

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.317+681.183

Е. А. КОВАЛЕВ, К. М. СОБОЛЕВСКИЙ

(Новосибирск)

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ УСТРОЙСТВ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Рассматриваются принципы построения устройств высокопроизводительного контроля и измерения малых временных изменений электрических параметров, основанные на применении динамически уравниваемых электроизмерительных цепей и устройств оперативной памяти. Формулируются требования к характеристикам электроизмерительных цепей и анализируются пути реализации других функциональных узлов высокопроизводительных автоматических устройств контроля и измерения изменений параметров. Приводится пример блок-схемы устройства высокопроизводительного контроля.

В настоящее время научная и производственная практика все активнее выдвигает перед автотометрией задачу высокопроизводительного контроля и измерения происходящих самостоятельно или под воздействием внешних факторов временных изменений электрических параметров (ВИЭП), характеризующих определенные объекты или процессы. Как известно, знание характеристик стабильности объектов или процессов зачастую оказывается наиболее существенным для повышения качества и надежности промышленной продукции, а также для установления требуемых условий создания объекта или протекания процесса. Необходимость высокопроизводительного контроля и измерения временных характеристик некоторых электрических параметров возникает, например, в связи с изучением и проверкой качества многих видов массовой продукции при различных внешних воздействиях, которые не должны привести к выходу параметров изделий за пределы некоторых допусков. В частности, соответствующий контроль и сортировка массовых радиодеталей по температурным коэффициентам электрических параметров содействовали бы существенному повышению качества как самих радиодеталей, так и всей той разнообразной продукции многих отраслей народного хозяйства, в которой радиодетали используются в качестве элементов, а ускоренное измерение температурных и иных коэффициентов электрических параметров больших партий радиодеталей позволило бы глубже изучить влияние на их качество отдельных элементов технологического процесса.

Принципиальное отличие задачи высокопроизводительного контроля и измерения ВИЭП определенных объектов или процессов от других задач автоматического контроля [1] заключается в том, что в данном случае начальные (номинальные) значения параметров заранее не задаются, а могут быть определены лишь непосредственно в процессе выполнения контрольно-измерительных операций.

Ниже изложены идеи, относящиеся к построению класса устройств контроля и измерения малых относительных временных изменений близких по величине однородных электрических параметров за некоторый постоянный промежуток времени длительностью до нескольких десятков минут при условии, что время выдачи результата контроля или измерения одного параметра составляет величину порядка одной секунды.

Сложность решения сформулированной задачи связана с необходимостью удовлетворения следующим двум в известной степени противоречивым требованиям: обнаружения с достаточно высокой точностью незначительных относительных изменений электрического параметра, происходящих за достаточно длительное время самопроизвольного изменения или изменения под воздействием внешних факторов, и обеспечения при этом высокой производительности устройства автоматического контроля или измерения. Используя, например, обычные методы двукратных измерений электрического параметра и последующей обработки результатов измерений с целью определения относительного изменения параметра, пришлось бы столкнуться с необходимостью применения в автомате высокоточных измерительных цепей и достаточно сложной обработки измерительной информации. Покажем, однако, что эти требования сравнительно несложно удовлетворить, если использовать следующие принципы:

1) в основу автомата положить электроизмерительную цепь, уравновешиваемую по методу развертывающего преобразования и построенную таким образом, чтобы значение электрического параметра P_0 переменного образцового элемента в момент динамического равновесия (квазиравновесия) цепи было пропорциональным исследуемому электрическому параметру P_x объекта контроля или измерения:

$$P_0 = k P_x \text{ или } P_0 = \frac{k}{P_x}, \quad (1)$$

где $k = \text{const}$;

2) обеспечить логарифмическую шкалу изменения электрического параметра образцового элемента измерительной цепи автомата, т. е. логарифмический характер зависимости угла поворота φ движка (ротора) переменного образцового элемента от электрического параметра P_0 :

$$\varphi = m \ln P_0, \quad (2)$$

где $m = \text{const}$;

3) обеспечить автомат устройством оперативной памяти, позволяющим систематически запоминать углы φ_n поворота движка образцового элемента измерительной цепи автомата в моменты ее динамических равновесий, отвечающие начальным значениям P_{i_n} электрического параметра P_x непрерывного ряда исследуемых объектов, с целью сопоставления этих углов (φ_n) через определенное число тактов работы автомата с соответствующими углами φ_k в моменты динамических равновесий цепи при конечных значениях P_{i_k} исследуемого электрического параметра P_x ;

4) предусмотреть поочередное подключение в измерительную цепь автомата объектов контроля или измерения с начальным $P_{xн}$ и конечным $P_{xк}$ значениями исследуемого электрического параметра.

