

## СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСКРОБЕЗОПАСНОСТИ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

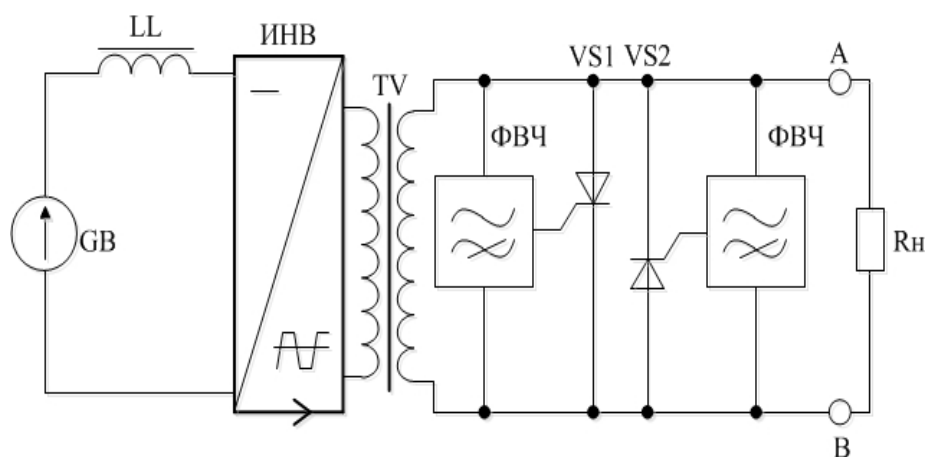
**Боровикова А.П., студ.; Маренич К.Н., д.т.н., проф.; Лаппо П.В., доц., к.т.н.**  
(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Проведенные исследования [1] показывают, что обеспечение искробезопасности цепей переменного тока повышенного напряжения связано с выделением на источнике коммутационного сигнала, достаточного для срабатывания искрозащиты, что в свою очередь приводит к снижению коэффициента использования искробезопасной мощности  $K_{и}$  и КПД всего устройства.

Для повышения коэффициента  $K_{и}$  и, как следствие, искробезопасной мощности, реализуемой в нагрузке при сохранении достаточно высокого КПД системы были разработаны способ обеспечения искробезопасной мощности электрических цепей и устройство для его осуществления [2], основанные на регулировании длительности фронта импульсов питающего напряжения при изменении сопротивления цепи нагрузки.

При этом используются свойства фильтров верхних частот ФВЧ в устройстве искрозащиты и трапецеидальная (стремящаяся к прямоугольной при уменьшении сопротивления нагрузки) форма питающего напряжения. Длительность фронта напряжения в нагрузке выбирается такой, что при ее уменьшении, соответствующем увеличению сопротивления нагрузки, увеличивается количество высокочастотных составляющих в спектре питающего напряжения, и срабатывает устройство искрозащиты, содержащее ФВЧ. Обеспечение искробезопасности цепи нагрузки осуществляется при максимально возможном коэффициенте сопротивлений.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема генераторного устройства переменного тока низкой частоты, реализующая описанный способ, в котором регулирование высокочастотных колебаний осуществляется при помощи дросселя [2].



*Рисунок 1 – Схема устройства, реализующая способ обеспечения искробезопасности электрических цепей переменного тока*

Устройство содержит источник постоянного тока GB, подключенный к инвертору ИНВ, нагруженному на трансформатор TV. Ко вторичной обмотке трансформатора присоединены два фильтра ФВЧ, к выходам которых подключены управляющие электроды тиристоров VS1, VS2 и нагрузка  $R_{н}$ . инвертор вырабатывает совместно с трансформатором в цепи нагрузки АВ переменный ток заданной частоты трапецеидальной формы. Поскольку фронт напряжения трапецеидальной формы является источником высокочастотных колебаний, то одной из задач при выборе параметров источника является ограничение уровня и частоты этих колебаний до

величины, при которой не происходит срабатывания искрозащиты во время нормальной работы генераторного устройства.

