

Электронные вольтметры

РАСОВ Д.Д.

ГПОУ «СЦБТ»

Информация об основных характеристиках электронных вольтметров указывается на их лицевой панели.

Вольтметры классифицируются по различным признакам.

Различают вольтметры *электромеханические* (см. гл. 2) и *электронные* (группа В).

Электронные вольтметры, в свою очередь, классифицируются по виду индикации, назначению и частотному диапазону.

По виду индикации различают *аналоговые* и *цифровые* электронные вольтметры, по назначению — *образцовые* (В1), *постоянного тока* (В2), *переменного синусоидального тока* (В3), *импульсного тока* (В4), *фазочувствительные* (В5), *селективные* (В6) и *универсальные* (В7), а по частотному диапазону — *низкочастотные* и *высокочастотные*.

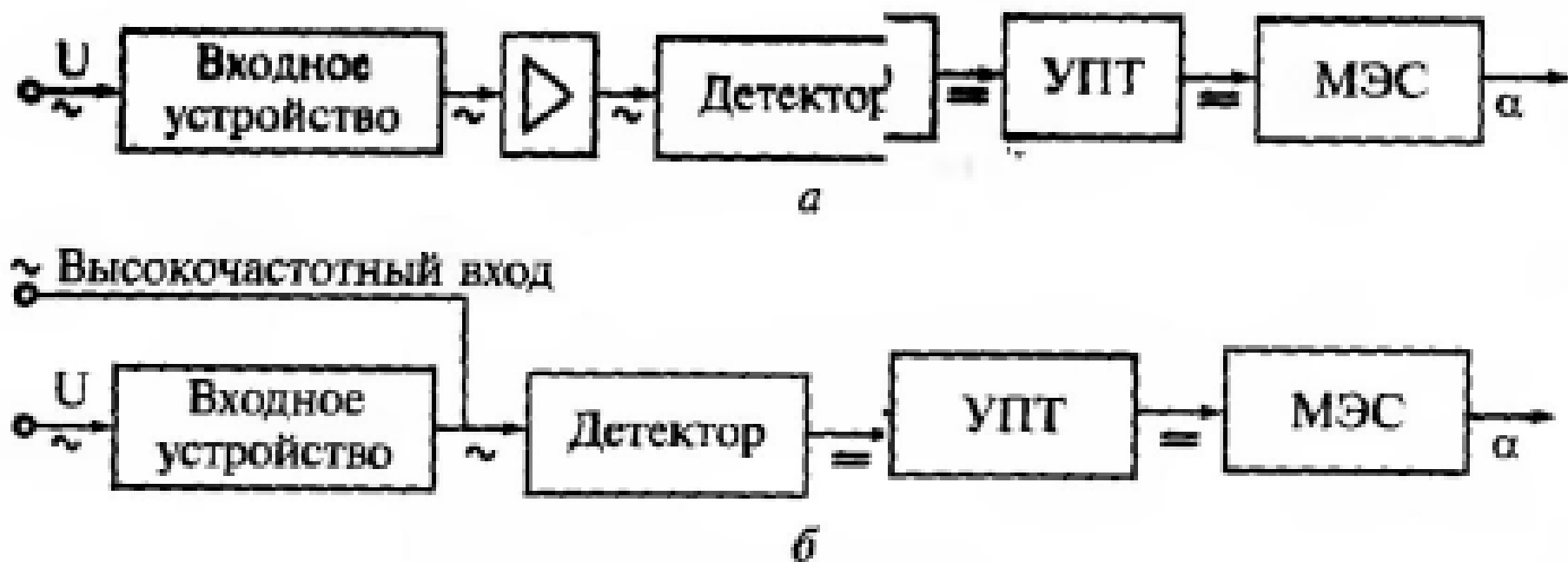


Рис. 5.1. Структурные схемы вольтметров типов У—Д (а) и Д—У (б)

Вольтметры, построенные по схеме У—Д, обладают высокой чувствительностью, что определяется наличием в ней дополнительного усилителя переменного тока. Поэтому по этой схеме строятся все микро- и милливольтметры. Данные приборы не универсальны (измеряют только напряжение переменного тока) и за редким исключением имеют узкий частотный диапазон. По назначению они относятся к третьей подгруппе — В3.

Вольтметры типа Д—У имеют широкий частотный диапазон (до 1 ГГц), они универсальны (применяются в цепях постоянного и переменного тока) и имеют низкую чувствительность. По назначению их относят к седьмой подгруппе — В7.

Рассмотренные вольтметры содержат входное устройство, детектор, усилитель постоянного тока (УПТ) и индикатор магнетозлектрической системы (МЭС).

Шкала индикатора аналоговых вольтметров имеет градуировку на два значения напряжения: 10 и 30 , и кратна пределам измерения прибора. Кроме того, такие вольтметры имеют дополнительную шкалу в децибелах.

При выполнении измерений в пределах 0,1; 1; 10; 100 мВ и 1; 10; 100 В отсчет результата производят по шкале с максимальным значением 10, учитывая при этом соответствующий коэффициент шкалы.

При использовании пределов 0,03; 0,3; 3; 30; 300 мВ и 3; 30; 300 В используют шкалу с максимальным значением 30, также учитывая коэффициент шкалы.

Например, если вольтметром измеряют напряжение при установке переключателя пределов измерения в положение 300 мВ, то показания индикатора на шкале с максимальным значением 30 следует умножить на коэффициент

$$K_{ш} = \frac{300}{30} = 10.$$

Помимо переключателя пределов на лицевую панель вольтметра для уменьшения погрешности измерения в зависимости от его типа и модели могут быть выведены следующие органы регулировки:

- механический корректор (с регулировочным винтом под шлицевую отвертку), обеспечивающий установку стрелки индикатора на нуль (выполняется до включения тумблера «Сеть»);

- электронная установка стрелки индикатора на нуль (выполняется при включенном приборе и закороченном входе). Обозначается на приборе ►0◄ (Уст. 0).

- калибровка вольтметра (выполняется при включенном вольтметре в целях проверки его работоспособности). Обозначается на приборе ▼ (Калибр.).

В ряде случаев для количественной оценки передаваемых и принимаемых напряжений (токов, мощностей) используют абсолютную единицу измерения (В, мВ), а относительную логарифмическую единицу — децибел. Поэтому большинство современных стрелочных вольтметров (как автономных, так и вмонтированных в другие приборы — генераторы сигналов, измерители нелинейных искажений и др.) помимо обычных шкал имеют и шкалу измерения в децибелах, которая отличается четко выраженной неравномерностью и по которой можно получать результаты сразу, не прибегая к отсчетам в вольтах.

Чаще всего нуль шкалы в децибелах в этих приборах соответствует входному напряжению 0,775 В. При этом если напряжение больше условного нулевого уровня, оно положительное, а если меньше этого уровня, — отрицательное.

Шкала децибелов короче других шкал, и начинается она на некотором расстоянии от нулевой риски шкалы напряжений, так как нулю вольт соответствует ∞ дБ.

Каждый поддиапазон измерения, указанный на переключателе пределов, отличается от соседнего на 10 дБ, что соответствует изменению напряжения в 3,16 раз.

Для получения результата измерения показания, снятые со шкалы децибелов, алгебраически складываются с значением, установленным на переключателе пределов измерения (а не перемножаются, как в случае отсчета напряжений). Например, если ручка переключателя пределов установлена на значении -20 дБ, а стрелка прибора находится на отметке $-1,5$ дБ, результат измерения составит $-20 + (-1,5) = -21,5$ дБ.

Шкала децибелов в электронных вольтметрах предназначена для измерения отношения напряжений на входе и выходе фильтров, усилителей, аттенюаторов и определения ослабления:

$$U_{(\text{дБ})} = 20 \lg \frac{U_{(\text{В})}}{U_{0(\text{В})}},$$

где $U_{0(\text{В})} = 0,775 \text{ В}$.

Бел — слишком крупная единица, поэтому на практике используют дольную (десятую) часть бела — децибел.

Примеры решения задач

Пример 5.1. Требуется определить полное название прибора, представленного на рис. 5.2, а.

Решение. В соответствии с приведенной ранее классификацией вольтметров надпись ВЗ-38 означает, что вольтметр электронный переменного тока (38 — номер модели).

