

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ГРАДИЕНТОВ ТЕМПЕРАТУР И СРЕДСТВА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Зори А.А., Ким Нарзан

Донецкий государственный технический университет, кафедра ПЭ

Abstract

Zori A.A., Kim Narzan. The method of increase of accuracy of measurement of gradients of temperatures is offered by correction of a multiplicate making error caused not indefical of factors of transformation of measuring channels of temperature, forming gradientometer. The block diagram of the device realizing a method with the help of hardware is developed. The carried out researches of a method with the help of imitating modeling on real structures of temperatures have confirmed it do abll and have established reduction of an error of measurement of gradients of temperature in highgradient to a zone of a structure, under the stipulated conditions, approximately in 4 times in relation to existing to gradient to a method.

При экологических и гидрофизических исследованиях параметров водных сред, кроме измерения средних и пульсационных составляющих параметров, измеряют и их градиенты, являющимися важной информативной величиной, характеризующей свойства внутренней структуры среды [1]. Кроме того, градиенты параметров, в частности температур, используют для уменьшения динамической погрешности определения температур в высокоградиентных участках их профилей [2]. Градиентомер представляет собой два идентичных измерительных канала температуры с первичными преобразователями, разнесенными в пространстве на величину градиентометрической базы B в направлении зондирования или набегающего потока. Для получения выходного параметра градиентометрического канала, пропорционального градиенту температуры, требуется полная идентичность коэффициентов преобразования измерительных каналов. Известно, что характеристики отдельных датчиков в пределах одной партии неидентичны, причем разброс параметров достигает десятков процентов.

Для обеспечения идентичности градиентометрических измерительных каналов обычно используют подстройку коэффициентов передач измерительных каналов таким образом, чтобы они были одинаковы. Однако подстройка не гарантирует, что идентичность передаточных характеристик каналов будет длительной. Внешняя среда и механические воздействия при транспортировке и в процессе исследований приводят к возникновению микротрещин в изоляции датчика, увеличиваются утечки во внешнюю среду, происходит изменение параметров элементов и прочее. Все эти факторы вызывают изменение коэффициентов передач со временем и требуют частой подстройки измерительных каналов, что резко снижает эффективность проводимых исследований.

Неидентичность коэффициентов передачи вызывает мультипликативную составляющую погрешности измерения градиента температуры, которая пропорциональна степени рассогласования коэффициентов передачи каналов, зависит от величины измеряемой температуры и контрольно-настроечной точки в диапазоне измерения, в которой устанавливается «нуль» градиента температуры для компенсации аддитивной составляющей погрешности измерения градиента.

В случае линейных характеристик преобразования измерительных каналов температуры их выходные напряжения, в зависимости от значений измеряемых температур, представим в виде:

$$U_i = A_i T_i + B_i,$$

где U_i — выходные напряжения измерительных каналов температуры;

T_i — значения измеряемых температур;

A_i — коэффициенты преобразования (передачи) каналов;

B_i — постоянные составляющие (смещения «нулей») каналов.

Для градиентомера применяем дифференциальное (разностное) включение измерительных каналов для получения напряжения ΔU , пропорционального

градиенту температуры $\text{grad}T = \frac{\Delta T}{B}$, который пропорционален $\Delta T = T_1 - T_2$, в результате чего получим:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = A_1 T_1 + B_1 - A_2 T_2 - B_2 = (A_1 T_1 - A_2 T_2) + (B_1 - B_2).$$

При условии нулевого градиента физического параметра $\Delta T = 0$, т.е. $T_1 = T_2 = T$, что можно в соответствии с предложенным методом получить при контрольно-настроечном зондировании с нулевым значением градиентометрической базы ($B = 0$), имеем

$$\Delta U_{\Delta T=0} = (A_1 - A_2)T + (B_1 - B_2).$$

В случае идентичных коэффициентов преобразования и смещения измерительных каналов ($A_1 = A_2$; $B_1 = B_2$) для любых значений температуры T выходные напряжения $\Delta U_{\Delta T=0} = 0$ и абсолютная погрешность измерения градиентов температуры $\Delta_{\text{grad}T=0} = \Delta U_{\Delta T=0} = 0$. Для реальных коэффициентов преобразования измерительных каналов всегда имеет место некоторая неидентичность параметров $A_1 \neq A_2$ и $B_1 \neq B_2$, тогда $\Delta_{\text{grad}T=0} = \Delta U_{\Delta T=0} = T \Delta A + \Delta B$.

