

В. Ф. Золотарьов, А. М. Фантич, І. Ф. Копинець

## РЕЛАКСАЦІЙНИЙ ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВІ ДИНІСТОРА

В останні роки все ширше використовуються напівпровідникові  $p-n-p-n$ -структури, так звані диністори і тирістори [1, 2, 3]. Наявність позитивного оберненого зв'язку в приладах цього типу дає можливість будувати на їх основі автогенератори, мультівібратори та ін.

Релаксаційний генератор (РГ) на основі диністора складається з власне кремнієвого диністора  $D$  з від'ємним диференціальним опором на вольт-амперній характеристиці (ВАХ), зарядно-розрядного  $RC$ -контурна та джерела постійного струму  $= V$  (рис. 1). Дослідження властивостей РГ проводилось на диністорах типу Д227 та Д228.

Якщо на диністор подати постійну напругу, меншу за напругу його включення  $U_1$ , то коливаний в РГ не буде. Коли ж напруга на диністорі досягне значення  $U_1$ , то він переходить із закритого стану з великим опором  $R_1$  у відкритий стан з малим опором  $R_0$  (ділянки 1 і 3 на ВАХ). При цьому напруга живлення перерозподіляється між диністором і  $RC$ -контуром, проходить процес зарядки ємності  $C$  і, в міру цього, дальшого пониження напруги на диністорі. У момент часу, коли напруга на диністорі знизиться до  $U_2$ , він переходить з відкритого стану в закритий, конденсатор  $C$  починає розряджатися, напруга на диністорі зростає до  $U_1$ . Потім процес повторюється, тобто в РГ виникають пилоподібні релаксаційні коливання, аналогічні описаним в [4, 5]. З осцилограм коливаний (рис. 1, 2) видно, що час зростання напруги на диністорі (розрядка ємності  $C$ ) значно більший часу її спадання (зарядка ємності  $C$ ). Тому при розрахунку за-

