

## 4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА

### 4.1. Принцип действия

В состав нановольтметра 233 входят следующие основные узлы (блок—схема приведения в приложении) —

- предусилитель
- делители напряжения I и II
- усилители I и II
- селективные и широкополосные фильтры I и II
- вольтметр.

Измеряемый сигнал подводится к входному гнезду SK1 и последовательно проходит предусилитель, делитель напряжения I, усилитель I, делитель напряжения II, усилитель II и вольтметр. Усилитель I имеет октавную селективность 0 или 18 дБ, а усилитель II — 0 или 36 дБ. Благодаря различным селективностям обоих усилителей имеется возможность выбора четырех разных селективностей на октаву 0—18—36—54 дБ.

Максимальное усиление прибора 120 дБ, т.е. при входном сигнале 1 мкВ сигнал на выходе равен 1 В. Выходной сигнал подводится на гнездо SK3, а после выпрямления на зажим TL2 для подключения внешнего регистратора постоянного напряжения.

Для увеличения чувствительности прибора на его вход необходимо подключить один из предусилителей и трансформаторов.

### 4.2. Принципиальная схема приведена в приложении 4

Предусилитель собран на четырех транзисторах T101—T104. Входная схема T101—102 имеет низкий уровень шумов. Сигнал после эмиттерного повторителя T103 усиливается транзистором T104. Усиление предусилителя регулируется ступенями и стабилизировано сильной отрицательной обратной связью. На входе имеется защита от подачи чрезмерно большого сигнала (F101, R101, D101, D102).

Делители напряжения I и II состоят из высокостабильных резисторов класса 0,2%. Регулировка производится ступенями по 10 дБ, полное ослабление I делителя — 30 дБ, а второго — 50 дБ. Переключатель ослабления — SW5 SENSITIVITY. Потенциометр RV1, находящийся между выходом предусилителя и делителем I, служит для калибровки чувствительности CALIBRATION.

Усилители I и II выполнены так, чтобы могли работать совместно с четырехполюсниками отрицательной обратной связи (фильтрами) как узкополосными так и широкополосными. Усилитель I имеет селективность на октаву 0 или 18 дБ, а усилитель II — 0 или 36 дБ. Переключатель SW2 OCTAVE SELECTIVITY устанавливает селективность 0, 18, 36 или 54 дБ. Усилитель I работает на транзисторах T301—306, причем транзисторы T301—304 обеспечивают усиление по напряжению  $\geq 1000$ . Сигнал после эмиттерного повторителя T304 поступает на четырехполюсник отрицательной обратной связи. Выход четырехполюсника подключен к схеме с большим входным импедансом T305—306 с усилением I и глубокой отрицательной обратной связью. Нагрузкой служит резистор R306 в эмиттерной цепи T301, с которого снимается отрицательная обратная связь, охватывающая весь усилитель. Усилитель II T401—408 состоит из трех основных частей:

- входной усилитель T401—402 с усилением 3 и глубокой отрицательной обратной связью,
- главный усилитель T403—406 с усилением по напряжению  $\geq 10000$ ,
- усилитель сигнала связи T407, T408 с усилением 7, большим входным импедансом и глубокой отрицательной обратной связью.

После усиления входным и главным усилителем сигнал с эмиттерного повторителя T406 поступает на четырехполюсник отрицательной обратной связи, который соединен с усилителем сигнала связи. Выход этого усилителя замкнут на эмиттер T403, благодаря чему

#### 7.4.2. Проведение измерений

Переключатель SW9 TIME CONSTANT установить в соответствии с частотой сигнала: для нижних частот — HIGH — большая, для средних и высоких — LOW — малая.

Переключатель SW5 SENSITIVITY установить так, чтобы максимальное отклонение стрелки прибора не выходило за пределы шкалы, затем провести коррекцию настройки на требуемую частоту (при селективном измерении).

Переключатель SW2 OCTAVE SELECTIVITY установить на требуемое ослабление на октаву. При установке 36 или 54 дБ необходимо дополнительно произвести коррекцию настройки.

