

УДК 681.142.353

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ШИРОКОДИАПАЗОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ

В.Г. Абрамов, И.С. Лискер, Г.Д. Рошин

При проведении физических исследований часто приходится измерять и регистрировать физические величины, выраженные в форме э.д.с. и падения напряжения, абсолютное значение которых лежит в пределах десятков и единиц милливольт.

Диапазон изменения этих сигналов, обусловленный изменением соответствующих им физических процессов, которые происходят в объекте исследования в ходе эксперимента, может изменяться в широких пределах (от единиц милливольт до единиц вольт) [1].

В настоящее время при измерении таких сигналов в качестве измерительных устройств применяются как стрелочные многошкальные приборы, так и цифровые [2,3]. Преимущества последних заключаются в возможности получения результатов измерения в цифровой форме и высоком быстродействии. Однако большинство выпускаемых отечественной промышленностью цифровых вольтметров обладают одним общим недостатком — низкой чувствительностью. Так, цифровые вольтметры, например, типа ЭЦПВ-3, ШЗ11М и др., имеют порог чувствительности 1 милливольт.

Расширения нижнего предела измерения можно добиться включением усилителя между объектом измерения и цифровым прибором. В этом случае регистрацию сигналов, диапазон изменения которых составляет шесть-семь порядков (единицы милливольт — вольты), можно реализовать двумя путями. Первый из них заключается в применении усилителя с автоматическим переключением пределов измерения (например, [4]). В этом случае, поскольку невозможно заранее предвидеть порядок величины ожидаемого сигнала, измерение приходится начинать с наиболее грубого предела шкалы, по-

следовательно настраивая измерительную схему. Это не всегда удобно, требует дополнительных затрат времени и делает трудно осуществимой автоматизацию процесса измерения. Поэтому более рациональным может быть второй путь, использующий усилитель совместно с устройством автоматической компенсации напряжения.

В связи с этим в Агрофизическом институте было разработано устройство, составленное в основном из серийных приборов и названное цифровым измерительным комплексом (ЦИК). Цифровой измерительный комплекс позволяет расширить пределы измерения на несколько порядков, снизив порог чувствительности до единиц милливольт, получить сравнительно высокое быстродействие измерительной схемы, а также фиксировать результат измерения в цифровой форме.

Блок-схема цифрового измерительного комплекса изображена на рис. 1 и состоит из усилителя постоянного тока, устройства выработки компенсирующего напряжения и блока управления этим устройством. Для получения конечного результата измерения в цифровой форме на ленте цифropoleчатющего устройства (ЦПУ) в работе блок-схемы предусмотрены два измерительных цикла. В начале регистрируется абсолютное значение измеряемой величины с точностью, определяемой нижним порогом чувствительности цифрового вольтметра, а затем — во втором цикле — остаточная часть сигнала.

В первом цикле исследуемый сигнал поступает непосредственно на вход цифрового вольтметра (так как усилитель в этот период зашунтирован нормально замкнутыми контактами реле $P_{1-1}, P_{1-2}, P_{1-5}$) и производится измерение его величины с нижним порогом, определяемым чувствительностью цифрового вольтметра. На цифровом табло появляются цифры, а на выходном регистре вольтметра кодовые сигналы, соответствующие измеряемой величине. Эти кодовые сигналы поступают на блок управления, состоящий из набора переключателей, собранных в той же системе кодирования и с тем же числом разрядов, что и выходной регистр вольтметра. В результате произойдет коммутация переключателей в соответствии с показаниями цифрового вольтметра. Контакты переключателей блока управления, соединенные с декадными делителями устройства выработки компенсирующего напряжения, сформируют на его выходе э.д.с., равную показаниям цифрового вольтметра.

По окончании этого цикла автоматически (по сигналу окончания цифropoleчати) сработает реле P_1 , контакты $P_{1-1}, P_{1-2}, P_{1-5}$ ра-

