

*Ф. П. Кузьмин*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАДИОКОНТРОЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛА (СРП-1)**

Настоящая статья содержит краткое описание работы реконструированной системы СРП-1М, отмечает недостатки СРП-1. Более подробно в статье изложен процесс реконструкции системы СРП-1.

### **КОМПЛЕКТ СРП-1М**

1. Пульт диспетчера на 100 скважин — 1 шт. 2. Релейный ставив на 100 скважин — 1 шт. 3. Линейные узлы радиоконтроля (ЛУР-2) — 100 шт. 4. Радиостанции ЖР-4П (для скважин) — 100 шт. 5. Радиостанции ЖР-4С (для ДП) — 5 шт.

Нефтепромыслом № 5 было получено 2 комплекта аппаратуры СРП-1 и диспетчеризировано 185 скважин, что составляет 90% основного фонда скважин.

### **НАЗНАЧЕНИЕ СРП-1**

Система рассчитана на полную автоматизацию скважин и обеспечивает телеконтроль за работой местных автоматов, за наличием электроэнергии на скважине, передает на ДП показания дебитометров скважин. СРП-1М позволяет вести двухстороннюю радиосвязь с вызовом со скважины.

### **ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СРП-1М**

Секторное деление площади промысла на кусты с установкой в центре ее диспетчерского пункта позволяет наиболее эффективно использовать ультракоротковолновую радиосвязь между диспетчерским пунктом ДП и исполнительным пунктом ИП. В каждом секторе (кусте) сгруппировано по 20 скважин. На рис. 1 приведе-

на блок-схема СРП-1М. Радиостанции каждого куста имеют свою фиксированную несущую частоту в диапазоне 39-46 мГц. Несущая частота радиопередающего устройства РПУ модулируется поднесущей частотой звукового спектра 300-3500 гц, которую вырабатывает генератор ЛУР-2 (рис. 2). На каждой скважине устанавливается линейный узел радиоконтроля и радиостанция ЖР-4П. Их принципиальные схемы, показанные на рис. 3 и 4, представляют единое целое. В системе применено частотно-импульсное кодирование сигналов.

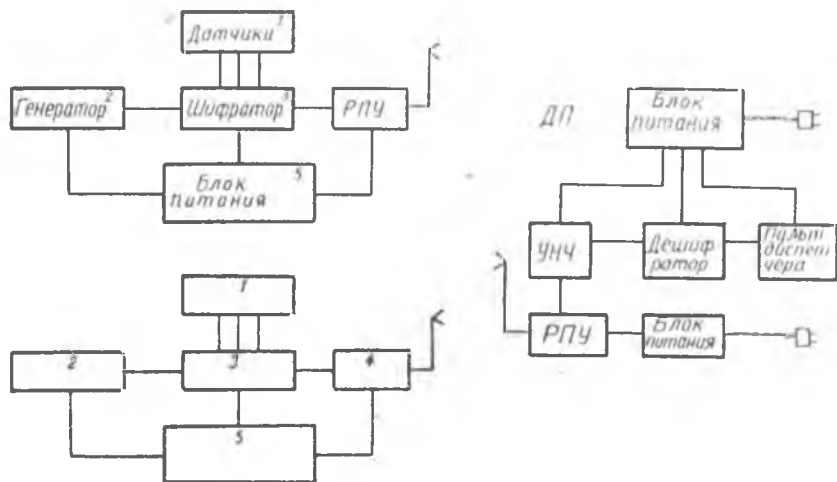


Рис. 1. Блок-схема СРП-1М.

Сигнал аварии представляет собой радиоимпульсы длительностью 75-100 мсек, повторяющиеся через 20... 30 сек. Сигнал изменения дебита представляет собой 2... 3-кратный импульс длительностью 75-100 мсек, повторяющийся через 1,5... 2 сек.

Кодирующим устройством является генератор и шифратор ЛУР-2, которые включаются лишь на время передачи сигнала. Кустовые радиостанции на ДП (рис. 5) постоянно включены на прием. Принятые и продетектированные радиостанцией сигналы контроля усиливаются усилителем низкой частоты, релейного стativa и подаются на дешифраторы куста (рис. 6). Дешифрирующим устройством является резонансное реле, резонансная частота которого соответствует частоте проходящего сигнала с определенной скважины, и накопительные ячейки, определяющие характер сигнала («авария», «измерение»). Расшифрованный сигнал фиксируется на пульте диспетчера (включается аварийная лампочка Л<sub>5</sub>, срабатывает электромагнитный счетчик дебита СЧ).

