ГОСТ 18986.19—73

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ВАРИКАПЫ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ

Издание официальное

БЗ 1—2001

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.382.28.001.4:006.354 Группа Э29

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ВАРИКАПЫ

Метод измерения добротности

Variable capacitance diodes.
Method for measuring the quality factor.

ГОСТ 18986.19—73

Взамен ГОСТ 14094—68

МКС 31.080.10

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 12 июля 1973 г. № 1693 дата введения установлена

01.01.75

Ограничение срока действия снято по протоколу № 2—92 Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 2—93)

Настоящий стандарт распространяется на варикапы емкостью более 4 пФ в диапазоне частот 0,25—1000 МГц и устанавливает два метода измерения добротности варикапов.

Второй метод допускается применять при аттестации контрольных образцов варикапов или мер емкостной добротности.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3199—81 в части метода измерения добротности.

Общие условия при измерении должны соответствовать требованиям ГОСТ 18986.0—74 и настоящего стандарта. Требования настоящего стандарта являются обязательными.

(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. **(Исключен, Изм. № 2).**

1.2. Измерение добротности варикапов проводится при фиксированной емкости либо при фиксированном напряжении смещения, значения которых указывают в технических условиях на варикапы конкретных видов.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

1.3. **(Исключен, Изм. № 3).**

1.4. Измерение добротности проводят в режиме малого сигнала, если при измерении добротности постоянное напряжение на варикапе не более 4 В, переменное напряжение высокой частоты на варикапе не должно превышать 100 $мВ_{эф}$; если при измерении добротности постоянное напряжение на варикапе более 4В, переменное напряжение высокой частоты на варикапе $U_м$ в $мВ_{эф}$

$$U_м = (70\ мВ + 0{,}015U_с), \qquad (1)$$

где $U_с$ — напряжение смещения при измерении добротности варикапов измеряемого типа, установленное в ТУ.

(Измененная редакция, Изм. № 3).

1.5. При измерении добротности варикапов при фиксированном смещении напряжение смещения должно устанавливаться с погрешностью в пределах ± 3 %.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

Издание (май 2004 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в феврале 1979 г., июне 1982., феврале 1991 г. (ИУС 4—79, 9—82, 5—91).

© Издательство стандартов, 1973
© ИПК Издательство стандартов, 2004

При измерении добротности варикапов при фиксированной емкости требования к погрешности установки напряжения смещения не нормируются. Нестабильность напряжения смещения за время измерения добротности варикапа и пульсация напряжения смещения не должны превышать 10 % амплитуды напряжения высокой частоты на варикапе.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.6. Добротность ненагруженного контура Q_c (резонансной системы), к которому подключаются измеряемый варикап, должна быть, по возможности, близка к значению добротности измеряемого варикапа Q_c или больше ее, при этом допускается применение схем компенсации потерь в контуре.

(Измененная редакция, Изм. № 3).

1.7, 1.8. **(Исключены, Изм. № 3).**

1.9. Значение индуктивности ΔL выводов держателя варикапов до потенциальных контактов переменного конденсатора при измерении добротности методом, изложенным в разд. 2, должна удовлетворять условию

$$\Delta L < \frac{0{,}03}{(2\pi f)^2 C_в}, \qquad (2)$$

где $C_в$ — емкость варикапа.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1.10. Погрешность градуировки шкалы отсчета емкости измерителя при измерении добротности методом, изложенным в разд. 2, должна быть не более 3 %.

1.11. Относительная погрешность отчета частоты при измерении добротности методом, изложенным в разд. 3, должно быть не более 10^{-6} за время измерения.

1.12. Нестабильность частоты генератора измерителя добротности должна быть не более 10^{-6} за время измерения. Погрешность установления частоты измерения должна быть в пределах ± 1 %.

1.10—1.12. **(Измененная редакция, Изм. № 3).**

1.13. Нестабильность амплитуды генератора высокой частоты должна быть не более 1 % между калибровками по пп. 2.3.1 или 2.3.2.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2. МЕТОД 1

2.1а. Принцип измерения

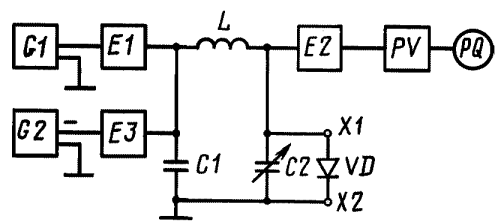
Метод основан на определении добротностей контура с варикапом и без него при настройке контура в резонанс путем изменения емкости контура или варикапа. Измерения проводят на фиксированной частоте, значение которой должно быть указано в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов.

