

2. Електрически сигнали. Измерване на параметрите на периодични сигнали. Ефективна стойност – измерване с осцилоскоп и мултицет

Най-общо под **сигнал** се разбира физически процес, носещ в себе си **информация**. **Електрическите сигнали** са електрически процеси, в параметрите на които е вложена информация. Най-често това са изменения на тока или напрежението, по-рядко – изменения на други електрически величини като съпротивление (проводимост), капацитет и индуктивност. В зависимост от математическото си описание сигналите се делят на **детерминирани** и **случайни**.

Детерминирани сигнали са тези, които могат да се запишат като явна функция на времето, т.е. $s(t) = f(t)$. Стойността им е известна във всеки момент от време. Разделят се на **периодични** и **непериодични**.

Периодичните сигнали се описват с периодични функции на времето $s(t) = s(t+T)$, където T – период на повторение, $\omega = 2\pi/T$ – основна честота на сигнала.

Непериодични сигнали – описват се с непериодични функции на времето.

Случайните сигнали се описват със случайни функции на времето, т.е. функции, чиито стойности предварително са неизвестни. По същество всеки сигнал трябва да се разглежда като случаен. Детерминираните сигнали са напълно известни, т.е. те вече не съдържат информация.

За описание на сигналите се използват два подхода – времеви и честотен. При първия сигналите се представят с диаграми в равнината амплитуда/време. При честотния подход сигналът се представя в равнините амплитуда/честота и фаза/честота. Това представяне се нарича **спектър**, а двете диаграми – съответно амплитуден и фазов спектър. Периодичните сигнали се представят като сума от хармонични трептения с честоти кратни на основната честота $\omega = 2\pi/T$, т.е. те имат **дискретен спектър**. Непериодичните сигнали имат **непрекъснат спектър**. За връзка между двете представяния на сигналите се използва **преобразуването на Фурие**. За периодични сигнали – **редът на Фурие**, за непериодични – **интегралът на Фурие**.

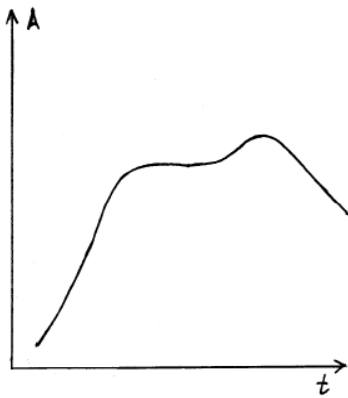
Използваните в съвременната електроника сигнали могат да се разделят още на следните класове :

- Сигнали, произволни по амплитуда и непрекъснати по време – **аналогови сигнали** (фиг.1а).

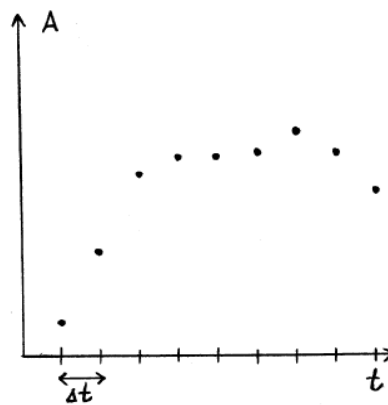
- Сигнали, произволни по амплитуда и дискретни по време – **дискретни сигнали** (фиг.1б). Отчетите на сигнала обикновено са през равни интервали от време Δt .

- Сигнали, квантувани по амплитуда и непрекъснати по време – **квантувани сигнали** (фиг.1в). Тяхната амплитуда може да приема само определен набор от стойности.