## ЛИНЕЙНЫЙ УЗЕЛ РАДИОКОНТРОЛЯ ЛУР-2

Линейный узел радиоконтроля предназначен для восприятия показаний подключенных к нему датчиков, для формирования сигналов «авария» и «измерение» и посылки их через радиоканал связи на диспетчерский пункт.

С целью лучшей иллюстрации недостатков ЛУР-2 СРП-1 его схема приведена на рис. 2.

Основные части ЛУР-2 и их назначение:

1. Узел защиты питания ЛУР-2 по фазам. Состоит из двух реле напряжения ( $РН_1$  и  $РН_2$ ) типа РПТ-100 на 220 в и двух сопротивлений  $R$ , включенных последовательно с катушками  $РН_1$  и  $РН_2$ . Этот узел предназначен для автоматического переключения блока питания с одной фазы на другую в случае неисправности первой.

2. Блок питания. Состоит из феррорезонансного стабилизатора, выпрямителей  $ВП_1$  на 140 в,  $ВП_2$  на 36 в, ВС на 2,7 в и фильтров. Феррорезонансный стабилизатор с последовательным включением конденсатора  $C$  и первичной обмотки трансформатора ТР обеспечивает высокую стабилизацию вторичных напряжений при изменении напряжения сети в широких пределах 100...600 в, что очень важно для условий нефтепромыслов.

3. Транзитронный генератор  $ЛС$ . Предназначен для генерации синусоидального напряжения определенной для данной скважины частоты. Генератор собран на лампе  $Л_3 2Ж27Л$ . Индуктивность представляет собой тороидальную катушку, намотанную на ферритовом кольце ТЧ-60.

4. Два релаксационных генератора импульсного напряжения. Предназначены для импульсного включения передатчика радиостанции ЖР-4П при передаче сигнала с ИП на ДП. Совместно с транзитронным генератором релаксационные генераторы представляют шифрирующее устройство, формирующее сигналы «авария» и «измерение». Каждый релаксационный генератор имеет накопительную ячейку, состоящую из сопротивления и конденсатора  $R_8 C_4$  и  $R_9 C_5$ , тиратрона типа МТХ-90 и реле  $P_1$  и  $P_2$  типа РКМ.

Кроме перечисленных основных частей в схеме ЛУР-2 имеется реле питания (РП) типа РПТ-100 на 36 в, реле верхнего уровня РВУ типа РПТ-100 на 36 в (последнее совместно с датчиком АО-4 обеспечивает автоматическую работу насоса откачки) и аварийное реле  $P_3$  типа РКМ.

### НЕДОСТАТКИ НЕКОТОРЫХ УЗЛОВ СХЕМЫ ЛУР-2 И ИХ УСТРАНЕНИЕ

1. Схема узла защиты питания ЛУР-2 построена так, что в момент включения напряжения питания на ЛУР-2 происходит переключение стабилизатора с первой и третьей фазы на первую и вторую. Минимальное время срабатывания реле РПТ-100 20 —

30 мксек. За это время стабилизатор успевает войти в резонанс. В момент включения реле РН<sub>1</sub> и РН<sub>2</sub> на их контактах, коммутирующих фазы, образуется вольтова дуга, что приводит к сгоранию контактов. Кроме того, схема узла защиты питания по фазам оказалась не грозоустойчива даже при срабатывании местной грозозащиты. В момент грозоразряда и при срабатывании местной грозозащиты происходит кратковременное замыкание какой-либо фазы (или всех фаз) на землю. Это приводит к кратковременному снижению напряжения в сети, а следовательно, к кратковременному отключению реле РН<sub>1</sub> и РН<sub>2</sub>. При этом также происходит сгорание контактов этих реле.

2. Напряжение 140 в, снимаемое с выводов вторичной обмотки трансформатора ТР, подается непосредственно на выпрямитель, состоящий из диодов ДГЦ-27. Так как фильтр (С<sub>6</sub>, С<sub>9</sub> и ДР<sub>1</sub>) в первый момент заряда конденсаторов представляет для выпрямителя очень малое сопротивление, то диоды выпрямителя часто выходят из строя. Пробитый диод перегружает стабилизатор напряжения и последний выходит из резонанса.

