

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОБМОТОК ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

*В. К. Заяц, Ю. А. Александров, В. А. Палагин,
Б. Д. Москвин, Г. И. Сидоров*

Харьков

Контроль сопротивлений обмоток постоянному току (СОПТ) необходим при производстве различных изделий, например, трансформаторов, опротивлений, реле, электрических машин и т. п. Для многих из этих изделий СОПТ является параметром, оговоренным ТУ и требующим обязательной проверки. Наиболее эффективным в условиях серийного и массового производства является применение автоматизированных контрольных устройств, которые наряду с повышением производительности и точности контроля значительно снижают влияние субъективных качеств контролера на результаты контроля. Функции контролера обычно сводятся к установке программы, подсоединению и отключению изделия. Остальные операции, включая и фиксацию результата контроля, выполняются автоматически.

Одно из основных требований, предъявляемых к автоматизированным контрольным устройствам — обеспечение длительной бесподстроечной работы. С этой точки зрения решение описываемого устройства является, на наш взгляд, рациональным. Кроме того обеспечивается высокая точность контроля и малое влияние питающих напряжений.

Задача контроля заключается в установлении соответствия СОПТ техническим условиям, т. е. в пределах, заданных допусками. Эта задача может быть решена на основе известных методов измерения активных сопротивлений [1].

Для устройства автоматизированного контроля наиболее удобно применить мостовой метод с оценкой сигнала ошибки по полярности [2].

При этом методе цикл контроля состоит из двух этапов. Контролируемое сопротивление обмотки R_x при помощи мостовой схемы последовательно во времени дважды сравнивается с эталонными сопротивлениями, соответствующими верхнему и нижнему допустимому пределу R_x (ВП и НП).

Сигнал ошибки, снимаемый с индикаторной диагонали, подается на усилитель-индикатор (усилитель с релейным выходом), который замыкает цепь фиксации брака при определенном соотношении полярностей сигналов ошибки. Если величина контролируемого сопротивления лежит в пределах допусков, то полярность сигналов ошибки при сравнении по ВП и НП будет неодинаковой и вполне определенной. В случае выхода контролируемого сопротивления за допустимые пределы оба раза получим одинаковые, тоже определенные, полярности сигналов ошибки.

Таким образом, единственным критерием для оценки контроля является полярность сигнала ошибки. Поэтому нестабильности источников

питания, порога срабатывания усилителя-индикатора (при достаточной чувствительности его) очень мало сказываются на точности контроля.

Применение оценки сигнала ошибки по амплитуде (процентный мост) привело бы к тому, что нестабильность источника питания моста и нестабильность порога срабатывания усилителя-индикатора не только непосредственно сказывались бы на погрешности контроля, но при значительных колебаниях этих величин создали бы ложную оценку контроля.

Описываемое устройство для автоматического контроля СОПТ, блок-схема которого показана на рис. 1, представляет собой один из блоков полуавтомата контроля трансформаторов, разработанного в Харьковском политехническом институте.

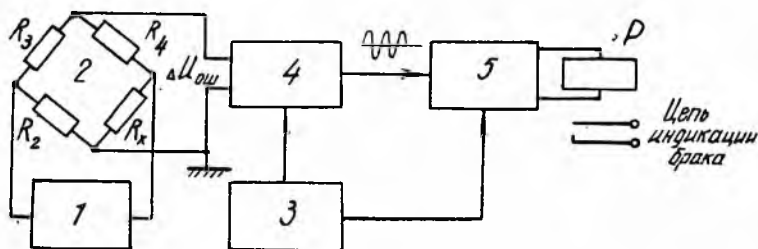


Рис. 1.

Измерительный мост 2 питается от источника постоянного напряжения 1. Сигнал ошибки $\Delta U_{\text{ош}}$ усиливается УПТ с преобразованием 4. На выходе этого усилителя получается переменное напряжение, фаза которого зависит от полярности сигнала ошибки, при изменении которого фаза выходного напряжения УПТ меняется на 180° . Сигнал с выхода УПТ поступает на фазочувствительный каскад 5, на который подается также сигнал от генератора НЧ-3.