(Введен дополнительно, Изм. № 3).

2.1. **(Исключен, Изм. № 1).**

2.2. Подготовка к измерению

2.2.1. Принципиальная электрическая схема измерения добротности должна соответствовать указанной на черт. 1.



G1 — генератор высокой частоты; *G2* — источник напряжения смещения; *E1, E2*—элементы связи; *E3* — элемент развязки; *C1* — конденсатор; *L* — индуктивность контура; *C2* — емкость контура; *PV* — селективный усилитель; *PQ* — измерительный прибор; *VD* — измеряемый варикап; *X1, X2* — контакты подключения варикапа, воздушного конденсатора или меры емкостной добротности

Черт. 1

2.2.2. Параметры элемента связи *E1* между генератором высокой частоты *G1* и контуром *L, C2, C1* должны быть такими, чтобы при уменьшении добротности контура в три раза напряжение на элементе связи изменялось не более 2 %.

2.2.3. Параметры элемента связи *E2* между контуром и селективным усилителем *PV* должны быть такими, чтобы при отключения элементов *L* и *C2* стрелка прибора *PQ* отклонилась не более чем на 1 % шкалы, а при удалении элемента связи *E2* напряжение на контуре не должно изменяться более чем на 2 %.

2.2.1—2.2.3. **(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).**

2.2.4. Емкость конденсатора *C1* должна быть такой, чтобы выполнялось условие

$$C1 > 200\ C2, \tag{3}$$

где *C2* — значение резонансной емкости контура при отключенном варикапе.

(Измененная редакция, Изм. № 3).

2.2.5. Параметры элемента развязки *E3* по высокой частоте должны быть такими, чтобы выполнялось условие

$$|Z| > \frac{100}{2\pi f C1}, \tag{4}$$

где $|Z|$ — модуль выходного полного сопротивления со стороны контура *L, C2, C1.*

2.2.6. Элемент развязки *E3* должен пропускать обратный ток варикапа так, чтобы падение напряжения смещения на внутреннем сопротивлении *E3* составляло не более 0,5 % фиксированного напряжения смещения.

2.2.7. Параметры элементов связи *E1, E2* по постоянному току должны быть такими, чтобы при изъятии варикапа из клемм *X1, X2* напряжение смещения изменялось не более чем на 1 %.

2.2.5—2.2.7. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.2.8. Нелинейность амплитудной характеристики системы селективный усилитель — измерительный прибор должна быть в пределах ± 2 %.

2.2.9. Параметры контура: добротность Q_c, его полная резонансная и емкость C_c должны быть определены с погрешностью, соответствующей требованиям разд. 4.

2.2.10. Отношение Q_c/C_c определяют по формуле

$$\frac{Q_c}{C_c} = 2\pi f R \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_2}, \tag{5}$$

где f — частота измерения, Гц;

R — резистор, подключаемый к клеммам *X1* и *X2*. Сопротивление резистора должно быть измерено на частоте f с погрешностью в пределах ± 5 %;

α_1 и α_2 — максимальное показание прибора *PQ* при настройке контура в резонанс без резистора и с резистором соответственно.

Сопротивление резистора R подбирают так, чтобы соблюдалось условие $\alpha_2 \cong 0{,}5\ \alpha_1$.

Допускаются другие способы определения параметров Q_c и C_c, например, при помощи мер емкостной добротности, подключаемой к контактам *X1* и *X2* вместо резистора *R*. При этом должна обеспечиваться погрешность результата измерения, удовлетворяющая требованиям разд. 4.

2.2.8—2.2.10. **(Измененная редакция, Изм. № 3).**

2.2.11. Погрешность измерительного прибора *PQ* должна находиться в пределах ± 1 %.

2.2.12. Напряжение смещения на диоде должно быть установлено с погрешностью в пределах ± 3 %.

2.2.13. Допускается иметь иные требования к погрешности элементов схемы, если погрешность результата измерения удовлетворяет требованиям разд. 4.

2.2.11—2.2.13. **(Введены дополнительно, Изм. № 3).**

2.3. Проведение измерения и обработка результатов

2.3.1. Перед измерением проводят калибровку прибора *PQ*. Для этого настраивают контур переменным конденсатором *C2* в резонанс по максимальному отклонению стрелки прибора *PQ*. Регулируя усиление усилителя, устанавливают стрелку прибора *PQ* на конец шкалы. К клеммам *X1, X2* подключают варикап и подают на него заданное напряжение смещения. Конденсатором *C2* вновь настраивают контур *L, C2, VD* в резонанс, при этом записывают показание прибора *PQ* — α, выраженное в долях от максимального значения, принимаемого за единицу.