Выполнение двух первых условий позволяет существенно снизить требования, предъявляемые к электроизмерительной цепи автомата, и в то же время является предпосылкой несложности последующей обработки угла φ имеет постоянное значение для любого участка шкалы образцового элемента

$$\frac{\delta P_o}{\Delta \varphi} = \frac{1}{P_o} \left(\frac{\partial P_o}{\partial \varphi} \right) = \frac{1}{m} = \text{const},$$

то по некоторому приращению угла $\Delta \varphi$ можно однозначно определить относительное приращение параметра образцового элемента $\delta P_o = \frac{1}{m} \Delta \varphi$,

а также вследствие зависимостей (1) — относительное приращение $\delta P_x = \frac{\Delta P_x}{P_x}$ исследуемого электрического параметра P_x объекта

контроля или измерения: $\delta P_x = \delta P_o = \frac{1}{m} \Delta \varphi$ или соответственно

$$\delta P_x = -\delta P_o = -\frac{1}{m} \Delta \varphi.$$

Таким образом, определение ВИЭП исследуемого объекта при использовании динамически уравниваемой электроизмерительной цепи с пропорциональной зависимостью между исследуемым параметром и параметром логарифмического образцового элемента цепи сводится к нахождению разности углов поворота движка образцового элемента*. При этом к измерительной цепи предъявляются лишь требования высокой чувствительности и стабильности, а также требование достаточно точного соответствия реальной логарифмической характеристики образцового элемента идеальной характеристике для малых интервалов изменения, что достигается применением обычных средств. В то же время стабильные систематические погрешности измерительной цепи, обуславливаемые неточностью элементов пропорциональной связи между исследуемым и образцовым электрическими параметрами, а также некоторым несоответствием реальной логарифмической характеристики образцового элемента требуемой идеальной для всей шкалы изменения его электрического параметра, практически не влияют на результат определения ВИЭП.

Примером электроизмерительной цепи, пригодной для использования в автомате контроля или измерения временных изменений электрического параметра — емкости, может служить динамически раздельно

* Очевидно, что в случае контроля или измерения относительных изменений электрических параметров в некотором заданном интервале внешнего воздействия на контролируемые или исследуемые объекты (процессы) при линейном или практически линейном характере зависимости электрического параметра объекта (процесса) от воздействующего фактора указанная разность углов поворота движка образцового элемента цепи однозначно определяет и соответствующий коэффициент (например, температурный) относительного изменения параметра.

уравновешиваемый автоматический мост с индуктивно связанными плечами отношения и с переменным логарифмическим образцовым конденсатором в плече сравнения, подобный используемому в автомате контроля и сортировки радиоконденсаторов по емкости (см., например, [2]). В связи со снижением требований к метрологическим характеристикам электроизмерительной цепи автомата при контроле временных изменений емкости, построенного по рассматриваемым нами принципам, реализация такого моста не представляет затруднений. В качестве электроизмерительных цепей автоматов для контроля или измерения временных изменений сопротивления, индуктивности (или магнитной проницаемости) и других параметров можно также использовать мостовые цепи с однородными (например, с трансформаторными) плечами отношения и с соответствующим переменным логарифмическим плечом сравнения (реохордом, индуктивностью и др.). Последнее, однако, далеко не всегда удобно, поэтому можно использовать и в этих случаях переменный образцовый логарифмический конденсатор, применяя мостовые плечи отношения при постоянной разности фаз, равной 90° , или плечи произведения при постоянной сумме фаз, равной 0° , а также другие мостовые цепи, обеспечивающие пропорциональную зависимость между исследуемым электрическим параметром и регулируемой емкостью [3—5].