Результат измерения отсчитать по показанию стрелочного прибора и шкале чувствительности SENSITIVITY.

### 8. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

Нановольтметр 233 является сложным прибором, требующим аккуратного обращения и ухода в процессе эксплуатации.

1. Прибор может храниться в условиях оговоренных в п. 2.17.3 настоящего описания. Местная транспортировка прибора должна производиться в укладочном ящике с соблюдением мер предосторожности, предохраняющих прибор от внешних воздействий.
2. При транспортировке на большие расстояния прибор должен упаковываться в тирный ящик совместно с укладочным ящиком. Качество упаковочных средств и способы упаковки должны обеспечивать полную сохранность прибора и его принадлежностей в различных условиях и при перевозке различными видами транспорта.

Внимание!

В течение срока хранения прибор необходимо включать в сеть не реже 1 раза в неделю на 30 минут.

### 9. ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Лицевая панель
2. Задняя стенка
3. Блок-схема
4. Принципиальная схема
5. Кривые селективности
6. Среднее значение напряжения входных шумов для селективностей 18, 36 и 54 дБ при  $R_{вст} = 0$
7. Среднее значение напряжения входных шумов для селективностей 18, 36 и 54 дБ при  $R_{вст} = 47 \text{ кОм}$



- 2.4.4. Прибор 233 с предусил. 233.7 100 нВ — 10 мВ
- 2.4.5. Прибор 233 с предусил. 233.7 и входными трансф. 233.7.1,2,3 10 нВ — 300 мкВ

2.5. Основная погрешность измерений—

- собственно прибора 233  $\pm [6 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$
- прибора 233 с предусилителем 233.5 233.6 или 233.7  $\pm [9 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$
- прибора 233 с предусилителем 233.7 и входным трансформатором 233.7.2  $\mp [13 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$
- прибора 233 с предусилителем 233.7 и входными трансформаторами 233.7.1 и 3  $\mp [13 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$

для нормальной области частот

$\mp [16 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$

для рабочей области частот

где  $U_k$  — конечное значение рабочей части шкалы  
 $U$  — показание прибора

- 2.6. Селективность на октаву (ступенями) 0—18—36—54 дБ  
(18 ±1, 36 ±2, 54 ±3) дБ

- 2.7. Входной импеданс
- прибор 233 1 Мом/25 пФ
  - с предусилителем 233.5 200 ком/35 пФ
  - с предусилителем 233.6 10 Мом/27 пФ
  - с предусилителем 233.7 100 Мом/2 пФ

- 2.8. Выходное сопротивление 560 Ом

- 2.9. Напряжение входных шумов при селективности 0 дБ
- |                          |                   |                    |
|--------------------------|-------------------|--------------------|
|                          | $R_{ист} = 0$ кОм | $R_{ист} = 47$ кОм |
| — прибора 233            | $\leq 3$ мкВ      | $\leq 25$ мкВ      |
| — с предусилителем 233.7 | $\leq 2$ мкВ      | $\leq 20$ мкВ      |
| — с предусилителем 233.6 | $\leq 4$ мкВ      |                    |
| — с предусилителем 233.5 | $\leq 2$ мкВ      |                    |

при селективности 18—36—54 дБ и  $R_{ист} = 0$  и 47 кОм данные приведены в приложениях 6 и 7

2.10. Выходные напряжения

- переменное  $1 V_{эф} \pm 5\%$  на  $R_{вых} = 600$  Ом
- постоянное  $1 V \pm 5\%$  на  $R_{вых} = 100$  Ом
- линейность  $< 1\%$
- коэффициент нелинейных искажений  $< 0,5\%$

- 2.11. Максимальное входное напряжение для прибора 233 и для предусилителей 233.5,6,7 200 В