(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).

2.3.2. В случае измерения добротности варикапа при фиксированной емкости калибровку прибора *PQ* проводят следующим образом: настраивают переменным конденсатором *C2* контур в резонанс по максимальному показанию прибора *PQ*. Регулируя усиление селективного вольтметра, устанавливают показание прибора *PQ* на максимальное значение его шкалы. Устанавливают по шкале переменного конденсатора заданное значение емкости варикапа. Изменяя напряжение смещения на варикапе, настраивают контур *L, C2, VD* в резонанс, при этом отсчитывают показания прибора *PQ* — α, выраженное в долях от максимального показания шкалы прибора *PQ*, принимаемого за единицу.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2.3.3. Добротность варикапа *Q* вычисляют по формуле

$$Q = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \frac{Q_c}{C_0} \cdot C_в , \qquad (6)$$

где $C_в$ — емкость варикапа.

Допускается проводить вычисление добротности при помощи номограммы или других вычислительных средств измерений.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2, 3).

3. МЕТОД 2

3.1. Принцип измерения

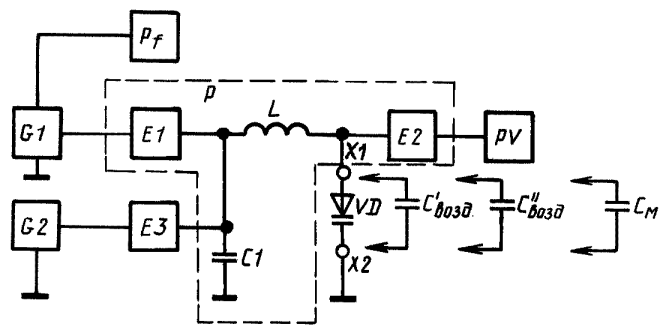
Метод основан на определении добротностей контура с варикапом и с высокодобротным конденсатором, емкость которого равна емкости варикапа, по резонансной частоте и полосе пропускания контура, путем измерения расстройки частоты сигнала, при которой ток в контуре (или напряжение на нем) уменьшается до уровня 0,707 своего резонансного значения. Измерение добротности варикапа осуществляется при фиксированном значении емкости варикапа, указанной в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов.

3.2. Требования к аппаратуре

Аппаратура — в соответствии с требованиями разд. 1.

3.3. Подготовка к измерению

3.3.1. Принципиальная электрическая схема измерения добротности должна соответствовать указанной на черт. 2.



G_1 — генератор с перестраиваемой частотой; E_1, E_2 — элементы связи по высокой частоте; *Pf* — частотомер; *G2* — источник постоянного напряжения; *L* — индуктивность контура; *X1, X2* — контакты для подключения варикапа *VD*, воздушных конденсаторов $C'_{возд}$, $C''_{возд}$ или меры емкостной добротности $C_м$; *PV* — высокочастотный вольтметр; *P* — резонатор

Черт. 2

3.3.2. Измерительный контур образуется индуктивностью *L*, емкостью варикапа $C_в$ или емкостью воздушного конденсатора $C_{возд}$, или емкостью меры $C_м$. Контур может быть выполнен в виде резонатора и его резонансная частота $f_р$ совместно с варикапом или подключаемыми конденсаторами $C_{возд}$ должна соответствовать частоте, при которой измеряют добротность варикапов, указанной в НТД на варикапы, с погрешностью ± 1 %.

При измерении добротности меры источник напряжения *G2*, элемент *E3* и конденсатор *C1* могут отсутствовать.

3.3.3. Требования к параметрам элементов связи *E1* и *E2* аналогичны требованиям пп. 2.2.2, 2.2.3 и 2.2.7.

3.3.4. Емкость конденсатора *C1* должна быть такой, чтобы выполнялось условие

$$C1 > 200\ C_c, \tag{7}$$

где C_c — полная емкость контура, с которой индуктивность образует резонанс на заданной частоте при подключении варикапа.

3.3.5. Модуль полного сопротивления элемента развязки *E3* на резонансной частоте контура должен удовлетворять требованию:

$$|Z| \geq \frac{100}{2\pi f C1}. \tag{8}$$

Элемент развязки *E3* должен пропускать обратный ток варикапа так, чтобы падение напряжения на сопротивлении элемента *E3* составляло не более 20 % напряжения смещения на варикапе.

