



Принципы повышения эффективности импульсных электромагнитных сейсмоисточников малой мощности для исследования малых глубин

Селезнев В.А., Живодров В.А., ФГУП «Саратовская геофизическая экспедиция», г. Саратов;
Угаров Г.Г., Усанов К.М., Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов

В импульсной невзрывной сейсморазведке для изучения геологического строения земли нашли применение электромагнитные источники сейсмических колебаний [1]. Признано эффективным применение электромагнитного генератора сейсмических колебаний на глубины до 500 м при энергии воздействия до 500 Дж и частоте воздействия до 1 Гц [2, 3]. В процессе испытания выявились достоинства источника: высокочастотный спектр возбуждаемого сигнала (50...500 Гц), высокая идентичность сейсмосигналов при повторяемых воздействиях в процессе накопления, автоматизация сейсморазведочных работ, безопасность и простота обслуживания, простота конструкции и технологичность изготовления.

Также выявилась необходимость повышения энергии воздействия сейсмоисточника при сохранении его высокой маневренности, снижение массы источника питания и устройства управления им.

В настоящей работе обосновывается принцип решения поставленных задач.

Одним из эффективных путей повышения энергии и КПД сейсмоисточников с электромагнитным приводом является форсированное аккумулирование магнитной энергии в рабочих воздушных зазорах линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД). Практическая реализация данного способа состоит в приложении к якору ЛЭМД противодействующего усилия, препятствующего его движению до момента достижения током заданной величины.

Рассмотрим влияние силы сопротивления движению якоря - бояка в момент трогания на энергию удара ЛЭМД.

Уравнение баланса сил, действующих на якорь имеет вид:

$$\frac{md^2\delta}{dt^2} = F_s(\delta) - F_n(\delta) \quad (1)$$

где m - масса якоря, δ - перемещение, $F_s(\delta)$, $F_n(\delta)$ - электромагнитная и противодействующая силы.

Положим, что сила F_n , противодействующая движению якоря изменяется по закону:

$$F_n = f_n(\delta) + F_0, F_0 > f_n(\delta), \text{ при } t > t_0; \delta = \delta_1 \quad (2)$$

$$F_n = f_n(\delta), \text{ при } t \geq t_0, \delta < \delta_1$$

Умножая (1) на $d\delta$ с учетом (2) получим уравнение энергетического баланса:

$$\int_{V_1}^{V_2} mVdV = \int_{\delta_2}^{\delta_1} F_s d\delta - \int_{\delta_2}^{\delta_1} f_n(\delta) d\delta \quad (3)$$

где V_1 , V_2 - начальная и конечная скорость движения якоря.

Энергию, запасенную в системе к моменту трогания якоря можно представить в виде:

$$A_1 = 0,5I_1\psi_1 = 0,5I_1^2 L_1 \quad (4)$$

где ψ_1 , L_1 - потокосцепление и индуктивность в момент трогания, откуда:

$$L_1 = \frac{2A_1}{I_1^2} \quad (5)$$

При постоянном потокосцеплении энергия, превращаясь в полезную работу за время цикла равна:

$$A = 0,5\psi_1 (I_1 - I_2) \quad (6)$$

где I_1 , I_2 - значения токов в начале и в конце цикла; ψ - потокосцепление.

При $U = \text{const}$ закон изменения тока $i(t)$ до начала движения якоря определяется известным выражением:

$$i(t) = \frac{U}{r} (1 - e^{-\frac{r}{L_1}t}). \quad (7)$$

Из (7) можно найти время трогания t_0

$$t_0 = \frac{L_1}{r} \ln \frac{1}{1 - \frac{I_1}{I_s}} \quad (8)$$

где $I_s = \frac{U}{r}$ установившееся значение тока.

Время движения $t_{\text{дв}}$ найдем при допущении, что якорь движется равноускорено:

$$t_{\text{дв}} = \frac{2\delta_1}{V_2} \quad (9)$$

Для импульсного характера работы сейсмоисточника пренебрежем противодействием $f_n(\delta) \approx 0$ и потерями в системе. Тогда конечную скорость V_2 якоря найдем из условия:

$$0,5mV_2^2 = 0,5\psi_1 (I_1 - I_2),$$

откуда $V_2 = \sqrt{\frac{(I_1 - I_2)\psi_1}{m}} \quad (10)$

Согласно [4] начальные значения I_1 и ψ_1 , соответствующие моменту трогания якоря можно представить в виде

$$I_1 = \sqrt{\frac{2F_0\delta_1}{L_1}} \quad (11)$$

$$\psi_1 = \sqrt{2F_0\delta_1 L_1} \quad (12)$$

Учитывая (11), (12) представим скорость V_2 в виде:

