

## STATİSTİK XARAKTERİSTİKALAR

**Həqiqilik:** Ölçülən bir fiziki kəmiyyətin əsl qiymətinə nə qədər yaxın olduğunu göstərir. Ölçmələrdə ən vacib parametrlərdən biri də həqiqilikdir. Həqiqiliyi ifadə etmək üçün mütləq xəta, nisbi xəta və nisbi həqiqilik terminləri istifadə olunur. Həqiqi qiymət ( $X_h$ ) ilə ölçülən qiymət ( $X_0$ ) arasındakı fərq mütləq xəta ( $\Delta X$ ) adlanır. Deməli  $\Delta X$  aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin oluna bilər.

$$\Delta X = X_0 - X_h$$

Nisbi xəta isə aşağıdakı formul əsasında müəyyən olunur.

$$\beta = \frac{X_h - X_0}{X_h}$$

Nisbi xəta ilə yanaşı nisbi həqiqilik anlayışından da istifadə olunur. Nisbi həqiqilik aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$\theta = 1 - \beta$$

Nisbi xəta və ya nisbi həqiqilik cihaz şkalasının tam meyletməsi üçün verilir və cihazın bütün mərtəbələri üçün müxtəlifdir. Nisbi xəta cihaz və ya elementin sinifini ifadə edir. Məsələn üçün maksimum 10V ölçə bilən voltmetrin nisbi xətası 2% və ya sinifi 2-dirsə 10V ölçərkən mütləq xəta  $0,02 \times 10 = 0,2$  olar. 10V-luq mərtəbədə daha kiçik yəni 5V-luq gərginliyin ölçülməsi halında nisbi xəta  $0,2 \div 5 = 0,4$  olub daha böyüklü və müxtəlif qiymətlərə sahib olur. Halbuki mütləq xəta eyni mərtəbənin hər bir vəziyyəti üçün eynidir. Yəni 5V ölçülərkən yaranan mütləq xəta da 0,2V-dur.

Hər hansı bir mərtəbədə ölçmə aparən ölçü alətinin nisbi xətası aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\beta = \frac{S \cdot X_m}{X_0 \cdot 100}$$

Burada

$S$  – ölçü alətinin dəqiqlik sinifi

$X_m$  – ölçü alətinin mərtəbə qiyməti və ya şkala göstəricisi

$X_0$  – ölçülən qiymət

Məsələn 1: 90V-luq gərginliyin ölçülməsi üçün 0,5 dəqiqlik sinifdə maksimal həddi 300V olar və 1 dəqiqlik sinifdə maksimal həddi 100V olan voltmetrlərdən istifadə etmişdirlər. Hər iki voltmetrlə ölçmə aparən zaman yaranan nisbi xətanı müəyyən edin.

Həlli:

İlkin olaraq verilən parametrləri müəyyən edək:  $V = 90V$ ,  $S_1 = 0,5$ ,  $S_2 = 1$ ,  $V_{m1} = 300V$ ,  $V_{m2} = 100V$ .

Hər bir voltmetr üçün verilənlər əsasında nisbi xətalarını düstür əsasında hesablayaq.

$$\beta_1 = \frac{S_1 \cdot V_{m1}}{V \cdot 100} = \frac{0,5 \cdot 300}{90 \cdot 100} = 0,0166$$

$$\beta_1 = 0,0166\%$$

$$\beta_2 = \frac{S_2 \cdot V_{m2}}{V \cdot 100} = \frac{0,5 \cdot 100}{90 \cdot 100} = 0,011$$

$$\beta_2 = 0,011\%$$

Misal 2: Rezistorun müqavimətini ölçmək üçün maksimal həddi 6A və dəqiqlik sinifi 0,2 olan ampermetr ilə maksimal həddi 300V və dəqiqlik sinifi 0,5 olan voltmetr istifadə olunmuşdur. Bu ölçmə prosesində ampermetrdə oxunan qiymət 2V, voltmetrdə isə 120V olmuşdur. Beləliklə, müqavimətin ölçülməsi zamanı yaranan cəm nisbi xətanı və mütləq xətanı müəyyən edin.

Həlli:

İlkin olaraq verilən parametrləri müəyyən edək:  $I_m = 6A, S_A = 0,2, V_m = 300V, S_V = 0,5$ .

Om qanununun riyazi formulunda ampermetr və voltmetrdə oxunan qiymətləri yerinə qoyaraq müqaviməti hesablayaq.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120}{2} = 60 \text{ Om}$$

Cəm nisbi xəta,

$$\sum \beta = \beta_A + \beta_V$$

ifadəsi ilə müəyyən olunacaqdır.

$\beta_A$  aşağıdakı kimi hesablayaq.

$$\beta_A = \frac{S_A \cdot I_m}{I \cdot 100} = \frac{0,2 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 0,006$$

$\beta_V$ -da eyni qayda ilə hesablayaq.

$$\beta_V = \frac{S_V \cdot V_m}{V \cdot 100} = \frac{0,5 \cdot 300}{120 \cdot 100} = 0,0125$$

$\beta_A$  və  $\beta_V$  məlum olduğuna görə

$$\sum \beta = 0,006 + 0,0125 = 0,0185$$

Yəni,

$$\sum \beta = 1,85\%$$

olar.

Mütləq xəta ilə  $\sum \beta$  arasında əlaqə düstüründən istifadə edərək yazı bilərik.

$$\Delta_R = R_0 \cdot \sum \beta$$

$$\Delta_R = 60 \cdot 0,0185 = 1,11$$

Müqavimətin ölçülməsi zamanı yarana biləcək xətanın dəyişmə diapazonunu müəyyən edə bilərik.

$$X_0 - \Delta_R < R < X_0 + \Delta_R$$

$$60 - 1,11 < R < 60 + 1,11$$

$$58,89 < R < 61,11$$

**Həssaslıq:** ölçmə xətarlarını ifadə edən digər bir kəmiyyət isə həssaslıqdır. Həssaslıq həqiqilikdən fərqlidir. Həssaslıq kiçik qiymətləri ayırd etmə qabiliyyətidir deyə bilərik. Məsəl üçün mikrovolt səviyyəsində siqnalı ölçən voltmetr millivoltmetrdən daha həssasdır. Başqa bir nümunə isə 10,345 mA-i ölçən bir ampermetr 10,34 mA-i ölçən ampermetrdən daha həssasdır. Amma bu o demək deyildir ki, həssaslıq ölçmənin daha dəqiq olduğu mənasına gəlir.

Başqa sözlə desək, ölçmə vasitələrinin çıxış siqnalının ( $\Delta y$ ) dəyişməsinin onu doğuran giriş siqnalının ( $\Delta x$ ) dəyişməsinə olan nisbəti həssaslıq adlanır. Həssaslığı adətən S hərfi ilə işarə edirlər və aşağıdakı formula əsasında müəyyən olunur.

$$S = 1 - \frac{(X_n - \bar{X}_n)}{\bar{X}_n}$$

Burada

$X_n$  – ölçmədə əldə olunan qiymətlər,

$\bar{X}_n$  – ölçülən qiymətlərin orta göstəricisidir.

Məsəl 2: Hər hansı bir kəmiyyəti eyni anda 10 dəfə ölçmüşdülər. Ölçmə nəticələri aşağıdakı cədvəldə qeyd olunmuşdur. Dördüncü ölçmə nəticəsinin həssaslığını müəyyən edin.