В соответствии с этим уравнением, при контрольно-настроечном зондировании с искусственно созданным нулевым градиентом температуры $\Delta T = 0$, за счет того, что устанавливается нулевая градиентометрическая база, при ($B=0$) и компенсации аддитивной составляющей на выходе градиентомера $\Delta B=0$, формируются при зондировании абсолютные значения мультипликативной составляющей погрешности измерения градиента $\Delta_{\text{grad}T=0}$, обусловленные неидентичностью коэффициентов передач измерительных каналов. Мультипликативная составляющая погрешности представляет собой

линейную функцию, пропорциональную измеряемой температуре T и степени рассогласования крутизны коэффициентов преобразования ΔA :

$$\Delta_{\text{grad}T=0} = \Delta U_{\text{grad}T=0} = T \Delta A.$$

В штатном режиме измерений, при зондировании с ненулевой базой ($B \neq 0$) выходной сигнал градиентомера, представив $T_2 = T_1 - \Delta T$, получим в виде:

$$\Delta U_{\text{grad}T \neq 0} = A_2 \Delta T + \Delta U_{\text{grad}T=0}.$$

$$(\text{B} \neq 0) \qquad (\text{B} = 0)$$

В соответствии с полученным выражением выходной сигнал градиентомера представляет собой алгебраическую сумму двух составляющих, первая из которых пропорциональна градиенту температуры $A_2 \Delta T$ (полезный сигнал), вторая — мультипликативной составляющей погрешности измерения ее градиента $\Delta U_{\text{grad}T=0}$, обусловленной неидентичностью коэффициентов передач измерительных каналов.

Определив мультипликативную составляющую погрешности измерения градиента температуры при контрольно-настроечном зондировании и запомнив ее в функциональной связи с глубиной H , осуществим вычитание этих значений из результатов измерительных зондирований ($B \neq 0$) при одинаковых значениях глубины, в результате чего получим существенное повышение точности измерений градиентов температур.

Структурная схема реализации метода аппаратными средствами приведена на рис.1. Устройство содержит два разнесенных по направлению зондирования (вертикали) датчика температуры 1 и 2, датчик 3 давления, три измерительно-усилительных блока 4, 5 и 6, разностный усилитель 7, АЦП 8 и 9, элемент «И» 10, генератор импульсов 11, память разности и вычитатель 12, цифроаналоговый преобразователь 13, ключ 14.

В соответствии с разработанным методом перед циклом измерительных зондирований проводят контрольно-настроечное зондирование при нулевой базе ($B=0$), при этом ключ 14 замкнут и выход схемы «И» 10 подключен ко входу памяти разности 12. Датчики температуры 1, 2 и давления 3 через измерительно-усилительные блоки 4-6 дают напряжения, пропорциональные измеряемым величинам, на выходе разностного усилителя 7 формируется напряжение, пропорциональное градиенту температуры. Первый АЦП 8 преобразует $gradT$ в цифровой код и подает на вход данных памяти разности 12. Второй АЦП 9 формирует коды давлений, которые также поступают на вход памяти разности. Синхронность работы АЦП 8 и 9 обеспечивается одновременным запуском их импульсами от генератора 11. По сигналам АЦП 8 и 9 «конец преобразования» срабатывает схема «И» и через замкнутый ключ 14 разрешается запись в память разности синхронно измеренных значений $gradT$ и давления.

