

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное  
учреждение Астраханской области  
«Астраханский колледж вычислительной техники»**

Специальность 13.02.11

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

### **Изучение генератора высокой частоты**

**по дисциплине: "Измерительная техника"**

**Методические рекомендации  
АКВТ.13.02.11.ЛР34.0008МР**

Составил преподаватель:

(Цепляев В.К.)

Рассмотрено на заседании цикловой  
комиссии специальности 13.02.11  
"Техническая эксплуатация и  
обслуживания электрического и электро-  
механического оборудования в нефтяной  
и газовой промышленности"

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Рекомендовано для студентов.

Председатель комиссии:

(Ветлугин В.В.)

2018

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1 Цель работы.....	3
2 Приборы и оборудование.....	3
3 Правила техники безопасности.....	3
4 Теоретическая часть.....	3
5 Порядок выполнения работы.....	7
6 Содержание отчёта.....	12
7 Контрольные вопросы.....	12
8 Литература.....	12
Приложение А. Генератор Г4-18А.....	13
Приложение Б. Осциллограф двухлучевой С1-55.....	14
Приложение В. Частотомер ЧЗ-34А.....	15
Приложение Г. Вольтметр В7-35.....	16

## **1 Цель работы**

1.1 Изучить принцип действия и структурную схему генератора высокой частоты.

1.2 Получить навыки работы с генератором высокой частоты и измерения его выходных параметров.

1.3 Дать анализ полученных результатов и сделать вывод о проделанной работе.

## **2 Приборы и оборудование**

2.1 Генератор высокой частоты Г4-18А.

2.2 Осциллограф двухлучевой С1-55

2.3 Вольтметр В7-35.

2.4 Частотомер ЧЗ-34А.

## **3 Правила техники безопасности**

3.1 Приборы заземлить перед началом работы.

3.2 Соблюдать все требования техники безопасности при работе в лаборатории электротехнических измерений.

3.3 Соблюдать указания мер безопасности, приведённые в руководстве по эксплуатации приборов и оборудования, применяемых в данной работе.

## **4 Теоретическая часть**

4.1 Генераторы высокочастотных сигналов (свыше 30 кГц) являются источниками гармонических модулированных или смодулированных электрических колебаний, параметры которых (напряжение  $U$ , частота  $f$ , модуляция  $M$ , частота модуляции  $f_{\text{мод}}$ ) могут изменяться в широких пределах,

4.2 Генераторы высокочастотных сигналов имеют следующие диапазоны работы:

- радиовещательный диапазон от 30 кГц до 50 МГц;
- диапазон ультравысоких частот от 50 до 300 МГц;

- диапазон сверхвысокой частоты от 300 МГц до 10 ГГц.

4.3 Диапазон выходного напряжения находится в пределах от 0,1 мкВ до 1 В.

4.4 Генераторы высокочастотных сигналов используются, в основном, для настройки высокочастотных каскадов радиоприёмных и передающих устройств.

4.5 Особенностью генераторов высокочастотных сигналов является наличие амплитудной, частотной, импульсной модуляций и возможность получения малых выходных напряжений.

4.6 Простейшая структурная схема генератора высокой частоты представлена на рисунке 1.

