

## **Понижение информационной избыточности в системе геоэлектрического зондирования**

Н.В. Дорофеев

*Муромский институт (филиал) «Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Орловская 23, тел. (49234) 77-121, E-mail: [DorofeevNV@yandex.ru](mailto:DorofeevNV@yandex.ru)*

*В статье проанализирована работа системы геоэлектрического зондирования геодинамических объектов. Разработан способ понижения избыточности информации в передаваемых данных для повышения оперативности обработки зондирующих сигналов и получения прогнозных оценок.*

*The article analyses the operation of the system geoelectrical monitoring of geodynamic objects. Has been developed a method of decrease of redundancy of information in the transmitted data to improve the efficiency of handling the probing signal and the receipt of predictive assessments.*

### **Введение**

В настоящее время для мониторинга и прогнозирования развития приповерхностных неоднородностей на крупных промышленных объектах необходимы системы геодинамического зондирования, построенные на базе электролокационной установки. В существующих системах геоэлектрического зондирования построенных на базе геоэлектрических методов регистрируется изменение силы тока, протекающего через наблюдаемый геологический разрез. При проведении долговременного контроля и мониторинга в подобных системах применяются первичные преобразователи тока в напряжение, на принципе работы которых основываются бесконтактные трансформаторные датчики [1 - 5].

Зачастую в подобных системах требуется снизить информационную избыточность, повысить скорость передачи и обработки информации с бесконтактных трансформаторных датчиков [2, 6, 7], что в итоге повысит время реакции системы и оперативность получения прогнозных оценок и выявления неблагоприятных факторов.

Система геоэлектрического зондирования, построенная на базе многополюсной электролокационной установки, включает в себя ряд излучающих электродов и датчиков, объединенных с центральным блоком обработки в единую измерительную сеть. Излучающие электроды и бесконтактные трансформаторные датчики рассредоточены на большой территории, располагаются в геологической среде и зачастую вне прямой видимости друг от друга.

Структура одного измерительного канала системы можно представить блок схемой изображенной на рис. 1.

Из структуры приведенной на рис. 1 видно, при снижении информационной избыточности должны учитываться помехи, вызванные климатическими, гидрологическими и химическими факторами [8 - 10].