3. Напряжение 2,7 в, снимаемое со вторичной обмотки трансформатора ТР и выпрямленное селеновым выпрямителем ВС, предназначено для питания накала ламп радиостанции и генераторной лампы Л<sub>3</sub> 2Ж27Л. В качестве фильтра этого напряжения постоянно на буфер через гнезда 1 и 2 разъема ШР-10 включен аккумулятор 2ЖН-4, входящий в комплект радиостанции ЖР-4П и помещающийся в отсеке ее корпуса. Таким образом, аккумулятор 2ЖН-4 находится на постоянной подзарядке, а поэтому его электролит в течение двух-трех суток выкипает. Дальнейшая эксплуатация аккумулятора без профилактики ведет к разрушению пластин и замыканию цепи питания накала ламп. Вследствие вышеизложенного напряжение накала лампы генератора не стабильно и изменяется от 2,0 до 2,8 в, что приводит к изменению частоты генерируемого напряжения в недопустимых пределах (рис. 36).

4. При включении реле верхнего уровня (РВУ) включается насос откачки. Одновременно включается схема ЛУР-2 и радиостанция ЖР-4П для передачи на ДП сигнала «измерение». Радиостанция ЖР-4П и генератор ЛУР-2 остаются включенными на протяжении всего цикла откачки нефти из мерника (т. е. на протяжении 30—40 мин.) несмотря на то, что для передачи сигнала «измерение» необходимо лишь 7—10 сек. Т. о., на скважинах с суточным дебитом 100-150 т в течение суток радиостанция и генератор включены 6—8 часов и более, что приводит к большому расходу радиоламп и требует частой их смены.

Указанные недостатки потребовали реконструкции схемы ЛУР, т. к. вариант схемы фиг. 2а оказался неработоспособным.

Автором статьи была разработана схема ЛУР-2М, изображенная на рис. 3а, в которой учтены основные недостатки прежней схемы.

Основным преимуществом схемы ЛУР-2М (рис. 3а) является

то, что в ней используется преобразователь напряжения радиостанции ЖР-4П в качестве аварийного источника питания схемы ЛУР-2М. Это обусловлено введением в схему наиболее стабильного и экономичного генератора  $LC$  на транзисторе П-14. По сравнению с транзитронным генератором на п/п триоде не нуждается в высоком напряжении (питается напряжением 2,7 в), причем изменение напряжения питания практически не изменяет частоты генерируемых колебаний (рис. 3б). Потребляемый транзисторным генератором ток в 30 раз меньше, чем транзитронным генератором.

Возможность использования преобразователя напряжения радиостанции ЖР-4П в качестве аварийного источника питания позволила ликвидировать узел защиты питания ЛУР-2 по фазам, преобразовать его в узел контроля напряжения в сети. Для оценки всех преимуществ схемы ЛУР-2М (рис. 3а и 4) перед схемой ЛУР-2 (рис. 2а) рассмотрим новую схему ЛУР-2М.

### ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛУР-2М

В исходном положении на клеммы 1, 2, 3 подано линейное напряжение 380 в, реле напряжения РН<sub>1</sub> и РН<sub>2</sub> включены, блок питания включен на первую и вторую фазы. Вольтамперные характеристики элементов феррорезонансного стабилизатора показаны на рис. 2б. Тумблер «связь» ТВ<sub>1</sub> находится в положении «выключено», тумблер «автомат» — в положении «включено», гашетка микро-телефонной трубки радиостанции — в положении «передача».

### ДЕЙСТВИЕ ЛУР-2М ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛА «АВАРИЯ»

При включении одного из аварийных датчиков скважины или при неисправности фазы 3 замыкаются клеммы 12 и 13. Катушка реле Р<sub>3</sub> оказывается под напряжением 36 в и реле включается. Своими н/о контактами реле Р<sub>3</sub> включает питание 150 в первому релаксатору, 36 в катушке реле питания РП. Н/з контактом реле Р<sub>3</sub> разрывает цепь, блокирующую сопротивление R<sub>6</sub> в схеме первого релаксатора. Реле питания РП своими н/о контактами через гнезда 1, 2, 3 подключает напряжение 2,7 в к аккумулятору 2ЖН-4, к нитям накала ламп и к преобразователю напряжения ЖР-4П. Одновременно н/о\*контактом РП напряжение 2,7 в подключается транзисторному генератору  $LC$ . Т. о. шифратор ЛУР-2М, и передатчик радиостанции (за исключением его мощного каскада) получили необходимые напряжения питания. Диаграмма зарядки и разрядки конденсатора С<sub>4</sub> и С<sub>5</sub> шифратора показана на рис. 3а. В нашем случае включен лишь первый релаксатор с конденсатором С<sub>4</sub>. Полный период релаксационного генератора равен