По виду лицевой панели устанавливаем, что прибор аналоговый.

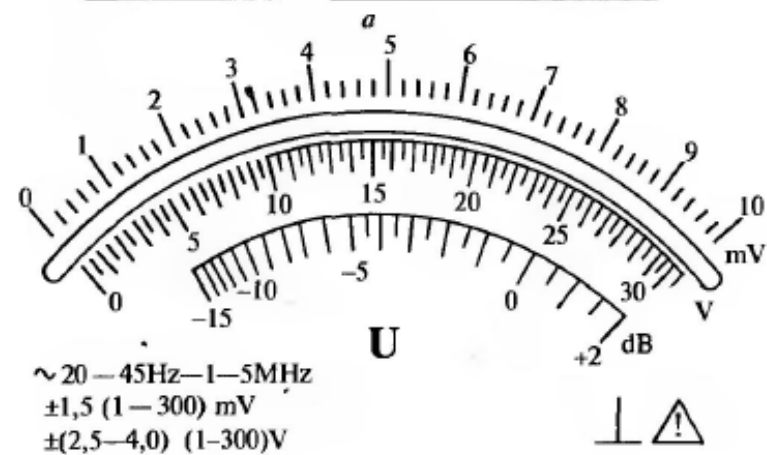
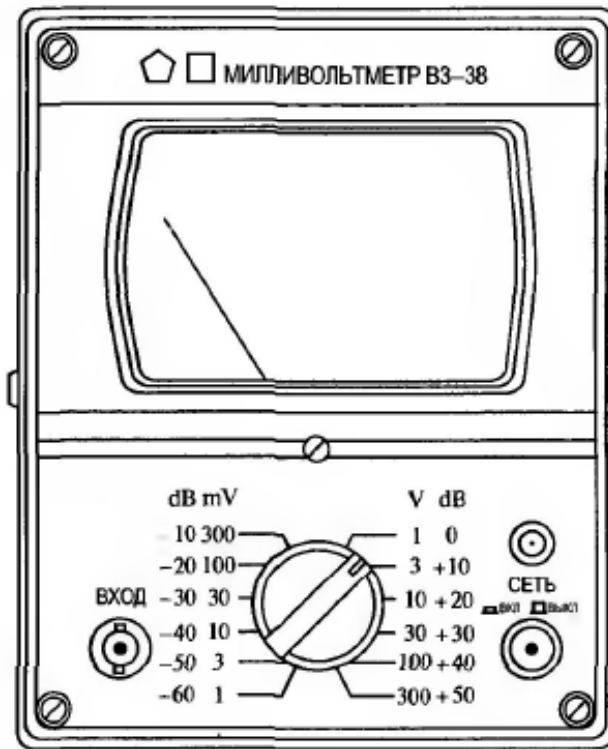


Рис. 5.2. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-38

Пример 5.2. Требуется определить диапазон измеряемых напряжений вольтметром ВЗ-38 по его шкале, показанной на рис. 5.2, б.

Решение. Минимальное напряжение, измеряемое прибором, рассчитывается при установке переключателя пределов в положение 1 mV.

Расчет выполняем по верхней шкале, кратной 1 мВ (с цифрой 10). Коэффициент шкалы $K_{\text{ш}} = 1/10 = 0,1$. Следовательно, первое оцифрованное деление этой шкалы — 1 следует умножить на $K_{\text{ш}} = 0,1$, т. е. минимальное напряжение, которое вольтметр измерит с допустимой (оговоренной в паспорте) погрешностью, будет равно 0,1 мВ.

Максимальное значение измеряемого напряжения совпадает с значением $U_{\text{ном max}}$ т. е. равно 300 В.

Следовательно, диапазон измеряемых напряжений вольтметром ВЗ-38 составляет от 0,1 мВ до 300 В.

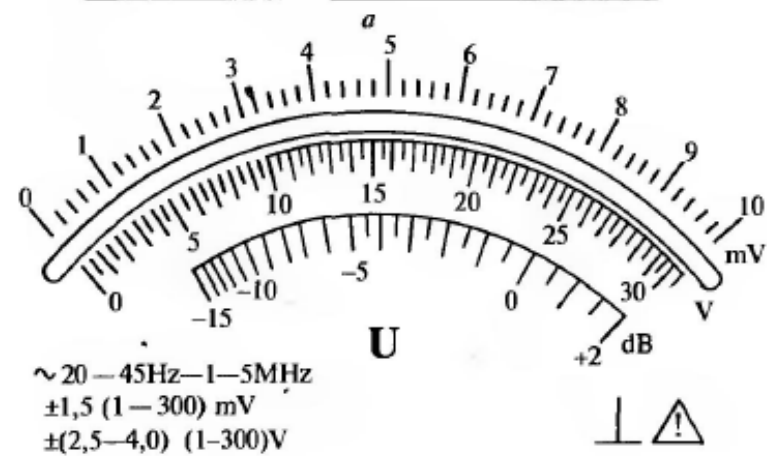
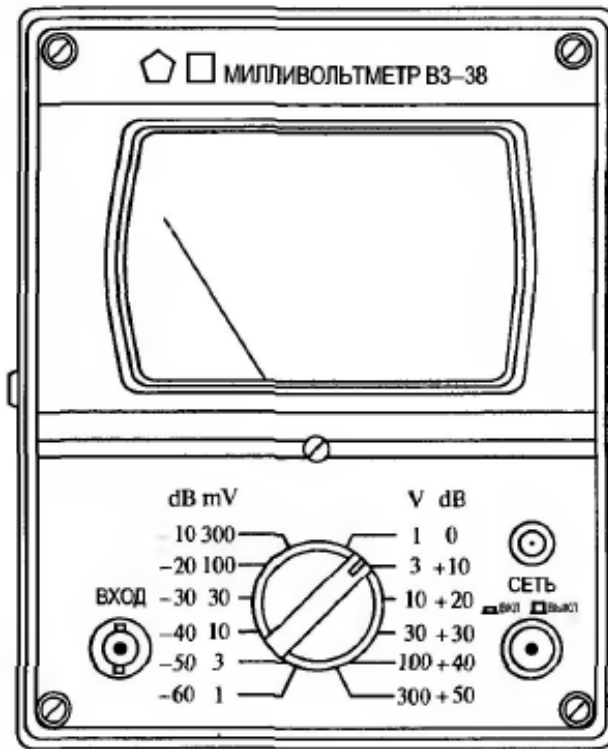


Рис. 5.2. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-38

Пример 5.3. Требуется определить параметры, измеряемые прибором ВЗ-38.

Решение. В соответствии с надписью ВЗ-38 этот вольтметр предназначен для измерения напряжения переменного тока.

Пример 5.4. Требуется определить чувствительность вольтметра ВЗ-38.

Решение. Чувствительность определяется в самом малом пределе измерения прибора — 1 мВ, и ее значение обратно пропорционально цене деления в этом пределе, т. е. цена деления вольтметра с учетом коэффициента шкалы

$$C_{1\text{ мВ}} = \frac{(10 - 9)\text{ мВ}}{5 \text{ дел.}} \cdot 0,1 = 0,02 \text{ мВ/дел.}$$

Тогда его чувствительность

$$S_{1\text{ мВ}} = \frac{1}{C_{1\text{ мВ}}} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ дел./мВ.}$$