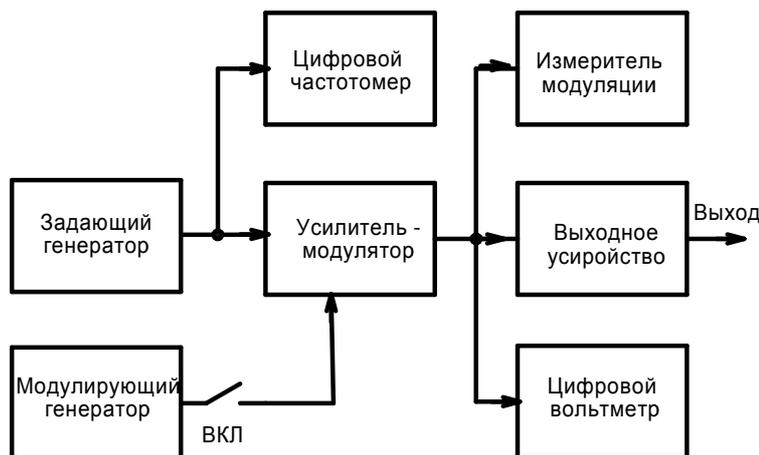


Рисунок 1- Структурная схема генератора высокой частоты

4.6.1 Задающий LC-генератор вырабатывает синусоидальные напряжения. Диапазон генерируемых частот разбивается на ряд поддиапазонов, перестройка частоты  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  в пределах поддиапазона осуществляется конденсатором переменной ёмкости, переход же к новому диапазону - с помощью коммутации катушек индуктивности.

4.6.2 Формирование поддиапазонов можно осуществить, подавая сигнал на цепочку делителей частоты и через совокупность фильтров на модулятор.

4.6.3 Модуляция осуществляется в широкополосном усилителе-модуляторе с переменным коэффициентом усиления, управляемым электрическим напряжением

4.6.4 Модулирующее напряжение создаётся либо внутренним генератором, либо внешним генератором.

На выходе модулятора образуется высокочастотный сигнал, амплитуда или чистота которого изменяется по закону изменения модулирующего сигнала.

4.6.5 Модуляция контролируется измерителем характеристик модуляция. Значение модулирующего напряжения на входе поддерживается неизменным.

Этот процесс в генераторе автоматизирован.

4.6.6 Выходное устройство представляет собой систему калиброванных аттенюаторов, уменьшающих напряжение в целое число раз (кратное 10), и потенциометра, обеспечивающего плавную регулировку выходного напряжения.

Применение низкоомных резисторов позволяет получить необходимые частотные характеристики аттенюатора.

Однотипность звеньев дает возможность сохранить постоянство входного и выходного сопротивлений аттенюатора в целом независимо от общего значения затухания.

4.6.7 Электронный вольтметр включен на входе аттенюатора, отградуирован в значениях выходного сигнала.

4.6.8 Выход генератора рассчитан на подключение типового коаксиального кабеля с выносным делителем напряжения.

4.6.9 В генераторах высокой частоты предусматривается вспомогательный выход через широкополосный усилитель для точного измерения частоты цифровым частотомером.

4.7 Основным параметром амплитудно-модулированного колебания является коэффициент модуляции, характеризующий глубину изменения огибающей амплитуд.

4.7.1 Определение понятия коэффициента модуляции особенно наглядно для тональной АМ (см.рисунок 2), когда модулирующая функция является гармоническим колебанием:

$$s(t) = S_0 \cos(\Omega t + \gamma)$$

Огибающую модулированного колебания при этом можно представить в виде:

$$A(t) = A_0 + K_{ам} s(t)$$

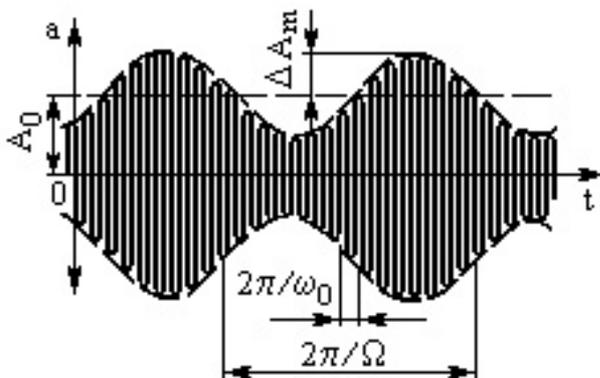


Рисунок 2 - Параметры амплитудно-модулированного колебания

4.7.2 Отношение  $M = \Delta A_m / A_0$  - называется коэффициентом модуляции.

Коэффициент модуляции выражается в процентах.

4.7.3 Максимальное изменение амплитуды не должно превышать ее значения, и поэтому максимальная величина коэффициента модуляции  $M = 1$ .

4.7.4 Кроме того, все модулированные колебания характеризуются глубиной модуляции.

Глубина модуляции равна отношению коэффициента модуляции или индекса модуляции к максимальному значению коэффициента модуляции, принимаемому за 100%.

При амплитудной модуляции коэффициент и глубина модуляции совпадают.