Получаемая при выполнении первых двух условий измерительная информация о начальном и конечном значениях исследуемого электрического параметра в виде разности двух углов поворота движка переменного образцового логарифмического элемента измерительной цепи автомата может быть использована для формирования сигнала о результате измерения или контроля лишь после выполнения третьего условия построения автомата — обеспечения автомата оперативной памятью, поскольку соответствующие измерения начального и конечного значений исследуемого электрического параметра разделены интервалом времени, в течение которого в силу требования высокой производительности автомата необходимо измерять начальные и конечные значения (см. ниже) электрического параметра других объектов исследуемого ряда. Однако выполнение первых двух условий облегчает обеспечение такой оперативной памяти, так как последняя может быть осуществлена на основе известных преобразователей непрерывной величины в дискретную (ПНД) — в данном случае на основе преобразователей угла поворота движка образцового логарифмического элемента в соответствующий код или определенное количество импульсов (в зависимости от выбранного типа ПНД).

В качестве ПНД могут быть использованы фотоэлектрический кодирующий преобразователь (кодирующий диск), преобразующий угол поворота вала в код того или иного вида, импульсные преобразователи, построенные с использованием фотоэлементов или индуктивных датчиков импульсов (индуктосинов) и преобразующие угол поворота в пропорциональное ему количество импульсов, а также и другие устройства пространственного кодирования [6], обладающие достаточной разрешающей способностью для обеспечения требуемой точности преобразования. При этом блок-схема измерительно-информационных узлов автомата контроля или измерения ВИЭП примет вид, показанный, например, на рис. 1, где И — измерительное устройство, содержащее электроизмерительную цепь уравновешивания ЭИЦУ с импульсным устройством, формирующим на выходе импульс напряжения в момент динамического равновесия (квазиравновесия) цепи; K' , K'' — коммутирующие устройства на n положений каждое; PCC_{1-n} — n реверсивных счетных схем, каждая из которых обеспечивает запоминание кода наи-

большого возможного угла поворота движка образцового логарифмического элемента; ДШ — дешифратор, определяющий на основании кода разности углов поворота движка образцового логарифмического элемента группу контроля или результат измерения ВИЭП; ВУ — выходное устройство, представляющее собой, например, формирователь

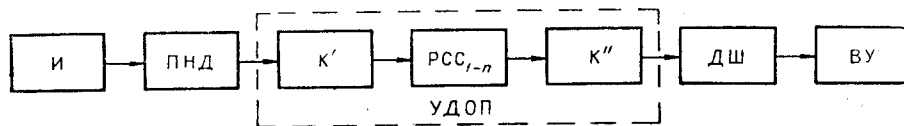


Рис. 1.

команд на сортировку (ФК) или устройство цифровой индикации (УЦИ) — в случае контроля и сортировки по ВИЭП, или устройство цифрового отсчета (УЦО) — в случае измерения ВИЭП, или, наконец, устройство вывода статистических данных (УВСД) — в случае статистического контроля по ВИЭП. Другой вариант блок-схемы измерительно-информационных узлов автомата контроля или измерения ВИЭП приведен на рис. 2; эта схема отличается от рассмотренной выше тем,

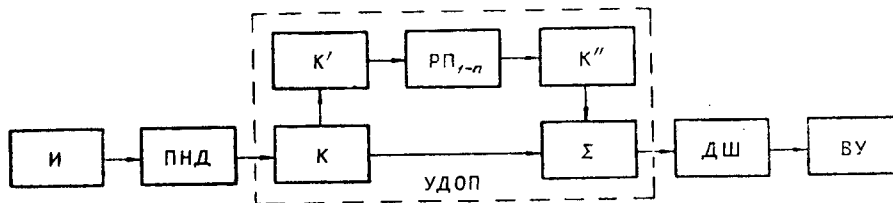


Рис. 2.

