

# Электромеханические приборы

---

РАСОВ Д.Д.

ГПОУ «СЦБТ»

Для измерения тех или иных параметров в учебных лабораториях или на производстве бывает необходимо выбрать прибор, оценив его характеристики, причем не всегда на этот прибор имеется паспорт. Поэтому рассмотрим определение основных метрологических характеристик приборов, примеры расшифровки символов, изображаемых на их лицевых панелях, критерии сравнительного анализа и другие факторы.

Для примера возьмем изображения лицевых панелей двух микроамперметров, показанные на рис. 3.1. Определяемые характеристики этих приборов будем вносить в заранее подготовленную табл. 3.1\*.

Необходимые характеристики найдем, используя теоретические сведения, приведенные в гл. 1.

Определим номинальные значения токов для обоих приборов, имеющих одностороннюю шкалу:

$$I_{\text{ном1}} = 50 - 0 = 50 \text{ мкА}; \quad I_{\text{ном2}} = 50 - 0 = 50 \text{ мкА}.$$





Классы точности приборов:

$$\gamma_{\text{пр1}} = 1,5\%; \quad \gamma_{\text{пр2}} = 4,0\%.$$

Внутренние сопротивления микроамперметров:

$$r_{A1} = 2 \text{ кОм}; \quad r_{A2} = 3 \text{ кОм}.$$

Цена делений приборов:

$$C_1 = \frac{(50 - 40) \text{ мкА}}{10 \text{ дел.}} = 1 \frac{\text{мкА}}{\text{дел.}}; \quad C_2 = \frac{(50 - 40) \text{ мкА}}{10 \text{ дел.}} = 1 \frac{\text{мкА}}{\text{дел.}}.$$

Чувствительность микроамперметров:

$$S_1 = \frac{1}{C_1} = 1 \text{ дел./мкА}; \quad S_2 = \frac{1}{C_2} = 1 \text{ дел./мкА}.$$

Рассчитаем падение напряжений на приборах:

$$U_{A1} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 0,1 \text{ В};$$

$$U_{A2} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 0,15 \text{ В}.$$

Определим потребляемую приборами мощность (так как мощность в табл. 3.1 должна быть представлена в милливаттах, то результат расчета следует умножить на  $10^3$ ):

$$P_{A1} = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ A}^2 \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot 10^3 = 0,005 \text{ мВт};$$

$$P_{A2} = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ A}^2 \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot 10^3 = 0,0075 \text{ мВт}.$$

**Найдем** рабочие участки шкал обоих приборов:

$$I_{\min 1} = 10 \text{ мкА}, \quad I_{\max 1} = 50 \text{ мкА};$$

$$I_{\min 2} = 20 \text{ мкА}, \quad I_{\max 2} = 50 \text{ мкА}.$$

5 Соответственно диапазоны измерения тока у приборов следующие:

$$D_{I1} = I_{\max 1} - I_{\min 1} = (50 - 10) \text{ мкА} = 40 \text{ мкА};$$

$$D_{I2} = I_{\max 2} - I_{\min 2} = (50 - 20) \text{ мкА} = 30 \text{ мкА}.$$

Частотные диапазоны приборов определяются аналогично диапазонам измерения тока. Отличие заключается лишь в том, что прибор магнитоэлектрической системы может использоваться только на постоянном токе, т. е. у него  $D_F = 0$ , информация о чем указана на изображении лицевой панели прибора М265.

Частотный диапазон прибора электромагнитной системы

$$D_{F2} = F_{\max 2} - F_{\min 2} = (100 - 0) \text{ Гц} = 100 \text{ Гц}.$$

---

# Знаки и символы, наносимые на лицевой панели прибора



Приведем для примера расшифровку всех знаков и символов, помещенных на изображениях лицевых панелей приборов, показанных на рис. 3.1.

**Прибор М265:**

М — буквенный шифр магнитоэлектрической системы;

265 — номер разработки (модели);

1983 г. — год выпуска;

μА — микроамперметр;

2кΩ — внутреннее сопротивление 2 кОм;

— — предназначен для использования в цепях постоянного тока;

□ — графическое обозначение магнитоэлектрической системы, защищенной от действия внешних магнитных полей;

1,5 — класс точности;

⊥ — рабочее положение вертикальное;

☆ — измерительный механизм изолирован, и сопротивление изоляции испытано напряжением 2 кВ.