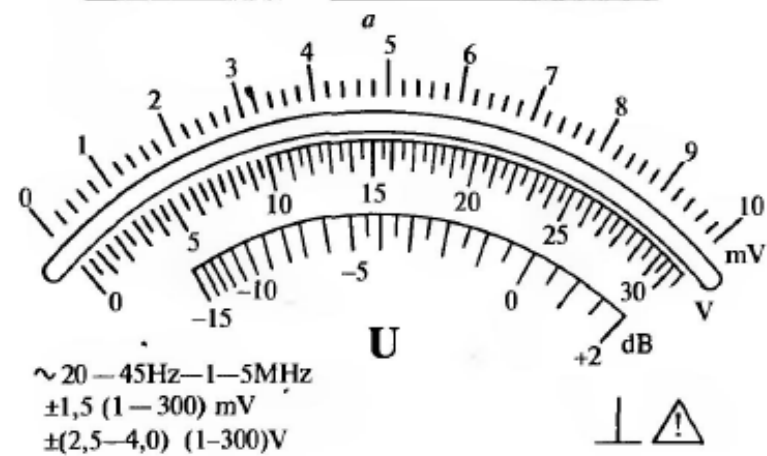
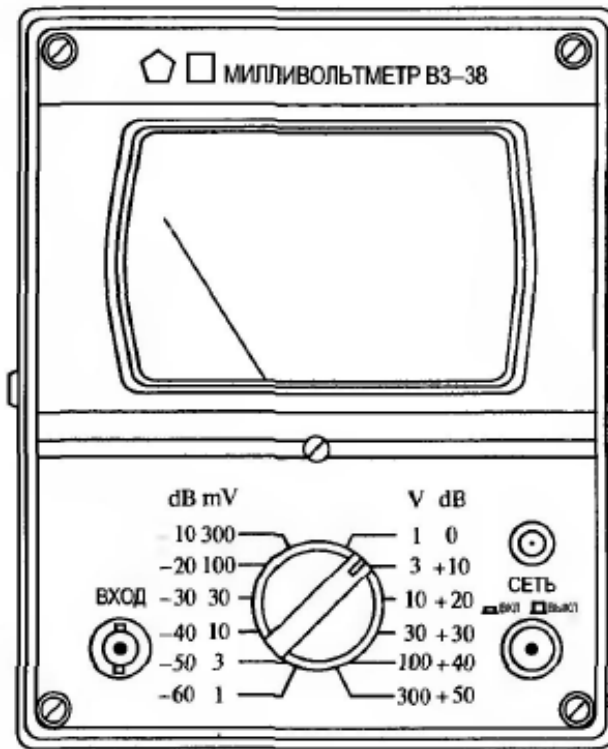


Рис. 5.2. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-38

Пример 5.5. Требуется определить частотный диапазон вольтметра В3-38.

Решение. По рис. 5.2 находим граничные частоты прибора: минимальная — 20 Гц и максимальная — 5 МГц.

Пример 5.6. Требуется определить погрешность измерения напряжения 1,5 В с частотой 100 кГц прибором В3-38.

Решение. Так как частота измеряемого напряжения входит в частотный диапазон прибора, его относительная действительная погрешность рассчитывается по формуле (2.4).

Относительная приведенная погрешность прибора, указанная на его шкале (см. рис. 5.2, б), равна $\pm 2,5\%$.

Предел измерения $U_{\text{ном}}$ выбираем равным 3 В (так как в больших пределах погрешность возрастет, а в меньших — стрелка индикатора «зашкалит»).

Тогда

$$\gamma_d = \pm 2,5\% \frac{3 \text{ В}}{1,5 \text{ В}} = \pm 5\%.$$

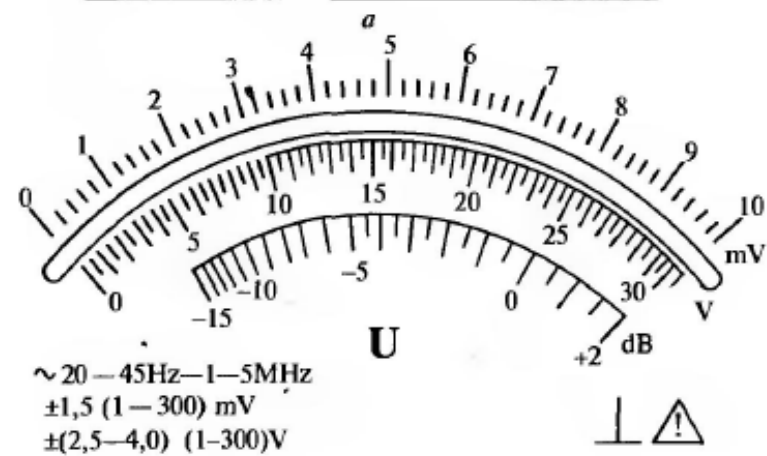
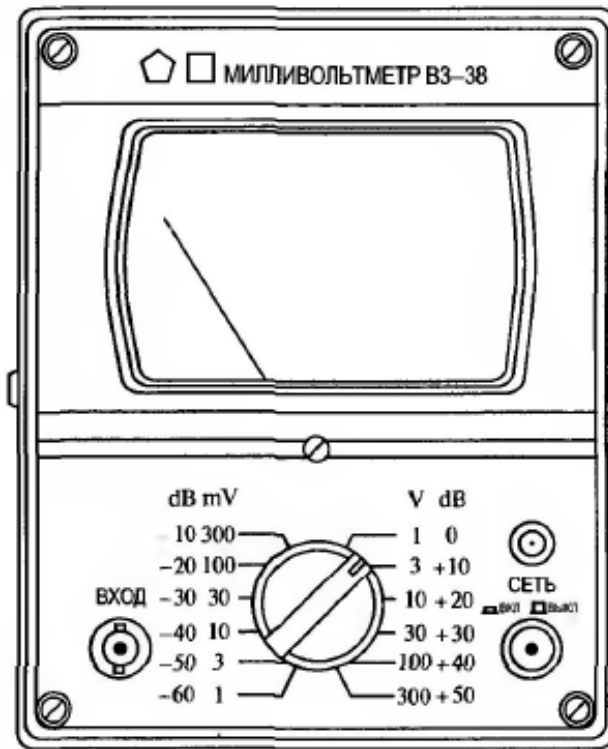


Рис. 5.2. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-38

Пример 5.7. Требуется определить, скольким децибелам соответствует значение напряжения 5 В (см. рис. 5.2).

Решение. Для измерения напряжения 5 В выбираем предел $U_{\text{ном}} = 10 \text{ В}$, что соответствует положению переключателя пределов +20 дБ. Взяв линейку и установив один ее конец в механический корректор (см. рис. 5.2, а), а второй — на цифру 5 верхней шкалы вольтметра (см. рис. 5.2, б), увидим, что линейка проходит по шкале децибел через значение -4.

Следовательно, $5 \text{ В} = +20 \text{ дБ} - 4 \text{ дБ} = +16 \text{ дБ}$.

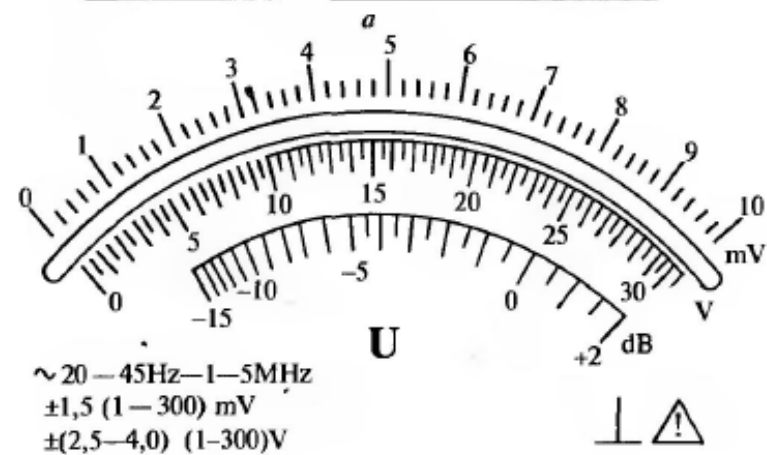
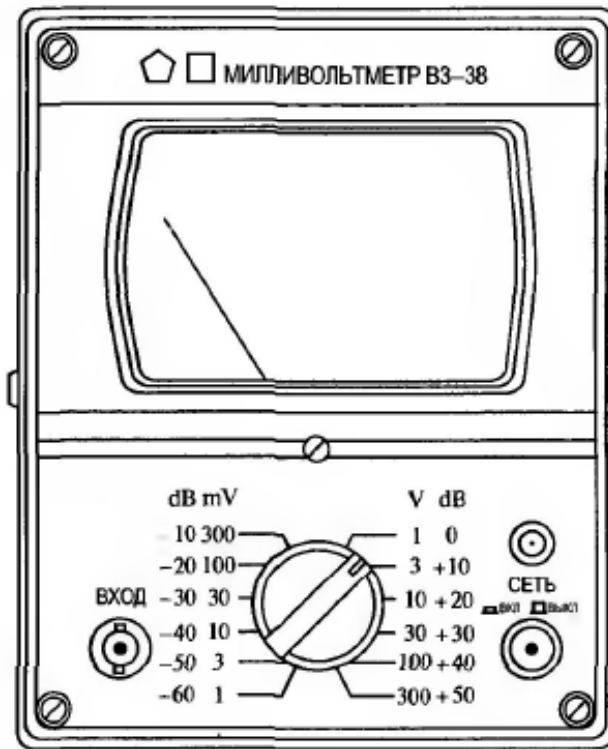


Рис. 5.2. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-38

Пример 5.8. Требуется определить, скольким вольтам соответствует -12 дБ (см. рис. 5.2).

