

## Раздел VIII. Сервисные приборы и приборы специального назначения

### 8.1. Сервисные приборы

#### **§ 10.1. Указания по измерению режимов и технике безопасности**

Нормальная работа любой радиоэлектронной схемы обеспечивается при соответствующих режимах ее работы. Режим работы схемы определяется значениями постоянных и переменных напряжений на элементах и токов в ее цепях.

При проверке режимов по постоянному току обычно измеряют напряжение, ток и сопротивление. Эти измерения выполняются ампервольтметрами (комбинированными приборами), миллиамперметрами и электронными вольтметрами различных типов.

При проверке режимов по переменному току кроме напряжения часто измеряют ток, частоту, различные пара-

метры импульсов (форму, амплитуду и длительность), а также коэффициент усиления, входное сопротивление и др. Эти измерения выполняются ампервольтметрами, электронными вольтметрами различных типов и осциллографами; используются также генераторы низких и высоких частот и другие измерительные приборы.

При проверке режимов в условиях серийного производства измерение напряжений и сопротивлений производится по диаграммам (картам) напряжений и сопротивлений. На этих диаграммах указываются контрольные точки и напряжения (или сопротивления) между этими точками, что значительно ускоряет процесс проверки. На диаграммах, как правило, указывается тип прибора, рекомендуемого для измерения. Обычно измерение напряжений производится относительно корпуса прибора, принятого за начальный (нулевой) уровень.

Контроль и проверка режимов и параметров схемы (кроме особо оговоренных случаев, как, например, измерение сопротивлений) производится при подключении схемы к источнику питания. Допускаемая общая погрешность измерения устанавливается в каждом конкретном случае и обычно находится в пределах  $\pm(10-20)\%$ .

При проверке режимов необходимо соблюдать следующие правила: 1) выводы измерительных приборов должны присоединяться к элементам и деталям схемы возможно более короткими проводами; 2) шасси всех приборов (кроме особо оговоренных случаев) должны быть надежно соединены между собой и «заземлены» (иметь общий нулевой потенциал); 3) подключение измерительных приборов не должно нарушать режима работы проверяемой схемы; 4) измерительные приборы должны быть включены за 10—15 мин до начала измерений; 5) напряжение батареи или внешнего источника питания схемы, а также напряжение питания измерительных приборов необходимо поддерживать на номинальном уровне.

Перед началом работ нужно подготовить рабочее место, которое должно быть удобным, хорошо освещенным, освобождено от посторонних предметов и покрыто резиновым ковриком или сукном (фланелью).

При измерении режимов необходимо соблюдать максимальную осторожность и строго выполнять правила техники безопасности.

1. Категорически запрещается использовать измерительные приборы со снятым кожухом и без заземлений.

2. Заземления проводов должны быть надежными. Сечение заземляющего провода должно быть не менее  $2 \text{ мм}^2$ .

3. Необходимо помнить, что работы с электронными вольтметрами требует соблюдения правил обращения с установками до 1000 В.

4. При измерении напряжений средних значений (до 300 В) один из щупов измерительного прибора соединяют с корпусом (нулевым потенциалом) схемы, а другим поочередно касаются контрольных измерительных точек. При всех измерениях следует работать только одной рукой; другая должна оставаться свободной и прижатой к телу.

5. При измерении нельзя прикасаться к зажимам (выводам) силового трансформатора и других элементов (например, конденсаторов), находящихся под высоким напряжением. Перечень этих элементов, а также точки их присоединения или номера выводов указываются в задании и сопровождаются предупреждением «Будьте осторожны при измерении режимов в схеме!».

6. Запрещается производить в схеме, находящейся под напряжением, смену электронных ламп и других элементов, а также перемонтаж схемы.

7. Смена электронных ламп в схеме во избежание ожогов должна производиться через 20—30 мин после выключения напряжений питания.