### **Прибор Э412:**

Э — буквенный шифр электромагнитной системы;

412 — номер разработки;

1989 г. — год выпуска;

$\mu\text{A}$  — микроамперметр;

100 Hz — частота;

3к $\Omega$  — внутреннее сопротивление;

$\simeq$  — предназначен для использования в цепях переменного и постоянного тока;

$\Sigma$  — графическое обозначение электромагнитной системы;

4,0 — класс точности;

☆ — измерительный механизм изолирован, и сопротивление изоляции испытано напряжением 2 кВ.

---

# Сравнительный анализ приборов

Приведем критерии, используемые при сравнительном анализе измерительных приборов:

- класс точности (чем меньше  $\gamma_{пр}$ , тем прибор лучше);
- внутреннее сопротивление (чем меньше  $r_A$ , тем лучше амперметр, и чем больше  $r_V$ , тем лучше вольтметр);
- чувствительность (чем больше  $S$ , тем прибор лучше);
- падение напряжения на амперметре (чем меньше  $U_A$ , тем прибор лучше) либо потребляемый вольтметром ток (чем меньше  $I_V$ , тем прибор лучше);
- потребляемая прибором мощность (чем меньше  $P$ , тем прибор лучше);
- диапазон измерения параметра (чем он больше, тем прибор лучше);
- частотный диапазон (чем он больше, тем прибор лучше);
- вид шкалы (лучше прибор с равномерной шкалой);

- наличие защиты от внешних магнитных полей (прибор лучше при наличии такой защиты);
- год выпуска (чем прибор новее, тем он лучше);
- рабочее положение (лучше прибор, работающий в любом положении);
- по роду тока (лучше прибор универсальный).

На основании приведенных критериев сравним рассматриваемые приборы М265 и Э412.

Преимущества прибора М265:

- равномерная шкала;
- наличие защиты от влияния внешних магнитных полей;
- меньшая  $\gamma_{пр}$ ;
- меньшее внутреннее сопротивление;
- меньшее падение напряжения;
- меньшая потребляемая мощность;
- более широкий диапазон измерения.

### Недостатки прибора M265:

- неуниверсальный;
- более раннего года выпуска;
- работает только в вертикальном положении
- меньший частотный диапазон.

---

# Оценка погрешности измерений

Для примера оценим погрешности измерения тока 25 мкА рассматриваемыми приборами М265 и Э412, для чего используем формулу (2.4):

$$\gamma_{д1} = 1,5\% \frac{50 \text{ мкА}}{25 \text{ мкА}} = 3\%; \quad \gamma_{д2} = 4,0\% \frac{50 \text{ мкА}}{25 \text{ мкА}} = 8\%.$$

---

# Определение значения измеряемого параметра

Для примера найдем значения измеряемого тока по положениям стрелок приборов, показанных на рис. 3.1, для чего используем данные о цене деления шкал этих приборов из табл. 3.1:

$$I_1 = 17 \text{ мкА}; I_2 = 47 \text{ мкА}.$$

Электромеханические приборы весьма разнообразны по назначению, конструкции, принципу преобразования подводимой энергии и метрологическим характеристикам.



---

Задачи для самостоятельного решения

**3.1.** На рис. 3.2 представлены шкалы двух измерительных приборов.

Требуется:

1) определить основные параметры этих приборов и заполнить форму типа табл. 3.1;

2) расшифровать все символы, нанесенные на шкале каждого прибора, и провести сравнительный анализ этих приборов с указанием их относительных достоинств и недостатков;

3) рассчитать погрешность измерения  $\gamma_d$  напряжения, равного 80 В, обоими приборами;

4) определить значения измеряемых напряжений, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов, показанных на рис. 3.2.

