

С. Л. ЭПШТЕЙН  
(Ленинград)

### К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ В ЦИФРУ

Сопротивление изоляции ( $R_{и}$ ) является важным параметром конденсаторов и многих других емкостных объектов. В системах управления некоторыми технологическими процессами часто появляется необходимость преобразования измеренных значений  $R_{и}$  в систему кодовых посылок и ввода их в ЭВМ для выработки требуемых обратных воздействий. Между тем получение цифрового отсчета при измерении  $R_{и}$  и превращение его в код является во многих случаях сложным делом.

В широко распространенных устройствах контроля  $R_{и}$  [1] напряжение на выходе измерителя получается пропорциональным либо  $R_{и}$ , либо  $1/R_{и}$ . В том случае, когда оно пропорционально  $R_{и}$ , необходимое преобразование можно осуществить, применяя соответствующий цифровой вольтметр (рис. 1). Тогда, когда выходное напряжение устройства контроля обратно пропорционально сопротивлению изоляции исследуемого объекта 2, необходимо использование более сложного преобразователя (рис. 2).

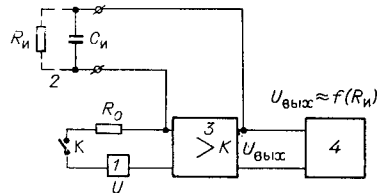


Рис. 1.

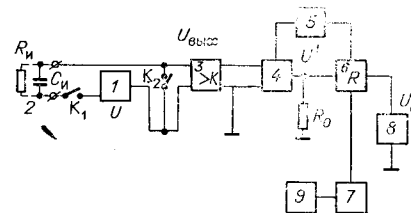


Рис. 2.

Здесь нуль-органом 4 сравниваются два напряжения, одно из которых —  $U_{\text{вых}} = f\left(\frac{1}{R_{и}}\right)$  — поступает с выхода усилителя 3, а второе —  $U' = f\left(\frac{1}{R}\right)$  — при  $R \gg R_0$  — с резистора  $R_0$ . Если  $U_{\text{вых}} = U'$ , то  $R_{и} = f(R)$ . Подключение разных  $R$  в магазине сопротивлений 6 при уравнивании производится блоком 5. Делитель напряжения  $R, R_0$  питается от источника напряжения 8.

Индикация цифрового значения  $R_{и}$  производится на световом табло 7. Реле времени 9 позволяет засвечивать табло после истечения заданного промежутка времени измерения  $t$  (при измерении одноминутного значения  $R_{и}$  табло засвечивается через  $t=1$  мин). Замкнутое состояние ключей  $K_1$  и  $K_2$  используется для предварительного заряда испытуемого объекта  $R_{и}, C_{и}$  от источника напряжения 1. Процесс измерения  $R_{и}$  начинается с момента размыкания ключа  $K_2$ .

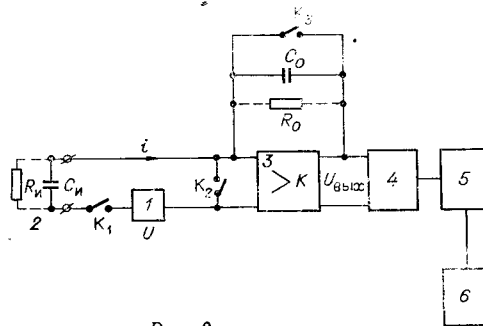


Рис. 3.

Рассмотренные схемы достаточно сложны и требуют использования высокочувствительных и стабильных цифровых вольтметров либо их модификаций.

Значительно более простым может быть преобразователь, построенный на основе операционного интегрирующего усилителя [2—4]. Блок-схема такого преобразователя показана на рис. 3. В исходном состоянии схемы ключи  $K_2$  и  $K_3$  замкнуты, а  $K_1$  разомкнут. Замыканием ключа  $K_1$  начинается стадия заряда испытуемого конденсатора 2. После оконча-

ния заряда конденсатора ( $UC \approx U$ ) ключи  $K_2$  и  $K_3$  размыкаются, и начинается стадия интегрирования тока  $i$ , в процессе которого напряжение на выходе усилителя  $U$  возрастает по закону

$$U_{\text{вых}} \approx - \frac{KU \left(1 - e^{-\frac{b}{a} t}\right)}{\left[1 - \frac{R_{\text{и}}}{R_0} (1 + K)\right]}, \quad (1)$$

где  $b = \frac{1}{R_{\text{и}}} + \frac{1}{R_0} (1 + K)$ ;  $a = C_{\text{и}} + C_0(1 + K)$ ;  $K$  — коэффициент усиления;  $R_0$  — сопротивление утечки интегрирующего конденсатора  $C_0$ ;  $C_{\text{и}}$  и  $R_{\text{и}}$  — емкость и сопротивление изоляции испытуемого конденсатора. При линейном интегрировании

$$U_{\text{вых}} \approx - \frac{KU t}{R_{\text{и}} [C_{\text{и}} + C_0(1 + K)]}. \quad (2)$$

Из (2) следует, что в случае малоемкостных объектов, если  $C_0 K \gg C_{\text{и}}$ ,

$$R_{\text{и}} \approx \frac{U t}{U_{\text{вых}} C_0}. \quad (3)$$

Для больших значений испытуемой емкости, при которых  $C_{\text{и}} \gg (1 + K) C_0$ ,

$$\tau_{\text{и}} = R_{\text{и}} C_{\text{и}} \approx \frac{KU t}{U_{\text{вых}}}. \quad (4)$$

Из (3) и (4) видно, что время  $t$ , в течение которого выходное напряжение интегрирующего усилителя достигает некоторого заданного значения  $U_{\text{вых}}$ , прямо пропорционально либо величине сопротивления изоляции  $R_{\text{и}}$  [см. (3)], либо величине постоянной времени  $\tau_{\text{и}}$  [см. (4)]. Следовательно, определение  $R_{\text{и}}$ ,  $\tau_{\text{и}}$  сводится к измерению времени интегрирования  $t$ , которое, в свою очередь, может быть осуществлено простыми преобразователями «интервал времени — цифра» [5].

Блок 4 на рис. 3 осуществляет преобразование интервала времени  $t$  в число, которое высвечивается на световом табло 5. Световое табло управляется реле времени 6, включающим табло в нужное для отсчета  $R_{\text{и}}$  время. Время измерения  $R_{\text{и}}$  в рассмотренном устройстве определяется как сумма времени заряда и времени интегрирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Л. Эпштейн, Г. В. Гессен. Приборы для измерения сопротивления изоляции конденсаторов.— Электронная техника, 1966, серия 8, вып. 5.
2. S. H. Tsao. An Accurate Semiautomatic Technique of Measuring High Resistances.— IEEE, Tr. IM, 1967, v. IM-16, № 3.
3. А. М. Илюкович, И. А. Куликова. Электрометрический интегрирующий усилитель для измерения ионизационных токов и электрических зарядов с высокой точностью.— Измерительная техника, 1967, № 8.
4. A. C. Cooney. Simple Medium—Precision High—resistance Measuring Device.— Electronic Engineering, 1970, v. 42, № 510.
5. В. М. Шляндин, А. Г. Рыжевский. Быстродействующий время-импульсный измеритель емкости конденсаторов.— Измерительная техника, 1967, № 6.

Поступило в редакцию  
18 мая 1971 г.