Так с увеличением сопротивления нагрузки снижается эффективность работы искрозащиты, необходимо обеспечить отключение источника при достижении критической величины сопротивления нагрузки  $R_n$ .

Трапецеидальное напряжение необходимо выбирать таким, чтобы при нормальном сопротивлении нагрузки крутизна фронта не приводила к формированию высокочастотных составляющих, достаточных для включения искрозащиты, а при увеличении сопротивления нагрузки обеспечивала ее включение.

Регулирование длительности фронтов и формирование сигнала, пропорционального сопротивлению нагрузки  $R_n$ , осуществляется дросселем  $L$ . При этом связь дросселя с цепью нагрузки осуществляется по магнитному потоку трансформатора  $TV$ . В начальный момент коммутации цепи нагрузки возникает электрический разряд и во вторичной обмотке трансформатора  $TV$  возникает скачок напряжения, высокочастотные составляющие которого поступают через ФВЧ на управляющие электроды тиристоров  $VS1$  или  $VS2$ . При срабатывании любого из них обеспечивается шунтирование выходной цепи АВ генераторного устройства и, как следствие, ее искробезопасность. Для срабатывания тиристоров  $VS1$ ,  $VS2$  необходимо, чтобы на их управляющие электроды поступало напряжение с амплитудой, превышающей некоторый пороговый уровень в течение времени, достаточного для срабатывания. Учитывая, что питающее напряжение имеет трапецеидальную форму, на вторичной обмотке трансформатора  $TV$  условие срабатывания тиристоров  $VS1$  или  $VS2$  от изменения крутизны фронта можно записать в виде:

$$t_{\phi} \leq t_{\text{вкл}} \frac{U_2}{U_{\text{вкл}}} \quad (1),$$

где  $t_{\phi}$  – длительность фронта трапецеидального напряжения на вторичной обмотке трансформатора;

$t_{\text{вкл}}$  – время включения тиристоров;

$U_2$  – амплитуда напряжения на вторичной обмотке трансформатора;

$U_{\text{вкл}}$  – напряжение включения тиристоров.

Для определения длительности фронта выходного напряжения  $t_{\phi}$  воспользуемся эквивалентной схемой устройства, изображенного на рис. 2.

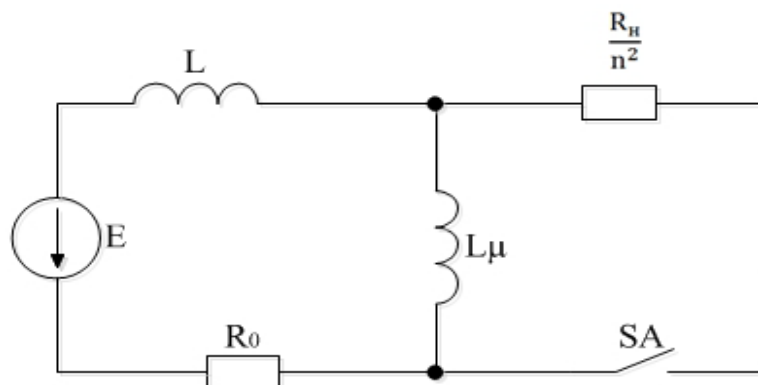


Рисунок 2 – Эквивалентная схема устройства, приведенная к первичной обмотки трансформатора

Для упрощения анализа пренебрегаем индуктивностью намагничивания  $L_{\mu}$ , предполагая ее величину очень большой [3]. Длительность фронта  $t_{\phi}$  отсчитывается между уровнями 0,1 и 0,9 от установившегося значения выходного напряжения.