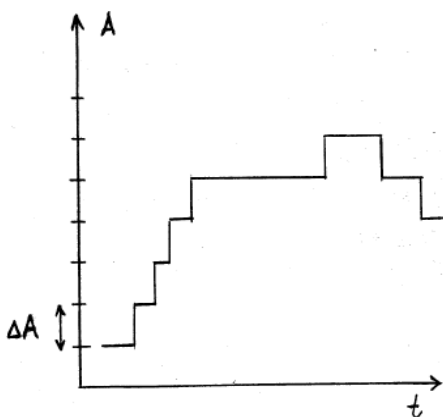
- Сигнали, квантувани по амплитуда и дискретни по време – **цифрови сигнали** (фиг.1г). По същество цифровият сигнал представлява поредица от числа представени с някакъв **код**.



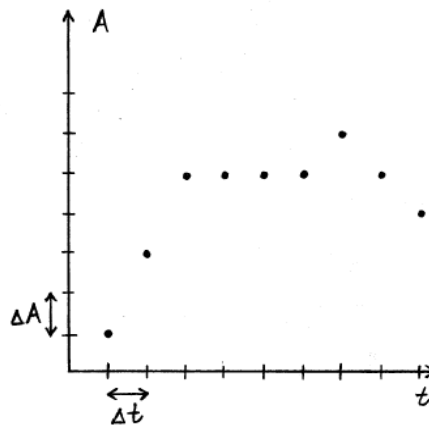
фиг.1а



фиг.1б



фиг.1в

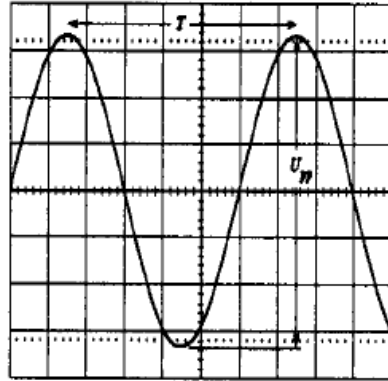


фиг.1г

В съвременната електроника най-често се използват периодични сигнали със синусоидална, триъгълна или правоъгълна форма за тестване и

настройка на електронни системи и устройства. По правило тези сигнали имат нечетна симетрия (те са антисиметрични относно ординатната ос), което означава, че средната им стойност (за един период T) е 0. В електрониката математическата средна стойност има смисъл на постоянна съставна, т.е. тези сигнали **нямат** постоянна съставна. Въпреки това те пренасят енергия, т.е. имат мощност. За оценка на тази мощност се използва **средноквадратичната** им стойност **RMS (Root Mean Square)**, наричана още **ефективна стойност**.

За наблюдаване и измерване на параметрите на сигналите най-често се използва **осцилоскоп**. Освен че лесно се определя формата на сигнала, той дава възможност да се определят и неговите основни параметри като период на повторение T , размах на сигнала от връх до връх U_{pp} , амплитудна стойност $U_m = U_{pp} / 2$, (фиг. 2)



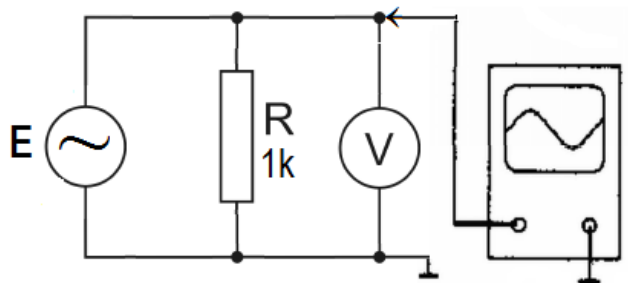
фиг. 2

Използвайки връзките между величините могат да се определят и останалите параметри на сигнала – честота $f = 1/T$ [Hz], кръговата честота $\omega = 2\pi f$ [rad/s], ефективната му стойност $U_{eff} = U_m / \sqrt{2} \approx 0.707 U_m$. Тези съотношения са валидни при синусоиден сигнал, при триъгълен и правоъгълен сигнал f е основна честота, ω – основна кръгова честота, а $U_{eff} = U_m / k.f.$, където $k.f.$ е **коэффициент на формата** и има различна стойност – за триъгълен сигнал – $\sqrt{3}$, за правоъгълен – 1, (за синусоиден – $\sqrt{2}$). За разлика от осцилоскопите, **мултицетите** могат да мерят постоянна съставна (ако сигналът има такава) на обхват DC и ефективна стойност на обхват AC. Повечето стари прибори са калибрирани да мерят сигнал със синусоидална форма. Ако сигналът е с друга форма мерят ефективната стойност с грешка от 11.1% при правоъгълен сигнал и 3.8% при триъгълен сигнал. Новите мултицети (мерят True RMS) нямат този проблем.