$$T = t_{зар} + t_{разр.}$$

Время заряда  $t_{\text{зар}}$  соответствует времени между импульсами и равно

$$t_{\text{зар}} = R_{\text{зар}} \cdot C \ln \frac{E - U_{\text{гаш}}}{E - U_{\text{зж}}}$$

Время разряда  $t_{\text{разр}}$  соответствует длительности импульса сигнала и равно

$$t_{\text{разр}} = R_{\text{разр}} \cdot C \ln \frac{U_{\text{зж}}}{U_{\text{гаш}}}$$

где  $E$  — напряжение питания релаксатора 140 в;  
 $U_{\text{зж}}$  — напряжение зажигания тиратрона (для МТХ-90  $U_{\text{зж}} = 75-90$  в);  
 $U_{\text{гаш}}$  — напряжение гашения тиратрона (для МТХ-90  $U_{\text{гаш}} = 0,5 U_{\text{зж}}$ ).

Конденсатор  $C_4$  разряжается через тиратрон  $\mathcal{L}_1$  и через реле  $P_1$ . Реле  $P_1$  включается и своим н/о контактом включает напряжение 140 в в анодную цепь мощного каскада передатчика — происходит излучение импульса радиочастоты, промодулированного частотой генератора  $LC$ . В данном случае частота повторения импульсов будет соответствовать сигналу «авария».

Транзисторный генератор  $LC$  собран по трехточечной схеме с общим эмиттером. В нем используется колебательный контур бывшего транзитронного генератора ЛУР-2. В цепь эмиттера включено 200 витков катушки  $LC$ . Режим работы транзистора определяется сопротивлением  $R_1$ . Генератор характеризуется высокой стабильностью генерируемой частоты колебаний.

Зависимость частоты от напряжения питания генератора показана на графике рис. 3б. Частоту генератора с небольшой погрешностью можно определить по формуле

$$f_{\Gamma} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_0 \cdot C_0}}$$

где  $L_0$  — индуктивность тороидальной катушки;  
 $C_0$  — емкость контура.

Если допустить, что сопротивление части витков катушки  $L$ , включенных в цепь эмиттера, и сопротивление транзистора малы по сравнению с общим сопротивлением контура  $LC$ , то

$$C_0 = C_3 + C_2.$$

Данный генератор хорошо воспринимает нагрузку (вход модулятора радиостанции ЖР-4П) без дополнительного усилителя.

В более поздней литературе [2], [3] приводятся генераторы подобного типа. Однако они отличаются тем, что контур  $LC$  включен в качестве нагрузки в цепь коллектора.

С целью защиты диодов ДГЦ-27 в выпрямителе  $ВП_1$  от перегрузки перед выпрямителем в цепь 140в включено гасящее сопротивление  $R_0$ . В первый момент заряда конденсаторов  $C_6$  и  $C_9$  на сопротивлении  $R_0$  падает до 40 в, что предотвращает пробой диодов.

## РАБОТА ЛУР-2М ПРИ ОТСУТСТВИИ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ В СЕТИ

В случае неисправности первой или второй фазы реле РН<sub>1</sub> и РН<sub>2</sub> будут отключены, блок питания ЛУР-2М обесточен. В этом случае включается аварийный источник питания — преобразователь напряжения радиостанции ЖР-4П. Его включение осуществляется н/з контактами реле РН<sub>1</sub> и РН<sub>2</sub>, которые дублируют контакты реле РП в случае отключения электроэнергии сети. Так н/з контактом реле РН<sub>1</sub>, через гнездо 1 разъема ШР-10 минус аккумулятора подключается к общему минусу ЛУР-2М, а через н/з контакт РН<sub>2</sub> и гнездо 3 минус аккумулятора подключается к титям накала ламп и к преобразователю напряжения радиостанции (плюс подан постоянно). Н/з контактом реле РН<sub>1</sub> напряжение плюс 2,7 в, идущее с аккумулятора через гнездо 2 разъема ШР-10, подключается к генератору LC (минус через тумблер «связь» включен на общий минус).

