

К. Н. Чернецов, А. В. Тощев и П. П. Кувырков

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ

Производство современного электронного оборудования требует проведения большого количества контрольных и измерительных операций с целью обнаружения неисправностей и ошибок, допущенных при монтаже электрических цепей. При этих условиях ручной контроль не может обеспечить оперативную и качественную проверку соответствия параметров электрических цепей заданным техническим условиям. Поэтому актуальными являются работы, проводимые для создания устройств, позволяющих осуществлять автоматический контроль различного электронного оборудования.

Степень автоматизации и экономическая целесообразность автоматического контроля электрических цепей определяется в основном объемом выпускаемой продукции и насыщенностью ее электротехническими элементами, т. е. объемом контроля. Очевидно, что с увеличением объема выпускаемой продукции и объема контроля необходимо повышение степени автоматизации

ОСНОВНЫЕ БЛОКИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Устройство, предназначенное для автоматического контроля электрических цепей, должно осуществлять выбор точек контроля, заданных программой, из всего количества контролируемых точек, подключение измерительного устройства к выбранным точкам, между которыми располагается контролируемая цепь и выдачу результатов контроля в удобной для оператора форме. На рис. 1 приведена блок-схема устройства, предназначенная для автоматического контроля электрических цепей и позволяющая получить максимальную степень автоматизации контроля. Адреса контролируемых точек снимаются с программирующего устройства ПУ, а через посредство дешифрационных устройств ДУ₁ и

ДУ₂ и коммутирующих устройств КУ₁ и КУ₂ осуществляется подключение выбранных точек контролируемого объекта КО к измерительному устройству ИУ. В случае совпадения результатов измерения с ожидаемым результатом контроля, заданным программой, в блоке фиксации ошибки БФО вырабатывается сигнал, дающий разрешение через блок управления БУ для перехода ПУ на

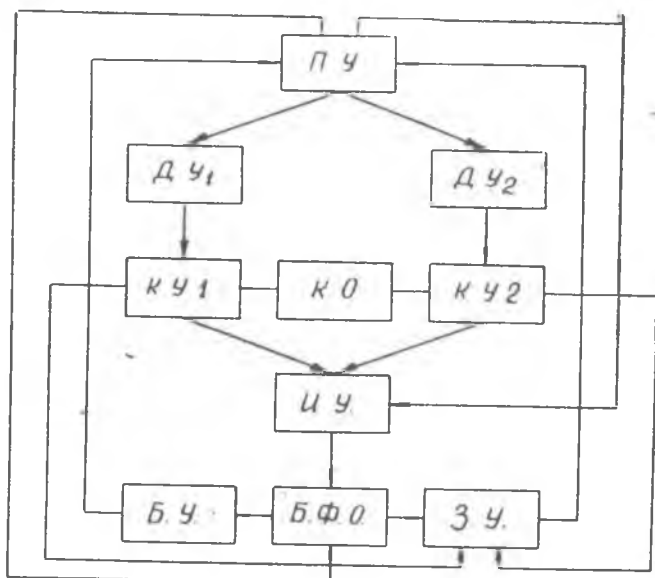


Рис. 1. Блок-схема установки.

следующую позицию программы. Таким образом, время одного измерения исправных электрических цепей определяется суммой времени срабатывания всех блоков, входящих в канал измерения.

При несовпадении результата измерения с ожидаемым результатом контроля с БФО поступает сигнал на записывающее устройство ЗУ, осуществляющее запись адресов точек, между которыми обнаружена неисправность. Переход к следующей позиции программы контроля происходит в этом случае после окончания записи адресов точек. Время одного измерения в случае контроля неисправного монтажа увеличивается по сравнению с контролем исправного на величину времени, затрачиваемую на запись адресов точек.

Программирующее устройство выдает электрические сигналы, представляющие собой ту или иную форму записи адресов контролируемых точек, величины допуска на измеряемый параметр контролируемой цепи и ожидаемый результат контроля. При малом количестве контролируемых цепей возможно использование жесткой программы контроля, например, на шаговых искателях,

устанавливаемой в процессе изготовления и налаживания установки для автоматического контроля. В случае изменения параметров электрических цепей вследствие изменения принципиальной схемы контролируемого объекта необходимо иметь возможность изменения программы контроля. Программа контроля, записанная на магнитную ленту, перфоленту, или перфокарту, может быть изменена путем замены соответствующих лент или карт, т. е. программа контроля в этом случае становится нежесткой. Наибольшая гибкость задания программы обеспечивается при использовании перфокарт, т. к. изменение программы достигается заменой отдельных карт. Другим достоинством использования перфокарт является возможность получения сигналов, достаточных для приведения в действие элементов дешифрационных устройств.

