

# Измерители параметров электривакуумных и полупроводниковых приборов

---

РАСОВ Д.Д.

ГПОУ «СЦБТ»

Основные характеристики указываются на лицевой панели измерителей.

По виду индикации измерители подразделяются на *аналоговые* и *цифровые*.

По назначению различают:

- мультиметры для проверки целостности  $p-n$ -переходов диодов и транзисторов (Ц);
- измерители параметров электровакуумных приборов (Л1);
- измерители параметров полупроводниковых приборов — диодов, транзисторов и интегральных микросхем — ИМС (Л2);
- логические анализаторы (ЛА).

Основными метрологическими характеристиками измерителей являются:

- назначение прибора;
- измеряемые параметры;
- диапазон измерения параметров;
- погрешность измерения.

Проверка годности электровакуумных, полупроводниковых приборов и аналоговых ИМС (АИМС) осуществляется посредством измерения и сравнения качественных характеристик со справочными.

Если измеренные параметры соответствуют справочным, проверяемый прибор считается годным.

Мультиметры (как аналоговые, так и цифровые) используют для проверки целостности  $p-n$ -переходов диодов и транзисторов. Эта операция называется «прозвонкой».

Проверка исправности диодов заключается в измерении прямого и обратного сопротивлений  $p-n$ -перехода. Сначала отрицательный (общий) щуп омметра подключают к аноду диода, а плюсовой — к катоду. При этом  $p-n$ -переход диода будет смещен в обратном направлении и омметр покажет очень высокое сопротивление (мегаомы). Затем полярность подключения меняют на обратную, и омметр регистрирует низкое прямое сопротивление  $p-n$ -перехода. Если же в обоих направлениях подключения омметра регистрируется низкое сопротивление, значит,  $p-n$ -переход диода пробит.

При проверке биполярных транзисторов необходимо помнить, что они имеют два  $p-n$ -перехода, поэтому «прозваниваются» они как диоды, т. е. один щуп омметра подключают к выводу базы, а вторым поочередно касаются выводов коллектора и эмиттера.

При «прозвонке» транзисторов следует использовать следующую особенность цифрового мультиметра. При измерении сопротивления максимальное напряжение на его щупах не превышает 0,2 В, а  $p-n$ -переходы кремниевых полупроводников открываются при напряжении более 0,6 В. Следовательно, в режиме измерения сопротивления цифровым мультиметром  $p-n$ -переходы приборов, припаянных к плате, не открываются, и в этом режиме цифровой мультиметр измеряет напряжение. Значение напряжения на щупах аналогового мультиметра в этом режиме достаточно для открывания  $p-n$ -переходов.

Для «прозвонки»  $p-n$ -переходов в цифровой мультиметр введен специальный поддиапазон, обозначаемый условным графическим изображением диода на шкале переключателя параметров. Рабочее напряжение на щупах мультиметра в этом режиме равно 0...2 В, а ток через щупы не превышает 1 мкА. Таким током невозможно пробить даже самый маломощный полупроводник.

Некоторые типы мультиметров обеспечивают измерение следующих качественных параметров диодов и биполярных транзисторов:

- $h_{21б}$  ( $h_{21э}$ ) — коэффициент передачи тока в схеме с общей базой (общим эмиттером);
- $I_{к,60}$  ( $I_{сво}$ ) — обратный ток коллектора (ток неосновных носителей).

При проверке качественных параметров диодов и транзисторов лучше использовать специализированные приборы классификационной подгруппы Л2. Отдельные приборы этой подгруппы позволяют проверить качественные параметры АИМС.