3.3.6. Нелинейность амплитудной характеристики усилителя в диапазоне измерений от 1 до уровня 0,707 должна быть не более 1 %. Допускается использование цепей фиксации уровня 0,707 и компаратора для отсчета полосы частот с повышенной точностью.

3.3.7. Емкость воздушного конденсатора $C_{возд}$ и меры $C_м$ не должна отличаться от заданной емкости варикапа $C_в$, при которой измеряется его добротность, более чем на 1 %. Емкостная добротность воздушного конденсатора должна быть существенно выше добротности варикапа.

3.3.8. Конденсатор $C''_{возд}$ должен иметь емкость, отличающуюся от емкости конденсатора $C'_{возд}$ *на* 20 %—25 %. Емкость конденсатора $C''_{возд}$ должна быть предварительно измерена с погрешностью в пределах ± 1 %.

3.3.9. Частотомер *Pf* должен обеспечивать возможность измерения частоты генератора *G1* с относительной погрешностью не более 10^{-6}.

3.3.10. Измерение параметров контура Q_c и C_c должно быть выполнено следующим образом.

3.3.10.1. Для определения добротности контура между контактами *X1* и *X2* устанавливают конденсатор $C'_{возд}$, настраивают изменением частоты генератора *G1* контур в резонанс по максимуму показаний прибора *PV* и отсчитывают это показание α_1, которое (для стрелочного прибора) должно быть, по возможности, ближе к концу шкалы. Изменением частоты генератора *G1* определяют нижнее и верхнее значения частот f_1 и f_2, при которых показания прибора *PV* соответствуют значению $0{,}707\alpha_1$, значения f_1 и f_2 отсчитывают по частотомеру *Pf*.

Добротность контура Q_c определяют по формуле

$$Q_c = \frac{f_p}{f_2 - f_1}, \tag{9}$$

3.3.10.2. Для определения емкости контура C_c между контактами *X1* и *X2* включается конденсатор $C''_{возд}$ (при отключенном конденсаторе $C'_{возд}$) и изменением частоты генератора *G1* контур настраивают в резонанс. Резонансная частота f_3 отсчитывается по частотомеру *Pf*.

Емкость контура C_c на резонансной частоте f_p определяют по формуле

$$C_c = \frac{C'_{возд} - C''_{возд}}{\left(\frac{f_p}{f_3}\right)^2 - 1}. \tag{10}$$

Емкость контура можно определять и другим способом. Между контактами *X1* и *X2* включают варикап *VD*, для которого известны два значения емкости с соответствующими значениями напряжения смещения. На варикапе устанавливают сначала первое значение емкости $C_в'$ и изменением частоты генератора настраивают контур в резонанс на частоту f_1', а затем устанавливают второе значение емкости варикапа $C''_в$ и настраивают контур в резонанс на частоту f_2'.

Емкость контура C_c на резонансной частоте f_p определяют по формуле

$$C_{\text{с}} = \frac{C_{\text{в}}' - C_{\text{в}}''}{\left(\frac{f_1'}{f_2'}\right)^2 - 1}. \qquad (11)$$

3.4. Проведение измерений и обработка результатов

3.4.1. К контактам *X1* и *X2* подключают измеряемый варикап или меру добротности. На выходе генератора *G1* по частотомеру *Pf* устанавливают частоту $f_{\text{п}}$. Изменением напряжения источника смещения *G2* контур настраивают в резонанс по максимуму показаний прибора *PV* α_2. Изменением частоты генератора *G1* определяют по частотомеру *Pf* значения нижней и верхней частот f_1'', f_2'', при которых показание прибора *PV* соответствует значению 0,707 α_2.

3.4.2. Добротность варикапа или меры добротности определяют по формуле

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{с}} \frac{C_{\text{в}}}{C_{\text{с}}} \cdot \frac{1}{\frac{Q_{\text{с}}(f_2'' - f_1'')}{f_{\text{р}}} - 1}. \qquad (12)$$

Разд. 3. **(Введен дополнительно, Изм. № 3).**

4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Погрешность измерения добротности варикапов по методу 1 должна быть в пределах ± 15 % с установленной вероятностью $P = 0{,}95$.

4.2. Погрешность измерения добротности варикапов по методу 2 должна быть в пределах ± 10 % с установленной вероятностью $P = 0{,}95$.

4.3. Погрешность измерения контрольных образцов варикапов и мер емкостной добротности оценивается индивидуально при их метрологической аттестации.

Пример расчета погрешности измерения приведен в приложении.