Решение. Для решения этой задачи необходимо найти такие положения переключателя пределов и стрелки индикатора по децибелам, при сложении которых в результате получится -12 дБ.

Выбираем положение -10 дВ переключателя пределов (что соответствует пределу измерения 300 мВ), по которому будем проводить отсчет напряжения, а стрелку индикатора (линейку) устанавливаем по шкале децибел на отметку -2 .

По шкале с цифрой 30 стрелка индикатора (линейка) покажет 19 мВ, тогда с учетом коэффициента шкалы, равного 10 (так как 300 мВ больше 30 мВ в 10 раз), получим напряжение 190 мВ.

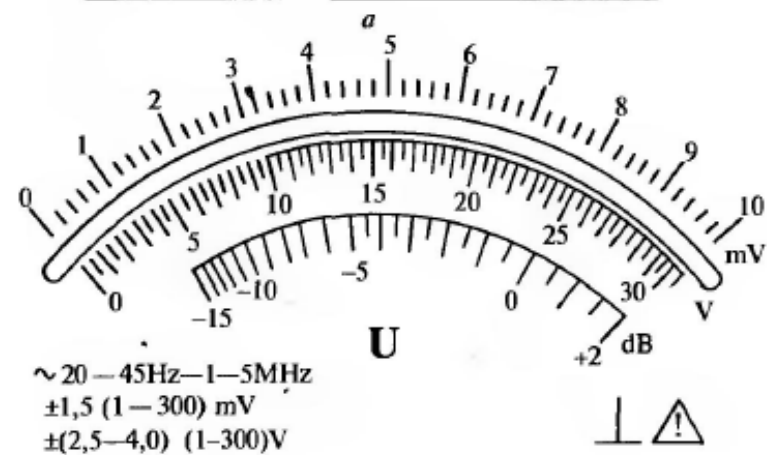
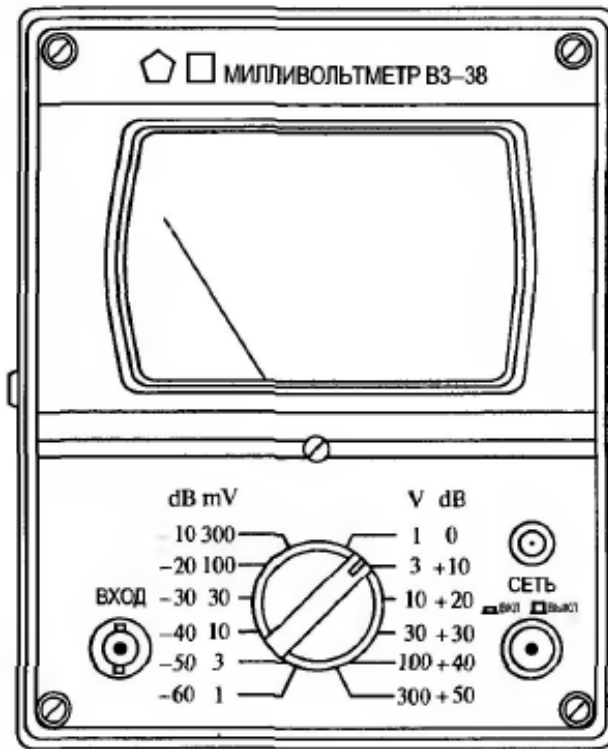


Рис. 5.2. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-38

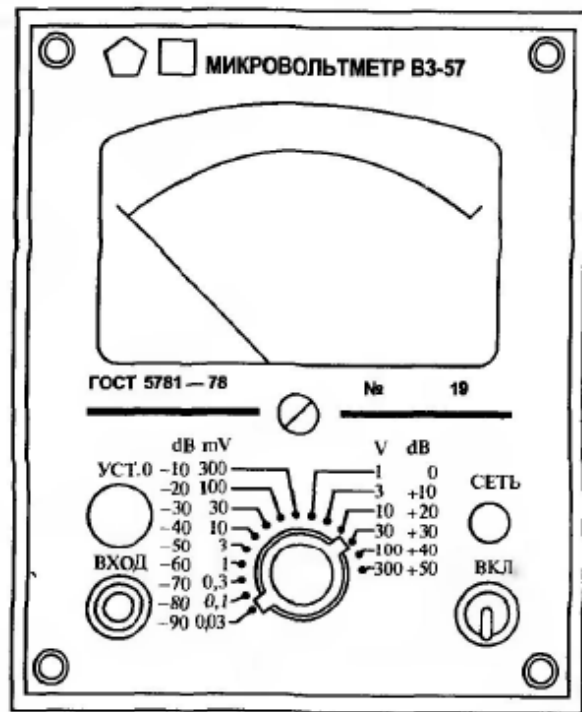
Задачи для самостоятельного решения

5.1 – 5.5. Определить цену деления шкалы микровольтметра, изображенного на рис. 5.3, в следующих указанных пределах:

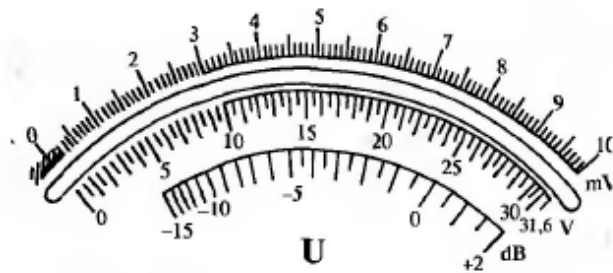
Номер задачи	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
Предел измерения	0,03 mV	1 mV	300 mV	1 V	100 V

5.6 – 5.10. Определить значение измеряемого параметра при установке органов управления прибора, показанного на рис. 5.3, в соответствии со следующей таблицей:

Номер задачи	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
Положение переключателя пределов	0,03 mV	1 mV	300 mV	1 V	100 V
Положение стрелки индикатора	22	7	22	7	7



а



5 Hz—5 MHz

1 % (30 ... 300 mV)

1,5 % (1 ... 10 mV)

2,5 % (0,1; 0,3 mV и 1 ... 300 V)

4 % (0,03 mV)

б

Рис. 5.3. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-57 (для задач 5.1—5.49)

5.11. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.6.

5.12. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.7.

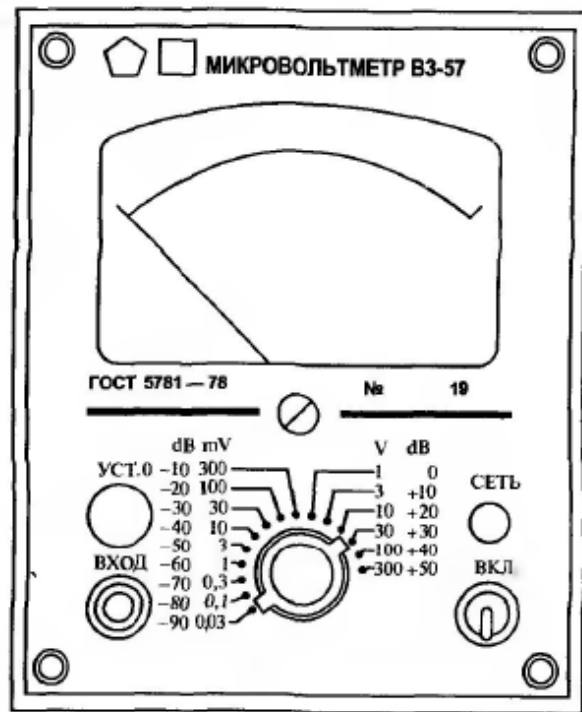
5.13. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.8.

5.14. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.9.