что в ней для запоминания информации используется n регистров памяти $РП_{1-n}$, каждый из которых обеспечивает запоминание кода наибольшего возможного угла поворота движка образцового логарифмического элемента, а для выполнения операции вычитания кодов углов поворота движка логарифмического элемента используется сумматор Σ ; направление сигнала, соответствующего начальному углу, в канал $РП_{1-n}$ и сигнала, соответствующего конечному углу, непосредственно на сумматор Σ осуществляется с помощью коммутирующего устройства (K) на два положения. Заметим, что функциональный узел 1, в схеме рис. 1, составленный из элементов K' , $РСС_{1-n}$, K'' , и функциональный узел в схеме рис. 2, состоящий из элементов K , K' , $РП_{1-n}$, K'' , Σ , выполняют роль устройств дискретной оперативной памяти (УДОП).

Имеющиеся в настоящее время разработанные и освоенные производством устройства пространственного кодирования с большой разрешающей способностью создают реальные возможности построения измерительно-информационных узлов автоматов контроля и измерения ВИЭП по приведенным выше блок-схемам (см. рис. 1 и 2). Очевидно, однако, что использование этих блок-схем целесообразно лишь в тех случаях, когда отношение интервала времени изменения электрических параметров к продолжительности одного цикла работы автомата, равного одному циклу изменения величины образцового элемента, составляет относительно небольшую величину. Если же это отношение достаточно большое (несколько десятков или сотен), то построение автоматов по блок-схемам рис. 1 или рис. 2 связано с существенным

недостатком — необходимостью использования большого числа много-разрядных регистров памяти с коммутацией в цепях прохождения измерительной информации. Так, например, для создания автомата, предназначенного для контроля и сортировки электрических конденсаторов по температурному коэффициенту емкости (ТКЕ), при цикле нагрева в две минуты и при задаваемой производительности автомата, составляющей 1 конденсатор в секунду, необходимо было бы использовать не менее 120 многоразрядных регистров памяти или реверсивных счетных схем с громоздкой коммутацией, что неизбежно повлекло бы за собой снижение надежности устройства. Поэтому в случае больших по величине отношений интервала времени изменения исследуемого электрического параметра к продолжительности одного цикла работы автомата построение автоматов по схемам рис. 1 и 2 с использованием отдельного преобразователя непрерывной величины в дискретную и многоразрядных регистров памяти или реверсивных счетных схем нецелесообразно.

Значительное упрощение схемы обработки измерительной информации в автомате контроля или измерения ВИЭП можно получить, если в качестве устройства оперативной памяти использовать магнитный барабан, вращающийся синхронно с движком (ротором) образцового логарифмического элемента измерительной цепи автомата. Использование такого магнитного барабана позволяет свести задачу нахождения разности получаемых раздельно во времени значений углов поворота движка образцового логарифмического элемента к магнитной записи импульсов, отмечающих на дорожке магнитного барабана угол поворота движка образцового элемента в момент динамического равновесия цепи. Следовательно, в данном случае производится запоминание и определение разности непосредственно двух разделенных во времени непрерывных величин, что является весьма существенным достоинством использования магнитного барабана как элемента оперативной памяти автомата. Последующая обработка измерительной информации, заключающаяся в преобразовании интервала между двумя записанными импульсами в серию импульсов, число которых служит критерием результата контроля или измерения, не связана с коммутацией в цепях прохождения измерительной информации и не представляет каких-либо других технических затруднений, позволяя обеспечить достаточно высокую точность контроля или измерения. Высокая производительность автомата контроля или измерения ВИЭП при использовании оперативной памяти на основе магнитного барабана обеспечивается применением многодорожечного магнитного барабана с шагающей магнитной головкой. Блок-схема измерительно-информационных узлов автомата, основанного на использовании магнитного барабана в соответствии с изложенной выше процедурой, изображена на рис. 3, где, кроме уже известных узлов, МБ — магнитный барабан с шагающими магнитными головками записи и воспроизведения, выполняющий роль устройства непрерывной оперативной памяти (УНОП); ГМИ — генератор маркер-

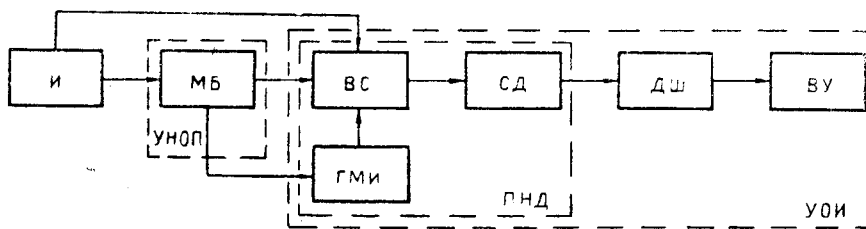


Рис. 3.