мВ	2.12. Калибровка прибора	100 мВ
	— напряжение	1000 Гц
кВ	— частота	1%
	— погрешность	110—220 В ±10%, 50 Гц
	2.13. Питание	~10 ВА
%	2.14. Потребляемая мощность	8 часов
%	2.15. Время непрерывной работы прибора	15 минут
%	2.16. Время самопрогрева прибора	
%	2.17. Условия эксплуатации	
%	2.17.1. Нормальные условия	20 ±5°С
тот	— окружающая температура	65 ±15%
	— относительная влажность воздуха	650—800 мм рт.ст.
	— атмосферное давление	
%	2.17.2. Номинальные условия	10—35°С
тот	— окружающая температура	65 ±15%
	— относительная влажность воздуха	650—800 мм рт.ст.
	— атмосферное давление	
дБ	2.17.3. Условия хранения	10—35°С
дБ	— окружающая температура	80%
	— относительная влажность воздуха	450—800 мм рт.ст.
	— атмосферное давление	
пФ	2.17.4. Условия транспорта	-40 — +70°С
пФ	— окружающая температура	до 95%
пФ	— относительная влажность воздуха	450—800 мм рт.ст.
пФ	— атмосферное давление	
Ом	2.17.5. Механическая прочность относится к II гр ГОСТ 9763—67	445 x 205 x 320 мм
Ом	2.18. Габаритные размеры	
Ом	2.19. Масса прибора	13 кг
В	Масса комплекта	19 кг

### 3. СОСТАВ ПРИБОРА — КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

	1. Селективный нановольтметр 233	1 шт.
	2. Кабель измерительный 1 м, штепсели коаксиальные	1 шт.
ении	3. Кабель измерительный 0,1 м, штепсели коаксиальные	2 шт.
	4. Кабель измерительный 1 м, штепсель коаксиал., штеккеры	1 шт.
	5. Заглушка короткозамкнута	2 шт.
	6. Заглушка о резистором 47 кОм	1 шт.
0 Ом	7. Техническое описание и инстр. по экспл. нановольтметра 233	1 шт.
0 Ом	8. Предохранители 160 мА 250 В	3 шт.
<1%	9. Техническое описание и инструкция по эксплуатации	
0,5%	предусилителей и трансформаторов	по 1 шт.
	10. Предусилитель 233.5	1 шт.
	11. Предусилитель 233.6	1 шт.
	12. Предусилитель 233.7	1 шт.
00 В	13. Трансформаторы 233.7.1, 233.7.2, 233.7.3	по 1 шт.

Состав может меняться в зависимости от заказа.

**Примечание:**

В случае предусилителя 233.6 и трансформаторов 233.7.1, 233.7.2, 233.7.3 короткозамкнутая заглушка вставляется на оба входа.

Таблица 2

Селективность	Несоответствие	Корректировка
18 дБ	Неравномерность показаний на частотах 50 и 150 кГц превышает 6% Погрешность показаний во всем диапазоне более $\pm 6\%$	Изменением емкости триммеров С312, С313 Изменением емкости триммера С1j
36 и 54 дБ	Неравномерность показаний на частотах 50 и 150 кГц $> 6\%$ Погрешность показаний во всем диапазоне более $\pm 6\%$	Изменением емкости триммеров С413, С414 Изменением емкости триммера С426

Таблица 3

Частота (Гц)	Селективность (дБ)	Значения напряжений шумов (нВ)						
		233	233 + 233.5	233 + 233.6	233 + 233.7	233 + 233.7 + 233.7.1	233 + 233.7 + 233.7.2	233 + 233.7 + 233.7.3
	0	3000	2000	4000	3000	200	250	100
1,5	54	80	50	60	50	1,5	—	—
10		—	—	—	—	1	—	—
1,5 к		30	20	50	30	5	1,5	—
10 к		70	40	100	50	—	—	—
45 к		—	—	—	—	—	7,5	4,5
150 к		300	200	450	200	—	—	8

**7.4. Измерение**

На вход прибора — гнездо SKI подвести измеряемый сигнал пользуясь приложенными к прибору экранированными кабелями.

