**Высокочувствительный датчик электропроводности бурового раствора**

Ахметшин Р.М., Лугуманов М.Г. (ОАО НПФ «Геофизика»)

При бурении скважин широко используется информация о технологических параметрах бурения, позволяющая оптимизировать вскрытие продуктивных интервалов, а следовательно, повысить эффективность и улучшить технико-экономические показатели разведочного и эксплуатационного бурения. Электропроводность является одним из основных свойств бурового раствора. Электрическое сопротивление является надежным критерием выделения зон аномально высокого пластового давления и водонасыщенных коллекторов, минерализация воды в которых, как правило, выше минерализации промывочной жидкости. Измерение электропроводности позволяет быстро и эффективно выбирать оптимальную рецептуру бурового раствора, оперативно определять моменты вскрытия продуктивных пластов при бурении.

Отечественные датчики не всегда отвечают требованиям точности и надежности, необходимым для геофизических исследований, поэтому перед специалистами ОАО НПФ «Геофизика» была поставлена задача разработать датчик, позволяющий в непрерывном режиме контролировать электропроводность бурового раствора и соответствующий требованиям эксплуатации в условиях буровой.

Известны контактный и бесконтактный методы измерения электропроводности. Бесконтактный метод подразделяется на низкочастотную и высокочастотную кондуктометрию, а высокочастотная кондуктометрия, в свою очередь, на ёмкостную и индуктивную.

Одним их самых простых методов измерения электропроводности является контактный метод. Его недостатками являются постоянный контакт электродов с жидкостью, разрушение их вследствие электролиза, а также поляризация электродов.

Особенностью приборов, использующих бесконтактный метод, является отсутствие гальванического контакта электродов с анализируемой средой.

Низкочастотная бесконтактная кондуктометрия реализуется на частоте до 1000 Гц и используется для измерения сильных электролитов и слабых, если их удельная электрическая проводимость находится в пределах 1-10-6 См/см.

Метод бесконтактной высокочастотной кондуктометрии основан на взаимодействии электромагнитного поля высокой частоты (порядка 105-108 Гц) с анализируемым раствором, находящимся в измерительной ячейке емкостного или индуктивного типа. В результате взаимодействия изменяется импеданс ячейки, который функционально связан с электрическими свойствами анализируемого раствора - электрической проводимостью и диэлектрической проницаемостью. По конструктивному исполнению измерительные ячейки подразделяются на проточные и погружные.

Проанализировав возможности существующих методов, специалистами ОАО НПФ «Геофизика» для изготовления высокочувствительного датчика электропроводности бурового раствора был выбран бесконтактный индуктивный метод измерения электропроводности погружного типа. Датчик преобразует удельную электропроводность раствора в электрический сигнал и состоит из 2-х частей: индуктивно-трансформаторного датчика и блока электроники.

Измерительный преобразователь индуктивно-трансформаторного датчика представляет собой систему двух соосно расположенных тороидальных катушек индуктивности, охваченных общей петлей связи в виде жидкостного витка исследуемой среды. Для повышения электрической чувствительности датчика и снижения уровня электрических помех, обусловленных индуктивными и емкостными связями, катушки индуктивности выполняются на сердечниках с повышенной магнитной проницаемостью. В случае ограниченного объема датчика и малого сечения магнитопровода катушек для получения высокой чувствительности датчика его рабочая частота должна находиться в пределах 10-100 кГц. Выбор пал на марганец-цинковый ферритовый кольцевой сердечник, т.к. данные ферриты применяются в качестве магнитопровода в изделиях, работающих в слабых синусоидальных магнитных полях, в дросселях, катушках индуктивности и других изделиях радиоэлектронной аппаратуры, кроме того он обладает высокой термостабильностью.

Катушки индуктивности 1 (рис. 1) помещены в корпус из нержавеющий стали 2. Для повышения влагостойкости, а так же вибро- и ударопрочности корпус с ферритовыми кольцами заливается герметиком. Сформировать жидкостной виток электрической связи из исследуемой жидкости позволяет фторопластовая крышка 3, герметично закрывающая корпус с катушками. Датчик легко разбирается, следовательно, ремонтопригоден. Корпусы датчика и блока электроники соединены между собой металлической трубкой 4. В полость трубки помещены соединительные провода 5, защищенные экраном.

Блок электроники состоит из герметичного металлического корпуса 8 с коммутационным разъемом 6 и электронной платы 7, жестко закрепленной в корпусе.

Рис. 1. Датчик электропроводности

Принцип работы датчика. С помощью генератора высокочастотного синусоидального напряжения (100 кГц) 1 (рис. 2), подключенного к катушке возбуждения, в окружающей датчик жидкости возбуждается переменное электромагнитное поле вихревых токов, величина которых пропорциональна электропроводности жидкости. Вторичное электромагнитное поле вихревых токов возбуждает в измерительной катушке переменную ЭДС, величина которой так же пропорциональна электропроводности жидкости, в которую погружен датчик.

Высокочастотное синусоидальное напряжение подается на вход нормирующего усилителя 2, затем на схему прецизионного выпрямителя 3, где выпрямляется и преобразуется в выходной аналоговый сигнал (0 – 5) В. Питание датчика осуществляется напряжением ± 12 В, диапазон рабочих температур (–40 ¸ +50) °С, диапазон измерения - 10 См·м-1.

Рис. 2. Блок-схема

Датчик калибруется в 3-х растворах дистиллированной воды с NaCl заданной концентрации.

Основная абсолютная погрешность Dо измерений не превышает допустимого нормированного значения, вычисляемого по формуле

Dо = ± (0,05+0,02(50/Х-1)),

где Х – эталонное значение электропроводности.

Датчик позволяет непрерывно контролировать электропроводность бурового раствора, применяется в качестве дополнительного датчика в составе станций технологических исследований «Леуза-2» и станции геолого-технологических исследований «Геотест-5». Существует 2 вида датчика электропроводности: на входе и на выходе. Специальная модификация датчика электропроводности используется в колтюбинговом бурении для определения электропроводности раствора на выходе скважины.

В настоящее время успешно эксплуатируется в разных регионах России и СНГ более 40 датчиков.

**Список литературы**

1. Кулаков М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов». 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1983. 424 с.

2. Отчеты по НИОКР из фондов ОАО НПФ «Геофизика». 1981, 1983.