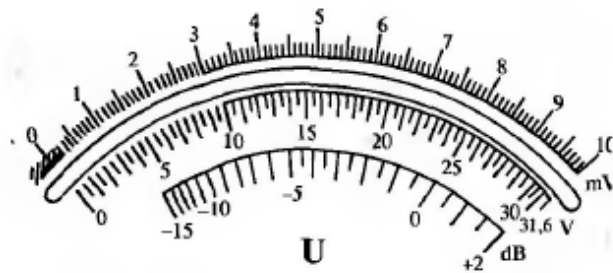
5.15. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.10.

5.16. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.6.

5.17. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.7.



а



5 Hz—5 MHz

1 % (30 ... 300 mV)

1,5 % (1 ... 10 mV)

2,5 % (0,1; 0,3 mV и 1 ... 300 V)

4 % (0,03 mV)

б

Рис. 5.3. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-57 (для задач 5.1—5.49)

5.18. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.8.

5.19. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.9.

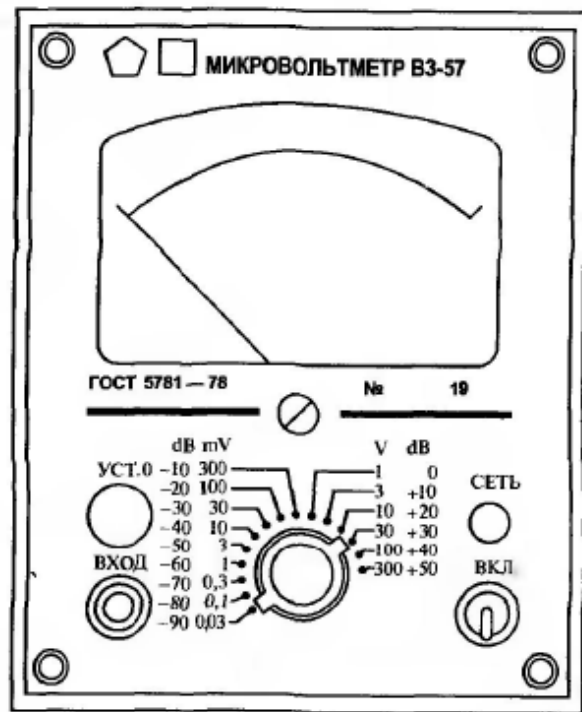
5.20. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.10.

5.21. Каково назначение регулировки, выполняемой механическим корректором и при каком состоянии прибора ВЗ-57 она производится?

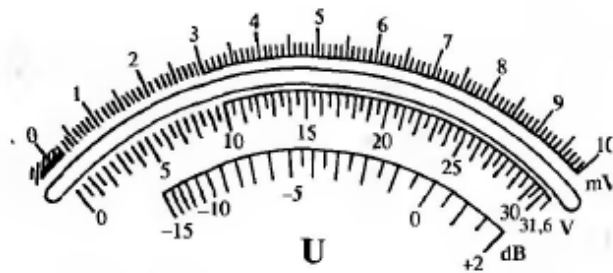
5.22. Каково назначение регулировки «Уст.0» и при каком состоянии прибора она производится?

5.23. Определить полное название прибора, показанного на рис. 5.3.

5.24. Определить чувствительность вольтметра ВЗ-57.



а



5 Hz—5 MHz

1 % (30 ... 300 mV)

1,5 % (1 ... 10 mV)

2,5 % (0,1; 0,3 mV и 1 ... 300 V)

4 % (0,03 mV)

б

Рис. 5.3. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-57 (для задач 5.1—5.49)

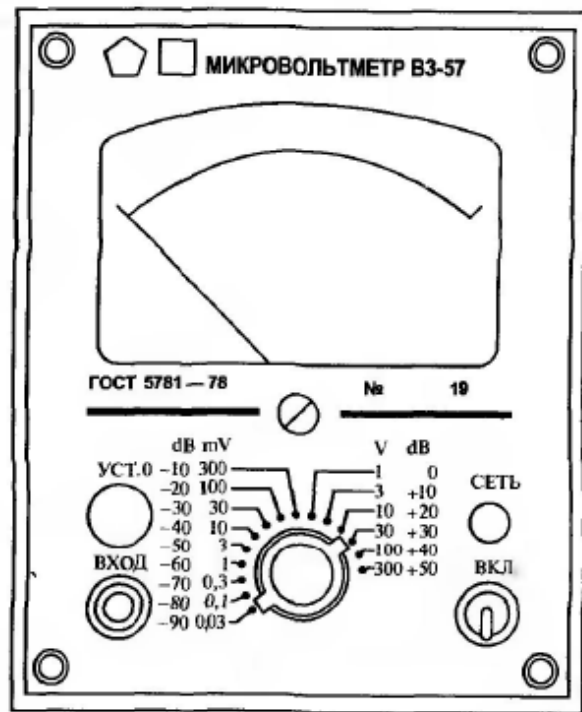
5.25. Определить параметр, измеряемый прибором ВЗ-57.

5.26 — 5.30. Определить цену деления шкалы прибора ВЗ-57 в следующих указанных пределах:

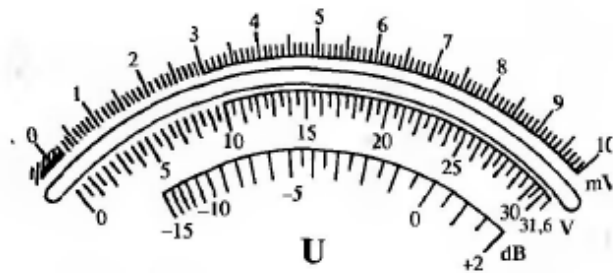
Номер задачи	5.26	5.27	5.28	5.29	5.30
Предел измерения	0,1 mV	3 mV	100 mV	3 V	300 V

5.31 — 5.35. Определить значение измеряемого параметра при установке органов управления прибора ВЗ-57 в соответствии со следующей таблицей:

Номер задачи	5.31	5.32	5.33	5.34	5.35
Положение переключателя пределов	0,1 mV	3 mV	100 mV	3 V	300 V
Положение стрелки индикатора	5	15	5	15	15



а



5 Hz—5 MHz
 1 % (30 ... 300 mV)
 1,5 % (1 ... 10 mV)
 2,5 % (0,1; 0,3 mV и 1 ... 300 V)
 4 % (0,03 mV)

б

Рис. 5.3. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-57 (для задач 5.1—5.49)

5.36. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.31.

5.37. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.32.

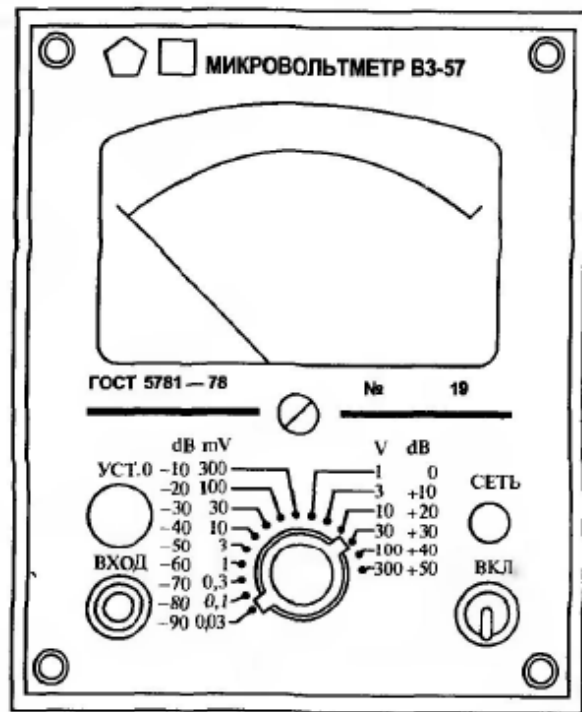
5.38. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.33.

5.39. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.34.

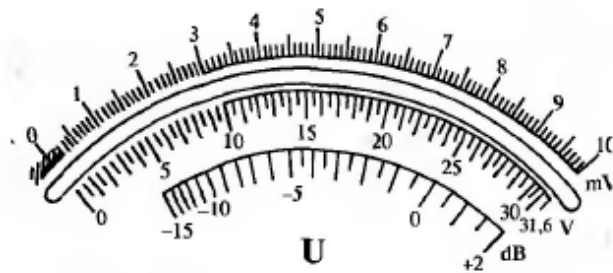
5.40. Определить погрешность измерения напряжения, найденного в задаче 5.35.