Основные параметры, проверяемые с помощью измерителей подгруппы Л2, следующие:

- выпрямительные диоды — прямое напряжение ( $U_F$ ) и обратный ток ( $I_R$ );
- стабилитроны — напряжение стабилизации ( $U_D$ );
- биполярные транзисторы — коэффициент передачи тока ( $h_{21}$ ), обратный ток коллектора ( $I_{сво}$ ), выходная проводимость ( $h_{22}$ ), граничная частота ( $f_{гр}$ );
- аналоговые ИМС — коэффициент усиления напряжения  $K_U$  ( $A_U$ ), выходное напряжение  $U_{вых}$  ( $U_{01}$ ,  $U_{02}$ ), потребляемый ток  $I_{пот}$  ( $-I_{пот}$ ,  $+I_{пот}$ ), входной ток  $I_{вх}$  ( $I_1$ ), напряжение смещения  $U_{см}$  ( $U_{10}$ ).

Логические цифровые интегральные микросхемы (ЦИМС) проверяются измерителями подгруппы Л2 посредством тестового контроля, т. е. при различных комбинациях логических уровней на их входах измеряется напряжение на выходе.

Проверка микросхем (так же, как диодов и транзисторов) начинается с работы со справочником, из которого берут следующие данные:

- цоколевка (диода, транзистора, ИМС), на основании которой испытуемый объект подключается к зажимам прибора или устанавливается в адаптер;
- напряжение питания, подаваемое на испытуемый объект, для обеспечения его работы;
- значения входных напряжений АИМС и значения напряжений, соответствующих уровням логических единицы и нуля ЦИМС;
- структурная схема, номера выводов заземления, напряжение питания, номера входов и выходов ЦИМС.

---

# Примеры решения задач

**Пример 8.1.** Требуется определить полное название прибора, представленного на рис. 8.1.

*Решение.* Л2-47 — измеритель электронный аналоговый параметров аналоговых интегральных микросхем.

**Пример 8.2.** Требуется определить параметры АИМС, измеряемые прибором Л2-47, используя рис. 8.1.

*Решение.* Выходное напряжение  $U_{02}$ , коэффициент усиления  $A_U$ , входной ток  $I_1$ , потребляемые токи  $\pm I_{\text{пот}}$ , напряжение смещения  $U_{10}$ .

**Пример 8.3.** Требуется определить диапазон измерения коэффициента усиления прибором, показанным на рис. 8.1.





*Решение.* Коэффициент  $A_{U_{\min}}$  определяем при минимальном положении переключателя пределов прибора « $A_U$ », т.е. при  $1 \cdot 10^2 = 100$ . Используем для расчета верхнюю шкалу индикатора «10», кратную 100. При этом переходный коэффициент шкалы

$$K_{\text{ш}} = \frac{1 \cdot 10^2}{10} = 10.$$

Первое от нуля оцифрованное деление на выбранной шкале прибора — это 2, следовательно,  $A_{U_{\min}} = 2 \cdot 10 = 20$ .

Коэффициент  $A_{U_{\max}}$  определяем при максимальном положении переключателя пределов « $A_U$ », т.е. при  $1 \cdot 10^4$ , тогда  $A_{U_{\max}} = 1 \cdot 10^4 = 10\,000$ .

Следовательно, диапазон измерения коэффициента усиления АИМС от 20 до 10 000.

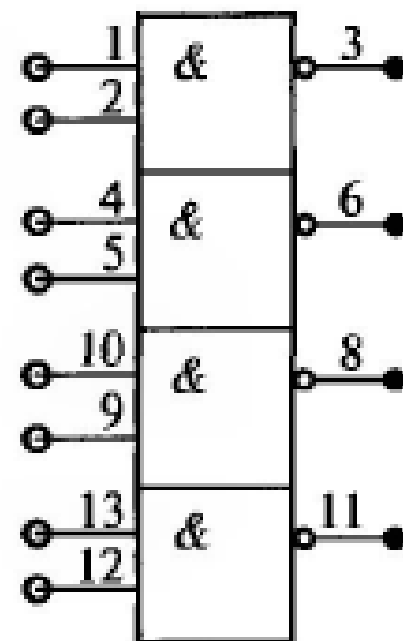


Рис. 8.2. Микросхема КР531ЛА3

**Пример 8.4.** Требуется составить программу испытаний и проверить ЦИМС КР531ЛА3, показанную на рис. 8.2.

*Решение.* По справочнику [16] определяем следующие данные ЦИМС:

- напряжение источника питания  $U_{н.п} = +5В \pm 5\%$ ;
- значения напряжений, соответствующие уровням логических нуля и единицы,  $U^0 \leq 0,5 В$  и  $U^1 \geq 2,7 В$ ;
- условное графическое обозначение ЦИМС с указанием номеров выводов логических элементов.