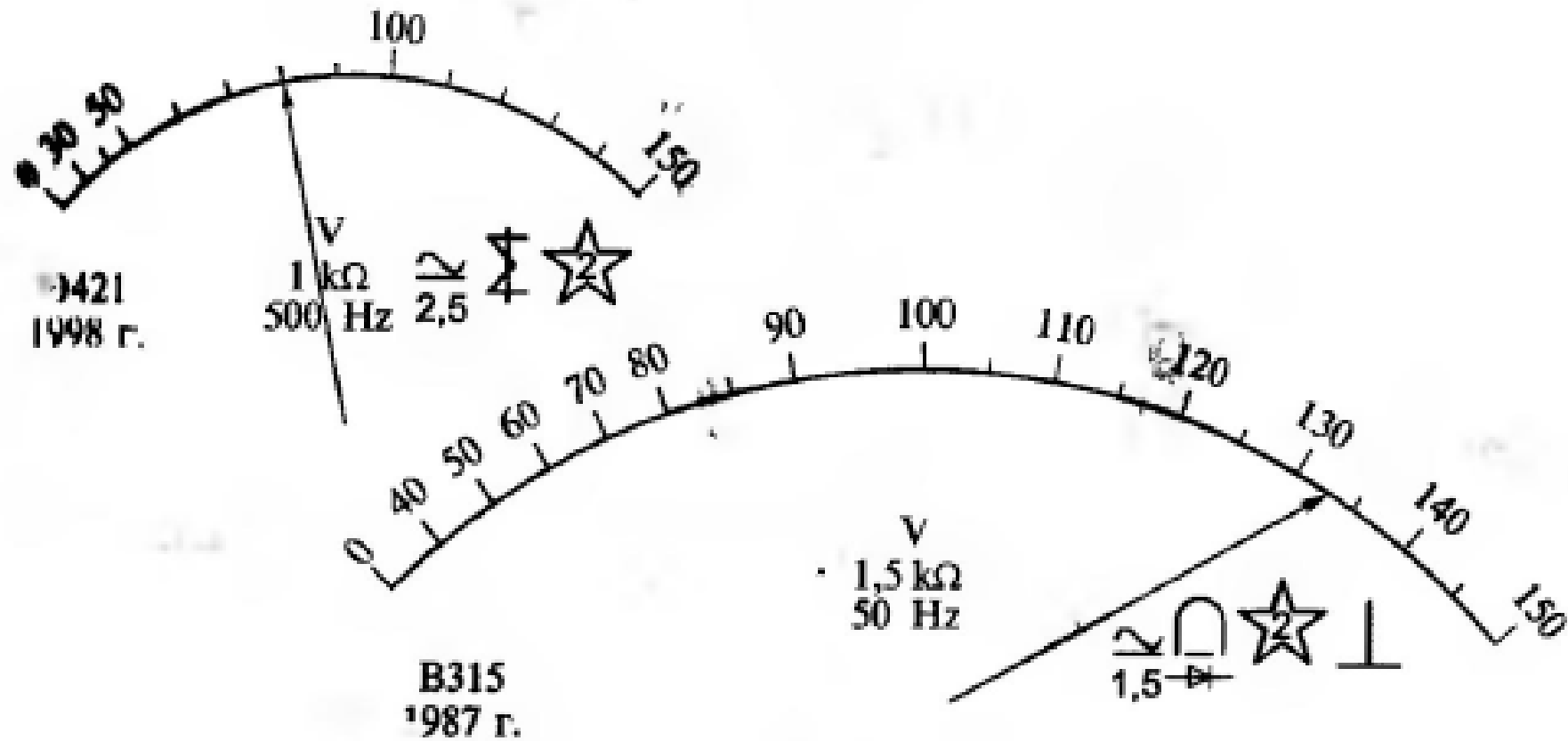


Рис. 3.2. Изображения шкал двух приборов к задаче 3.1

**3.2.** На рис. 3.3 представлены шкалы двух измерительных приборов.

Требуется:

1) определить основные параметры этих приборов и заполнить форму типа табл. 3.1;

2) расшифровать все символы, нанесенные на шкале каждого прибора, и провести сравнительный анализ этих приборов с указанием их относительных достоинств и недостатков;

3) рассчитать погрешность измерения  $\gamma_d$  тока, равного 250 мА, обоими приборами;

4) определить значения измеряемых токов, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов, показанных на рис. 3.3.