$$V_2 = \sqrt{\frac{(k-1)2F_0\delta_1}{k}} \quad (13)$$

где $k = \frac{L_2}{L_1}$

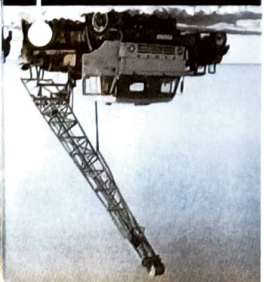
Из равенств (11), (12) и (8 - 10), (13) найдем время трогания t_0 и движения $t_{\text{дв}}$ в зависимости от величины F_0

$$t_0 = \frac{L_1}{r} \ln \frac{1}{1 - \frac{\sqrt{2F_0\delta_1}}{\sqrt{L_1}I_s}} \quad (14)$$

$$t_{\text{дв}} = \frac{2\sqrt{2\delta_1 m}}{\sqrt{F_0(k-1)}} \quad (15)$$

Из уравнений (14), (15) следует, что при увеличении удерживающего усилия F_0 в момент

ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



тепей источника питания сейсмостойчивого аккумулятора электрического режима разряда, обеспечения электрической емкости аккумулятора и упрощения схемы типичного коммутатора предлагается питать аккумулятор от аккумулятора, периодически заряжаемого через автономный инвертор. При этом существенно облегчается электрический режим работы аккумулятора за счет снижения разрядного тока, уменьшается объем и масса источника питания в 2...4 раза.

Литература

1. Теория и практика наземной невзрывной сейсмозащелки/Под ред. М.Б. Шнейersona М.: ОАО Издательство "Недра", 1998. 527 с.
2. Селазнев В.А., Усанов К.М., Угров Г.Г. Комбинированный источник питания импульсного электромагнитного генератора сейсмических колебаний/Материалы Всероссийской конференции "Прогрессивные технологии в обучении и производстве". Волгоград, 2002.
3. Бритков Н.А., Малахов А.П., Рашенцев Н.П. и др. Электромагнитный импульсный сейсмостойчивый малой мощности/Сборник научных трудов: Электромагнитные импульсные системы. ИД СО СССР. Новосибирск: наука, 1989.
4. Тер-Анопов А.К. Динамика быстродействующих электромагнитов. М., "Энергия", 1965.

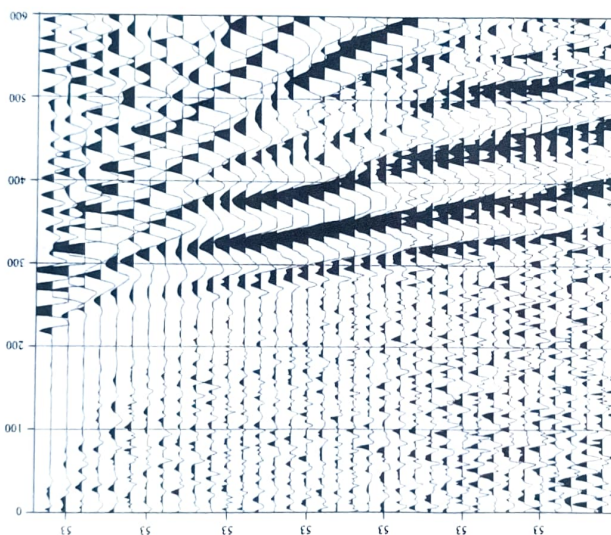
Протяжения время протяжения увеличивается, а время движения уменьшается. Увеличение времени протяжения позволяет накопить большую энергию магнитного поля, а уменьшение времени движения при той же величине хода обуславливает большую конечную скорость V_2 якоря.

Следовательно, при увеличении протяжения F_0 будет возрастать действующую усилие F_0 будет возрастать энергия ядра сейсмостойчивника

$$A_{\text{я}} = \frac{m V_2^2}{2} = \frac{F_0^2 (k-1)}{2k} \quad (16)$$

Поскольку на этапе протяжения полезной работы не совершается, необходимо, чтобы требуемое количество энергии магнитного поля в системе запаслось за минимальное время. Для этого следует применить режим форсированного питания ЛЭМД сейсмостойчивника. Для практики реализации изложенного способа повышения эффективности импульсных электромагнитных сейсмостойчивников разработано несколько вариантов устройств, обеспечивающих наряду с якорем ЛЭМД противодействующим усилием. Экспериментальная проверка изложенных теоретических положений подтвердила их корректность (см. фото прототипа и фрагмент материала, полученного с его помощью).

С целью улучшения масштаба прототипа показ-



ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям. Статья представляется в электронном виде на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версия 6.0 или выше), графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версия 4.0 или выше), либо в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунок присылается в виде растровых файлов формата "TIF", с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие). "JPG" с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстрации - А4. Максимально допустимое количество выделенных четких и ясных шрифтов. Все математические символы, скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, необходимо указать город, место работы и должность, научную степень.

От редакции. Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция не может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.