ных импульсов, вращение которого синхронизировано с вращением магнитного барабана; ВС — вентильная схема, служащая для образования счетных схем головок схемы рис. 2; функциональный узел, состоящий из элементов ГМИ, ВС и СД, представляет собой определенную разновидность ПНД. В целом блок, состоящий из элементов ПНД, ДШ и ВУ, представляет собой устройство обработки измерительной информации (УОИ). Другой вариант блок-схемы измерительно-информационных узлов автомата, основанного на использовании в качестве УНОП магнитного барабана, представлен на рис. 4; эта схема отличается от схемы

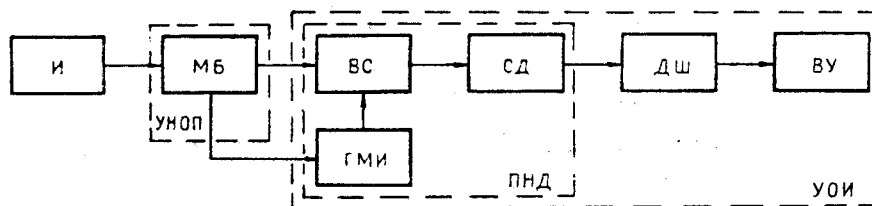


Рис. 4.

рис. 3 тем, что в УНОП запоминаются не оба ряда значений (начальных и конечных) углов поворота движка образцового логарифмического элемента измерительной цепи ЭИЦУ, а одни лишь начальные значения, в то время как информация о конечных значениях этих углов поступает из измерительного устройства И непосредственно в ПНД*. В схеме рис. 4 вместо двух отдельных магнитных головок записи и воспроизведения может быть использована одна универсальная магнитная головка.

Заметим, что узел УНОП может быть создан не только на магнитном барабане, но и на основе других элементов (например, на основе запоминающих конденсаторов). Однако в силу ограниченности объема настоящей статьи на рассмотрении таких схем УНОП мы останавливаться не будем.

Таким образом, используя первые три сформулированных нами принципа, можно построить достаточно высокопроизводительные устройства контроля или измерения ВИЭП. Естественно, что при этом предполагается, как обычно, реализация непрерывной подачи исследуемого ряда объектов на позицию контроля или измерения. Увидим, однако, что наибольший эффект будет достигнут лишь при одновременном использовании и четвертого из сформулированных принципов.

Очевидно, что непрерывность подачи исследуемого ряда объектов на позицию контроля или измерения в случае контроля или измерения непосредственно того или иного электрического параметра является необходимым и достаточным условием обеспечения высокой производительности автомата. Однако в случае контроля или измерения ВИЭП каждый исследуемый параметр вводится в измерительную цепь не один раз, а дважды — при начальном и конечном значениях, поэтому условие

* В определенном смысле схема рис. 3 аналогична схеме рис. 1, а схема рис. 4 — схеме рис. 2.

непрерывности подключения исследуемого объекта в измерительную цепь не является уже достаточным условием. Действительно, если, например, предусмотреть сначала непрерывное введение в измерительную цепь начальных значений исследуемого ряда параметров, а затем через соответствующий интервал времени такое же введение конечных значений этих параметров, то автомат будет использован лишь в половину его возможностей. Максимально возможная высокая производительность автомата при прочих равных условиях будет обеспечена только в том случае, если будет выполнен и четвертый из сформулированных нами принципов, т. е. если будет обеспечено поочередное подключение в измерительную цепь автомата объектов контроля или измерения с начальным и конечным значениями исследуемого электрического параметра. Такое подключение не представляет затруднений и может быть реализовано, например, путем использования черезпозиционношагающих циклических переключателей или несущих дисков с нечетным количеством позиций.