**7.4.1. Особые указания при измерении:**

- следует обратить внимание на тщательную экранировку всех соединительных проводов и на схему внешних заземлений, для устранения влияния внешних помех,
- для правильного измерения сигналов меньше 1 мкВ должны применяться короткие кабели, причем при измерении напряжений меньше 100 нВ длина кабеля не должна превышать 10 см,
- при измерении сигналов меньше 100 нВ измерительная схема должна быть заземлена в одной точке, желательно ближе по входу сигнала,
- заземление через сетевую вилку не допускается, это должно учитываться и при использовании дополн. приборов — осциллографа, регистратора и т.д.,
- подача на вход напряжений значительно превышающих максимальное входное напряжение может вывести из строя прибор и предусилители,
- при измерении сигналов меньше 100 нВ рекомендуется предусилители и трансформаторы дополнительно экранировать или поместить в экранированное помещение.

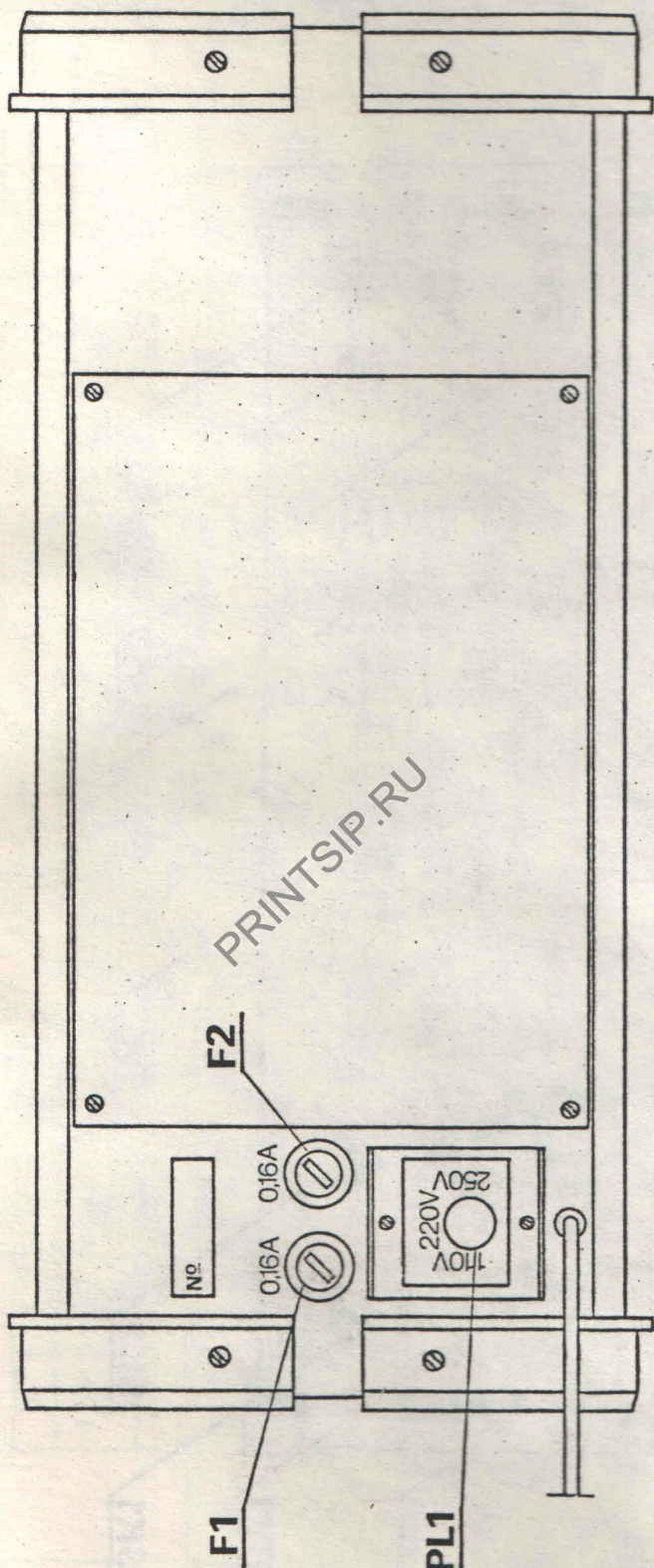


РИС. 2





Ручки переключателей следует установить в следующие положения:

