

В. П. Иванов, Г. А. Петров,
А. А. Степанян

К ВОПРОСУ О РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОТЕНЦИОМЕТРА

Под разрешающей способностью потенциометра обычно понимают или минимальный угол поворота ползунка, при котором происходит изменение сопротивления потенциометра, или процент изменения сопротивления или напряжения потенциометра при минимальном смещении ползунка [1]. Последнее определение более распространено, так как значительно упрощает расчеты. Следовательно, разрешающая способность потенциометра, выраженная в процентах, будет определяться как

$$\frac{100}{N},$$

где N — полное число витков проволочного потенциометра.

Проволочные потенциометры не обеспечивают планового изменения сопротивления. Поэтому снимаемое с них напряжение изменяется скачкообразно или, как принято говорить, ступенями. Обычно считают [1, 2], что минимальное приращение напряжения на потенциометре равно разности напряжений между двумя соседними витками. Однако практически можно получить фиксированные значения напряжения с интервалами меньшими, чем разность напряжений между витками потенциометра. Это объясняется тем, что ползунок при своем перемещении может одновременно касаться не одного, а двух и даже больше витков потенциометра.

Рассмотрим случай, когда ползунок потенциометра может попеременно касаться одного, а потом двух витков.

Для упрощения предположим, что потенциометр линейный и намотан проводом равномерного сечения, т. е. витки его расположены на одинаковом расстоянии и все имеют одинаковое сопротивление.

Тогда при нахождении движка на витке N_1 с потенциометра будет сниматься напряжение

$$U'_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{N_1}{N}, \quad (1)$$

$U_{\text{оп}}$ — напряжение питания потенциометра;
 N — число витков потенциометра.

При перемещении движка на некоторую величину он коснется двух рядом лежащих витков N_1 и N_1+1 , тогда напряжение будет

$$U''_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{N_1}{N-1}, \quad (2)$$

т. е. в этот момент в потенциометре будет на один виток меньше, так как один виток будет замкнут движком.

При следующем перемещении движок коснется одного витка N_1+1 .

$$U'''_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{N_1+1}{N}. \quad (3)$$

Или в общем виде, вместо обычно используемой зависимости

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{n}{N}, \quad (4)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots, N$ — витки потенциометра, будем иметь выражение

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{2n+1-(-1)^n}{2[2N+1-(-1)^n]}, \quad (5)$$

где n — число фиксированных положений движка потенциометра.

* Анализ формул (4) и (5) показывает, что в потенциометре, где у движка есть возможность касаться одного и затем одновременно двух витков, будет примерно в два раза больше фиксированных положений движка, чем в потенциометре, в котором движок касается только одного витка, т. е. $n = 2(N-1)$.

Следовательно, в потенциометре между двумя витками будет еще одно фиксированное положение, а приращения напряжения будут в этом случае

$$\Delta U'_{\text{вых}} = U''_{\text{вых}} - U'_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{N_1}{N(N-1)}, \quad (6)$$

$$\Delta U''_{\text{вых}} = U'''_{\text{вых}} - U''_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{N - (N_1 + 1)}{N(N-1)}. \quad (7)$$

Если ползунок находится в начале потенциометра, т. е. $n = 1, 2$.

$$\Delta U'_{\text{вых}} \approx \frac{1}{N^2} U_{\text{оп}}, \quad (8)$$

$$\Delta U''_{\text{вых}} \approx \frac{1}{N} U_{\text{оп}}.$$

В конце потенциометра

$$\Delta U'_{\text{вых}} \approx \frac{1}{N} U_{\text{оп}},$$

$$\Delta U''_{\text{вых}} \approx \frac{1}{N^2} U_{\text{оп}}. \quad (9)$$

В середине потенциометра

$$\Delta U'_{\text{вых}} = \Delta U''_{\text{вых}} = \frac{1}{2N} U_{\text{оп}}. \quad (10)$$

В многооборотных потенциометрах в качестве ползунка используется ролик, диаметр которого в десятки раз превышает диаметр провода намотки потенциометра. Поэтому существует возможность касания ползунком одновременно двух, трех и больше витков.

Напряжение на выходе в этом случае будет равно

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \frac{2n + 1 - (-1)^n}{2[(N - m) - 1 - (-1)^n]}, \quad (11)$$

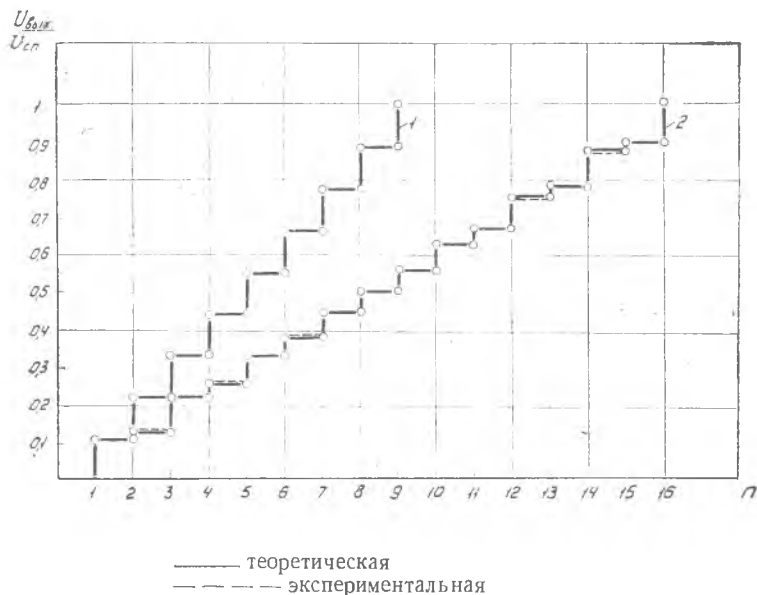


Рис. 1.

где m — число витков, которые одновременно касаются ползунком.

В качестве примера рассмотрен потенциометр, имеющий девять витков намотки ($N=9$). Теоретические кривые 1 и 2, построенные по формулам (4) и (5), показаны сплошными линиями на рис. 1, экспериментальная кривая — пунктиром. Выходное напряжение при снятии экспериментальной кривой измерялось компенсационным методом с помощью магазина сопротивлений Р33 (класс точности

0,2) и прибора М198/2 кл. 1, используемого в качестве индикатора нуля.

Таким образом, проведенный анализ показал, что если у движка потенциометра имеется возможность соприкасаться с двумя и больше витками одновременно, количество фиксированных значений выходного напряжения оказывается больше, чем общее число витков намотки потенциометра, а приращения напряжения между двумя соседними фиксированными значениями могут быть много меньше, чем напряжение между двумя соседними витками потенциометра.

Вопрос исследования разрешающей способности потенциометров возник и исследован в связи с созданием аналоговых сумматоров накапливающего типа, основными узлами которых являются многооборотные потенциометры, а их разрешающая способность определяет точность суммирования аналоговых величин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Гринберг. Генерирование функции с помощью потенциометров. «Энергия», 1965.
2. Под ред. Г. Д. Хаски и Г. Н. Корн. Вычислительная техника. Справочник, т. 1, «Энергия», 1964.