Ölçmələrin sayı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nəticə ( $X_n$ )	98	102	101	97	100	103	98	106	107	99

Həlli:

Əvvəlcə  $\bar{X}_n$ -ni hesablamaq lazımdır.

$$\bar{X}_n = \frac{\sum X_n}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{10}}{10} = 101,1$$

Orta qiymət də məlum olduğu üçün həssaslığı hesablamaq olar.

$$S = 1 - \frac{(X_4 - \bar{X}_{10})}{\bar{X}_{10}} = 1 - \frac{(97 - 101,1)}{101,1} = 0,96$$

### Orta qiymət, meyletmə və standart meyletmə

Orta qiymət ( $X_0$ ) hər hansı bir kəmiyyətin n dəfə ölçülməsi ilə əldə olunan qiymətlərin cəbri cəminin n-ə bölünməsi ilə əldə olunur. Orta qiymət aşağıdakı düstürlə təyin olunur.

$$X_0 = \frac{\sum X_n}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Meyletmə hər hansı bir ölçmə nəticəsinin orta qiymət ilə arasında yaranan fərqdır.  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  meyletməsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur

$$D_0 = X_n - X_0$$

Məsəl 3: Ardıcıl qoşulmuş 50  $\Omega$ -luq rezistorların hər birinin qiyməti ölçülmüşdür. Nəticələr əsasında riyazi orta qiyməti (a), meyletməni (b) və meyletmələrin cəbri cəmini (c) hesablayın.

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
-------	-------	-------	-------

50,1	49,7	49,6	50,2
------	------	------	------

Həlli:

a) Orta qiymət

$$X_0 = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4} = \frac{50,1 + 49,7 + 49,6 + 50,2}{4} = 49,9$$

b) Hər bir ölçmə nəticəsi üçün meyletməni təyin edək.

$$D_0 = X_1 - X_0 = 50,1 - 49,9 = 0,2$$

$$D_0 = X_2 - X_0 = 49,7 - 49,9 = -0,2$$

$$D_0 = X_3 - X_0 = 49,6 - 49,9 = -0,3$$

$$D_0 = X_4 - X_0 = 50,2 - 49,9 = 0,3$$

c) Meyletmələrin cəbri cəmi

$$D_1 = 0,2 + (-0,2) + (-0,3) + 0,3 = 0$$

N ədəd mütləq qiymətin n-ə bölünməsi ilə orta meyletmə əldə olunur.

$$D_0 = \frac{|D_1| + |D_2| + \dots + |D_n|}{n}$$

Misal 4: Əvvəlki misal verilən göstəricilər əsasında orta meyletməni təyin edin.

Həlli:

$$D_0 = \frac{|0,2| + |0,2| + |0,3| + |0,3|}{4} = 0,25\Omega$$

Bir qrup verilənlərin qiymətləndirilməsində orta meyletmə əvəzinə standart meyletmədən daha çox faydalı olur. Standart meyletmə (S) orta qiymətin ətrafındakı dəyişmənin kəmiyyət göstəricisidir.

$$S = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2}{n}}$$

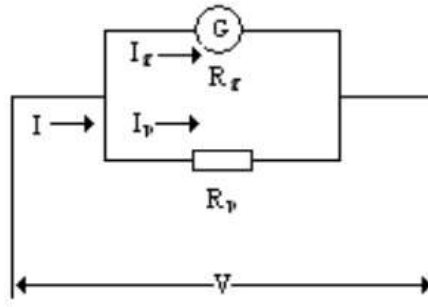
$n < 20$  sayda ölçələr daha düzgün meyletmə əldə etmək məqsədilə  $n$  əvəzinə  $n - 1$  yazılır.

## ELEKTİRİK ÖLÇÜ CİHAZLARI

### Sabit cərəyan ampermetrləri

#### Birmərtəbəli ampermetrlər

Praktikada qalvanometr ilə  $100 \mu A$  və daha aşağı səviyyəli sabit cərəyan ölçülə bilər. Daha böyük cərəyanlar üçün ya qalvanometrik naqilin en kəsiyi böyüdülmüş ya da qalvanometrə kiçik müqavimətli paralel rezistor qoşulur. Praktiki tətbiqlərdə əsasən paralel rezistorun qoşulması üsulundan daha çox istifadə olunur. Qalvanometrik daxili müqaviməti sarılmış naqilin daxili müqavimətinə bərabərdir və  $R_{dax}$  ilə işarə olunur. Burada paralel qoşulmuş rezistordan axan cərəyan Om qanunu əsasında hesablanır. Aşağıdakı şəkildə bir mərtəbəli sabit cərəyan ampermetrinin prinsipial sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 1. Birmərtəbəli sabit cərəyan ampermetrinin prinsipial sxemi

Burada

$R_{dax}$  – qalvanometr daxili müqaviməti,

$I_{meyl}$  – qalvanometr tam meyletmə cərəyanı,

$R_p$  – paralel qoşulmuş rezistorun müqaviməti,

$I_p$  – paralel qoşulmuş rezistor üzərindən axan cərəyan,

$I$  – ampermetrin tam meyletmə cərəyanı.

Nəzərə alaq ki, qalvanometr və paralel qoşulmuş rezistorun uçlarındakı gərginlik bir-birinə bərabərdir. Müəyyən  $I$  qiymətinə qədər ölçmə prosesini aparan ampermetr üçün lazım olan paralel rezistorun nominalı aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{R_{dax} I_{meyl}}{(I - I_{meyl})}$$

Misal 1: Daxili müqaviməti  $10\Omega$ , meyletmə cərəyanı  $1\text{mA}$  olan qalvanometr ilə maksimum  $1\text{A}$  ölçən ampermetrin qurulması lazımdır. Bunun üçün qalvanometre paralel qoşulacaq olan rezistorun nominalını müəyyən edin.

Həlli:

Burada  $I_{meyl} = 1\text{mA}$ ,  $R_{dax} = 10\Omega$ , və  $I = 1\text{A}$  olub rezistorun müqaviməti yuxarıda verilən düsturla hesablayaq.

$$R_p = \frac{0,001 \cdot 10}{(1 - 0,001)} = 0,01001\Omega$$

Paralel rezistorun qoşulması ilə qalvanometrə axan cərəyanın ( $I_{meyl}$ )  $n$  mərtəbəsi olan bir cərəyanın ( $I$ ) ölçülməsi mümkün olur. Buradan, rezistorun nominalını təyin etmək üçün olan düstürümüzə aşağıdakı dəyişiklikləri apara bilərik.

$$I = n \cdot I_{meyl}$$

Burada  $n$  miqyas əmsəlidir.

Onda,

$$R_p = \frac{R_{dax} I_{meyl}}{(n \cdot I_{meyl} - I_{meyl})} = \frac{R_{dax}}{(n - 1)}$$

əldə edərik.

Misal 2:  $100 \mu\text{A}$  və  $800\Omega$ -luq galvanometr istifadə edərək  $0\text{-}100 \text{ mA}$  diapazonunda ölçmə aparən ampermetr layihələndirin.

Həlli:

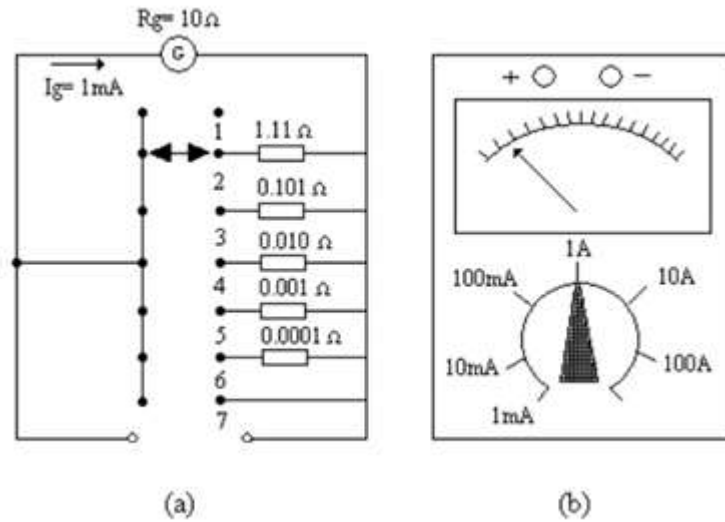
İlk olaraq miqyas əmsalını müəyyən edək.

$$n = \frac{I}{I_{\text{meyl}}} = \frac{100 \text{ mA}}{100 \mu\text{A}} = 1000$$

$$R_p = \frac{R_{dax}}{(n-1)} = \frac{800}{1000-1} = \frac{800}{999} = 0,8008 \Omega$$

### Çoxmərtəbəli sabit cərəyan ampermetrləri

Bir qalvanometr və müxtəlif qiymətli paralel rezistorlar vasitəsilə çox mərtəbəli ampermetrlər əldə olur. Yeddi mərtəbəli ampermetr dövrəsi aşağıdakı şəkil 2 a-da göstərilmişdir. Buradakı qalvanometr  $1 \text{ mA}$  və  $10 \Omega$ -luqdur. Şəkil 2 a-da göstərilən birləşmələr istifadə olunaraq rezistorların nominalı hesablanarsa cədvəldə verilən nəticələr əldə olunur.