- выключатель питания SW1 в положение OFF — выключено,
- переключатель SW9 TIME CONSTANT — постоянная времени — в положение HIGH — большая,
- переключатель SW5 SENSITIVITY — чувствительность — в положение 100 мВ/90 дБ
- переключатель SW2 OCTAVE SELECTIVITY — селективность на октаву — в положение 0 дБ для широкополосного измерения или в положение 18 дБ для селективного измерения,
- переключатель SW3 FREQUENCY RANGE — диапазон частот — на требуемый поддиапазон, по шкале FREQUENCY — частота — на нужную частоту.

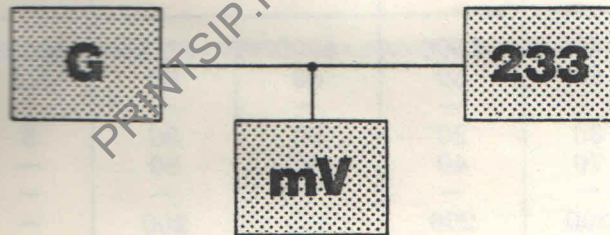
Проверить совпадение стрелки прибора M1 с нулевым делением шкалы. Подключить заземляющий провод к зажиму TL1.

### 7.2. Включение прибора

После выполнения операции перечисленных в п. 7.1. можно включить вилку прибора в сеть. Выключатель питания SW1 перевести в положение ON — включено, после чего должна загореться индикаторная лампочка L1. Прибор прогреть не менее 15 минут.

### 7.3. Калибровка

Для уменьшения погрешности измерений рекомендуется периодически (раз в шесть месяцев) производить калибровку прибора на частоте сигнала 1 кГц, при селективности 0 дБ и чувствительности 100 мВ по следующей блок-схеме:



Рекомендуется использовать следующую аппаратуру:

1. Генератор синусоидального напряжения 1,5 Гц — 150 кГц, выходное напряжение 100 мВ, выходное сопротивление < 100 Ом.
2. Милливольтметр переменного напряжения 1,5 Гц — 150 кГц, входное сопротивление > 100 кОм, погрешность  $\pm 0,5\%$ .

В случае измерений на одной частоте и при конкретной селективности можно производить калибровку в данном случае по той-же блок-схеме.

В случае измерений в диапазоне 50 — 150 кГц следует периодически (раз в 3 месяца) производить калибровку усиления в этом диапазоне. Для этого на вход прибора подается сигнал 100 мВ частотой 50, 100 и 150 кГц. На каждой из этих частот при селективности 18, 36 и 54 дБ установить с помощью потенциометра RV2 максимум отклонения стрелки и отметить показание. Если результат не соответствует техническим данным, нужно произвести корректировку согласно таблице 2.

#### 7.3.1. Измерение напряжения шумов при короткозамкнутом входе.

При измерении напряжения шумов на вход прибора, предусилителя или трансформатора вставляется короткозамкнутая заглушка. Измерение производится при селективности 0 и 54 дБ. Усредненное значение напряжения шумов не должно превышать значений указанных в таблице 3.