Микросхема КР531ЛА3 содержит четыре одинаковых элемента 2И—НЕ, следовательно, программа ее проверки будет состоять из набора логических состояний, повторяемых 4 раза, т. е. для каждого элемента, но с разными номерами входов и выходов.

Найдем необходимое и достаточное число не повторяющихся комбинаций на входе одного элемента по формуле  $2^n = 2^2 = 4$  (где  $n$  — число входов) и составим следующую таблицу истинности, в которую наряду с графами «Входы» и «Выходы» введем еще одну графу — «Измеренное напряжение  $U_{вых}$ , В»:

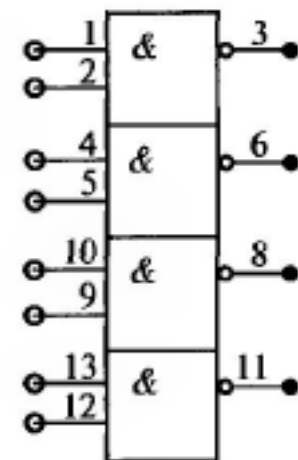


Рис. 8.2. Микросхема КР531ЛА3

| Входы |     |     | Измеренное напряжение $U_{\text{вых}}$ , В |
|-------|-----|-----|--------------------------------------------|
| 1-й   | 2-й | 3-й |                                            |
| 0     | 0   | 1   |                                            |
| 0     | 1   | 1   |                                            |
| 1     | 0   | 1   |                                            |
| 1     | 1   | 0   |                                            |

---

# Задачи для самостоятельного решения

**8.1.** Определить полное название прибора, изображенного на рис. 8.3.

**8.2.** По изображению лицевой панели определить параметры, измеряемые прибором Л2-54.

**8.3.** По изображению лицевой панели определить диапазоны измерения прибором Л2-54:

- 1) коэффициента передачи тока в схеме с общей базой;
- 2) коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером;
- 3) обратного тока коллектора;
- 4) выходной проводимости;
- 5) прямого напряжения диодов;
- 6) обратного тока диодов;
- 7) напряжения стабилизации.