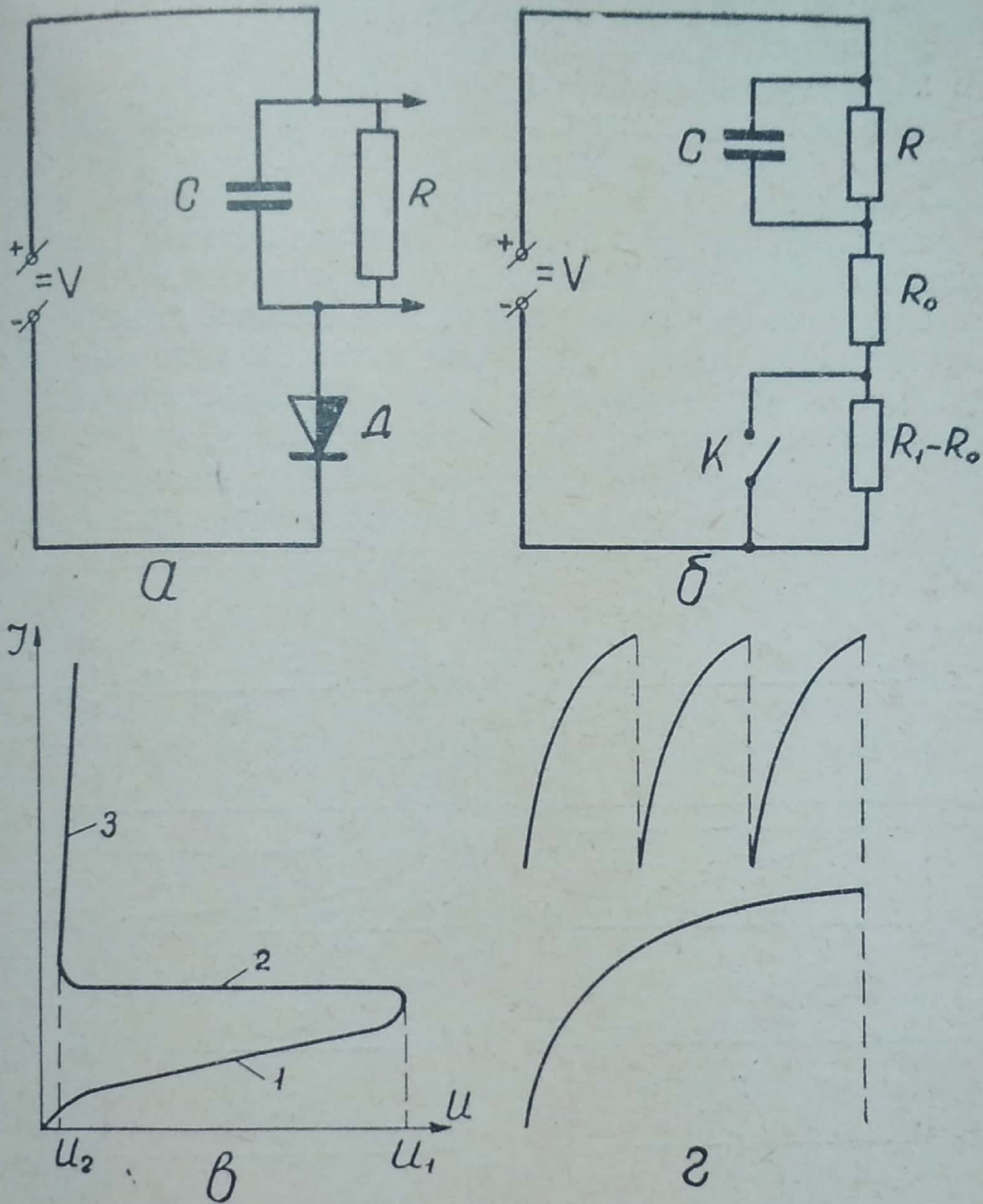


Рис. 1. Релаксаційний генератор на основі диністора:

*a* — принципова схема генератора, *б* — його еквівалентна схема, *в* — вольт-амперна характеристика диністора, *г* — осцилограми релаксаційних коливань генератора та окремого імпульсу напруги на диністорі (суцільна лінія відповідає розрядці ємності  $C$ , пунктирна — її зарядці).

лежності частоти коливань РГ від параметрів його схеми за період коливань взято час розрядки ємності  $C$ .

Амплітуда коливань визначається різницею  $U_1 - U_2$ , а оскільки  $U_1 \gg U_2$ , то практично вона дорівнює напрузі включення  $U_1$ . Амплітуда і постійні складові коливань



РГ вимірювались осцилографом С1-16, на ньому ж досліджувались форма коливань і ВАХ диністорів. Частота коливань вимірювалась частотоміром ЧЗ-7.

Залежність частоти і амплітуди коливань РГ від параметрів його схеми наведені на рис. 2. Видно, що частота коливань РГ збільшується із зменшенням ємності і опору  $RC$ -контура, а також із збільшенням напруги живлення вище  $U_1$ . Відмітимо, що коливання в РГ можна одержати і при  $C=0$  за рахунок власної ємності диністора. При цьому амплітуда коливань залишається незмінною, що зумовлено ВАХ диністора. Коливання РГ стійкі в широкому діапазоні частот.

Для знаходження залежності частоти коливань від параметрів РГ проведемо розрахунок перехідного процесу, наприклад, закриття диністора в схемі РГ. 3