Из анализа эквивалентной схемы следует, что длительность фронта выходного напряжения определяется по постоянной цепи, образованной последовательным включением индуктивности дросселя  $L$  внутреннего сопротивления источника постоянного тока  $R_0$  и

сопротивления нагрузки, приведенным к первичной цепи трансформатора  $\frac{R_n}{n^2}$  и определяется по формуле:

$$t_{\phi} = \frac{L \ln 10}{\frac{R_n}{n^2} + R_o} \quad (2),$$

где  $L$  – индуктивность дросселя;  
 $n$  – коэффициент трансформатора;  
 $R_n$  – сопротивление нагрузки;  
 $R_o$  – внутреннее сопротивление источника  $E$ .

При увеличении сопротивления нагрузки  $R_n$  происходит уменьшение длительности фронта  $t_{\phi}$ , причем, чем больше индуктивность дросселя, тем больше изменение длительности фронта, а, следовательно, частотного спектра выходного напряжения.

Для обеспечения максимальной крутизны регулирования частотного спектра выходного напряжения инвертора и срабатывания  $VS1, VS2$  (для ограничения возрастания максимального выходного напряжения при увеличении сопротивления нагрузки выше некоторого максимального значения  $R_{n \max}$ ) необходимо чтобы величина индуктивного дросселя  $LL$  удовлетворяла условию:

$$L \geq \frac{t_{\text{вкл}}}{2,3} \frac{U_{2 \max}}{U_{\text{вкл}}} \left( \frac{R_{\max}}{n^2} + R_o \right) \quad (3),$$

где  $L$  – индуктивность дросселя;  
 $t_{\text{вкл}}$  – время включения тиристорov;  
 $U_{\text{вкл}}$  – напряжение включения тиристорov;  
 $n$  – коэффициент трансформации трансформатора;  
 $R_{n \max}$  – максимальное значение сопротивления  $R_n$ , при котором происходит включение тиристорov;

$U_{2 \max}$  – максимальное напряжение на вторичной обмотке трансформатора при сопротивлении нагрузки  $R_n$ , равной  $R_{n \max}$ .

В реальном генераторном устройстве шахтной электроразведочной станции ШЭРС-4 применялся типовой анодный трансформатор, у которого коэффициент трансформации  $n = 6$ . При использовании триодных тиристорov средней мощности с параметрами:  $t_{\text{вкл}} = 3 \text{ мкс}$ ,  $U_{\text{вкл}} = 1,2 \text{ В}$  срабатывание устройства искрозащиты происходит при сопротивлении нагрузки, превышающем  $1 \text{ кОм}$ . Напряжение на нагрузке  $U_{2 \max}$  составляло  $120 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление источника  $R_o = 10 \text{ Ом}$ . Рассчитанная по формуле (3) индуктивность дросселя  $L$  при этом должна быть  $L \geq 4,9 \text{ мГн}$ .

В испытываемом образце искрозащита надежно срабатывала при повышении нагрузки выше указанной величины в том случае, когда индуктивность дросселя была равна  $L = 5,4 \text{ мГн}$ , то есть погрешность при выборе индуктивности составила  $9,3\%$ .

Искробезопасная мощность в нагрузке составила  $14,4 \text{ Вт}$ . При использовании активного сопротивления источника порядка  $1000 \text{ Ом}$  искробезопасная мощность в нагрузке не превышает  $9 \text{ Вт}$ , то есть искробезопасная мощность при использовании предложенного способа увеличилась в  $1,6$  раза.

#### Перечень ссылок

1. Коган Э.Г. способы и средства обеспечения искробезопасности рудничного электрооборудования. – М.: Недра, 1988.-101с., ил.
2. А.с. 909220 (СССР). Способ обеспечения искробезопасности электрических цепей и устройство для его осуществления /П.В.Лаппо, Ю.Г.Мясников, Н.П. Ванжа, Г.А.Черномордик. – Оpubл. В Б.И., 1982, №8.
3. Ромаш Э.М. Тиристорные преобразователи в устройствах питания радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Энергия, 1975. – 176с., ил.