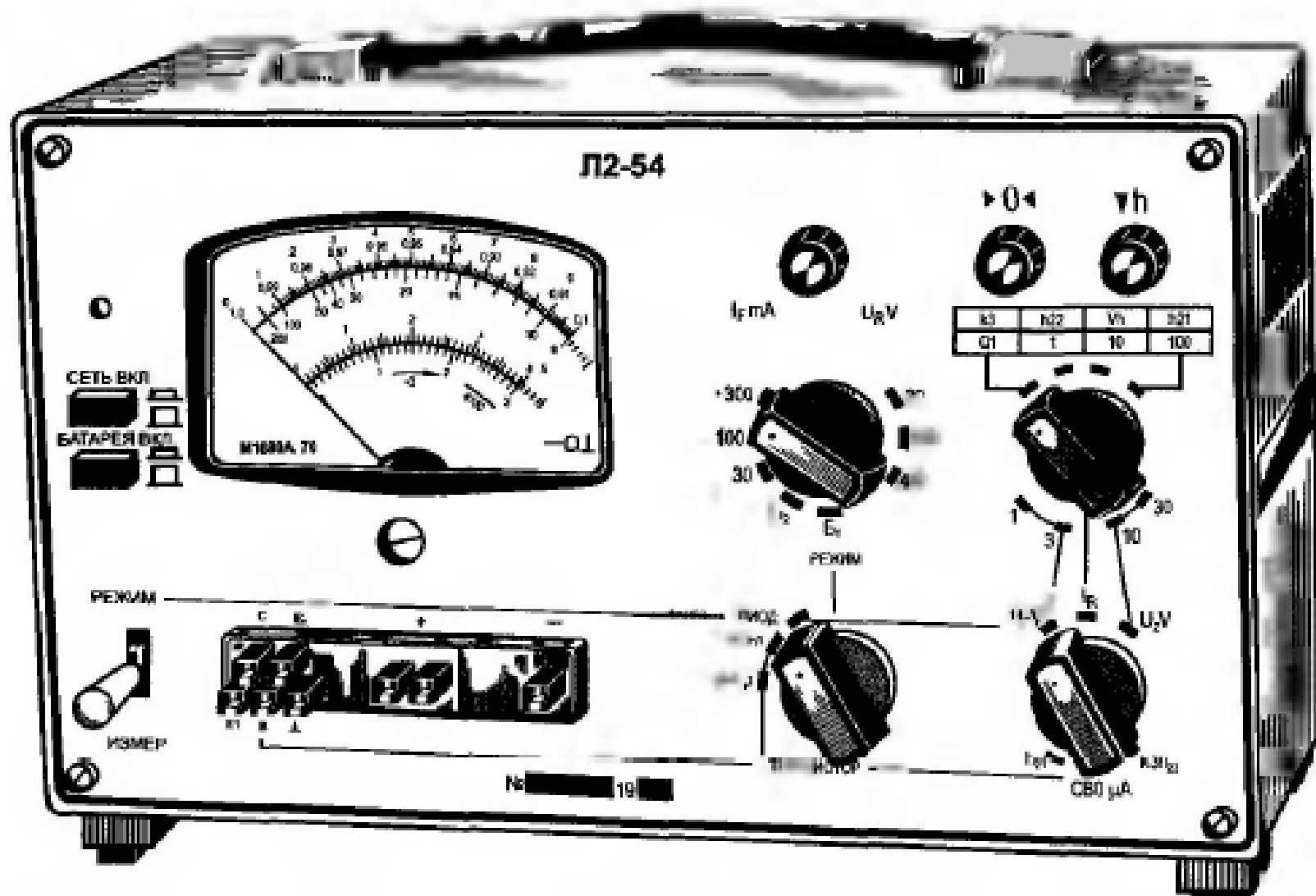


Рис. 8.3. Лицевая панель прибора П2-54

- 8.4. По изображению лицевой панели прибора Л2-47 (см. рис. 8.1) определить диапазоны измерения:  $U_{10}$ ,  $U_{01}$ ,  $I_1$ ,  $I_{\text{пот}}$ .
- 8.5. Определить диапазон установки  $U_{\text{н.п}}$ .

