

УДК 622.692.4.07

## УСТРОЙСТВО СИНХРОННОГО ПРЕРЫВАНИЯ ТОКА СТАНЦИЙ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

**В. И. ЛУКОВНИКОВ, М. Н. ПОГУЛЯЕВ, Д. А. ХАБИБУЛЛИН**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Из современных методов диагностики коррозионного состояния магистральных нефтепроводов наиболее универсальным является способ измерения электрических потенциалов трубопровода. Знание поверхностных потенциалов и градиентов напряжения вдоль трассы, как при включенной, так и выключенной внешней поляризации позволяет судить о коррозионном состоянии объекта.

На кафедре «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого было разработано устройство, позволяющее осуществить прерывистый характер работы катодных станций и их синхронизацию в режиме «включено – выключено».

Основным условием при разработке прерывателей тока катодных станций было обеспечение двух режимов «включено – выключено», соответствующих требованиям ГОСТа: 4/1 и 12/3 с.

Надо отметить, что в новых разработках наличие прерывателя тока предусматривается либо в аппаратуре диагностики (CORPAC, Deutschland), либо в составе катодной станции (ПСКЭ, Молдова), но эти установки обеспечивают только один из режимов: 4/1 или 12/3 с.

Оригинальное техническое решение – прерывать работу тиристорных станций катодной защиты (СКЗ) по каналу управления силовыми тиристорами, а не по выходному кабелю – позволило создать высококачественный прерыватель с размерами (200x125x50 мм) и потребляемой мощностью 2,5 Вт. Он выполнен на отечественной элементной базе и, благодаря своим малым габаритам, устанавливается внутри корпуса катодной станции.

Функциональная схема прерывателя тока показана на рис. 1. В его состав входят: формирователь сигналов прямоугольной формы (ФСПФ), триггер Шмитта (ТШ), счетчик – делитель (СД), формирователь режима «включено – выключено» «12/3с» и «4/1с» (ФР), устройство индикации режима работы (УИ), блок сопряжения со схемой СКЗ (БС), источник питания (ИП).

ФСПФ преобразует переменное синусоидальное напряжение частотой 50 Гц в прямоугольные импульсы с периодом 20 мс. Использование в ФСПФ сетевого напряжения позволяет формировать прямоугольные импульсы стабильной частоты, не зависящей от колебаний температуры окружающей среды.

Полученные импульсы через триггер Шмитта, улучшающего их форму, подаются на вход счетчика-делителя, который соединен с формирователем режима «включено-выключено» «12/3с» и «4/1с». Выход формирователя режима с помощью специального переключателя подключается к устройствам индикации режима работы и блока сопряжения со схемой управления катодной станции. Схема сопряжения обеспечивает блокирование работы генератора импульсов управления силовыми тиристорами катодной станции, формируя бестоковую паузу или в режиме «12/3с», или в режиме «4/1с».

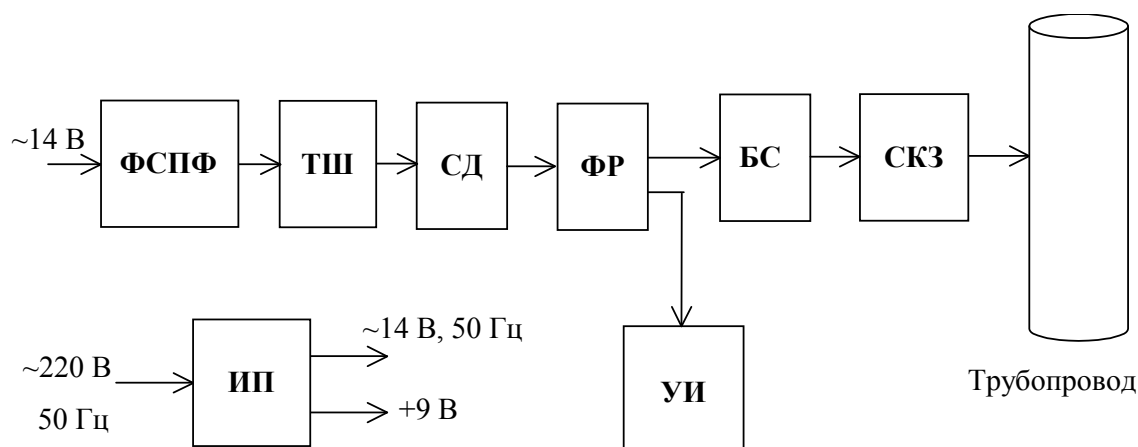


Рис. 1. Функциональная схема прерывателя тока СКЗ

Минимальное число внешних соединений катодных станций любого типа с прерывателями равно двум. Для удобства эксплуатации точки подключений катодных станций выведены на специальные гнезда.