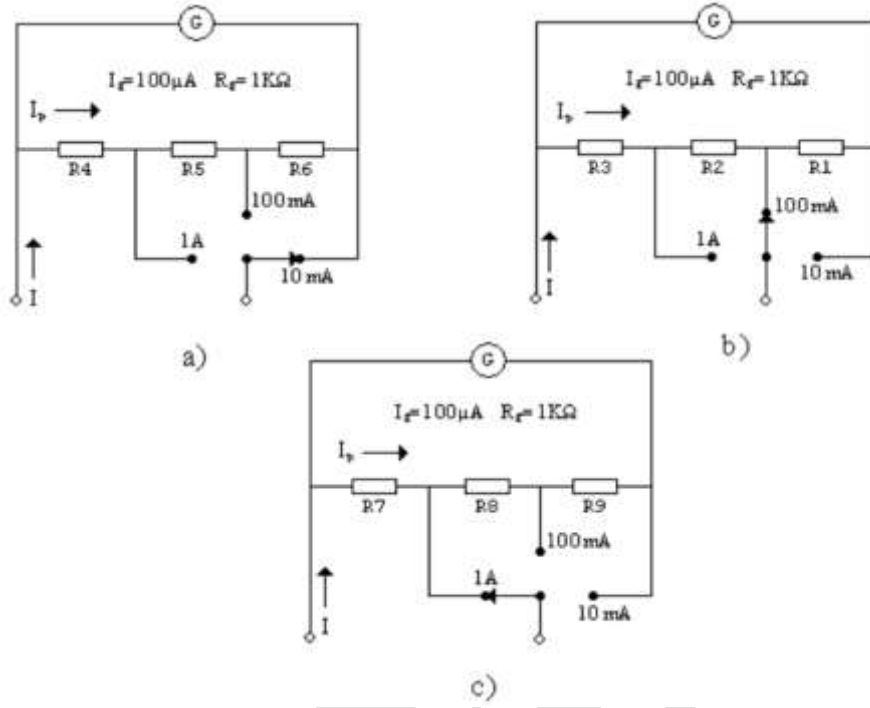


Şəkil 2. Yeddi mərtəbəli ampermetrin prinsiplial dövrəsi (a) və ampermetrin xarici görünüşü (b).

Cədvəl 1. Hesabat nəticələri

Mərtəbə	n	$R_p$
1	1	Sonsuz
2	10	$10/9 = 1.11 \Omega$
3	100	$10/99 = 0.101 \Omega$
4	1000	$10/999 = 0.0101 \Omega$
5	10000	$10/9999 = 0.001 \Omega$
6	100000	$10/99999 = 0.0001 \Omega$
7. Qısa qapanma		Sifir

Bu ampermetrdə mərtəbə açarı (atenyuator) vəziyyət dəyişdirərkən qısa bir müddətdə olsa paralel rezistor dövrəsi ilə kontaktda olur. Qeyd olunan müddət ərzində girişə tətbiq olunan cərəyanın hamısı qalvanometr dövrəsində axacaqdır. Buna görə də qalvanometr zərər görəcekdir. Praktikada bunun qarşısını almaq üçün aytron şuntlu ampermetrlərdən istifadə olunur (şəkil 3).



Şəkil 3. Üç mərtəbəli aytron şuntlu ampermetr

Şəkil 3-də aytron şuntlu və ya universal şuntlu ampermetr dövrəsi göstərilmişdir. Hər mərtəbədə qalvanometre paralel qoşulmuş rezistor dəyişir. Ancaq, qalvanometrdən hər mərtəbədə maksimum meyletmə cərəyanı qədər cərəyan axacaqdır. Ən həssas mərtəbə 10 mA mərtəbəsi olub,  $n=10000/100=100$ -dur.

Cəm şunt rezistorlarının qiyməti:

$$\sum R_p = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_{dax}}{(n-1)} = \frac{1000}{(100-1)} = 10.1\Omega$$

100 mA mərtəbədə;

$$I_{meyl}(R_{dax} + R_1) = (I - I_{meyl}) \cdot (R_3 + R_2)$$

$$(R_3 + R_2) = \frac{I_{meyl}(R_{dax} + R_p)}{I}$$

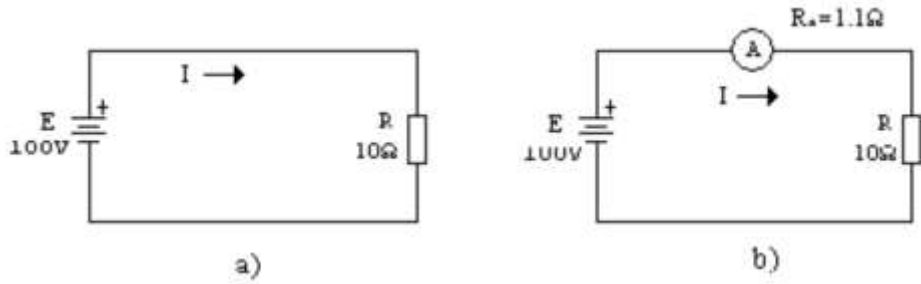
$$(R_3 + R_2) = 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(10.1 + 1000)}{0.1\Omega}$$

əldə olunur.

### Ampermetrin yüklənmə təsiri

Qeyd etmək lazımdır ki, ampermetrin çox kiçik daxili müqaviməti vardır. İdeal ampermetrlərdə sifra bərabər olmalıdır, lakin daxili müqavimət mikroamper mərtəbəsində  $1K\Omega$  və ya daha böyük və amper mərtəbəsində isə  $1\Omega$ -dan kiçik qiymətə bərabər olur. Ampermetr dövrəyə ardıcıl qoşulur. Deməli dövrəyə ampermetrin daxili müqaviməti qədər ardıcıl müqavimət qoşulmuşdur. Bu dəyişiklik yüklənmə təsiri olaraq adlandırılır. Yaranan bu xəta dövrədəki müqavimət ilə ampermetrin daxili müqaviməti arasındakı nisbətdən

asıdır. İdeal ampermetrlərin daxili müqaviməti sıfıra bərabərdir. Ən yaxşı halda ampermetrin daxili müqavimətinin sıfıra yaxın olması lazımdır.



Şəkil 4. Ampermetrik yüklənmə təsiri

Şəkil 4-dəki dövrədən axan cərəyan

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{10} = 10A$$

olub, bunu ölçmək üçün dövrəyə bir ədəd adicil ampermetr qoşulmalıdır. Əgər ampermetrin daxili müqaviməti 1Ω olarsa dövrədən axan cərəyan və ya ölçüləcək cərəyan nəzəri olaraq aşağıdakı qiymətə bərabər olacaqdır.

$$I = \frac{E}{(R + R_a)} = \frac{100}{11.1} = 9A$$

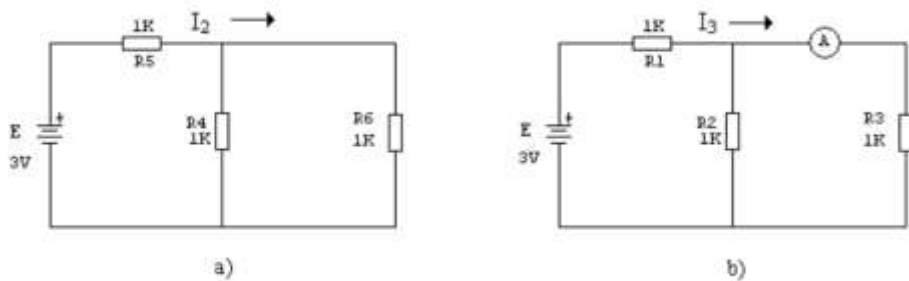
Göründüyü kimi ampermetrin dövrəyə qoşulması ilə axan cərəyan azalmışdır.

