

Рисунок 5- Зависимость безразмерного заряда от времени при  $V_0 = Var$

Показано, что избирательная способность коллектора к той или иной части распределения искажает временную зависимость переднего фронта заряда от температуры.

- При увеличении угла попадания частиц  $\alpha$  от  $0$  до  $90^\circ$  величина заряда увеличивается приблизительно в два раза, а длительность импульса уменьшается (рис.4);
- При увеличении напряжения между мишенью (полусферой) и коллектором преобразователь заряда увеличивается в два раза, а передний фронт импульса уменьшается (рис.5).

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Дмитриев В. Д., Чубаров Ю. Ф., Лебедев С. В.

Одной из основных задач при измерении электрических величин, таких как сопротивление и напряжение является универсальность и простота измерительного устройства. В данной работе описывается одно из таких устройств, в котором, наряду с достижением универсальности, повышены также точность измерения и быстродействие.

Устройство для измерения электрических величин (рисунок 1) состоит из генератора высокочастотного напряжения 1, счётчика импульсов 2, генератора 3 линейно-изменяющегося напряжения, радиочастотного преобразователя 4, RC-фильтра 12, состоящего из конденсаторов 13 и 15 и

резистора 17, переключателя 18 с четырьмя коммутационными элементами 10-22. Радиочастотный преобразователь 4 выполнен на биполярном транзисторе 5 с элементами 6-11 и представляет собой высокочастотное пороговое избирательное устройство. Оно питается от генератора высокочастотного напряжения 1, выходное переменное напряжение снимается с параллельного колебательного контура (7,10), включенного между базой и эмиттером транзистора. Его пороговое избирательное свойство объясняется тем, что при питании биполярного дрейфового транзистора от источника высокочастотного напряжения изменение тока, проходящего через него, описывается S-образной характеристикой [2].

