۱) گالوانومتردارسونوال

۲) رفتار ماندگار

۳) رفتار دینامیکی

۴) آمپر متر

۵) ولتمتر

۶) اهم متر

۷) مولتی متر

۱)گالوانومتر دارسونوال :

شبیه آنچه در یک موتور DC داریم در اثر عبور جریان سیم پیچ متحرک حرکت می کند و عقربه متصل به آن نیز می چرخد .

فنر گشتاوری را در مقابله با گشتاور حاصل از عبور جریان ایجاد می کند. چون گشتاور فنر متناسب با زاویه انحراف است هر چه جریان بیشتر باشد بر گشتاور بزرگتری می تواند غلبه کند وعقربه را بیشتر می تواند منحرف کند.

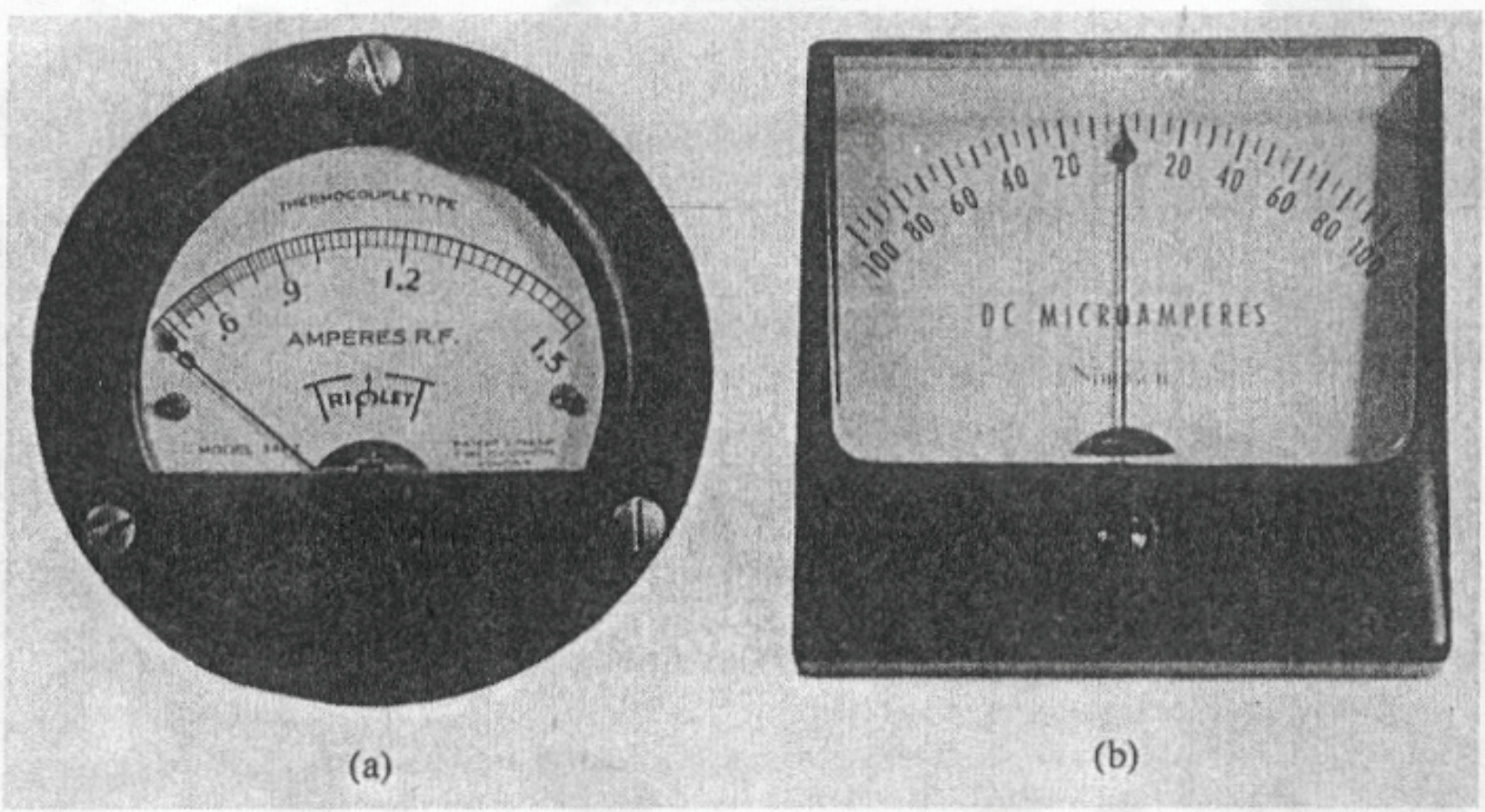
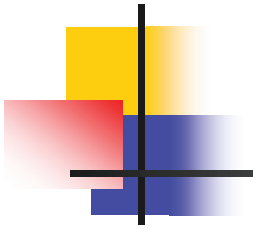


FIGURE 3–4
(a) Thermocouple RF ammeter, (b) zero-center dc microammeter.



۱) گالوانومتردارسونوال ✓

۲) رفتار ماندگار ←

۳) رفتار دینامیکی

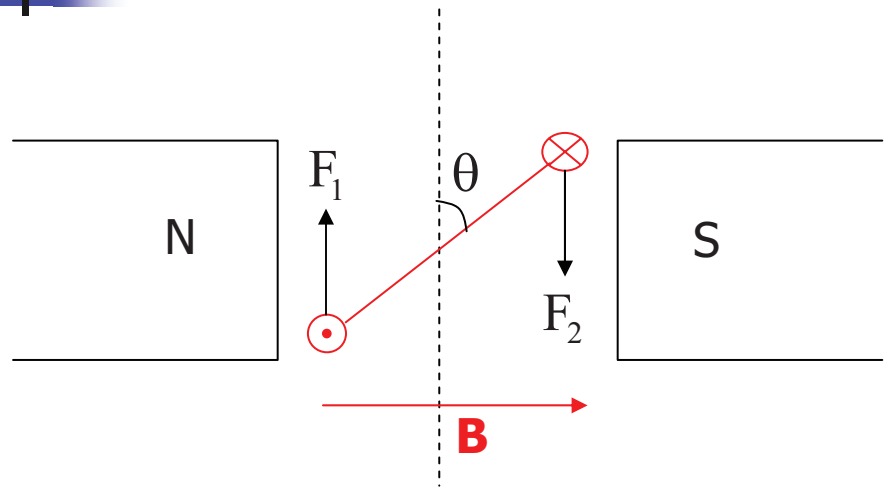
۴) آمپر متر

۵) ولتمتر

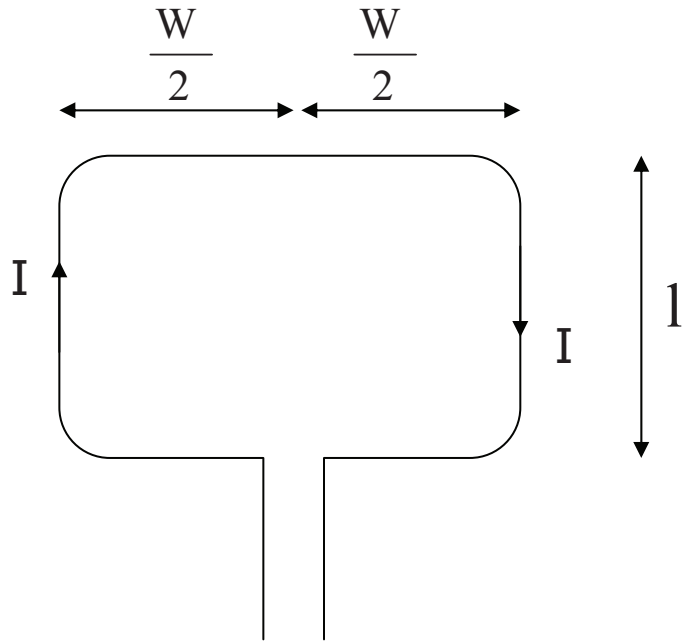
۶) اهم متر

۷) مولتی متر

۲)رفتار ماندگار (ایستای) گالوانومتر



دید از بالا



دید از بغل

معادله نیروی لورنتس :

$$\vec{F}=q(\vec{E}+\vec{V}\times\vec{B})$$

در اینجا بار متحرک در یک میدان مغناطیسی داریم :

$$d\vec{F}=dq\ \vec{V}\times\vec{B}=dq\ \frac{d\vec{L}}{dt}\times\vec{B}=I\ d\vec{L}\times\vec{B}$$

$$F_1=F_2=IlB$$

$$T_1=T_2=IlB\frac{W}{2}Sin(\theta)$$

$$T=IlBWSin(\theta)=BAISin(\theta)$$

و برای N حلقه سیم پیچ :

$$T = NBAISin(\theta)$$

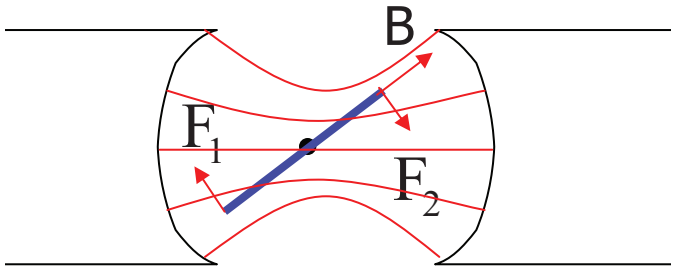
عقربه وقتی می ایستد که این گشتاور محرک با گشتاور مقاوم فنر برابر شود :

$$T_S = S(\theta - \theta_0)$$

یعنی :

$$\mathrm{NBAISin}(\theta) = \mathrm{S}(\theta - \theta_0)$$

برای احتراز از غیر خطی شدن اشل با تغییر شکل آهنربا میدان را به میدان شعاعی تبدیل می کنیم :



در این صورت داریم :

$$T = NBAI$$

(NBA را اصطلاحا ثابت جابجایی گالوانو متر می گوییم.)

عقربه وقتی می ایستد که :

$$NBAI = S(\theta - \theta_0)$$

پس $(\theta - \theta_0)$ بطور خطی متناسب با جریان اعمال شده است .

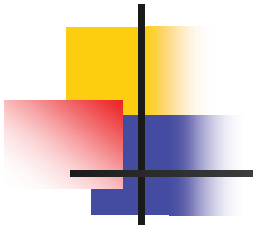
یا اگر مبدأ سنجش θ را از محل اولیهٔ عقربه در نظر بگیریم: $NBAI = S\theta$

یعنی مقدار انحراف عقربه با جریان اعمال شده متناسب است.

حساسیت جریانی گالوانومتر عبارتست ازنسبت انحراف زاویه ای به جریان اعمال شده که آن را به صورت زیر تعریف می کنیم :

$$S_I = \frac{NBA}{S} \qquad \frac{\deg}{\mu A} \; or \; \frac{Rad}{A}$$

پس هر چه تعداد حلقه ها بیشتر ، میدان مغناطیسی آهنربا قویتر، سطح حلقه بزرگتر باشد و یا ثابت فنر کوچکتر باشد حساسیت بیشتر خواهد بود.(در عمل افزایش N و کاهش S راههای متداول برای حساسیت بیشترند.)



۱) گالوانومتردارسونوال ✓

۲) رفتار ماندگار ✓

۳) رفتار دینامیکی ←

۴) آمپر متر

۵) ولتمتر

۶) اهم متر

۷) مولتی متر

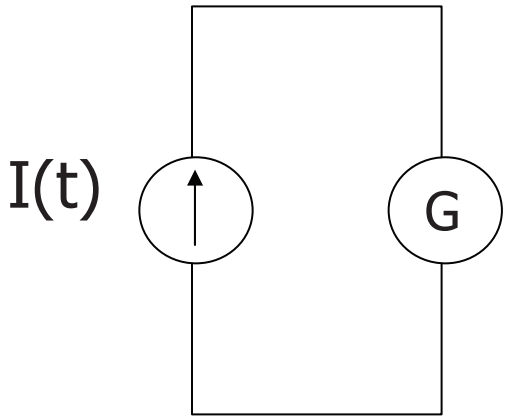
۳) رفتار دینامیکی گالوانومتر :

اگر به گالوانومتری که تاکنون دیده ایم یکباره جریان I را اعمال کنیم به علت اینرسی عقربه از محل θ_∞ گذرد حال نیروی فنر مجددا آنرا به سمت مخالف می کشد و دوباره به دلیل اینرسی به مقداری کمتر از θ_∞ می آید و به این ترتیب عقربه حول مقدار نهایی نوسان می کند . باید وسیله ای برای damping وجود داشته باشد تا نوسانات را میرا کند مثلا اصطکاک عقربه با هوا . پس در مقابل گشتاور محرک سه تا گشتاور داریم :

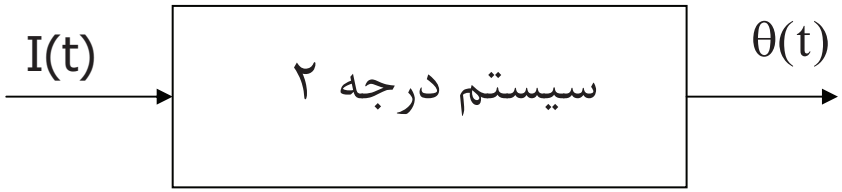
$S\theta$ فنر ، $J\frac{d^2\theta}{dt^2}$ بدلیل اینرسی عقربه و $D\frac{d\theta}{dt}$ بدلیل اصطکاک .

بنابراین اگر منبع جریان I(t) را به گالوانومتر اعمال کنیم معادلهٔ حرکت گالوانومتر بصورت زیر است:

$$J\frac{d^2\theta}{dt^2} + D\frac{d\theta}{dt} + S\theta = NBAI(t)$$



ترمهای اول و دوم معادله فوق در حالت پایدار موثر نیستند و فقط در دینامیک تاثیر دارند .



$$\Rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\theta}{dt} + \omega_n{}^2 \theta = KI(t)$$

$$\alpha = \frac{D}{2J} \qquad \omega_n = \sqrt{\frac{S}{J}} \qquad K = \frac{NBA}{J}$$

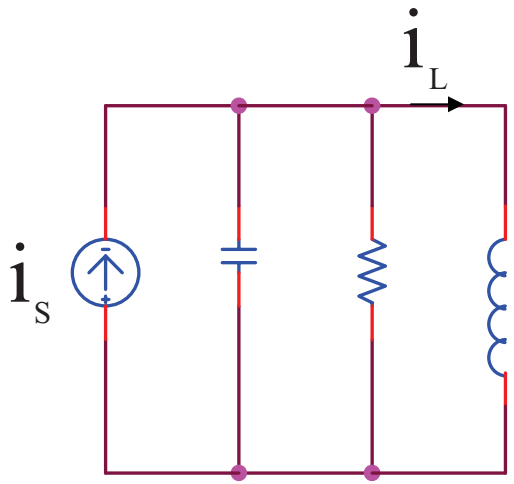
(فرکانس زاویه ای طبیعی)

معمولا f_n در حدود 0.5 تا 1.5 هرتز است .

میرایی نسبی $\zeta = \frac{1}{2Q} = \frac{\alpha}{\omega_n}$

شبیه :

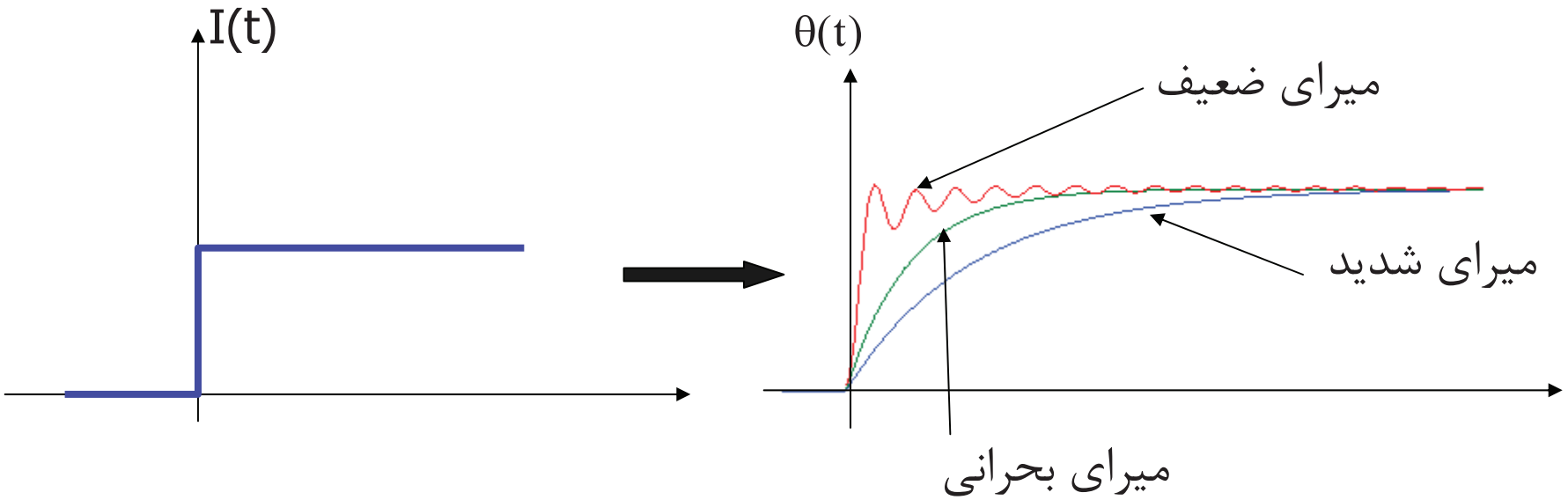
$$LC\frac{di_L^2}{dt^2}+\frac{L}{R}\frac{di_L}{dt}+i_L=i_S(t)$$



$$(\alpha=\frac{1}{2RC},\omega_n=\frac{1}{\sqrt{LC}},Q=\frac{R}{\sqrt{L/C}},\zeta=\frac{\sqrt{L/C}}{2R})$$