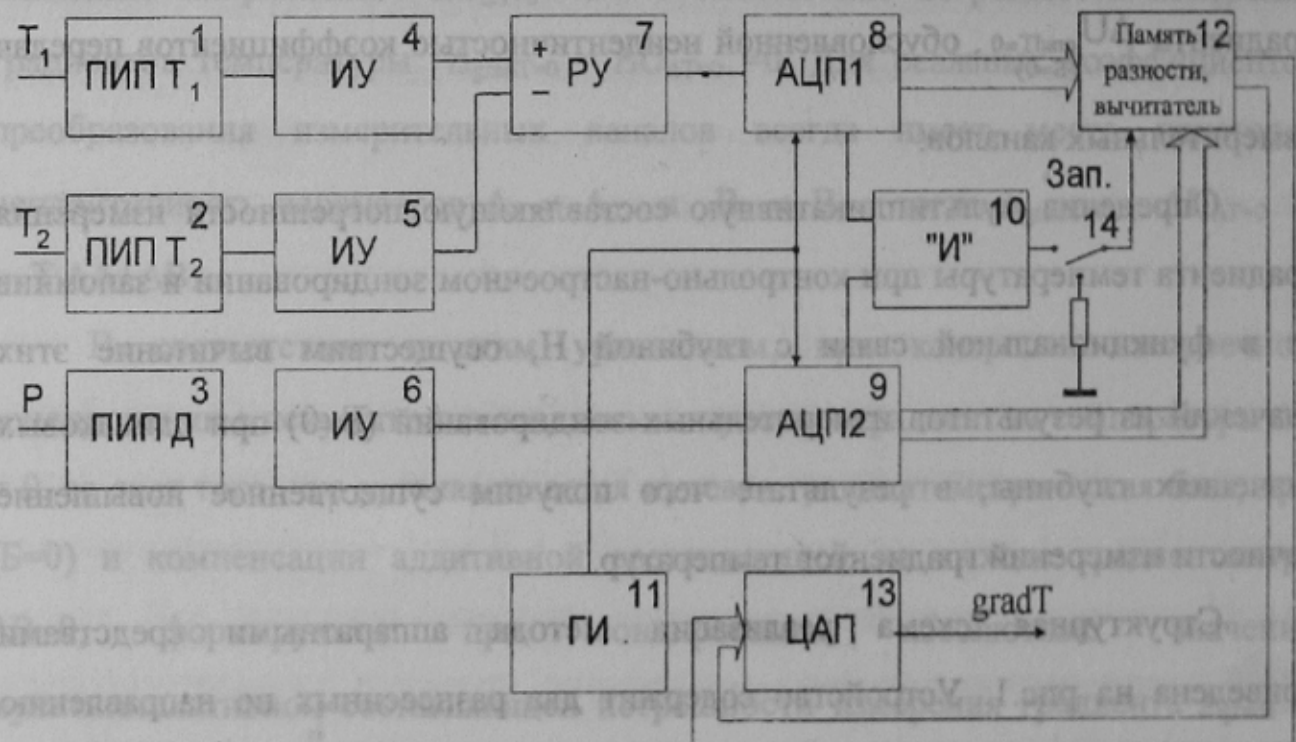


Рисунок 1 — Структурная схема устройства коррекции мультипликативной составляющей погрешности измерения градиентов температуры

Следовательно, при контрольно-настроечном зондировании ($B=0$) в памяти в соответствии с нарастающими значениями глубин формируется массив значений мультипликативной составляющей погрешности измерения градиентов температуры.

При рабочем зондировании ($B \neq 0$), ключ отключают от выхода схемы «И», память разности переходит в режим перманентного считывания под воздействием адресного кода (кода давления), формируемого АЦП 9. На выходе разностного усилителя 7 синхронно формируются напряжения, пропорциональные градиенту температуры совместно с мультипликативной составляющей погрешности измерения градиентов. Одновременно с этими напряжениями для одинаковых глубин (давлений) схема выбирает из памяти разности напряжения, пропорциональные мультипликативной составляющей погрешности измерения градиента, и вычитает их. При этом компенсируется неидентичность характеристик измерительных каналов температуры и существенно повышается точность измерений.

Сформированный код на выходе вычитателя, входящего в память разности 12 или выполненного отдельно, определяет градиент температуры с исключенной мультипликативной составляющей погрешности и с помощью ЦАП 13 преобразуется в аналоговую величину (gradT) для записи ее на аналоговые самописцы.

Для проверки эффективности разработанного метода проведено имитационное моделирование с использованием реального профиля температуры в приповерхностном слое моря. Градиенты температуры рассчитывались теоретически путем дифференцирования исходного температурного профиля и сравнивались с реальными значениями, полученными при 10% отклонении коэффициентов передач измерительных каналов температуры, и скорректированными значениями градиентов в соответствии с предложенным методом. Как показали результаты моделирования в зоне максимальных градиентов (термоклина), погрешность

измерения градиентов температуры при применении разработанного метода уменьшилась примерно в 4 раза.

Выводы

Разработан и реализован с помощью аппаратных средств новый метод коррекций мультипликативной составляющей погрешности измерения градиентов температуры, обусловленной неидентичностью коэффициентов преобразования измерительных каналов температуры, образующих градиентомер. Исследования эффективности метода с помощью имитационного моделирования для реальных профилей температур позволили констатировать уменьшение мультипликативной составляющей погрешности измерения градиентов температуры примерно в 4 раза по отношению к базовому градиентометрическому методу.

Литература

1. А.с. 1676358 СССР, МКИ⁵ G01V 1/38. Способ измерения градиентов гидрофизических параметров / А.П. Васьковцов, А.В.Зимин, А.А. Зори (СССР). — № 4647375/25; Заявлено 06.02.89; Оpubл.15.08.91, Бюл. № 29. — 6 с., ил.

2. Ким Нарзан., Зори А.А. Способ коррекции погрешности измерения градиентов параметров // Праці III-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини». — Кам'янець-Подільський, 2-6 червня 1998р. Київ. — 1998. — С.11-14.