4.7.5 Измерение коэффициента амплитудной модуляции методом осциллограмм (непрерывная развертка).

Метод осциллограмм заключается в том, что к вертикально отклоняющим пластинам электронно-лучевой трубки осциллографа подводится исследуемое напряжение амплитудно-модулированных колебаний, а к горизонтально отклоняющим пластинам напряжение непрерывной линейной развертки, частота которых должна быть равна или в целое число раз меньше частоты модуляции. При этом на экране трубки получается осциллограмма модулированных колебаний (см. рисунок 3).

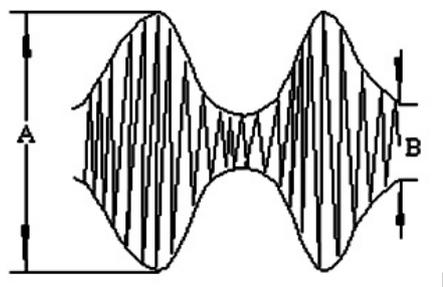


Рисунок 3 - Осциллограмма модулированного колебания

Измерив на полученной осциллограмме расстояния А и В, определяют коэффициент модуляции (глубину модуляции) по формуле:

$$M = \frac{(A-B)}{(A+B)} \cdot 100\%$$

## 5 Порядок выполнения работы

5.1 Провести измерения напряжения на выходе генератора высокой частоты цифровым вольтметром в следующем порядке.

5.1.1 Собрать схему измерения согласно рисунку 4.

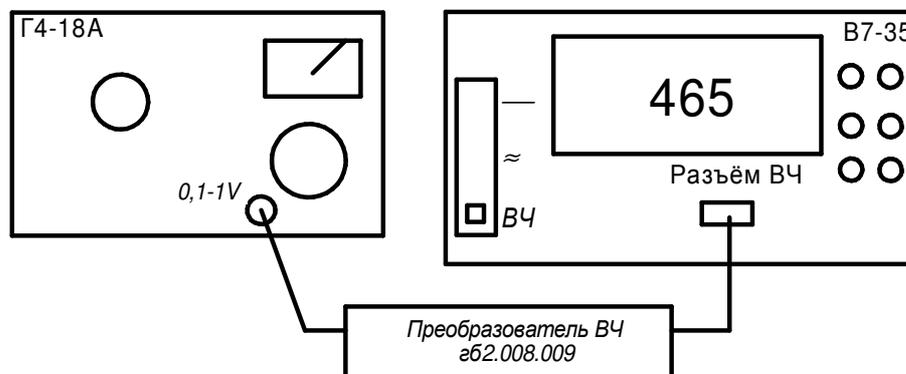


Рисунок 4 - Схема измерений напряжения на выходе генератора высокой частоты

5.1.2 Установить переключатель "ДИАПАЗОНЫ МНz" в положение, соответствующее требуемому диапазону.

Установить среднюю частоту в пределах диапазона генератора.

5.1.3 Вращением ручки "УСТАНОВКА УРОВНЯ К" установить стрелку измерителя на риску "К". Визир " $\mu\text{V}$ " установить влево до отказа.

Для получения напряжения свыше 0,1 вольта генератор Г4-18А имеет выходное гнездо "0,1 — 1V", напряжение на которое поступает прямо с декадного аттенюатора с коэффициентом ослабления через 2 дБ.

5.1.4 Выходное напряжение с гнезда "0,1-1V" выводится кабелем и через преобразователь ВЧ подается на вход ВЧ вольтметр В3-35.

5.1.5 Произвести замеры цифровым вольтметром. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 1.

5.1.4 Расчетные формулы:

а) вычисление амплитудного значения  $U_m$  измеренного напряжения:

$$U_m = 1,41U_{\text{изм}}$$

б) вычисление значения средневыпрямленного  $U_{\text{ср.в}}$  измеренного напряжения:

$$U_{\text{ср.в}} = 0,9U_{\text{изм}}$$

в) вычисление абсолютной погрешности  $\Delta_U$  измерения напряжения:

$$\Delta_U = \frac{K_t \cdot U_{\text{ном}}}{100}$$

г) вычисление относительной погрешности  $\delta_U$  измерения напряжения:

$$\delta_U = \frac{\Delta_U}{U_{\text{изм}}} \cdot 100\%$$

где  $K_t$  - класс точности (относительная погрешность) измерительного прибора;

$U_{\text{изм}}$  - показания измерительного вольтметра;

$U_{\text{ном}}$  - верхний предел шкалы, на которой было произведено измерение.