$\zeta \succ 1$	overdamped	میرای شدید
$\zeta \prec 1$	underdamped	میرای ضعیف
$\zeta = 1$	*critically damped*	میرای بحرانی

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\zeta\omega_n \frac{d\theta}{dt} + \omega_n^2\theta = kI(t)$$

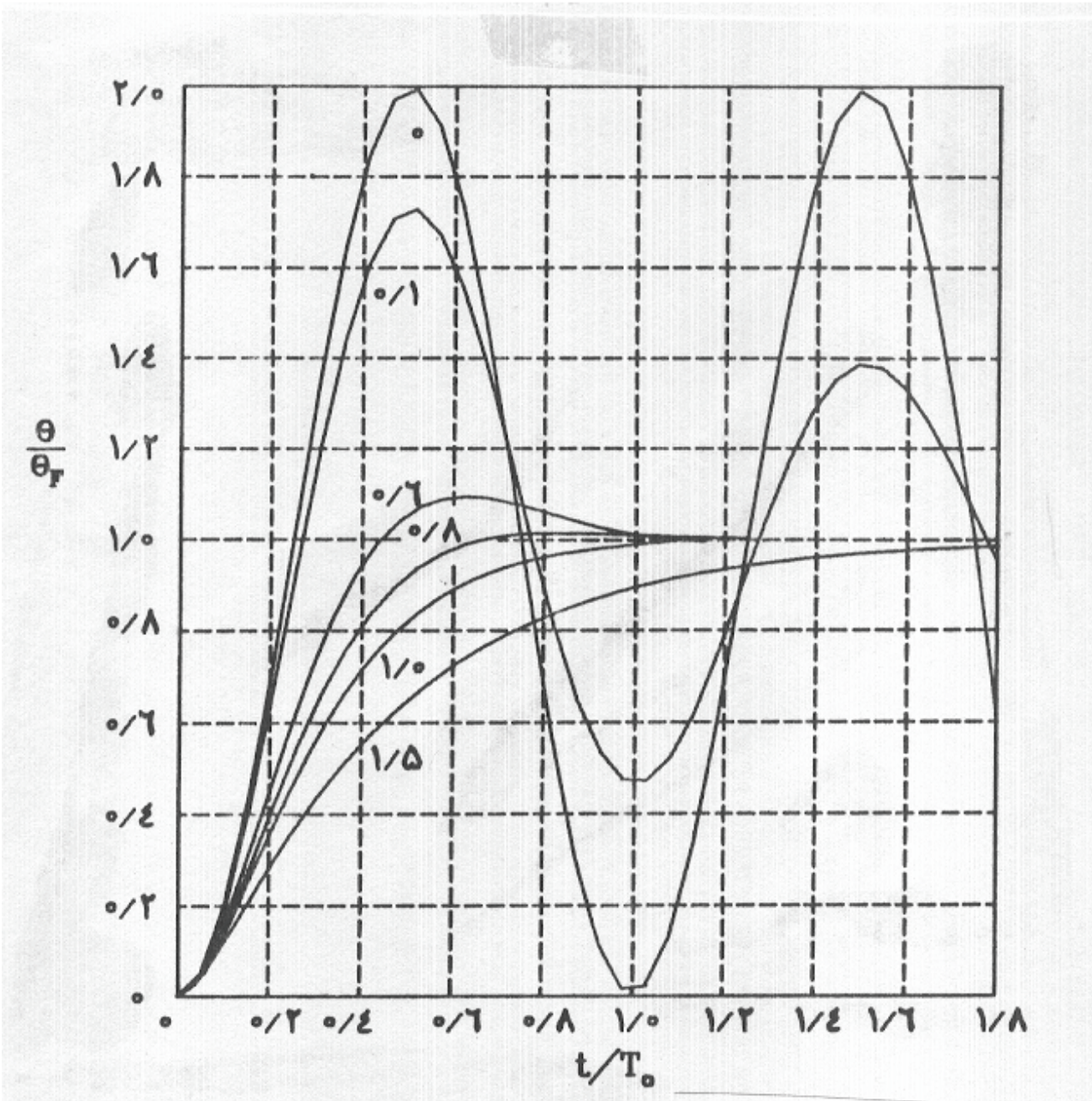


فرکانس نوسان:

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

میرای شدید بسیار نامطلوب است . بهترین حالت میرای بحرانی است که سریع به مقدار نهایی می رسیم . در عمل کمی میرای ضعیف می گیرند. چون اگر overshoot کم و قابل صرف نظر باشد در واقع زودتر به جواب نهایی (به محدوده ای حول جواب نهایی) رسیده ایم.

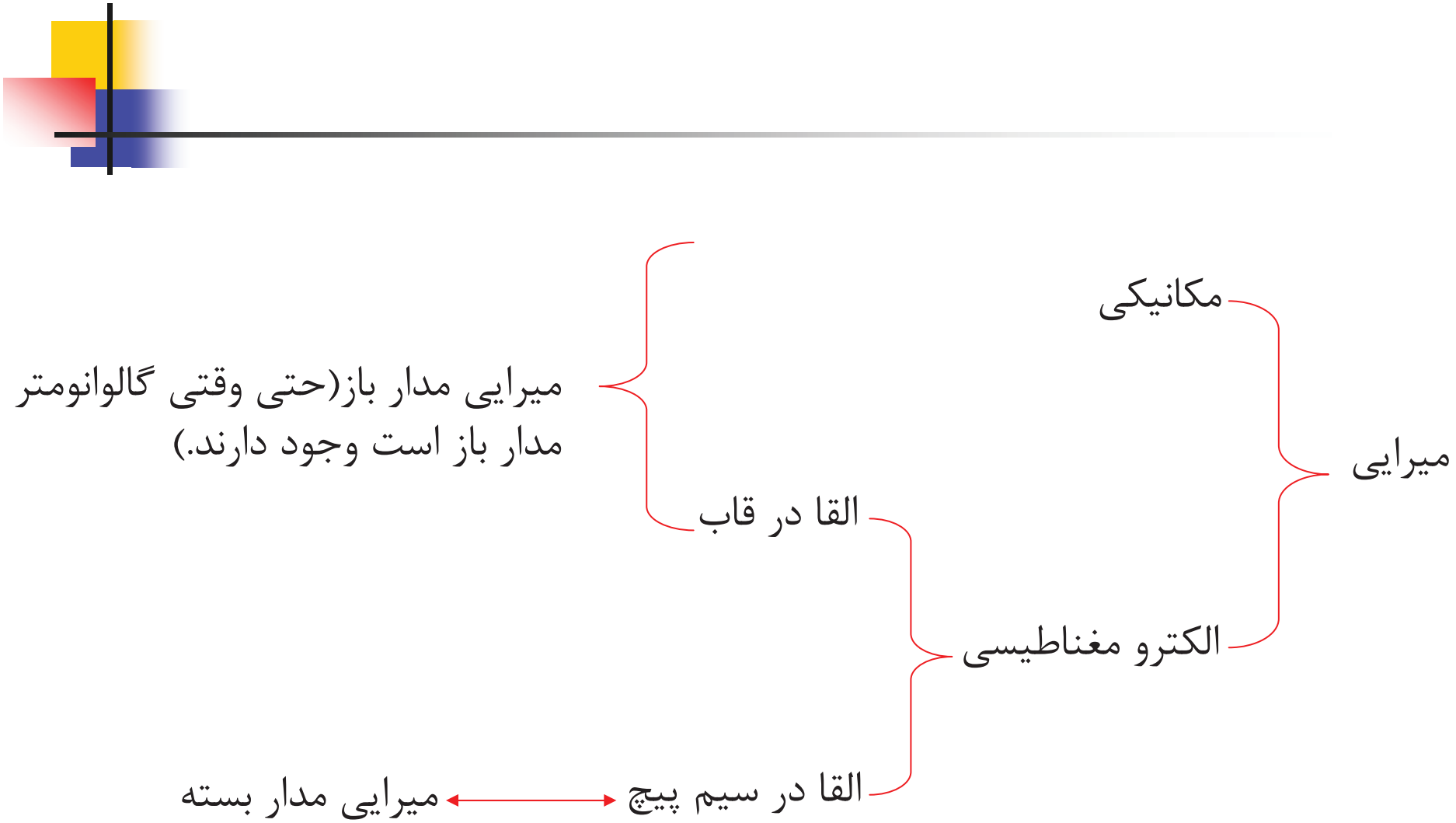
به علاوه به مرور ایام که اصطکاک بیشتر می شود اگر روی بحرانی گذاشته باشیم میرای شدید می شود و مشخص هم نیست که تغییری کرده است . وجود کمی overshoot میتواند نشاندهنده حرکت آزاد پیچک و عقربه و وضعیت خوب پاشنه و سنگ باشد . ζ بین 0.6 تا 1 مناسب است .

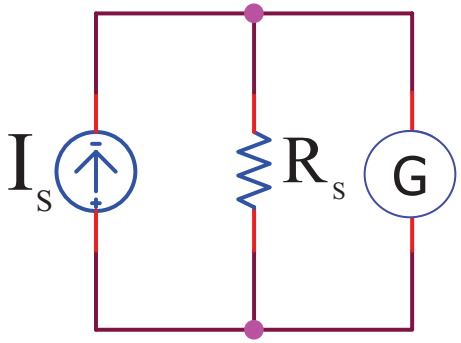


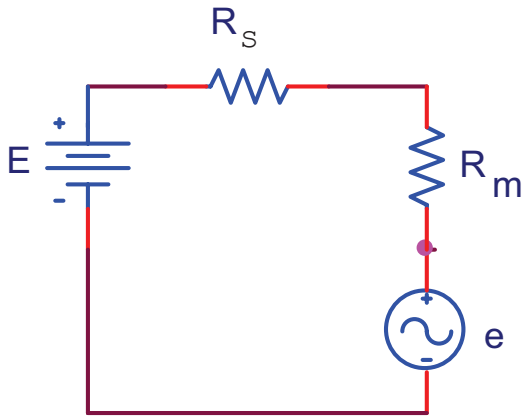
منحنیهای بی‌بعد گالوانومتر.

برای ایجاد اصطکاک به منظور میرایی(damping) از اصطکاک هوا(بعضا پرده ای در یک اتاقک هوا) یا اصطکاک با روغن(نیروی میرا کننده بیشتر ولی دستگاه باید قائم باشد) استفاده می شود.
اینها میرایی مکانیکی بود که در گالوانومتر دارسونوال، بسیار کوچکند و در مقابل سایر میرایی ها قابل صرف نظرند . ولی میرایی می تواند الکترومغناطیسی هم باشد. سیم پیچ را روی یک قاب آلومینیومی می پیچند. با حرکت قاب در میدان مغناطیسی ، جریانهای گردابی(فوکو) در آن بوجود می اید که طبق قانون لنزگشتاوری در جهت مخالف حرکت قاب به آن وارد می آورند و سبب میرایی می شوند.

گشتاور حاصله با سرعت عقربه($\frac{d\theta}{dt}$) متناسب است.(چون emf حاصل از گردش طبق قانون فارادی با سرعت متناسب است.) میراییهای فوق را میرا ییهای مدار باز می گویند که به خلاف میرایی نوع بعدی حتی وقتی که گالانومتر مدار باز است وجود دارند ولی میرایی الکترومغناطیسی دیگری که در گالوانومتر وجود دارد(که اغلب میرایی ناشی از القاء در قاب و نیز اصطکاک نسبت به آن قابل صرف نظر هستند)ناشی ازemf القایی در خود سیم پیچ است. چون در عمل گالوانومتر توسط منبع جریان ایده آل تحریک نمی شود ، این emf (که متناسب با $\frac{d\theta}{dt}$ است) جریانی در جهت عکس و لذا گشتاور میرا کننده ای ایجاد می کند.


میرایی
مکانیکی
میرایی مدار باز(حتی وقتی گالوانومتر مدار باز است وجود دارند.)
الکترو مغناطیسی
القا در قاب
القا در سیم پیچ
میرایی مدار بسته





$$R = R_S + R_m \qquad I = \frac{E}{R} - \frac{e}{R}$$

$$T = NBAI = NBA\frac{E}{R} - NBA\frac{e}{R} \quad *$$

ولی می توان اثبات کرد که :

$$\Rightarrow e = NBA\frac{d\theta}{dt}$$

(توجه کنید e و گشتاور حاصل از آن در حالت پایدار صفر است و روی قرائت نهایی اثری ندارد ولی در رفتار دینامیک موثر است و ایجاد میرایی می کند.)

داشتیم:

$$J\frac{d^2\theta}{dt^2}+D_{air}\frac{d\theta}{dt}+S\theta=NBAI$$

پس با قرار دادن مقدار e در رابطه (*) داریم:

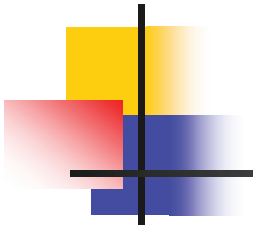
$$J\frac{d^2\theta}{dt^2}+(D_{air}+\frac{(NBA)^2}{R})\frac{d\theta}{dt}+S\theta=NBA\frac{E}{R}$$

(در مورد القا در قاب هم به طریق مشابه داریم :

$\frac{(BA)^2}{R_f}\frac{d\theta}{dt}$ = گشتاور ناشی از القاء در قاب(که R_f مقاومت قاب است.)

که باید به ضریب $\frac{d\theta}{dt}$ در رابطه بالا اضافه شود ولی معمولا خیلی کوچک است.)

پس ضریب میرایی گالوانومتر نه فقط به میرایی هوا بلکه به مقاومت خارجی گالوانومتر بستگی دارد.هر چه $R = R_s + R_m$ کوچکتر باشد میرایی بیشتر می شود(برای $R \to \infty$ که منبع جریان ایده آل داریم(گالوانومتر مدار باز) میرایی ناشی از القاء در سیم پیچ را نخواهیم داشت) می توان مقدار R_s را طوری انتخاب کرد که $\zeta=1$ شود به این مقدار مقاومت، مقاومت خارجی میرایی بحرانی CDRX(Critical Damping Resistance External) می گویند.
(بطور تجربی نیز قابل تعیین است.)



۱) گالوانومتردارسونوال ✓

۲) رفتار ماندگار ✓

۳) رفتار دینامیکی ✓

۴) آمپر متر ←

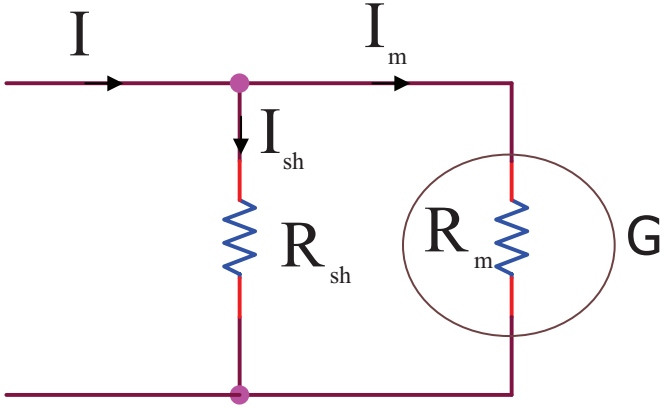
۵) ولتمتر

۶) اهم متر

۷) مولتی متر

۴) آمپرمتر(DC) با استفاده از گالوانومتر دار سونوال:

حساسیت گالوانومتر بسیار زیاد است و انحراف تمام مقیاس آن به ازای جریان چند ده میکرو آمپر حاصل می شود(حد اکثر چند میلی آمپر). برای اینکه جریانهای بزرگتر را با گالوانومتر اندازه بگیریم می توانیم از مقاومت موازی(شنت) استفاده کنیم تا فقط کسر مشخصی از جریا ن از گالوانومتر عبور کند.



یک مقاومت شنت با گالوانومتر موازی می کنند.

$$I_m = \frac{R_{sh}}{R_m + R_{sh}} I$$

اگر بخواهیم $I = kI_m$ در این صورت:

$$\frac{1}{K} = \frac{R_{sh}}{R_m + R_{sh}} \Rightarrow R_{sh} = \frac{R_m}{K-1}$$

مثال:

اگر جریان انحراف تمام مقیاس گالوانومتری $100\mu A$ باشدو مقاومت داخلی آن 100Ω باشدو بخواهیم با آن یک آمپر متر $10mA$ بسازیم:

$$K = \frac{10mA}{100\mu A} = 100$$

$$R_{sh} = \frac{R_m}{99} = \frac{100}{99} = 1.01\Omega$$

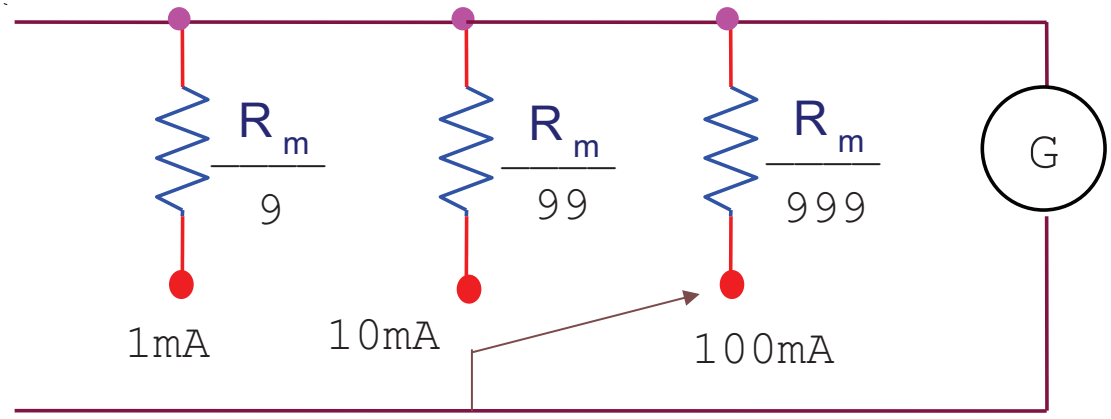
هر چه جریان بزرگتر باشد مقاومت شنت کوچکتری لازم است. مقدار شنت باید دقیق و پایدار باشد(emf حرارتی شنت کم باشد). شنت باید تحمل عبور جریان مورد نظر را داشته باشد(برای جریانهای خیلی زیاد مثلا 100A به بالا از شنت خارجی استفاده می شود(شبیه هیت سینک)).