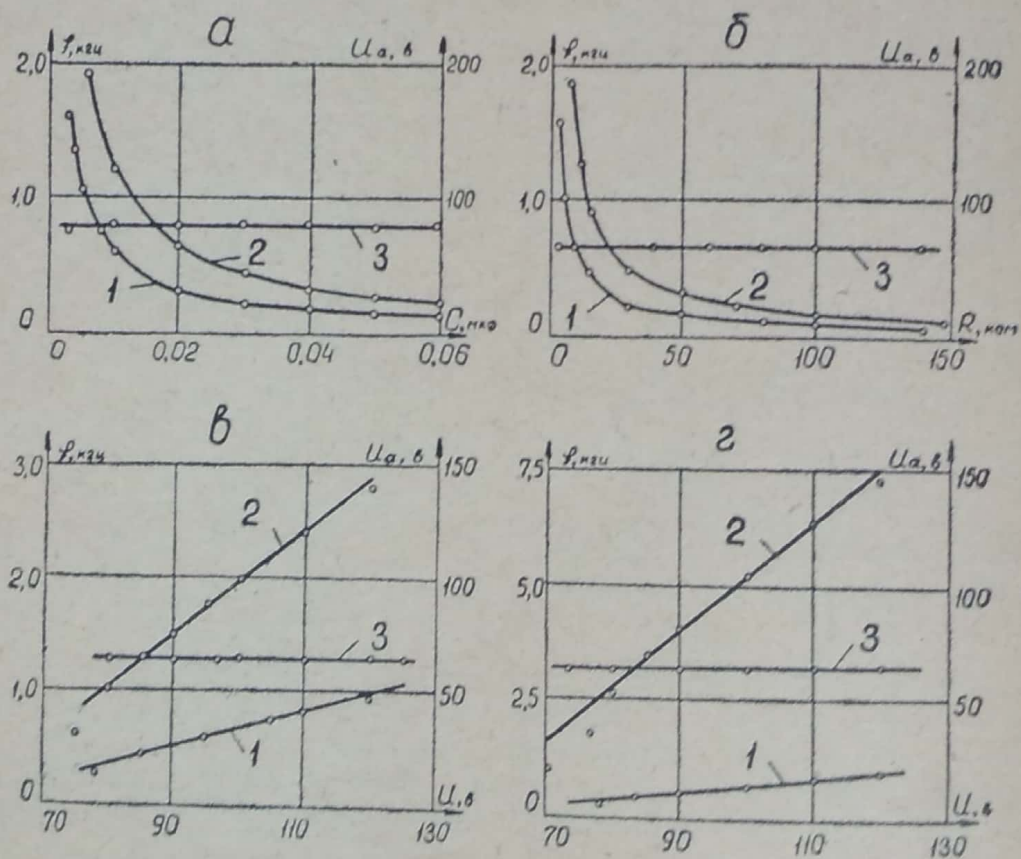


Рис. 2. Залежність частоти (крива 1 і 2) та амплітуди (крива 3) коливань релаксаційного генератора на основі диністора від:

- а — ємності  $RC$ -контура для  $R=80$  ком (1) і  $R=40$  ком (2) при  $U=95$  в, б — опору  $RC$ -контура для ємностей  $C=1$  мкф (1) і  $C=0,05$  мкф (2) при  $U=95$  в, в — напруги живлення для  $R=10$  ком (1) і  $R=3$  ком (2) при  $CQ=0,1$  мкф, г — напруги живлення для  $C=0,1$  мкф (1) і  $C=0,01$  мкф (2) при  $R=10$  ком.

еквівалентної схеми РГ (рис. 1, б) видно, що перехід диністора із відкритого стану в закритий з опорами  $R_0$  і  $R_1$  рівнозначний розмиканню ключа  $K$ . На основі відомої теореми з електротехніки [6] це рівнозначно включенню в коло е.р.с.  $U_0$ , що дорівнює падінню напруги на  $R$  перед закриттям диністора. При цьому напруга з  $RC$ -контура переключається на диністор і буде дорівнювати

$$U'(t) = \frac{UR}{R+R_0} - U_0(t), \quad (1)$$

де  $U_0(t)$  — зменшення напруги на  $RC$ -контурі після закриття диністора;  $U$  — напруга живлення.  $U_0(t)$  знайдемо методом операційного числення [7] з наступним переходом до часу  $t$ .

Згідно з сказаним

$$U_0 = \frac{U(R_1 - R_0)}{R + R_0}. \quad (2)$$

Напругу  $U_0(t)$  в (1) в операторній формі знайдемо як падіння напруги на  $RC$ -контурі, створюване е.р.с.  $U_0$

$$U_0(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{U_0 Z}{Z + R_1}, \quad (3)$$

де  $Z = \frac{R}{1 + CpR}$ , а  $p$  — параметр зображення.