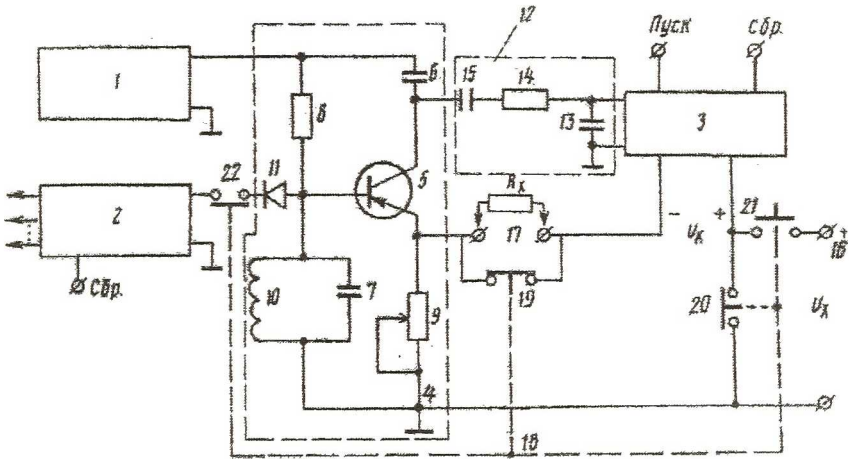


Рисунок 1. Схема устройства

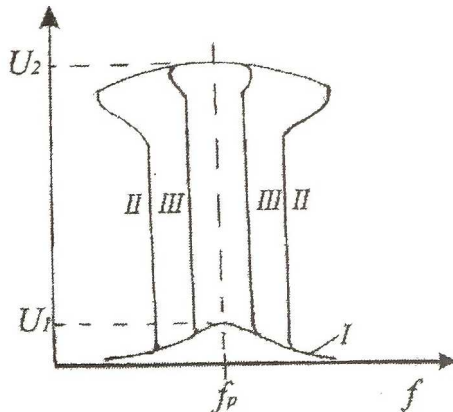


Рисунок 2. Амплитудно-частотные характеристики

**Принцип работы устройства.** При включении генератора 1 высоко-частотное напряжение с частотой равной резонансной частоте колебательного контура поступает на радиочастотный преобразователь. Если амплитуда напряжения выше порога отпирания транзистора, он открывается. В момент отпирания транзистора сопротивление (база - общая шина) транзисторного каскада становится нелинейным, причём составляющими его компонентами являются отрицательное активное сопротивление, нелинейная ёмкость и нелинейная индуктивность. Отрицательное входное сопротивление значительно увеличивает добротность контура, что ведёт к ещё большему увеличению амплитуды напряжения на контуре и полному отпиранию транзистора. Нелинейные индуктивность и ёмкость, включаясь параллельно в контур, деформируют частотную характеристику (рисунки 2, где *I* – частотная характеристика до отпирания, а *II* – после отпирания транзистора). Изменяя величину резистора 9, добиваются такого режима работы преобразователя, чтобы полоса пропускания была минимальной, но не равной нулю (характеристика *III*). При этом в генераторе 3 необходимо выполнить «сброс» для нулевого значения выходного напряжения ( $U_k=0$ ).

Процесс измерения разделяется на два этапа: установку «нулевой точки шкалы» и измерения электрической величины.

Установка «нулевой точки шкалы» начинается с подачи импульса «пуск» на генератор 3. В этот момент начинается увеличение компенсационного напряжения  $U_k$  (полярность указана на рисунке 1). Увеличение запирающего напряжения ( $U_k$ ) ведёт к уменьшению полосы пропускания контура до нуля. При этом транзистор запирается, а напряжение на контуре уменьшается с  $U_2$  до  $U_1$ . В этот момент в результате параметрического эффекта на коллекторе транзистора образуется отрицательный импульс, который через фильтр 12 поступает на вход генератора линейно-изменяющегося напряжения и останавливает рост напряжения  $U_k$ . Установленное напряжение  $U_k$  является начальным напряжением, характеризующим «нулевую точку шкалы» измеряемой величины (сопротивления или напряжения).

Перед измерением сопротивления  $R_x$ , подключенного последовательно во входную цепь преобразователя осуществляется «сброс» счётчика 2 и затем размыкаются шунтирующие контакты 19. Наличие измеряемого сопротивления  $R_x$  уменьшает отрицательный потенциал на эмиттере транзистора, он отпирается и полоса пропускания контура расширяется (характеристика *II*), а напряжение на контуре скачком возрастает от значения  $U_1$  до  $U_2$ . Положительный параметрический импульс с коллектора транзистора запускает генератор 3, и начинается дальнейшее увеличение запирающего напряжения  $U_k$ . В это время на счётчик 2 поступают счётные импульсы. Счёт импульсов осуществляется до тех пор, пока дополнительно возросшее напряжение  $U_k$  не уменьшит полосу пропускания до

нуля. и не сорвёт колебания на контуре (амплитуда напряжения скачком изменяется от значения  $U_2$  до  $U_1$ ). В этот момент отрицательный параметрический импульс с коллектора транзистора останавливает рост  $U_k$  и счёт импульсов счётчиком 2 прекращается. Число импульсов, прошедших в счётчик 2 за время измерения, пропорционально величине  $R_x$ .

Перед измерением напряжения  $U_x$  выполняются установка «нулевой точки шкалы», «сброс» счётчика 2 и включение переключателя 18. В этом случае напряжение  $U_x$  отпирает транзистор, полоса пропускания контура расширяется (характеристика  $I$ ) и напряжение на нём возрастает  $U_1$  до  $U_2$ . Положительный параметрический импульс запускает генератор 3, что ведёт к увеличению запирающего напряжения  $U_k$ . Одновременно на счётчик поступают счётные импульсы. Если измеряется постоянное напряжение  $U_x$ , то счёт импульсов осуществляется до тех пор, пока дополнительно возросшее напряжение  $U_k$  не станет равным  $U_x$ , что соответствует срыву колебаний на контуре и прекращению роста напряжения  $U_k$ .

