

ток до 24 А. КПД при номинальной мощности и частоте преобразования 47 кГц составил 90%. Малое выходное сопротивление не вынуждало делать выходные напряжения стабилизированными и коэффициент пульсаций составил 2 В, что не является критическим.



Рис. 3. Внешний вид платы усилителя класса D

Таблица

Характеристики усилителя класса D

Мощность, Вт	Выходное напряжение, В	Номинальный выходной ток, А	кпд, %	Частота преобразования, кГц	Выходное сопротивление, Ом	Коэффициент пульсаций, В
700	12+12	24	90	47	0.1	2

Таким образом, в результате исследования установлено, что импульсные блоки питания обладают характеристиками, позволяющими говорить об их преимуществе над обычными трансформаторными блоками питания: меньший вес, малые габариты, экономия на материалах, отсутствие больших и дорогостоящих накопительных конденсаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семян, А.А. 500 схем для радиолюбителей. Источники питания / А.А. Семян. – СПб. : Наука и Техника, 2005. – 408 с.
2. Баширов, С.Р. Современные интегральные микросхемы / С.Р. Баширов, А.С. Баширов. – М. : Эксмо, Радио-электроника. – 2008. – 176 с.
3. Программы расчета трансформаторов и дросселей [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://cxem.net/index.php?showtopic=70885&st=0>.

УДК 621.371.39

МЕТОДЫ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СЛОИСТЫХ СРЕД

В.Н. ЛЕВОЩЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты исследования электромагнитной волны ее затухания и спектра отраженного от поверхности слоя толщиной h . Приведены графики частотной зависимости коэффициента затухания.

Метод георадиолокационного подповерхностного зондирования (в общепринятой терминологии – георадиолокация, в англоязычной литературе этот метод называется «Ground Penetrating Radar» или GPR.) основан на изучении распространения электромагнитных волн в среде. Идея метода в излучении импульсов электромагнитных волн и регистрации сигналов, отраженных от границ раздела слоев зонди-

руемой среды, имеющих различие по диэлектрической проницаемости. Такими границами раздела в исследуемых средах являются, например, контакт между сухими и влагонасыщенными грунтами (уровень грунтовых вод), контакты между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и тальми грунтами, между коренными и рыхлыми породами и т.д.

На рис. 1 показана обобщенная структурная схема радиолокатора (РЛ), включающего передатчик, вырабатывающий зондирующий сигнал и подключенный к передающей антенне, приемник, к которому подключена приемная антенна. Выход приемника соединен с осциллографическим индикатором и записывающим устройством. Эти устройства управляются от синхронизатора, входящего в состав передатчика. При радиолокационном зондировании слоя толщиной h на вход приемной антенны попадают три сигнала: прямой (просачивающийся), верхний сигнал, отраженный от верхней границы слоя и нижний сигнал, отраженный от нижней границы слоя, а также сигналы от промежуточных границ между верхней и нижней. Наиболее широко распространен импульсный метод радиолокации, основанный на использовании периодической последовательности зондирующих импульсов, формируемых передатчиком. Отраженные импульсы в пределах периода повторения (диапазон однозначного измерения дальности) запаздывают относительно излучаемых, и это время запаздывания позволяет измерить расстояние до цели. При формировании импульса передатчика приемник запирается (бланкируется), однако в приемнике все же имеется прямой просачивающийся сигнал, обычно растянутый за счет перегрузки входных каскадов. Поэтому лишь после окончания импульса передатчика становится возможным прием отраженного импульса. Для РЛ, расположенного на летательном аппарате, находящемся на высоте H , происходит естественная временная развязка прямого и отраженного сигналов, если интервал времени $2H/c$ превышает длительность прямого импульса. Если слой имеет четкие электромагнитные границы (т. е. заметное различие диэлектрических проницаемостей соответствующих сред), то отраженные от его границ сигналы сдвинуты друг относительно друга по времени. При дальнейшей обработке сигналов в приемнике используются либо сами эти сигналы, либо их огибающие, полученные в результате детектирования [1].

Радиолокационное измерение толщины слоя h основано на определении интервала времени Δt между сигналами, отраженными от его границ:

$$h = v\Delta t / 2, \tag{1}$$

где v – скорость распространения радиосигнала в слое.

Таким образом, минимально измеряемая толщина слоя определяется минимально измеряемым интервалом Δt_{\min} . Согласно критерию Рэля, для радиоимпульсов одинаковой амплитуды разрешающая способность по дальности определяется длительностью радиоимпульсов $\tau_{0,5}$ на уровне 0,5 от максимальной амплитуды, т.е. $\Delta t_{\min} = \tau_{0,5}$, откуда