Ampermetrin dövrəyə qoşulması ilə bağlı yaranan xəta aşağıdakı düstürlə hesablanılır. Bu xətanı alət xətası olaraq adlandıra bilərik.

$$\beta = \frac{I_1 - I_2}{I_1}$$

Burada  $I_1$  - ampermetrin dövrəyə qoşulmadığı halda axan cərəyan,  $I_2$  - ampermetr qoşulduqdan sonra axan cərəyan.

Misal 3: Daxili müqaviməti 78 Ω olan ampermetr şəkil 5 a-daki  $R_3$  rezistorundan axacaq cərəyanı ölçmək üçün istifadə olunur. Ampermetrin yüklənmə təsirinin yaratdığı xətanı müəyyən edin.



Şəkil 5. Ampermetrin yüklənmə təsirinin hesablanması

Həlli: Ampermetrin uclarında yaranan ekvivalent Thevenin gərginlik və müqavimətini hesablayaq.

$$V_{TH} = \frac{E \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{3}{2} = 1.5V$$



$$R_{TH} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{(R_2 + R_3)} = 1 \cdot 10^3 + \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^3} = (1 + 0,5) \cdot 10^3 = 1,5K\Omega$$

əldə olunan qiymətlər əsasında hər iki halda axan cərəyan cərəyanlar,

$$I_2 = \frac{V_{TH}}{R_{TH}}$$

və

$$I_3 = \frac{V_{TH}}{(R_{TH} + R_a)}$$

olar.

Yuxarıdakı iki düstürdan

$$I_3 = \frac{R_{TH} \cdot I_2}{(R_{TH} + R_a)} = \frac{1500 \cdot I_2}{1578} = 0,68 \cdot I_2$$

əldə edərik.

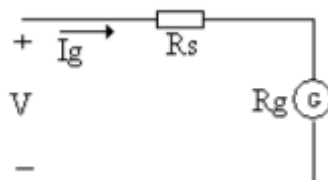
Bu halda ölçülən qiymət real qiymətin 95%-nə bərabər olub ampermetrin yüklənmə təsiri və ya alət xətası 5%-dir.

### Sabit cərəyan ampermetrlərini istifadə edərkən

1. Ampermetrin daxili müqaviməti çox kiçik olduğu üçün gərginlik mənbəyinə bir-başa birləşdirmək olmaz. Axa biləcək maksimal cərəyanı məhdudlaşdırmaq üçün ardıcıl rezistor qoşulmalıdır. Əks halda əqrəb sürətli hərəkət edərək əyilə və ya qırıla bilər.
2. Ampermetrin uclarındaki polyarlığa diqqət etmək lazımdır. Əks qoşulma halında əqrəb tərs istiqamətə meyl edir. Əqrəb sakitləşdirici mexanizm səbəbilə hərəkət edə bilmədiyi üçün fərq edilməz və axan cərəyan səbəbilə sarğılar yana bilər və xəsarət meydana çıxar.
3. Ampermetri dövrəyə qoşmadan əvvəl onun atenyuatorunu yüksək mərtəbədə sazlamaq lazımdır. Dövrəyə enerji verildikdən sonra uyğun mərtəbəyə endirilə bilər.

### Sabit cərəyan voltmetrləri

Qalvanometrin cərəyan şiddətini ölçməsinə baxmayaraq ona ardıcıl qoşulmuş müqavimətlə voltmetrə çevirmək mümkündür. Ardıcıl rezistor qalvanometrə axacaq cərəyanı məhdudlaşdırmaq məqsədilə qoşulur. Ardıcıl birləşmiş müqavimət mərtəbə müqavimətləri olub voltmetrin daxili sxeminə qoşula bildiyi kimi xaricəndə əlavə edilmə imkanına malikdir. Əlavə qoşulmuş ardıcıl müqavimət tam meyletmə cərəyanını müəyyən edir. Aşağıda prinsiplial sxemi göstərilən voltmetr ilə mikrovolta kilo volta qədər gərginliyin ölçülməsi reallaşa bilər.



### Şəkil 6. Bir mərtəbəli voltmerin prinsiplial sxemi

$R_{dax}$  – qalvanometrın daxili müqaviməti,

$I_{meyl}$  – qalvanometrın tam meyletmə cərəyanı,

$R_s$  – ardıcıl qoşulmuş rezistorun müqaviməti.

Şəkil 6-dakı dövrədən yazıla bilər:

$$V = I_{meyl}(R_{dax} + R_s) \text{ ifadəsindən}$$

$$R_s = \frac{V}{I_{meyl}} - R_{dax} \text{ əldə olunur.}$$

Misal 4: Daxili müqaviməti  $100\Omega$ , tam meyletmə cərəyanı  $100\mu A$  olan qalvanometrə  $1V$ -luq (yəni maksimal ölçülən gərginlik  $1V$  olan) voltmetrin hazırlanması lazımdır. Bu məqsədlə ardıcıl qoşulmuş rezistorun nominalını hesablayın.

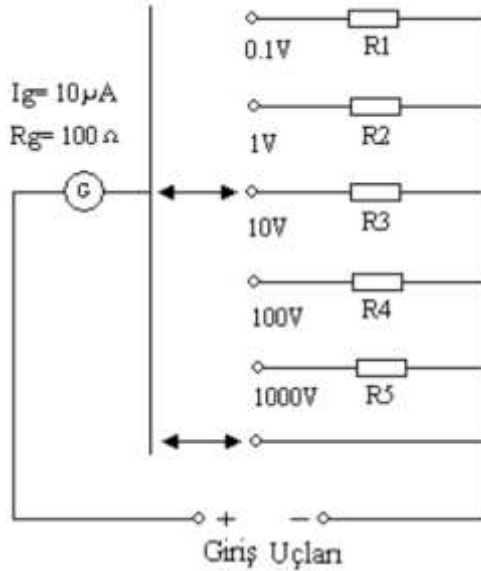
Həlli:

$$V = I_{meyl}(R_{dax} + R_s) = 100 \cdot 10^{-6}(100 + R_s)$$

Buradan yazsaq

$$R_s = 10000 - 100 = 9900\Omega$$

Misal 5: Misal 4-dəki qalvanometrə istifadə edərək şəkil 7-dəki mərtəbələrə sahib olan voltmetrin mərtəbə rezistorlarının nominalını hesablayın.



Şəkil 7. Çox mərtəbəli voltmetrlər

Həlli:

$$R_1 = 0,1 \cdot 10^4 - 100 = 900 \Omega$$

$$R_2 = 1 \cdot 10^4 - 100 = 9900 \Omega$$

$$R_3 = 10 \cdot 10^4 - 100 = 99900 \Omega$$

$$R_4 = 100 \cdot 10^4 - 100 = 999900 \Omega$$

$$R_5 = 1000 \cdot 10^4 - 100 = 9999900 \Omega$$

### Voltmetrin yüklənmə təsiri və həssaslığı

Hər hansı iki nöqtə arasındakı gərginlik ölçülərkən voltmetr bu iki nöqtəyə paralel qoşulur. İki müqavimətin ekvivalent müqaviməti hər bir müqavimətin ekvivalentindən kiçik olur. Bu səbəblə də hər iki nöqtə arasındakı potensiallar fərqi voltmetr qoşulduqdan sonra daha kiçik olur. Bu dəyişiklik voltmetrin yüklənmə təsiri adlanır. Voltmetrin giriş müqavimətinin çox yüksək olması halında voltmetrin yüklənmə təsiri aşağı düşür. Voltmetrin giriş müqaviməti də onun həssaslığından asılıdır. Hər hansı bir mərtəbəli voltmetr uclarındakı cəm müqavimətin mərtəbə gərginliyinə olan  $\Omega/V$  nisbəti volt addımına düşən Om həssaslığı deyilir. Həssaslıq  $= (R_{dax} + R_s)$  tam meyletmə cərəyanı  $= I/I_{meyl}$  formasında müəyyən edilir.

