

Изобретение относится к измерительной технике, в частности к устройствам для измерения давления в нефтяных и газовых скважинах в условиях повышенных и быстроменяющихся температур.

Цель изобретения - повышение точности измерения за счет компенсации температурной нестабильности тензопреобразователя.

На фиг. 1 представлена функциональная схема устройства; на фиг. 2 - временные диаграммы интегратора и компаратора.

Устройство для измерения давления состоит из многополюсной измерительной цепи (МИЦ), содержащей резисторы 1-7, тензопреобразователь 8 в виде мостовой цепи, источник 9 постоянного напряжения, и аналого-цифрового преобразователя (АЦП), содержащего два четырехходовых коммутатора 10, дифференциальный буферный усилитель 11, интегратор 12, компаратор 13, два конденсатора 14 и 15, ключи 16-19, задатчик 20 калиброванных временных интервалов и измеритель 21 временных интервалов. Входные шины четырехходовых коммутаторов 10 подсоединены попарно к соответствующим точкам МИЦ, а выходные - к зажимам буферного усилителя 11. К выходу последнего подключены последовательно первый и инверсный входы интегратора 12 и компаратор 13. Одни из зажимов конденсаторов 14 и 15 через ключи 16 и 17 соединены с вторым входом интегратора 12, а через ключи 18 и 19 - с выходом компаратора 13 и задатчиком 20, который в свою очередь соединен с управляющими входами всех ключей 16-19 и коммутатора 10, а также с измерителем 21.

Устройство работает следующим образом.

Работой АЦП управляет задатчик 20. В первый момент времени t_1 (фиг. 2) он выдает сигнал на замыкание ключей 16 и 18, и на вход при помощи входного коммутатора 10 коммутируется напряжение $U_{об}$. Это напряжение, усиленное в K раз, с выхода буферного усилителя 11 прикладывается к инверсному входу интегратора 12. Напряжение на конденсаторе 14 увеличивается до тех пор, пока его величина не будет равна входной. Величина этого напряжения равна

$$U_{14} = \pm KU_{об} + U_{см}, \quad (1)$$

где $U_{об}$ - напряжение выхода многополюсной измерительной цепи между выводом резисторов 3 и 4 и выводом резисторов 6 и 5;

K - коэффициент усилений буферного усилителя;

$U_{см}$ - напряжение смещения операционных усилителей.

В момент времени t_2 задатчик 20 производит переключение входного напряжения при помощи коммутатора 10 и замыкает ключи 17 и 19, при этом ключи 16 и 18 размыкаются.

Напряжение $U_{сд}$ "запоминается" на конденсаторе 15. Величина его равна

$$U_{15} = \pm KU_{сд} + U_{см}, \quad (2)$$

где $U_{сд}$ - напряжение выхода многополюсной измерительной цепи между выводом резисторов 2 и 3 и выводом резисторов 7 и 6.

Такт коррекции заканчивается в момент времени t_3 .

Ключ 19 получает команду на размыкание, а на вход АЦП коммутируется напряжение $U_{вых}$ с измерительной диагонали тензопреобразователя.

Напряжение $U_{вых}$, усиленное в K раз и поданное на вход интегратора 12, начинает заряжать емкость интегратора. Напряжение на выходе интегратора изменяется по закону

$$U_u = \frac{1}{RC} \int_{t_3}^{t_4} (KU_{вых} - U_{см}) dt + \frac{1}{RC} \int_{t_3}^{t_4} (\pm KU_{сд} + U_{см}) dt, \quad (3)$$

где RC - постоянная интегратора.

В момент времени t_4 задатчик 20 подает сигнал на переключение коммутатора. На вход АЦП поступает напряжение $U_{ео}$. При этом по второму входу интегратора подключается конденсатор 14 при помощи ключа 16. Ключ 17 в этот момент размыкается.

Полярность напряжения на выходе буферного усилителя 11 такова, что напряжение на выходе интегратора 12 начинает убывать по закону

$$U_u = \frac{1}{RC} \int_{t_4}^{t_5} (KU_{ео} + U_{см}) dt - \frac{1}{RC} \int_{t_4}^{t_5} (\pm KU_{об} + U_{см}) dt, \quad (4)$$

где $U_{ео}$ - напряжение на последовательно соединенных резисторах 2, 3 и 4.