Пример автоматического устройства высокопроизводительного контроля временных изменений электрических параметров приведен на рис. 5, где показана функциональная схема автомата контроля и сортировки радиодеталей по ВИЭП (например, по температурному коэффициенту электрического параметра [7]) с применением магнитного барабана, используемого по блок-схеме

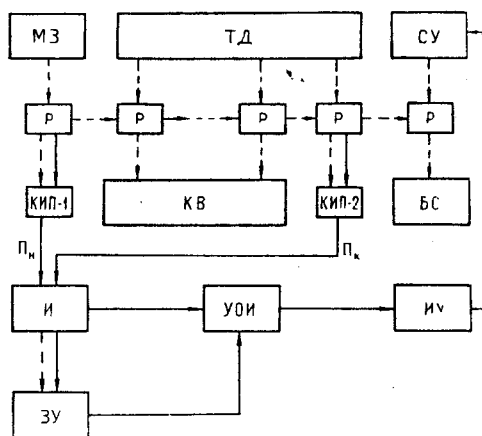


Рис. 5.

рис. 4. Рассмотрим сначала работу автомата при контроле ВИЭП одной радиодетали. Контролируемая радиодеталь Р (см. рис. 5) механизмом загрузки МЗ подается на зажимы вращающегося с постоянной скоростью транспортирующего диска ТД. При движении диска ТД выводы радиодетали входят в соприкосновение с пружинящими контактами измерительной позиции КИП-1 измерительного устройства И. За время, в течение которого осуществляется контакт контролируемой радиодетали на позиции КИП-1, ротор образцового логарифмического элемента измерительного устройства поворачивается на угол от φ_0 до φ_{\max} . Момент равновесия (квазиравновесия) измерительной цепи фиксируется запоминающим устройством ЗУ — магнитным барабаном, на дорожке которого отмечается угол поворота ротора φ_n , соответствующий начальному значению P_n исследуемого электрического параметра Р радиодетали Р. После измерения значения P_n радиодеталь поступает в камеру воздействия или временной выдержки КВ, например, в нагревательную камеру, в которой поддерживается заданная температура. Пройдя камеру за фиксированный интервал времени, радиодеталь своими выводами подключается к пружинящим контактам измерительной позиции КИП-2 измерительного устройства, включенным параллельно контактам КИП-1, и конечное значение P_k электрического параметра радиодетали измеряется таким же образом, как ранее измерялось значение P_n . При этом импульс фиксации момента равновесия (квазиравновесия) измерительной цепи, отмечающий угол φ_k поворота

ротора образцового элемента и механически сопряженного с ним магнитного барабана, подается непосредственно на вход устройства обработки измерительной информации УОИ, состоящего из узлов ПНД, ДШ и ВУ (см. рис. 4). А поскольку к началу и в течение всего указанного цикла измерения значения Π_k шагающая универсальная магнитная головка включена на воспроизведение и снова находится на дорожке магнитного барабана с отмеченным значением угла φ_n , соответствующим значению Π_n этой же радиодетали, то на вход УОИ будут поданы два импульса (от И и ЗУ), интервал между которыми прямо пропорционален исследуемому ВИЭП контролируемой радиодетали. Следует при этом иметь в виду, что поскольку в зависимости от знака ВИЭП очередность поступления импульсов на устройство УОИ будет меняться, то имеется возможность контроля ВИЭП с учетом знака. Соответствующая интервалу между упомянутыми двумя импульсами пачка импульсов, вырабатываемая в устройстве УОИ, преобразуется в сигнал на сортировку, передаваемый на исполнительное устройство ИУ. Последнее управляет сортировочным устройством СУ, которое направляет контролируемую радиодеталь в соответствующий бункер сортировки БС.