O halda voltmetrin hər hansı mərtəbəsində yerləşmiş rezistor nominalı

$$R_i = (\text{həssaslıq}) \cdot (\text{voltmetrin mərtəbəsi})$$

bu ifadə ilə təyin oluna bilər.

Misal üçün həssaslığı  $1000 \Omega/V$  olan voltmetrin 10V mərtəbəsindəki giriş müqaviməti nə qədərdir.  $R_i = 1000 \cdot 10 = 10000 \Omega$  olar.

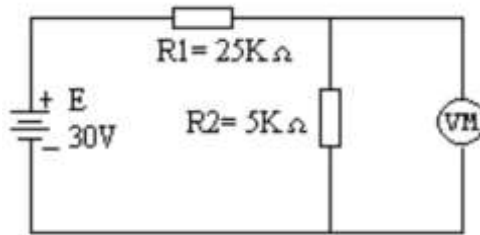
Voltmetrin giriş müqaviməti nə qədər böyükdürsə dövrədən bir o qədər az miqdarda cərəyan axacaqdır və dövrəni nəticədə az yükləyər. Dolayısı ilə voltmetrin müxtəlif mərtəbələrindəki giriş müqavimətləri fərqli olduğundan yüklənmə təsirləri də fərqli olacaqdır. Həssaslığın əksi voltmetrin tam meyletmə cərəyanını verir. Yuxarıda qeyd olunan misalda tam meyletmə cərəyanı  $1/1000 \Omega/V = 1 \text{ mA}$  bərabər olar.

Misal 6: Şəkil 8-dəki dövrədə  $R_2$  rezistorunun uclarındakı gərginliyi ölçmək üzrə texniki xüsusiyyətləri aşağıda qeyd olunmuş iki fərqli voltmetr istifadə edilmişdir.

$VM_1$  üçün həssaslıq  $1K \Omega/V$ , mərtəbə gərginliyi 10V.

$VM_2$  üçün həssaslıq  $20K \Omega/V$ , mərtəbə gərginliyi 10V.

- Voltmetr qoşulu olmadığı halda  $R_2$  rezistoru üzərindəki gərginliyi müəyyən edin.
- $VM_1$  voltmetri qoşulu olduğu halda  $R_2$  rezistoru üzərindəki gərginliyi müəyyən edin.
- $VM_2$  voltmetri qoşulu olduğu halda  $R_2$  rezistoru üzərindəki gərginliyi müəyyən edin.
- Hər bir voltmetr üçün alət xətasını hesablayın.



Şəkil 8. Hesabat dövrəsi

Həlli:

a) Voltmetrin qoşulu olmadığı halda  $R_2$  rezistoru üzərinə düşən gərginliyi bölücü dövrə olduğu üçün aşağıdakı düstürlə hesablamaq olar.

$$V_{Rs} = ER_2 / (R_1 + R_2) = 30 \cdot 5 / 25 + 5 = 5V$$

b) Giriş müqavimətini hesablayaq.

$$R_{i1} = (\text{həssaslıq}) \cdot (\text{voltmetrin mərtəbəsi}) = 1 \cdot 10^3 \cdot 10 = 10 K\Omega$$

$R_{i1}$  rezistoru ilə  $R_2$  rezistoru paralel qoşulu olduğu üçün ekvivalent müqaviməti hesablayaq.

$$R_{2i1} = R_{i1} // R_2 = \frac{R_{i1} \cdot R_2}{R_{i1} + R_2} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = 3,33 K\Omega$$

$R_{2i1} = 3,33 K\Omega$  olar.

Bu voltmetrin dövrə qoşulması halında ölçüləcək gərginlik

$$V_{Rs} = ER_{2i1} / (R_1 + R_{2i1}) = 30 \cdot 3,33 / 25 + 3,33 = 3,53V$$

c)  $VM_2$  – nin giriş müqavimətini hesablayaq.

$$R_{i2} = (\text{həssaslıq}) \cdot (\text{voltmetrin mərtəbəsi}) = 20 \cdot 10^3 \cdot 10 = 200 K\Omega$$

$R_{i2}$  rezistoru ilə  $R_2$  rezistoru paralel qoşulu olduğu üçün ekvivalent müqaviməti hesablayaq.

$$R_{2i2} = R_{i2} // R_2 = \frac{R_{i2} \cdot R_2}{R_{i2} + R_2} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = 4,88 K\Omega$$

$R_{2i2} = 4,88 K\Omega$  olar.

Bu voltmetrin dövrə qoşulması halında ölçüləcək gərginlik

$$V_{Rs} = ER_{2i2} / (R_1 + R_{2i2}) = 30 \cdot 4,88 / 25 + 4,88 = 4,9V$$

d)  $VM_1$  üçün alət xətası

$$\beta_{VM_1} = \frac{(V_1 + V_2)}{V_1} = \frac{(5 - 3,53)}{5} = 4,3 \%$$

$VM_2$  üçün alət xətası

$$\beta_{VM_2} = \frac{(V_1 + V_2)}{V_1} = \frac{(5 - 4,9)}{5} = 2 \%$$

Aparılmış hesabatlardan bu qənaətə gəlmək olar ki, həssaslığı yüksək olan voltmetrin yüklənmə təsiri aşağı olacaqdır.

Misal 7: Həssaslığı  $20 K \Omega / V$  olan voltmetrin a) 3V, b) 10V, c) 30V mərtəbələri ilə şəkil 8-dəki dövrədə  $E = 30V$ ,  $R_1 = 36 K\Omega$ ,  $R_2 = 4 K\Omega$  qiymətləri üçün  $R_2$  rezistorunun uclarındakı gərginlik ölçülür. Hər bir mərtəbə üçün ölçülən gərginlikdə yaranan xətanı müəyyən edin.

Həlli:

a) Voltmetrin qoşulu olmadığı halda  $R_2$  rezistoru üzərinə düşən gərginliyi bölücü dövrə olduğu üçün aşağıdakı düstürlə hesablamaq olar.

$$V_{R_2} = \frac{ER_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{30 \cdot 4}{36 + 4} = 3V$$

3V mərtəbəsindəki voltmetrin giriş müqaviməti və ekvivalent müqavimətini təyin edək.

$$R_{i1} = (\text{həssaslıq}) \cdot (\text{voltmetrin mərtəbəsi}) = 20 \cdot 10^3 \cdot 3 = 60 K\Omega$$

$R_{i1}$  rezistoru ilə  $R_2$  rezistoru paralel qoşulu olduğu üçün ekvivalent müqaviməti hesablayaq.

$$R_{2i1} = R_{i1} // R_2 = \frac{R_{i1} \cdot R_2}{R_{i1} + R_2} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^3}{60 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3} = 3,75 K\Omega$$

Bu mərtəbədəki voltmetrin dövrə qoşulması halında ölçüləcək gərginlik

$$V_{R_{2i1}} = \frac{ER_{2i1}}{(R_1 + R_{2i1})} = \frac{30 \cdot 3,75}{36 + 3,75} = 2,8V$$

3V mərtəbəsində dayanan voltmetrdə yaranan xəta

$$\beta_{3V} = \frac{(V_1 + V_2)}{V_1} = \frac{(3 - 2,8)}{3} = 6,6\%$$

Eyni ardıcılıqla digər mərtəbələr üçün uyğun hesabları aparmaq lazımdır.