2.4.4. Прибор 233 с предусил. 233.7 100 нВ — 10 мВ

2.4.5. Прибор 233 с предусил. 233.7 и входными трансф. 233.7.1,2,3 10 нВ — 300 мкВ

2.5. Основная погрешность измерений—

— собственно прибора 233  $\pm [6 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$

— прибора 233 с предусилителем 233.5  
233.6 или 233.7  $\pm [9 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$

— прибора 233 с предусилителем 233.7  
и входным трансформатором 233.7.2  $\mp [13 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$

— прибора 233 с предусилителем 233.7 и  
входными трансформаторами 233.7.1 и 3  $\mp [13 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$

для нормальной области частот

$$\mp [16 + 2(\frac{U_k}{U} - 1)]\%$$

для рабочей области частот

где  $U_k$  — конечное значение рабочей части шкалы  
 $U$  — показание прибора

2.6. Селективность на октаву (ступенями) 0—18—36—54 дБ  
(18  $\mp$ 1, 36  $\mp$ 2, 54  $\mp$ 3) дБ

2.7. Входной импеданс

— прибор 233 1 Мом/25 пФ  
— с предусилителем 233.5 200 ком/35 пФ  
— с предусилителем 233.6 10 Мом/27 пФ  
— с предусилителем 233.7 100 Мом/2 пФ

2.8. Выходное сопротивление 560 Ом

2.9. Напряжение входных шумов при селективности 0 дБ

— прибора 233	$R_{ист} = 0$ кОм	$R_{ист} = 47$ кОм
— с предусилителем 233.7	$\leq 3$ мкВ	$\leq 25$ мкВ
— с предусилителем 233.6	$\leq 2$ мкВ	$\leq 20$ мкВ
— с предусилителем 233.5	$\leq 4$ мкВ	$\leq 2$ мкВ

при селективности 18—36—54 дБ и  $R_{ист} = 0$  и 47 кОм данные приведены в приложении 6 и 7

2.10. Выходные напряжения

— переменное  $1 V_{эф} \pm 5\%$  на  $R_{вых} = 600$  Ом  
— постоянное  $1 V \pm 5\%$  на  $R_{вых} = 100$  Ом  
— линейность  $< 1\%$   
— коэффициент нелинейных искажений  $< 0,5\%$

2.11. Максимальное входное напряжение для прибора 233 и для предусилителей 233.5,6,7 200 В

главный усилитель охвачен сильной отрицательной обратной связью. Для улучшения селективности главный усилитель имеет положительную обратную связь с эмиттерного повторителя Т406 на базу Т403, глубина которой определяется резисторами R408—409.

Селективные и широкополосные фильтры выполнены на высокостабильных RC элементах по типу „шунтированное Т”. Настройка фильтра производится потенциометром RV2. Фильтры установлены в цепи отрицательной обратной связи усилителей, что позволяет получать отрицательную обратную связь на частоте наибольшего усиления (резонанс), что значительно повышает стабильность усиления на этой частоте. Настройка фильтров производится плавно в каждом из десяти поддиапазонов при соотношении частот 1,5; 15; 50 итд. с помощью блока точных сдвоенных потенциометров. Из-за широкого диапазона частот прибора емкости фильтров CI и CII должны иметь значительную величину в области самых нижних частот, для чего используется специальная схема умножения емкости в виде усилителя постоянного напряжения с усилением 50 (Т307—311 и Т409—413), охваченного глубокой отрицательной обратной связью. Фильтры имеют равномерную характеристику пропускания в диапазоне 1,5 Гц — 150 кГц.

Вольтметр состоит из активного двухполупериодного линейного выпрямителя и усредняющего фильтра. Линейный выпрямитель собран на двух операционных усилителях IC902, IC903 и на диодах D901, D902 включенных в отрицательную обратную связь первого усилителя IC902. Для калибровки чувствительности вольтметра предназначен потенциометр RV902 включенный в отрицательную обратную связь второго усилителя IC903. Конденсатор C907 обеспечивает предварительную фильтрацию выпрямленного напряжения. Чтобы получить хорошее качество фильтрации выпрямленного напряжения для низких частот и подавление флуктуации происходящи от шумов, применено усредняющий фильтр, собранный на двух операционных усилителях IC904, IC905, в состав которого входят конденсаторы C909, C911, C912, C913 включаемые клавишей „HIGH” переключателя „TIME CONSTANT”. Усредняющий фильтр обеспечивает относительно короткие время реакции вольтметра при хорошей фильтрации сигналов низких частот. Выход фильтра подключен к зажиму „RECORDER” а также через резистор R926 и потенциометр RV903 к стрелочному индикатору M1. Потенциометр RV903 предназначен для регулировки полного отклонения индикатора М при выходном сигнале +1 В на зажиме „RECORDER”. Потенциометр RV902 предназначен для установки нуля вольтметра.

