

4. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Ленинград: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982.
5. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2005.
6. ГОСТ 27803-88. Электроприводы регулируемые для станкостроения и робототехники. Общие требования.
7. Тарарыкин С.В., Тютиков В.В. Системы координирующего управления взаимосвязанными электроприводами. – Иваново, ИГЭУ, 2000.

**В.Е. Лялин, А.В. Уланов**

### УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ КВАЗИЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель создания оригинального устройства [2] заключается в повышении точности работы аналогичных устройств.

На рис.1 представлена блок-схема предложенного устройства, на рис.2 изображен вид электрического сигнала с выделенным квазилинейным участком, на рис.3 – график изменения кода числа на выходе второго блока вычитания, на рис.4 представлены эпюры входных и выходных сигналов второго генератора.

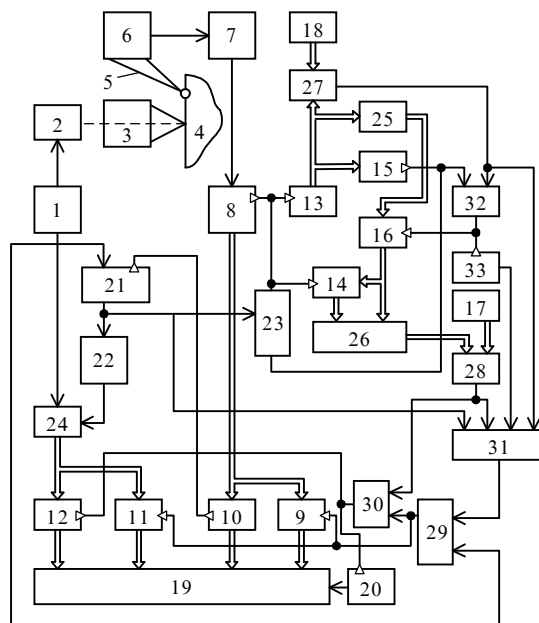


Рис.1. Блок-схема устройства:

1 –формирователь импульсов; 2,3 – источники излучения; 4 – объект контроля; 5 – датчик температуры; 6 – усилитель; 7 – фильтр; 8 – АЦП; 9–18 регистры; 19 – вычислитель; 20 – формирователь импульсов; 21 – триггер; 22,23 – генераторы импульсов; 24 – счетчик; 25,26 – блоки вычитания; 27, 28 – блоки сравнения; 29 – триггер; 30–32 – элементы И; 33 – формирователь импульсов

