

## УПРАВЛЯЕМЫЙ ВНУТРИТРУБНЫЙ ГЕРМЕТИЗАТОР

А. В. Сахарук, М. В. Столбов

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

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, Э. М. Виноградов, Л. А. Захаренко

При проведении ремонтных работ на магистральных нефтепроводах ОАО «Гомельтранснефть Дружба», с целью сокращения объема откачки нефти, в настоящее время используются внутритрубные герметизаторы, представляющие собой манжетные очистные устройства с механизмом удержания. Герметизаторы вводятся в нефтепровод и потоком нефти перемещаются к месту проведения ремонтных работ. После приведения герметизатора в действие останавливается перекачка нефти и начинаются ремонтные работы. Принцип герметизации заключается в фиксации положения герметизатора за счет трения манжет о внутреннюю поверхность труб, сдвигаемых по конусному штоку под действием избыточного давления нефти. После этого герметизатор удерживает гидростатическое давление столба нефти на время проведения ремонтных работ с остановкой перекачки нефти, предотвращая потери нефтепродукта и загрязнение окружающей среды от слива нефти с ремонтируемого участка по рельефу. После завершения работ и восстановления целостности трубопровода герметизатор потоком нефти перемещается в камеру приема, откуда и извлекается [1], [3], [4].

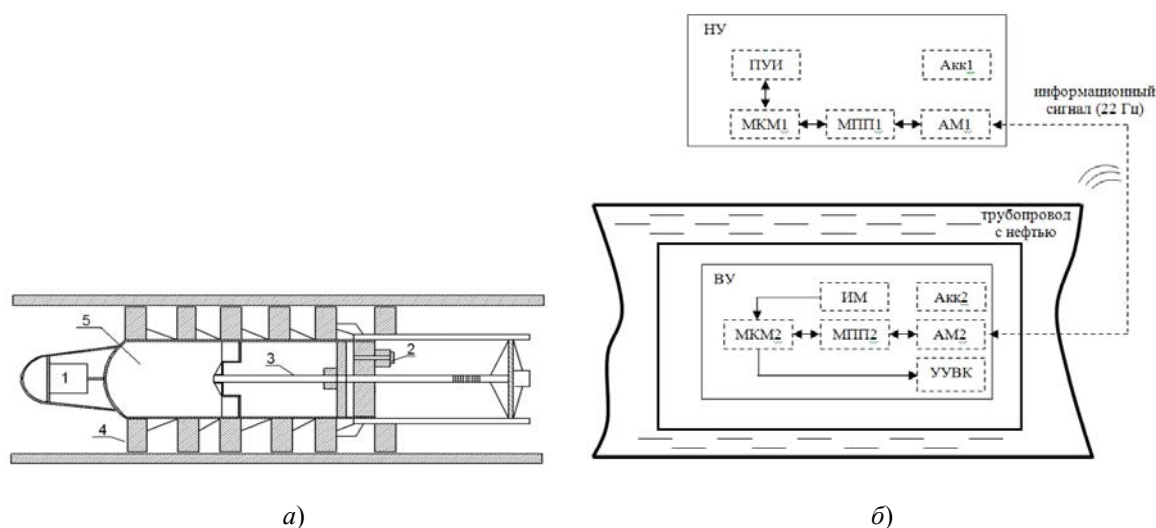


Рис. 1. Структура управляемого герметизатора: а – конструкция: 1 – антенный модуль; 2 – впускной клапан; 3 – шток; 4 – уплотнители (манжеты); 5 – камера, предназначенная для размещения электронных модулей в герметизаторе; б – функциональная схема электронных модулей герметизатора: НУ – наземное устройство; ВУ – внутритрубное устройство; Акк1, Акк2 – аккумуляторы; АМ1, АМ2 – антенные модули; МПП1, МПП2 – модули приемопередатчиков; МКМ1, МКМ2 – микроконтроллерные модули; ПУИ – пульт управления и индикации; ИМ – измерительный модуль; УУВК – устройство управления впускным клапаном

## Алгоритм работы ВУ

Внутритрубное устройство располагается непосредственно на герметизаторе. В процессе движения по нефтепроводу ВУ излучает пакеты импульсов частотой 22 Гц, длительностью 0,36 с и периодом следования 1,09 с (рис. 2). В промежутках между

пачками импульсов внутритрубное устройство переключается в режим приема и ожидает запроса на передачу команд. После получения запроса устройство прекращает передачу импульсов и переходит в режим приема.