b) 10V mərtəbəsində

$$R_{i2} = 20 \cdot 10^3 \cdot 10 = 200 K\Omega$$

$$R_{2i2} = R_{i2} // R_2 = \frac{R_{i2} \cdot R_2}{R_{i2} + R_2} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3} = 3,92 K\Omega$$

$$V_{R_{2i2}} = \frac{ER_{2i2}}{(R_1 + R_{2i2})} = \frac{30 \cdot 3,92}{36 + 3,92} = 2,95V$$

$$\beta_{10V} = \frac{(V_1 + V_2)}{V_1} = \frac{(3 - 2,95)}{3} = 1,66\%$$

c) 30V mərtəbəsində

$$R_{i3} = 20 \cdot 10^3 \cdot 30 = 600 K\Omega$$

$$R_{2i3} = R_{i3} // R_2 = \frac{R_{i3} \cdot R_2}{R_{i3} + R_2} = \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^3}{600 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3} = 3,97 K\Omega$$

$$V_{R_{2i3}} = \frac{ER_{2i3}}{(R_1 + R_{2i3})} = \frac{30 \cdot 3,97}{36 + 3,97} = 2,98V$$

$$\beta_{30V} = \frac{(V_1 + V_2)}{V_1} = \frac{(3 - 2,98)}{3} = 0,66\%$$

Yuxarıdakı misaldakı nəticələrdən görüldüyü kimi 30V mərtəbəsində yüklənmə təsiri daha azdır. Bu mərtəbədə əqram tam şkalanın 10%-i qədər meyl edərkən 10V –da 30% , 3V-da isə 93%-i qədər meyl edir. Yüksək mərtəbələrdə yüklənmə xətası daha az olmasına baxmayaraq voltmetrin tipindən asılı olaraq mütləq xəta da daha böyük olmalıdır. Bu səbəblə də ölçmə prosesi üçün seçiləcək mərtəbə mümkün qədər böyük və meylətmə miqdarı da daha çox olmalıdır. Nəticə olaraq deyə bilərik ki, eyni gərginlik qiyməti üçün müxtəlif

mərtəbələrdə oxunan qiymət eynidirsə voltmetr dövrəni yükləməmişdir. Əgər müxtəlif mərtəbələrdə müxtəlif qiymətlər şkaladan oxunarsa demək, voltmetr dövrədə yüklənməyə səbəb olmuşdur. Hər iki halda da maksimum meyletmənin olduğu mərtəbədə oxumanın aparılması daha uyğundur.

### Sabit cərəyan voltmetrlərindən istifadə edərkən

- Voltmetr dövrəyə qoşularkən gərginliyi ölçüləcək radioelementə paralel qoşulmalıdır. Dövrəyə enerji verilməsindən əvvəl voltmetrin mərtəbəsi ən yüksək vəziyyətə gətirilməli, sonra uyğun mərtəbəyə qədər enidirməlidir. Aşağı dərəcəli mərtəbəyə yüksək gərginlik tətbiq olunarsa əqrəb sürətli hərəkət edərək əyilə və ya sına bilər. Bunda başqa sarğılar və ardıcıl rezistor sıradan çıxar bilər.
- Voltmetrin uclarına tətbiq olunacaq gərginliyin polyarlığına diqqət yetirmək lazımdır. Voltmetrin əks polyarlıqla qoşulması halında əqrəb əks istiqamətdə meyl edəcəkdir. Əqrəb sakitləşdirici mexanizm səbəbilə hərəkət edə bilmədiyi üçün fərq edilməz və axan cərəyan səbəbilə sarğılar yana bilər və xəsarət meydana çıxar.
- Voltmetrin daxili müqaviməti ən yüksək olan mərtəbələrdə böyük olduğu üçün dövrəyə az təsir göstərməksi üçün oxumanın ən yüksək mərtəbədə aparılması məsləhət görülür.

### Müqavimətin ölmülmesi və Ommetrlər

Om qanununa görə müqavimət gərginliyin cərəyanı olan nisbəti ilə müəyyən olunur. Dolayısı ilə müqavimət gərginlik ilə cərəyan arasındakı nisbət əmsalına bərabərdir. Riyazi olaraq  $R = E/I$  olaraq ifadə olunur.

Rezistorlar müqavimətlərinin qiymətlərindən asılı olaraq aşağıda qeyd olunmuş siniflərə ayrılırlar:

- Kiçik qiymətli rezistorlar:  $1\Omega$ -dan daha kiçik qiymətli rezistorlar,
- Orta qiymətli rezistorlar:  $1\Omega$  ilə  $0,1\text{ M}\Omega$  arasında dəyişən rezistorlar,
- Böyük qiymətli rezistorlar:  $0,1\text{ M}\Omega$  -dan daha yüksək qiymətli rezistorlar.

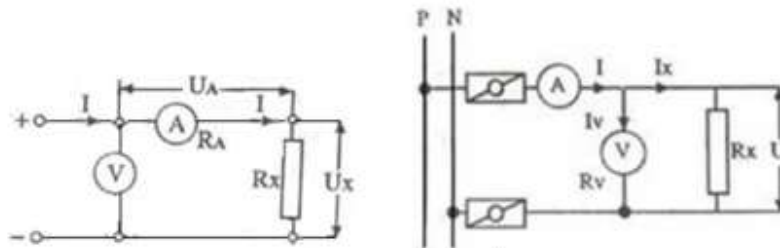
Orta qiymətli rezistorlar əsasən aşağıdakı üsullar əsasında ölçülür.

- Voltmetr-ampermetr metodu
- Müqaisə metodu
- Ommetr metodu
- Vilson körpü metodu

Orta qiymətli rezistorlar əsasən aşağıdakı üsullar əsasında ölçülür.

- Qoruyucu metod
- Yük itgisi metodu
- Meqaoom metodu

### Voltmetr-ampermetr metodu



## OSSILLOQRAFİK ÖLÇMƏLƏR

### Rəqəmsal osilloqraflar

Ossilloqraf ( latın sözü osilium - rəqs etmək, yellənmək və yunanca qrafo – yazıram sözlərinin birləşməsindən əmələ gəlmişdir ) zamana görə dəyişən elektrik proseslərini müşahidə və ya qeyd etmək üçün cihazdır. O, siqnalın struktur parametrlərinin (amplitudasının) zamanla necə dəyişdiyini göstərir. Ossilloqraf müxtəlif elektriki parametrləri (gərginlik, cərəyan şiddəti, fazalar fərqi, dəyişən cərəyan tezliyi, impulsların davam etmə müddəti, təkrar olunma tezliyi və s.) ölçməyə imkan verir. Şaquli ox (Y oxu) üzərində amplitud dəyişiklikləri, üfüqi ox (X oxu) zaman parametrlərini görmək mümkündür. Ekranın intensivliyi və ya parlaqlığı isə adətən Z oxu ilə göstərilir. Osilloqrafın ekranında qurulan qrafik siqnal haqqında çoxlu informasiyaları özündə daşıyır.

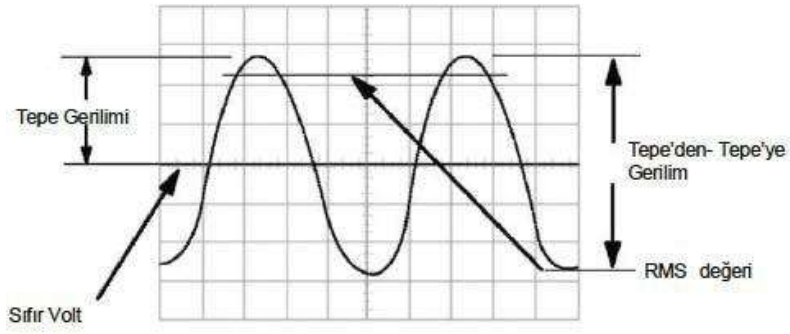
### Osilloqraf vasitəsilə gərginliyin amplitudunun ölçülməsi

Osilloqraf vasitəsilə gərginliyin amplitudunun ölçülməsi müxtəlif sahələrdə əsasən servis və təmir işlərində olduqca geniş istifadə olunur. Multimetr ilə aparılan amplitud ölçülməsinə görə osilloqrafla amplitud ölçülməsi daha çox informasiya verir. Misal üçün multimetr istifadə etdikdə amplitud ölçülən siqnalın formasını və distorsion vəziyyətini müşahidə etmək mümkün deyildir. Halbuki osilloqradla aparılan ölçmədə bu informasiyaları sadə yolla əldə etmək mümkündür.