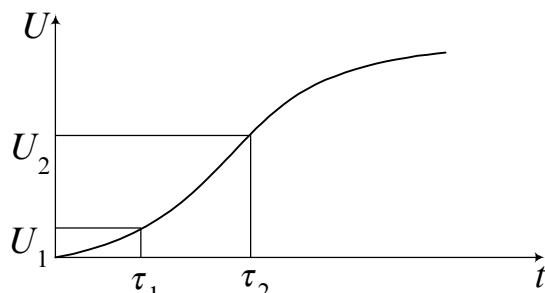


Рис.2. Вид электрического сигнала с выделенным квазилинейным участком

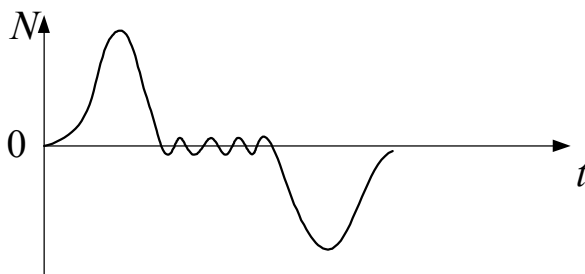


Рис.3. График изменения кода числа на выходе второго блока вычитания

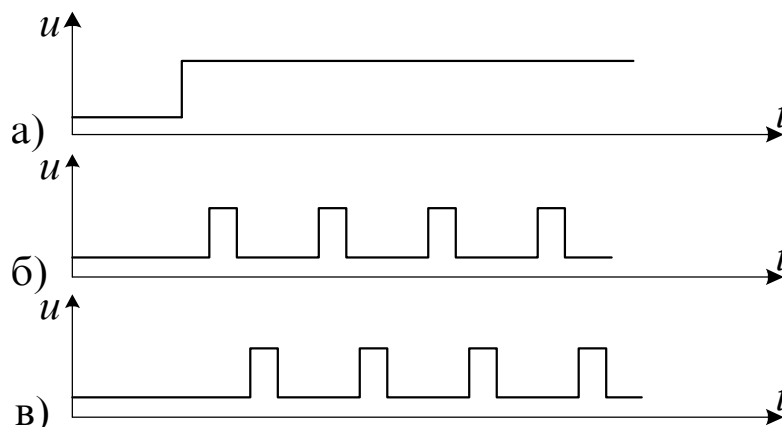


Рис.4. Этюры входных и выходных сигналов второго генератора

Устройство работает следующим образом. Сигнал с формирователя 1 импульсов запускает источник 2 излучения, который формирует сигнал подсветки источника 3 излучения. Световой луч с последнего воздействует на объект 4 контроля. Оптическая энергия луча источника 3 преобразуется в тепловую энергию и с помощью датчика 5 температуры, установленного на объекте 4 контроля, – в электрический сигнал (рис.2), поступающий через последовательно соединенные усилитель 6 и фильтр 7 на

вход АЦП 8.

Усилитель 6 служит для усиления электрического сигнала до уровня, необходимого для нормальной работы АЦП 8, фильтр 7 – для фильтрации высокочастотных помех. В исходном состоянии АЦП 8 и триггер 21 находятся в нулевом состоянии. Импульс с формирователя 1 устанавливает в "0" счетчик 24 и в "1" – триггер 21. Разрешающий сигнал с последнего (рис.4а) запускает генераторы 22 и 23 импульсов. Импульсы первого из них подсчитываются счетчиком 24 для определения необходимых моментов времени. Генератор 23 импульсов является синхронизирующим для работы отдельных блоков устройства и имеет два выхода. Импульсы на втором выходе (рис.4,в) появляются с некоторой задержкой относительно первого (рис.4,б). По переднему фронту импульса с первого выхода генератора 23 код с АЦП 8, запущенного задним фронтом этого же импульса предыдущего такта, переписывается в регистр 13, а по заднему фронту импульса с второго выхода генератора 23 это число переписывается в регистр 15. Первый блок 25 вычитания определяет разность между числами, находящимися в регистрах 13 и 15. В регистр 18 предварительно заносится число, равное порогу напряжения, ниже которого не бывает квазилинейных участков, и при электрических сигналах, не превышающих порогового значения, остальные блоки устройства не работают. Это достигается следующим образом. Код с регистра 13 постоянно поступает на первый вход блока 27 сравнения, на второй вход которого подан код с регистра 18. При малых значениях электрического сигнала на входе АЦП 8 код на его выходе, что практически означает код на выходе регистра 13, не превышает числа на выходе регистра 18. При этом низкий уровень сигнала с блока 27 сравнения закрывает элементы И 31 и 32. В регистр 18 предварительно, до проведения требуемых измерений, заносится код числа, соответствующего некоторому порогу, ниже которого не бывает исследуемых квазилинейных участков электрического сигнала, но из-за принципиальной дискретности измерений АЦП 8 измеренные напряжения в двух следующих друг за другом тактах могут быть очень близкими и отличаются между собой на одно-два значения младшего разряда.

При достижении электрическим сигналом величины, равной пороговому значению, блок 27 сравнения подает разрешающий уровень на третий вход элемента И 31 и на второй вход элемента И 32. Через последний начинают проходить импульсы с второго выхода генератора 23 импульсов, которые поступают на вход приема регистра 16. Последний по передним фронтам этих импульсов принимает значения кода с блока 25 вычитания. По передним фронтам импульсов с первого выхода генератора 23 (рис.4,б) это число переписывается в регистр 14. Блок 26 вычитания постоянно определяет разность между регистрами 16 и 14. Эта разность практически равняется цифровому значению второй производной электрического сигнала (рис.3).