Выходное реле фазочувствительного каскада срабатывает и замыкает цепь индикации брака, если фазы выходного напряжения с УПТ и генератора НЧ совпадают. Следовательно, при контролируемом сопротивлении R_x , лежащем в допусках, на каскад 5 оба раза (контроль при НП и ВП) должны поступать противофазные напряжения, т. е. сигнал ошибки в этом случае не должен изменять полярности.

Неизменность полярности сигналов ошибки при нормальном значении контролируемого сопротивления R_x достигается переключением полярности источника питания моста при контроле по ВП на противоположную по сравнению с НП.

Если R_x выходит из допусков, то при одном из сравнений по НП или ВП сигналы от УПТ и от генератора НЧ совпадут по фазе, сработает выходное реле каскада 5 и будет выдан сигнал о браке по нижнему или верхнему пределу.

Измерительный мост и программирование сопротивлений моста

В блоке используется схема четырехплечего моста с переключением пределов измерений (рис. 2). Весь диапазон контроля $0,1 \text{ ом} — 10 \text{ ком}$ разбит на четыре поддиапазона.

Плечи отношений моста, образованные сопротивлениями ($R_1 — R_5$), выполнены по потенциометрической схеме и служат для переключения поддиапазонов контроля. Магазинное плечо моста образовано эталонными

сопротивлениями ($R_6 - R_{21}$), составляющими четыре декады. Декады построены по системе 1—2—2—4, кроме первой декады (наивысшей), которая построена по системе 1—2—3—5. Из этих сопротивлений могут быть набраны значения магазинного плеча от 1 до 11999 ом через 1 ом .

Все эталонные сопротивления магазинного плеча включены последовательно, и каждое закорочено нормально замкнутыми контактами реле. Включение сопротивлений в схему моста происходит согласно программе, записанной на перфокарте, путем размыкания контактов соответствующих реле. Программа на перфокарте записывается при помощи системы отверстий, которые имеют вполне определенное расположение для каждого значения сопротивления. Через отверстия в перфокарте происходит замыкание цепей питания обмоток соответствующих реле и включение в плечо определенных значений эталонных сопротивлений. Аналогично программируются и плечи отношений.

Чувствительность моста, определяемая как приращение сигнала ошибки на 1% изменения контролируемого сопротивления от положения равновесия, равна [3, 4].

$$S_0 = \frac{\Delta U_{\text{ош}}}{\xi 100} = \frac{I_x R_x}{100} \frac{K}{1 + K} = \\ = \frac{U}{100(1 + K)^2} \delta / \%,$$

где $\Delta U_{\text{ош}}$ — сигнал ошибки при режиме индикаторной диагонали, близком к режиму холостого хода;

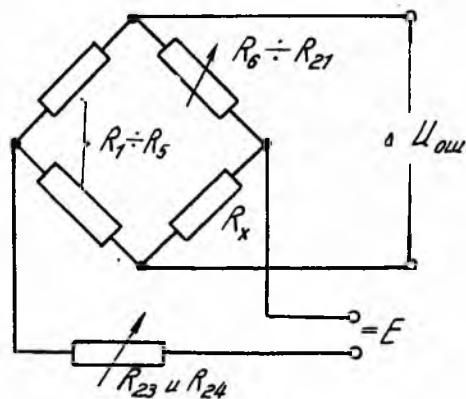


Рис. 2.

$$K = \frac{R_2}{R_x} = \frac{R_3}{R_4}$$

$\xi \frac{\Delta R}{R_x}$ — относительное отклонение контролируемого сопротивления от значения, при котором мост сбалансирован;

I_x — ток через контролируемое сопротивление;

U — напряжение на диагонали питания моста.