Когда напряжение на выходе интегратора 12 уменьшится до нуля (t_5), компаратор 13 выдает сигнал на задатчик 20, который воспринимает его как

окончание преобразования. Время $t_x = (t_4 - t_5)$ фиксируется в измерителе 21. Если известен интервал времени $T_0 = t_3 - t_4$, то из равенств (3) и (4)

$$T_x = \frac{U_{\text{вых}} + U_{\text{cd}}}{U_{\text{eo}} + U_{\text{ab}}} T_0. \quad (5)$$

Если временные интервалы формируются от одного внутреннего генератора опорной частоты, то выражение (5) можно записать

$$N_x = \frac{U_{\text{вых}} + U_{\text{cd}}}{U_{\text{eo}} + U_{\text{ab}}} N_0, \quad (6)$$

где N_x - код измеряемого давления;

N_0 - емкость счетчика в задатчике временных интервалов.

Как видно из выражения (6), АЦП выполняет функциональную операцию над входными аналоговыми величинами, которые могут изменяться от температуры и автоматически производить поправку результата измерения. При этом напряжение смещения операционных усилителей не входит в формулу преобразования.

Рассмотрим более подробно механизм компенсации дополнительной температурной погрешности (датчиков) тензопреобразователей. Для этого рассмотрим многополюсную измерительную цепь.

Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ тензопреобразователя, построенного на основе полного тензомоста, зависит от давления P , питающего тока I , температуры t и описывается выражением

$$U_{\text{вых}} = K_1(1+x_1\Delta t)PI + K_2I + Ix_2\Delta t, \quad (7)$$

где K_1 - коэффициент пропорциональности между питающим током, давлением P и выходным сигналом $U_{\text{вых}}$ или чувствительность;

K_2 - коэффициент пропорциональности между током I и выходным напряжением $U_{\text{вых}}$ при давлении $P=0$ (он определяет величину напряжения смещения нуля);

x_2 - температурный коэффициент изменения напряжения смещения нуля;

x_4 - температурный коэффициент чувствительности;

Δt - приращение температуры от номинальной ($\Delta t = t - t_n$).

При этом входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ тензомоста зависит от температуры

$$R_{\text{вх}} = R_{\text{вхн}}(1+x_3\Delta t), \quad (8)$$

где $R_{\text{вхн}}$ - входное сопротивление тензомоста;

x_3 - температурный коэффициент сопротивления тензомоста.

Все эти коэффициенты однозначно определяют свойства тензопреобразователя и приводятся в паспортных данных.

При включении источника питания по первой ветви многополюсной измерительной цепи протекает ток

$$I_1 = \frac{E_n}{R_{\text{вх}} + R_5}, \quad (9)$$

где E_n - ЭДС источника постоянного напряжения;

$$R_5 = R_1 + R_2 +$$

$+ R_3 + R_4$ - сумма сопротивлений резисторов 1 - 4,

а по второй ветви

$$I_2 = \frac{E_n}{R_7 + R_6 + R_5}, \quad (10)$$

причем сумма сопротивлений резисторов 5 - 7 R_7, R_6, R_5 выбирается равной $R_{\text{вхн}} + R_5$ для того, чтобы при номинальной температуре токи в ветвях были равны.

Напряжение на зажимах многополюсной измерительной цепи описывается выражением

$$U_{\text{аб}} = \frac{E_n R_4}{R_5 + R_{\text{вх}}} + \frac{E_n R_5}{R_{\text{вхн}} + R_5}. \quad (11)$$

Учитывая из выражения (8), что

$$R_{\text{вхн}} = \frac{R_{\text{вх}}}{1+x_3\Delta t},$$

уравнение (11) можно записать в виде

$$U_{\text{аб}} = E_n \left[-\frac{R_4}{R_5 + R_{\text{вх}}} + \frac{R_5(1+x_3\Delta t)}{R_{\text{вх}} + R_5(1+x_3\Delta t)} \right] \quad (12)$$

и за малостью величины $R_5 x_3 \Delta t \ll R_{\text{вх}}$

$$U_{\text{аб}} = E_n \frac{(R_5 - R_4) + R_5 x_3 \Delta t}{R_{\text{вх}} + R_5}. \quad (12)$$

Приняв $R_4 = R_5$, напряжение $U_{\text{аб}}$ окончательно записывают

$$U_{\text{аб}} = \frac{E_n}{R_{\text{вх}} + R_5} - R_5 x_3 \Delta t. \quad (13)$$

$$\text{Выбирая } R_4 = R_5 = \frac{(R_2 + R_3 + R_4)x_1}{x_3}, \quad (14)$$

выражение (13) записывают

$$U_{\text{аб}} = I_1 (R_2 + R_3 + R_4) x_1 \Delta t. \quad (15)$$

Аналогично находится

$$U_{\text{cd}} = \frac{E_n}{R_{\text{вх}} + R_6} [(R_5 + R_6) - (R_1 + R_4)] - \frac{E_n}{R_{\text{вх}} + R_6} x_3 \Delta t (R_5 + R_6). \quad (16)$$

