

- Радио и связь, 1983.-336с.
2. Королев Ф.А. Теоретическая оптика. -М.: Высшая школа, 1966. -556с.
  3. Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В. Оптические постоянные природных и технических сред: Справочник. - Химия, 1984. - 216с.
  4. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. -М.: Сов. Радио, 1978. - 400с.

## ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗДЕЛИТЕЛЯ ЗАБОЙНОЙ ТЕЛЕСИСТЕМЫ

Афанасьев Ф.В., Стеблев Ю.И.

Применение электромагнитного каротажа для контроля параметров пласта в процессе бурения нефтяных скважин – одно из перспективных направлений. Описанная ниже модель позволяет определить необходимые для работы системы параметры. Конструктивная схема ЗТС представлена на рис.1. Здесь А и В – точки контакта скважинного диполя ЗТС со стенками ствола скважины. Q – расход промывочной жидкости. Напряжение от передатчика в точках А и В передается на элементы диполя каротажа и далее через контакты со стенками скважины в породу.

Электрическая схема замещения электромагнитного излучателя ЗТС представлена на рис.2, где Ег – скважинный турбогенератор;  $R_{вн} = R_g + R_{пер}$ ;  $R_g$  – внутреннее сопротивление,  $R_{пер}$  – сопротивление передатчика;  $R_{ут.в}$  – сопротивление утечки по буровому раствору внутри ЗТС – в кольцевом зазоре "корпус-инклинометр";  $R_{ут.н}$  – сопротивление утечки по раствору в кольцевом зазоре "ствол скважины – корпус ЗТС";  $R_n$  – сопротивление нагрузки – породы, слагающие разрез скважины;  $L_g$  – индуктивность обмотки генератора.

В случае низкочастотных электрических полей можно пренебречь индуктивными и емкостными сопротивлениями. Активные сопротивления утечки определим по известным формулам с учетом конструктивных особенностей ЗТС:

$$R_{ум} = \frac{R_{умв} * R_{умн}}{R_{умв} + R_{умн}}$$

$$R_{умв} = \frac{4 * \rho_{ж} * l_{уз}}{\pi * (d_m^2 - d_n^2)},$$

$$R_{умн} = \frac{4 * \rho_{ж} * l_{уз}}{\pi * (D_c^2 - D_m^2)}$$

где  $\rho_{ж}$  – удельное сопротивление промывочной жидкости, Ом\*м.

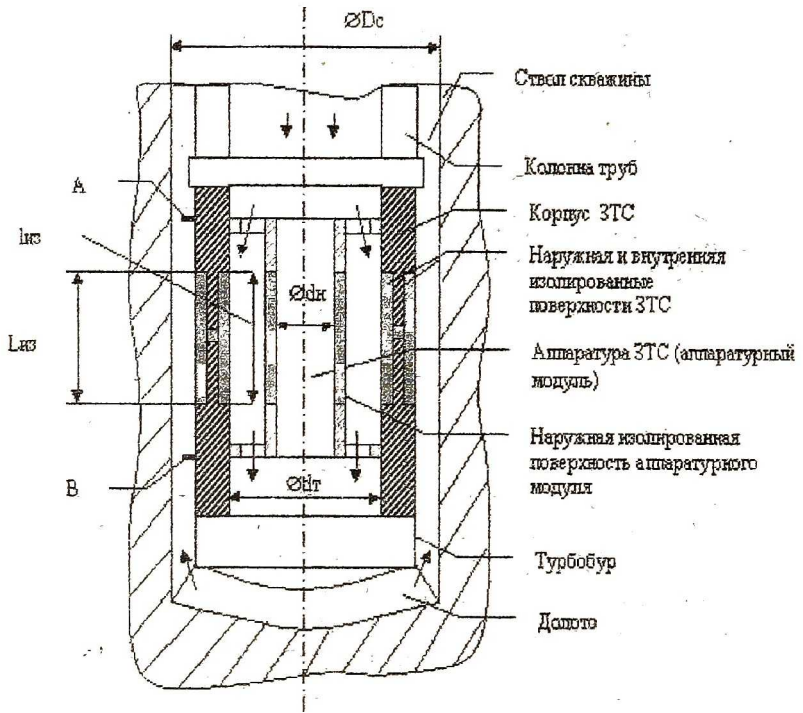


Рисунок 1.  
Конструктивная схема ЗТС

На рис.1 приняты следующие обозначения:  $l_{из}$  и  $L_{из}$  – длина изолированных участков внутри и снаружи корпуса ЗТС, м;  $D_c$  – диаметр ствола скважины, м;  $D_t$  и  $d_t$  – диаметры частей корпуса ЗТС, м;  $d_p$  – диаметр изолированной части корпуса инклинометра, м.

Чтобы  $R_{ут}$  не влияло на работу передающего устройства (турбогенератор и электронный коммутатор инклинометра), необходимо и достаточно условие:  $R_{вн}$  составляет 3-5 Ом, т.е. сопротивление утечки должно удовлетворять неравенству  $R_{ут} \geq 30$  Ом.

В [1] было показано, что:

$$R_{ут} \geq 10 * R_{вн} = 10 * (R_{г} + R_{лп}) , \quad R_{лп} = \frac{\rho_n * L}{S} ,$$

где  $\rho_n$  – удельное сопротивление породы между точками А и В, Ом\*м;  $L$  – расстояние между точками контакта, м;  $S$  – площадь цилиндрической поверхности ствола скважины, м<sup>2</sup>.