5.41. Определить по рис. 5.3, скольким вольтам соответствует напряжение -84 дБ.

5.42. Определить по рис. 5.3, скольким вольтам соответствует напряжение -54 дБ.



а



5 Hz—5 MHz

1 % (30 ... 300 mV)

1,5 % (1 ... 10 mV)

2,5 % (0,1; 0,3 mV и 1 ... 300 V)

4 % (0,03 mV)

б

Рис. 5.3. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-57 (для задач 5.1—5.49)

5.43. Определить по рис. 5.3, скольким вольтам соответствует напряжение -24 дБ.

5.44. Определить по рис. 5.3, скольким вольтам соответствует напряжение $+26,5$ дБ.

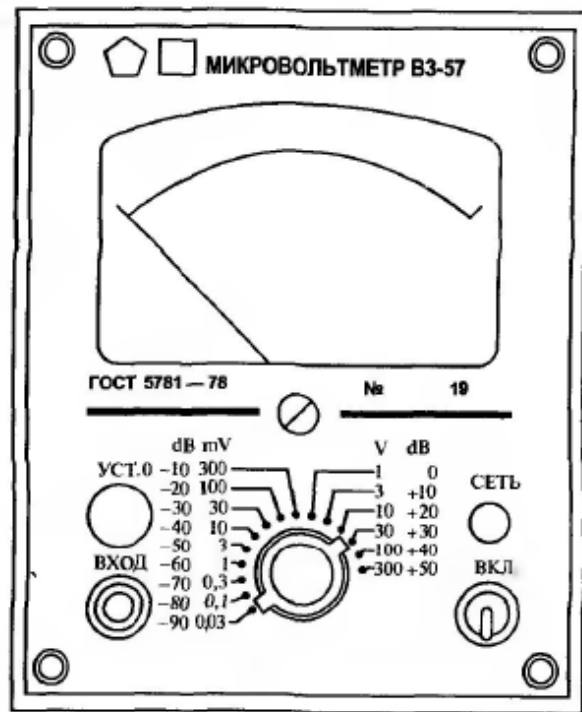
5.45. Определить по рис. 5.3, скольким вольтам соответствует напряжение $+45,5$ дБ.

5.46. Указать достоинства и недостатки вольтметра ВЗ-57 по сравнению с вольтметрами седьмой классификационной подгруппы.

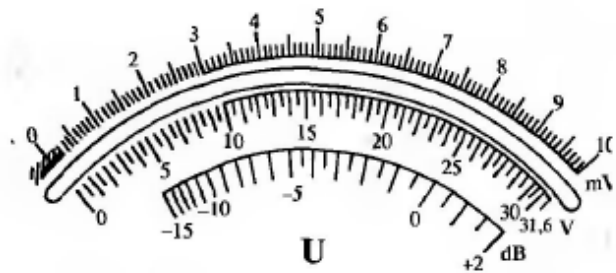
5.47. Привести структурную схему прибора ВЗ-57.

5.48. Определить частотный диапазон прибора ВЗ-57.

5.49. Определить диапазон измерения параметра прибором ВЗ-57.



а



5 Hz — 5 MHz

1 % (30 ... 300 mV)

1,5 % (1 ... 10 mV)

2,5 % (0,1; 0,3 mV и 1 ... 300 V)

4 % (0,03 mV)

б

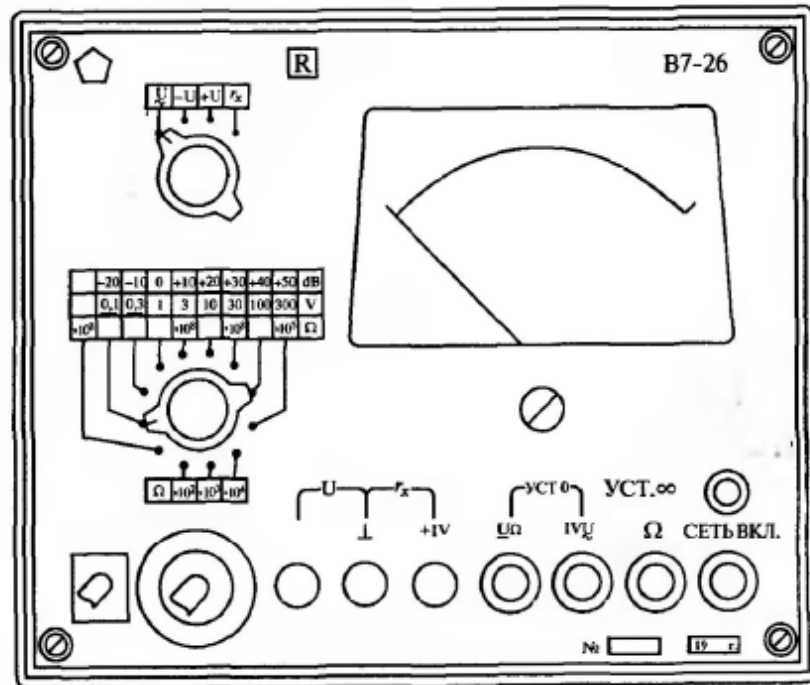
Рис. 5.3. Лицевая панель (а) и шкала индикатора (б) прибора ВЗ-57 (для задач 5.1—5.49)

5.50 — 5.54. Определить цену деления шкалы прибора, изображенного на рис. 5.4, в следующих указанных пределах:

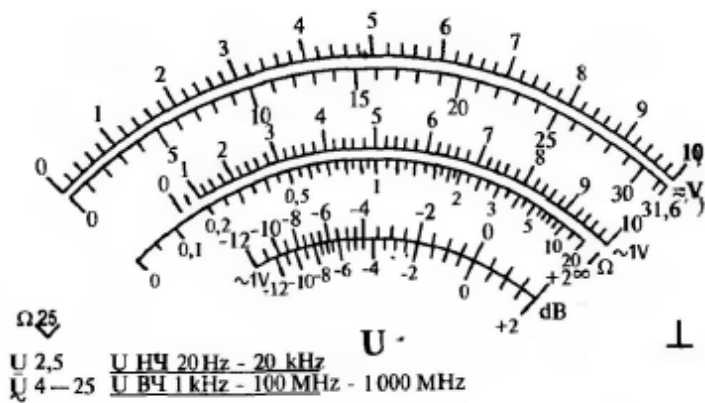
Номер задачи	5.50	5.51	5.52	5.53	5.54
Предел измерения на постоянном токе	0,1 V	0,3 V	1 V	3 V	100 V

5.55 — 5.59. Определить значение измеряемого параметра по постоянному току при установке органов управления прибора, показанного на рис. 5.4, в соответствии со следующей таблицей:

Номер задачи	5.55	5.56	5.57	5.58	5.59
Положение переключателя пределов измерения на постоянном токе	0,1 V	0,3 V	1 V	3 V	100 V
Положение стрелки индикатора	2,5	25	4	15	6



a



b

Рис. 5.4. Лицевая панель (a) и шкала индикатора (b) прибора В7-26 (для задач 5.50—5.99)

5.60. Определить погрешность измерения напряжения постоянного тока, найденного в задаче 5.55.

5.61. Определить погрешность измерения напряжения постоянного тока, найденного в задаче 5.56.