Разд. 4. **(Введен дополнительно, Изм. № 3).**

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

РАСЧЕТ
погрешности измерения добротности по методу 1

Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерений, определяют по формуле

$$\delta Q_{\text{в}} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta Q_{\text{с}}}{K_{\text{н}}}\right)^2 + \left(1 + \frac{Q_{\text{в}}^2 Q_{\text{с}}^2}{Q_{\text{с}}^2 C_{\text{в}}^2}\right)\left(\frac{\delta A}{K_{\text{р}}}\right)^2 + 2n\left(\frac{\delta C_{\text{в}}}{K_{\text{н}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta C_{\text{с}}}{K_{\text{н}}}\right)^2},$$

где $\delta Q_{\text{с}}$ — составляющая погрешности определения добротности контура;

$\delta C_{\text{в}}$ — составляющая погрешности определения емкости варикапа;

$\delta C_{\text{с}}$ — составляющая погрешности определения емкости контура;

δA — составляющая погрешности определения отношения эквивалентной добротности контура с варикапом к добротности измерительного контура;

n — коэффициент влияния напряжения смещения на определение емкости варикапа.

Так как суммарная погрешность измерения складывается из большого числа составляющих, а доминирующая составляющая погрешности $\delta Q_{\text{с}}$ распределена по нормальному закону, принимаем распределение суммарной погрешности нормальным.

Подставляем в формулу значения $\delta Q_{\text{с}} = 7\ \%$, $\delta A = 2{,}5\ \%$, $\delta C_{\text{с}} = 3\ \%$, $\delta C_{\text{в}} = 3\ \%$ для условий $Q_{\text{в}}/Q_{\text{с}} = 1{,}2$, $C_{\text{с}}/C_{\text{в}} = 2{,}5$, $K_{\text{н}} = 3$, $K_{\text{р}} = 1{,}73$, $K = 1{,}96$, получаем:

$$\delta Q_{\text{в}} = \pm 1{,}96 \sqrt{\left(\frac{7}{3}\right)^2 + (1 + 1{,}2^2 + 2{,}5^2)\left(\frac{2{,}5}{1{,}73}\right)^2 + 2 \cdot \frac{3}{2}\left(\frac{3}{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{3}\right)^2} = \pm 11\ \%.$$

РАСЧЕТ
погрешности измерения добротности по методу 2

Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерений, определяют по формуле

$$\delta Q_{в} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta f_{р}}{K_{н}}\right)^2 + a\left(\frac{\delta \alpha_2}{K_{р}}\right)^2 \cdot \left(1 + 2\frac{Q_{в}}{Q_{с}} \cdot \frac{C_{с}}{C_{в}} + 2\frac{Q_{в}^2 C_{с}^2}{Q_{с}^2 C_{в}^2}\right) + \left(\frac{\delta C_{в}}{K_{н}}\right)^2 + \frac{C_1^2 + C_2^2}{(C_1 - C_2)^2}\left(\frac{\delta C_{с}}{K_{н}}\right)^2},$$

где $\delta f_{р}$ — составляющая погрешности определения резонансной частоты;

$\delta \alpha_2$ — погрешность отсчета уровня 0,707 от максимального напряжения на контуре при его настройке в резонанс.

Так как суммарная погрешность измерения складывается из большого числа составляющих, то принимаем распределение суммарной погрешности нормальным.

Подставляем в формулу значения $\delta f_{р} = 1\ \%$, $\delta \alpha_2 = 2\ \%$, $\delta C_{в} = 1\ \%$, $\delta C_{с} = 1\ \%$, $Q_{в}/Q_{с} = 1{,}2$, $C_{с}/C_{в} = 2{,}5$, $a = \frac{1}{4}$, получаем:

$$\delta Q_{в} = \pm 1{,}96\sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{2}{1{,}73}\right)^2 (1 + 2 \cdot 1{,}2 \cdot 2{,}5 + 2 \cdot 1{,}2^2 \cdot 2{,}5^2) + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \frac{1{,}2 + 1}{(1{,}2 - 1)^2}\left(\frac{1}{3}\right)^2} = \pm 7{,}8\ \%.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ. **(Введено дополнительно, Изм. № 3).**

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.С. Черная*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 07.06.2004. Подписано в печать 08.07.2004. Усл.печ.л. 1,40. Уч.-изд.л. 0,75.
Тираж 152 экз. С 2865. Зак. 626.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
http: //gost.e-ecolog.ru e-mail: gost.e-ecolog.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. “Московский печатник”, 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru