

О ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СТАНЦИЯ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

Л. В. Трубецков, Н. Г. Сарнавский

Харьков

Акустический каротаж широко применяется при глубинном бурении. При этом электрический сигнал, получаемый от скважинной аппаратуры, содержит важную и достаточно точную информацию о свойствах исследуемых пород. Ответственным звеном в передаче этой информации на поверхность от скважинного прибора к регистрирующей аппаратуре является кабель специального назначения типа КТБ-6, КТБФ-6. Частотный сигнал, проходя по кабелю и испытывая его воздействия, претерпевает изменения, поэтому для получения достоверной информации необходимо качественно и количественно оценить изменения сигнала.

Отсюда становится ясной актуальность исследования электрических параметров и свойств каротажных кабельных линий протяженностью 5—7 км. Непосредственное измерение параметров таких линий сложно, громоздко и связано с большими материальными затратами. Однако обычный путь изучения кабельной линии как канала связи путем физического моделирования усложняется специфическими условиями скважинного каротажа.

Прежде всего надо отметить, что кабельная линия связи по своей протяженности находится в геотермическом поле (повышение температуры на каждые 100 м глубины составляет 3,1°C).

С этих позиций обычное представление кабельной линии связи в виде однородной линии неприемлемо. С учетом указанных особенностей кабельная линия связи может быть описана системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} -\frac{\partial U}{\partial h} &= L(h) \frac{\partial i}{\partial t}; \\ -\frac{\partial i}{\partial h} &= C(h) \frac{\partial U}{\partial t}, \end{aligned} \quad (1)$$

где U и i — мгновенные значения напряжения и тока;
 $L(h)$ и $C(h)$ — погонные индуктивность и емкость, являющиеся функцией расстояния h от конца линии.

Как известно, для создания физической модели кабеля необходимо знать его частичные параметры: активное сопротивление, емкость и индуктивность. В то же время в теории связи [1] показано, что первичные параметры кабеля имеют смысл лишь по отношению к электрическим

коротким длинам взаимовлияющих цепей, когда их длина значительно меньше четверти длины волны.

Вследствие необходимости определения анизотропных свойств земляных пластов скважины акустический каротаж производится на частотах 100 кГц.

Принимая коэффициент скорости распространения волны по кабелям типа КТБ-6, КТБТ-6 равным 1,51, длину моделируемого отрезка линии в виде отдельной ячейки с сосредоточенными параметрами определяем в 100 м.

Изменение параметров кабеля под влиянием температуры можно выразить так:

$$\begin{aligned} \alpha_R &= \frac{1}{R} \frac{dR}{dt}; \\ \alpha_L &= \frac{1}{L} \frac{dL}{dt}; \\ \alpha_C &= \frac{1}{C} \frac{dC}{dt}; \\ \alpha_G &= \frac{1}{G} \frac{dG}{dt}, \end{aligned} \quad (2)$$

где α_R , α_L , α_C , α_G — температурные коэффициенты активного сопротивления, индуктивности, емкости, проводимости.

В [2] показано, что изменение коэффициентов α_L , α_C , α_G под действием температуры на порядок меньше α_R , и в первом приближении нами не учитываются.

Температурный коэффициент активного сопротивления [2]

$$\alpha_R = \frac{kr}{2} \left[\frac{2 \operatorname{ber} kr \operatorname{bei}' kr - \operatorname{bei} kr \operatorname{ber}' kr}{(\operatorname{ber}' kr)^2 + (\operatorname{dei}' kr)^2} - \frac{(\operatorname{ber} kr)^2 + (\operatorname{bei} kr)^2}{\operatorname{ber} kr \operatorname{bei}' kr - \operatorname{bei} kr \operatorname{ber} kr} \right] \alpha_{R_0}, \quad (3)$$

где $k = \sqrt{\omega \mu \sigma}$ — коэффициент вихревых токов;
 r — радиус жилы.

$$\alpha_{R_0} = \frac{1}{R_0} \frac{dR_0}{dt} = - \frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{dt};$$

(α_{R_0} — температурный коэффициент сопротивления постоянному току).

Рассчитанное значение α_R по формуле (3) для кабеля КТБ-6 длиной в 100 м составляет 0,7% при частоте сигнала 100 кГц. Незначительное изменение α_R на выбранной длине кабеля в 100 м дает основание представить этот отрезок в виде однородной линии

$$\begin{aligned} - \frac{\partial U}{\partial h} &= L \frac{di}{dt}; \\ - \frac{\partial i}{\partial h} &= C \frac{\partial U}{\partial t}. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, физическая модель кабеля может быть представлена в виде отдельных ячеек с неравнозначными параметрами, так как в целом мы имеем неоднородную линию связи.

Параметры каждой ячейки рассчитываем в зависимости от ординаты моделируемого 100-метрового отрезка кабеля в геотермическом поле по известным формулам и экспериментальным данным, приведенным в работе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. В. О. Шварцман. Взаимные влияния в кабельных линиях связи. Связьиздат, 1966.
 2. Н. Д. Курбатов, П. А. Фролов. Стабильность параметров кабелей дальн. связи. Связьиздат, 1965.
-