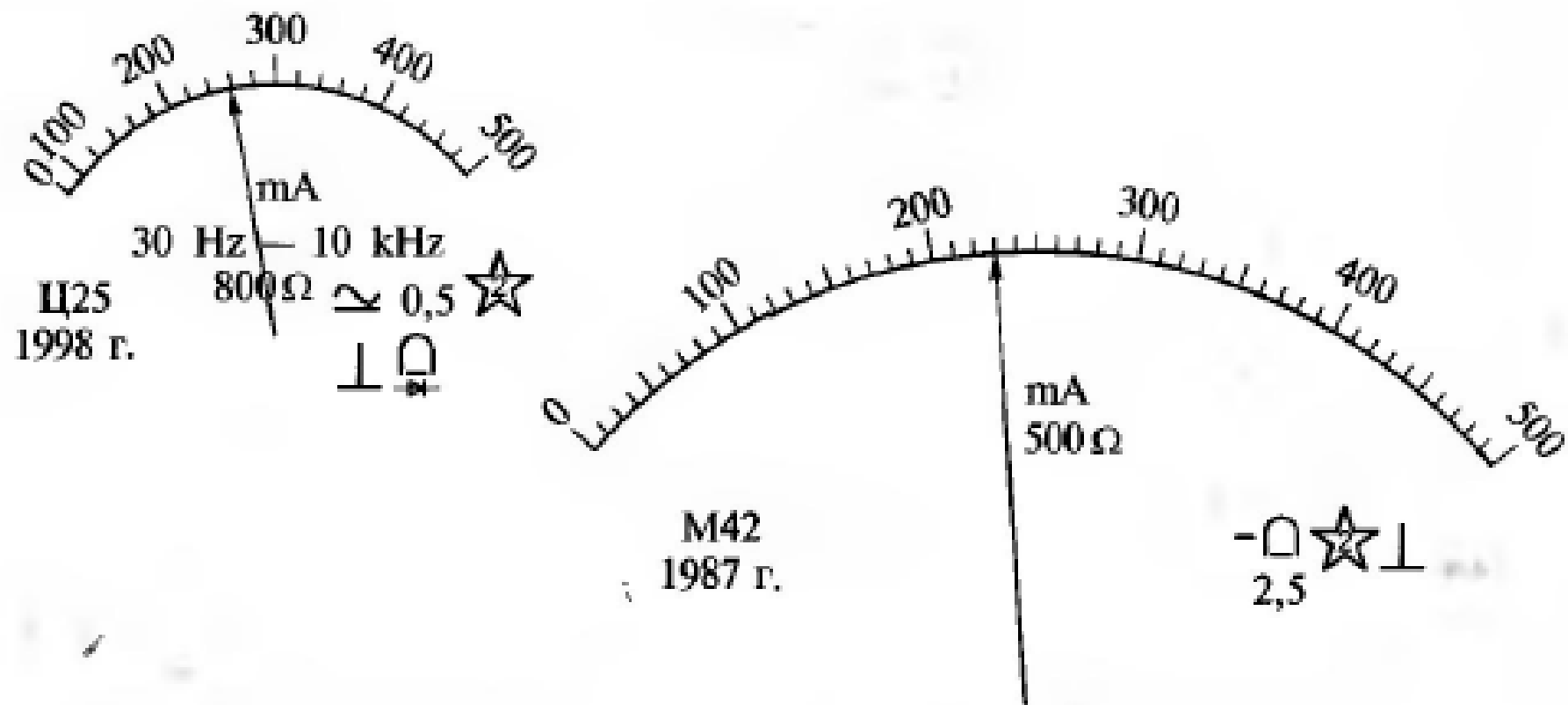


Рис. 3.3. Изображения шкал двух приборов к задаче 3.2

**3.3.** На рис. 3.4 представлены шкалы двух измерительных приборов.

Требуется:

1) определить основные параметры этих приборов и заполнить форму типа табл. 3.1;

2) расшифровать все символы, нанесенные на шкале каждого прибора, и провести сравнительный анализ этих приборов с указанием их относительных достоинств и недостатков;

3) рассчитать погрешность измерения  $\gamma_{\text{д}}$  напряжения, равного 220 В, обоими приборами;

4) определить значения измеряемых напряжений, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов, показанных на рис. 3.4.

