

ГОСТ 18986.19—73

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ВАРИКАПЫ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ

Издание официальное

БЗ 1—2001

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

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_M в мВ_{эф}

$$U_M = (70 \text{ мВ} + 0,015 U_c), \quad (1)$$

где U_c — 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 $\pm 3 \%$.

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

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

где C_B — 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

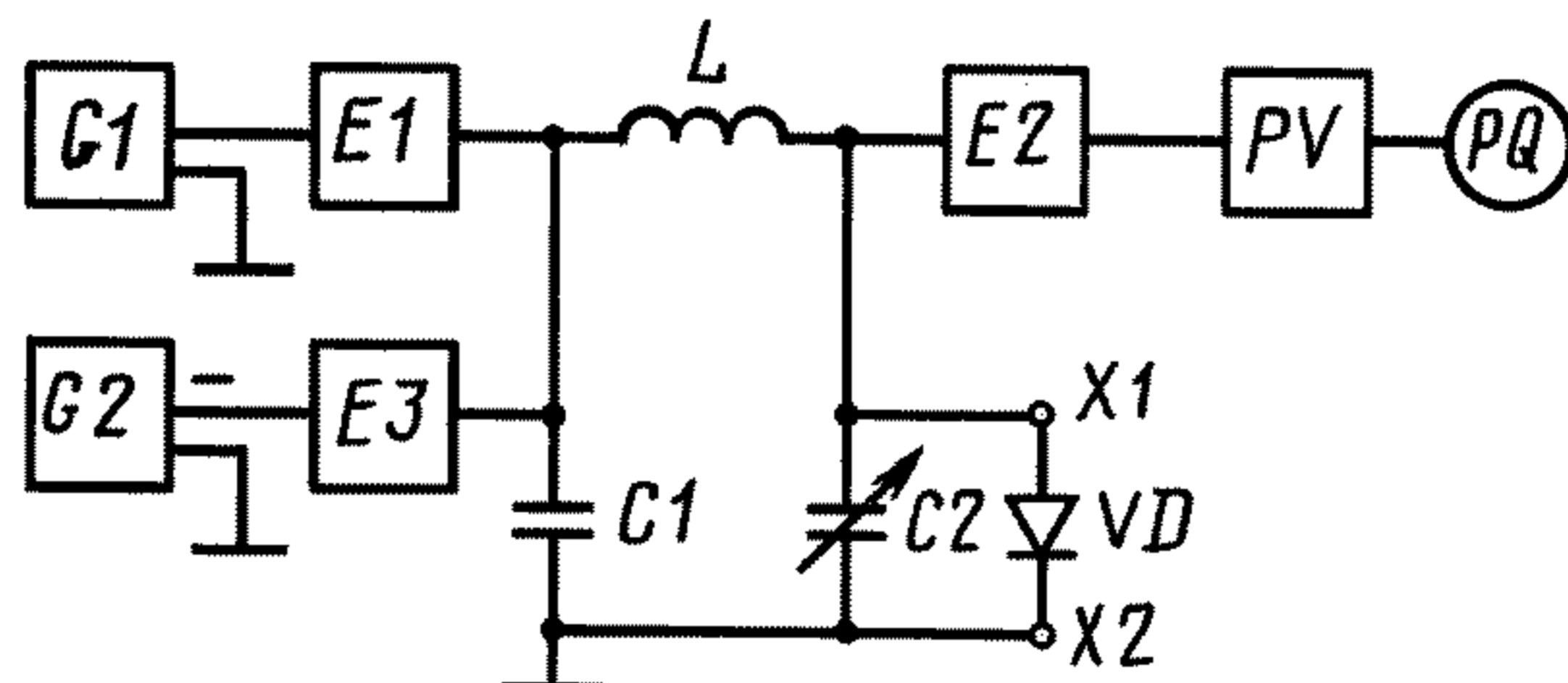
Метод основан на определении добротностей контура с варикапом и без него при настройке контура в резонанс путем изменения емкости контура или варикапа. Измерения проводят на фиксированной частоте, значение которой должно быть указано в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов.