В участках электрического сигнала (рис.2), где скорость изменения второй производной постоянна, код на выходе блока 26 вычитания должен быть равен "0", но из-за погрешностей аналого-цифрового преобразователя этот код только близок к "0", поэтому он сравнивается с числом в регистре 17 в блоке 28 сравнения. В регистр 17 предварительно, до начала измерений, заносится значение кода допустимой погрешности второй производной электрического сигнала (рис.3), меньше которой по абсолютной величине он принимает значения, равные "0". При этом блок 28 сравнения начинает постоянно поддерживать на своем выходе разрешающий уровень. До этого сигнал на его выходе был пульсирующим с частотой генератора 23. Однако он не проходил на выход элемента И 31 из-за стробирования его импульсом с формирователя 33, вырабатывающего импульсы по задним фронтам импульсов с второго выхода генератора 23 (рис.4,в).

При достижении условия равенства или превышения по абсолютной величине предварительно записанного числа в регистре 17 разности чисел между регистрами 14 и 16 разрешающий уровень с блока 28 сравнения в момент действия импульса с формирователя 33 разрешает его прохождение на выход элемента И 31. По переднему фронту первого же импульса с выхода последнего триггер 29 устанавливается в единичное состояние и подает разрешающий уровень на первый вход элемента И 30. По переднему фронту сигнала с выхода триггера 29 в регистр 9 записывается код с АЦП 8, численно равный  $U_1$ , а в третий регистр 11 – код со счетчика 24, численно равный  $\tau_1$ .

После прохождения электрическим сигналом (рис.2) квазилинейного участка его вторая производная (рис.3) начинает увеличиваться по абсолютной величине, что приводит к появлению импульсов на выходе блока 28 сравнения. Эти импульсы проходят через открытый элемент И 30 и поступают на входы приема регистров 10 и 12, которые принимают по спадающему фронту первого же поступившего импульса числа, равные соответственно  $U_2$  и  $\tau_2$ . Также по этому же фронту происходит сброс в исходное состояние триггера 21, который запрещает дальнейшую работу генераторов 22 и 23 импульсов. Это осуществляется для того, чтобы в регистры 10 и 12 не были занесены ошибочные числа. Кроме того, формирователь 20 импульсов формирует по спадающему фронту поступившего сигнала синхронизирующий импульс для вычислителя 19, который по заднему алгоритму в соответствии с нижеприведенной формулой опрашивает регистры 9–12 и вычисляет распознаваемый признак:

$$a = x^2 (\tau_2 - \tau_1) / 4\tau_1\tau_2 \left( \ln \frac{U_2}{U_1} + \frac{3}{2} \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} \right), \quad (1)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности;  $x$  – расстояние между точкой воздействия источника излучения и местом расположения датчика 5 температуры;  $\tau_1, \tau_2$  – времена захода и электрического сигнала в квазилинейный участок и выхода из него;  $U_1, U_2$  – величины электрического сигнала в моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

Создано и другое устройство, обеспечивающее большую точность, чем предыдущее. На рис.5 представлена схема предлагаемого устройства, на рис.6 – графики изменения кодов чисел и эпюры напряжений на выходах отдельных блоков устройства.

Устройство работает следующим образом [1]. Импульс с первого выхода первого формирователя 1 запускает первый источник 2 излучения, формирующий сигнал подсветки второго источника 3 излучения. Световой луч с выхода последнего воздействует на объект 4 контроля. Оптическая энергия луча второго источника 3 излучения преобразуется в тепловую энергию и с помощью датчика 5 температуры, установленного на объекте 4 контроля, преобразуется в электрический сигнал (рис.6), поступающий через последовательно соединенные усилитель 6 и фильтр 7 на вход АЦП 8.

На рис.6,а представлены зависимости численных кодов на выходе АЦП 8. Усилитель 6 служит для усиления электрического сигнала до уровня, необходимого для нормальной работы АЦП 8, а фильтр 7 – для фильтрации высокочастотных помех. В исходном состоянии АЦП 8 и первый триггер 21 находятся в нулевом состоянии.