Преобразователь напряжения, получив питание от аккумулятора, преобразует напряжение с 2,7 до 140 в. Последнее подается в анодные цепи ламп радиостанции ЖР-4П, а через гнездо 4 разъема ШР-10 на релаксационный генератор. Минус 140 в на первый релаксатор подключается н/з контактом реле РН<sub>2</sub>. Таким образом схема ЛУР-2М и радиостанция ЖР-4П, так же как и в предыдущем случае, включены на передачу сигнала «авария». Емкость аккумулятора 2ЖН-4 обеспечивает аварийное питание схемы ЛУР-2М и радиостанции в течение 3—4 часов. Этого времени практически вполне достаточно для восстановления напряжения в сети оперативной группой электромонтеров ДП.

## РАБОТА СХЕМЫ ЛУР-2М ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛА «ИЗМЕРЕНИЕ»

Схема линейного узла радиоконтроля может включиться на передачу сигнала «измерение» лишь в том случае, если она не включена на передачу сигнала «авария».

При замыкании клемм 10 и 13 электронным счетчиком дебитомера или датчиком АО-4 включается реле РВУ. Своими н/о контактами реле РВУ включает питание — 140 в релаксационным генераторам и 36 в катушке реле РП. В цепь первого релаксатора оказывается включенным сопротивление  $R_8$ , а в цепь второго релаксатора — сопротивление  $R_9$ . Так как сопротивление  $R_8$  меньше сопротивления  $R_9$  в 3 раза, то полный период первого релаксатора в 2—3 раза меньше периода второго релаксатора (см. диаграмму зарядки и разрядки конденсаторов  $C_4$  и  $C_5$  рис. 3в). Реле РП включает питание генератору LC и передатчику радиостанции ЖР-4П. Таким образом шифратор формирует импульсы длительностью 75—100 мсек, повторяющиеся через 1,5—2 сек, что соответствует сигналу «измерение». После 2—3-кратного срабатывания первого релаксатора, срабатывает второй релаксатор, реле Р<sub>2</sub> включится и своим н/о контактом заблокирует