(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

$$C1 > 200 C2, \quad (3)$$

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

$$|Z| > \frac{100}{2\pi f C1}, \quad (4)$$

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

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

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

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

где C_B — 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

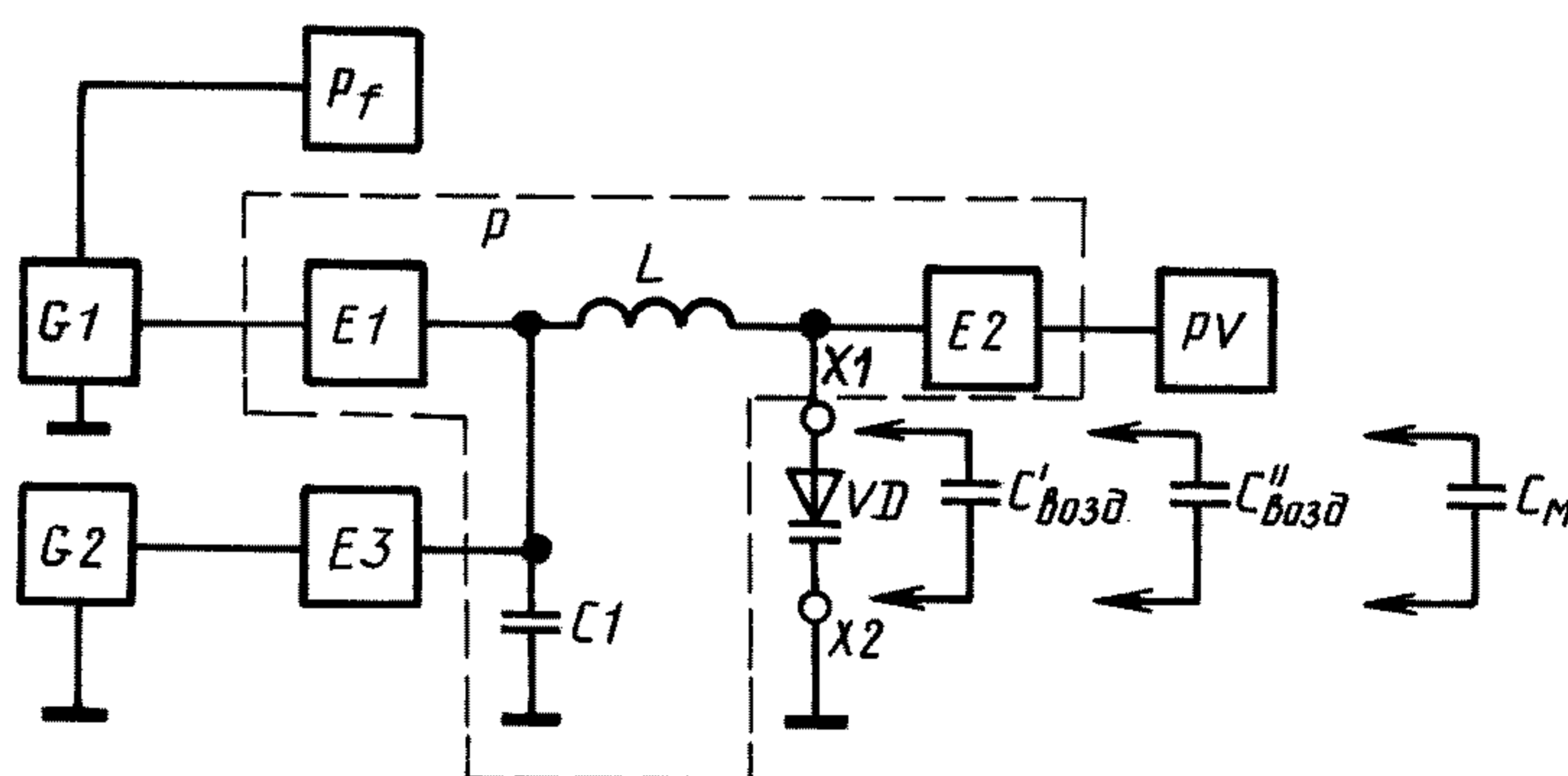
Метод основан на определении добротностей контура с варикапом и с высокодобротным конденсатором, емкость которого равна емкости варикапа, по резонансной частоте и полосе пропускания контура, путем измерения расстройки частоты сигнала, при которой ток в контуре (или напряжение на нем) уменьшается до уровня 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; G_2 — источник постоянного напряжения; L — индуктивность контура; X_1, X_2 — контакты для подключения варикапа VD , воздушных конденсаторов $C'_{\text{возд}}$, $C''_{\text{возд}}$ или меры емкостной добротности C_M ; PV — высокочастотный вольтметр; P — резонатор