Таблица 1- Результаты измерений и расчётов напряжения на выходе генератора

Диапазон МГц	Измеренное напряжение $U_{\text{изм}}$ , В	$U_m$ , В	$U_{\text{св}}$ , В	$\Delta_U$ , В	$\delta_U$ , %	Предел измерения
I						
II						
III						
IV						

5.2 Провести измерения частоты выходного сигнала генератора цифровым частотомером.

5.2.1 Собрать схему измерения согласно рисунку 5.

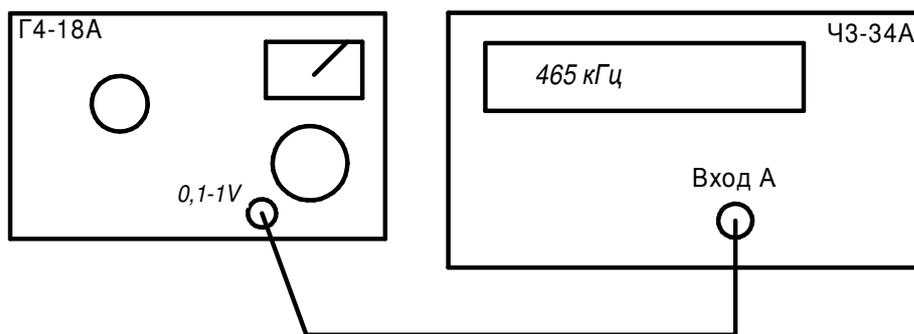


Рисунок 5 - Схема измерений частоты выходного сигнала генератора

5.2.2 Установить значение синусоидального выходного напряжения по измерителю уровня выходного сигнала генератора 1 В. Для этого вращением ручки "УСТАНОВКА УРОВНЯ К" установить стрелку измерителя на риску "К".

5.2.3 Установить значение частоты синусоидального выходного сигнала согласно таблице 2 и произвести замеры установленной частоты цифровым частотомером. Результаты измерений и расчётов занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты измерений и расчётов значений выходной частоты генератора

Параметр	Значения частоты генератора, $F_{\Gamma}$				
	200 кГц	650 кГц	2 МГц	7МГц	15МГц
Измеренная частота, $F_{\text{изм}}$ , кГц					
$\Delta_F$ , кГц					
$\gamma_{\text{и}}$ , %					
$\gamma_{\text{ч}}$ , %					

5.2.4 Расчётные формулы:

а) вычисление абсолютной номинальную погрешность измерения частоты по формуле:

$$\Delta_F = F_{\Gamma} - F_{\text{изм}}$$

где  $F_{\Gamma}$  - номинальное значение частоты сигнала на выходе генератора;

$F_{\text{изм}}$  - показания частотомера.

б) вычисление относительной номинальной погрешности измерения частоты по формуле:

$$\gamma_{\text{и}} = \frac{\Delta_F}{F_{\Gamma}} 100\%$$

в) вычисление основной относительной погрешности измерения частоты частотомером:

$$\gamma_{\text{ч}} = \left( \delta_0 + \frac{1}{F_{\text{изм}} t_{\text{сч}}} \right) 100$$

где  $\delta_0$  - основная относительная погрешность частоты внутреннего кварцевого генератора или внешнего источника опорной частоты;

$F_{\text{изм}}$  - измеряемая частота в Гц;

$t_{\text{сч.}}$  - время счета в сек.

5.3 Измерение коэффициента амплитудной модуляции методом осциллограмм выполнить по схеме, изображенной на рисунке 6, с помощью электронного осциллографа С1-55 производить в следующей последовательности..

5.3.1 Собрать схему измерения, изображённую на рисунке 6.