При измерении импульсного или переменного напряжения полоса пропускания преобразователя 4 изменяется не только за счёт изменения  $U_k$ , но и за счёт изменения в положительные полупериоды напряжения  $U_x$ . С приходом каждой полуволны напряжения  $U_x$  преобразователь включается, начинается увеличение напряжения  $U_k$ , счёт импульсов, и затем происходит срыв колебаний на контуре, остановка роста  $U_k$  и прекращение счёта импульсов. Как только преобразователь прекращает срабатывать в положительные полупериоды, амплитуда напряжения  $U_x$  оказывается равной напряжению  $U_k$  и соответствует числу импульсов, пришедших на счётчик 2.

**Заключение.** Точность измерения устройства для измерения электрических величин значительно повышается, так как вместо нескольких функциональных устройств используется один многофункциональный преобразователь. Кроме того функциональная схема такая, что сразу же за установкой «нулевой точки шкалы» следует процесс измерения  $R_x$  (или  $U_x$ ), причём установка «нуля и компенсация в момент окончания измерения происходят при одном и том же напряжении, т. е. в одной и той же точке. Это позволяет исключить погрешность изменения и нелинейности параметров всех элементов устройства. Так как сравнение и компенсация  $R_x$  и  $U_x$  производятся в линейных цепях, шкала всего измерительного устройства линейна в любом допустимом диапазоне измерения. Устройство измеряет сопротивления от единиц Ом до сотен тысяч кОм без переключения диапазона. Быстродействие устройства ограничивается лишь скоростью счёта импульсов счётчиком, так как скорость срабатывания преобразователя «напряжение - полоса - пачка импульсов» как и любой параметрической системы, ограничивается несколькими десятками наносекунд.

### Список использованных источников

1. Чубаров Ю. Ф., Дмитриев В. Д. и др. а.с. №687411, БИ №35 от 25.09.79 г.
2. Дмитриев В. Д. Динамические элементы оптоэлектронных систем обработки информации. – В сб.: Устройства, элементы и методы комплексной микроминиатюризации РЭА. – Казань: КАИ, 1983 г.

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ В ЖИДКОСТИ

Суркова Ю.А., Кудрявцев И.А.

Стандартным методом определения влагосодержания в жидкостях является метод Карла Фишера. Международная электротехническая комиссия (МЭК) приняла данный метод в качестве стандарта для определения содержания влаги в изоляционных жидкостях и бумажно-масляной изоляции. В классическом исполнении анализ заключается в титровании пробы реактивом Фишера с визуальным определением конечной точки. Максимально автоматизированным. Предлагаемый прибор позволяет производить оперативное определение концентрации влаги в жидкости методом Фишера с применением кулонометрического титрования и амперометрического определения конечной точки.

В основу работы анализатора положен кулонометрический метод определения содержания микроконцентраций воды в жидкостях, основанный на взаимодействии воды с реактивом К. Фишера /1, 2/. При титровании по методу Фишера проба исследуемой жидкости с примесью влаги смешивается с раствором йода и диоксида серы в пиридин-метанольной смеси. При этом свободный йод связывается с водой, что приводит к осветлению раствора, после чего начинается титрование путем добавления йода в раствор до восстановления первоначальной окраски. В предлагаемом устройстве генерация йода осуществляется электролитическим способом непосредственно в ячейке, а его количество определяется по величине заряда, израсходованного на электролиз. Для титрования 1 моля воды требуется 1 моль йода, концентрация воды может быть определена по закону Фарадея. Для связывания 1 мг воды необходим заряд в 10.72 Кл.

Таким образом, для определения количества воды в пробе необходимо измерить величину интервала времени, в течение которого производится электролиз. Важным моментом, определяющим точность анализа, является фиксация конечной точки титрования. Наиболее подходящим методом определения конечной точки является измерение проводимости электролита в анализаторе.

На рисунке 1 показана диаграмма, иллюстрирующая реакцию на введение йода в ячейку. Можно отметить, что после выключения тока проводимость раствора продолжает нарастать, что обусловлено, во-