آمپرمترچند گستره: Multirange

با انتخاب R_{sh} های مختلف می توان رنج اندازه گیری را تغییر داد :

مثال:

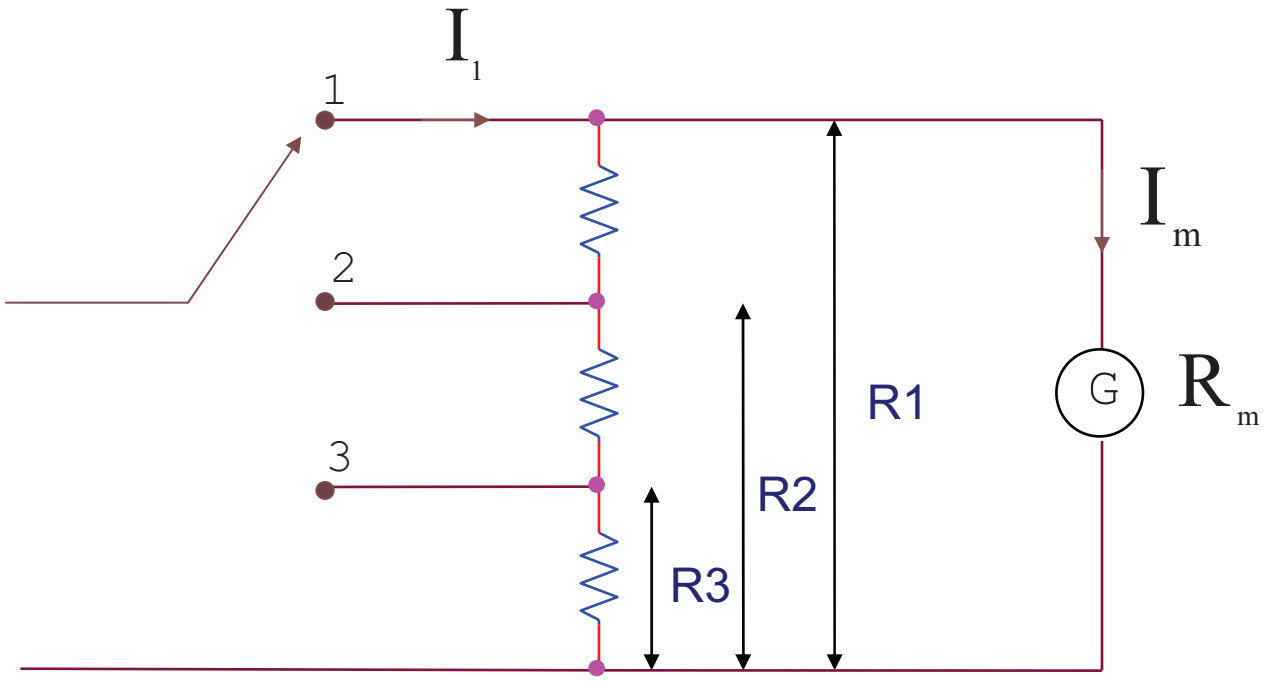
گالوانومتر 100μA با مقاومت داخلی R_m :



اشکال این دستگاه اینست که وقتی کلید تغییر وضعیت می دهد تمام جریان از G می گذرد و ممکن است که بسوزد . راه مقابله با این مشکل استفاده از سوئیچ make before break است.

راه بهتری که در اغلب آمپرمترها استفاده می شود استفاده از شنت آیرتون است.

شنت آیرتون(عام) (Ayrton universal shant)



در اینجا نگران حالت بینابین تغییرات سوئیچ نخواهیم بود . می توان مقدار R1 را برابر CDRX انتخاب کرده و به این ترتیب(با فرض اینکه امپدانس خارجی خیلی بزرگتر از امپدانس آمپرمتر باشد) همواره در تمام رنجها گالوانومتر مقاومت بحرانی را می بیند در حالیکه این کار را در روش قبل نمی شد انجام داد و مقدار کم مقاومت شنت اغلب سبب فوق میرا شدن می شد.

البته در اینجا در حساسترین وضعیت هم تمام جریان از گالوانومتر نمی گذرد و R1 با آن شنت شده ولی معمولا CDRX خیلی از Rm بزرگتر است و لذا این کاهش حساسیت قابل ملاحظه نیست.

در اینجا اگر کلید در وضعیت ۱ باشد :

$$I_m R_m = (I_1 - I_m) R_1$$

$$\rightarrow \frac{I_m}{I_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_m} \rightarrow \boxed{R_1 = \frac{R_m}{K_1 - 1}} \quad \text{where } K_1 = \frac{I_1}{I_m}$$

اگر کلید در وضعیت ۲ باشد:

$$I_m(R_1 - R_2 + R_m) = (I_2 - I_m)R_2 \rightarrow$$

$$\frac{I_m}{I_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_m} \Rightarrow R_2 = \frac{R_1 + R_m}{K_2} \quad where\ K_2 = \frac{I_2}{I_m}$$

کلا در وضعیت i ام داریم :

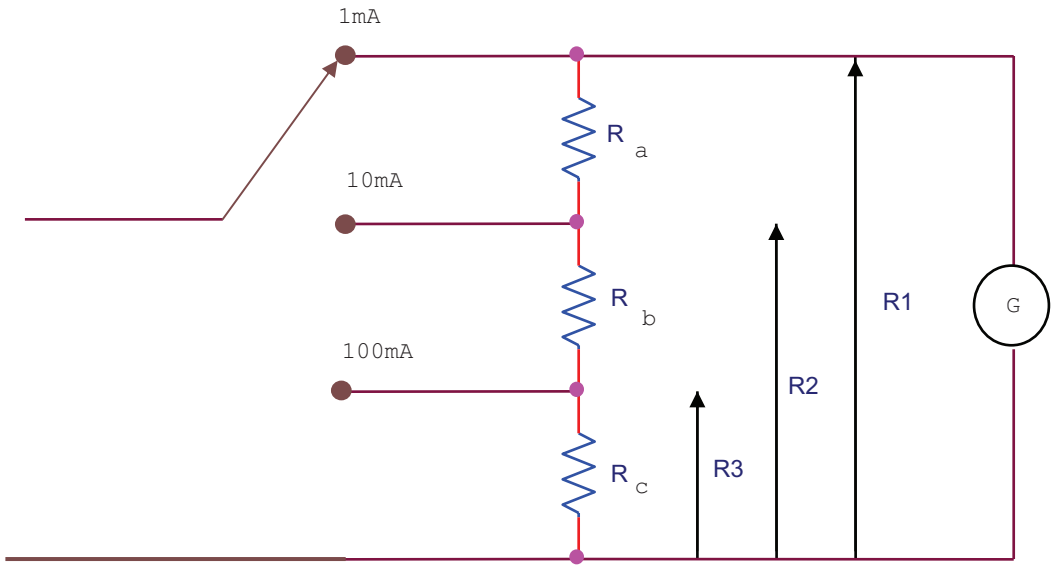
$$\frac{I_j}{I_i} = \frac{R_i}{R_j}$$

ونیز داریم

$$\frac{I_m}{I_i} = \frac{R_i}{R_1 + R_m}$$

مثال :

گالوانومتر صد میکرو آمپری با مقاومت داخلی Rm داریم با استفاده از شنت آیرتون آمپر متر دارای رنجهای ۱و ۱۰و ۱۰۰ میلی آمپر طراحی کنید.(دیدن CDRX در اینجا خواسته نشده است.)



$$R_1 = \frac{R_m}{K_1 - 1} = \frac{R_m}{10-1} = \frac{R_m}{9} \qquad \frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{10} \Rightarrow \qquad R_2 = \frac{R_1}{10} = \frac{R_m}{90} \qquad R_3 = \frac{R_2}{10} = \frac{R_m}{900}$$

$$R_c = R_3 = \frac{R_m}{900} \qquad R_b = R_2 - R_3 = \frac{R_m}{100} \qquad R_a = R_1 - R_2 = \frac{R_m}{10}$$

نکات عملی کار با آمپر متر :

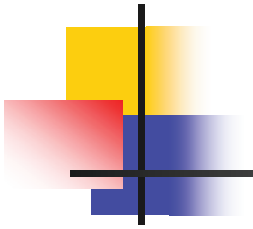
1ـ هیچگاه آمپرمتر را مستقیماً به منبع ولتاژ وصل نکنید.جریان زیاد حاصله به عقربه صدمه میزند .

2ـ وقتی order جریان را نمی دانید، اول آمپرمتر را روی بالاترین Range قرار دهید و به تدریج رنج را کم کنید .

3ـ مراقب باشید پلاریته صحیح را به کار ببرید تا عقربه در اثر انحراف در جهت عکس صدمه نبیند.

4ـ مقاومت داخلی آمپرمتر باید بسیار کوچکتر از مقاومت مدار باشد تا سری کردن آمپرمتر موجب تغییر جریان نشود. (اثر بارگذاری کم)

خواهیم دید این مقاومت داخلی بستگی به R_m و گستره (Range) استفاده شده دارد .



۱) گالوانومتردارسونوال ✓

۲) رفتار ماندگار ✓

۳) رفتار دینامیکی ✓

۴) آمپر متر ✓

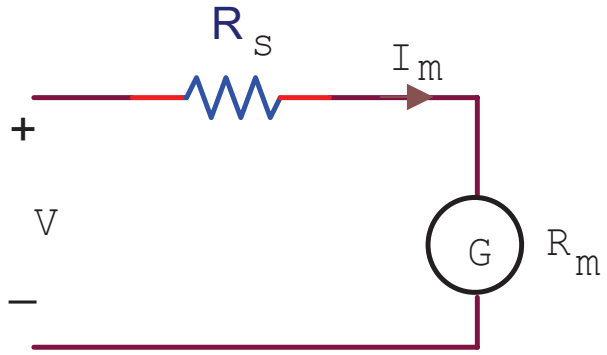
۵) ولتمتر ←

۶) اهم متر

۷) مولتی متر

۵) ولتمتر

برای ساخت یک ولتمتر توسط گالوانومتر دارسونوال یک مقاومت بزرگ با گالوانومتر سری می کنیم . مقدار مقاومت سری(ضرب کننده) مورد لزوم بصورت زیر قابل محاسبه است:

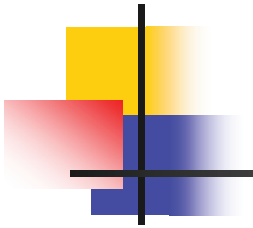


$$V = I_m(R_s + R_m) \Rightarrow R_s = \frac{V}{I_m} - R_m$$

مثال:

گالوانومتر 100μA با مقاومت داخلی 500 اهم داریم و می خواهیم ولتمتری با تمام مقیاس 10v داشته باشیم .

$$R_s = \frac{10v}{100\mu A} - 500\Omega = 99.5k\Omega$$



یا اگر $R_m I_m$ را با v نشان دهید در مثال فوق $v = 500\Omega * 100\mu A = 0.05v$

و نسبت افزایش رنج ولتاژ را با K نشان دهیم $K = \frac{V}{v}$ داریم :

$$K = \frac{I_m (R_s + R_m)}{I_m R_m} = 1 + \frac{R_s}{R_m} \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_s = (K-1) R_m}$$

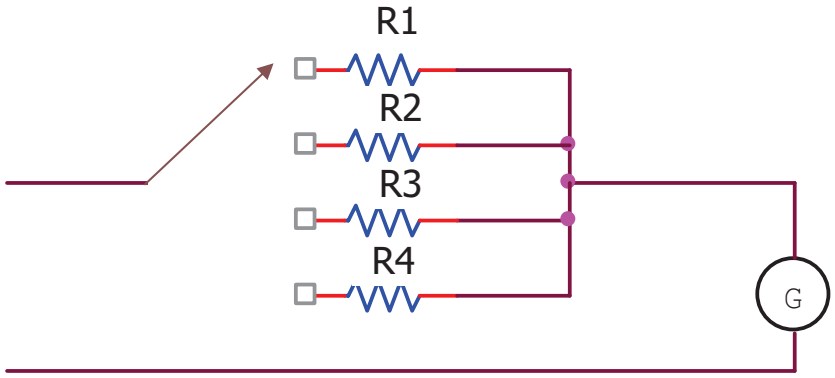
در مثال فوق :

$$K = \frac{10v}{0.05v} = 200 \quad \Rightarrow \quad R_s = 199 R_m = 99.5k\Omega$$

هر چه بخواهیم رنج ولتاژ بزرگتر باشد مقاومت سری لازمه بزرگتر خواهد بود . مقدار مقاومت سری (ضرب کننده) باید دقیق و پایدار باشد و تحمل توان لازمه را داشته باشد .

ولتمتر چند گستره multirange :

برای داشتن رنجهای متعدد می توان از مقاومتهای سری مختلف استفاده کرد :



مثال:

گالوانومتری با جریان تمام مقیاس 100μA ومقاومت داخلی 500 اهم داریم و می خواهیم ولتمتری با رنجهای 10،50،250 و1 ولت بسازیم :

$$v = 0.05v$$

$$K_1 = \frac{1v}{0.05v} = 20 \quad \Rightarrow \quad R_1 = 19R_m = 9.5k\Omega$$

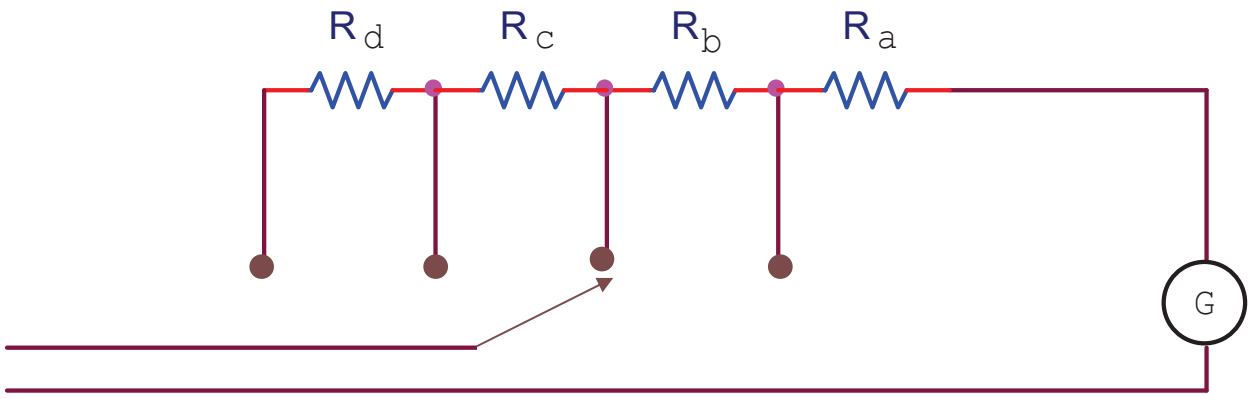
$$K_2 = 200 \quad \Rightarrow \quad R_2 = 199R_m = 99.5k\Omega$$

$$R_3 = 499.5k\Omega$$

$$R_4 = 2499.5k\Omega$$

در اینجا مقدار مقاومتها روند نیستند. بهتراست درهر مرحله از مقاومت مرحلهٔ قبل نیز استفاده کنیم.

روش بهتر:



$$R_a = R_1 = 9.5k\Omega$$
$$R_b = R_2 - R_1 = (K_2 - K_1)R_m = 90k\Omega$$
$$R_c = (K_3 - K_2)R_m = 400k\Omega$$
$$R_d = (K_4 - K_3)R_m = 2000k\Omega$$

حساسیت ولتمتر :

در مثال قبل :

گستره	مقاومت داخلی ولتمتر
1v	10kΩ
10v	100kΩ
50v	500kΩ
250v	2500kΩ

ملاحظه می شود که در تمام رنجها $\frac{Rv(\text{مقاومت داخلي ولتمتر})}{V(\text{گستره})}$ مقدار ثابتی است (در اینجا 10kΩ/v) زیرا داشتیم:

$$R_i = \frac{V_i}{I_m} - R_m$$

پس

$$\frac{R_i + R_m}{V_i} = \frac{1}{I_m}$$

در مثال قبل

$$\frac{1}{100\mu A} = 10k\Omega / v$$

اصطلاحا این مقدار را حساسیت ولتمتر گویند.

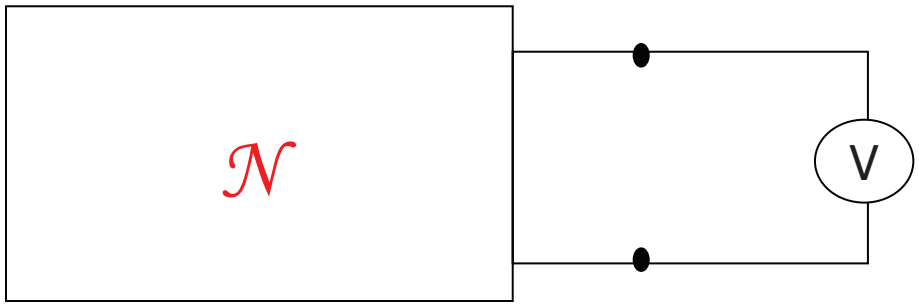
$$\text{حساسیت ولتمتر } S = \frac{\text{(مقاومت داخلی ولتمتر) } Rv}{\text{(گستره ولتاژ) } V} = \frac{1}{\text{جریان انحراف تمام مقیاس گالوانومتر}}$$

به عبارت دیگر S بیان کننده مقاومت داخلی ولتمتر در رنج 1v می باشد .