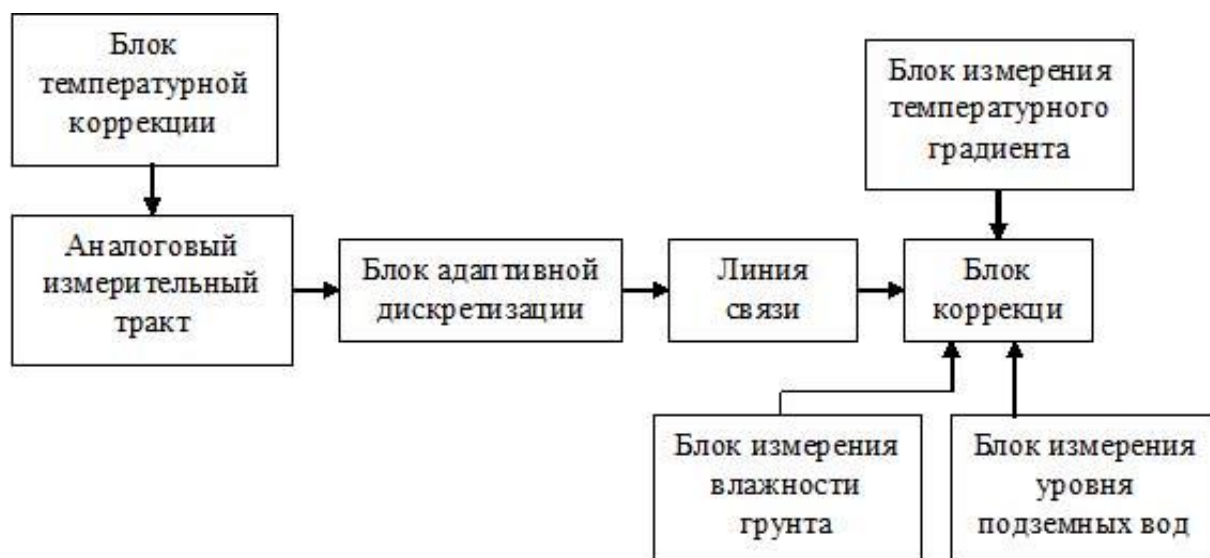


Рис.1. Блок схема измерительного канала системы геоэлектрического контроля

В соответствии с этим целью работы является разработка способов снижения информационной избыточности и повышения скорости передачи информативной информации в системах геоэлектрического зондирования.

#### Адаптивная дискретизация

Как правило, наиболее значимым для систем геоэлектрического зондирования и мониторинга является наблюдение за изменением напряжения на входе АЦП, которое может косвенно отражать геодинамику геологической среды. При этом информативным параметром при проведении геодинамического мониторинга и контроля может являться как отклонение амплитуды зондирующего сигнала от заданного значения, так и смещение фазы полезного сигнала. В первом случае для уменьшения объема передаваемой и обрабатываемой информации необходимо знать только факт и причину изменения амплитуды.

Блок адаптивной дискретизации, приведенный на рис. 1, должен выбирать только те отсчеты, которые отражают динамику информативных параметров входного сигнала. Если в качестве информативного параметра выступает амплитуда наблюдаемого сигнала (рис. 2), то алгоритм работы блока адаптивной дискретизации может быть описан следующим выражением:

$$s(k) = \sum_i \left( \theta \left( \frac{|s(k-1) - s(i)|}{\Delta_A} - 1 \right) \cdot s(i) \right), \quad (1)$$

где  $s(k)$  – текущее значение дискретного сигнала;  $\theta$  – функция Хэвисайда;  $s(k-1)$  – предыдущее значение дискретного сигнала;  $s(i)$  –  $i$ -я выборка аналогового сигнала с шагом  $\Delta$  на  $k$ -м шаге дискретизации;  $\Delta_A$  – допустимое отклонение амплитуды аналогового сигнала.

В выражении (1) суммирование производится, пока значение функции Хэвисайда  $\theta$  не станет равным единицы. При таком алгоритме дискретизации начало изменения сигнала будет находиться, как видно из выражения (1), между двумя соседними отчетами  $s(k)$ , которые могли быть получены с большим временным интервалом. Это означает, что реакция системы контроля замедляется максимум на время  $\Delta_t$  равное времени получением двух соседних отчетов.

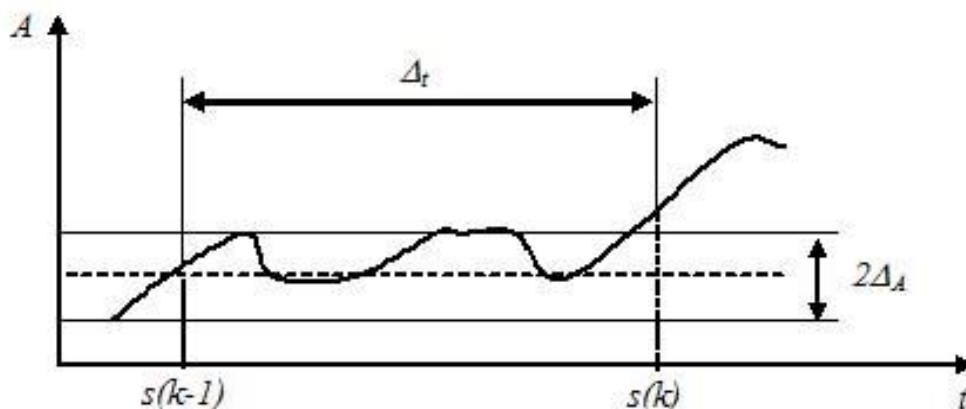


Рис. 2. Адаптивная дискретизация в случае изменения амплитуды сигнала

В системах геодинамического зондирования построенных на базе многополюсной электролокационной установки зачастую может применяться фазометрический принцип контроля. Фазометрический принцип основывается на определении динамики геологической среды по изменению фазы зондируемого сигнала. Задача оценки фазы сигнала может решаться с применением статистических методов оценивания параметров. В качестве критериев могут выступать Байесовский критерий или критерий суммы условных вероятностей ошибки. После оценки фазы сигнала передача её значения можно осуществлять, используя выражение (1).