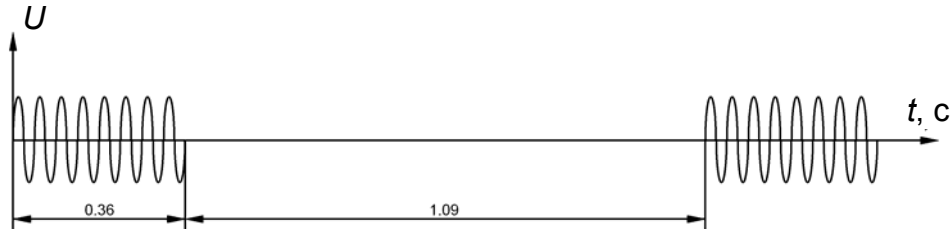


Рис. 2. Временные диаграммы сигналов «маячка»

#### Алгоритм работы НУ

Наземное устройство принимает сигналы «маячка», передаваемые от внутритрубного устройства, и отображает их на экране в виде импульсов в центральной части дисплея ПУИ, как показано на рис. 3. По уровню сигнала определяется местоположение ВУ в трубопроводе.

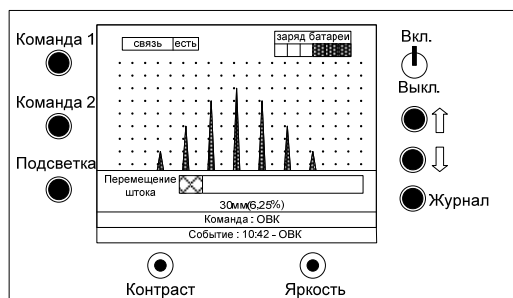


Рис. 3. Внешний вид ПУИ наземного устройства

Когда местоположение герметизатора определено, от НУ передаются команды. Сначала передается запрос о положении штока, для определения текущего состояния герметизатора, а затем передается команда на открытие впускного клапана.

#### Реализация схемы обработки информационного сигнала

Схема обработки информационного сигнала как для наземного, так и для внутритрубного устройств состоит из антенного модуля (АМ) и модуля приемопередатчика (МПП). Антенна представляет собой катушку индуктивности, намотанную на металлический сердечник. Антенный модуль реализован согласно функциональной схеме, показанной на рис. 4.

Приемопередающая часть модуля представляет собой колебательный контур, образованный обмоткой  $W_2$  и конденсатором  $C_2$ . Резонансная частота контура равна 22 Гц и определяется его параметрами по формуле

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$$

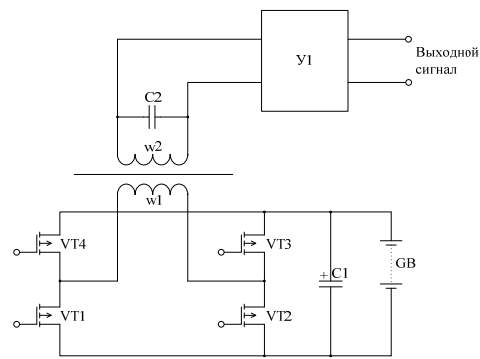


Рис. 4. Функциональная схема антенного модуля

В режиме передачи сигнала (генерации пачек импульсов) контур возбуждается разнополярными импульсами тока, протекающими по обмотке  $W_1$ .