Задачи.

Задача 1. Измерване параметрите на синусоидален сигнал.

От функционален генератор се подава синусоидален сигнал с големина и честота посочени във Вариант в схемата на фиг. 3. Снема се осцилограмата на сигнала в протокола и се определят параметрите му U_{pp} и T (фиг.2). Изчисляват се честотата на сигнала $f=1/T$ [Hz] и кръговата честота $\omega=2\pi f$ [rad/s]. Определя се амплитудата на сигнала $U_m=U_{pp}/2$ и ефективната му стойност $U_{eff} = U_m/\sqrt{2} \approx 0.707U_m$. Сравнява се получената стойност на U_{eff} с измерената от волтметъра.



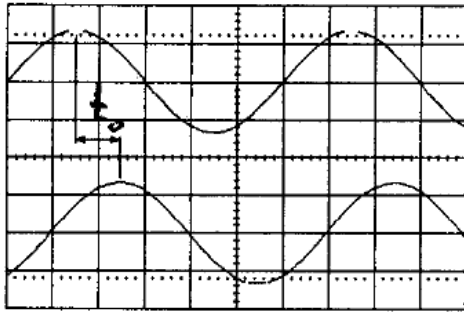
фиг. 3

Задача 2. Измерване параметрите на несинусоидален сигнал.

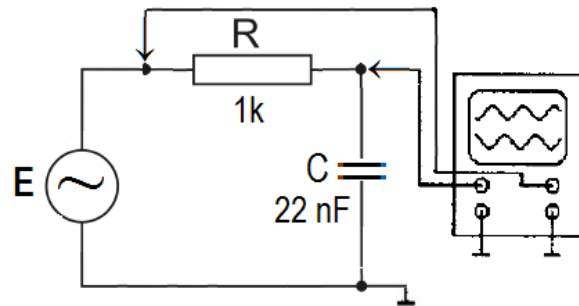
Без да се променят настройките, функционалният генератор се превключва последователно на триъгълен и правоъгълен сигнал. За всеки от двата сигнала се определя амплитудата U_m и се изчислява ефективната стойност U_{eff} . Сравнява се получената стойност на U_{eff} с измерената от волтметъра.

Задача 3. Измерване на фазова разлика между два еднотипни периодични сигнала.

Единият от сигналите се приема за опорен (базов) и по отношение на него се измерва времето t_0 необходимо на втория сигнал за достигане на същата фаза (фиг.4). Измереното време се преобразува във фазова разлика чрез формулата $\varphi = 2\pi t_0/T$ [rad]. Свързва се схемата на фиг.5.