При оценке коррозионного состояния трубопровода необходимо исключить влияние соседней катодной станции на исследуемую. С этой целью было разработано устройство синхронизации момента включения и выключения прерывателей тока СКЗ на двух соседних точках трассы. В качестве канала передачи электрического сигнала синхронизации использована непосредственно сама труба нефтепровода. Такое решение является наиболее простым и экономичным.

С целью выявления диапазона мощностей, которыми должны обладать источник и приемник синхронизирующих сигналов, был проведен согласно [1, 2] расчет канала «труба-земля» как линии с распределенными параметрами типа «труба в трубе» (рис. 2).

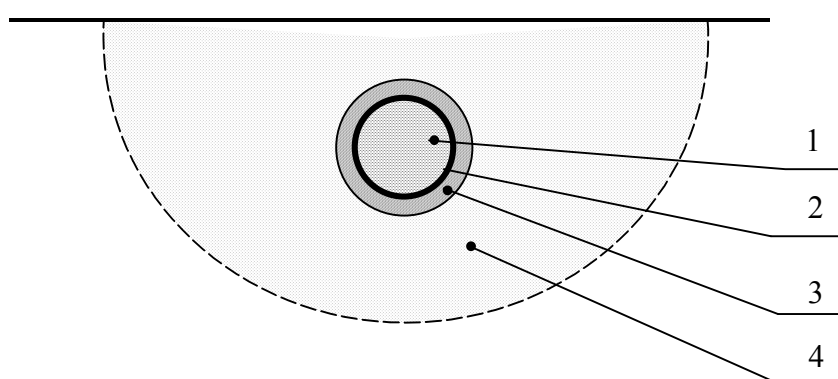


Рис. 2. Физическая модель нефтепровода в земле: 1 – нефтепоток; 2 – труба нефтепровода; 3 – изоляция трубы от земли; 4 – эффективный токопроводящий слой земли

В качестве расчетной частоты сигналов синхронизации выбрана частота, равная 1024 Гц, что обуславливает малые размеры фильтров на приемном конце трубы, относительно малые потери в линии за счет токов утечки, ограничение влияния высших гармоник защитного тока и простоту организации канала связи.

Для электрической схемы (рис. 3а) нефтепровода в земле в виде длинной линии были определены удельные величины первичных параметров с учетом поверхностного эффекта на частоте 1024 Гц и реальных конструктивных параметров участка нефтепровода РУП «Гомельтранснефть «Дружба»:

$l=10^4$  м – длина участка нефтепровода;

$d=1,0$  м – диаметр трубы нефтепровода;

$\delta=4 \cdot 10^{-3}$  м – толщина изоляции трубы нефтепровода;

$\gamma_{ст}=10^7$  См/м – удельная электрическая проводимость стальной трубы;

$\mu_{ст}=1,256 \cdot 10^{-3}$  Г/м – магнитная проницаемость стальной трубы;

$\gamma_{зм}=10^{-2}$  См/м – удельная электрическая проводимость «земляной» трубы;

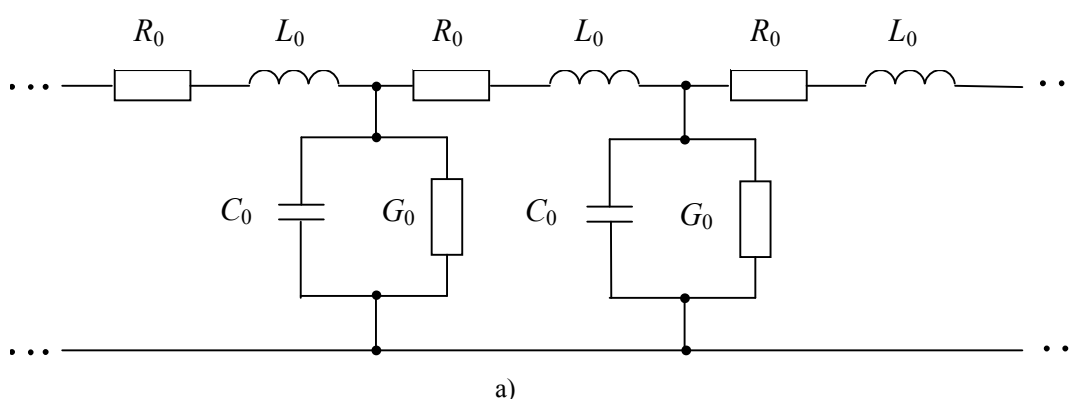
$\mu_{зм}=1,256 \cdot 10^{-6}$  Г/м – магнитная проницаемость «земляной» трубы;