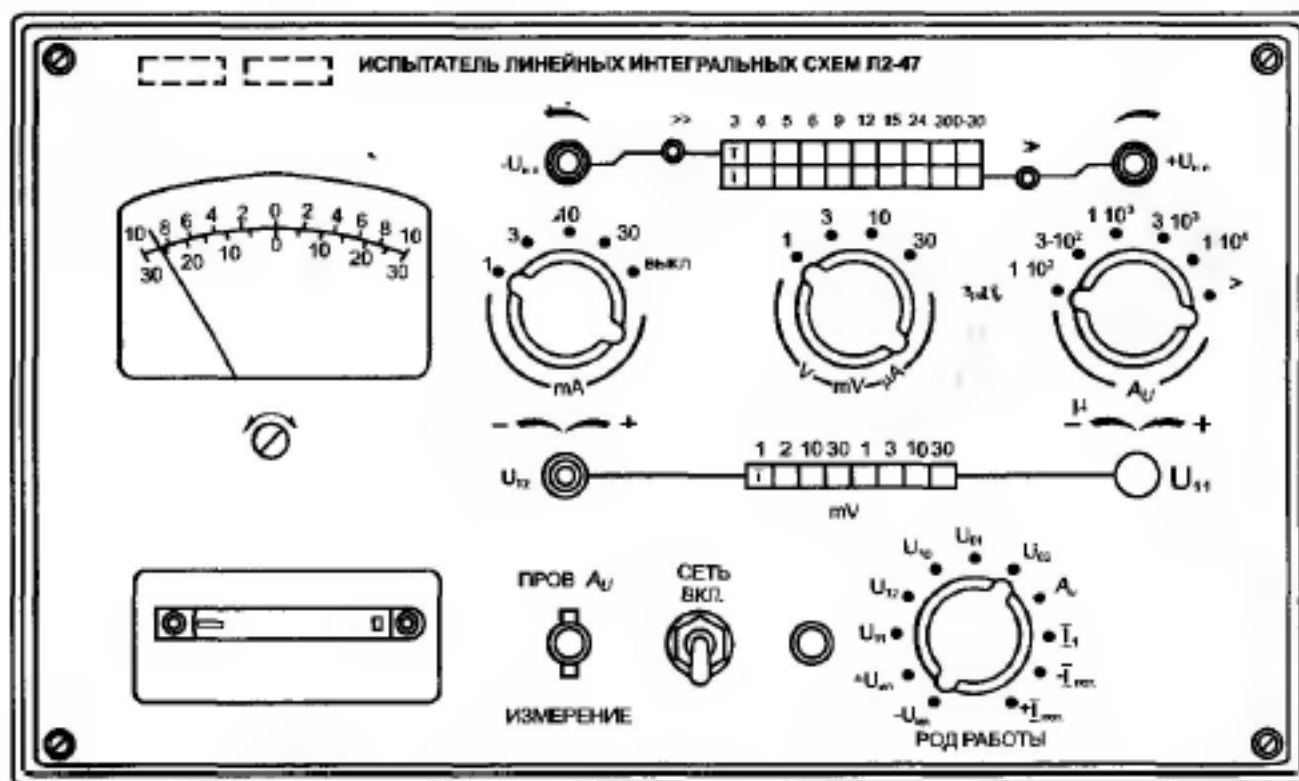


Рис. 8.1. Изображение лицевой панели прибора Л2-47



8.6. Определить по изображению лицевой панели прибора Л2-41 (рис. 8.4) диапазон установки напряжения питания  $E_1$ .