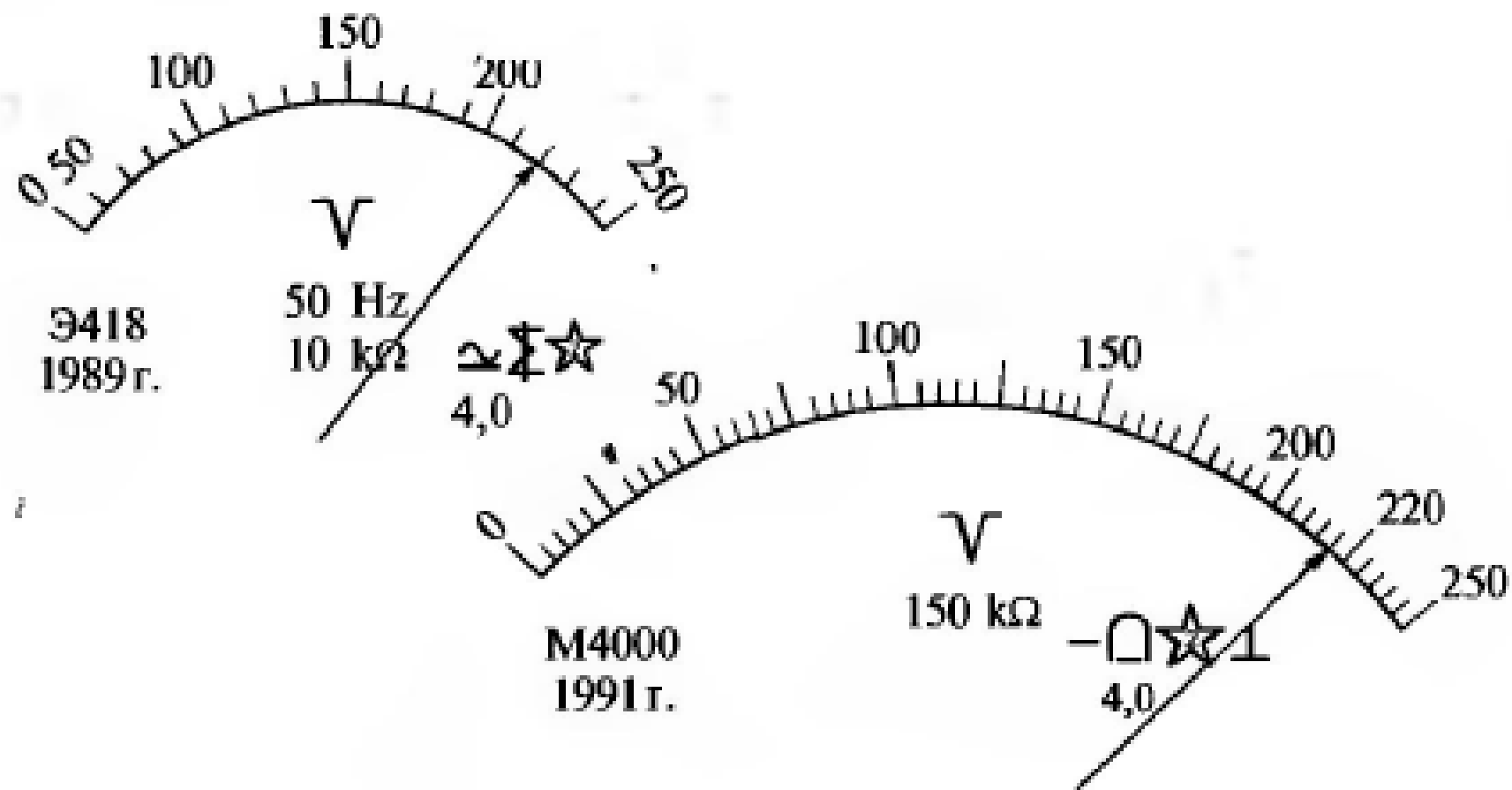


Рис. 3.4. Изображения шкал двух приборов к задаче 3.3

**3.4.** На рис. 3.5 представлены шкалы двух измерительных приборов.

Требуется:

1) определить основные параметры этих приборов и заполнить форму типа табл. 3.1;

2) расшифровать все символы, нанесенные на шкале каждого прибора, и провести сравнительный анализ этих приборов с указанием их относительных достоинств и недостатков;

3) рассчитать погрешность измерения  $\gamma_d$  тока, равного 15 мА, обоими приборами;

4) определить значения измеряемых токов, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов, показанных на рис. 3.5.