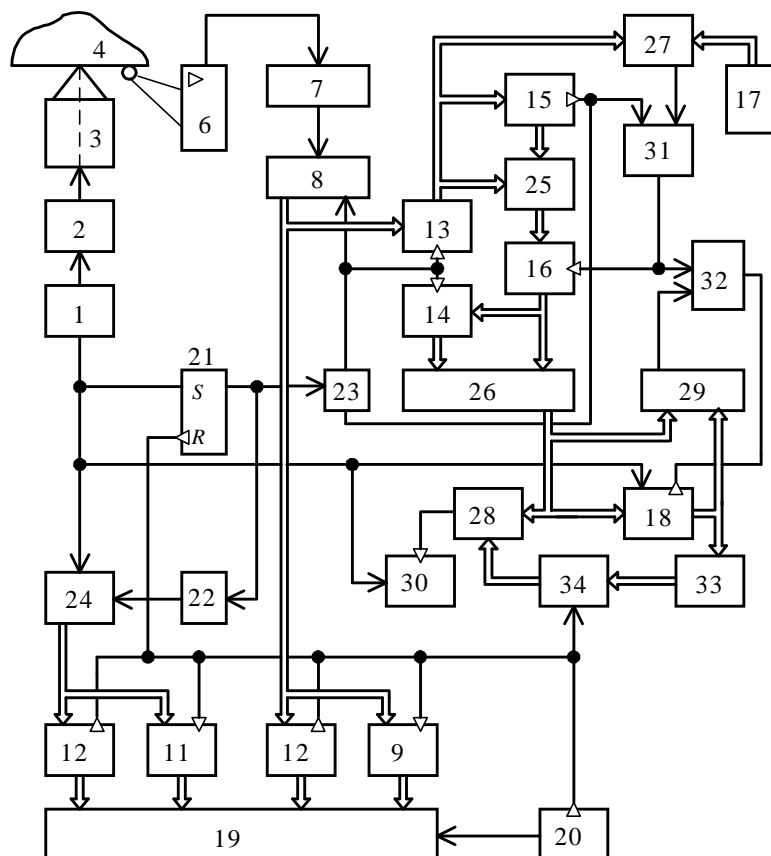


Рис.5. Блок-схема устройства:

1 – первый формирователь импульсов; 2,3 – второй и третий источники излучения; 4 – объект контроля; 5 – датчик температуры; 6 – усилитель; 7– фильтр; 8 - АЦП; 9–18 – десять регистров; 19 – вычислитель; 20 – второй формирователь импульсов; 21 – первый триггер; 22,23 – первый и второй генераторы импульсов; 24 – счетчик; 25,26 – первый и второй блоки вычитания; 27–29 – первый, второй и третий блоки сравнения; 30 – второй триггер; 31,32 – первый и второй элементы И; 33 – блок деления; 34 – инвертор

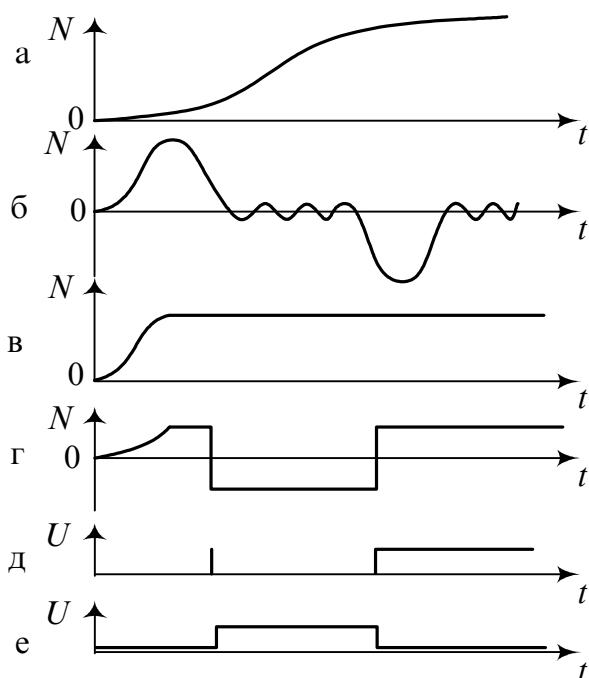


Рис. 6. Графики изменения кодов чисел и эпюры напряжений

Импульс со второго выхода первого формирователя 1 устанавливает в "0" счетчик 24 и в единичное состояние первый триггер 21. Разрешающий сигнал с последнего запускает первый 22 и второй 23 генераторы импульсов.