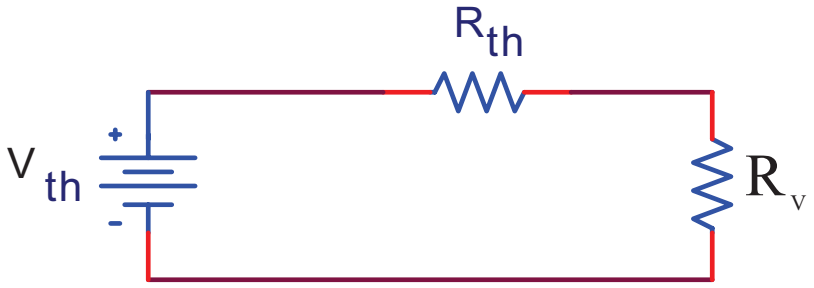
با توجه به رابطه Rv=SV هر قدر S بیشتر بوده و ولتمتر در رنج ولتاژ بزرگتری کار کند مقاومت داخلی بزرگتری خواهد داشت .

(نکته: برای تنظیم CDRX مقاومتی دو سر گالوانومتر موازی می کنند که مقدار آن خیلی کوچکتر از R_a تا R_d می باشد. البته این کار باعث کاهش حساسیت ولتمتر می شود.)

اثر بارگذاری:



در حالت ایده آل باید مقاومت ورودی ولتمتر بی نهایت باشد تا اینکه بدون اثر بارگذاری روی مدار ، مقدار ولتاژ مورد نظر را اندازه گیری کند ولی در عمل مقاومت ورودی ولتمتر محدود است و ولتاژی که خوانده می شود از ولتاژ واقعی کمتر است .



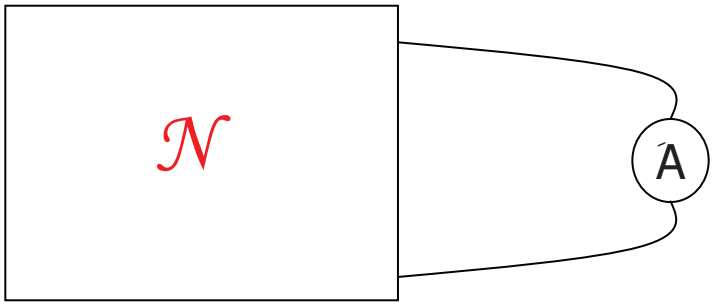
اگر V_m ولتاژ اندازه گیری شده توسط ولتمتر و V_a ولتاژ واقعی باشد داریم :

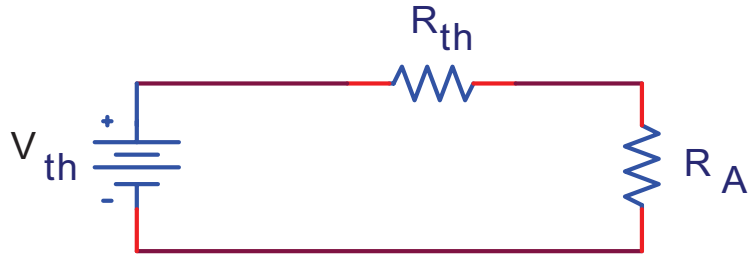
$$V_m = \frac{R_v}{R_v + R_{th}} V_{th} \qquad V_a = V_{th}$$

پس خطای نسبی بارگذاری برابر است با :

$$\text{خطای نسبی بارگذاری ولتمتر} = \left| \frac{V_m - V_a}{V_a} \right| = \frac{R_{th}}{R_v + R_{th}}$$

به همین ترتیب در یک آمپرمتر وقتی واقعا جریان موجود شاخه را اندازه می گیریم که مقاومت داخلی آمپرمتر صفر باشد ولی در عمل این طور نیست .





$$I_m = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_A}$$

$$I_a = \frac{V_{th}}{R_{th}}$$

$$\text{خطای نسبی افزودن آمپرمتر} = \left|\frac{I_m - I_a}{I_a}\right| = \frac{R_A}{R_A + R_{th}}$$

در صورتی خطای نسبی کم خواهد بود که $R_A \prec\prec R_{th}$

بنابراین خطا به مقاومت تونن هم وابسته است و بستگی دارد ما بخواهیم ولت متر را برای چه منظوری به کار ببریم که مناسب با آن کاربرد Rv باید به قدر کافی بزرگ باشد. معمولا در مدارهای الکترونیکی حساسیت ولتمتر باید بیش از 20kΩ/v باشد ولی در مدارات قدرتی می توان از ولتمتر های با حساسیت کمتر استفاده کرد .

- باید Rv >> Rth باشد، تا اثر بارگذاری قابل صرف نظر کردن باشد.
- مقاومت داخلی بستگی دارد به حساسیت ولتمتر و Range ولتاژ ولتمتر.

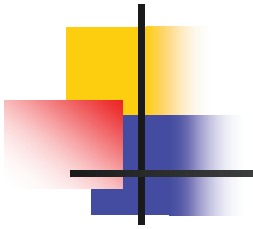
نتیجه: ممکن است با دو ولتمتر متفاوت، دو مقدار مختلف برای یک ولتاژ در مدار بدست بیاوریم. حتی ممکن است یک ولتمتر در دو Range مختلف دو قرائت متفاوت به ما ارائه بدهد که این به علت اثر بارگذاری است. پس همواره چنین نیست که هر چه Range کمتر باشد بهتر است. اگر با پایین آوردن رنج قرائت نسبت به رنج بالاتر تغییر کند نشاندهنده وجود اثر بارگذاری است .

نکات کارعملی با ولتمتر:

۱ـ اول ولتمتر را در بالاترین Range قرار دهید . سپس به تدریج Range را کاهش دهید تا اعمال ولتاژ زیاد سبب انحراف شدید عقربه نشود .

۲ـ اگر با کاهش Range، ولتاژ قرائت شده کم شود، یعنی بارگذاری داریم و باید از Range بالاتر استفاده کرد یا از ولتمتر حساستر استفاده نمود . اما اگر اثر بارگذاری مشاهده نشد از گستره ای که بیشترین انحراف را می دهد استفاده کنید .

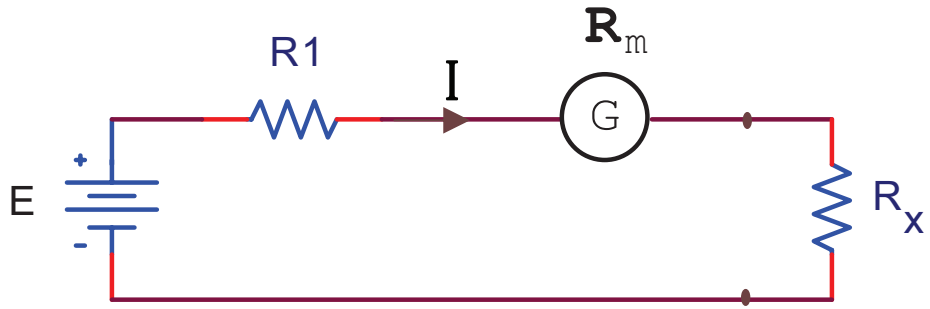
۳ـ مراقب باشید پلاریته صحیح را به کار ببرید تا عقربه در اثر انحراف در جهت عکس صدمه نبیند.



- ✓ ۱) گالوانومتردارسونوال
- ✓ ۲) رفتار ماندگار
- ✓ ۳) رفتار دینامیکی
- ✓ ۴) آمپر متر
- ✓ ۵) ولتمتر
- ← ۶) اهم متر
- ۷) مولتی متر

۶) اهم متر

برای اینکه بتوانیم با گالوانومتر مقاومت را اندازه گیری کنیم کافی است مداری به شکل زیر ببندیم :



مقدار R_1 طوری انتخاب می شود که وقتی ترمینالها را اتصال کوتاه کنیم (حداکثر جریان) جریان حاصله برابر با جریان انحراف تمام مقیاس گالوانومتر باشد. پس برای $R_x = 0$ عقربه تماماً منحرف می شود و برای $R_x \to \infty$ جریان صفر بوده و عقربه منحرف نمی شود.

کلاً

$$I = \frac{E}{R_1 + R_m + R_x}$$

مقدار R1 طوری انتخاب می شود که :

$$I_{fs} = \frac{E}{R_1 + R_m}$$

همان طوری که مشاهده می شود رابطهٔ I با R_x خطی نیست و لذا اشل اهم متر غیر خطی است .

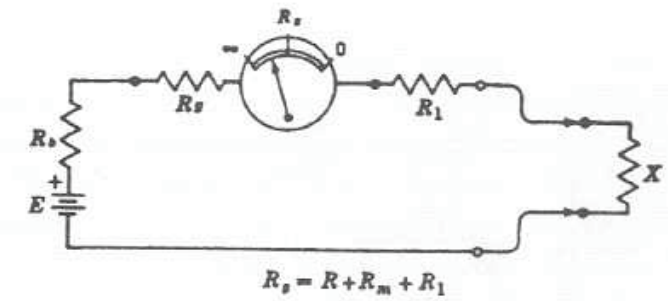
$$p = \frac{I}{I_{fs}} = \frac{R_1 + R_m}{R_1 + R_m + R_x} = \frac{R_{int}}{R_{int} + R_x}$$

مقدار مقاومتی که باعث می شود عقربه به اندازهٔ نصف مقیاس انحراف یابد، مقاومت نصف مقیاس (R_h) گویند :

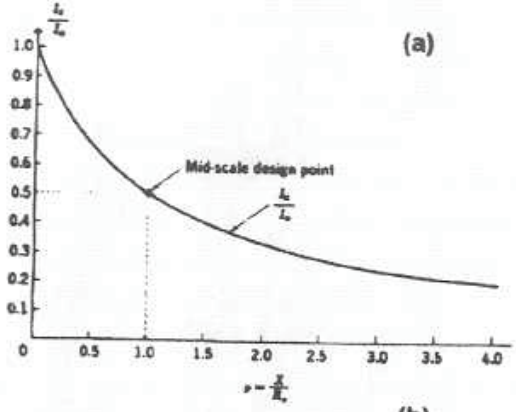
$$I = \frac{I_{fs}}{2} \Rightarrow R_h = R_m + R_1 = R_{int}$$

R_x	p
$R_h / 2$	2/3
R_h	1/2
$2R_h$	1/3
$3R_h$	1/4

برای مقاومت های بزرگ اشل فشرده تر است
و دقت قرائت کم می شود(تا حدود $3R_h$ مناسب است)

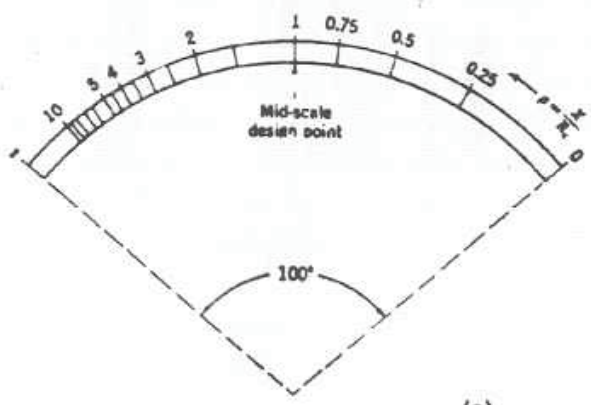


$$R_s = R + R_m + R_1$$



(a)

(b)

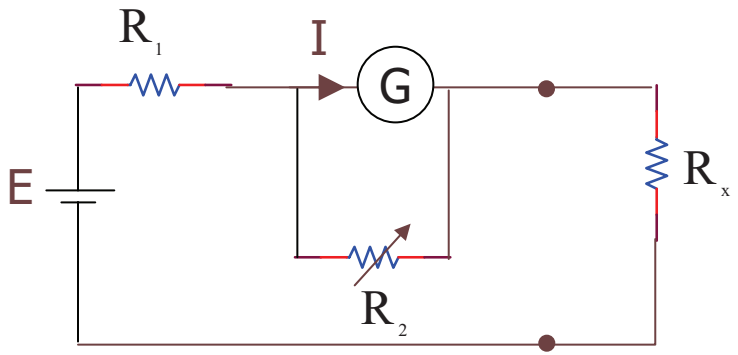


(c)

شکل ۸-۸ اهم متر سری a) مدار b) منحنی تغییرات جریان نسبت به ρ c) درج

به مرور زمان ، باتری فرسوده می شود و ولتاژش کاهش می یابد لذا وقتی ترمینالها را SC می کنیم عقربه روی صفر نمی آید، بنابراین R_1 را قابل تنظیم می سازند که توسط پیچ تنظیم صفر دستگاه آنالوگ، باید هر دفعه که می خواهیم دستگاه را استفاده کنیم، صفرآن را تنظیم کنیم. به این ترتیب با کم کردن R_1 کاری می کنیم که با E کاهش یافته، به ازای $R_x = 0$ ، $I = I_{fs}$ باشد. می توان نشان داد که اگر E به $E' = AE$ کاهش یابد پس از تنظیم صفر داریم $R'_x = AR_x$ یعنی گرچه خطا را برای $R_x = 0$ از بین برده ایم ولی برای سایر R_x ها هنوز خطا داریم. برای همین تمام R_1 را قابل تنظیم نمی سازند تا اگر باتری از حدی ضعیف تر شد، نتوانیم اهم متر را صفر کنیم و بدانیم خطا زیاد شده و باتری را عوض کنیم.

راه حل بهتر :



با فرسوده شدن باتری، زیاد کردن R_2 سبب می شود که سهم جریان بیشتری به گالوانومتر برسدو I_{fs} را به ازای $R_x = 0$ داشته باشیم.

چون R_2 و R_m در مقابل R_1 کوچکند تغییر R_2 ، زیاد کالیبراسیون را به هم نمی زند(R_{int} تغییر چندانی نمی کند).

در اینجا :

$$I = \frac{E}{R_1 + (R_2 \,||\, R_m) + R_x} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_m}$$

که R_1 آنچنان انتخاب می شود که :

$$I_{fs} = \frac{E}{R_1 + (R_2 \,||\, R_m)} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_m}$$

از روابط فوق می توان نشان داد که :

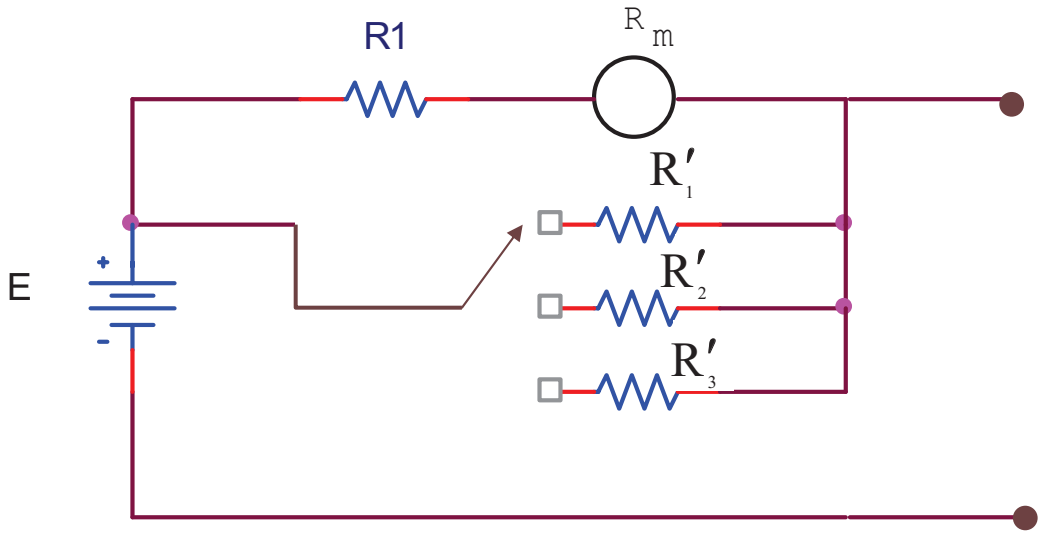
$$p = \frac{R_{int}}{R_{int} + R_x} \qquad \text{where} \quad R_{int} = R_h = R_1 + (R_2 \,||\, R_m)$$

و می توان نشان داد :

$$R_2 = \frac{I_{fs} R_h R_m}{E - I_{fs} R_h} \qquad \text{و} \qquad R_1 = R_h - \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m}$$

(در اینجا اگر $E' = AE$ شود دیگر $R'_{int} = AR_{int}$ نخواهد بود بلکه خیلی نزدیکتر به R_{int} می باشد)

اهم متر چند گستره:



$$P_i = \frac{I_i}{I_{fs}} = \frac{R_{int_i}}{R_{int_i} + R_x} \quad \text{where} \quad R_{int_i} = (R_1 + R_m) \,||\, R'_i$$

$$\text{if} \quad R'_i << R_1 + R_m \quad \text{then} \quad R_{h_i} = R_{int_i} \approx R'_i$$

لذا مقاومتهای R'_i تعیین کننده مقاومت نصف مقیاس هستند .

× دراین مدل تنظیم صفر با تغییر R1 صورت می گیرد. درواقع تنظیم صفر مستقل از Range است.روش دیگر اهم متر چندگستره را در تمرین می بینید.

