

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

Ю. И. ГРИБАНОВ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

ИЗМЕРЕНИЯ В ВЫСОКООМНЫХ ЦЕПЯХ

Издание второе, исправленное и дополненное

ИЗДАТЕЛЬСТВО «Э Н Е Р Г И Я» МОСКВА 1967 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: Берг А. И., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Жеребцов И. П., Канаева А. М., Корольков В. Г., Кренкель Э. Т., Куликовский А. А., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Шамшур В. И.

УДК 621.317 Г 82

Рассматриваются вопросы измерения напряжений с малым потреблением мощности в измерительной цепи. Приводятся практические схемы вольтметров и усилителей с высокими входными сопротивлениями и широким динамическим диапазоном. Рассчитана на подготовленных радиолюбителей и инженерно-технических работников.

Содержание книги "Измерения в высокоомных цепях"

Введение

**Глава первая. Включение вольтметра в электрическую цепь**

Влияние подключения вольтметра на режим цепи

О введении расчетных поправок

Получение правильного результата

**Глава вторая. Электромеханические вольтметры**

Общие положения

Измерители тока и добавочные сопротивления

Электростатические вольтметры

**Глава третья. Электронные вольтметры на лампах**

Общие положения

Усилители

Пределы измерения. Расчет входных делителей

Влияние сеточного тока

Входные сопротивление и емкость

**Глава четвертая. Электронные вольтметры и усилители с высокими входными сопротивлениями на лампах**

Простые катодные повторители

Сложные катодные повторители

Сложные катодные повторители с усилением в цепи обратной связи

Схемы с операционными усилителями

Вольтметры с лампами в обращенном режиме

**Глава пятая. Электронные вольтметры и усилители с высокими входными сопротивлениями на транзисторах**

Вольтметры с усилителями тока на транзисторах

Транзисторные усилители напряжения

Усилители с полевыми транзисторами

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Глава шестая. Измерение напряжений компенсационными методами

Схемы с ручным уравниванием

Схемы с автоматическим уравниванием

## Глава седьмая. Примеры использования высокоомных вольтметров для измерения различных электрических величин

Литература

### ВВЕДЕНИЕ

Творческая работа радиолюбителя требует наличия хотя бы минимального количества измерительных приборов. Пожалуй, чаще всего радиолюбителю приходится сталкиваться с измерением напряжений, поэтому вольтметр является одним из основных приборов его измерительной лаборатории. Важной характеристикой вольтметра является его входное сопротивление. Оно во многом определяет возможности прибора. В самом деле: При измерении падения напряжения на некотором сопротивлении  $R$  входное сопротивление вольтметра оказывается подключенным параллельно этому сопротивлению. Для получения достаточно точного результата входное сопротивление вольтметра должно быть равно 100 или больше. При измерении э. д. с. источника тока происходит деление напряжения между внутренним сопротивлением источника  $\mathcal{E}_{\text{вн}}$  и входным сопротивлением вольтметра. Во избежание погрешности последнее должно быть равно 100 или больше. При измерениях в радиоцепях входное сопротивление должно быть достаточно велико, чтобы не нарушать работы устройства в процессе измерения. Например, попытка измерения низкоомным вольтметром напряжений в цепях маломощного генератора приведет к срыву колебаний. Идеальный вольтметр должен был бы иметь бесконечно большое входное сопротивление. Но в реальных условиях всякий измерительный прибор отбирает от цепи, к которой он присоединен, некоторую электрическую энергию, которая преобразуется в нем в механическую, необходимую для перемещения указателя, и зависит в основном от системы прибора, его конструкции и от рода измеряемой величины. Среди вольтметров электромеханической группы наименьшим собственным потреблением энергии обладают вольтметры электростатической системы, наибольшим — тепловой и электродинамической систем. В соответствии с величинами собственного потребления энергии входные сопротивления наиболее распространенных магнитоэлектрических вольтметров лежат в пределах от нескольких сотен ом до десятков килоомов на вольт шкалы. Для измерения напряжений в цепях с радиолампами такие значения сопротивлений часто оказываются недостаточными. Поэтому широкое распространение получили электронные (ламповые и транзисторные) вольтметры — измерительные устройства с предварительным усилением мощности сигнала электронным усилителем. Электронные (ламповые) вольтметры на постоянном токе имеют входное сопротивление 11—25 Мом и позволяют проводить почти все измерения, которые наиболее часто встречаются в практике. Однако с развитием электроники все чаще встречаются случаи, когда даже подобный электронный вольтметр не может быть использован для измерений. Многие эксперименты в области, физики, химии, биологии и других наук также связаны с измерением напряжений от источников, внутреннее сопротивление которых очень велико. Можно указать на цепи с различными полупроводниками и приборами газового наполнения, на измерения электрохимических потенциалов, биоэлектрических эффектов, электрических зарядов, удельных сопротивлений диэлектриков и многое другое. При измерениях в таких цепях входное сопротивление вольтметра должно быть порядка  $10^8$ — $10^9$  ом. И если для измерения напряжений, не превышающих 1 в, изготовить измерительное устройство с