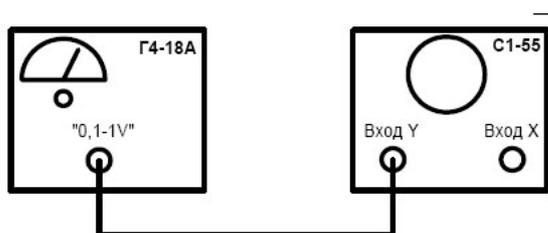


Рисунок 6 - Схема измерения коэффициента амплитудной модуляции методом

5.3.2 Установить переключатель "ДИАПАЗОНЫ МНz" в положение, соответствующее требуемому диапазону.

Установить нужную частоту в пределах диапазона прибора и более плавно отрегулировать ее верньерной ручкой (ручка с нониусными делениями).

5.3.3 Вращением ручки "УСТАНОВКА УРОВНЯ К" установить стрелку измерителя на риску "К". Визир " $\mu\text{V}$ " установить влево до отказа.

Для получения напряжения свыше 0,1 вольта генератор Г4-18А имеет выходное гнездо "0,1 — 1V", напряжение на которое поступает прямо с декадного аттенюатора с коэффициентом ослабления через 2 дБ.

При помощи этого аттенюатора и ручки " $\mu\text{V}$ " можно регулировать величину снимаемого напряжения. При повороте ручки " $\mu\text{V}$ " стрелка индикатора уровня отклоняется влево, при этом уровень "К" поправлять нельзя.

Выходное напряжение с гнезда "0,1-1V" выводится кабелем, придаваемым к генератору, не имеющим на конце делителя.

Выходное сопротивление этого выхода около 100 ом.

Погрешность установки выходного напряжения с этого гнезда не гарантируется.

5.3.4 При снятом модулирующем напряжении и верхнем ("УРОВЕНЬ "К") положении тумблера "УРОВЕНЬ "К"-М%" произвести установку стрелки

измерителя уровня выходного сигнала на контрольную риску (визир " $\mu V$ " при этом в левом крайнем положении).

Затем установить переключатель рода работ в положение 1000 Гц, а тумблер "УРОВЕНЬ "К"-М%" в положение М% и непосредственно по стрелочному измерителю установить требуемый процент глубины модуляции в пределах от 10% до 95% с помощью ручки "УСТ. М%".

5.3.5 Произвести измерение коэффициента амплитудной модуляции М% = 20; 40; 60; 80; 100.

Параметры сигнала генератора:

- частота  $F_{\text{нес}} = 3,5 \text{ МГц}$ ;
- выходное напряжение  $U_{\text{вых}} = 0,7 \text{ В}$ ;
- частота модуляции  $F_{\text{мод}} = 1000 \text{ Гц}$ .

5.3.6 Измерить коэффициент амплитудной модуляции согласно п.4.7.5 настоящих методических указаний.

5.3.7 Рассчитать погрешности измерений:

- абсолютная погрешность равна  $\Delta = |M_{\text{ген}} - M_{\text{изм}}|$ ;

- приведённая погрешность равна  $\gamma = \frac{\Delta \cdot 100\%}{M_{\text{ген}}}$ .

5.3.8 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.

Таблица 3 - Результаты измерений и вычислений коэффициента амплитудной модуляции

Условия измерений	$M_{\text{ген}}, \%$	А, дел	В, дел	$M_{\text{изм}}, \%$	$\Delta, \%$	$\gamma, \%$
$F_{\text{нес}} = 3,5 \text{ МГц}$ $F_{\text{мод}} = 1000 \text{ Гц}$ $U_{\text{вых}} = 0,7 \text{ В}$	20					
	40					
	60					
	80					
	100					

## **6 Содержание отчёта**

6.1 Наименование работы.

6.2 Цель работы.

6.3 Приборы и оборудование.

6.4 Выполнение работы:

6.4.1 Схемы измерений.

6.4.2 Таблицы результатов измерений.

6.4.3 Расчётные формулы и осциллограммы модулированного сигнала.

6.5 Основные технические характеристики измерительных приборов, применённых в работе.

6.6 Выводы о проделанной работе.

## **7 Контрольные вопросы**

7.1 Структурная схема высокочастотного генератора, назначение основных узлов.