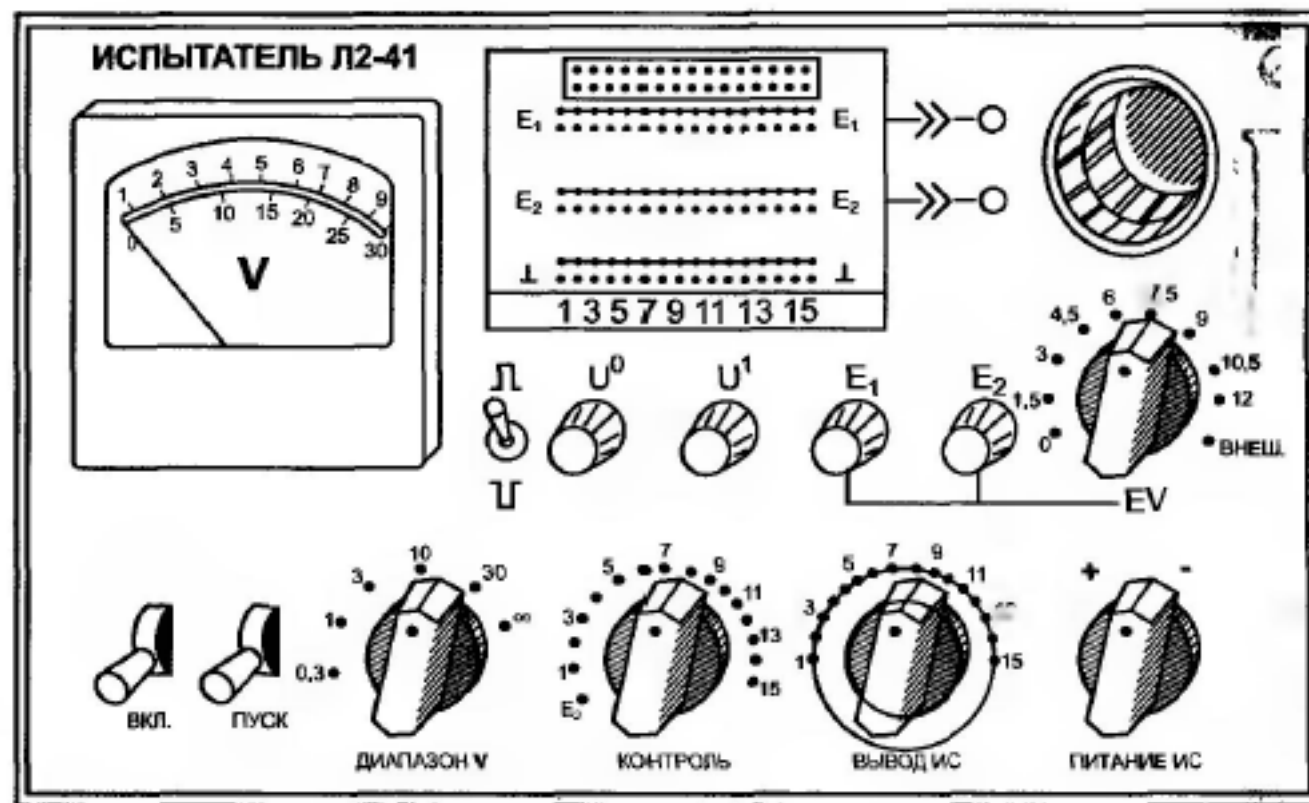


Рис. 8.4. Лицевая панель прибора Л2-41

**8.7.** Составить программы испытаний (таблицы истинности) следующих ЦИМС:

- 1) К533ЛЛ1 (4 элемента 2 ИЛИ);
- 2) К533ЛЕ4 (3 элемента 3 ИЛИ—НЕ);
- 3) К530ЛА1 (2 элемента 4 И—НЕ);
- 4) К533ЛА4 (3 элемента 3 И—НЕ).

**8.8.** Определить годность диода КД103А, если в результате проверки получены следующие значения его параметров:  $I_{обр} = 2$  мкА,  $U_{пр} = 0,8$  В.

**8.9.** Определить годность транзистора КТ381Б, если в результате проверки получили следующие значения его параметров:  $h_{21} = 45$ ,  $I_{к,50} = 5$  мА.

**8.10.** Определить годность АИМС К140УД1Б, если в результате проверки получили следующие значения ее параметров:  $A_U = 2050$ ,  $U_{01} = 2,9$  В,  $U_{10} = 6$  мВ,  $I_1 = 3$  мкА,  $I_{пот} = 5$  мА.