Коммутирующее устройство является одним из основных блоков установки для автоматического контроля электрических цепей и может быть выполнено как на контактных, так и бесконтактных элементах. При контроле параметров электрических цепей используются только контактные элементы, обеспечивающие

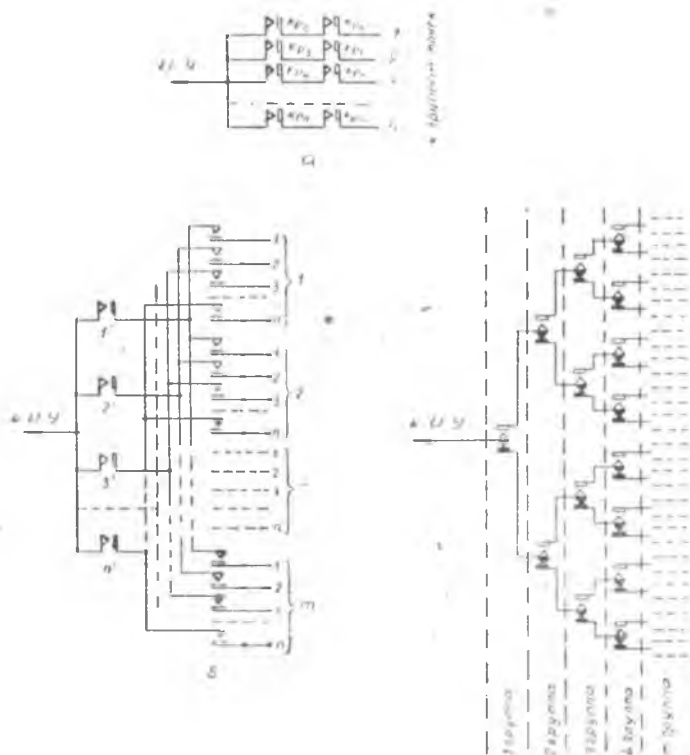


Рис. 2. Схемы построения коммутирующих устройств на реле.

качественное подключение контролируемой цепи к ИУ и исключая влияние остальной части схемы КО на контролируемую цепь. Бесконтактные элементы могут быть использованы только в случае контроля наличия или отсутствия короткого замыкания между контролируемыми точками.

В настоящее время наиболее оптимальным решением является построение контактных КУ на электромагнитных реле с максимальными коммутационными возможностями. На рис. 2 приведены возможные схемы построения КУ на реле. На рис. 2-а приведена схема коммутации с последовательным соединением двух контактов различных реле в цепи каждой контролируемой точки. Для коммутации n точек количество контактов q_1 каждого управляемого реле определяется из соотношения

$$\frac{q_1(q_1 + 1)}{2} = n. \quad (1)$$

Необходимое количество q_1 контактов, найденное из формулы (1) может быть обеспечено использованием групп из нескольких реле. Тогда количество управляемых реле (количество групп) P_1 будет

$$P_1 = q_1 + 1. \quad (2)$$

Групповая контактная схема КУ (рис. 2, б) осуществляет подключение контролируемой цепи путем замыкания контактов группы точек (1, 2, 3... m) и выбора точек в группе замыканием контактов 1', 2', 3'... n . Количество реле, необходимое для коммутации электрических цепей по групповой схеме P_2 , может быть определено по формуле

$$P_2 = P_2' + P_2'' = \frac{m \cdot n}{q_2} + n, \quad (3)$$

где

m — количество групп точек;

n — количество точек в группе;

q_2 — количество контактных пар выбранных реле.

Количество реле P_2'' выбора точек в группе может быть уменьшено применением схемы последовательного соединения контактов, рассмотренной выше.

При построении КУ по многоступенчатой схеме (рис. 2, в) выбор общего числа переключающих контактов, разбивка их на группы и определение необходимого числа реле производится, исходя из следующих соображений. Если число контролируемых точек $n = 2^m$, такую схему следует называть симметричной. В противном случае схема будет несимметричной. Любое количество контролируемых точек можно записать в виде

$$n = \sum n_i = \sum 2^{m_i}. \quad (4)$$

Это значит, что вся многоступенчатая схема может быть разбита на части, каждая из которых представляет собой симметричную

многоступенчатую схему. Выделение симметричных частей схемы следует начинать с той, которая позволяет действовать максимальному числу заданных точек. Другие части схемы для оставшихся недействующими точек выбираются по такому же принципу.