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

таким высоким входным сопротивлением не составляет особого труда на базе электрометрической лампы (такие устройства широко описаны), то с измерением напряжением в десятки и сотни вольт дело обстоит сложнее. Нужно применять либо специальные схемные решения, либо специальные методы измерений. Особенности электрических процессов часто делают желательным наблюдение этих процессов на экране осциллографа или запись их самопишущим прибором. В этих случаях необходим согласующий усилитель с высокоомным входом — «трансформатор сопротивлений» — для повышения входного сопротивления усилителя вертикального отклонения осциллографа или самописца. Подобный усилитель применяют и в высокоомных вольтметрах. Частотные характеристики высокоомных цепей редко выходят за пределы звукового диапазона. Однако некоторые электрические явления в этих цепях сопровождаются быстрым нарастанием напряжения — до сотен вольт в микросекунду. Следовательно, к усилителям вольтметров должны быть предъявлены требования достаточно широкой полосы пропускания. Суммарная погрешность измерения напряжения вольтметром складывается из двух составляющих. Первая из них — погрешность показаний вольтметра — носит случайный характер и дается наибольшим возможным своим значением, указанным в паспорте прибора в виде основной и дополнительной погрешностей. Она определяется системой и конструкцией прибора, точностью его градуировки и т. д. Вторая составляющая представляет собой систематическую погрешность, которая возникает в результате изменения режима исследуемой цепи при подключении вольтметра. Она определяется соотношением входного сопротивления вольтметра и выходного сопротивления цепи относительно точек подключения вольтметра. В принципе систематическую погрешность можно учесть расчетом, если только подключение вольтметра не приводит к качественным изменениям в исследуемой цепи. Существуют и другие методы устранения этой погрешности. Следует указать, что погрешность показания современного электронного вольтметра в значительной мере определяется погрешностями входного делителя и индикаторного прибора. Имеется множество схем, которые позволяют исключить входной делитель. По ряду же причин выходные индикаторные приборы в электронных вольтметрах имеют классы точности 1,5—2,5, чем и ограничивается точность электронного вольтметра. Выходной прибор как источник погрешностей исключен в цифровых вольтметрах, в которых измеряемое напряжение преобразуется в серию импульсов. Число импульсов в серии пропорционально напряжению, и отсчет этого числа производится, например, с помощью декастронов. Обычно величина приведенной погрешности цифровых вольтметров составляет 0,1 %. В брошюре рассматриваются принципы построения и даются практические советы по изготовлению измерительных приборов с очень высоким входным сопротивлением ( $10^8$ — $10^{15}$  ом) и верхними пределами измерения до сотен вольт. Частотный диапазон некоторых из них достигает нескольких мегагерц. Описываются также способы и устройства, позволяющие повысить сопротивления имеющихся вольтметров. Приводятся примеры использования вольтметров с высоким входным сопротивлением для измерения различных электрических величин. В настоящем, втором издании в соответствии с пожеланиями читателей более широко рассмотрены вопросы введения поправок к показаниям вольтметров, подробнее рассказано о ламповых вольтметрах, об обратном режиме, о применении транзисторов.

[Скачать книгу](#) Грибанов Ю. И. Измерения в высокоомных цепях. Издательство "Энергия". Москва, Ленинград, 1967