Osilloqraf ilə ölçülən amplitud qiymətinin aşağıdakı qiymətlərini təyin etmək mümkündür.

- Təpədən-təpə qiymət ( $U_{pp}$ )
- Pozitiv qiymət ( $+U_p$ )
- Neqativ qiymət ( $-U_p$ )

Şəkil 1-də bu qiymətlər sıfır nöqtəsindən başlayaraq periodik olaraq dəyişən siqnal əsasında izahatı verilmişdir. Şəkil 1-də göstərilən vəziyyətdə siqnal sıfır nöqtəsindən başlayaraq hərəkətə başlayır və maksimum səviyyəyə qalxdıqdan sonra ( bu müsbət yəni pozitiv qiymətə uyğundur) minimum səviyyəyə enir (bu mənfi yəni neqativ qiymətə uyğundur) və yenidən ilkin vəziyyətinə qaydır. Hər ikisinin ( yəni pozitiv və neqativ qiymətlər) cəmi isə təpədən-təpəyə amplitud qiymətini verir.



Şəkil 1. Ossilloqrafın ekranı

Bir başa ölçüləbilən bu qiymətlərdən istifadə edərək sinusoidalsiqnal üçün orta (average) və təsiredici (RMS) qiymətləri dolayı yolla ölçülə bilər. Ossilloqrafla amplituduölçərkən VOLT\DiV komutatorunun göstərdiyi qiymət mütləq nəzərə alınmalıdır.

Orta qiymətin ölçülməsi: Orta qiymət tam bir period üçün sıfırdır. Ancaq yarımperiod üçün hesablasaq orta qiyməti ölçülən siqnalın əvvəl  $U_{pp}$  qiyməti ölçülür və aşağıdakı əlaqəüsturu ilə hesablanılır.

$$V_{ort} = 0,637 \frac{V_{pp}}{2}$$

**Təsiredici** qiymətin ölçülməsi: Bu qiymətidə  $U_{pp}$  qiymətini təyin edən düstur vasitəsiylə analitik olaraq hesablanılır.

$$V_{tas} = 0,707 \frac{V_{pp}}{2}$$

Misal üçün  $U_{pp}$  qiyməti 10 V qiyməti alınmışdır, onda

$$U_p = 0,5 \cdot 10 = 5 V$$

$$V_{ort} = 0,637 \cdot 5 = 3,2 V$$

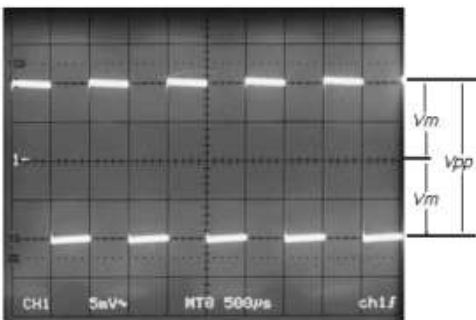
$$V_{tas} = 0,707 \cdot 5 = 3,5 V$$

olaraq hesabıaparılır.

Ossilloqrafın ekranında siqnalın amplitud qiymətinin ölçülməsi zamanı aşağıdakı riyazi ifadədən istifadə olunur.

$$Siq.max.gər = Volt\div \cdot Şaq.xana.say$$

Misal 1: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın maksimal və peak-to-peak gərginlik qiymətini müəyyən edin. Volt/div çevirgəci 5 mV vəziyyətində sazlanmışdır.





Həlli:

İlkin olaraq siqnalın sıfır səviyyəsini müəyyən etmək lazımdır. Ondan sonra bu səviyyədən yuxarı və aşağı xanaların sayı müəyyən edilməlidir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 2-yə bərabərdir. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

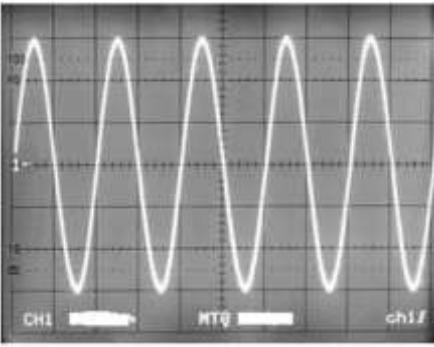
$$Siq.\max.gər = Volt\div \cdot \text{Şaq.xana.say} = 5\text{ mV} \cdot 2 = 10\text{mV}$$

bərabər olar.

Siqnalın peak-to-peak qiyməti isə aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$V_{pp} = 2 \cdot V_m = 2 \cdot 10\text{ mV} = 20\text{ mV}$$

Misal 2: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın maksimal və peak-to-peak gərginlik qiymətini müəyyən edin. Volt/div çevirgəci 10 V vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

İlkin olaraq siqnalın sıfır səviyyəsini müəyyən etmək lazımdır. Ondan sonra bu səviyyədən yuxarı və aşağı xanaların sayı müəyyən edilməlidir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 3-ə bərabərdir. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

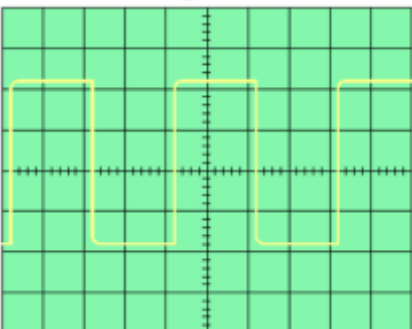
$$Siq.\max.gər = Volt\div \cdot \text{Şaq.xana.say} = 10 \cdot 3 = 30\text{ V}$$

bərabər olar.

Siqnalın peak-to-peak qiyməti isə aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$V_{pp} = 2 \cdot V_m = 2 \cdot 30 = 60\text{ V}$$

Misal 3: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın maksimal və peak-to-peak gərginlik qiymətini müəyyən edin. Volt/div çevirgəci 0,5 V vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

İlkin olaraq siqnalın sıfır səviyyəsini müəyyən etmək lazımdır. Sıfır xətt burada ossilloqrafın ekranın orta xətti götürülmüşdür. Ondan sonra bu səviyyədən yuxarı və aşağı xanaların sayı müəyyən edilməlidir. Orta xəttə diqqət yetirsək görürük ki, orta xətt bölgülərə ayrılmışdır. Hər bir xana həm üfiqi həm də şaqulu ox böyükca 5 bölgüyə ayrılmışdır. Nəzərə alsaq ki,  $Volt/div = 0,5$ -dir. Onda hər bir bölgünün qiyməti  $0,2$ -yə bərabər olacaqdır. Xanaları və bölgü xətlərini nəzərə alsaq xanaların ümumi sayı  $4$ -ə bərabər olacaqdır. Eyni qayda ilə

$$Siq.max.g\ddot{e}r = Volt\div \cdot \text{Şaq.xana.say} = 0,5 \cdot 4 = 2 V$$

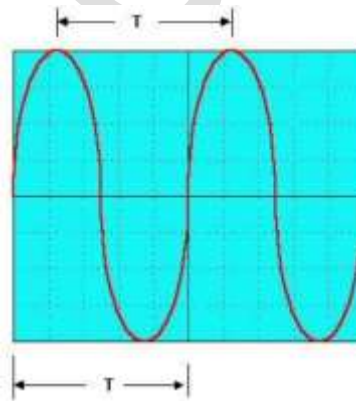
yazmaq olar.

Görünür hesablanan parametrin siqnalın peak-to-peak qiymətidir. Onda siqnalın maksimal (amplitud) qiymətini hesablamaq lazımdır.

$$V_m = \frac{V_{pp}}{2} = \frac{2}{2} = 1 V$$

### Ossilloqraf vasitəsilə tezliyin ölçülməsi

Ossilloqrafın ekranında üfiqi xanalar qurulan qrafikin zaman ölçüsünü göstərir. Hər biq üsuqi xananın ( $1$  sm) ölçüsü  $Time/div$  çevirgəci vasitəsilə müəyyən edilir. Buna görə də hər hansı bir siqnalın tezliyini hesablamaq üçün ilk olaraq zaman çevirgəcini düzgün vəziyyətdə sazlamaq lazımdır. Onu da qeyd edək ki, ossilloqraf vasitəsilə birinci period müəyyənləşdirilir və periodun tezliklə əlaqə düstürü vasitəsilə tezlik hesablanılır. Demək, ossilloqraf vasitəsilə tezlik dolay yolla ölçülür. Aşağıdakı ossilqrafın ekranında siqnalın bir tam dövr etməsi göstərilmişdir. İki nöqtə arasında keçən müddət siqnalın periodudur.



