

УДК 621.396.13:621.391.814

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В.А. Кочумеев, А.Б. Мирманов\*, О.В. Стукач

Томский политехнический университет  
\*Казахский агротехнический университет  
им. С. Сейфуллина, г. Астана  
E-mail: tomsk@ieeee.org

Рассматривается возможность и перспективность использования видеоимпульсных радиосигналов в перспективных телекоммуникационных системах передачи инклинометрической информации. Оцениваются характеристики системы.

### Ключевые слова:

Сверхвысокие частоты, затухание в среде, диэлектрическая проницаемость, передатчик видеоимпульсов.

### Введение

Совершенствование существующих телекоммуникационных систем для геофизических исследований является актуальной проблемой. В настоящее время применяется передача данных по кабелю на сверхнизких частотах. Это требует обеспечения мощного высоковольтного электропитания. Длина кабеля не может превышать 800...1000 м, что в современных условиях явно недостаточно. В настоящее время практически исчерпан возможный потенциал экономии материалов и энергии, проведения традиционных корректирующих и организационных мероприятий. Модернизация и техни-

ческое усовершенствование существующей аппаратуры не может решить главных проблем снижения ресурсоёмкости геофизических работ, поскольку ограничением является сам способ передачи данных. Отсюда вытекает актуальность разработки принципиально новых подходов к методологии проектирования и эксплуатации телекоммуникационных систем в геофизике.

### Систематизация проблем в проектировании геофизических телекоммуникационных систем

Отказ от устаревших способов передачи данных и аппаратуры связан с решением крупной системной проблемы, объединяющей технологические и организационные мероприятия. Перечислим проблемные ситуации и связанные с ними противоречия, которые необходимо разрешить.

### Новый принцип передачи данных

Передача информации по кабельным каналам хорошо изучена. Конечно, и там остаётся немало нерешённых проблем, но ограничения на длину кабеля делает этот способ малоперспективным для развития. Имеет смысл изучение распространение радиоволн по новому кана-

**Кочумеев Владислав Андреевич**, аспирант кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.

E-mail: tomsk@ieeee.org

Область научных интересов: теория и техника СВЧ, приборы и методы измерения.

**Мирманов Арман Барлыкович**, ст. преподаватель кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана.

E-mail: amwitgeo@gmail.com.

Область научных интересов: технология цифровой связи.

**Стукач Олег Владимирович**, д-р техн. наук, профессор кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.

E-mail: tomsk@ieeee.org

Область научных интересов: теория и техника СВЧ, приборы и методы измерения.

лу связи – буровой трубе. Её можно рассматривать как волновод с заперделными по распространению волн параметрами. Проблема передачи информации через такой канал связи находится в начальной стадии решения.

### **Новый частотный диапазон**

Для рассмотренного канала связи единственно пригодным может оказаться УВЧ-СВЧ диапазон длин волн. Низкие частоты и ультразвук не распространяются по буровой трубе. Существует сильная зависимость вносимого затухания от частоты. Учитывая, что канал связи неоднородно заполнен средами с разной диэлектрической проницаемостью, приёмо-передатчики должны работать в целом спектре частотного диапазона УВЧ-СВЧ. По сути, требуется использование методов сверхширокополосной радиоэлектроники, в которой неприменимы многие классические представления о распространении радиоволн. В настоящее время активно развиваются методы сверхширокополосной радиолокации. Методы передачи данных в сверхширокой полосе ждут серьёзных исследований.

Радиофизические исследования (см., например, работы [1, 2]) показывают, что имеет место классическое противоречие между мощностью передатчика и частотой: частота должна быть выше, чтобы получить максимальную мощность передатчика и расположить антенну в трубе и в то же время меньше для снижения затухания в заполняющей среде.

### **Вид модуляции и форма сигнала**

Учитывая высокую вероятность появления неоднородностей в канале связи, влияющих на форму и амплитуду сигнала, необходимо проведение исследований по формированию информационного сигнала. В заполняющей среде напрямую невозможно использование обычных импульсных систем передачи, так как при прохождении видеоимпульсов по каналу связи целостность сигнала будет нарушена. Отношение сигнал-шум для сигналов разной формы в заполняющей среде существенно изменяется [3]. Для передачи данных может использоваться радиоимпульсные и шумоподобные сигналы.

### **Распространение радиоволн в неоднородной среде с большим затуханием сигнала**

Скважина представляет собой заперделный волновод, в котором могут распространяться почти все типы волн. Наличие воды и бурового раствора приводят к резкому возрастанию затухания. Установлено, что затухание зависит от параметров сигнала, диэлектрической проницаемости среды и может изменяться в широких пределах [2].