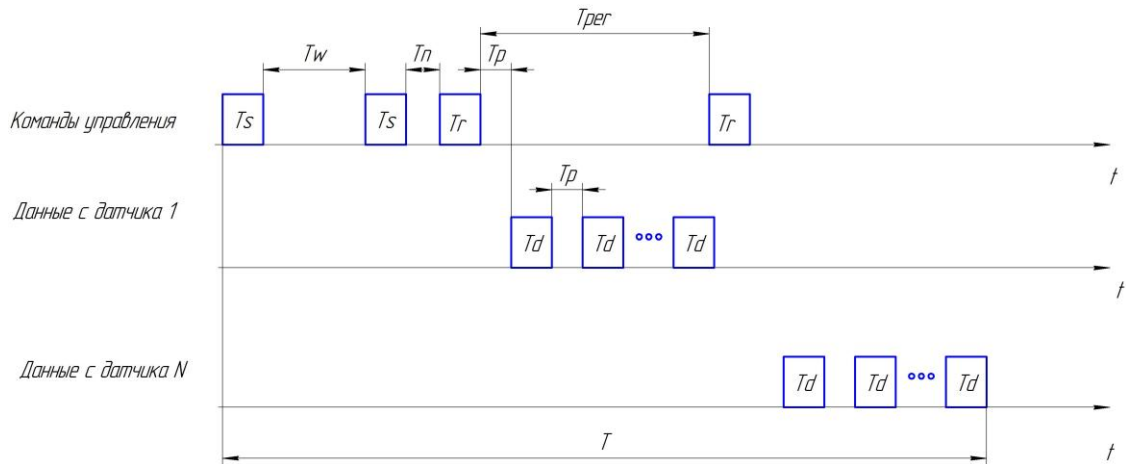
#### Алгоритм обмена

Для повышения надежности системы геоэлектрического зондирования, снижения экономических затрат и получения возможности масштабирования подобные системы строятся на базе интерфейса RS-485.

Из-за аппаратных и функциональных особенностей систем геодинамического зондирования использовать стандартизированные протоколы обмена, такие как ModBus, ProfiBus, ОВЕН и т.д., не целесообразно, поэтому для организации обмена данными и удаленного управления устройствами используется оригинальный алгоритм.

Особенностями алгоритма являются: побайтовая передача данных  $T_d$  и команд  $T_s$ ,  $T_r$ , при чем в старшем полубайте хранится адрес назначения или отправителя, а в младшем размещаются сами данные или команды управления; случайное время оцифровки данных  $T_w$  и время отведенное для передачи данных от датчика до центра сбора  $T_{per}$ . В связи с этим, на практике применение данного алгоритма вызывает некоторые недостатки, одним из которых является возникновение коллизий в моменты передачи данных от датчиков к центру сбора. Временная диаграмма сетевого взаимодействия показана на рис. 3.

Коллизия, возникающая в канале связи, может образоваться, когда центр сбора после истечения времени  $T_{per}$ , отведенное для передачи данных от одного датчика, посылает в сеть пакет содержащую либо команду начала следующего цикла оцифровки, либо команду чтения данных с другого датчика, в то время как датчик отправляет пакеты данных  $T_d$ , которые он накопил за промежуток времени  $T_w$ , но не успел передать за время  $T_{per}$ .



