

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

В. Е. Пустоваров

Х а р ь к о в

Отсутствие точных приборов, позволяющих измерять высокочастотные параметры транзисторов, необходимые для проектирования радиотехнической аппаратуры различного назначения, приводит к тому, что их приходится определять косвенно через параметры физической эквивалентной схемы [1, 2, 4].

Значительный технологический разброс параметров этих схем необходимо учитывать. Законы их распределения можно изучать с помощью методов математической статистики [5]. Настоящая работа посвящена исследованию распределения некоторых параметров физической эквивалентной схемы C_k ,

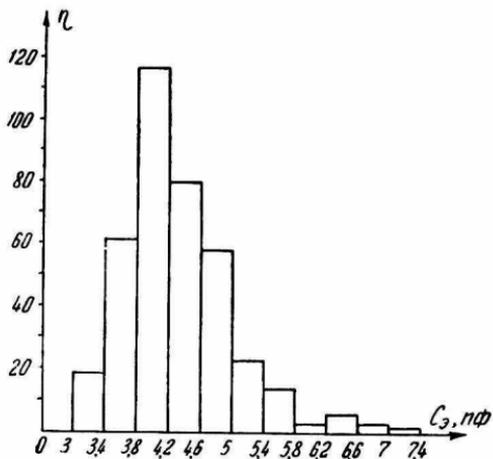


Рис. 1.

C_3 , $r_6 C_k$, β_0 для транзисторов типа КТ312, ГТ313 и ГТ330. На рис. 1—4 показаны гистограммы этих параметров для КТ312 (проводилось от 196 до 596 измерений). При оценке законов распределения C_k , C_3 , $r_6 C_k$, β_0 была принята гипотеза о том, что все они распределены логарифмически нормально (гипотеза о нормальном распределении этих величин не подтвердилась). В этом случае их плотность вероятности определяется равенством

$$\varphi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 \ln y}} e^{-\frac{(\ln y - \bar{\ln y})^2}{2\sigma^2 \ln y}}, \quad (1)$$

где y — один из исследуемых параметров.

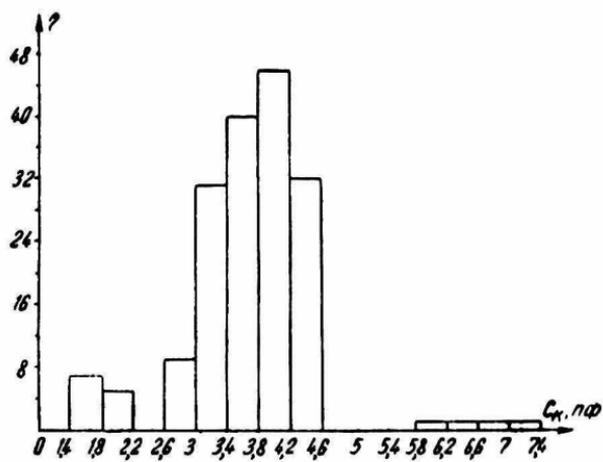


Рис. 2.

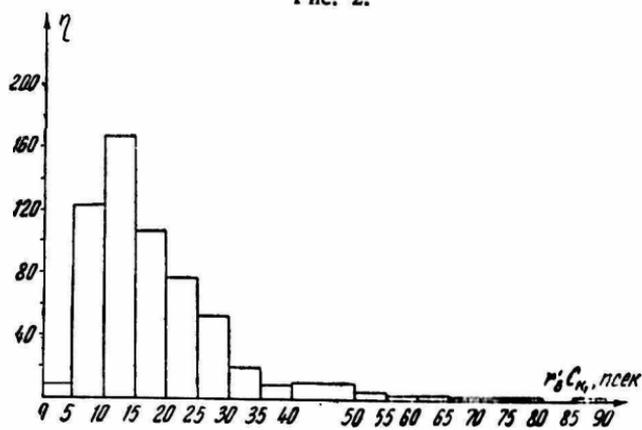


Рис. 3.

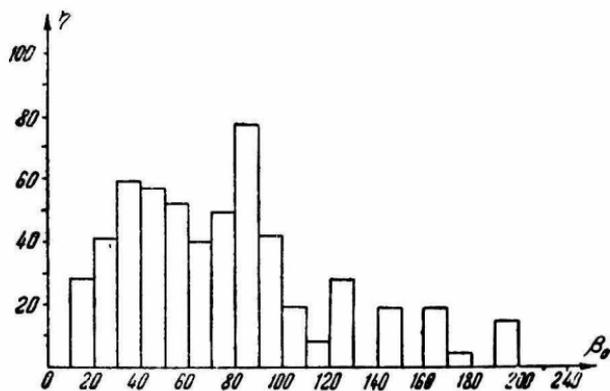


Рис. 4.

В табл. 1 приведены средние значения C_k , C_s , $r'_6 C_k$, β_0 . В табл. 2 — дисперсии распределения этих же величин (1).

Таблица 1

Тип транзистора	$\ln C_k$	$\ln C_s$	$\ln (r'_6 C_k)$	$\ln \beta_0$
КТ312	1,309	1,451	2,722	4,146
ГТ313	0,473	2,826	2,808	2,531
ГТ330	0,237	0,290	2,344	2,659

Таблица 2

Тип транзистора	$\sigma_{\ln C_k}$	$\sigma_{\ln C_s}$	$\sigma_{\ln (r'_6 C_k)}$	$\sigma_{\ln \beta_0}$
КТ312	0,242	0,178	0,567	0,617
ГТ313	0,233	0,426	0,414	0,330
ГТ330	0,127	0,121	0,376	0,310

С помощью критерия согласия «хи квадрат» при доверительном уровне 99% была проверена непротиворечивость гипотезы о логарифмически нормальном распределении C_k , C_s , $r'_6 C_k$, β_0 [3]. Результаты проверки для транзистора типа КТ312 представлены в табл. 3.

Здесь r — число степеней свободы, χ_0^2 — максимальное значение величины χ^2 для соответствующего параметра.

Как видно из табл. 3, для всех исследуемых величин.

$$\chi^2 < \chi_0^2. \quad (2)$$

Значит, принятая гипотеза о законе распределения параметров физической эквивалентной схемы транзистора не противоречит экспериментальным данным и, следовательно, правдоподобна.

Для транзисторов ГТ313 и ГТ330 получились аналогичные результаты.

ВЫВОДЫ

1. Параметры физической эквивалентной схемы C_k , C_s , $r'_6 C_k$, β_0 для транзисторов КТ312, ГТ313, ГТ330 распределены логарифмически нормально.

2. Полученные результаты целесообразно использовать при расчете высокочастотных параметров транзисторов, например, Y -параметров, по аналитическим выражениям.

Автор глубоко признателен Т. С. Мошаровой за оказание помощи в получении экспериментальных данных и В. В. Рожкову за полезные обсуждения результатов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиотехнические схемы на транзисторах и туннельных диодах. Теория и расчет. Под ред. Р. А. Валитова. Изд-во «Связь», 1966.
2. Е. З. Аникеев, Э. Б. Грибов, И. Ф. Николаевский, С. С. Пруслина. Расчет усилителей частоты по параметрам технических условий на транзисторы. Сб. «Полупроводниковые приборы в технике электросвязи», вып. 1. Изд-во «Связь», 1967.
3. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. Изд-во «Наука», 1964.
4. Транзисторы. Параметры, методы измерений и испытаний. Изд-во «Советское радио», 1968.
5. М. З. Чаповский, А. М. Пинсон. Статистические характеристики малосигнальных параметров транзисторов. «Радиотехника», 1970, № 2.