Стабилизированные блоки питания I (Т601—608) и II (Т701—707) являются источниками напряжения +18 и -18 В. В состав каждого блока входят по два выпрямителя и по два стабилизатора, работающие по той-же схеме. Регулирующие транзисторы I блока (Т601, Т604) управляются с выходов дифференциальных усилителей (Т602—603 и Т605—606) через одиночные ступени усиления Т607 и Т608. На вход дифференциальных усилителей подается опорное напряжение с диодов Ценера Д603 и Д604. Для выделения напряжения питания вольтметра в блоке II используются дополнительно транзисторы Т701 и Т705 в качестве эмиттерных повторителей.

#### 4.3. Конструкция

Прибор состоит из горизонтального шасси с лицевой панелью, коробки фильтра, верхней, нижней, двух боковых и задней стенок и четырех резиновых элементов, которые кроме крепления стенок исполняют роль ножек. Ручки для переноса находятся на передней панели. Простая конструкция прибора обеспечивает удобный доступ к электрическим элементам схемы без демонтажа целых узлов. Отвернув крепежные винты можно снять резиновые элементы, затем верхнюю, нижнюю и боковые стенки. Все элементы питания находятся на задней стенке прибора.

## II. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 5. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

До включения прибора в сеть следует убедиться, что положение переключателя напряжений PL1 соответствует напряжению сети. Завод-изготовитель поставляет прибор включенный на напряжение сети 220 В.

#### 5.1. Органы управления прибором (см. приложение 1)

- SW1 — OFF — выключатель питания
- L1 — сигнальная лампочка питания
- SW2 — OCTAVE SELECTIVITY — переключатель селективности на октаву
- SW3 — FREQUENCY RANGE — переключатель поддиапазонов частот
- SW9 — TIME CONSTANT — переключатель постоянной времени: LOW — малая, HIGH — большая
- SW5 — SENSITIVITY — переключатель изменения пределов чувствительности
- SK1 — INPUT — вход измеряемого сигнала или дополн. предусилителя
- SK2 — PREAMPLIFIER POWER SUPPLY — гнездо для подключения кабеля питания предусилителя
- SK3 — OUTPUT AC — гнезда для подключения дополнительного вольтметра или осциллографа
- TL1 — RECORDER — зажим для подключения отрицательного провода внешнего регистратора
- TL2 — RECORDER — зажим для подключения положительного провода регистратора
- M1 — стрелочный прибор отградированный в „В” и „дБ”
- RV1 — CALIBRATION — калибровка, обеспечивает калибровку чувствительности прибора.

### 6. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В  $\pm$ 10% или 110 В  $\pm$ 10% частоты 50 Гц.

Подключение прибора к сети осуществляется кабелем в резиновой или пластмассовой изоляции.

Прибор не имеет открытых контактов, находящихся под напряжением, однако перед включением он должен быть надежно заземлен. В этом случае прибор вполне безопасен при работе с ним.

Переключение прибора на сеть 220 или 110 В осуществляется с помощью тумблера на задней стенке прибора.

При ремонте прибора необходимо соблюдать следующие меры предосторожности —

- в момент смены блоков прибора следует выключить напряжение питающей сети,
- при включенном приборе следует остерегаться соприкосновения с токоведущими шинами и элементами прибора, особенно в блоке питания, тк. имеющееся в нем высокое напряжение опасно для жизни.

### 7. ПОРЯДОК РАБОТЫ

#### 7.1. Подготовка к проведению измерений

До включения прибора в сеть следует проверить, что положение переключателя напряжений питания PL1 на задней стенке соответствует номиналу сети, к которой будет он подключен.