Импульсы первого из них подсчитываются счетчиком 24 для определения необходимых моментов времени, поэтому частота импульсов этого генератора должна быть достаточно высокой и стабильной, например, он может быть выполнен с кварцевой стабилизацией частоты. Второй генератор 23 импульсов является синхронизирующим для работы отдельных блоков устройства и имеет два выхода. Импульсы на втором выходе появляются с некоторой задержкой относительно первого выхода. По переднему фронту импульса с первого выхода второго генератора импульсов 23 код с выхода АЦП 8, запущенного задним фронтом этого же импульса предыдущего такта, переписывается в пятый регистр 13, а по заднему фронту импульса со второго выхода генератора 23 импульсов это число переписывается в седьмой регистр 15. Первый блок 25 вычитания определяет разность между числами, находящимися в пятом 13 и седьмом 15 регистрах. В девятый регистр предварительно заносится число, равное порогу напряжения, меньше которого не может находиться квазилинейный участок. При электрических сигналах, не превышающих пороговое значение, работы остальных блоков устройства не происходит. Это достигается следующим образом. Код с пятого регистра постоянно поступает на первый вход первого блока 27 сравнения, на второй вход которого подан код с девятого регистра 17. При малых значениях электрического сигнала на входе АЦП 8 код на его выходе не превышает значения числа на выходе девятого регистра 17. При этом низкий уровень сигнала с выхода первого блока сравнения закрывает первый 31 и второй 32 элементы И.

При достижении электрическим сигналом величины, равной пороговому значению, первый блок 27 сравнения подает разрешающий уровень на второй вход первого 31 элемента И. Через последний начинают проходить импульсы со второго выхода генератора 23 импульсов, которые поступают на вход приема восьмого регистра 16, последний по передним фронтам этих импульсов осуществляет прием значений кода с выхода первого блока 25 вычитания. По передним фронтам импульсов с первого выхода второго генератора 23 это число переписывается в шестой регистр 14. Второй блок 26 вычитания постоянно определяет разность между восьмым 16 и шестым 14 регистрами. Эта разность практически равняется цифровому значению второй производной электрического сигнала (рис.6,б).

Максимальные амплитуды зависимости второй производной от времени при различных измерениях могут быть разными. Амплитуды шумов второй производной, как правило, коррелированы с максимальной его амплитудой, поэтому необходим автоматический выбор порога срабатывания устройства. Для достижения этого необходимо определить амплитуду максимального сигнала (рис.6,б).

Десятый регистр 18 при пуске устройства обнуляется путем подачи сигнала на вход сброса с выхода первого формирователя 1. При появлении кодов на выходе второго блока 26 вычитания, отличных от нуля, начинает работать третий блок 29 сравнения. На его выходе есть единичный уровень, если код на первом входе превышает код сигнала на втором его входе. Этот единичный уровень подается на второй вход второго элемента И 32, который пропускает импульс с первого входа на выход и далее на синхронизирующий вход десятого регистра 18. Если текущее значение кода на выходе второго блока 26 вычитания оказывается меньше кода, уже записанного в десятый регистр 18, единичного сигнала на выходе третьего блока 29 сравнения не будет. Соответственно и не изменяется значение чисел в десятом регистре 18. В результате этого в последнем определяется максимальное значение кода сигнала второй производной (рис.6,в).

Код с выхода десятого регистра 18 поступает на блок 33 деления. Последний осуществляет деление входного цифрового сигнала в заданное число раз. На рис.6,г показана зависимость кодов на выходе инвертора 34, включенного после блока 33 деления с коэффициентом деления два.

Инвертор 34 переводит поступающее на его вход цифровое число в точно такое же по модулю, но только отрицательное, если на его управляющем входе есть единичный уровень (рис.6,е). Пока на этом входе есть нулевой сигнал, выходной код равен входному.