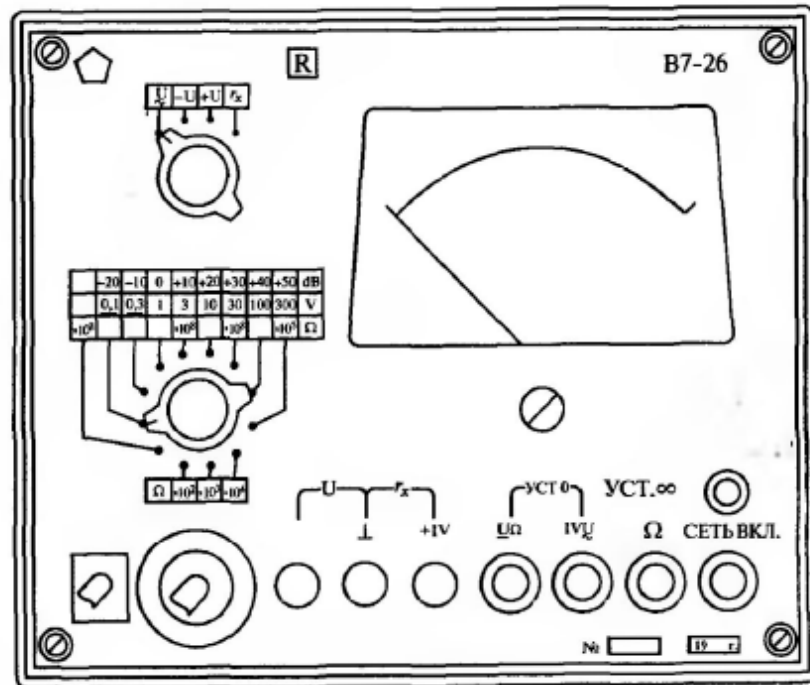
5.62. Определить погрешность измерения напряжения постоянного тока, найденного в задаче 5.57.

5.63. Определить погрешность измерения напряжения постоянного тока, найденного в задаче 5.58.

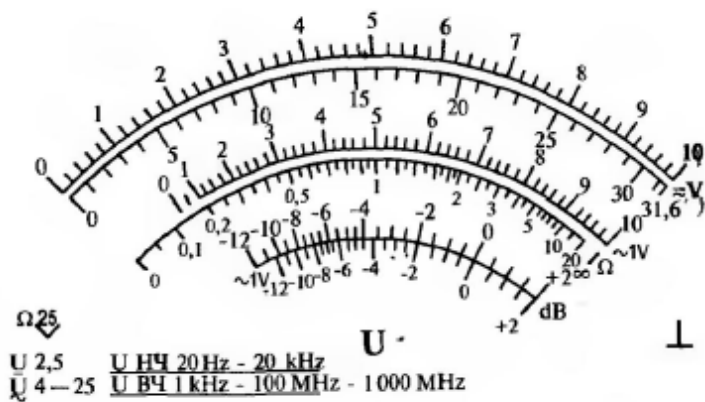
5.64. Определить погрешность измерения напряжения постоянного тока, найденного в задаче 5.59.

5.65. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.55.

5.66. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.56.



a



b

Рис. 5.4. Лицевая панель (a) и шкала индикатора (b) прибора В7-26 (для задач 5.50—5.99)

5.67. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.57.

5.68. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.58.

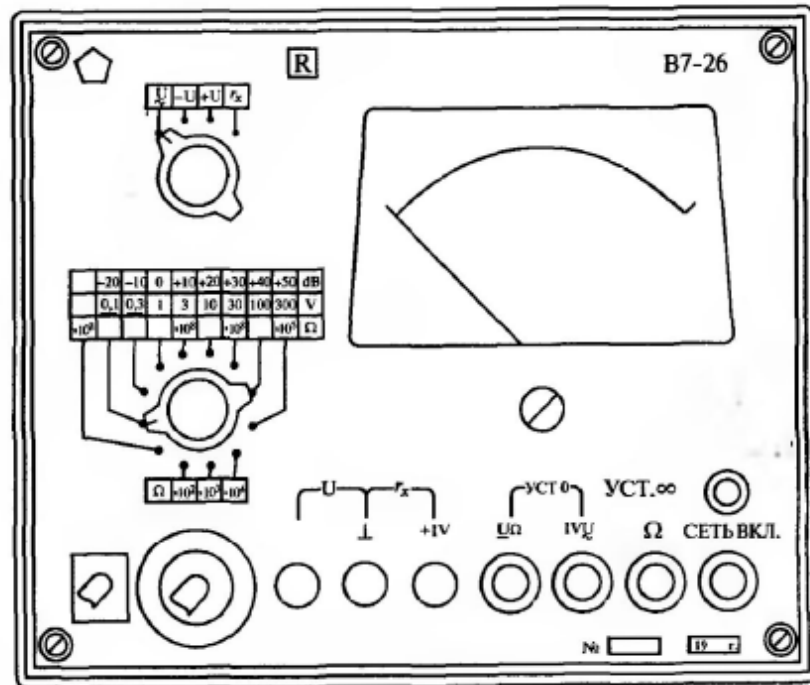
5.69. Определить, скольким децибелам соответствует напряжение, найденное в задаче 5.59.

5.70. Определить параметры, измеряемые прибором В7-26.

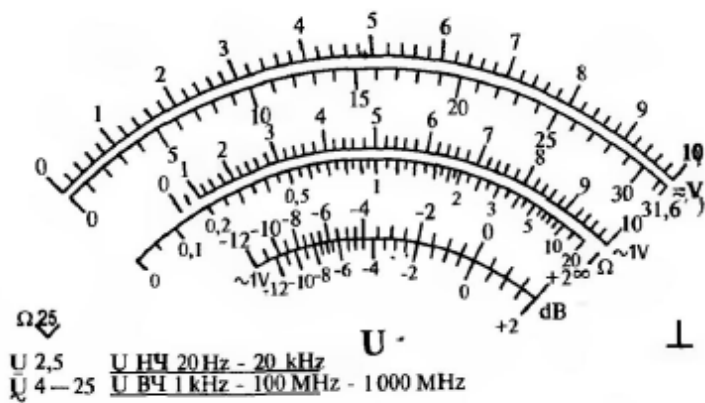
5.71. Определить диапазон измерения напряжения постоянного тока прибором В7-26.

5.72. Определить частотный диапазон прибора В7-26.

5.73. Определить достоинства прибора В7-26 по сравнению с прибором В3-57.



a



b

Рис. 5.4. Лицевая панель (a) и шкала индикатора (b) прибора В7-26 (для задач 5.50—5.99)

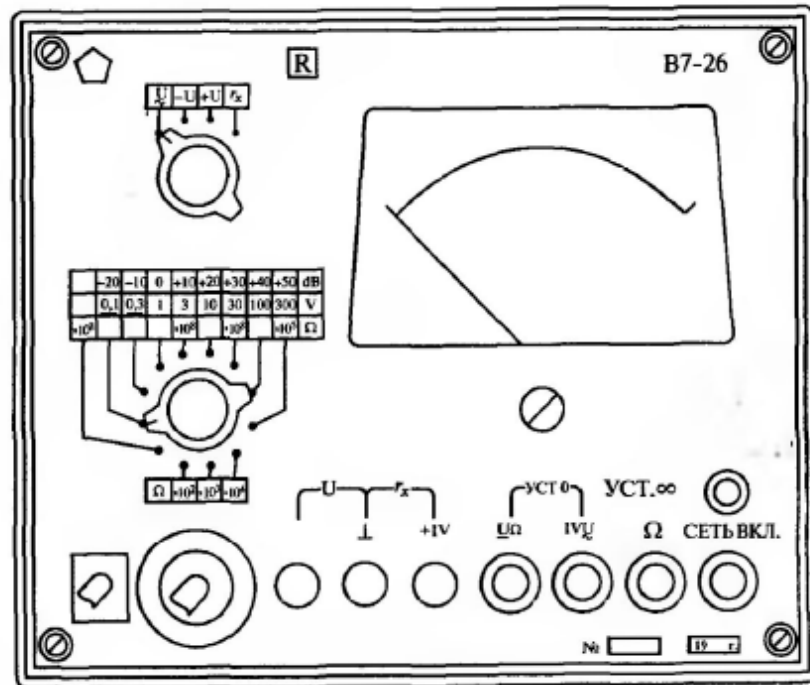
5.74. Каково назначение регулировки, выполняемой механическим корректором и при каком состоянии прибора В7-26 она производится?