**8.11.** Определить полное название прибора Л2-60, изображение лицевой панели которого представлено на рис. 8.5.

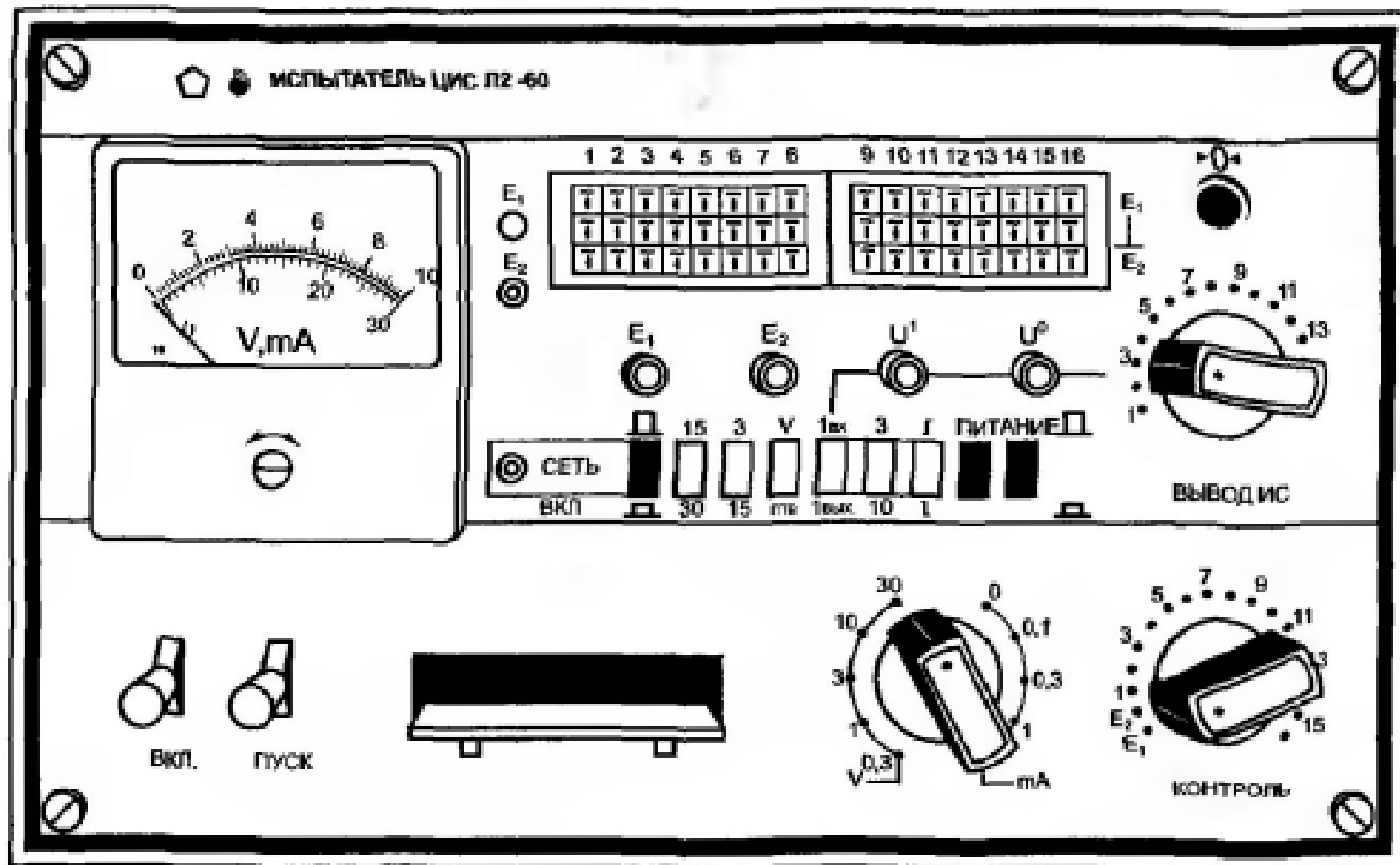


Рис. 8.5. Лицевая панель прибора Л2-60

- 8.12.** Определить по лицевой панели прибора Л2-60 (см. рис. 8.5) следующие диапазоны:
- 1) измерения постоянных напряжений обеих полярностей;
  - 2) измерения постоянных токов;
  - 3) установки напряжения питания  $E_1$ ;
  - 4) установки напряжения питания  $E_2$ ;
  - 5) установки напряжения логического нуля  $U^0$ ;
  - 6) установки напряжения логической единицы  $U^1$ .