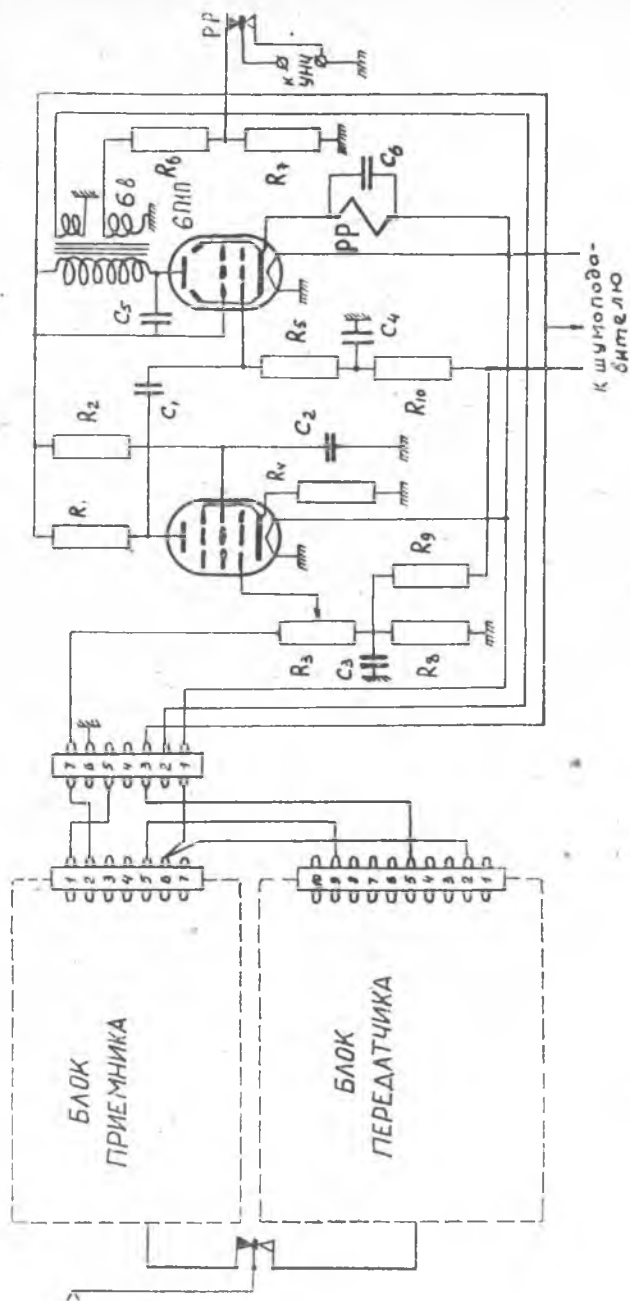


Рис. 5. Кустовая радиостанция ЖР-4С.



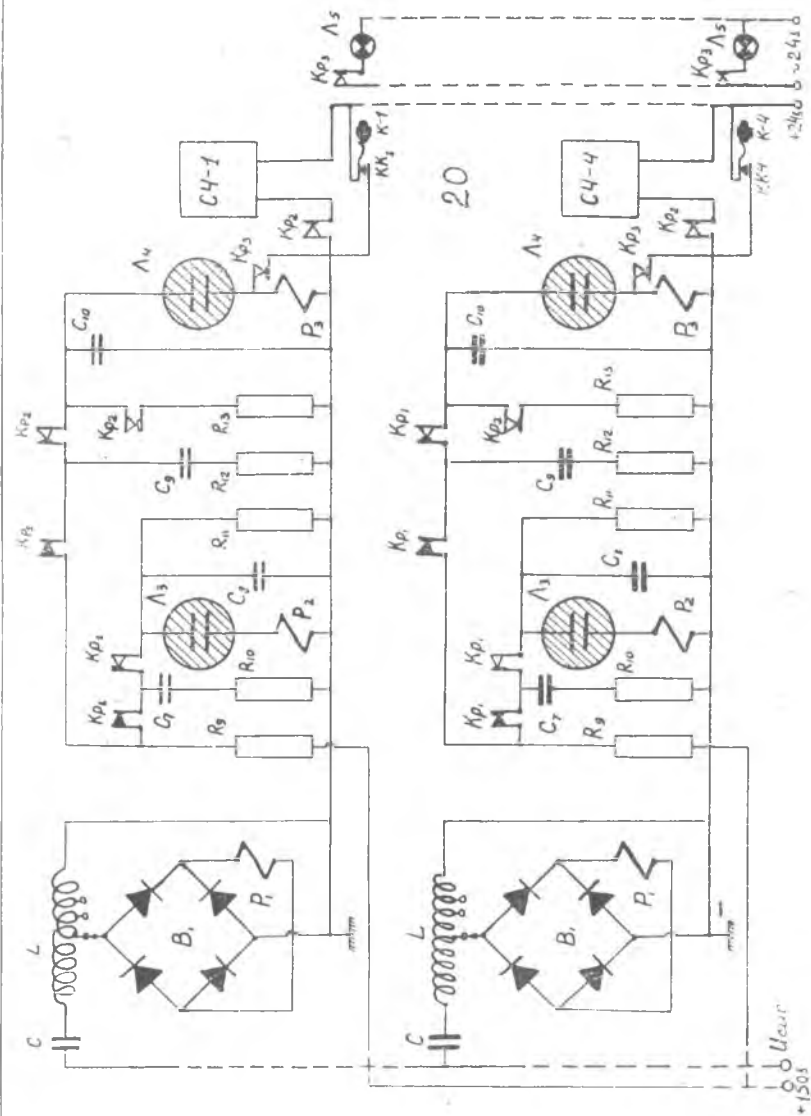


Рис. 6. Принципиальная схема дешифратора.

ется, а н/з контактами разорвет цепь питания реле РП и цепь питания релаксационных генераторов. Это обеспечивает кратковременность работы радиостанции ЖР-4П при передаче сигнала «измерение».

## ДИСПЕТЧЕРСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СРП-1

В комплект диспетчерского оборудования входит: пульт диспетчера, релейный статив и кустовые радиостанции. Схема прохождения сигнала на ДП описана выше. На рис. 5 показана блок-схема кустовой радиостанции ЖР-4С. Низкочастотная часть приемника и схема связи выхода радиостанции с УНЧ релейного статива через реле разделения (РР) показана подробно.