Число переключающих контактов любой выделенной симметричной многоступенчатой схемы определяется выражением

$$n_i - 1 = \frac{n_i}{2} + \frac{n_i}{4} + \frac{n_i}{8} + \dots + 2 + 1, \quad (5)$$

где каждый член ряда представляет собой количество контактов в группе, а число членов ряда — количество групп m_i .

Общее количество реле, необходимое для коммутации выделенной части контролируемых точек, равно

$$P_i = \frac{n_i}{2q_1} + \frac{n_i}{4q_2} + \frac{n_i}{8q_3} + \dots + \frac{n_i}{2^i m_i q_{m_i}}, \quad (6)$$

где q_1, q_2, q_3, \dots — число переключающих контактов выбранных реле для данной группы. Объединение выделенных симметричных частей схемы в общую схему должно проводиться по общим принципам построения многоступенчатых схем коммутации.

Дешифрационные устройства управляются сигналами с ПУ и обеспечивают срабатывание соответствующих элементов КУ. По своему построению схемы дешифрации адресов точек аналогичны схемам КУ и могут быть построены на контактных либо бесконтактных элементах.

Блок фиксации ошибки БФО в случае контроля параметров электрических цепей представляет собой электромагнитное реле, включенное на выходе ИУ. В случае несоответствия параметра контролируемой цепи заданному программой значению срабатывает реле БФО и выдает сигналы на остановку или замедление работы ПУ и на запись адресов данных точек. Если записывающее устройство обеспечивает запись адресов точек за время контроля одной цепи, то надобность в изменении режима работы ПУ отпадает. В качестве записывающих могут быть использованы любые типовые цифropечатающие устройства.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Ниже рассматриваются измерительные устройства, работающие на принципе сравнения параметров контролируемой цепи с параметрами образцовой цепи, задаваемыми программой. Электрическая цепь любой сложности может быть представлена эквивалентной цепью, состоящей из активного и реактивного сопротивлений. Следовательно, задачей контроля будет являться контроль модуля и фазы полного сопротивления контролируемой цепи.

Мостовой метод измерения полного сопротивления Z отличается высокой точностью и надежностью и позволяет измерять как модуль, так и фазу комплексного сопротивления.

Блок-схема измерительного устройства, основанного на мостовом методе, приведена на рис. 3 и состоит из:

1) моста переменного тока, в одно из плеч которого включается контролируемая цепь. В другое плечо включается образцовая цепь, параметры которой эквивалентны номинальным значениям контролируемой цепи;

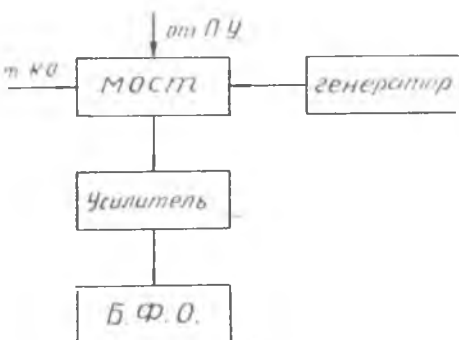


Рис. 3. Блок-схема измерительного устройства с использованием моста переменного тока.

2) усилителя переменного тока, усиливающего сигнал разбаланса моста в случае несовпадения параметров контролируемой и образцовой цепей;

3) блока фиксации ошибки, который регистрирует отклонение контролируемого параметра от заданного на величину, большую установленного допуска, и подает сигнал на печать и на программирующее устройство.

В данной схеме для контроля цепей, имеющих емкостный или индуктивный характер, используется один и тот же мост переменного тока, имеющий возможность коммутации плеч. Это позволяет выполнять условия равновесия моста, используя для образцовой цепи только емкости и активные сопротивления.

Экспериментальные исследования показали достаточно высокую чувствительность схемы. Измерительное устройство фиксировало изменение $\pm 5\%$ активных сопротивлений и емкостей и $\pm 15\%$ индуктивностей. Чувствительность моста остается достаточно высокой при напряжении питания порядка $1-2$ в. Частота питающего напряжения должна быть согласована с величиной контролируемого сопротивления. В целях получения необходимой чувствительности при измерении как больших, так и малых величин Z_x необходимо автоматическое изменение параметров плеч моста.

При контроле комплексной величины Z_x необходимо контролировать величину и фазу измеряемого параметра. Сравнительно простым для контроля величины и фазы является метод сравнения напряжений, прошедших через образцовую и контролируемую цепи. Блок-схема такого измерительного устройства изображена на рис. 4. Напряжение от генератора поступает на образцовую и контролируемую цепи. Проходя через эти цепи оно претерпевает изменение как по амплитуде, так и по фазе. Напряжение на выходе этих цепей усиливается и подается на амплитудно-сравнивающее устройство АСУ.