Черт. 2

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

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

$$C1 > 200 C_c, \quad (7)$$

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:

$$|Z| \geq \frac{100}{2\pi f C1}. \quad (8)$$

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

3.3.8. Конденсатор $C''_{\text{возд}}$ должен иметь емкость, отличающуюся от емкости конденсатора $C'_{\text{возд}}$ на 20 %—25 %. Емкость конденсатора $C''_{\text{возд}}$ 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 $C'_{\text{возд}}$, 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

$$Q_c = \frac{f_p}{f_2 - f_1}, \quad (9)$$

3.3.10.2. Для определения емкости контура C_c между контактами $X1$ и $X2$ включается конденсатор $C''_{\text{возд}}$ (при отключенном конденсаторе $C'_{\text{возд}}$) 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

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

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'_v и изменением частоты генератора настраивают контур в резонанс на частоту f'_1 , а затем устанавливают второе значение емкости варикапа C''_v и настраивают контур в резонанс на частоту f'_2 .

Емкость контура C_c на резонансной частоте f_p определяют по формуле

$$C_c = \frac{C'_B - C''_B}{\left(\frac{f'_1}{f'_2}\right)^2 - 1}. \quad (11)$$

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 $f_{п}$. Изменением напряжения источника смещения $G2$ контур настраивают в резонанс по максимуму показаний прибора $PV \alpha_2$. Изменением частоты генератора $G1$ определяют по частотомеру Pf значения нижней и верхней частот f''_1, f''_2 , при которых показание прибора PV соответствует значению $0,707 \alpha_2$.

3.4.2. Добротность варикапа или меры добротности определяют по формуле

$$Q_B = Q_c \frac{C_B}{C_c} \cdot \frac{1}{\frac{Q_c (f''_2 - f''_1)}{f_p} - 1}. \quad (12)$$

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

4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

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

4.2. Погрешность измерения добротности варикапов по методу 2 должна быть в пределах $\pm 10 \%$ 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).

РАСЧЕТ
погрешности измерения добротности
по методу 1

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

$$\delta Q_B = \pm K_\Sigma \sqrt{\left(\frac{\delta Q_c}{K_H}\right)^2 + \left(1 + \frac{Q_B^2 Q_c^2}{Q_c^2 C_B^2}\right) \left(\frac{\delta A}{K_p}\right)^2 + 2n \left(\frac{\delta C_B}{K_H}\right)^2 + \left(\frac{\delta C_c}{K_H}\right)^2},$$

где δQ_c — составляющая погрешности определения добротности контура;

δC_B — составляющая погрешности определения емкости варикапа;

δC_c — 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 δQ_c распределена по нормальному закону, принимаем распределение суммарной погрешности нормальным.

Подставляем в формулу значения $\delta Q_c = 7\%$, $\delta A = 2,5\%$, $\delta C_c = 3\%$, $\delta C_B = 3\%$ для условий $Q_B/Q_c = 1,2$, $C_c/C_B = 2,5$, $K_H = 3$, $K_p = 1,73$, $K = 1,96$, получаем:

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

РАСЧЕТ
погрешности измерения добротности по методу 2

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

$$\delta Q_B = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta f_p}{K_H}\right)^2 + a \left(\frac{\delta \alpha_2}{K_p}\right)^2 \cdot \left(1 + 2 \frac{Q_B}{Q_C} \cdot \frac{C_C}{C_B} + 2 \frac{Q_B^2 C_C^2}{Q_C^2 C_B^2}\right) + \left(\frac{\delta C_B}{K_H}\right)^2 + \frac{C_1^2 + C_2^2}{(C_1 - C_2)^2} \left(\frac{\delta C_C}{K_H}\right)^2},$$

где δf_p — 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 $\delta f_p = 1\%$, $\delta \alpha_2 = 2\%$, $\delta C_B = 1\%$, $\delta C_C = 1\%$, $Q_B/Q_C = 1,2$, $C_C/C_B = 2,5$, $a = \frac{1}{4}$, получаем:

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

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: //www.standards.ru](http://www.standards.ru) e-mail: info@standards.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ

Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. “Московский печатник”, 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102