7.2 Основные технические данные высокочастотного генератора.

7.3 Применение высокочастотного генератора.

7.4 Измерение коэффициента АМ осциллографическим методом.

7.5 Назначение органов управления высокочастотного генератора.

7.6 Дать определение глубины модуляции.

7.7 Дать определение измерению коэффициента амплитудной модуляции методом осциллограмм (непрерывная развертка

7.8 Дать определение коэффициента модуляции.

7.9 Что такое огибающая модулированного колебания.

7.10 Назвать виды модуляции.

## **8 Литература**

8.1 Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. - М. Дрофа, 2005.

8.2 Измерения в электронике. Справочник./Под ред. В. А. Кузнецова. - М. Энергоатомиздат, 1987.

8.3 Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. -М: «КноРус», 2011 г.

## Приложение А

### Генератор высокочастотный Г4-18А

А.1 Основные технические характеристики.

А.1.1 Диапазон частот генератора от 100 кГц до 35 МГц перекрывается шестью поддиапазонами со следующими частотами:

1-й поддиапазон от 0,1 до 0,3 МГц;

2-й поддиапазон от 0,3 до 1 МГц;

3-й поддиапазон от 1 до 3 МГц;

4-й поддиапазон от 3 до 10 МГц;

5-й поддиапазон от 10 до 20 МГц;

6-й поддиапазон от 20 до 35 МГц.

А.1.2 Запас по краям диапазона и перекрытие между поддиапазонами не менее 2%.

А.1.3 Погрешность установки частоты не более  $\pm 1\%$ .

А.1.4 Генератор обеспечивает калиброванное напряжение от 1 мкВ до 0,1 В на конце кабеля с нагрузочным сопротивлением 75 Ом. Дополнительный делитель на конце кабеля обеспечивает деление выходного напряжения в 10 раз (до 0,1 мкВ).

А.1.5 Генератор имеет некалиброванный выход от 0,1 до 1В с выходным сопротивлением около 100 Ом.

А.1.6 Погрешность опорного напряжения 0,1 В в диапазоне частот от 0,1 до 30 МГц не более.  $\pm 5\%$  и не более + 10%...- 6% в диапазоне частот от 30 до 35 МГц.

А.1.7 Погрешность установки ослабления аттенюатора и выносного делителя в диапазоне рабочих частот не более  $\pm 8\%$ .

А.1.8 Генератор обеспечивает следующие виды работ:

а) непрерывная генерация (НГ);

б) внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 Гц $\pm 5\%$  и 1000 Гц $\pm 5\%$ ;

в) внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотой от 50 Гц до 15 кГц.

А.1.9 Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частоты 50 Гц  $\pm 1\%$  напряжением 220 В  $\pm 10\%$ , при содержании гармоник до 5%.

А.1.10 Время самопрогрева 15 минут.

А.1.11 Прибор потребляет от сети мощность не более 100 ВА.

А.1.12 Прибор допускает непрерывную работу в течение не менее 8 часов, включая время самопрогрева.

А.1.13 Среднее расчетное время безотказной работы прибора  $T_{ср}=1200$  часов.

А.1.14 Размеры прибора с выступающими частями не более 390X280X290 мм.

А.1.15 Вес прибора не более 18 кг.

## Приложение Б

### Осциллограф двухлучевой С1-55

Б.1 Основные характеристики осциллографа С1-55.

Б.1.1 Вертикальное отклонение :

- а) полоса пропускания - 0-10 МГц;
- б) время нарастания - 35 нс;
- в) коэффициент отклонения - 10 мВ/дел-20 В/дел;
- г) входное сопротивление и емкость - 1 МОм, 40 пФ;

Б.1.2 Горизонтальное отклонение:

- а) коэффициент развертки - 0,02 мкс/дел-20 мс/дел (с 5-кратной растяжкой);
- б) режим работы развертки - автоколебательный, ждущий;

Б.1.3 Синхронизация:

- а) внутренняя - при изображении 6 мм и более (до 10 МГц);
- б) внешняя- сигналами амплитудой 0,5-15 В и частотой до 10 МГц.

Б.1.4 Погрешность измерений амплитуды и временных интервалов - 10%.