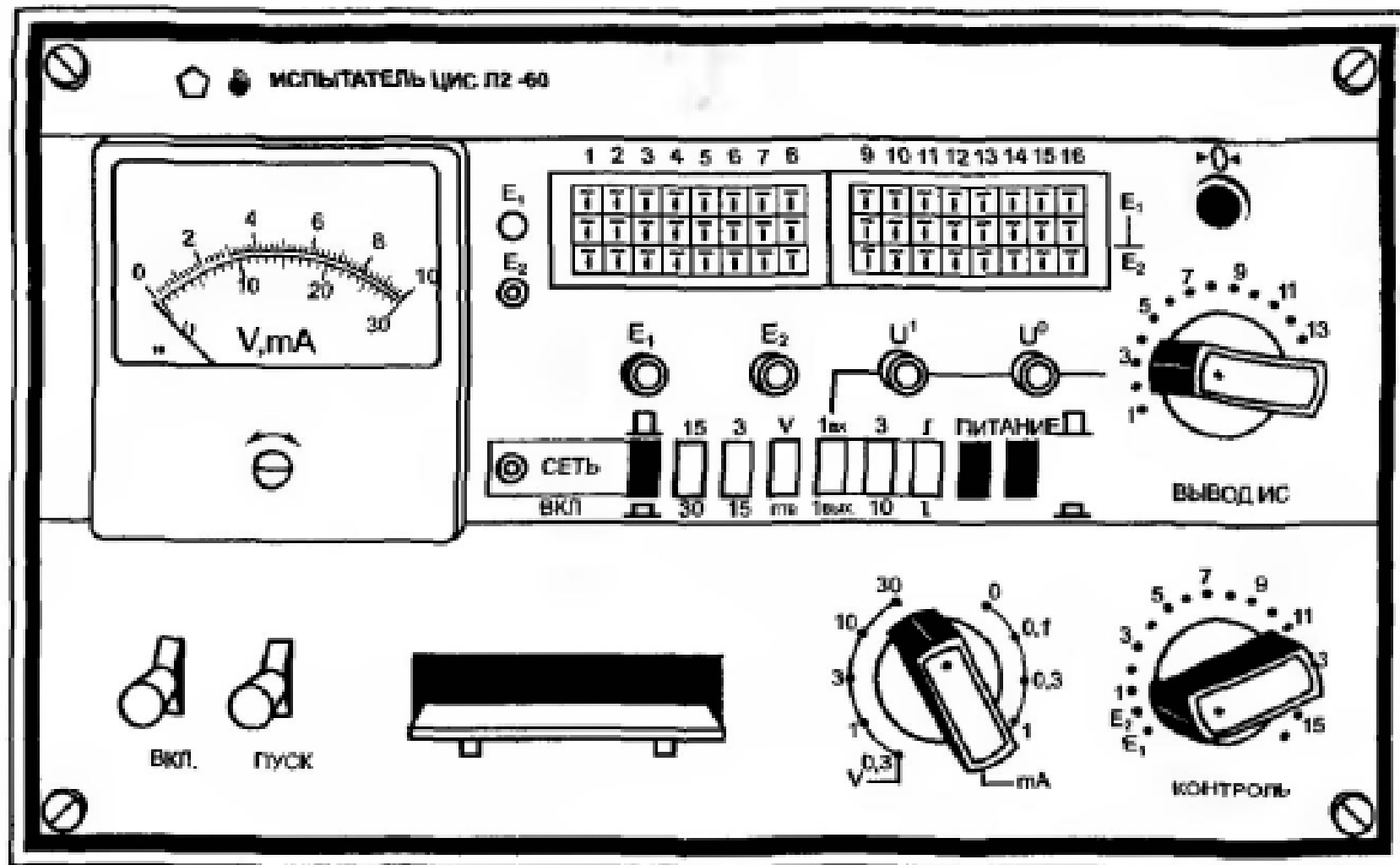


Рис. 8.5. Лицевая панель прибора Л2-60