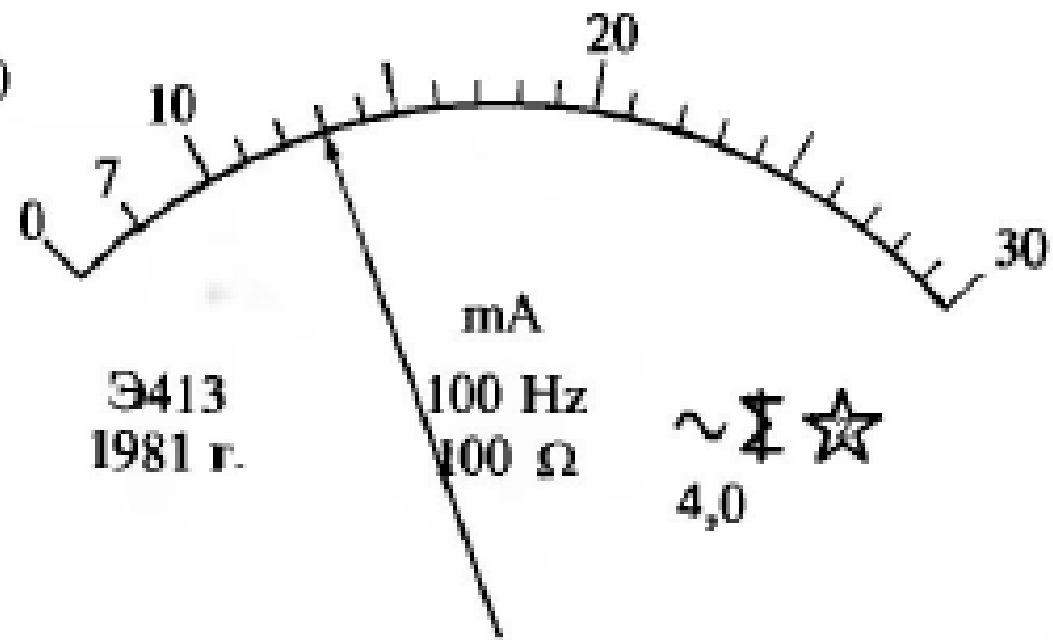
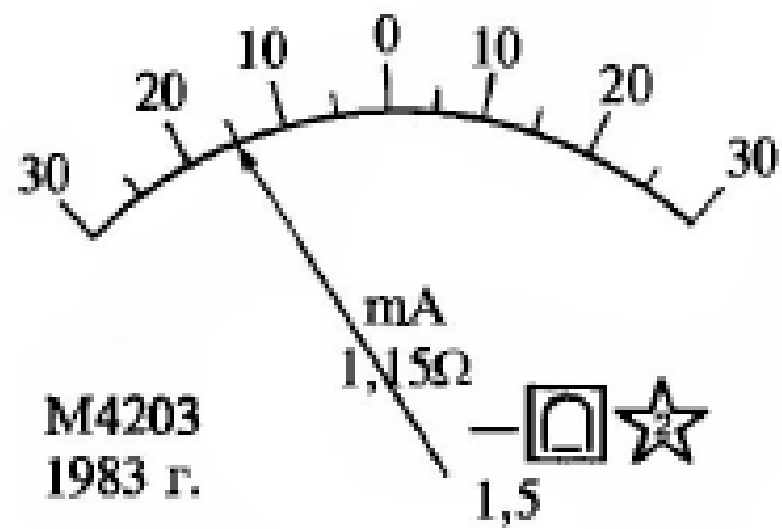


Рис. 3.5. Изображения шкал двух приборов к задаче 3.4

**3.5.** На рис. 3.6 представлены шкалы двух измерительных приборов.

Требуется:

1) определить основные параметры этих приборов и заполнить форму типа табл. 3.1;

2) расшифровать все символы, нанесенные на шкале каждого прибора, и провести сравнительный анализ этих приборов с указанием их относительных достоинств и недостатков;

3) рассчитать погрешность измерения  $U_d$  напряжения, равного 80 В, обоими приборами;

4) определить значения измеряемых напряжений, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов, показанных на рис. 3.6.