5.75 – 5.79. Определить цену деления шкалы прибора В7-26 в следующих указанных пределах:

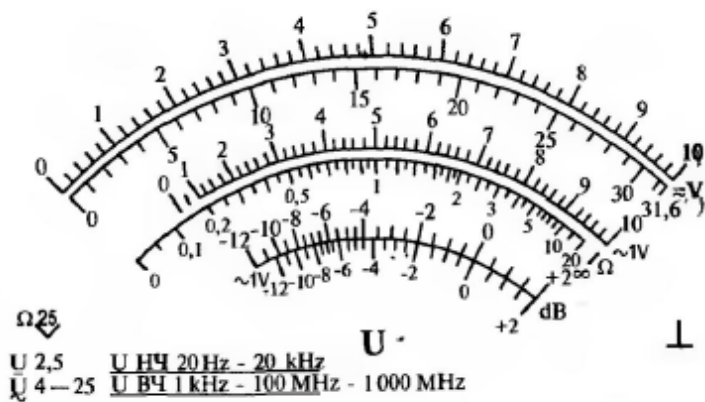
Номер задачи	5.75	5.76	5.77	5.78	5.79
Предел измерения на переменном токе	0,3 V	3 V	10 V	30 V	300 V

5.80 – 5.84. Определить значение измеряемого параметра по постоянному току при установке органов управления прибора В7-26 в соответствии со следующей таблицей:

Номер задачи	5.80	5.81	5.82	5.83	5.84
Положение переключателя пределов измерения на переменном токе	0,3 V	3 V	10 V	30 V	300 V
Положение стрелки индикатора	11	5	5,2	18	27



a



b

Рис. 5.4. Лицевая панель (a) и шкала индикатора (b) прибора В7-26 (для задач 5.50—5.99)

5.85. Определить погрешность измерения напряжения переменного тока, найденного в задаче 5.80.

5.86. Определить погрешность измерения ~~напряжения~~ напряжения переменного тока, найденного в задаче 5.81.

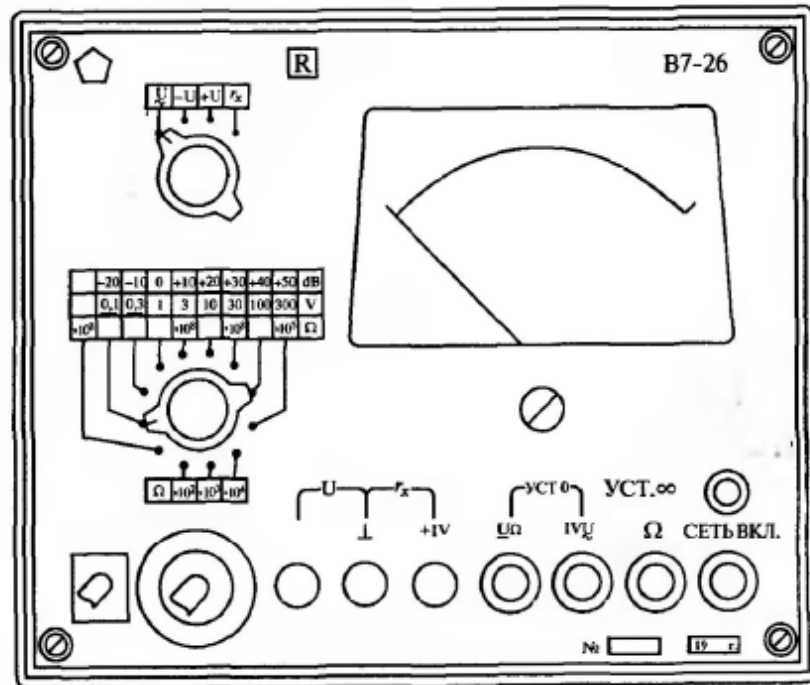
5.87. Определить погрешность измерения напряжения переменного тока, найденного в задаче 5.82.

5.88. Определить погрешность измерения напряжения переменного тока, найденного в задаче 5.83.

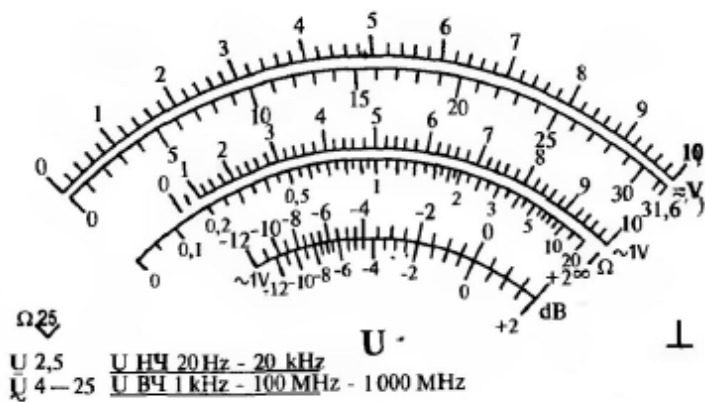
5.89. Определить погрешность измерения напряжения переменного тока, найденного в задаче 5.84.

5.90. Определить по рис. 5.4, скольким вольтам соответствует напряжение -15 дБ.

5.91. Определить по рис. 5.4, скольким вольтам соответствует напряжение -9 дБ.



a



b

Рис. 5.4. Лицевая панель (a) и шкала индикатора (b) прибора В7-26 (для задач 5.50—5.99)

5.92. Определить по рис. 5.4, скольким вольтам соответствует напряжение 0 дБ.

5.93. Определить по рис. 5.4, скольким вольтам соответствует напряжение +13 дБ.

5.94. Определить по рис. 5.4, скольким вольтам соответствует напряжение +28 дБ.

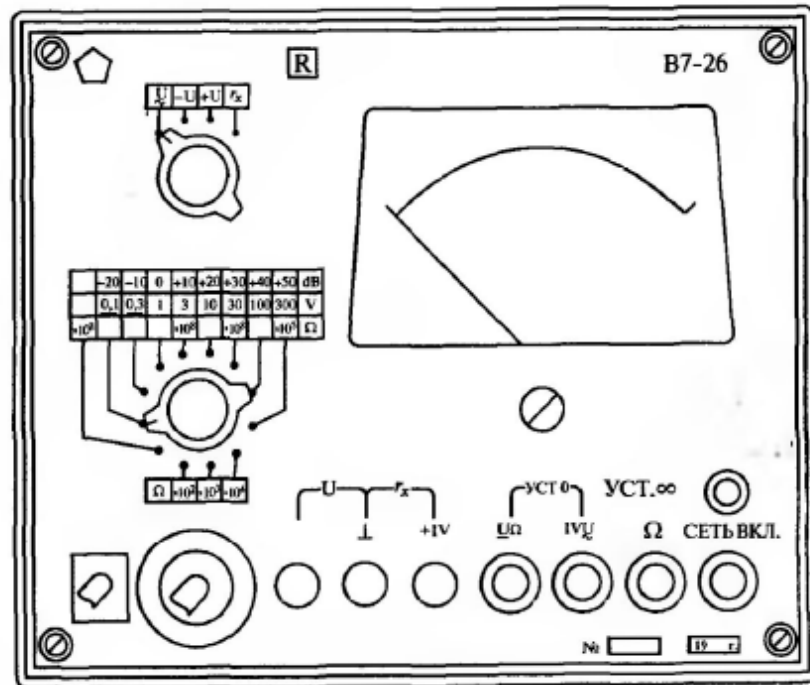
5.95. Определить диапазон измерения напряжения переменного тока прибором В7-26.

5.96. Определить диапазон измерения сопротивления резисторов прибором В7-26.

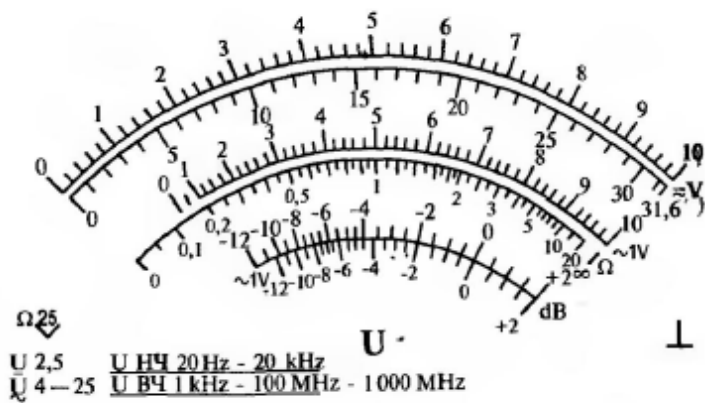
5.97. Определить чувствительность прибора В7-26 по напряжению постоянного тока.

5.98. Определить чувствительность прибора В7-26 по напряжению переменного тока.

5.99. Определить полное название прибора В7-26.



a



b

Рис. 5.4. Лицевая панель (a) и шкала индикатора (b) прибора В7-26 (для задач 5.50—5.99)