$\gamma_{из}=10^{-9}$  См/м – удельная проводимость изоляции нефтепровода;

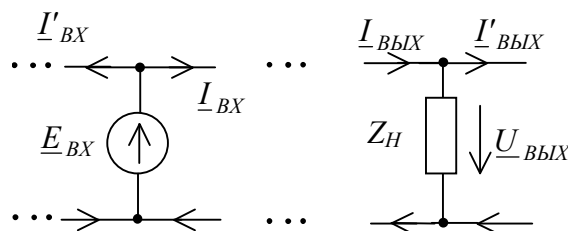
$\varepsilon=0,2655 \cdot 10^{-11}$  Ф/м – диэлектрическая проницаемость изоляции нефтепровода от земли;

Они оказались равными:  $R_0 = 1,578$  Ом/км,  $L_0 = 0,147 \cdot 10^{-3}$  Г/км,

$C_0 = 5,524 \cdot 10^{-6}$  Ф/км,  $G_0 = 0,21 \cdot 10^{-5}$  См/км.



а)



б)

Рис. 3. Электрическая (а) и расчетная (б) схемы замещения нефтепровода как электрической цепи с распределенными параметрами

При расчете вторичных параметров было учтено, что нефтепровод РУП «Гомельтранснефть» «Дружба» состоит из 3 параллельных труб, причем расчетная схема одной параллельной ветви, представлялась приблизительно в виде, изображенном на рис. 3б.

Были получены численные значения волнового сопротивления участка трубы и коэффициента распространения, равные  $Z_{ex} = 2,463 e^{j29,5}$  Ом и  $\gamma = 0,747 e^{j60,5}$ .

Экспериментально было получено, что входное сопротивление приемного устройства намного больше волнового. Следовательно, можно принять, что линия работает в режиме холостого хода. Тогда, используя телеграфные уравнения [2], численные величины вторичных параметров, входного сопротивления  $Z_{ex} = 2,463 e^{-j29,5}$  Ом и реальное напряжение источника сигнала на передающем конце  $E_{ex} = 20$  В, находим величины:

$$I_{ex} = 8,15 \cdot e^{j29,5} A, \quad S_{ex} = 163 \cdot e^{j29,5} BA, \quad U_{ex} = 0,51 \cdot e^{-j12,6} B.$$

Напряжение  $U_{\text{вых}} = 0,51$  В с большим запасом соответствует чувствительности (1 мВ) приемника на частоте 1024 Гц.

Из полученных данных видно, что передача синхронизирующего сигнала по трубе нефтепровода физически реализуется, что в дальнейшем подтвердилось экспериментально в полевых условиях.

Устройство синхронизации прерывателей тока (УСП) станций катодной защиты состоит из двух модулей – передающего и приемного, которые работают совместно с прерывателями тока, установленными на СКЗ. В основу работы УСП положен принцип синхронизации только момента включения СКЗ на двух соседних станциях. Отключение же тиристорных преобразователей производится самостоятельно своими преобразователями тока. Однако при этом время включенного состояния СКЗ не будет различаться между собой более чем на несколько миллисекунд, так как работа всех прерывателей тока синхронизируется частотой питающей сети.

Передающий модуль (рис. 4) содержит задающий генератор (ЗГ), шифратор (Ш), блок согласования (БС) и усилитель (У).

Работа задающего генератора стабилизирована кварцевым резонатором с частотой 32768 Гц. Количество импульсов, подаваемых на выходной усилитель, а затем и в линию связи «трубопровод-земля» определяется ключом – шифратором, управляемым сигналом от прерывателя тока станции катодной защиты через блок согласования.