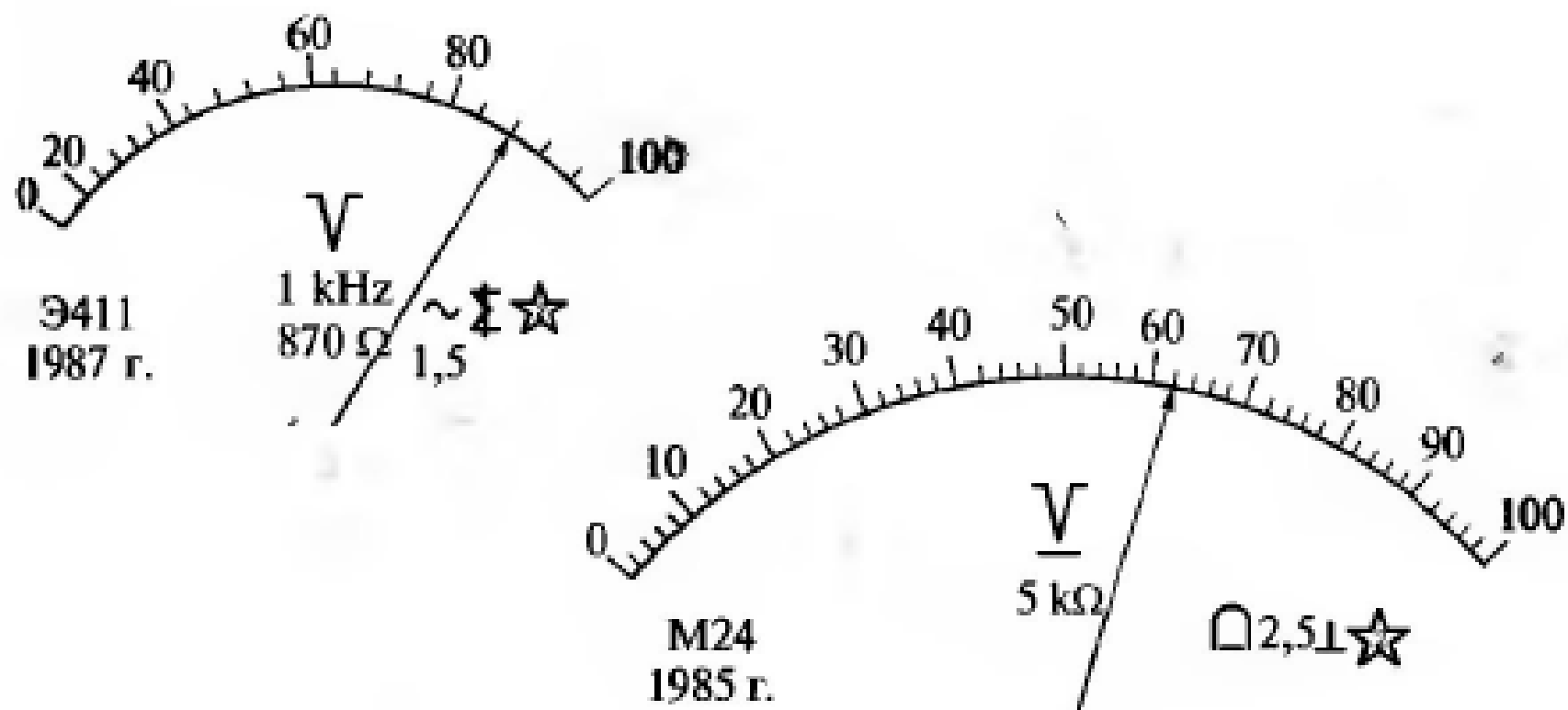


Рис. 3.6. Изображения шкал двух приборов к задаче 3.5

**3.7.** На рис. 3.7 представлены шкалы двух измерительных приборов.

Требуется:

