одна является первичной, остальные три являются вторичными.

Как известно из теоретических основ электротехники, сумма комплексных фазных напряжений несимметричной трехфазной системы равна утроенному комплексному напряжению нулевой последовательности. Следовательно, если геометрически сложить пониженные в три раза фазные напряжения несимметричной трехфазной сети, то можно получить напряжение нулевой последовательности.

Вторичные обмотки трансформаторов TV1, TV2 и TV3 (каждая в отдельности) как раз и формируют уменьшенные в три раза напряжения соответствующих фаз. То есть коэффициент трансформации трансформаторов TV1, TV2 и TV3 должен быть равен трем. Первичные обмотки всех трех трансформаторов соединены между собой в звезду и подключены к трехфазной сети. При этом нулевая точка соединенных обмоток подключается к нейтрали сети.

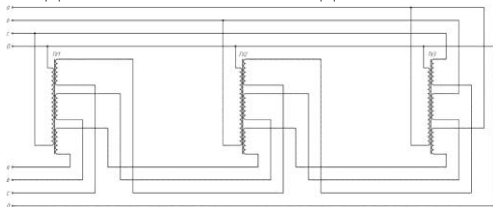


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства симметрирования напряжений

Геометрическое сложение пониженных в три раза напряжений соответствующих фаз для выделения напряжения нулевой последовательности осуществляется простым последовательным соединением вторичных обмоток трансформаторов TV1, TV2 и TV3. При

этом конец одной из вторичных обмоток первого трансформатора TV1 соединяется с началом одной из вторичных обмоток второго трансформатора TV2, а конец одной из вторичных обмоток второго трансформатора TV2 – с началом одной из вторичных обмоток третьего трансформатора TV3. Для каждой фазы предназначена своя цепь из последовательно соединенных вторичных обмоток трех трансформаторов, включенных последовательно в линию. Цепи последовательно соединенных вторичных обмоток включены в фазы линии таким образом, что формируемое каждой из этих отдельных обмоток напряжение будет находиться в противофазе к напряжению соответствующей фазы. Этим самым обеспечивается разворот на 180° выделенного в устройстве вектора составляющей нулевой последовательности по отношению к фазе вектора составляющей нулевой последовательности в трехфазной сети. Сложение противофазно направленных векторных величин дает нулевое значение, то есть напряжение нулевой последовательности устраняется.

Процесс функционирования устройства симметрирования напряжений происходит следующим образом. При идеально симметричной системе напряжений трехфазной сети напряжения, формируемые на вторичных обмотках трансформаторов TV1, TV2 и TV3, равны между собой по модулю и сдвинуты друг относительно друга на угол в 120° . Их геометрическое сложение дает нулевое значение, и к напряжению фаз линий электрической сети никакого напряжения не прибавляется. При появлении несимметричного режима, то есть при возникновении составляющих нулевой последовательности, геометрическое сложение напряжений вторичных обмоток трансформаторов TV1, TV2 и TV3 дает ненулевое значение напряжения, по значению и направлению равное напряжению нулевой последовательности, которое вычитается из напряжения фаз линии, что симметрирует напряжения электрической сети. Вышеописанные процессы детально можно проследить по функциональной схеме УСН, изображенной на рисунке 2.

Устройство симметрирования напряжений не содержит в своем составе электромеханических и полупроводниковых переключателей, активных полупроводниковых элементов автоматики, и поэтому имеет высокое быстродействие и значительную надежность. Все процессы симметрирования напряжений трехфазной сети УСН осуществляет автоматически в режиме реального времени.

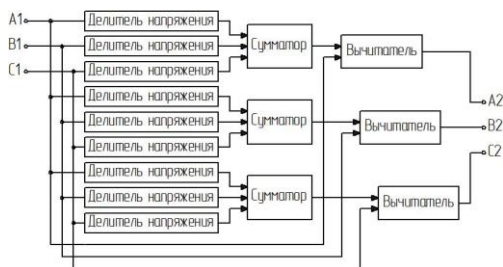


Рисунок 2 – Функциональная схема УСН

Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1967. – 776 с.
2. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. – М.: Колос С, 2008. – 655 с.

О НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Янукович Г.И., к.т.н, проф., Тюнина Е.А., м.т.н.,
ЗБродыга В.М., к.т.н., доцент, Королевич Н.Г., к.э.н., доцент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, РБ*

В сельских электрических сетях напряжением 400/230 В удельный вес однофазных нагрузок значителен. В основном это осветительно-бытовые приборы и мелкомоторные установки. При проектировании и строительстве сельских низковольтных сетей стремятся равномерно распределить эти нагрузки по фазам. Не всегда удается выполнить это полностью. Но даже в тех случаях, когда удастся распределить нагрузку по фазам одинаково, необходимо иметь в виду, что каждый потребитель может быть включен или отключен в зависимости от случайных обстоятельств. Поэтому нагрузка каждой из фаз во времени будет изменяться независимо от нагрузки других фаз, то есть число и мощность потребителей, включенных в отдельные фазы, в каждый конкретный момент времени не будет одинаковым. Вследствие этого в сельских электрических сетях низкого напряжения существует несимметрия нагрузок, которая вызывает значительную несимметрию напряжений [1].