Второй блок 28 сравнения сравнивает коды с выхода второго блока 26 вычитания с кодами с выхода инвертора 34. Когда первый код становится меньше второго, т.е. анализируемый сигнал (рис.6,а) выходит на квазилинейный участок, на выходе второго блока 28 сравнения снова появляется нулевой сигнал (рис.6,д).

Сформированный положительный фронт на выходе второго триггера 30 (рис.6,е) записывает в первый 9 и третий 11 регистры значения кодов соответственно  $U_1$  и  $\tau_1$ . Далее следует квазилинейный участок исследуемого сигнала (рис.6,а).

В момент выхода из квазилинейного участка сигнала в установившийся режим вторая производная этого сигнала принимает отрицательные значения (рис.6,б). Когда код этого сигнала (рис.6,б) становится меньше кода с выхода блока 34 инвертора (рис.6,г), на выходе второго блока 28 вычитания появляется единичный сигнал (рис.6,д). Это приводит к переключению второго триггера 30 (рис.6,е). Отрицательный фронт этого сигнала записывает во второй 10 и четвертый 12 регистры значения  $U_2$  и  $\tau_2$ . По этому же фронту происходит сброс первого триггера 21 в исходное состояние, что запрещает дальнейшую работу генераторов 22 и 23 импульсов. Это осуществляется для устранения занесения во второй 10 и четвертый 12 регистры ошибочных чисел. Кроме того, второй формирователь 20

формирует по спадающему фронту поступившего сигнала тактирующий импульс для вычислителя 19, который по заданному алгоритму производит опрос регистров 9–12 и вычисление распознаваемого признака в соответствии с формулой

$$a = x^2 (\tau_2 - \tau_1) / 4\tau_1\tau_2 \left( \ln \frac{U_2}{U_1} + \frac{3}{2} \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} \right), \quad (2)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности;  $x$  – расстояние между точкой воздействия лазером и местом расположения термопары 5;  $\tau_1, \tau_2$  – времена соответственно захода и выхода электрического сигнала в квазилинейный участок;  $U_1, U_2$  – значения величин электрического сигнала в моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

### *Резюме*

Создано два оригинальных устройства, обладающие элементами искусственного интеллекта, которые позволяют рассчитывать коэффициент температуропроводности материала объектов с существенно большей точностью, поскольку обладают возможностью локализовать длину квазилинейного участка электрического напряжения, длительность протяжения во времени которого весьма значительно влияет на точность определения указанного коэффициента.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 1387711, СССР, МКИ G 06 K 9/00. Устройство для селекции признаков при распознавании образов / Р.М. Гараев, В.Е. Лялин, Л.Д. Загребин и М.Т. Камашев (СССР). №4067250/24-24; Заявлено 07.04.83; Опубл. 1984.
2. А.с. 1735877, СССР, МКИ G 06 H 9/00. Устройство для селекции признаков при распознавании образов / В.Е. Лялин, Р.М. Гараев, В.С. Поздеев, В.А. Сипайлов и Л.Д. Загребин (СССР). №4702277/24; Заявлено 24.06.89; Опубл. Бюл. 1992. № 19.

**Д.А. Гвоздѐв , В.П. Тарасюк**

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА УЧАСТКА ЗЕМЛИ**

### **Введение**

При строительстве дорог и различных сооружений, а также для наблюдения проблемных (сейсмоактивных) участков является необходимым исследование земной поверхности.

При строительстве необходима разведка поверхностных слоѐв земной коры для приблизительного определения структуры: какие материалы (речь идёт только о гипотетическом предположении на основании результатов рассчитанного удельного сопротивления) и в каком порядке залегают. На основании полученных результатов специалисты (георазведчики) делают выводы: есть ли подземные воды и глубоко ли они; не будет ли проседаний, разломов, оползней на данном участке; пригоден ли участок под строительство ввиду структуры залегания материалов.

На проблемных участках необходимы постоянные наблюдения за геоэлектрическим разрезом (например, в зоне сейсмической активности). При этом важно не столько само определение материалов, сколько наблюдение за структурой разреза и своевременное выявление изменений в ней для своевременного предупреждения возможных аварий или извещение о них.

### **Постановка проблемы**

На рис. 1 приведены диаграммы геоэлектрических разрезов дамбы.