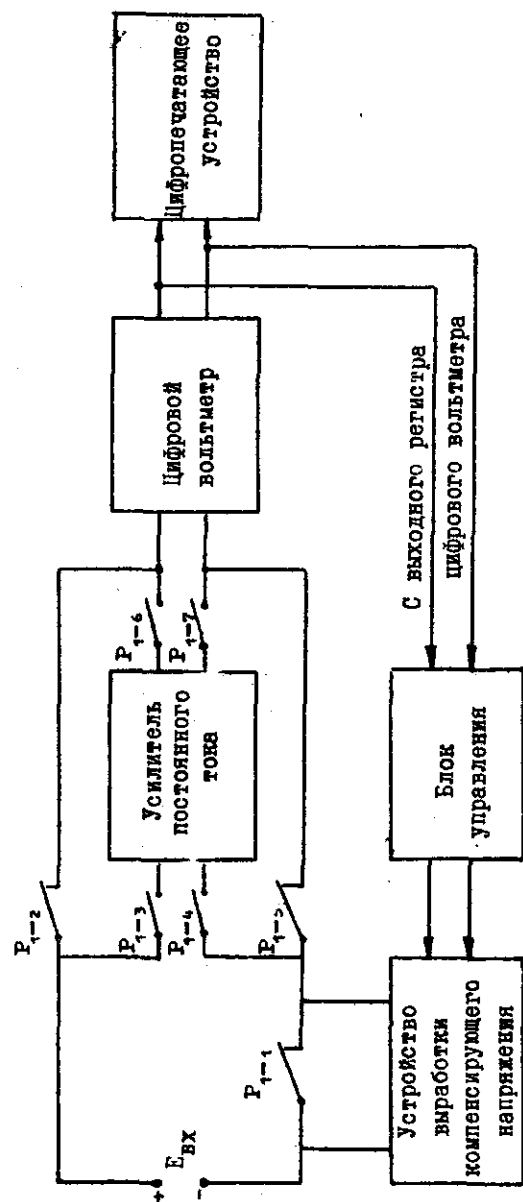


Рис. 1. Блок-схема цифрового измерительного комплекса.

замкнутся, а контакты реле P_{1-3} , P_{1-4} , P_{1-6} и P_{1-7} замкнутся. В результате в измерительную цепь окажется поданным встречно направленное компенсирующее напряжение. На вход усилителя при этом будет подано только разностное напряжение, по величине всегда меньшее нижнего предела измерения цифрового вольтметра. Далее оно через усилитель вновь поступает на вход цифрового вольтметра и регистрируется цифропечатающим устройством в соответствующем масштабе, зависящем от коэффициента усиления усилителя. Таким образом, результат измерений фиксируется двумя триадами: непосредственным отсчетом в первой триаде и отсчетом через усилительную схему — во второй. Их сумма и будет соответствовать истинной величине сигнала.

Точность измерения рассматриваемого измерительного комплекса может быть оценена следующим образом. Пусть относительные погрешности измерения цифрового вольтметра, компенсатора и усилителя постоянного тока соответственно равны δ_B , δ_K , δ_Y . Далее пусть истинный сигнал E_0 состоит из основной части E_{10} и остаточной части E_{20} , т.е.

$$E_0 = E_{10} + E_{20} \quad (1)$$

В первом цикле измерения основная часть сигнала измеряется цифровым вольтметром. В соответствии с его кодом устанавливается абсолютная величина компенсирующей э.д.с.

При этом измеренное значение цифрового отсчета E_1 может отличаться от истинного значения основной части E_{10} :

$$E_1 = E_0 (1 \pm \delta_B) \quad (2)$$

Точность выработки компенсирующей э.д.с. E_K определяется погрешностью компенсирующего устройства

$$E_K = E_1 (1 \pm \delta_K) \quad (3)$$

Тогда остаточная часть сигнала E_{20} будет определяться как

$$E_2 = (E_0 - E_K) (1 \pm \delta_Y) (1 \pm \delta_B) \quad (4)$$

Общее результирующее измеренное значение напряжения будет

$$E = E_1 + E_2 \quad (5)$$

Подставляя формулы (2), (3), (4) в (5) и пренебрегая величинами второго порядка малости, после несложных преобразований получим окончательное выражение для оценки погрешности измерения цифрового измерительного комплекса.

$$E = E_0 \left[1 \pm \delta_K \pm \frac{E_{20}}{E_0} (\delta_Y + \delta_B + \delta_K) \right] \quad (6)$$

Из анализа формулы (6) легко видеть, что основную роль при оценке точности измерения играют погрешности не усилителя и цифрового вольтметра, а компенсирующего устройства.

Поясним сказанное примером. Пусть цифровой вольтметр на шкале до 100 мВ, усилитель на шкале до 1 мВ и компенсирующее устройство на шкале до 100 мВ имеют соответственно погрешности измерения: $\delta_B = 1 \cdot 10^{-3}$, $\delta_y = 5 \cdot 10^{-3}$ и $\delta_K = 1,5 \cdot 10^{-4}$. Учитывая далее, что величина E_{20} обычно более чем на 2 порядка меньше E_0 , получим

$$E = E_0 (1 \pm 2,115 \cdot 10^{-4}).$$

Таким образом, цифровой измерительный комплекс действительно качественно отличается от серийных цифровых вольтметров, позволяя на 2-3 порядка расширить диапазон и увеличить точность измерения электрических сигналов постоянного тока.