$$\text{Выбрав величины } (R_5 + R_6) = \frac{x_2}{x_3};$$

$$(R_1 + R_4) = K_2 + \frac{x_2}{x_3} \quad (17)$$

и подставив в (16), получают

$$U_{\text{cd}} = I_1 (K_2 + x_2 \Delta t). \quad (18)$$

Напряжение U_{eo} определяется как

$$U_{eo} = \frac{E_n(R_2 + R_3 + R_4)}{(R_{bx} + R_8)} \quad (19)$$

Величина сопротивления резистора R_1 определяется по номинальному току через тензопреобразователь. Сопротивление выбирается таким, чтобы ток I_1 не превышал номинального значения, определяемого техническими условиями эксплуатации тензопреобразователя.

Подставим найденные значения напряжений $U_{вых}$, U_{cd} , U_{ab} , U_{eo} в функцию преобразования (6)

$$N_x = \frac{K_1}{R_2 + R_3 + R_4} N_0 P. \quad (20)$$

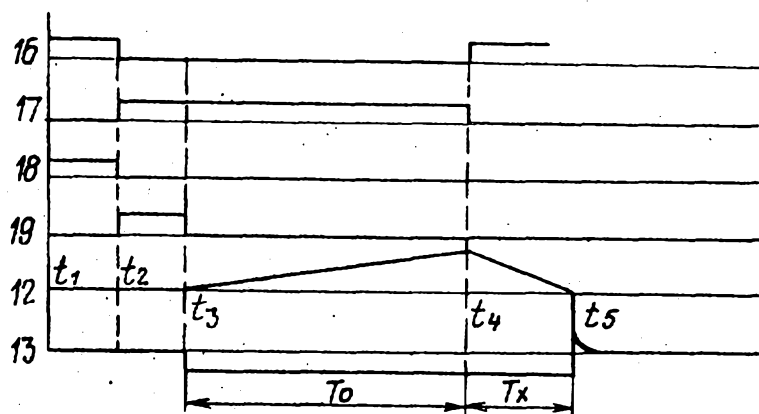
Величина кода не зависит от температуры.

Устройство позволяет компенсировать все виды температурных погрешностей тензопреобразователей. Кроме того, температурный дрейф операционных усилителей, входящих в устройство, также не влияет на функцию преобразования. Это позволяет создать устройство для измерения давления в условиях быстроменяющихся температур (например, в нефтяных скважинах) с цифровым выходом, у которого дополнительная температурная погрешность не превышает 0,001%/град.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для измерения давления, содержащее тензопреобразователь, первый ключ, последовательно соединенные дифференциальный буферный усилитель, интегратор, компаратор и задатчик калиброванных интервалов времени, второй ключ, вход которого соединен с выходом компаратора, второй вход которого соединен с общей шиной, измеритель временных интервалов, при этом управляющие входы первого и второго ключей соединены соответственно с первым и вторым выходами задатчика

калиброванных интервалов времени, отличающееся тем, что, с целью повышения точности измерения за счет компенсации температурной нестабильности тензопреобразователя, в него введены первый и второй четырехходовые коммутаторы, третий и четвертый ключи, первый и второй конденсаторы, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой резисторы, источник постоянного напряжения, при этом первый, второй, третий и четвертый резисторы соединены последовательно с тензопреобразователем и образуют первую ветвь многополюсной измерительной цепи, пятый, шестой и седьмой резисторы соединены последовательно и образуют вторую ветвь многополюсной измерительной цепи, первая и вторая ветвь подсоединены к источнику постоянного напряжения, выход первого коммутатора соединен с инвертирующим, а второго — с неинвертирующим входами дифференциального буферного усилителя, входы первого и второго коммутаторов попарно подсоединены к измерительной диагонали тензопреобразователя, к общим выводам третьего и четвертого, пятого и шестого резисторов, к общим выводам второго и третьего, шестого и седьмого резисторов, к общим выводам первого и второго, четвертого и пятого резисторов, первые выводы обоих конденсаторов через третий и четвертый ключи соединены с вторым входом интегратора, а через первый и второй ключи с выходом компаратора, вторые выводы конденсаторов соединены с общей шиной, управляющие входы третьего и четвертого ключей и коммутаторов соединены с третьим, четвертым и пятым выходами задатчика временных интервалов соответственно.



Фиг. 2

Редактор И.Николайчук Составитель В.Семенчук Техред А.Кравчук Корректор И.Муска

Заказ 2857/39

Тираж 730

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная, 4