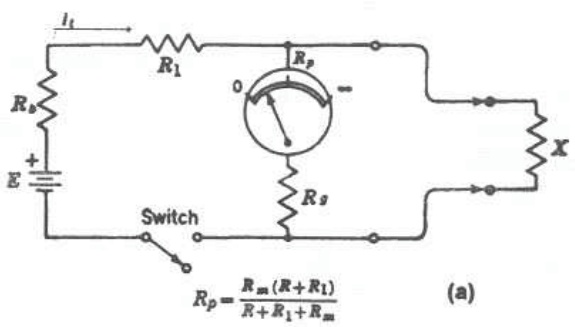
مثال:

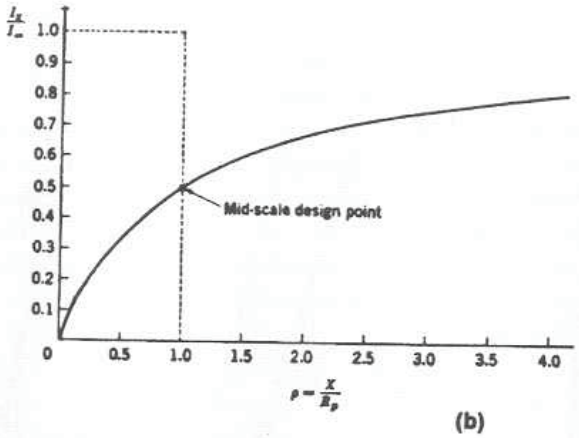
گالوانومتر 50μA با مقاومت داخلی دو کیلو اهم داریم و E=3v و می خواهیم اهم متر دارای رنجهای $R_{h_1} = 10\Omega$ و $R_{h_2} = 100\Omega$ و $R_{h_3} = 1k\Omega$ باشد :

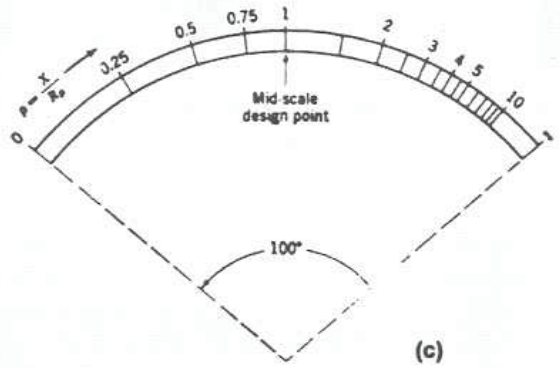
$$R_1 + R_m = \frac{E}{I_{fs}} \Rightarrow R_1 = \frac{3v}{50\mu A} - 2K = 58K$$

$$1K << 60K \Rightarrow R_i' \approx R_{h_i}$$

اهم متر موازی







شکل ۹-۸ اهم متر موازی *a)* مدار *b)* منحنی تغییرات جریان نسبت به π *c)* درجه‌بندی

نکات عملی کار با اهم متر:

1ـ قبل از هر بارکار با اهم متر باید صفر آن تنظیم شود.

2ـ اهم متر را نباید به شبکه ای با المان اکتیو (حاوی منابع ولتاژ یا جریان) وصل کرد.

3ـ اهم متر آنالوگ وسیلهٔ چندان دقیقی نیست. در صورت نیاز به اندازه گیری دقیق از اهم متر دیجیتال یا پل استفاده کنید.

4ـ اگر قرائت اهم متر از دو جهت مختلف باشد، نشان دهندهٔ وجود عنصر غیرخطی در مدار است (مثل دیود).

(جریان باتری از ترمینال مثبت(قرمز) خارج می شود)

5ـ از باتری های نو استفاده کنید (حتی اگر از اهم متر استفاده نشد، باتری ها هر ۶ ماه یک بار عوض شوند).

6ـ توجه کنید که اهم متر اهم مقاومتی را می سنجد نه امپدانس(مثال بلندگوی8Ω).

7ـ توجه کنید که وقتی مقاومتی در مدار است آنچه با اهم متر اندازه می گیرید کلاً مقاومتی است که از آنجا دیده می شود نه مقدار همان مقاومت.

8ـ توجه کنید که بدن شما نیز مقاومتی دارد. برای اندازه گیری مقاومتهای بالای 10k نباید پروبهای اهم متر با دست شما اتصال یابند.

کاربرد های اهم متر

اهم متر کاربردهای زیادی در تعمیرات و عیب یابی مدارات الکتریکی و الکترونیکی دارد. علاوه بر اندازه گیری(تقریبی) مقدار مقاومت، برای تست اغلب المانهای الکترونیکی از اهم متر استفاده می کنیم.

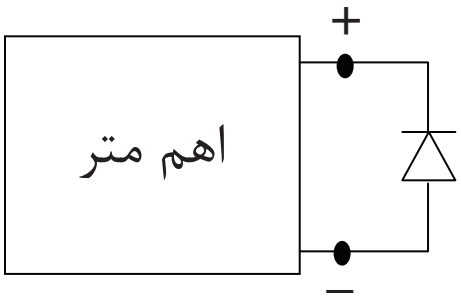
مقاومت اگر سوخته باشد مدار باز می شود.

خازن اگر سوخته باشد مدار باز یا اتصال کوتاه می شود در حالی که در خازن سالم چون ابتدا جریانی برای شارژ شدن خازن عبور می کند و بعد از آنکه خازن شارژ شد جریانی عبور نمی کند لذا ابتدا اهم متر اهم کمی نشان داده و تدریجاً به سمت اهم زیاد می رود.

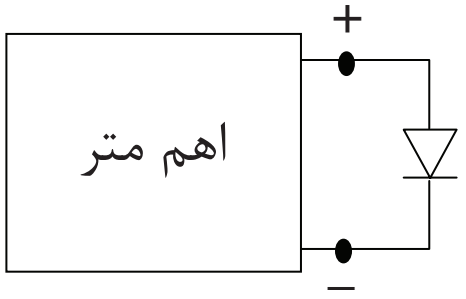
در تست خازن از بالاترین رنج اهم متر استفاده کنید. (خصوصاً برای c کوچک اگر R کم باشد عقربه اصلاً تکان نخواهد خورد. اصولاً این روش برای خازن های بیش از 10nF قابل استفاده است.)

خازن ممکن است نسوخته باشد ولی جریان نشتی آن زیاد شده باشد. در sec 2.13 کتاب روش اندازه گیری جریان نشتی خازن را مطالعه کنید.

برای تست دیود



اهم زیاد نشان می دهد .



اهم کم نشان می دهد .

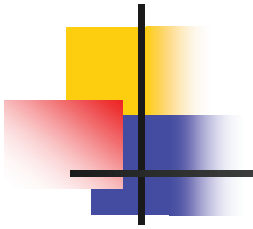
برای دیودهای small signal از رنج بالای اهم متر و برای دیودهای رکتیفایر از رنج پایین استفاده کنید.

به همین ترتیب اهم متر را برای چک کردن اتصالات BE و BC ترانزیستور به کار می بریم.

علاوه بر BE و BC ترانزیستور،CE آنرا نیز از هر دو طرف تست کنید باید از هر دو سو اهم زیاد نشان دهد.

به علاوه از اهم متر به وفور برای چک کردن اتصالات استفاده می شود.

نکته: برای دیود و ترانزیستور، باید E داخلی(ولتاژ باتری) اهم متر کمتر باشد، تا موجب سوختن المان نگردد.

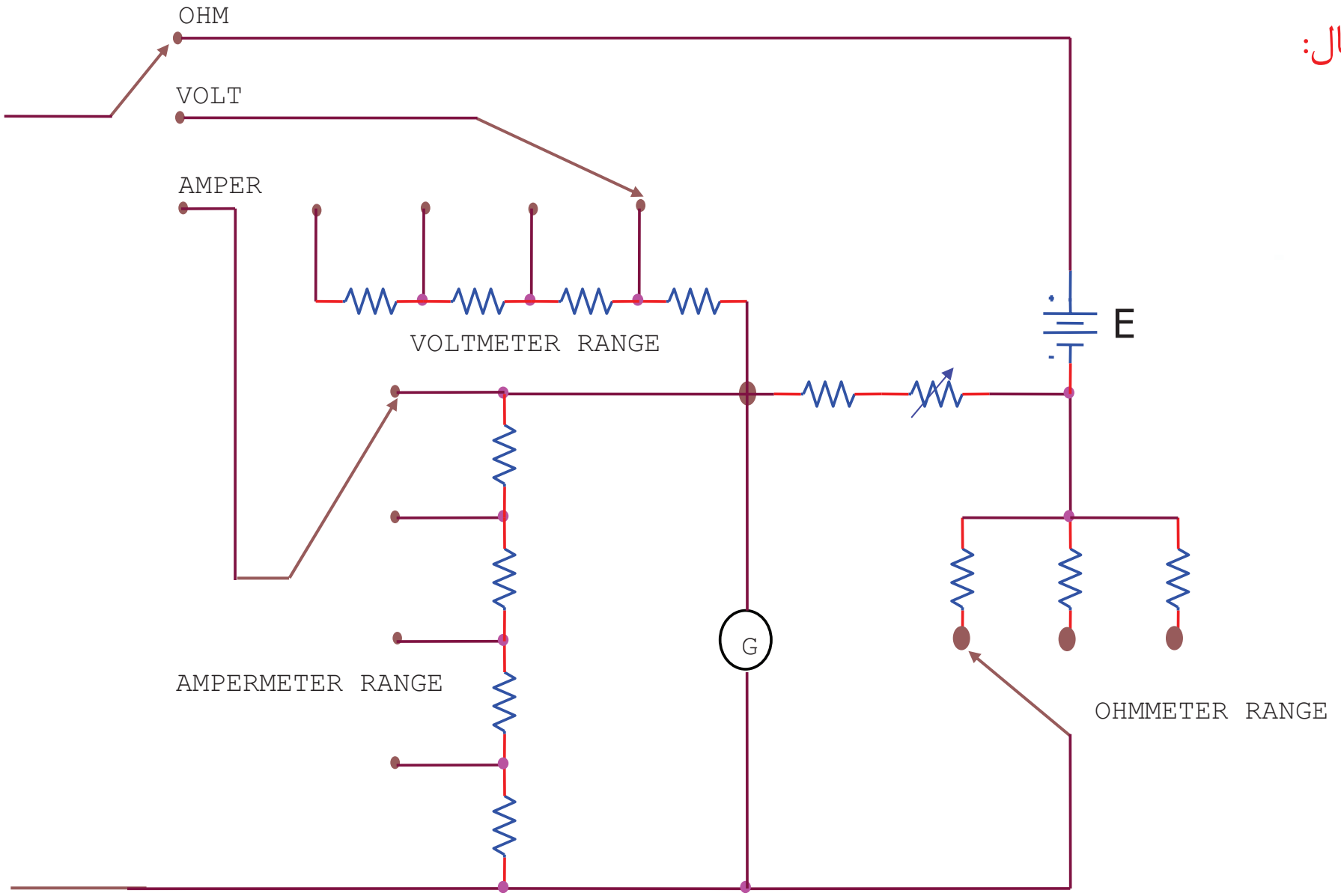


- ✓ ۱) گالوانومتردارسونوال
- ✓ ۲) رفتار ماندگار
- ✓ ۳) رفتار دینامیکی
- ✓ ۴) آمپر متر
- ✓ ۵) ولتمتر
- ✓ ۶) اهم متر
- ← ۷) مولتی متر

۷) مولتی متر

از آنجا که آمپرمتر، ولتمتر و اهم متر از گالوانومتر دارسونوال استفاده می کنند می توان با قرار دادن سوییچ مناسب از یک گالوانومتربرای هر سه منظور استفاده کرد . به این دستگاه آوومتر یا VOM: Volt-Ohm Milliameter و یا همچنین مولتی متر می گویند .

مثال:


OHM
VOLT
AMPER
VOLTMETER RANGE
E
G
AMPERMETER RANGE
OHMMETER RANGE

معمولاً مولتی متر ها علاوه بر ولتاژ dc و جریان dc و اهم، ولتاژ ac را نیز به روشی که خواهیم گفت اندازه گیری می کنند.

دستگاههای الکترومکانیکی:

- ✓ دستگاههای اندازه گیری DC (chapter 2)
- ← دستگاههای اندازه گیری AC (chapter 3)

دستگاههای اندازه گیری AC :

۱) با استفاده از گالوانومتر دارسونوال
   - یکسو کننده
   - ماکزیمم سنج

۲) ترمو کوپلی

۳) آهن گردان

۴) الکترو دینامومتر

تاکنون در مورد اندازه گیری DC صحبت کردیم . اگر ولتاژ AC به یک ولتمتر DC داده شود در صورتی که فرکانس آن ولتاژ AC خیلی کم باشد عقربه تغییرات ولتاژ را دنبال می کند اما اگر فرکانس بیشتر باشد دیگر عقربه تغییرات ولتاژ را دنبال نخواهد کرد و به دلیل اینرسی روی مقدار متوسط آن (که معمولاً صفر است) خواهد ماند .

دستگاههای اندازه گیری AC :

۱) با استفاده از گالوانومتر دارسونوال
- یکسو کننده
- ماکزیمم سنج

۲) ترمو کوپلی

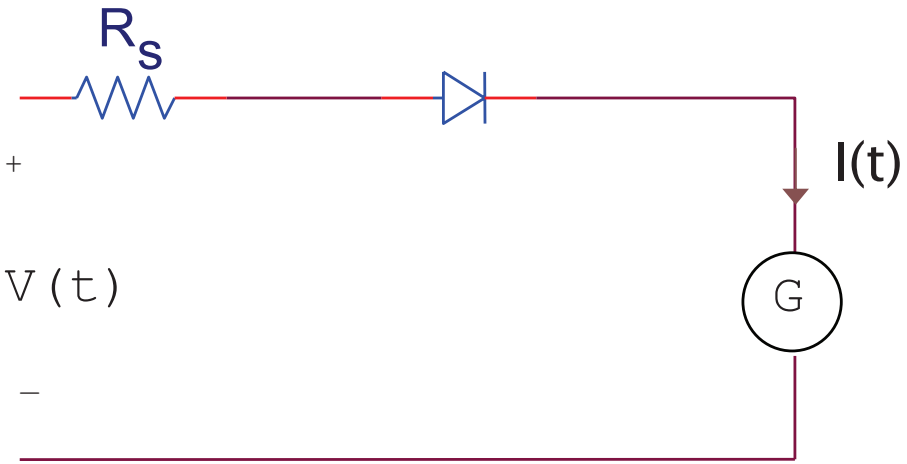
۳) آهن گردان

۴) الکترو دینامومتر

1ـ اندازه گیری AC با استفاده از گالوانومتر دارسونوال (PMMC)

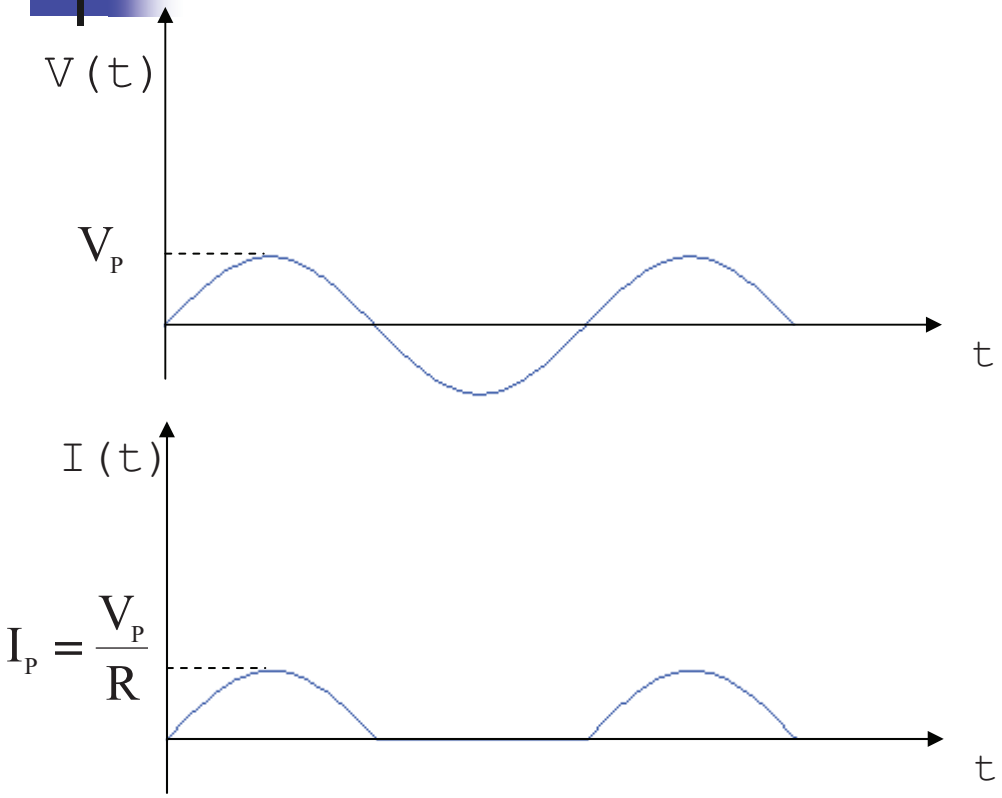
دستگاههای نوع یکسو کننده rectifier type Instruments :

یکسو کنندۀ نیم موج :



$$V(t) = V_P \sin(\omega t)$$

با فرض ایده آل بودن دیود داریم :



$$R = R_s + R_m$$

گالوانومتر مقدار متوسط I(t) را نشان می دهد.

$$I_{ave} = \frac{I_P}{\pi} = \frac{V_P}{R\pi}$$

اگر RI_{ave} را V_{DC} بنامیم داریم:

$$V_{DC} = \frac{V_P}{\pi} = \frac{\sqrt{2}V_{rms}}{\pi} \Rightarrow V_{DC} = 0.45V_{rms}$$

یا

$$V_{rms} = 2.22RI_{ave} = 2.22V_{DC}$$

در حالی که در اندازه گیری DC داشتیم:

$$V_{DC} = RI_{DC}$$

پس اگر مثلاً یک ولتاژ 10 ولت را یکسوسازی نیم موج کرده و به ولتمتر DC بدهیم، 4.5 ولت را نشان می دهد. به عبارت دیگر حساسیت AC ، 0.45 برابر حساسیت DC است.