Наименьшая чувствительность на поддиапазоне 0,1 ÷ 1 ом . Если ограничить ток через измеряемое сопротивление 400 мА , то чувствительность составит $S_{0 \text{ мин}} \approx 0,5 \text{ мВ} / \%$.

На других поддиапазонах, несмотря на уменьшение тока через R_x , чувствительность моста возрастает.

Усилитель-индикатор рассчитан таким образом, чтобы его порог срабатывания был не хуже $1/2 S_{0 \text{ мин}}$, т. е. погрешность за счет усилителя-индикатора в худшем случае не превышала полпроцента.

Усилитель-индикатор. Принципиальная схема усилителя-индикатора изображена на рис. 3. Сигнал ошибки преобразуется входным преобразователем в последовательность прямоугольных импульсов, которая усиливается избирательным усилителем (каскады Λ_{1a} ; 16; 2a). Подобные усилители описаны в работе [5]. Отметим лишь одну схемную особенность. Для уменьшения времени восстановления усилителя и ограничения фазовых сдвигов при больших входных сигналах включены ограничительные сопротивления R_{17} ; 15; 19 в цепи сеток каскадов Λ_{1a} ; 16; 2a.

С третьего каскада (Λ_{2a}) усиленное напряжение поступает на управляющую сетку фазочувствительного каскада (Λ_{26}). На экранную сетку

этого каскада через фазовращатель $C_{15} R_{20} R_{24}$ подается опорное напряжение амплитудой около 50 в. Параметры фазовращателя выбраны так, чтобы при регулировке R_{24} амплитуда опорного сигнала практически не менялась.

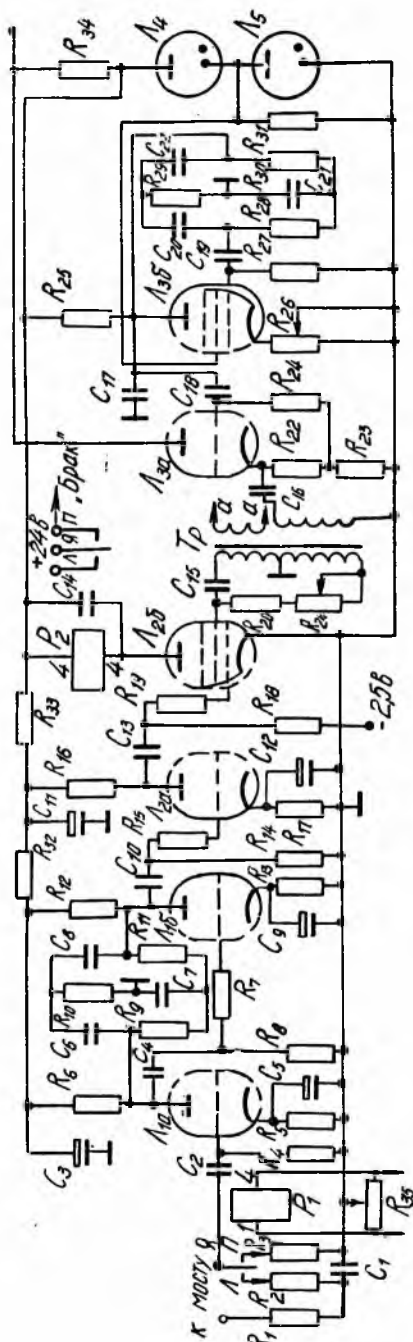


Рис. 3.

При противофазных напряжениях или при отсутствии одного из них на управляющей и экранной сетках лампа L_{26} закрыта. При синфазных напряжениях порог срабатывания фазочувствительного каскада по управляющей сетке составляет около 2 в (амп); при отрицательном смещении на этой сетке — около 2,5 в.

Генератор низкой частоты имеет задающий каскад на L_{36} и выходной каскад на L_{3a} . Переменное напряжение с выхода L_{3a} составляет 70—80 в и по форме близко к синусоиду. Порог срабатывания усилителя-индикатора не превышает 200 мкв.