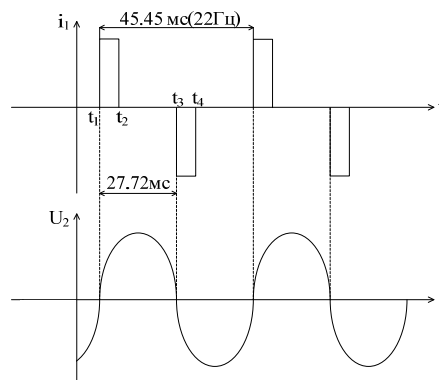


Рис. 5. Временные диаграммы тока  $i_1$  в обмотке  $W_1$  и напряжения  $U_2$  на обмотке  $W_2$

Обмотка  $W_2$  подключена к предварительному усилителю. В момент передачи сигналов «маячка» через него на вход фильтра нижних частот, предназначенного для подавления помех частотой выше 22 Гц, поступает довольно большой сигнал, и промежуточные каскады фильтра могут войти в насыщение [2]. Вследствие этого после окончания передачи сигнала могут возникнуть «хвосты» частотой 22 Гц, которые могут помешать приему запроса из НУ, передаваемого в паузах между импульсами «маячка» (рис. 6).

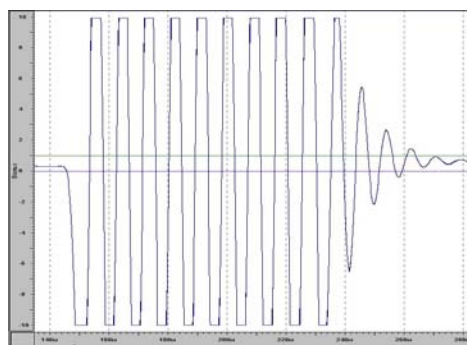


Рис. 6. Сигнал на выходе фильтра в условиях насыщения каскадов фильтра (передается 8 импульсов частотой 22 Гц)

Для исключения возникновения «хвостов» частотой 22 Гц между выходом предварительного усилителя и входом ФНЧ была введена схема электронного коммутатора, показанная на рис. 7.

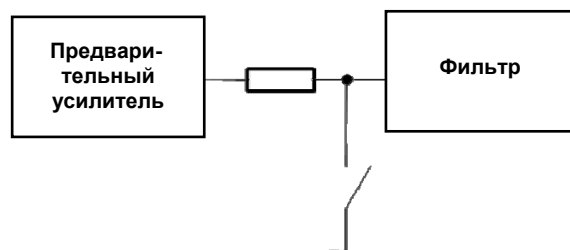


Рис. 7. Схема ограничения входного сигнала фильтра

В режиме приема ключ разомкнут, и сигнал через проходной резистор поступает на вход фильтра. В режиме передачи сигнала ключ, управляемый микроконтроллером, замыкается и не пропускает сигнал большой амплитуды на вход фильтра (рис. 8).

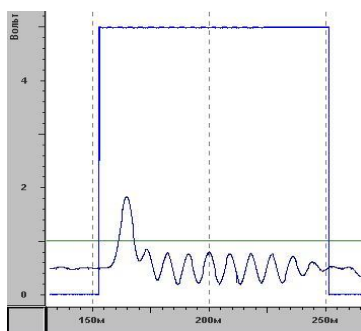


Рис. 8. Сигнал на выходе фильтра со схемой ограничения входного сигнала

Вышеуказанные схемные решения были применены при разработке и изготовлении управляемого внутритрубного герметизатора для ОАО «Гомельтранснефть Дружба».

#### Литература

1. Kryshneu, Y. The monitoring and control system of the intrapipe sealer / Y. Kryshneu [и др.] // ITELMS'2010. – Materials of 5<sup>th</sup> International Conference Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems / Panevezys, Lithuania, 2010. – С. 31–36.
2. Джонсон, Д. Справочник по активным фильтрам : пер. с англ. / Д. Джонсон [и др.]. – Энергоиздат, 1983.
3. Крышнев, Ю. В. Алгоритм работы системы поиска, управления и контроля состояния внутритрубного герметизатора / Ю. В. Крышнев [и др.] // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. VIII Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 28–29 окт. 2010 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ОАО «ОКБ Сухого» ; под общ. ред. С. И. Тимошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – С. 132–133.
4. Разработка средств поиска, управления и контроля состояния внутритрубного тампонагерметизатора : отчет о НИР. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2010. – № ГР 20101085.