

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

П. А. МАТЕВОСЯН

МНОЖИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО НА ВАРИСТОРАХ

За последние годы разработано значительное число различных типов множительных устройств, необходимых для использования в вычислительных машинах непрерывного действия (ВМНД). Предложен [1, 2, 4, 5] ряд схем множительных устройств, основанных на использовании свойств нелинейных полупроводниковых сопротивлений (НПС). Множительное устройство на НПС, по сравнению с множительным устройством на диодных квадраторах, имеет ряд преимуществ, однако их изготовление связано с предварительным расчетом каждого квадратора, что вызывает ряд неудобств в серийном производстве. В этой статье рассматривается способ расчета параметров множительного устройства на НПС (варисторах), основанный на предварительном установлении параметров квадратора посредством схемы, собранной на ВМНД.

Установление параметров квадратора

В качестве НПС были использованы варисторы типа НПС—100—1,5—3,6 диаметром 15 мм Таллинского радиотехнического завода. Предварительные испытания показали, что вольтамперная характеристика почти всех варисторов, имеющейся в нашем распоряжении партии, отличалась от квадратичной.

Существует ряд схем, позволяющих приблизить характеристику квадратора на НПС к квадратичной. В этих схемах путем включения последовательно и параллельно с НПС активных сопротивлений добиваются совпадения характеристики квадратора в трех точках с квадратичной функцией. Затем определяется путем измерений и оценивается отклонение характеристики квадратора от идеальной в других точках.

С целью упрощения способа установления параметров квадратора была собрана на машине МПТ-9 блок-схема (рис. 1) позволяющая реализовать зависимость вида:

$$U_{\text{вых}} = K_B \frac{100}{R_g + R_B} U_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где R_B — сопротивление варистора (ком);

R_g — добавочное к варистору сопротивление (ком);

K_B — коэффициент, подбираемый посредством делителя D для получения с определенной точностью на выходе схемы, рис. 1 напряжения вида:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх}}^2}{100}.$$

Схема рис. 1 позволяет установить параметры R_g и K_B при условии совпадения характеристики квадратора с идеальной в двух точках и в пределах заданного допуска в третьей точке.

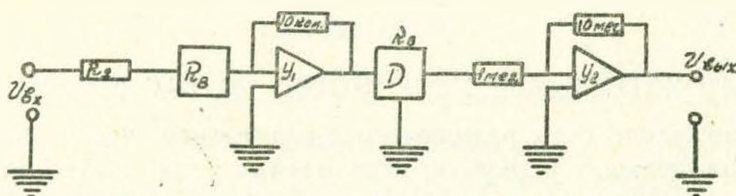


Рис. 1.

После ряда исследований полученных характеристик были выбраны следующие три значения входного напряжения $U_{\text{вх}} = 90, 50, 20$ в. При этом на выходе схемы при соответствующих значениях R_g и K_B следует получить, соответственно $U_{\text{вых}} = 81, 25$ и $4 \div 4,5$ в.

Экспериментальное исследование показало, что при выборе таких точек отклонение характеристики квадратора от идеальной во всех остальных точках, в подавляющем большинстве случаев, не превышает $0,5\%$ по отношению к полной шкале 100 в.

Для нахождения параметров R_g и K_B была использована следующая последовательность действий:

а) При помощи магазина сопротивлений устанавливается величина R_g в пределах $5 \div 10$ ком;

б) Делителем напряжения D достигается при $U_{\text{вх}} = 50$ в на выходе схемы $U_{\text{вых}} = 25$ в;

в) На вход схемы (рис. 1) подается напряжение $U_{\text{вх}} = 90$ в и измеряется величина $U_{\text{вых}}$. Если оказывается, что $U_{\text{вых}} > 81$ в, то величина R_g увеличивается, а если $U_{\text{вых}} < 81$ в, то величина R_g уменьшается;

г) Для нового значения R_g при $U_{\text{вх}} = 50$ в аналогично предыдущему подбирается посредством делителя новое значение K_B , обеспечивающее на выходе схемы $U_{\text{вых}} = 25$ в;

д) Повторно измеряется величина $U_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} = 90$ в.