پس اکنون باید اعداد روی اشل را در 2.22 ضرب کنیم یا اگر بخواهیم از همان اشل ولتمتر DC استفاده کنیم باید مقاومت ضرب کننده 0.45 برابر را در حالت AC بکار ببریم .

پس برای محاسبهٔ Rs در ولتمتر AC با یکسوسازی نیم موج:

$$R_s = \frac{0.45V}{I_{fs}} - R_m$$

ملاحظه می شود که:

$$\frac{R_s + R_m}{V} = \frac{0.45}{I_{fs}}$$

یعنی:

$$S_{ac} = 0.45 S_{dc}$$

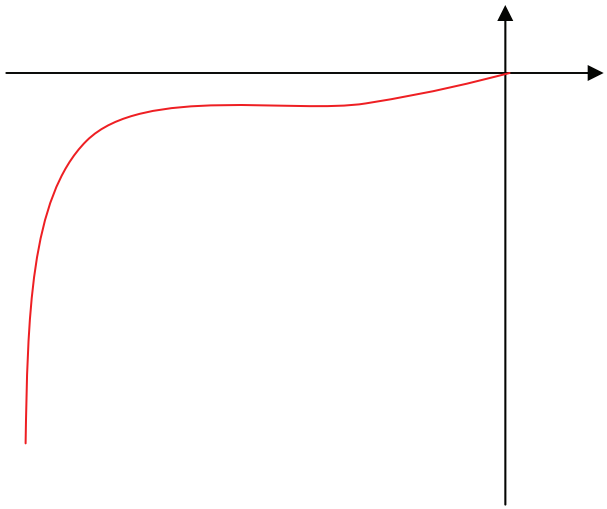
مثال:

اگر $R_m = 0.5k\Omega$, $I_{fs} = 100\mu A$ و رنج ولتاژ AC ده ولت مطلوب باشد :

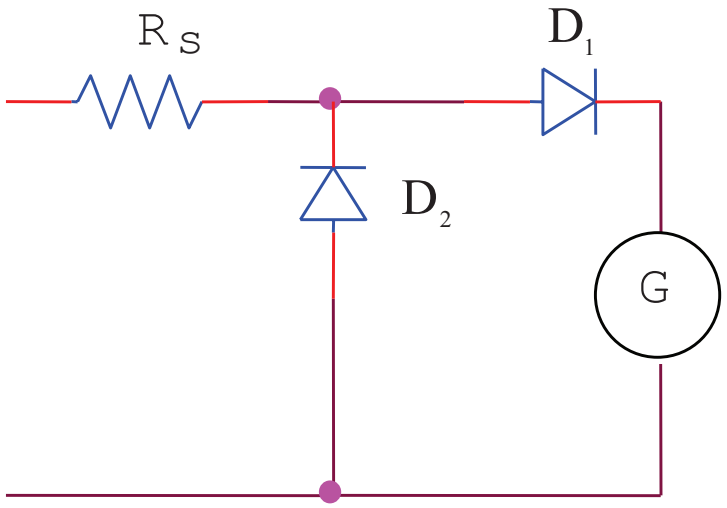
$$R_s = \frac{0.45\times 10}{100\mu A} - 500 = 44.5k\Omega$$

درحالی که برای DC این مقاومت برابر 99.5 کیلو اهم شد و در آنجا $R_v = 100k\Omega$ می شود در حالی که اکنون $R_v = 45k\Omega$ می شود.

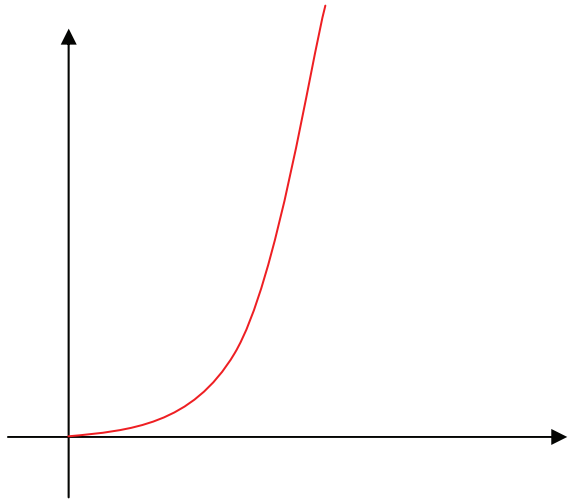
در عمل دیود ایده آل نیست و در حالت معکوس جریان نشتی دارد و اگر ولتاژ معکوس از حدی بیشتر شود می شکند.



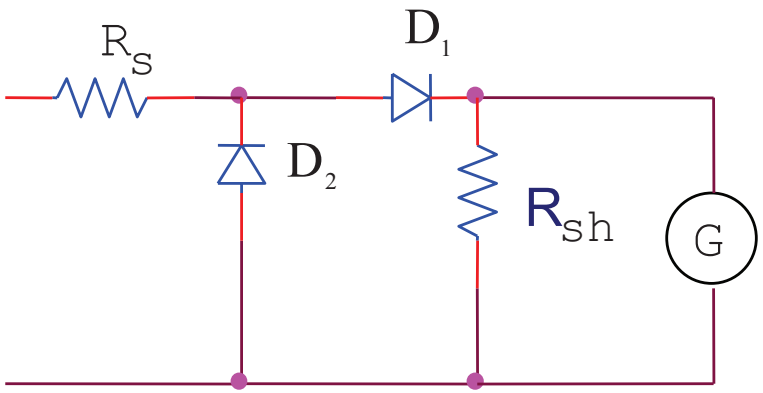
به همین خاطر یک دیود D2 هم می گذاریم که هم مانع کاهش جریان DC در اثر جریان نشتی درحالت معکوس می شود (چون ولتاژ معکوس روی D1 محدود می شود) و هم مانع شکست D1 می شود .



درحالت forward نیز مقاومت دیود صفر نیست بلکه مقاومتی دارد که خصوصاً درجریانهای کم غیرخطی است و تغییر مقاومت آن سبب تغییر مقاومت کل ضرب کننده می شود.

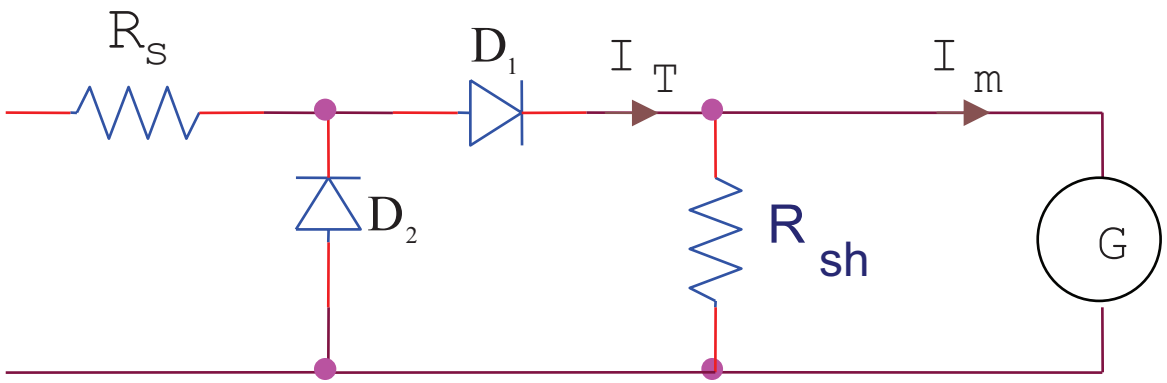


برای حل این مشکل سعی می شود دیود درجریانهای بالاتری کار کند.
برای این منظور از مقاومت شنت با گالوانومتر استفاده می شود :



مثال:

$I_{fs} = 100\mu A$ ، $R_m = 500\Omega$ و برای دو برابر کردن جریان forward ، $R_{sh} = 500\Omega$ استفاده شده است. می خواهیم ولتمتر ac 10 ولتی بسازیم. اگر مقدار متوسط R_d درحالت forward ، 100 Ω فرض شود، R_s و S_{ac} را حساب کنید.



$$I_T = I_{sh} + I_m = 200\mu A$$

$$R = \frac{0.45V_{rms}}{I_T} = \frac{0.45\times 10}{200\mu A} = 22.5k\Omega = R_s + R_d + (R_m \| R_{sh})$$

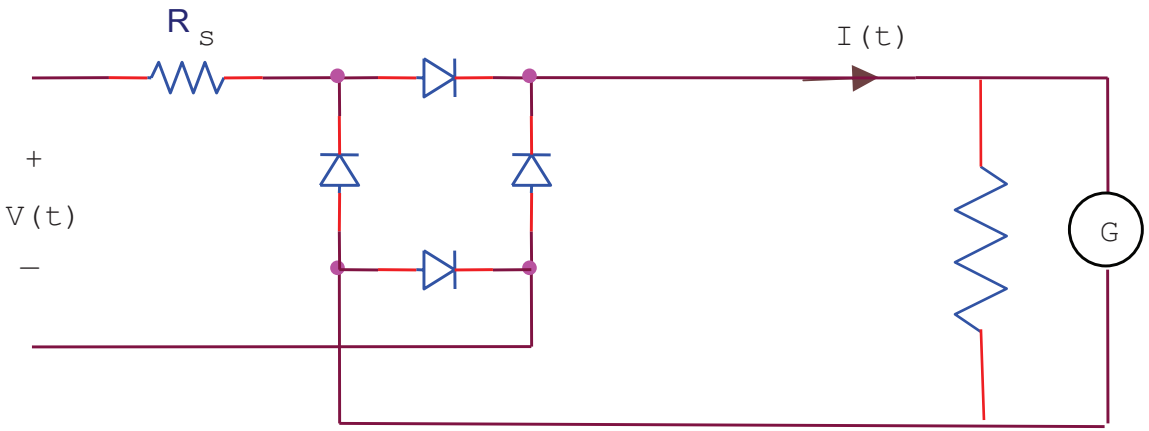
در نتیجه : $R_d = 100\Omega$ و $R_m = 500\Omega$ و $R_{sh} = 500\Omega$

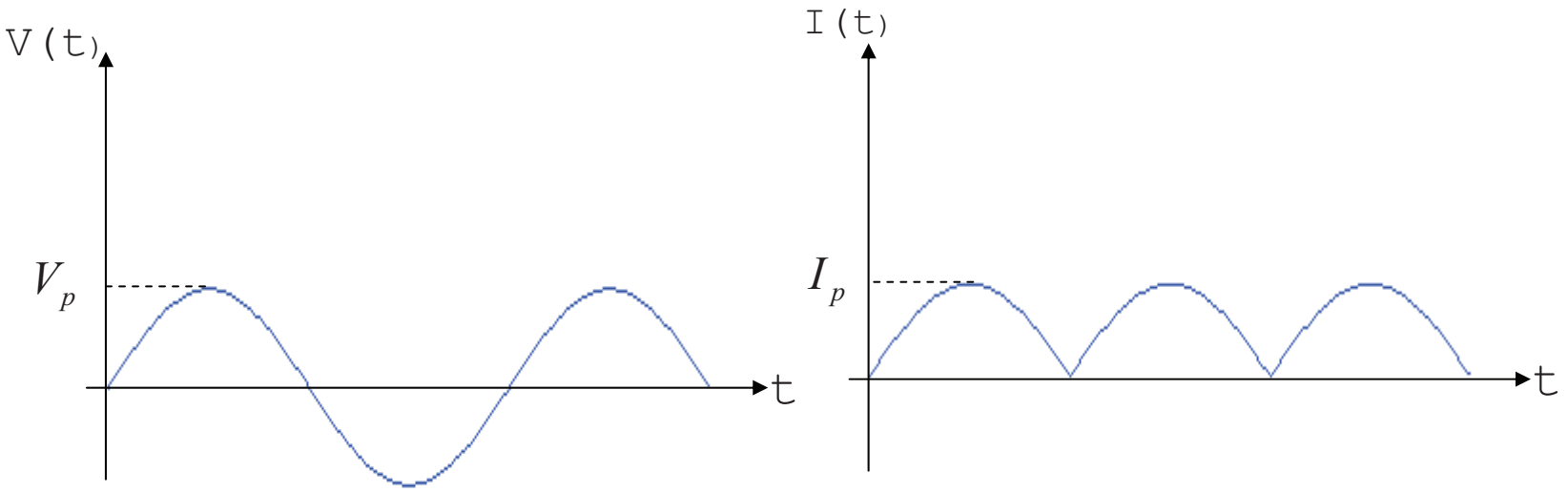
$$R_s = 22.15k\Omega$$

$$S_{ac} = \frac{R_T}{\text{رنج ولتاژ}} = \frac{22.5k}{10} = 2.25k\Omega/v$$

در حالی که $S_{DC} = \frac{1}{200\mu A} = 5k\Omega/v$ و بدون مقاومت شنت $\frac{1}{100\mu A} = 10k\Omega/v$

یکسوسازی تمام موج:




V(t)
V_p
t
I(t)
I_p
t

$$I_{ave} = \frac{2I_p}{\pi} = \frac{2V_p}{\pi R} = \frac{2\sqrt{2}V_{rms}}{\pi R}$$

$$\mathrm{RI_{ave}} = \mathrm{V_{dc}} = 0.9\mathrm{V_{rms}}$$

در محاسبهٔ مقاومت ضرب کننده:

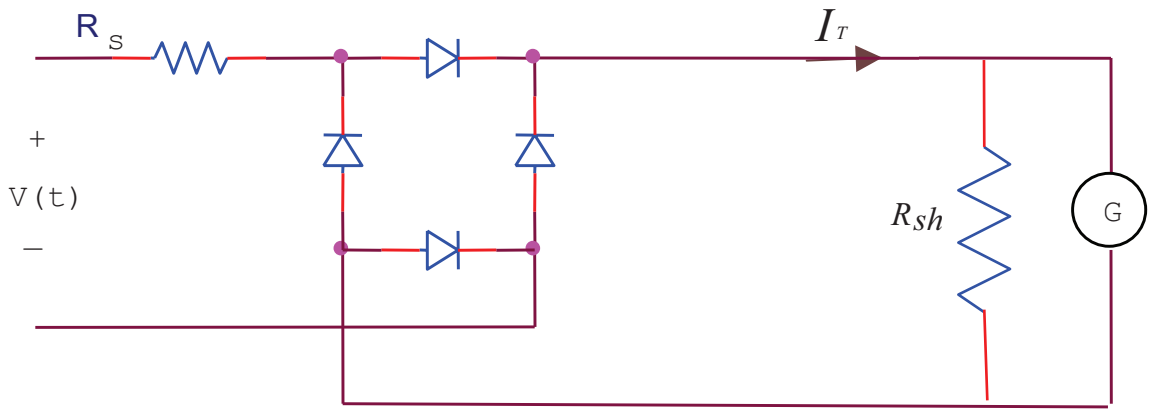
$$R = \frac{0.9V}{I_{fs}} = R_s + R_m + 2R_d$$

دراینجا هم بهتر است مقاومت شنت بکار رود در این صورت :

$$R=\frac{0.9V}{I_T}=R_s+(R_m\left|\right|R_{sh})+2R_d$$

که :

$$I_{fs}=\frac{R_{sh}}{R_{sh}+R_m}I_T$$

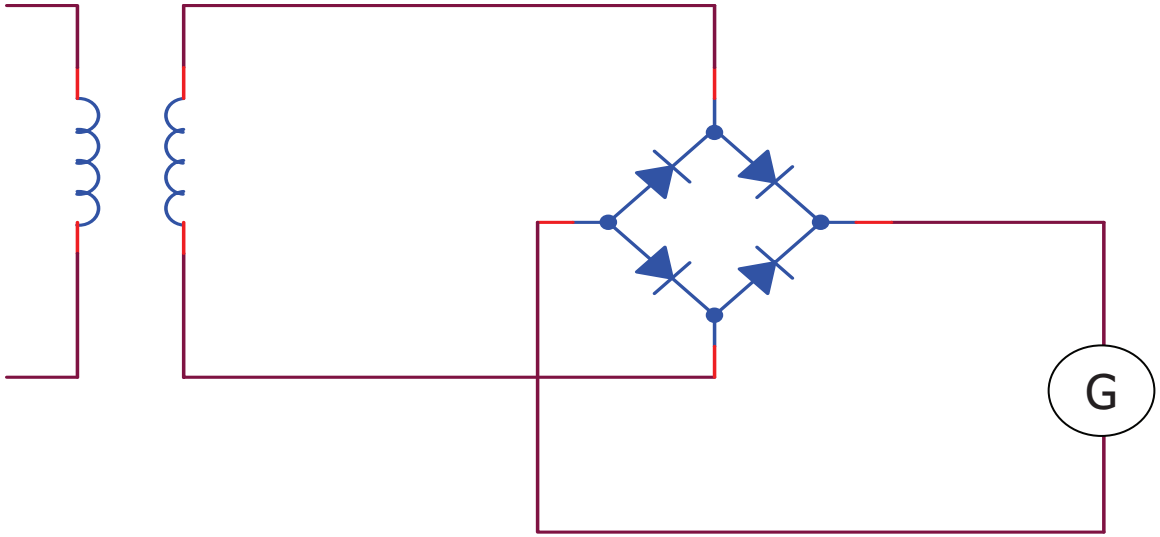


دستگاههای نوع یکسو کننده فقط برای ولتاژهای سینوسی طراحی شده اند ، زیرا Vrms در شکل موجهای دیگر، نسبت دیگری با Vp دارد.

درواقع ولت متر ما با فرض ضریب شکل 1.11 مدرج شده است و برای شکل موج های دیگر دچار خطا خواهد شد.

$$\text{ضریب شکل (shape factor)} = \frac{\text{مقدار rms شکل موج}}{\text{مقدار متوسط شکل موج پس از یکسو سازی تمام موج}}$$

اگر بخواهیم جریان ac اندازه بگیریم، نمی توانیم از مقاومت شنت برای تضعیف جریان استفاده کنیم(چرا؟) لذا از ترانس جریان استفاده می شود :



اغلب مولتی متر ها فاقد حالت جریان ac هستند.