В предложенной конструкторами схеме напряжение сигнала 6в на вход УНЧ релейного статива подавалось непосредственно со вторичной обмотки выходного трансформатора радиостанции. Это означает, что:

1. При разговорной радиосвязи ИП с ДП кустовая радиостанция также была связана с УНЧ, а следовательно и с дешифраторами релейного статива. Так как поднесущие частоты сигналов и частоты речи человека занимают один спектр (300—400 гц), то последние вызывали ложные срабатывания дешифраторов.

2. Напряжение 6в, подаваемое на вход УНЧ релейного статива, оказывалось больше напряжения смещения первого каскада УНЧ, что приводило к недопустимым нелинейным искажениям сигнала и к ложным срабатываниям дешифраторов.

3. УНЧ релейного статива для работы в СРП-1 оказался непригодным по следующим причинам: его выходная мощность оказалась меньше мощности потребляемой, чрезмерное усиление и неправильный монтаж приводили к самовозбуждению УНЧ. В результате этого в первые же дни работы СРП-1 выходные трансформаторы всех усилителей релейного статива сгорели.

По предложению работников нефтепромысла тов. Кузнецова В. Г. и Комарова А. М. в схему было введено реле разделения РР, представляющее собой реле с задержкой на включение. Задержка 75—100 мсек обеспечивает прохождение сигнала с УНЧ радиостанции на УНЧ релейного статива и автоматическое отключение УНЧ релейного статива от радиостанции во время разговорной радиосвязи.

Реле РР включено в цепь катода лампы 6П1П — усилителя мощности приемника. При отсутствии радиосигнала УНЧ приемника закрыт отрицательным напряжением смещения, снимаемым с генератора шумоподавителя (шумоподавитель на рис. 5 отсутствует). Появление радиосигнала вызывает срыв работы генератора шумоподавителя и УНЧ радиостанции открывается. Через лампу и реле РР протекает ток. Так как в первый момент проис-

ходит заряд конденсатора  $C_6$ , то на нем падает малое напряжение, происходит задержка включения реле РР.

Устранение недостатков, указанных в пункте 2 и 3, было достигнуто реконструкцией УНЧ релейного статива и соответствующим подбором напряжения входа, снимаемого с делителя, образованного сопротивлениями  $R_6$  и  $R_7$ . Вместо трехкаскадного УНЧ релейного статива автором данной статьи был предложен двухкаскадный, работающий в классе А, усилитель. Его выходная мощность превышает потребляемую. Вновь предложенный УНЧ хорошо работает в импульсном режиме.

Как уже указывалось выше, усиленный сигнал поступает на дешифраторы (резонансные реле) куста. Известно, что качество колебательного контура резонансного реле тем выше, чем меньше потребляемая мощность и чем больше реактивная мощность контура

$$Q = \frac{P_p}{P_n}$$

где  $P$  — потребляемая контуром мощность;  $P$  — реактивная мощность контура.

Для обеспечения нормальной работы реле типа РКМ, которое является нагрузкой колебательного контура  $C$ , нужна относительно небольшая мощность (100... 200 мвт).

Это, однако не было учтено конструкторами системы СРП-1. Под их руководством завод-изготовитель снизил качество колебательных контуров резонансных реле дешифраторов за счет излишнего напряжения, подаваемого на реле  $P_1$  типа РКМ (см. схему рис. 6).

При наличии необходимых отводов от катушки эта ошибка легко была поправлена автором данной статьи, однако обнаружить ее удалось лишь после ликвидации всех предыдущих недостатков.

Реконструкция и переделка СРП-1 была произведена силами и средствами НПУ «Туймазанефть». В реконструкции системы активное участие принимал конструктор Октябрьского филиала ВНИИКанефтегаз Н. Сухарев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Гешелин и Б. М. Левин. Радиотелемеханизация в нефтедобывающей промышленности, ГОСИНТИ, 1960.

2. А. Е. Тихомирова и др. Специальный курс электротехники, радиотехники и электроники, Гостоптехиздат, 1960.

3. И. Л. Каганов. Промышленная электроника, ГЭИ, 1961.