Пункты б) и в) повторяются до достижения на выходе схемы $U_{\text{вых}} = 25$ в и $U_{\text{вых}} = 81$ в при $U_{\text{вх}}$, соответственно 50 и 90 в (практически подбор R_g и K_B достигается за $3 \div 4$ цикла). После этого измеряется величина $U_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} = 20$ в. Варисторы, у которых $U_{\text{вых}}$ оказываются меньше 4,4 в, считаются подобранными.

Описанным способом было установлено R_g и K_B для 42 варисторов*.

* В опытах по испытанию и подбору параметров квадратора принимала участие А. Г. Абгарян.

В результате экспериментов выявлено, что только у $15 \div 20\%$ варисторов величина напряжения $U_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} = 20$ в оказалось больше 4,4 в.

Характеристику квадратора можно изменить так, чтобы получить и при $U_{\text{вх}} = 20$ в значение $U_{\text{вых}} = 4$ в. Этого добиваются путем подключения параллельно варистору омического сопротивления R_n по схеме, описанной в работах [1], [2]. Однако, с целью упрощения схемы и методики выбора параметров квадратора, а также учитывая заданную точность квадратора $0,5\%$, второе сопротивление R_n в схему квадратора не включалось.

На основе установленных значений R_g и K_B построены гистограммы (рис. 2 и 3), из которых видно, что величины R_g и K_B у варисторов испытанной партии имеют довольно широкий разброс. Отношение величин R_g и K_B находится в пределах $20 \div 35$.



Рис. 2.

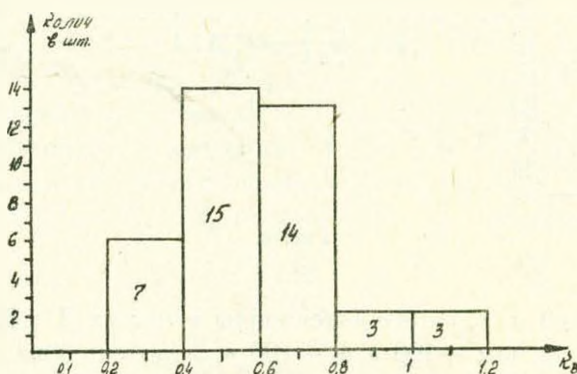


Рис. 3.

Схема множительного устройства

В основу схемы множительного устройства (рис. 4а) положено известное соотношение:

$$xy = \frac{1}{4} \left[(x+y)^2 - (x-y)^2 \right],$$

где x и y — множимое и множитель.

Эта же схема но без усилителей 1 и 2, несколько видоизмененная, представлена на рис. 4б.

Из рис. 46 видно, что сопротивления $R_1, R_2, \dots, R_8$ образуют делитель напряжения.