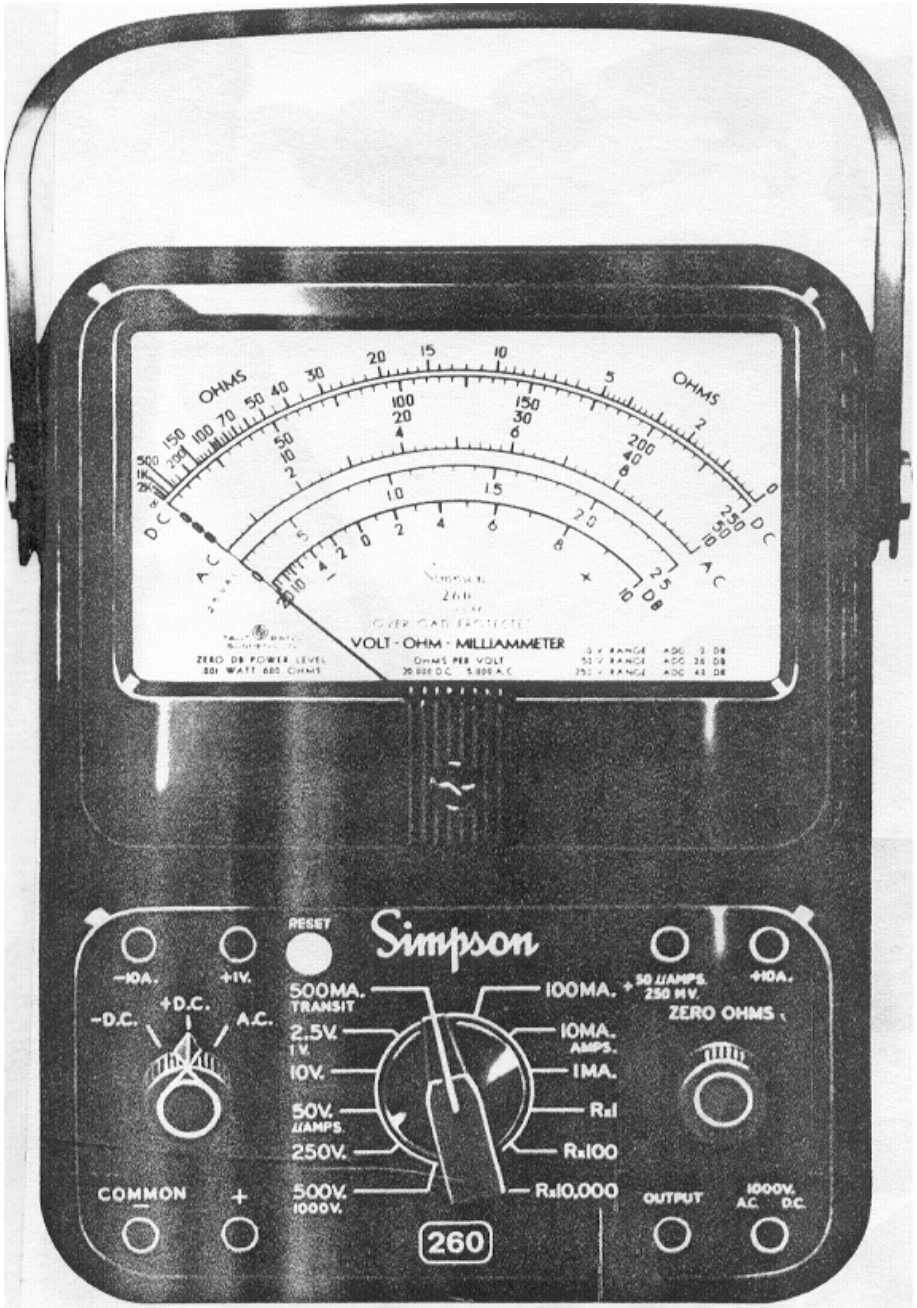
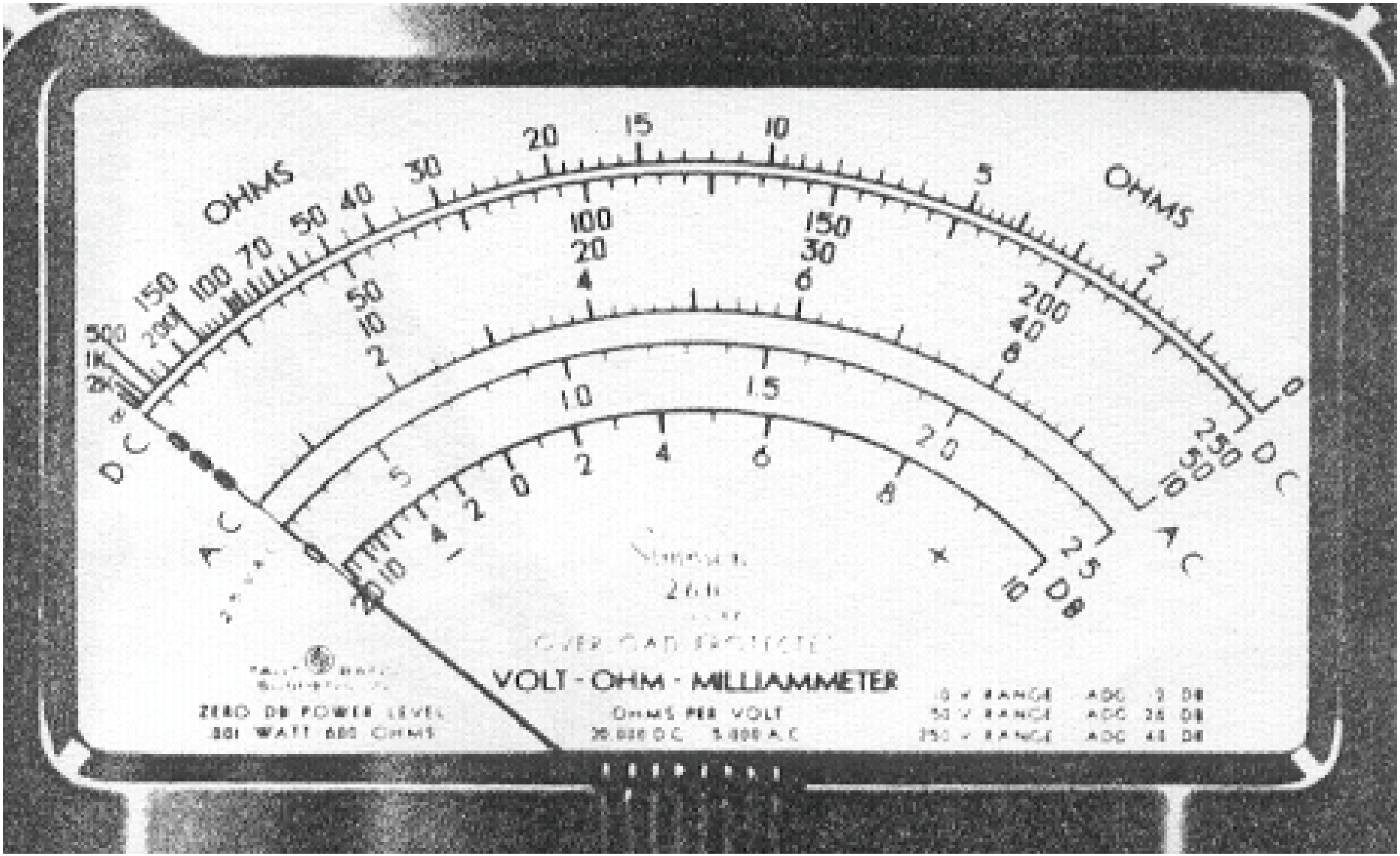


Figure 1-1. 260 Series 6P Overload Protected Volt-Ohm-Milliammeter


OHMS
OHMS
VOLT - OHM - MILLIAMMETER
ZERO DB POWER LEVEL
1 MILLIWATT 600 OHMS
OHMS PER VOLT
10 V RANGE
50 V RANGE
250 V RANGE

1.3 TECHNICAL DATA

Table 1-1 lists the technical data for the Simpson 260 Series 6P.

Table 1-1. Technical Data

1. DC Volts

Sensitivity:	20,000 Ω per volt
Ranges:	0-1-2.5-10-50-250-500-1000V

2. DC Millivolts

Sensitivity:	20,000 Ω per volt
Range:	0-250 mV

3. AC Volts

Sensitivity:	5,000 Ω per volt
Ranges:	0-2.5-10-50-250-500-1000V

4. DC Current

Ranges:	0-50 μA, 0-1-10mA, 0-100mA, 0-500mA
MV Drop Approx.:	250mV, 250mV, 280mV, 400mV
Range:	0-10A
MV Drop Approx:	250mV

5. Resistance Ranges:

R x 1	0-200 Ω	12 ohms Center
R x 100	0-200,000 Ω	1,200 ohms Center
R x 10,000	0-20MΩ	120,000 ohms Center

6. Accuracy

DC Voltage Ranges:	2% of Full Scale
*AC Voltage Ranges:	3% of Full Scale
0-50μA Current Range:	1.5% of Full Scale
0-1mA to 10A Ranges:	2% of Full Scale
Resistance Ranges:	
R x 1 (0-2000 Ω)	2.5° of Arc
R x 100 (0-200,000Ω)	2° of Arc
R x 10,000 (0-20MΩ)	2° of Arc

7. Frequency Response

Referenced to response at 100 Hz: See Curves on pages 2-10 and 2-14.

Accuracies specified are for the 260-6P in a horizontal position.

*Responds to the average value of an AC current and is calibrated to indicate the rms value of a pure sine wave.

8. Ohmmeter Circuit Effects

Range:	R x 1	R x 100	R x 10,000
Nominal Open Circuit Voltages:	1.5V	1.5V	9.0V
Nominal Short Circuit Current:	125mA	1.25mA	75μA

9. Output Voltage (AC)

Ranges: 0 - 2.5 - 10 - 50 - 250V

10. Decibels

Conditions: With zero dB power level equal to 1mW across a 600 ohm line

Ranges:
−20 to +10 dB
− 8 to +22 dB
+ 6 to +36 dB
+20 to +50 dB

11. Power Requirements: 1.5V battery, NEDA 13F
9V battery, NEDA 1604A

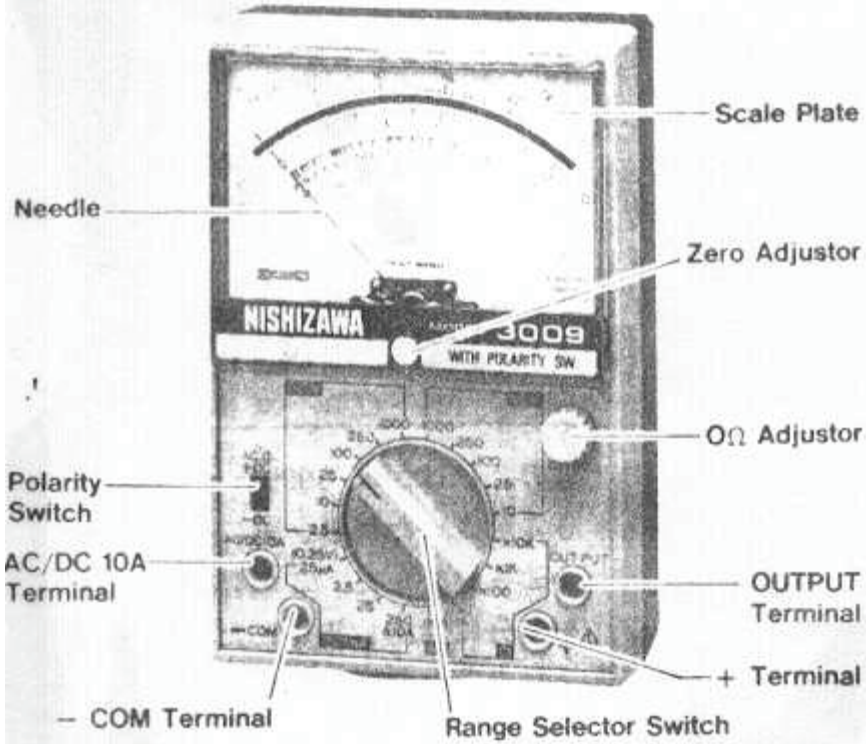
12. Fuse: 3A, 250V, type 3AG

13. Test Leads: 2-Screw-on Alligator Clips
Length: Approx. 48" Long

14. Dimensions: 5¼" W x 7" H x 3⅛" D

15. Weight: 3 lb (1350g)

NAME OF PARTS



SPECIFICATIONS

DC Voltage: 0.25 · 2.5 · 10 · 25 · 100 · 250 · 1000V 50kΩ /V
(0.25V 40kΩ /V, 1000V 10kΩ /V) ± 2.5% of F.S.

DC Current: 25μ · 2.5m · 25m · 250m · 10A
250mV drop, ± 3% of F.S.

AC Voltage: 10 · 25 · 100 · 250 · 1000V
10kΩ /V, ± 2.5% of F.S. (10V Range ± 3.5%)

AC Current: 10A, ± 4% of F.S.

Resistance: 3k · 300k · 3M · 30M (mid-scale: 20Ω)
± 3% of Scale Length

Low Freq. Level: – 20 ~ + 22dB

Ω Battery: SUM-3 (AA) 1.5V 1pc., 006P 9V 1pc

Meter: Self-shielded, diode overload protected TAUT BAND movement

Circuit: Fuse protected

Insulated resistors: 1KV DC, 10Mohms more input terminal and case exterior.

Withstad voltage: 3KV AC, one minute between input terminal and case exterior.

Temperature: –5°C ~ 40°C; operating, 10°C ~ 50°C ;storage

Dimensions: 166H × 114W × 56.5Dmm

Weight: Approx. 480g

Accessories: Test leads 1 set, Spare Fuse (0.5A) (15A) 2 pcs
0.5A/250V φ6.4 × 30
15A/250V φ6.4 × 30 (non arcing type)

● **Optional Accessories**

9085	Carrying Case
9090	Probe(with fuse protection)

** When measuring amperage, always switch off the power to the circuit being tested before connecting or removing the test leads.

Measuring Resistance (Ω)

⚠ CAUTION

The overload protection circuit will function up to AC DC250V. Especially when measuring inside a circuit, turn off the power and discharge the capacitors before measurement.

1) After carrying out steps 1) and 2) for measuring voltage, turn the range selector to a suitable range for the resistance to be measured.
2) Short-circuit the tips of the test leads and, by means of the OΩ adjusting knob, bring the needle to the OΩ position. If the needle fails to move to this position, change the batteries (SUM-3, 006P).
3) After completing the OΩ adjustment, connect the test leads to the resistor to be tested and measure resistance. When the range is changed, do not fail to carry out OΩ adjustment.

Measuring Voltage OUTPUT

There is a DC blocking condenser fitted to this terminal which is used to measure AC voltage only in circuits where there is also DC voltage present.

Plug the black test lead into the ⊖ COM terminal and the red

lead into the OUTPUT terminal and proceed as when measuring AC voltage.

Measuring Decibels (dB)

The dB scale is handy to use, for example, when measuring the input to output ratio of an amplifier, etc. (At 600Ω impedance, the voltage equivelent to 1mW is OdB.)

When using the 10V range or over, add the figures given below to the reading on the meter:

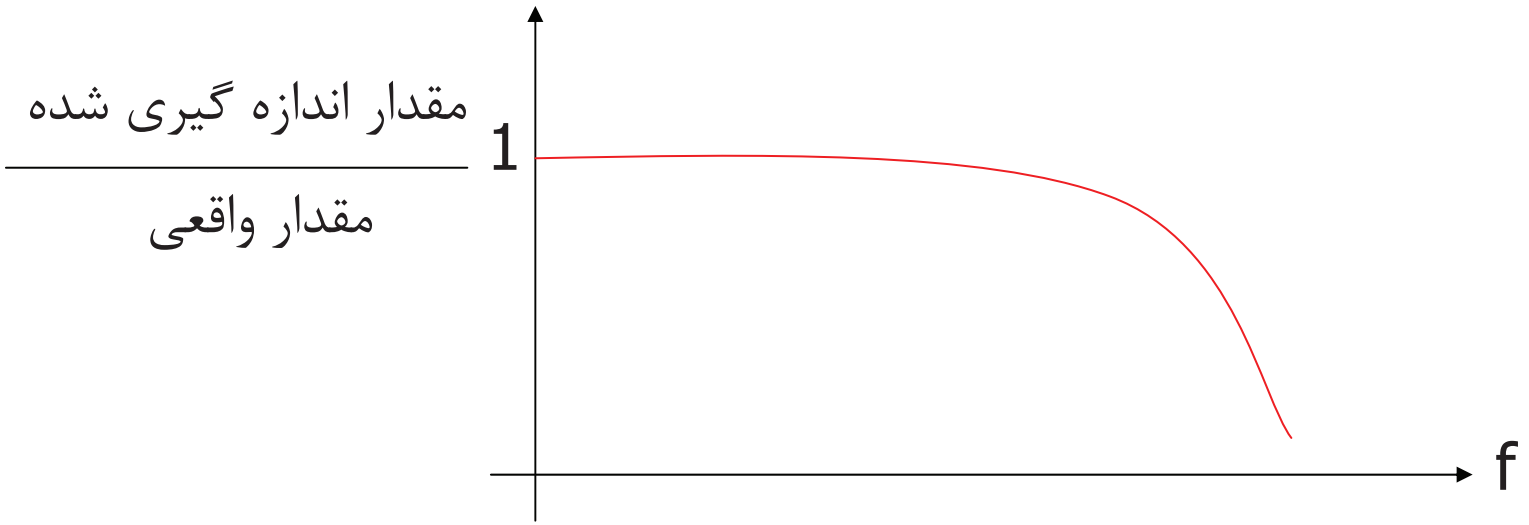
25V AC ——→ +8dB
100V AC ——→ +20dB
250V AC ——→ +28dB
1000V AC ——→ +40dB

When output impedance is other than 600Ω, add the appropriate correction factor given in the table below to correct for impedance.