1) определить основные параметры этих приборов и заполнить форму типа табл. 3.1;

2) расшифровать все символы, нанесенные на шкале каждого прибора, и провести сравнительный анализ этих приборов с указанием их относительных достоинств и недостатков;

3) рассчитать погрешность измерения  $\gamma_d$  тока, равного 2,5 А, обоими приборами;

4) определить значения измеряемых токов, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов, показанных на рис. 3.7.

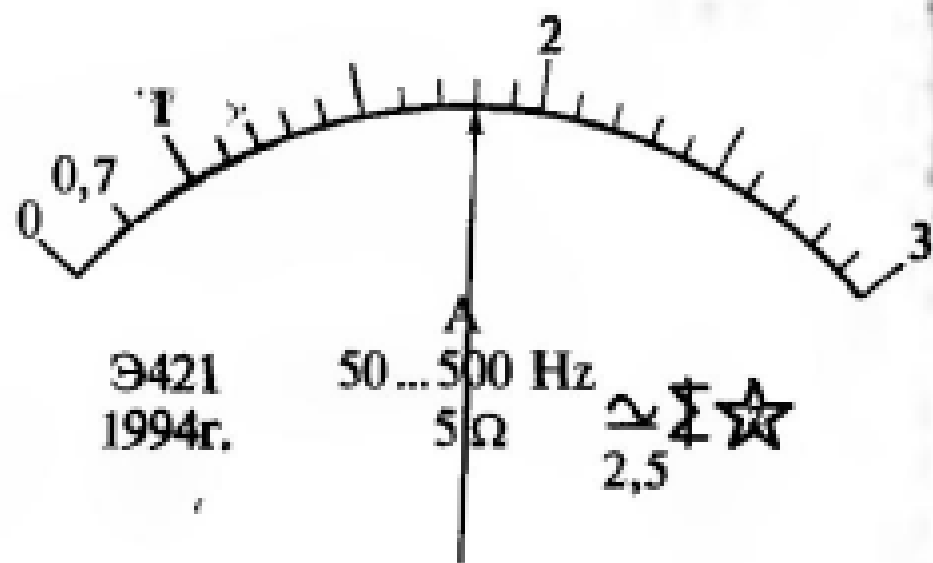
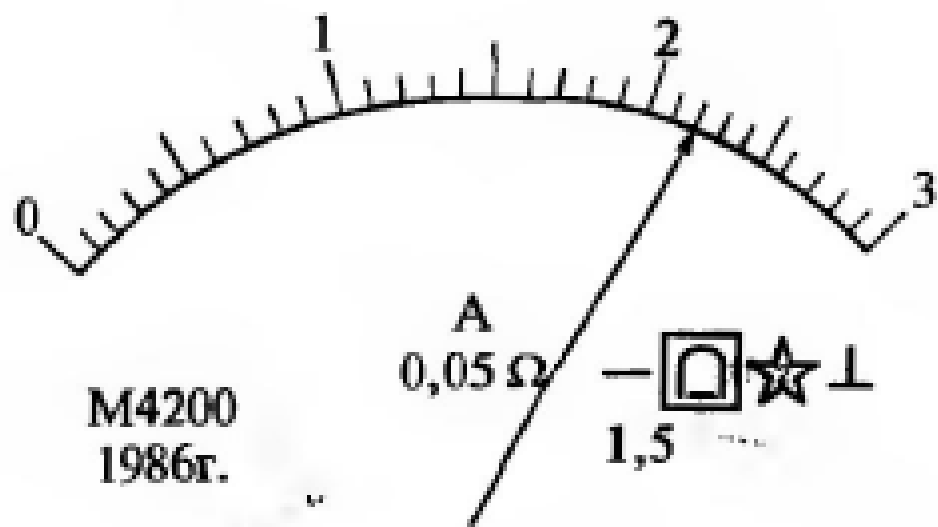


Рис. 3.7. Изображения шкал двух приборов к задаче 3.6