Підставивши значення  $Z$  в (3) з врахуванням (2) і переходячи від зображень до оригіналів, знаходимо

$$U_0(t) = \frac{UR(R_1 - R_0)}{(R_1 + R)(R + R_0)} (1 - e^{-at}), \quad (4)$$

де

$$a = \frac{R + R_1}{CRR_1}. \quad (5)$$

Враховуючи, що за період коливань ( $t = \tau$ ) напруга  $U(t)$  на  $RC$ -контурі досягає значення  $U - U_1$  із (4) і (1), одержимо

$$U - U_1 = \frac{UR}{R + R_0} - \frac{UR(R_1 - R_0)}{(R + R_0)R + R} (1 - e^{-a\tau}). \quad (6)$$

Ліва частина формули (6) не залежить від параметрів  $RC$ -контура, а тому і права не залежить від цих параметрів. Лінійний множник правої частини змінюється



значно слабше, ніж експоненціальний. Тому (6) можна спростити, користуючись умовами досліду, ( $R_1 \gg R \gg R_0$ )

$$U - U_1 = U e^{-\alpha \tau}. \quad (7)$$

Оскільки  $U - U_1 = \text{const.}$  то і  $\alpha \tau = \text{const.}$  Отже, частоту коливань РГ можна виразити так:

$$f = B a, \quad (8)$$

де  $B$  — деяка стала.

Залежність  $a$  від напруги живлення  $U$  та напруги включення  $U_1$  знайдемо шляхом дослідження постійних складових на  $RC$ -контурі і диністорі в режимі коливань. На рис. 3 вони показані в залежності від напруги живлення. При напругах живлення, близьких до  $U_1$ , постійні складові коливань на диністорі  $U_D$  (пряма 1) і на  $RC$ -контурі  $U_R$  (пряма 2) приблизно рівні. Це говорить про симетричність коливань. Із збільшенням  $U$  складова  $U_D$  не змінюється, а  $U_R$  — зростає. Напруга на диністорі не може перевищувати  $U_1$ , що зумовлює неза-