Цифровой измерительный комплекс, разработанный на основе блок-схемы рис. 1, включает в себя цифровой вольтметр типа ЦИИ М, усилитель постоянного тока ФИ5 В/1, блок управления и устройство выработки компенсирующего напряжения, выполненное на базе низкоомного потенциометра постоянного тока Р 306.

В первом цикле, как уже было сказано выше, исследуемый сигнал подается непосредственно на вход цифрового вольтметра. При этом измеряется и регистрируется основная часть сигнала E_0 с дискретностью в 1 мВ. Одновременно код, соответствующий этому сигналу, через блок управления поступает на устройство выработки компенсирующего напряжения. На выходе последнего вырабатывается напряжение компенсации, равное по величине показаниям цифрового вольтметра.

Во втором цикле измерения это напряжение включается с исследуемым сигналом встречно и вычитается из него. Остаточная часть сигнала E_{20} через усилитель постоянного тока, коэффициент усиления которого выбран равным 1000, подается на вход цифрового вольтметра и регистрируется цифропечатающим устройством. Измерения в этом цикле производятся с дискретностью в один микровольт.

Таким образом, полный результат измерения фиксируется в виде шестизначного десятичного числа.

В качестве основы компенсатора цифрового измерительного комплекса используется стандартный низкоомный потенциометр постоянного тока типа Р306. Его схема дополнена автоматическим релейным коммутатором (рис. 2). В связи с этим в потенциометре декадные переключатели из его схемы исключены и заменены контактными группами реле. Необходимое напряжение на выходе компенсатора выставляется автоматически в соответствии с кодовыми сигналами цифрового вольтметра, что обеспечивается дешифрато-