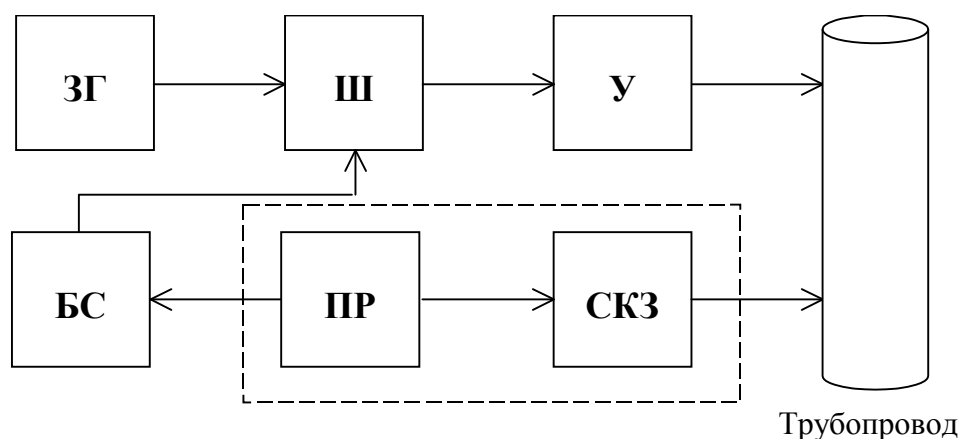


Рис. 4. Функциональная схема передающего модуля ЗГ – задающий генератор; Ш – шифратор; У – усилитель; БС – блок согласования; ПР – прерыватель тока; СКЗ – станция катодной защиты

В зависимости от положения переключателя режима работы прерывателя к усилителю через шифратор в течение 1 секунды (т. е. во время паузы) пропускается или 1024 импульса, или в три раза больше, т. е. 3072 импульса. Усилитель подключается к трубопроводу только во время отключенного состояния СКЗ, т. е. во время паузы.

В задачу приемного блока (рис. 5) входит выделение сигнала синхронизации, его обработка и управление прерывателем тока СКЗ. Первую функцию выполняют блок фильтров и усилитель. Обработка сигнала синхронизации заключается в подсчете импульсов, поступивших с передающего модуля, и определения, режима работы прерывателя тока, что обеспечивается работой дешифратора. Блок управления (БУ) служит для включения прерывателя только после окончания передачи сигналов синхронизации.

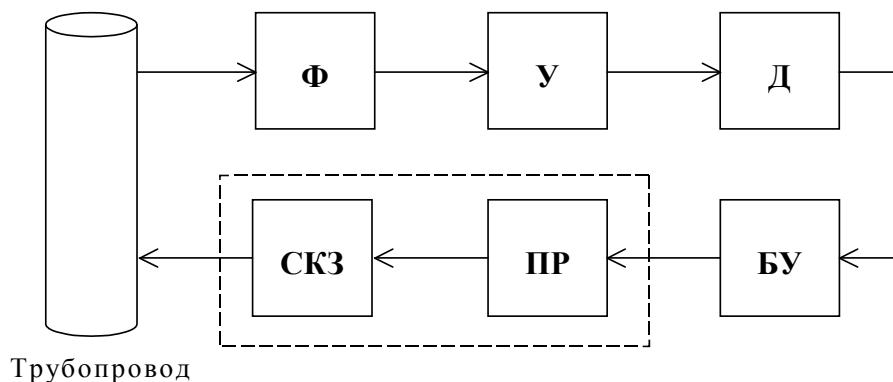


Рис. 5. Функциональная схема приемного модуля Ф – фильтр; У – усилитель; Д – дешифратор; БУ – блок управления

Прерыватель в свою очередь включает катодную станцию. Отработав заданное прерывателем время, СКЗ отключается. Далее цикл работы повторяется.

Разработанное УСП выполнено достаточно просто и обладает повышенной помехоустойчивостью. Это достигается за счет:

- передачи сигналов синхронизации во время паузы в работе тиристорного преобразователя СКЗ, который, как известно, является источником высокочастотных помех;
- схемного исполнения дешифратора, который начинает работать только после прохождения заданного числа начальных импульсов определенной частоты, что делает маловероятным запуск дешифратора от случайных помех.

Разработанное переносное устройство синхронизации работы прерывателей тока имеет мощность  $S = 150 \text{ ВА}$ . Оно опробовано и внедрено на ряде точек трассы нефтепровода РУП «Гомельтранснефть» «Дружба», так как показало высокую надежность в работе.

### Литература

1. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. – Часть 4: Теория электромагнитного поля. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 415 с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высшая школа, 1978. – 528 с.

Получено 13.03.2001 г.