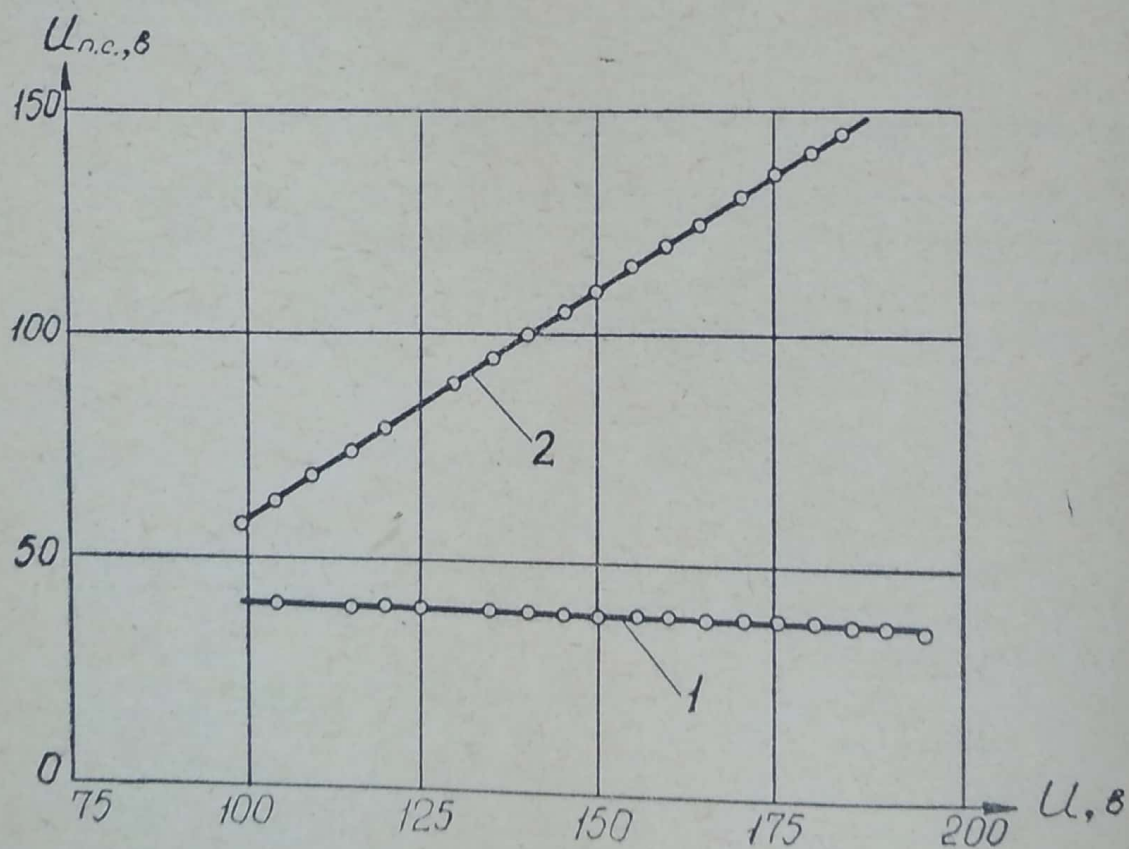


Рис. 3. Залежність постійних складових на диністорі (1) і  $RC$ -контурі (2) від напруги живлення.

лежність амплітуди коливань від напруги живлення. Форма коливань визначає величину постійної складової на диністорі. Вона не залежить від  $U$  і однакова на диністорі і  $RC$ -контурі. Звідси випливає, що частина постійної складової зумовлена тільки формою коливань, залишається незмінною і на  $RC$ -контурі. Збільшення  $U_R$  з  $U$  викликано падінням на  $RC$ -контурі залишкової напруги  $U_3$  порівняно з амплітурою коливань, тобто

$$U_3 = U - U_1. \quad (9)$$

З другого боку, диністор і  $RC$ -контур являють собою подільник напруги в момент включення диністора.

$$U_3 = \frac{UR}{R_1 + R}. \quad (10)$$

Звідси

$$R_1 = \frac{RU}{U - U_1}. \quad (11)$$

Тоді кінцевий вираз для частоти коливань РГ буде

$$f = B \frac{U}{CRU_1}. \quad (12)$$

Частота коливань РГ прямо пропорціональна напрузі живлення і обернено пропорціональна ємності та опорі  $RC$ -контура. Величина амплітуди коливань РГ визначається напругою включення диністора  $U_1$  і не залежить від параметрів схеми генератора.

Величина  $B$ , визначена при дослідженні РГ, приблизно дорівнює  $0,4 \text{ ф} \cdot \text{ом/сек}$ .

Проведений розрахунок РГ і його порівняння з експериментом показує, що еквівалентна схема відображає основні властивості РГ на основі диністора. Такий генератор простий за будовою, надійний в роботі і може знайти широке використання в різних галузях автоматики і радіотехніки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Moll J. L., Tanenbaum M., Goldey J. M., Holopуак N., Proc. IRE, v. 44, № 9, 1966, p. 1174.

2. В. А. Кузьмин, К. Я. Сенаторов, Четырехслойные полупроводниковые приборы, «Энергия», М., 1967.

3. С. А. Горяинов, И. Д. Абенгауз, Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением, «Энергия», М.—Л., 1966.

4. Я. С. Кублановский, Схемы на четырехслойных полупроводниковых приборах, «Энергия», М., 1967.

5. И. М. Тищенко и В. Г. Машлыкин, Динисторы и тиристоры и их применение в автоматике, «Энергия», М.—Л., 1966.

6. Э. Вебер, Переходные процессы в линейных цепях, «Сов. радио», М., 1958.

7. Г. А. Атабеков, Теория линейных электрических цепей, «Сов. радио», М., 1960.

---