$$\Delta t_{\min} = v\tau_{0,5}. \tag{2}$$

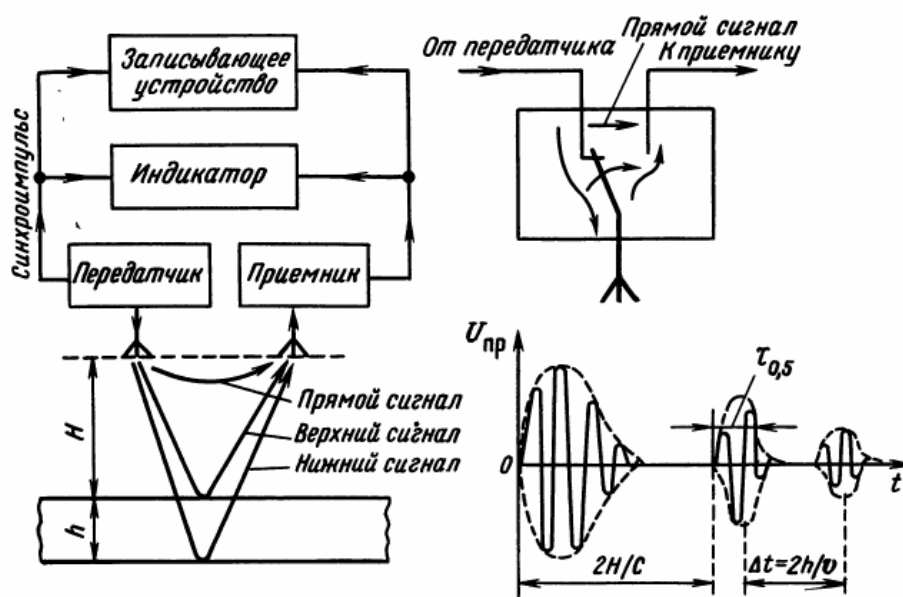


Рис. 1. Структурная схема импульсного радиолокатора, схема действия антенного переключателя и временные диаграммы сигналов на входе приемника

Другой важный параметр при радиолокационном зондировании – необходимый динамический диапазон, т.е. отношение максимальной и минимальной амплитуд сигналов на выходе приемника РЛ. Требуемый динамический диапазон определяется максимально возможным отношением амплитуд сигналов, отраженных от верхней и нижней границ слоя :

$$D = q_{\max} = 201 \lg \left(\frac{E_B}{E_H} \right) \approx 2 \Gamma_{\max} h_{\max} \dots \quad (3)$$

Если $\Delta t \gg \tau_{0,5}$, то теоретически при использовании средств борьбы с перегрузками, например временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ) динамический диапазон РЛ может приблизиться к величине $D = 101 \lg \left(\frac{P_{\text{прос}}}{P_{\text{пр min}}} \right)$, где $P_{\text{прос}}$ – просачивающийся из передатчика прямой сигнал, а

$P_{\text{пр min}}$ – чувствительность приемника. Введем дополнительно понятие развязки между антеннами (или между выходами передатчика и входом приемника в одноантенном варианте) $l = \frac{P_n}{P_{\text{пр min}}}$. Тогда динами-

ческий диапазон (в дБ) $D = p - l$,

где p – так называемый потенциал РЛ.

Для достаточно тонких слоев при $\Delta t_{\min} = \tau_{0,5}$ динамический диапазон определяется отношением амплитуд главного и первого бокового лепестков сигналов. Как известно, импульсная характеристика полосового фильтра с прямоугольной амплитудно-частотной характеристикой имеет вид $\sin \frac{x}{x}$, т.е. уро-

вень первого бокового лепестка ниже главного на 13 дБ. Практически путем скругления амплитудно-частотной характеристики, что связано с расширением главного лепестка, можно обеспечить $D = 15 \div 20$ дБ. Полагая, например, для $h_{\min} = 0,5$ значение $D = 15$ дБ, получим максимально допустимое удельное затухание $\Gamma_{\max} = 15$ дБ/м, что выполняется для влажного песчаника лишь при $f \leq 100$ МГц. Следует отметить, что практически увеличить D пропорционально толщине слоя h не всегда возможно. Поэтому для h в несколько метров может сохраниться тот же динамический диапазон, около 15 дБ, т.е. допустимое значение Γ_{\max} будет значительно меньше [2].

Из сказанного выше следует, что требования высокой разрешающей способности с целью разделения сигналов от границ тонких слоев и проникающей способности радиоволн в слой противоречивы. Например, если для влажного песчаника при длительности импульса $\tau = 8$ нс уменьшить число периодов колебаний до предельно возможного — одного периода (однопериодный импульс), то соответствующая частота $f = \frac{1}{\tau_{0,5}} = 125$ МГц не обеспечивает требуемый динамический диапазон $D = 15$ дБ даже для

минимальной толщины $h_{\min} = 0,5$ м. Приведенный пример, как и примеры с морским льдом и другими средами, показывает, что, в отличие от широко известных применений радиолокации для наблюдения за самолетами, кораблями, земной поверхностью и т.д., при подповерхностном радиолокационном зондировании осадочных и горных пород следует переходить от сантиметрового и дециметрового диапазонов волн к метровому и даже декаметровому, используя предельно короткие импульсы — однопериодные или близкие к ним [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М.И. Финкельштейн [и др.]. – М.: Недра, 1986.
2. Москвичев, В.Н. Исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью / В.Н. Москвичев // Радиотехника и электроника. – Минск : Высш. шк., 1988. – Вып. 18. – С. 76.
3. Гололобов, Д.В. Радиотехнические системы поиска и идентификации углеводородных залежей в режиме двух-частотного взаимодействия / Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. – 2002. – № 1. – С. 32 – 40.