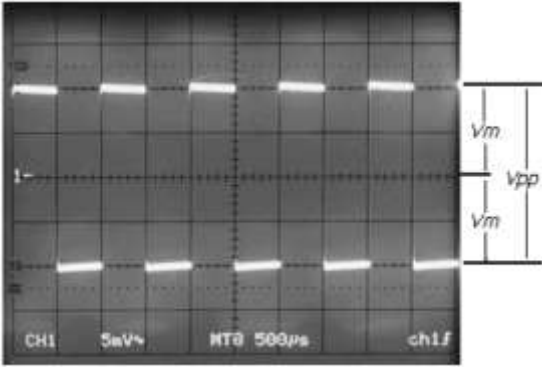
Şəkil 1. Ekran üzərində periodun müəyyənləşdirilməsi

Gərginliyin ölçülməsində olduğu kimi burada da xanaların sayı və zaman çevirgəcinin vəziyyəti əsas götürülür.

$$Siq.period = Time\div \cdot \text{Üfiq.xana.say}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, ossilqrafik metodla siqnalın tezlik qiymətinin ölçülməsində əsaq diqqət yetirilməsi məqan siqnalın bir tam dövrünün ekranda qeyd olunan xanalara simmetrik yerləşdirmədir.

Misal 4: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın periodunu və tezliyini müəyyən edin.  $Time/div$  çevirgəci  $1$  ms vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

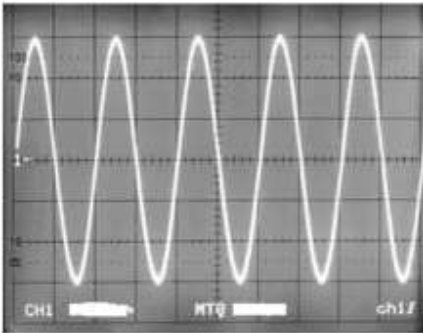
İlkin olaraq siqnalın bir tam dövrünü müəyyən etmək lazımdır. Siqnalın tam bir dövrü ərzində düşdüğü xanaların sayı müəyyən edilir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 2-ə bərabərdir. Yəni siqnal 2 xanadan bir təkrarlanır. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

$$Siq. period = Time \div \cdot \text{Üfiq. xana. say} = 1 ms \cdot 2 = 2 ms$$

Yəni  $T = 2 ms$ . Tezlik ilə period arasında əlaqə düstürü vasitəsilə siqnalın tezliyini hesablamaq olar.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,5 KHz$$

Misal 5: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın periodunu və tezliyini müəyyən edin. Time/div çevirgəci 4 ms vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

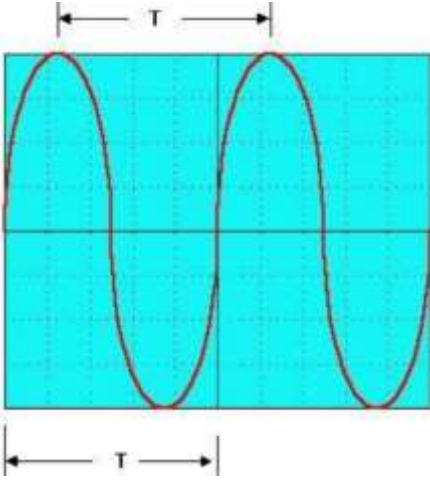
İlkin olaraq siqnalın bir tam dövrünü müəyyən etmək lazımdır. Siqnalın tam bir dövrü ərzində düşdüğü xanaların sayı müəyyən edilir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 2-ə bərabərdir. Yəni siqnal 2 xanadan bir təkrarlanır. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

$$Siq. period = Time \div \cdot \text{Üfiq. xana. say} = 4 ms \cdot 2 = 8 ms$$

Yəni  $T = 8 ms$ . Tezlik ilə period arasında əlaqə düstürü vasitəsilə siqnalın tezliyini hesablamaq olar.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-3}} = 0,125 KHz$$

Misal 6: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın periodunu və tezliyini müəyyən edin. Time/div çevirgəci 1 ms vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

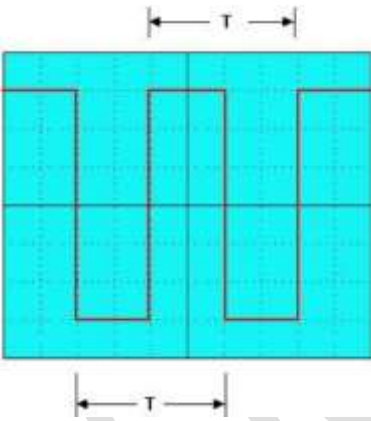
İlkin olaraq siqnalın bir tam dövrünü müəyyən etmək lazımdır. Siqnalın tam bir dövrü ərzində düşdüğü xanaların sayı müəyyən edilir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 5-ə bərabərdir. Yəni siqnal 5 xanadan bir təkrarlanır. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

$$\text{Siq. period} = \text{Time/div} \cdot \text{Üfiq. xana. say} = 1 \text{ ms} \cdot 5 = 5 \text{ ms}$$

Yəni  $T = 5 \text{ ms}$ . Tezlik ilə period arasında əlaqə düstürü vasitəsilə siqnalın tezliyini hesablamaq olar.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = 200 \text{ Hz}$$

Misal 7: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın periodunu və tezliyini müəyyən edin. Time/div çevirgəci 1 mks vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

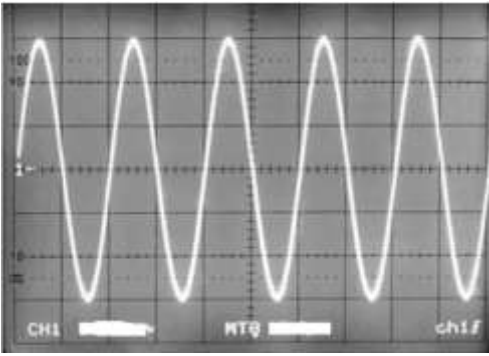
İlkin olaraq siqnalın bir tam dövrünü müəyyən etmək lazımdır. Siqnalın tam bir dövrü ərzində düşdüğü xanaların sayı müəyyən edilir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 4-ə bərabərdir. Yəni siqnal 4 xanadan bir təkrarlanır. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

$$\text{Siq. period} = \text{Time/div} \cdot \text{Üfiq. xana. say} = 1 \text{ ms} \cdot 4 = 4 \text{ ms}$$

Yəni  $T = 4 \text{ mks}$ . Tezlik ilə period arasında əlaqə düstürü vasitəsilə siqnalın tezliyini hesablamaq olar.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-6}} = 25 \text{ KHz}$$

Misal 8: Aşağıdakı ossilloqrafın ekranında göstərilən siqnalın periodunu və tezliyini müəyyən edin. Time/div çevirgəci 10 ms vəziyyətində sazlanmışdır.



Həlli:

İlkin olaraq siqnalın bir tam dövrünü müəyyən etmək lazımdır. Siqnalın tam bir dövrü ərzində düşdüğü xanaların sayı müəyyən edilir. Qrafikdən görünür ki həm yuxarı həm də aşağıdan xanaların sayı 2-ə bərabərdir. Yəni siqnal 2 xanadan bir təkrarlanır. Buna görə siqnalın maksimal qiyməti

$$Siq.period = Time/div \cdot \text{Üfiq.xana.say} = 10 ms \cdot 2 = 20 ms$$

Yəni  $T = 20 ms$ . Tezlik ilə period arasında əlaqə düstürü vasitəsilə siqnalın tezliyini hesablamaq olar.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50 Hz$$