Load Resistance (Ω)	3	4	8	16	50	75	150	300
Amount Added (dB)	20.3	21.8	18.8	15.7	10.8	9.03	6.02	3.01
Load Resistance (Ω)	1k	2.5k	5k	7k	10k	12k	30k	50k
Amount Added (dB)	−2.22	−6.20	−9.21	−10.7	−12.2	−13.0	−17.0	−19.2

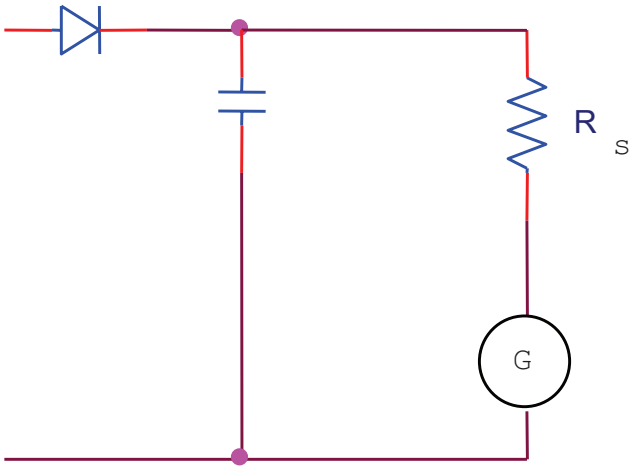
پهنای باند:

اصولاً هر دستگاه اندازه گیری ac پهنای باندی دارد و برای فرکانس های بالاتر از آن قرائت دستگاه درست نیست.

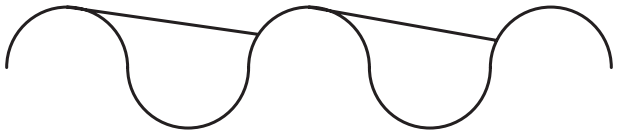


دستگاههای ماکزیمم سنج:

روش دیگر اندازه گیری AC با استفاده از گالوانومتر دارسونوال آن است که ابتدا از یک پیک دتکتور استفاده کرده ومقدار این ولتاژ را توسط ولتمتر DC اندازه بگیریم :



اگر ثابت زمانی مدار خیلی زیاد باشد، ولتاژ دو سر خازن تقریباً برابر با ماکزیمم ولتاژ خواهد بود:



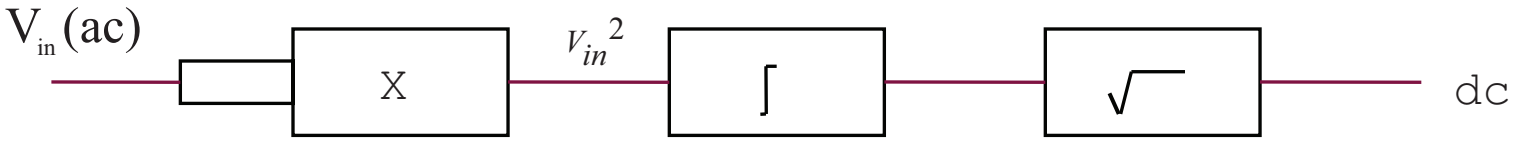
سپس با توجه به $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ مقدار rms ارائه می شود. حسن این نوع نسبت به rectifier type این است که شکل موجی تقریباً dc به گالوانومتر داده می شود. همچنین پهنای باند دستگاههای اندازه گیری ماکزیمم سنج خیلی بیشتر از نوع یکسو کننده است ولذا در RF probe ها (100kHz-500MHz) از این روش استفاده می شود.

بدیهی است برای شکل موج غیرسینوسی اندازه گیری rms از این روش دارای خطا خواهد بود.

ضریب نوک crest factor $= \frac{V_p}{V_{rms}}$

در سینوسی این ضریب $\sqrt{2}$ است ولی در شکل موج های دیگر متفاوت است و بایستی قرائت دستگاه را تصحیح کرد.

* روش دیگر استفاده از آی سی های rms to dc conv است که بر خلاف روش های گذشته به true rms meter منجر می شود:



مانند آی سی AD 736 .

نکته: حتی true rms meter ها یک ماکزیمم ضریب نوک قابل قبول در ورودی دارند.

دستگاههای اندازه گیری AC :

✓ ۱) با استفاده از گالوانومتر دارسونوال
- یکسو کننده
- ماکزیمم سنج

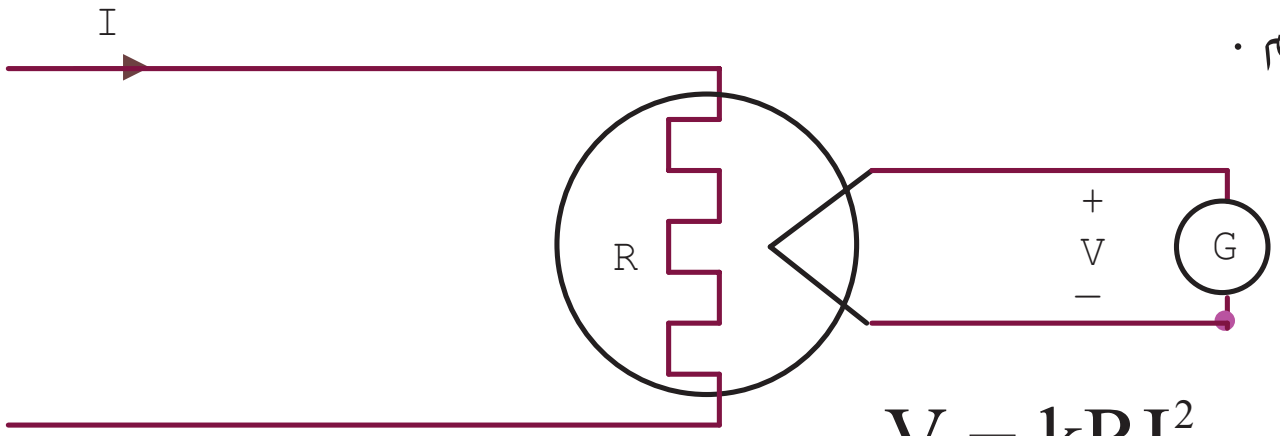
۲) ترمو کوپلی

۳) آهن گردان

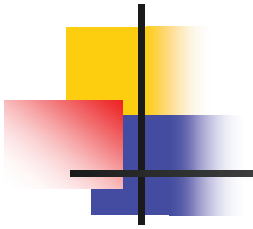
۴) الکترو دینامومتر

دستگاههای اندازه گیری ترموکوپلی:

ترموکوپل وسیله ای برای اندازه گیری حرارت است . در این روش جریان مورد اندازه گیری از یک المنت هیتر می گذرد و حرارتی متناسب با I^2R تولید می کند . این حرارت توسط ترموکوپل به ولتاژ تبدیل شده و این ولتاژ را توسط گالوانومتر دارسونوال می توانیم اندازه بگیریم .



$$V = kRI_{rms}^2$$



دراین روش اگر جریان DC باشد مقدار جریان DC و اگر AC باشد مقدار rms آنرا اندازه می گیرد . نکته دیگر اینکه چون حرارت متناسب با I^2 است اشل بصورت درجه دو خواهد بود .

نکته:

۱ـ صحت این روش بطور نسبی بسیار خوب است.

۲ـ گرانقیمت است.

۳ـ سرعت عمل آن کم است.

۴ـ قابل استفاده در فرکانسهای بالا است (تا حدود 50MHz) .

۵ـ rms سنج واقعی است (true rms meter) .

۶- transfer instrument است.

علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

شماره	نام دستگاه	کمیت مورد اندازه‌گیری	علامت
۱	آمپرمتر	جریان	(A)
۲	ولتمتر	ولتاژ	(V)
۳	واتمتر	قدرت	(W)
۴	کیلووات ساعت‌متر	انرژی	kwh
۵	آمپرساعت‌متر	مقدار الکتریسیته	Ah
۶	کسینوس فی‌متر	اختلاف فاز	(cosφ)
۷	فرکانس متر	فرکانس	(HZ)
۸	اهم متر	مقاومت	(Ω)
۹	اندوکتانس متر	اندوکتانس	(H)
۱۰	کاپاسیتانس‌متر	کاپاسیتانس	(F)
۱۱	جریان مستقیم		———

علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

جریان متناوب	
جریان مستقیم و متناوب	
دستگاه یك فاز با دومدار جریان ویك مدار ولتاژ	
دستگاه سه فاز با یك مدار جریان ویك مدار ولتاژ	
دستگاه سه‌فاز با دومدار جریان و یك مدار ولتاژ	
دستگاه سه‌فاز با یك مدار جریان و دو مدار ولتاژ	
دستگاه سه فاز با سه مدار جریان و دومدار ولتاژ	
دستگاه سه‌فاز با دومدار جریان و دومدار ولتاژ	
دستگاه سه‌فاز با سه مدار جریان وسه مدار ولتاژ	
دستگاه دوفاز با دومدار جریان و دومدار ولتاژ	
دستگاه دوفاز با چهار مدار جریان و دومدار ولتاژ	
عایق دستگاه با فشار الکتریکی ۵۰۰ ولت امتحان شده است	
دستگاه بافشار الکتریکی ۲۰۰۰ ولت امتحان شده است	
دستگاه بافشار الکتریکی امتحان نشده است	

علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

۲۶	مورد استعمال دستگاه بطور خوابیده است	
۲۷	مورد استعمال دستگاه بطور عمودی است	
۲۸	مورد استعمال دستگاه بطور مایل است	
۲۹	دقت دستگاه برابر است باخطای مطلق به حداکثر مقداری‌که دستگاه میتواند اندازه‌گیری کند مثلا ۱/۵٪	1.5
۳۰	دقت دستگاه برابر است با خطای مطلق به طول خط مدرج مثلا ۱/۵٪	
۳۱	دقت دستگاه برابراست باخطای مطلق به‌مقدار واقعی مثلا ۱٪	
۳۲	درموقع اندازه‌گیری با این وسیله بایستی دقت کرد	
۳۳	دستگاه با اختلاف سطح امتحان شده میزان نیست	
۳۴	علامت جهت میزان‌کردن صفر دستگاه	
۳۵	دستگاه ضد ضربه است	
۳۶	دستگاه ضد احتراق وانفجار است	
۳۷	علامت تنظیم صفر که نبایستی تحت فشارالکتریکی تنظیم شود	
۳۸	محافظت مغناطیسی	
۳۹	محافظت الکترو استاتیکی	

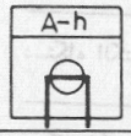
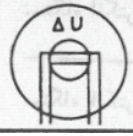
علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

اتصال بدنه	
اتصال زمین	
دستگاه با قاب‌گردان و آهنربای دائم	
دستگاه با قاب‌گردان صلیبی و آهنربای دائم	
دستگاه با آهنربای‌گردان	
دستگاه با آهنربای‌گردان وحوزه صلیبی	
دستگاه با قاب‌گردان و یکسوکننده	
دستگاه با قاب‌گردان ومبدل حرارتی	
دستگاه با قاب‌گردان ومبدل حرارتی ایزوله	
دستگاه اندازه‌گیری با آهن نرم‌گردان	
دستگاه با آهن نرم‌گردان صلیبی	
دستگاه الکترو دینامیکی بدون هسته	
دستگاه الکترو دینامیکی با هسته‌آهنی بسته (فرودینامیکی)	
دستگاه الکترو دینامیکی با قاب صلیبی بدون هسته	

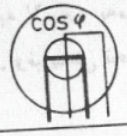
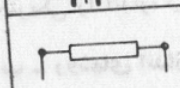
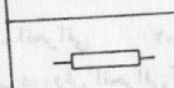
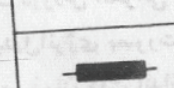
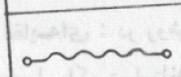
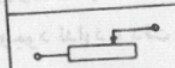
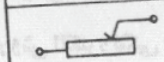
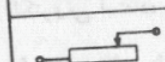
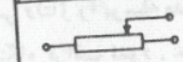
علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

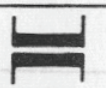
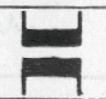
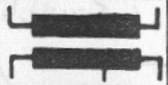
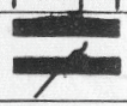
۵۴	دستگاه الکترو دینامیکی با قاب صلیبی و با هسته آهنی بسته یا دستگاه فرو دینامیکی با قاب صلیبی	
۵۵	دستگاه اندوکسیونی	
۵۶	دستگاه اندوکسیونی نسبت سنج	
۵۷	دستگاه اندازه‌گیری بی‌متال	
۵۸	دستگاه اندازه‌گیری با سیم حرارتی	
۵۹	دستگاه نوسانی	
۶۰	مبدل حرارتی متصل به سیم حرارتی	
۶۱	مبدل حرارتی عایق	
۶۲	دستگاه اندازه‌گیری الکترو استاتیکی	
۶۳	دستگاه اندازه‌گیری بطورکلی	
۶۴	دستگاه اندازه‌گیری با سیم پیچ فشار الکتریکی	
۶۵	دستگاه اندازه‌گیری با سیم پیچی جریان	
۶۶	دستگاه اندازه‌گیری با دوسیم پیچ جریان	
۶۷	ـاه اندازه‌گیری با دوسیم پیچ فشار	

دستگاه اندازه‌گیری با سیم پیچی جریان و فشار	
دستگاه اندازه‌گیری با دوسیم پیچ اختلاف سطح جهت اندازه‌گیری نسبت یا حاصلضرب	
دستگاه اندازه‌گیری با سیم پیچ ضربدری یاصلیبی	
دو دستگاه اندازه‌گیری	
دستگاه اندازه‌گیری با یك سیم‌پیچ فشار	
دستگاه اندازه‌گیری با یك سیم‌پیچ جریان	
دستگاه اندازه‌گیری با دو سیم پیچ فشارجهت اندازه‌گیری تفاضل یا مجموع	
دستگاه اندازه‌گیری با دو سیم پیچ جریان جهت اندازه‌گیری تفاضل یا مجموع	
دستگاه اندازه‌گیری با دو سیم پیچ فشار جهت اندازه‌گیری حاصلضرب و یا خارج قسمت	
دستگاه اندازه‌گیری با یك سیم پیچ جریان ویك سیم پیچ فشار	

۷۸	دستگاه اندازه‌گیری بادوسیم پیچ جریان جهت‌اندازه‌گیری تفاضل یا مجموع و یك سیم‌پیچ فشار جهت اندازه‌گیری حاصلضرب	
۷۹	دو دستگاه اندازه‌گیری هرکدام دارای یك سیم پیچ فشارجهت اندازه‌گیری تفاضل یا مجموع	
۸۰	دو دستگاه اندازه‌گیری هرکدام دارای دو سیم‌پیچ جریان‌جهت اندازه‌گیری تفاضل یا مجموع	
۸۱	دو دستگاه اندازه‌گیری با دو سیم پیچ جریان و سه سیم پیچی فشار جهت اندازه‌گیری حاصلضرب یا خارج قسمت	
۸۲	سه دستگاه اندازه‌گیری هرکدام دارای یك سیم‌پیچی فشارجهت اندازه‌گیری تفاضل یامجموع	
۸۳	دستگاه اندازه‌گیری هرکدام دارای یك سیم پیچ جریان و یك سیم‌پیچ فشار جهت اندازه‌گیری حاصلضرب	
۸۴	دستگاه اندازه‌گیری ثبت‌کننده آمپر	
۸۵	دستگاه اندازه‌گیری آمپرساعت	
۸۶	دستگاه اندازه‌گیری تفاضل اختلاف سطح	

علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

واتمتر (جهت اندازه‌گیری در جریان دائم و متناوب یکفازه)	
سنجش اختلاف فاز ـ کسینوس فی‌متر	
واتمتر برای اندازه‌گیری بار مساوی سه فاز چهارسیمه	
کنتور برای اندازه‌گیری انرژی جریان دائم و متناوب یکفازه	
مقاومت شنت	
مقاومت سری	
مقاومت اندوکتیو	
مقاومت ظاهری	
مقاومت اهمی قابل تنظیم	
مقاومت اهمی متغیر با تنظیم پله‌ای	
مقاومت اهمی متغیر با تنظیم یکنواخت	
تنظیم کننده اختلاف سطح	

۹۹	ترانسفورماتور با دو سیم‌پیچی مجزا	
۱۰۰	ترانسفورماتور اندازه‌گیری	
۱۰۱	ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان	
۱۰۲	ترانسفورماتور اندازه‌گیری با ولتاژ متغیر درثانویه	
۱۰۳	ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان با جریان مختلف درثانویه	
۱۰۴	ترانسفورماتور فشار الکتریکی با سیم‌پیچ متغیر	
۱۰۵	آمپر	A
۱۰۶	کیلوآمپر	KA
۱۰۷	میلی‌آمپر	mA
۱۰۸	میکروآمپر	μA
۱۰۹	ولت	V
۱۱۰	کیلوولت	KV
۱۱۱	میلی‌ولت	mV
۱۱۲	میکرو ولت	μV

علائم دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی

W	وات
KW	کیلووات
MW	مگاوات
VAR	وار (قدرت کور)
KVAR	کیلووار
MVAR	مگاوار
HZ	هرتس
KHZ	کیلوهرتس
MHZ	مگاهرتس

چنانچه روی دستگاه اندازه‌گیری علامات زیر درج شده باشد :