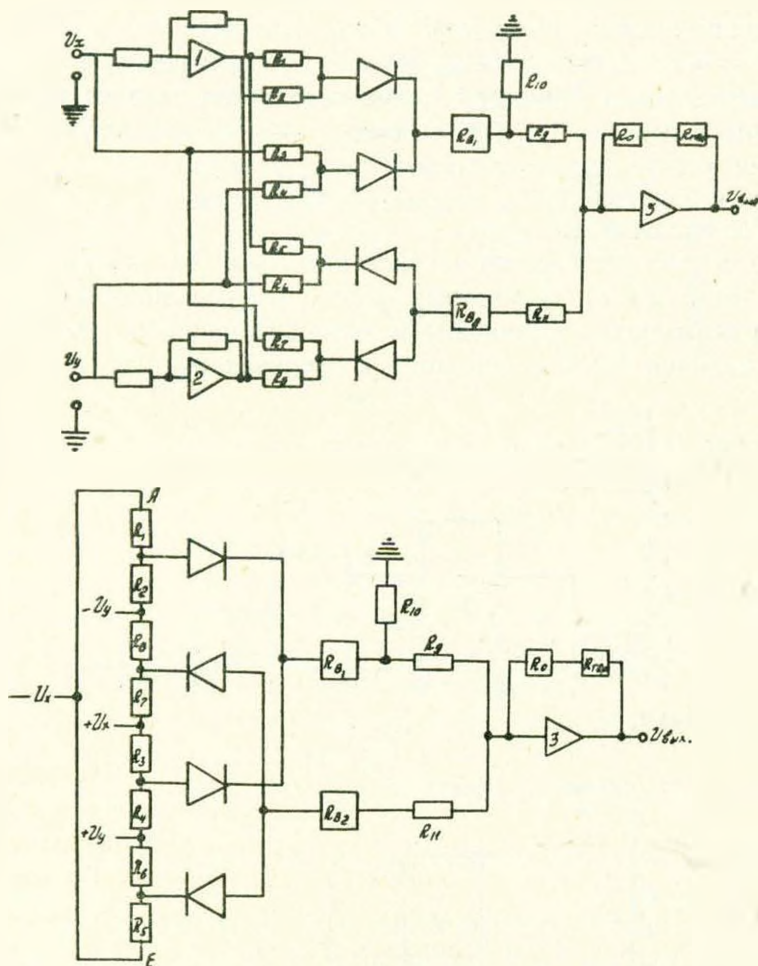


Рис. 4.

При $U_x = 0$ и $U_y = 100$ в потенциалы в точках Д и В должны быть соответственно равны $+100$ в и -100 в, а потенциалы в точках А и С должны быть равны нулю. Для соблюдения этого условия необходимо выполнение следующих равенств:

$$R_1 + R_2 = R_5 + R_6; \quad (2)$$

$$R_8 + R_7 = R_3 + R_4.$$

Аналогично при $U_y = 0$ и $U_x = 100$ в имеем:

$$R_3 + R_4 = R_6 + R_5; \quad (3)$$

$$R_1 + R_2 = R_8 + R_7.$$

И, наконец, желательно иметь:

$$R_1 = R_2; R_3 = R_4; R_5 = R_6; R_7 = R_8. \quad (4)$$

В результате, на основе соотношений — (2), (3) и (4), имеем:

$$R_1 = R_2 = \dots = R_8. \quad (5)$$

Зависимость между напряжениями на входе и выходе блок-схемы множительного устройства (рис. 4) на основе уравнений токов для узловых точек и с учетом условия (5) можно после ряда преобразований представить так:

$$U_{\text{вых.}} = \frac{R_0}{\left(\frac{R_9 \cdot R_{10}}{R_9 + R_{10}} + R_B + \frac{R_1}{2} \right)} \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \frac{|U_x + U_y|}{2} - \frac{R_0}{R_{11} + \frac{R_1}{R_2} + R_B} \frac{|U_x - U_y|}{2}. \quad (6)$$

Для установления значений R_1 , R_9 , R_{10} и R_{11} , добавочные сопротивления R_{g1} и R_{g2} обоих варисторов представим в виде суммы двух сопротивлений

$$R_{g1} = \frac{R_1}{2} + R_3; \quad (7)$$

$$R_{g2} = \frac{R_1}{2} + R_{11},$$

причем так, чтобы в написанных уравнениях первые слагаемые были бы равны между собой. Чтобы делитель напряжения, составленный из сопротивлений $R_1, R_2, \dots, R_9$, не представлял бы собой большую нагрузку для операционных усилителей ВМНД, величину сопротивления R_1 желательно выбрать в пределах $8 \div 30 \text{ к.ом.}$ После выбора величины сопротивления R_1 на основании (7) найдем R_{11} и R_3 .

Для определения R_9 и R_{10} напомним еще следующие соотношения;

$$R_3 = \frac{R_9 \cdot R_{10}}{R_9 + R_{10}}; \quad (8)$$

$$\frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} = \frac{K_{B1}}{K_{B2}} = p. \quad (9)$$

где K_{B1} и K_{B2} — соответственно коэффициенты первого и второго квадраторов. В цепь множительного устройства с делителем R_9 и R_{10} включается варистор с меньшим R_g .

Из совместного решения (8) и (9) найдем:

$$R_9 = \frac{R_3}{p} \quad \text{и} \quad R_{10} = \frac{R_3}{1-p}. \quad (10)$$

Рассмотрим в качестве примера расчет параметров множительного устройства, варисторы которого имеют следующие параметры:

Варистор (B_1) $R_{g_1} = 18,81$ ком. $K_{B_1} = 0,633$.