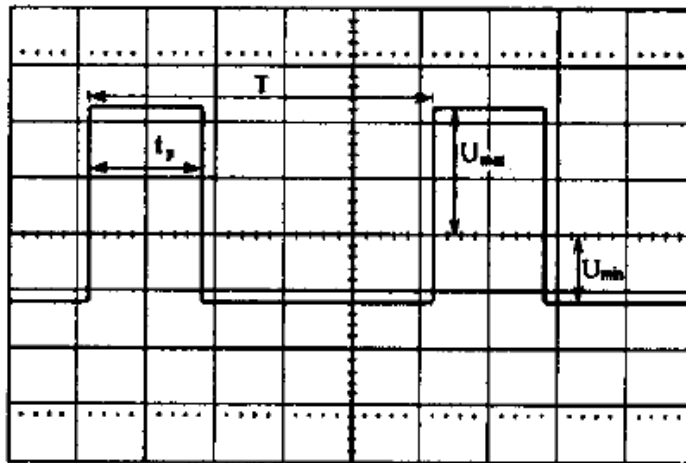
фиг. 4



фиг. 5

От функционалния генератор се подава синусоидално напрежение с големина $U = 1V$ и честота Вариант . Схемата представлява фазоотместваща верига. Сигналят на входа \dot{y} (от генератора) се явява опорен сигнал по отношение на същия на изхода \dot{y} . Двата сигнала се наблюдават на двуканален осцилоскоп без да се чертаят. Определят се закъснението t_0 и периодът T по върховете на сигналите. Пресмята се фазовата разлика. Същото измерване се повтаря при двойно по-висока честота от зададената. Зависи ли фазовата разлика φ от честотата?

Задача 4. Определяне постоянната съставна на периодичен правоъгълен сигнал с коефициент на запълване $\delta = t_p/T$ (фиг.6).



фиг. 6

Отново се свързва схемата от фиг. 3. От функционалния генератор се подава правоъгълно напрежение с амплитуда $\pm 2V$, честота f и коефициент на запълване δ Вариант . Сигналят се наблюдава с осцилоскоп, като предварително се нагласява нивото на лъча да съвпада с централната линия на скалата на уреда и входът на този канал да е галванично включен (\equiv) !

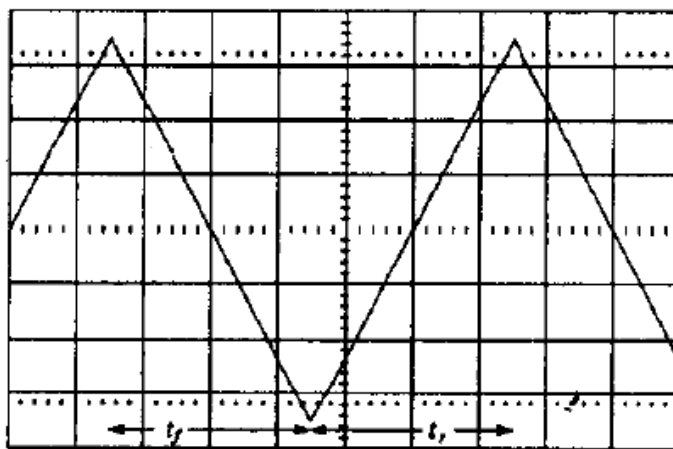
Определят се U_{\min} и U_{\max} . Постоянната съставна се изчислява по формулата $U_0 = U_{\min} + \delta (U_{\max} - U_{\min})$. Полученият резултат се сравнява с показанияето на волтметра.

Задача 5. Определяне скоростта на изменение на напрежението на периодичен триъгълен сигнал.

Използва се същата схема и настройки на апаратурата от предишната задача като функционалният генератор се превключва на триъгълен сигнал. Наблюдава се осцилограмата без да се чертае. Определят се U_{\max} и U_{\min} , времето на нарастване t_r и спадане t_f (фиг.7) на напрежението и се изчисляват скоростите на изменение по формулите :

$$V_r = (U_{\max} - U_{\min})/t_r, [V/\mu s] \text{ и } V_f = (U_{\min} - U_{\max})/t_f, [V/\mu s]$$

Резултатите да се представят в типичната мерна единица $[V/\mu s]$!



фиг. 7

Таблица на Вариантите

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Задача								
1	1V; 1kHz	0.5V; 0.5kHz	2V; 2kHz	1V; 5kHz	0.5V; 10kHz	1V; 2kHz	2V; 5kHz	1V; 10kHz
3	5kHz	6kHz	7kHz	8kHz	9kHz	10kHz	7.5kHz	8.5kHz
4	1kHz 2/5	1.66kHz 1/3	2.5kHz 1/4	8kHz 1/3	8kHz 2/3	2.5kHz 3/4	2kHz 3/5	1kHz 3/5