При непрерывной подаче контролируемых радиодеталей $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots$ результат измерения начального значения электрического параметра $\Pi_{i,n}$ контролируемой радиодетали P_i записывается на i -й дорожке магнитного барабана. Перемещение шагающей универсальной магнитной головки происходит таким образом, чтобы после выхода i -й контролируемой радиодетали из камеры КВ измерение конечного значения электрического параметра $\Pi_{i,k}$ радиодетали P_i производилось в момент нахождения головки на той же i -й дорожке. Очевидно, что указанная синхронность перемещения магнитной головки и подачи контролируемых радиодеталей обеспечивается в том случае, если число дорожек записи магнитного барабана равно производительности устройства, умноженной на время выдержки контролируемой радиодетали в камере КВ.

Следует заметить, что в зависимости от конкретных требований контроля выходное устройство ВУ узла УОИ в соответствии с изложенным выше может представлять собой не один лишь формирователь команд на сортировку (ФК), но также и устройства цифровой индикации (УЦИ) и вывода статистических данных (УВСД). Заметим также, что, увеличив разрешающую способность узлов ПНД и ДШ в устройстве УОИ автомата по схеме рис. 5 и снабдив узел ВУ устройством цифрового отсчета (УЦО), можно указанный автомат применить и для целей высокопроизводительного измерения ВИЭП исследуемых радиодеталей.

Практическая реализация измерительно-информационных блоков автомата по схеме рис. 5 не встречает принципиальных трудностей. О существующих возможностях построения измерительного устройства И достаточно подробно говорилось выше. Узел ЗУ представляет собой обычную систему магнитной записи и воспроизведения импульсов и наряду с магнитным барабаном содержит усилитель-формирователь импульсов записи, универсальную магнитную головку, стирающую магнитную головку и усилитель-формирователь импульсов воспроизведения; шагание магнитных головок обеспечивается применением несложного механического устройства. Что же касается других измерительно-информационных узлов, то, как показали проведенные исследования, они также реализуемы на основе обычных современных электронных узлов и элементов. Подробный анализ целесообразных путей реализации измерительно-информационных узлов автомата выходит за рамки данной статьи.

В заключение укажем, что рассмотренные принципы и схемы находят воплощение в устройствах высокопроизводительного контроля и измерения ВИЭП, создаваемых и исследуемых в настоящее время в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР. Результаты этих исследований представляют самостоятельный интерес и будут опубликованы отдельно.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность чл.-корр. АН СССР К. Б. Карандееву за постоянное внимание к работе и оказываемую помощь, а также д-рам техн. наук А. Л. Грохольскому, Б. С. Синуцуну и М. П. Цапенко за ценные замечания, учтенные при написании настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические методы автоматического контроля. Под ред. К. Б. Карандеева. М.—Л., «Энергия», 1965.
2. К. Б. Карандеев, Ф. Б. Гриневич, В. П. Шульц. О построении автоматических мостовых устройств сортировки слюдяных конденсаторов.— Автоматический контроль и методы электрических измерений (Труды II конференции, 1960 г.). Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1962.
3. К. Б. Карандеев. Мостовые методы измерений. Киев, Гостехиздат УССР, 1953.
4. К. Б. Карандеев, Г. А. Штамбергер. Обобщенная теория мостовых цепей переменного тока. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1961.
5. А. Д. Нестеренко. Основы расчета электроизмерительных схем уравновешивания. Киев, Изд-во АН УССР, 1960.
6. В. Г. Филиппов. Цифраторы перемещений. М., Военное изд-во МО СССР, 1965.
7. Н. Ф. Балинец, И. Ф. Ивлев, Е. А. Ковалев, К. М. Соболевский. Устройство для контроля и сортировки радиодеталей. Авторское свидетельство № 169592.— Бюллетень изобретений, 1965, № 7.

*Поступила в редакцию
10 февраля 1965 г.,
окончательный вариант —
7 апреля 1966 г.*

E. A. Kovalev, K. M. Sobolevskiy
ON ONE CLASS OF HIGH-EFFICIENCY DEVICES
FOR CHECKING AND FOR MEASURING
OF TIME VARIATIONS OF ELECTRICAL PARAMETERS

Design principles of high-efficiency devices for checking and measuring the small time variations of electrical parameters are considered, which use dynamically balanced electromeasuring circuits and magnetic core memory. Performance characteristics specifications are given. Ways of realization of other functional blocks of high-efficiency devices are analysed. Block diagram of device is presented.