Варистор (B_2) $R_{g_2} = 22,7$ ком. $K_{B_2} = 0,894$.

В качестве сопротивлений $R_1, R_2, \dots, R_8$, отобрано 8 сопротивлений по 29,4 ком.

Тогда на основании (7) имеем:

$$R_{11} = 22,7 - \frac{29,4}{2} = 7,3 \text{ ком};$$

$$R_9 = 18,81 - \frac{29,4}{2} = 4,1 \text{ ком}.$$

Поскольку

$$p = \frac{K_{B_1}}{K_{B_2}} = \frac{0,633}{0,894} = 0,71,$$

то

$$R_9 = \frac{4,1}{0,71} = 5,8 \text{ ком};$$

$$R_{10} = \frac{4,1}{1-0,71} = 14 \text{ ком}.$$

С учетом вычисленных значений параметров была собрана схема множительного устройства, посредством которой найдены решения при различных значениях U_x и U_y . Максимальная величина погрешности составляет 0,7%. Аналогичный результат получен и в других примерах. Величина погрешности в значительной степени связана с изменением параметров варистора от изменения температуры. С целью уменьшения влияния температуры и влажности окружающей среды на точность решения, варисторы были покрыты гудроном толщиной слоя 2÷3 мм. Наблюдалось также некоторое изменение параметров варистора от проходящего через него тока. Последнее можно частично компенсировать установлением термосопротивления в обратную связь выходного усилителя множительного устройства.

Изготовленная в Институте энергетики АН Армянской ССР партия множительных устройств на варисторах предназначена для расширения возможностей вычислительной машины МПТ-9. Эти множительные блоки размещены в стойке блоков переменных коэффициентов, монтажная схема питания которой в связи с этим несколько переделана. Такая реконструкция позволит использовать машину МПТ-9, для решения дифференциальных уравнений с большим числом нелинейностей.

Институт энергетики
АН Армянской ССР

Поступило 3.V. 1963

Պ. Ա. ՄԱԹԵՎՈՅԱՆ

ՎԱՐԻՍՏՈՐՆԵՐՈՎ ՀԱՎԱՔՎԱԾ ԲԱԶՄԱՊԱՏԿՈՂ ՀԱՐՄԱՐԱՆՔ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգովածում դիտարկվում է ոչ գծային կիսահաղորդիչային դիմադրությունով հավաքած բազմապատկող հարմարանքի քառակուսային բնութագրի պարամետրերի ընտրման մեթոդը: Այն իրականացվում է անընդհատ գործող մաթեմատիկական մեքենայի վրա հավաքված սխեմայի օգնությամբ:

Ի տարբերություն գոյություն ունեցող մեթոդներից, այս մեթոդով պարամետրերի ընտրումը կատարվում է շատ պարզ եղանակով: Այս դեպքում պահանջվում է քառակուսային բնութագրի համընկումը իդեալական պարաբոլայի հետ ոչ թե երեք կետում, այլ երկու կետում և մեկ կետում էլ մոտավոր համընկման պայմանով, որը իհարկե թույլատրելի է տված սահմաններում:

Բազմապատկող հարմարանքը օգտագործվում է անընդհատ գործող մաթեմատիկական մեքենաներում, որպես առանձին բլոկ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Маслов А. А. Множительно-делительное устройство на тиритах. Журн. „Автоматика и телемеханика“. Т. XVIII, № 4, 1956.
2. Фицнер Л. Н. Блок произведения на тиритах. Журн. „Приборостроение“, № 4, 1956.
3. Бенин В. Ч. Ваттметр на карборундовых сопротивлениях. Журн. „Автоматика и телемеханика“. т. XVI, № 2, 1955.
4. Коган Б. Я. Электронные моделирующие устройства и их применение для исследования систем автоматического регулирования. М., 1959.
5. Розенблат М. А., Седых О. А. Электрические свойства и применение карборундовых сопротивлений. Журн. „Автоматика и телемеханика“, т. XII, № 4, 1959.
6. Пасынков В. В., Савельев Г. А., Чиркин Л. К. Нелинейные полупроводниковые сопротивления и их применение. Судпромгиз. Л., 1962.