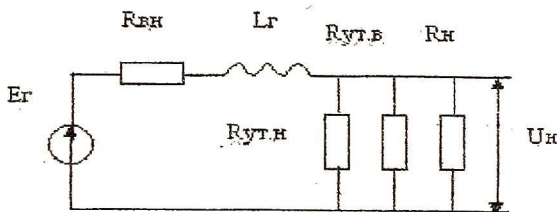


Рисунок 2.  
Электрическая схема замещения электромагнитного излучателя ЗТС

Последнее выражение преобразуется к виду:

$$R_n = \frac{\rho_n}{\pi * D_c}$$

Результирующее сопротивление:

$$R_p = \frac{R_{ут} * R_n}{R_{ут} + R_n'}$$

Для  $\rho_{ж} = 0.15 \text{ Ом} * \text{м}$  и  $\rho_{п} = 0.8 \text{ Ом} * \text{м}$ ,  $D_c = 220 \text{ мм}$  и  $L = 1-2 \text{ м}$ , получим  $R_{г} = 1-2 \text{ Ом}$ .

Определим емкостные сопротивления элементов ЗТС. Эта задача может быть решена на основе аналогии между электростатическим полем и электрическим полем постоянного тока. При решении задач электрического поля постоянного тока можно использовать соответствующие задачи для электростатического поля в диэлектрике и наоборот.

Рассмотрим два металлических электрода произвольной формы с потенциалами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , расположенные в проводящей среде с удельной электрической проводимостью  $\sigma$ . Сопротивление между этими электродами определим из соотношения:

$$R = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{I}$$

где  $I$  – ток между электродами.

Если один из электродов окружить замкнутой поверхностью  $S$ , то:

$$R = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\oint_S \vec{\delta} * d\vec{S}} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\sigma \oint_S \vec{E} * d\vec{S}}$$

Если проводящую среду заменить диэлектриком с диэлектричес-

кой проницаемостью  $\varepsilon_0\varepsilon$ , то емкость между электродами определится так:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Используя теорему Гауса, получим:

$$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon \oint \vec{E}^* d\vec{S}}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Перемножая выражения для R и C, получим:

$$R^* C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon}{\sigma}$$

Используя последнее соотношение, запишем значения емкостей включенных параллельно соответствующим сопротивлениям:

$$C_{\text{утв}} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon^* \pi^* (d_m^2 - d_n^2)}{\sigma_{\text{жс}}^* 4\rho_{\text{жс}}^* l_{\text{из}}} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon^* \pi^* (d_m^2 - d_n^2)}{4l_{\text{из}}}$$

$$C_{\text{утн}} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon^* \pi^* (D_c^2 - D_m^2)}{4l_{\text{из}}}$$

$$C_{\text{н}} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon^* \pi^* D_c}{\sigma_n^* \rho_n} = \varepsilon_0\varepsilon^* \pi^* D_c$$

где  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon$  — относительные диэлектрические проницаемости промывочной жидкости породы.

Плотность тока в слабопроводящей среде определяется выражением:

$$\delta = (\sigma + j\omega\varepsilon_0\varepsilon)E.$$

Сложность каротажа геофизической среды на низких частотах состоит в том, что реактивная составляющая измеряемого импеданса значительно меньше активной. Для каждой реальной среды можно определить граничную частоту  $\omega_{\text{гр}}$ , при которой амплитуды токов проводимости и смещения равны:  $\omega_{\text{гр}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon}$ .

Так, для сухой почвы ( $\sigma=5\text{E}-5$ ,  $\varepsilon=3$ )  $\omega_{\text{гр}} = 30\text{кГц}$ ; для влажной почвы ( $\sigma=5\text{E}-3$ ,  $\varepsilon=10$ )  $\omega_{\text{гр}} = 10\text{МГц}$ ; для пресной воды ( $\sigma=1\text{E}-3$ ,  $\varepsilon=80$ )  $\omega_{\text{гр}} = 20\text{кГц}$ . Из этих данных следует, что эффективное определение реактивных составляющих проводимости возможно на достаточно высоких частотах. Однако имеются экспериментальные характеристики [1], указывающие на



значительную частотную дисперсию  $\varepsilon$  в области низких частот (рис.3). При этом граничная частота получается достаточно низкой и требования к точностным параметрам аппаратуры снимаются. Это означает, что возможен двухпараметровый каротаж околоскважинной зоны в диапазоне частот от сотен герц до нескольких килогерц.

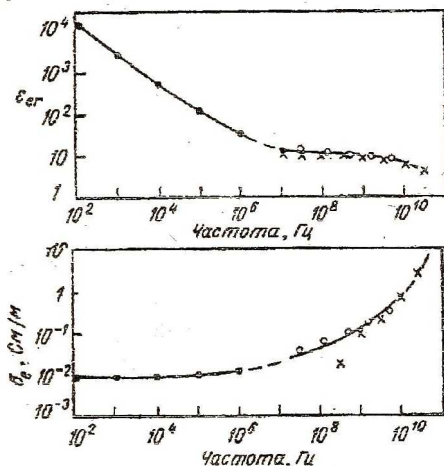


Рисунок 3.

Зависимость параметров  $\sigma$  и  $\varepsilon$  от частоты для суглинистой почвы.

*Список использованных источников*

1. Р.Кинг, Г.Смит. Антенны в материальных средах. В 2-ух книгах. М., Мир. 1984. Кн.1, 355 с., кн.2. 813 с.
2. Черняк Г.Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М: Недра, 1987. 212 с.

## МЕТОД ОГРАНИЧЕНИЯ РАЗРЯДНОЙ СЕТКИ ЭВМ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ ПРОГРАММ

Жидченко В.В., Коварцев А.Н.

В условиях возрастающей сложности решаемых задач к алгоритмам, используемым в электронных устройствах, предъявляются все более высокие требования по быстродействию и надежности. В этих условиях одной из самых актуальных задач становится обеспечение высокого качества проектируемых программных продуктов (ПП).