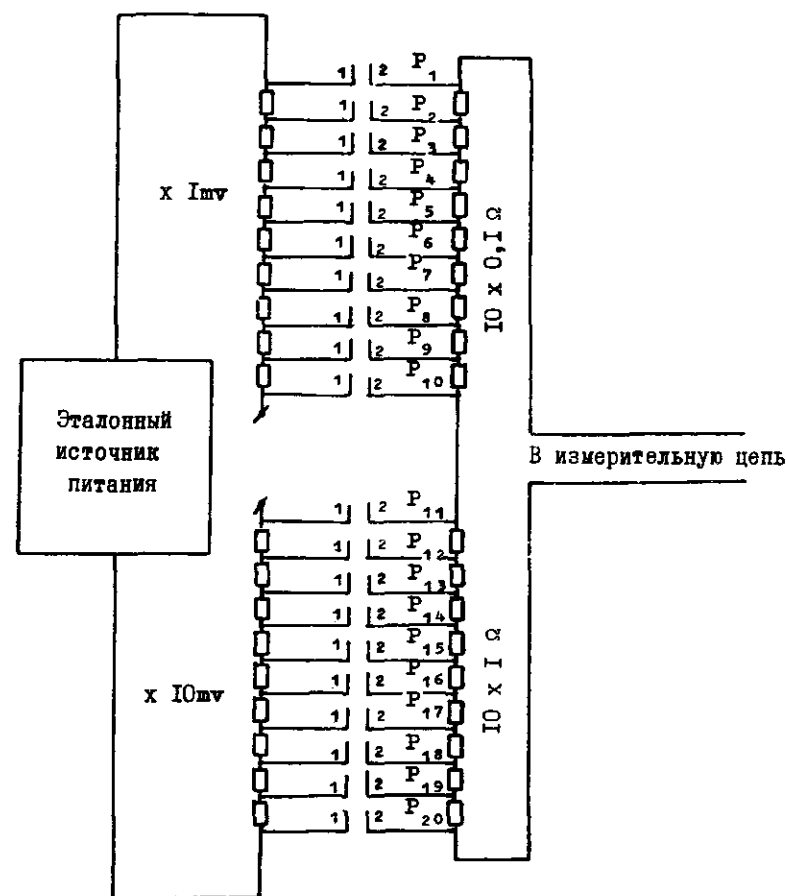


Рис.2. Устройство выработки компенсирующего напряжения

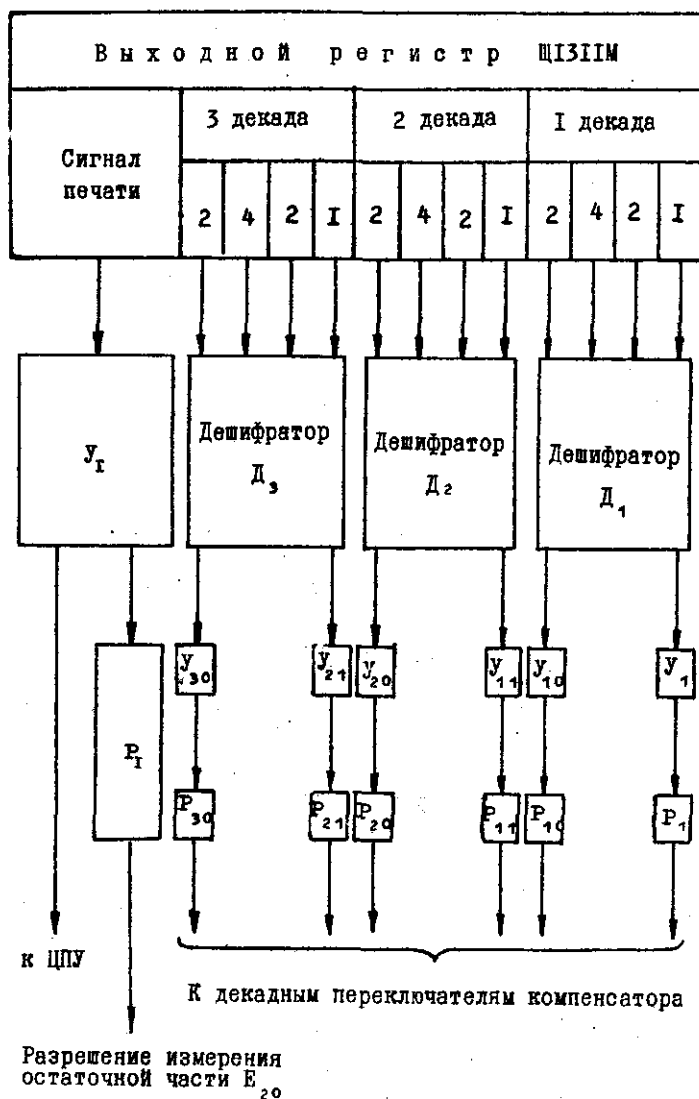


Рис. 3. Структурная схема блока управления.

рами $D_1 - D_3$, усилителями $Y_1 - Y_{30}$ и реле $P_1 - P_{30}$.

Синхронизация работы узлов ЦИК обеспечивается блоком управления (рис. 3). Схема устройства реализована на электромагнитных реле типа РПС-25, контакты которых коммутируют измерительную цепь в соответствии с выбранными циклами измерения, а также управляют работой устройства выработки компенсирующего напряжения.

Первоначальный запуск схемы комплекса производится сигналом "пуск" цифрового вольтметра. Кодовые сигналы соответствующих декад выходного регистра вольтметра через дешифраторы $D_1 - D_3$ управляют работой реле $P_1 - P_{30}$ и тем самым формируют величину компенсирующей э.д.с.

По сигналу "печать" производится регистрация первого результата измерения и одновременный запуск схемы на переход ко второму измерительному циклу.

В качестве регистрирующего устройства в ЦИК использована электроуправляемая цифрорегистрирующая машина типа ЭУМ-23Д. Поскольку в цифровом вольтметре типа ЦИЗИМ отсутствует схема управления цифрорегистром, то указанная машина подключается через специально разработанное устройство управления, которое для простоты на блок-схеме цифрового измерительного комплекса не показано.

Разработанный цифровой измерительный комплекс прошел всесторонние лабораторные испытания и включен в общую схему системы автоматизированного исследования.

Л и т е р а т у р а

1. И.С. ЛАСКЕР. Логические структуры и формализация процесса проведения эксперимента в области физики твердого тела. Доклад на симпозиуме Физической секции Совета по автоматизации научных исследований при Президиуме АН СССР, октябрь 1968 г.
2. М.П. ЦАПЕНКО, А.А. АРЕФЬЕВ, Б.Б. КАРПЮК, А.Н. КАСПЕРОВИЧ. Цифровой электронный многооточный милливольтметр. - Труды конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений. Изд-во СО АН СССР, Новосибирск, 1961 г.
3. Г.Г. МАТУШКИН, М.П. ЦАПЕНКО. Обработка информации в электроизмерительных приборах и системах. - "Автометрия", 1968, № 1.
4. Н.С. КОРМИЛИЦЫН. Устройство автоматического переключения диапазонов прибора Ф116. Вычислительные системы. - Данный сборник, стр. 176-180.