Б.1.5 Рабочая часть экрана для каждого луча - 42x60 мм.

Б.1.6 Питание :

- а) от сети - 220 В, 50 Гц; 115 и 220 В, 400 Гц;
- б) от источника постоянного тока - 24 В; 1,5 А.

Б.1.7 Потребляемая мощность - 70 В · А.

Б.1.8 Габаритные размеры - 355X205X490 мм.

Б.1.9 Масса - 15 кг.

## Приложение В

### Частотомер ЧЗ-34А

#### В.1 Назначение частотомера ЧЗ-34А.

Частотомер электронносчетный ЧЗ-34А предназначен для измерения частоты, периода электрических колебаний, интервалов времени, отношения частот синусоидальных и импульсных сигналов.

#### В.2 Особенности частотомера ЧЗ-34А:

- а) измерение частоты синусоидальных сигналов (от 10Гц до 120МГц);
- б) измерение частоты импульсных сигналов (от 10Гц до 20МГц);
- в) измерение периода электрических колебаний (от 10мкс до 100с);
- г) измерение интервалов времени (от 0,1мкс до 100с);
- д) измерение отношения частот синусоидальных и импульсных сигналов;
- е) измерение выдачи сигнала импульсной (от 0,1Гц до 10МГц) и синусоидальной формы (10МГц);
- ж) автоматический и ручной запуск

#### В.3 Технические характеристики:

- а) диапазон измеряемых частот - 10Гц-120МГц (0,12ГГц-4ГГц с блоком ЯЗЧ-51);
- б) диапазон частот при измерении периода - 0,01Гц-100кГц;
- в) погрешность измерения:
  - частоты -  $\pm\delta_0 \pm 1$  ед. сч.,
  - периода -  $\pm\delta_0 \pm ((3 \cdot 10^{-3})/n \pm f_{вх}/(f_{такт} \cdot n))$ ;где  $\delta_0 = \pm 10^{-7}$  - погрешность основного внутреннего генератора;
- г) диапазон измеряемых интервалов времени -  $10^{-7}$  с- $10^2$  с;
- д) пределы измерения отношения частот - (10Гц-20МГц)/(0,01Гц-100кГц);
- е) напряжение входного сигнала :
  - синусоидального - 0,1В-100В;
  - импульсного - 0,5В-100В;
- ж) нестабильность частоты кварцевого генератора за 1 сутки -  $\pm 5 \cdot 10^{-9}$ ;
- и) входной импеданс:
  - при измерении частоты - 15 кОм/80пФ;
  - при измерении периода - 1 кОм/100пФ;
- к) потребляемая мощность - 100В·А;
- л) габаритные размеры - 480x120x420мм;
- м) масса - 22кг.

## Приложение Г

### Вольтметр В7-35

Г.1 Вольтметр В7-35 предназначен для измерения напряжения постоянного и переменного тока (шкала в среднеквадратических значениях).

Его также применяют для определения силы и сопротивления постоянного тока.

Г.2 Приборы В7-35 применяется в лабораторных и цеховых условиях.

Г.3 Технические характеристики:

а) диапазон измеряемого напряжения:

- постоянного - от  $10^{-4}$  до  $10^3$  В;

- переменного - от  $10^{-4}$  до  $10^3$  В;

б) диапазон измеряемого тока:

- постоянного - от  $10^{-7}$  до 10 А;

- переменного - от  $10^{-7}$  до 10 А;

в) измерение сопротивления - от 1 до  $10^7$  Ом;

г) Основная погрешность измерения:

- постоянного напряжения -  $\pm 0,2\%$ ;

- переменного напряжения - от  $\pm 0,4\%$  до  $\pm 3\%$ ;

- постоянного тока -  $\pm 0,4\%$ ;

- переменного тока - от  $\pm 0,6\%$  до  $\pm 0,8\%$ ;

- сопротивления - от  $\pm 0,4\%$  до  $\pm 0,7\%$ ;

д) входное сопротивление - 10 МОм;

е) потребляемая мощность - 5 ВА;

ж) масса - 2.2 кг;

и) габаритные размеры - 227x220x70 мм.