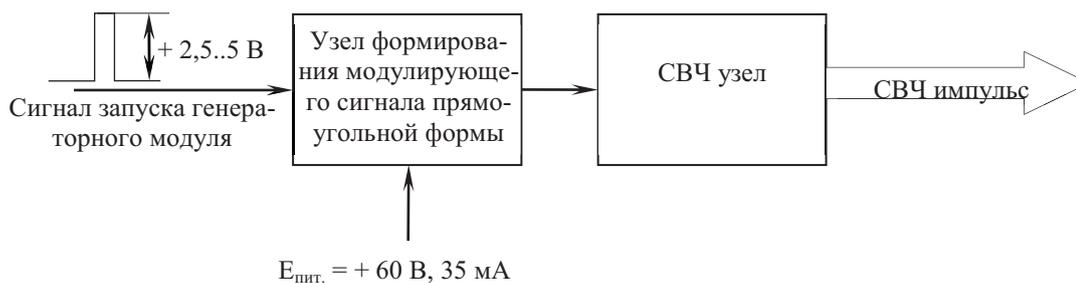
Сильное затухание было главным препятствием для разработки телекоммуникационных систем в прошлом, поскольку не существовало миниатюрных мощных передатчиков. В настоящее время разработаны мощные приёмопередающие модули на диодах Ганна в диапазоне 1–10 ГГц [4].

### **Передающий модуль телекоммуникационной системы**

Функционально генераторный модуль на диоде Ганна состоит из двух узлов:

- узла формирования модулирующего сигнала прямоугольной формы;
- волноводного резонатора.

Волноводный резонатор, в который установлен импульсный диод Ганна, образует СВЧ узел. Узел формирования модулирующего сигнала прямоугольной формы предназначен для возбуждения диода Ганна импульсами различной длительности и скважности. Электрическая структурная схема генераторного модуля изображена на рис. 1.



**Рис. 1.** Структурная схема генераторного модуля

На вход генераторного модуля поступает импульсный сигнал запуска положительной полярности с амплитудой напряжения 2,5...5 В. Длительность и частота следования сигнала запуска генераторного модуля определяют параметры СВЧ импульса. Импульсный сигнал положительной полярности, с амплитудой 15...20 В поступает на СВЧ узел для запуска диода Ганна, генерирующего СВЧ импульс мощностью 5...10 Вт.

Возбуждение СВЧ генератора осуществляется мощными импульсами различной длительности с напряжением до 20 В и током до 25 А. Для стабильной работы СВЧ генератора имеется узел формирования модулирующего сигнала с выходным сопротивлением, составляющим десятые доли Ом (рис. 2).



**Рис. 2.** Электрическая структурная схема узла формирования модулирующего сигнала

Ограничитель амплитуды обеспечивает стабилизацию амплитуды и длительности выходных импульсов; регулятор амплитуды позволяет стабилизировать амплитуду импульсов возбуждения; стабилизатор напряжения обеспечивает питание ограничителя и входного каскада возбуждителя; входной, предоконечный, окончательный каскады образуют импульсный усилитель, нагруженный на диод Ганна.

Конструктивно передающий модуль выполнен на основе волновода  $23 \times 10 \times 46$  мм (рис. 3). Генераторный диод устанавливается внутри волновода на расстоянии  $\lambda/4$  от закороченного края волновода, где  $\lambda$  – требуемая длина волны генерируемого колебания.



**Рис. 3.** Общий вид СВЧ генератора

Технические характеристики модуля:	
Рабочая частота, ГГц	9,3–9,5
Выходная импульсная мощность не менее, Вт	15
Длительность импульсов запуска, нс	1000
Ток диода Ганна, А	0,9–1,2
Время установления и спада СВЧ импульса, нс	6...8
Амплитуда импульса запуска	ТТЛ
Полярность запускающих импульсов	положительная
Напряжение источника питания, В	+60
Потребляемый ток не более, мА	30

### Заключение

Таким образом, проектирование новой телекоммуникационной системы связано с решением проблем, составляющих следующие области радиоэлектроники.

1. Теория связи.
2. Теория цепей и сигналов.
3. Классическая электродинамика.

Разработанные мощные приёмопередающие модули на диодах Ганна позволяют вновь вернуться к вопросу о проектировании системы передачи данных на новой элементной и технологической базе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдоченко Б.И. Моделирование повреждений трубопроводов при зондировании субнаносекундными импульсами // Доклады томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2 (22). – Ч. 2. – С. 142–146.
2. Liu S., Sato M., Takahashi K. Application of borehole radar for subsurface physical measurement // Journal of Geophysics and Engineering. – 2004. – №. 1. – P. 221–227.
3. Zhao A., Jiang Y., Wang W. Signal-to-noise Ratio Enhancement in Multichannel GPR Data via the Karhunen-Loeve Transform // Progress In Electromagnetics: Research Symposium. – Hangzhou, 2005, August 22–26. – P. 754–757.
4. Пушкарев В.П., Титов А.А., Юрченко В.И. Режимные характеристики импульсного генератора на диодах Ганна типа 3А762 // Доклады томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2 (22). – Ч. 2. – С. 138–141.

Поступила 11.04.2012 г.