**Рис. 3. Временная диаграмма сетевого взаимодействия**

Очевидно, что коллизии можно избежать в том случае если соблюдается следующее условие (2):

$$T_{per} > I \cdot \left( \frac{1}{S} + T_p \right), \quad (2)$$

где  $I$  – объем информации в байтах передаваемый от датчика к центру сбора и определяемый по формуле (3);  $S$  – скорость обмена, *байт/сек*;  $T_p$  – время необходимое датчику для подготовки данных к передаче, определяется выражением (4).

$$I = \left\lceil \frac{\Delta \cdot T_w \cdot n}{4} \right\rceil, \quad (3)$$

где  $\Delta$  – период дискретизации, *сек*;  $T_w$  – время оцифровки, *сек*;  $n$  – разрядность АЦП, *бит*.

$$T_p = tr + tpr, \quad (4)$$

где  $tr$  – время чтения 4х бит данных из оперативной памяти;  $tpr$  – время формирования кадра для передачи.

Согласно выражению (2) и (3) полезная пропускная способность при использовании данного протокола обмена уменьшается в 2 раза за счет добавления в старший полубайт кадра служебной информации. Это приводит к увеличению времени обмена в 2 раза. Повысить полезную пропускную способность в 1,5 раза без вмешательства в аппаратную и функциональную часть системы возможно внесением в алгоритм обмена следующих изменений:

- в кадре данных старшие 2 бита определяют служебную информацию (адрес источника не передается в каждом кадре, вместо него в кадр помещается служебная последовательность, однозначно определяющие кадры данных в адресном пространстве);
- по завершению передачи данных датчик отправляет дополнительный кадр, означающий окончание пересылки;
- интервал  $T_{per}$  должен служить временным окном, по истечению которого центр сбора будет принимать решение о потере или искажении дополнительного кадра посылаемого датчиком и перейдет к сбору данных с другого датчика.

В этом случае выражение (3) принимает следующий вид:

$$I = \left\lceil \frac{\Delta \cdot T_w \cdot n}{6} \right\rceil + 1 \quad (5)$$

## **Вывод**

Для уменьшения избыточности передаваемой информации требуется изменить существующую схему адресации устройств и форматы кадров, а так же изменить алгоритм обмена при выполнении операции чтения данных с датчиков.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (№ МК-3485.2012.8).*

## **Литература**

1. Жданов М.С.. Электроразведка: Учебник для вузов. // М.: Недра, 1986;
2. Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Проектирование измерительного тракта системы геоэлектрического контроля. // Проектирование и технология электронных средств. 2011. №1. С. 25-30;
3. Кузичкин О.Р., Дорофеев Н.В. Устранение мультипликативной нестабильности параметров дифференциальных измерительных преобразователей. // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2008, №10. С. 79-83;
4. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н. Анализ схем индукционных датчиков магнетометра // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2007, №9. С. 88-93;
5. Кузичкин О.Р., Дорофеев Н.В. Проблемы мультипликативной нестабильности дифференциальных измерительных преобразователей электромагнитного поля // Вопросы радиоэлектроники. 2010, Т1, №1. С. 117-122;
6. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Калинкина Н.Е. Регистрация геодинамики приповерхностных неоднородностей при электроразведке эквипотенциальным методом // Вопросы радиоэлектроники. 2001, №1. С. 107-109;
7. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р.. Алгоритм выделения иррегулярных возмущений геомагнитного поля на сети станций // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем. – М.: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007. – С. 28-32;
8. Кузичкин О.Р., Орехов А.А., Кулигин М.Н. Измерительный канал системы регистрации геомагнитных сигналов // Вопросы радиоэлектроники. 2010, Т1, №1. С. 122-128;
9. Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля. // Информационные системы и технологии. 2010. № 4. С. 119-122;
10. Кузичкин О.Р., Цаплев А.В. Температурная коррекция результатов геомониторинговых исследований на основе параметрических моделей сред. // Проектирование и технология электронных средств. 2007. №2. – С.39-43.