## § 10.2. Особенности измерения режимов. Типовые режимы усилительных элементов

Выбор электрорадиоизмерительных приборов для измерения режимов и параметров радиоэлектронных схем производится в соответствии с общими техническими требованиями, предъявляемыми к аналогичным измерительным задачам, отдельные примеры которых подробно рассмотрены ранее. Однако техника измерения режимов имеет особенности, основными из них являются следующие.

1. Выбор места для включения измерительного прибора. Этот вопрос имеет большое практическое значение при измерении тока. Обычно при измерении тока прибор включается в разрыв измеряемой цепи и выбор места такого разрыва существенно влияет на общую погрешность измерения. Этот вопрос подробно рассматривается в § 10.6.

2. Выбор типа прибора для измерения напряжения. При измерении напряжения на участке цепи или отдельном резисторе (с известными величинами сопротивлений) может оказаться, что параллельно этому участку цепи (резистору) присоединена другая цепь с меньшим сопротивлением. При этом эквивалентное сопротивление измеряемого участка значительно меньше известного значения. Тогда при выбо-

ре вольтметра нужно учитывать эквивалентное сопротивление, т. е. входное сопротивление прибора должно значительно превышать эквивалентное сопротивление измеряемого участка. Часто это приводит к значительному уменьшению значения требуемого входного сопротивления прибора и позволяет использовать для измерения ампервольтметр.

Отметим возможные случаи, когда сопротивление измеряемого участка зависит от режима его работы. Так, например, в схеме транзисторного усилительного каскада (см. рис. 2.7) сопротивление перехода база—эмиттер зависит от режима транзистора — значения тока эмиттера (следовательно, и от тока базы). При малых токах базы сопротивление участка база—эмиттер достигает относительно большого значения (5—15 кОм), которое соизмеримо с входным сопротивлением ампервольтметров на шкалах 1—3 В. Поэтому напряжение смещения на базе  $U_{бэ0}$  обычно измеряется электронным вольтметром. Напомним, что увеличить входное сопротивление ампервольтметра выбором для измерения шкалы с большим пределом измерения невозможно, так как измеряемое напряжение  $U_{бэ0}$  может оказаться равным 0,15—0,25 В. Как известно, при измерении малых напряжений на шкалах с большим пределом измерения значительно увеличивается относительная погрешность. Все остальные напряжения в приведенной схеме усилительного каскада могут измеряться ампервольтметрами Ц4313 или Ц4341. Шкалу (предел измерения) прибора надо выбрать так, чтобы общая погрешность измерения не превышала заданную. Заметим, что сопротивление резистора  $R_2$ , как правило, равно 3—5 кОм. Иногда из соображений экономии энергии его выбирают до 30 кОм и оно становится соизмеримым с входным сопротивлением ампервольтметра на шкалах 1—3 В. В этом случае напряжение на  $R_2$  обычно измеряется электронным вольтметром.

На рис. 2.7 показано присоединение вольтметра к контрольным точкам для измерения режимов в схеме типового усилительного каскада. В кружках, изображающих вольтметр, указаны примерные значения пределов шкалы прибора, на которых обычно производятся измерения режимов.

Транзисторы и электронные лампы в радиоэлектронной аппаратуре используют, как правило, в типовом режиме, указанном в ТУ или справочнике. Например, для ряда низкочастотных транзисторов типовым является такой режим, при котором ток коллектора  $I_{кн} = 1$  мА, а напряжение на коллекторе  $U_{кз} = -5$  В. В справочнике обычно

указываются параметры транзистора, измеренные в его типовом режиме. На практике иногда допускают некоторые отклонения от этого режима. Например, в целях экономии энергии низкочастотные транзисторы в усилительных каскадах работают при токе коллектора  $I_{к} = 0,5 \div 0,6$  мА и напряжении на коллекторе  $U_{к} = 3 \div 4$  В.

Основной задачей практикума является изучение основных вопросов и выполнение практических задач, связанных только с измерениями режимов. Задачи установления заданных режимов с помощью регулируемых элементов не входят в программу практикума.

Измерение режимов производится главным образом прямым методом. Возможны также случаи использования метода косвенных измерений. Этот метод подробно рассмотрен в гл. 2.