В случае неравенства амплитуд АСУ выдает сигнал на блок фиксации ошибки.

Допуск на амплитуду задается изменением чувствительности АСУ. Одновременно усиленное напряжение поступает на усилители-ограничители, а затем на фазо-сравнивающее устройство ФСУ

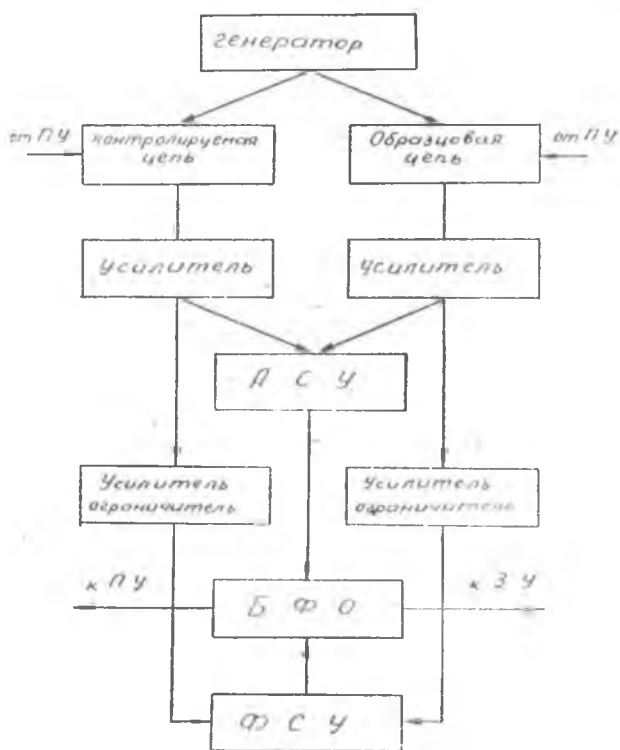


Рис. 4. Блок-схема измерительного устройства для контроля амплитуды и фазы.

и в случае несовпадения фаз двух сигналов на величину, большую допустимой, вырабатывается сигнал на блок фиксации ошибки и записывающее устройство.

Каналы прохождения сигналов в амплитудно-сравнивающем устройстве должны быть идентичными, и усиливать без ограничения в широком диапазоне входных напряжений.

В качестве усилителей-ограничителей фазо-сравнивающего устройства можно использовать пентоды в режиме анодно-сеточного ограничителя.

Амплитудно-сравнивающее устройство представляет собою электронный мост, на одно из плеч которого подается напряжение, прошедшее контролируемую цепь, на второе — напряжение, прошедшее образцовую цепь. В диагонали моста находится реле,

срабатывающее в случае выхода контролируемой амплитуды из допуска. Фазосравнивающее устройство может представлять собою триггер или обычный усилитель, на вход которого подаются прямоугольные импульсы, сдвинутые по фазе. Всегда можно выбрать режим работы усилителя таким, что, например, при $\varphi = 0$ ток реле будет максимальным, а при $\varphi = 180^\circ$ минимальным. Изменяя чувствительность усилителя, можно заставить срабатывать реле при определенном сдвиге по фазе. По данной блок-схеме был собран макет и проведены экспериментальные исследования. При сравнении амплитуд (при максимальной чувствительности) АСУ срабатывало при отклонении примерно на $\pm 5\%$ номинального значения, а при сравнении фаз, примерно, на $\pm 15\%$. Точность контроля в основном определяется величиной напряжения, питающего контролируемую и образцовую цепь, и входными сопротивлениями усилителей, которые должны быть в несколько раз меньше самого малого контролируемого комплексного сопротивления.

Снижение чувствительности входных цепей в этом случае должно быть скомпенсировано повышением чувствительности усилителей.

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время имеется возможность создать устройство для автоматического контроля параметров электрических цепей в процессе производства сложных электротехнических установок.

2. Для измерения целесообразно использовать устройства, работающие по методу сравнения параметров контролируемой цепи с эталонами.

3. В целях снижения затрат на изготовление установок для автоматического контроля параметров электрических цепей необходимо применение стандартных блоков математических машин (например, считывающее с перфокарт устройство, быстродействующее печатающее устройство и др.).

4. Дальнейшим продолжением работ по автоматизации контроля параметров электрических цепей должно явиться создание измерительных устройств, работающих по принципу сравнения результатов измерения контролируемой цепи, представленных в дискретной форме, с ожидаемым результатом, представленным в той же форме.

Это весьма перспективное направление, так как при дискретном контроле нет необходимости добиваться строго постоянной чувствительности, значительно меньшие требования предъявляются к стабильности элементов, входящих в схему и упрощается задача программы контроля.