Поскольку значительное снижение чувствительности усилителя-индикатора приводит к увеличению погрешности контроля, то, согласно программе, периодически производится проверка чувствительности. Для этого вместо R_x включается эталонное сопротивление, а мост программируется так, чтобы получить сигнал ошибки, равный $\frac{1}{2} S_{0 \text{ мин}}$. При этом должно срабатывать реле P_2 фазочувствительного каскада.

Регулировка усилителя-индикатора заключается в подгонке на одну частоту (около 75 гц) двойных Т-образных четырехполосников усилителя ($R_9 C_7 R_{11} C_8 R_{10} C_8$) и генератора ($R_{28} C_{21} R_{30} C_{20} R_{29} C_{22}$), регулировке контактов преобразователя P_1 и установке органов регулировок, выведенных под шлиц. В процессе эксплуатации может понадобиться периодическая регулировка контактов преобразователя P_1 , а также регулировка органов, выведенных под шлиц при смене ламп. Потенциометр R_{35} , обозначенный «нуль», служит для установки нуля усилителя. Потенциометры регулируют до получения минимального переменного напряжения (порядка $0,1 \div 0,3$ в) на выходе усилителя (анод L_{2a}) при замкнутом накоротко входе усилителя.

Потенциометр R_{21} , обозначенный «фаза», служит для установки правильного соотношения фаз опорного сигнала и сигнала с выхода усилителя. Его устанавливают так, чтобы получить сдвиг фаз 180° между указанными

выше сигналами при контроле сопротивления, находящегося в допусках, или сдвиг 0° при контроле выходящего за допуски сопротивления.

Переменное сопротивление R_{26} , обозначенное «ампл», служит для не-которой регулировки амплитуды напряжения ГНЧ и получения хорошей формы этого напряжения. Нормальное переменное напряжение на катодe Π_{3a} должно быть 65—80 в. Нормальное смещение на сетке Π_{26} составляет 2,5—3 в.

Испытания. Испытания блока контроля СОПТ производились при включении вместо R_x магазина сопротивлений. Измерительный мост блока программировался на какой-либо номинал сопротивления $R_{\text{прогр}}$. Изменяя сопротивление эквивалентного магазина $R_{\text{маг}}$, определяли момент срабатывания реле брака P_{36} .

Погрешность контроля определялась по формуле

$$\frac{R_{\text{прогр}} - R_{\text{маг}}}{R_{\text{маг}}} 100\%.$$

Результаты испытаний приведены в таблице

Поддиапазон контро- ля, ом	Предельные погрешности контроля по поддиапа- зону, %	Примечание
10^4 — 10^3 10^3 — 10^2 10^2 —10	0,01—0,04 0,02—0,2 0,1—0,9	Погрешность, определенная с уче- том сопротивления соединительных проводников, равна 0,01—0,04%.
10—1 1—0,1	0,44—0,5 0,22—1	Погрешности определены с учетом сопротивлений соединительных провод- ников

Опытная эксплуатация блока в течение одного года в составе полуавто-мата для контроля трансформаторов показала, что блок удовлетворяет поставленным требованиям устойчивости работы, длительной бесподстроеч-ной работы, сохранения точности контроля в процессе эксплуатации.

При контроле сопротивлений от 10 до 0,1 ом программирование должно производиться с учетом сопротивления соединительных проводников.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Балашов. Автоматизация радиоизмерений. Изд-во «Советское радио», 1966.
2. М. Д. Савельзон, Г. Р. Рудольфи, С. И. Якубович. Автоматизация контроля электрических параметров радиоаппаратуры. «Радиотехническое производство», 1957, № 15.
3. К. Б. Карандеев. Мостовые методы измерений. Гостехиздат УССР, 1953.
4. А. Д. Нестеренко. Основы расчета электроизмерительных схем уравнивания. Изд. АН УССР, 1960.
5. Д. Е. Полонников. Электронные усилители автоматических компенсаторов. Физматгиз, 1960.