

سلامت بخش برق

سایت تخصصی برق

www.power2.ir

reza@power2.ir

به نام ایزد یکتا

اندازه گیری

- ۱ - خطاهای اندازه گیری و برخی اصطلاحات اندازه گیری :
 - ۲ - دستگاههای اندازه گیری ولتاژ جریان DC و AC :
 - ۳ - دستگاههای اندازه گیری دیجیتال :
 - ۴ - فرکانس متر :
 - ۵ - کنتورهای اندازه گیری توان الکتریکی (تک فاز , سه فاز) :
 - ۶ - اسیلوسکوپ :
 - ۷ - سایر دستگاههای اندازه گیری COSCP متر , فرکانس دیجیتال , اندازه گیری مقاومت و مقاومت یزولاسیون :
- مراجع :

1 - Manual Retevence for in Strumantaion iabratories , wolf & smith

اندازه گیری الکتریکی - 2

دوروش اصلی اندازه گیری :

۱ - روش مقایسه ای : این روش نشان می دهد که آیا کمیتی وجود دارد یا نه , یا

اینکه یک کمیت صعودی یا نزولی است مثال فازمتر , نیروگاههای برق .

۲ - روش اندازه گیری دقیق : دستگاههایی هستند که اندازه گیری را به صورت

مطلق و با محدوده خطای مشخص انجام می دهند .

کمیت های مورد اندازه گیری :

۱ - ولتاژ : مقدار نیروی لازم برای انتقال باری به ظرفیت یک کولن از یک نقطه به نقطه دیگر :

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{کار}}{\text{کولومب}}$$

۲ - جریان: مقدار باری از یک نقطه در یک ثانیه عبور می کند :

$$\text{جریان} = \frac{\text{کولومب}}{\text{ثانیه}}$$

۳ - مقدار میانگین یک کمیت : برابر است با سطح زیر منحنی تغییرات آن در زمان

$$A_{av} = \int_0^T A(t) dt$$

۴ - مقدار واریانس یک کمیت (2ms): برابر است با میانگین زمانی مربعات آن کمیت

$$A_{rms} = \sqrt{\int_0^T A(t)^2 dt}$$

$$\Rightarrow \text{If } A(t) = A_0 \sin At, \text{ then } A_{rms} = \frac{A_0}{\sqrt{2}}$$

تغییر محدوده اندازه گیری یک دستگاه :

۱ - مقاومت شنت : برای افزایش محدوده اندازه گیری جریان یک دستگاه به کار می رود .

$$I_m = I \times \frac{R}{R + r_m} \longrightarrow I = I_m \times \frac{R + r_m}{R}$$

Π = ضریب بزرگ کنندگی

پس ضریب اندازه گیری در صورت استفاده از مقاومت شنت به نسبت n افزایش پیدا کند

باید $R \ll r_m$ باشد

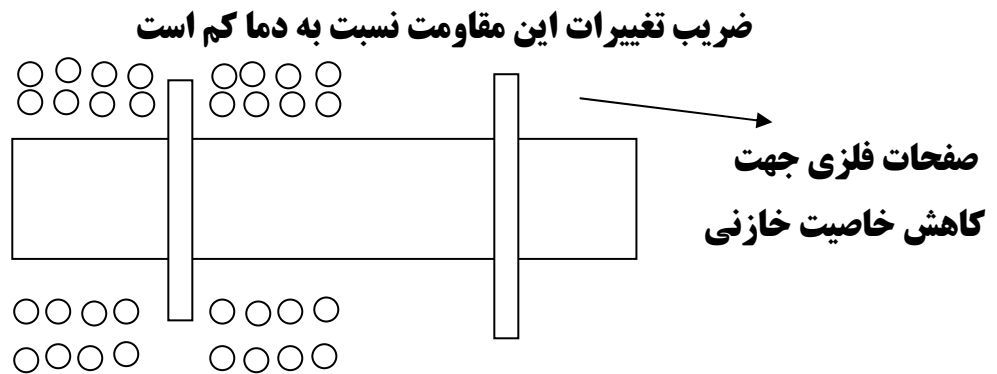
۲ - مقاومت سری : جهت افزایش محدوده اندازه گیری ولتاژ .

$$\begin{array}{ccc} \text{_____} V & \text{_____} R & r_m \\ & \bigcirc & \\ \frac{r_m}{R + r_m} & V_m = V & \frac{r_m + R}{r_m} \quad V = V_m \\ & \longrightarrow & \\ & & n \end{array}$$

در این حالت باید $R \gg r_m$ باشد

مانند : مدار یک فاز متر .

جنس مقاومت شنت و مقاومت سری در گذشته از مانگنین و در حال حاضر از آلیاژهای آلنیکو است .



جنس بدنه مقاومت از ماده ای با خاصیت خازنی کم انتخاب میشود .

سیم پیچها به صورت دولایه بسته می شوند اثر سلفی کاهش یابد .

دستگاههای اندازه گیری عقربه ای :

دستگاه قاب گردان :

اگر سیمی به طول L در میدان مغناطیس BL گاوس بر متر قرار گیرد نیروی وارد شده بر سیم برابر است با .

$$F = B l \cdot I \cdot N$$

میدانی که سیم

در آن قرار تعداد دور جریان عبوری از سیم گرفته است

شعاع هسته آهنی $p = 2 \cdot N \cdot I \cdot B l \cdot R$ گشتاور

$$p = K_e \cdot I^2 \quad \vec{I} \rightarrow \quad K_e \cdot I = K_f \cdot \phi$$

electnical

$$p = K_f \cdot A$$

↓
زاویه چرخش

$$A = \frac{K_e}{K_f}$$

ضریب حساسیت دستگاه اندازه گیری (فتر) یا ثابت فتر

تغییرات خروجی دستگاه

$$\text{حساسیت دستگاه} = \frac{\text{تغییرات ورودی دستگاه}}{\text{اندازه گیری}} = S$$

میدان B مقداری در حدود ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ گاوس دارد.
 -4 -3
 توان مصرفی یک دستگاه قاب گردان در حدود ۱۰ تا ۱۰ وات است.
 با جریانی در حدود 3mA انحراف کامل در آن بوجود می آید.
 تذکر:

در صورتی که قاب دایره شکل باشد (2R)

$$K_e = N \cdot B \cdot L \cdot I \cdot d$$

گشتاور پیچک

L

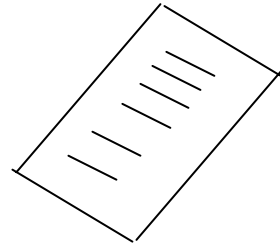
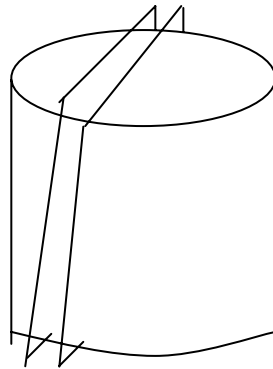
$$K_e = N \cdot B \cdot L \cdot d$$

تعداد دور

A سطح مقطع سیم

نکته: گشتاور حاصل از نیروی وارد بر سیم پیچ سبب چرخش عقربه می شود
 نکته: هر چه S (ضریب حساسیت دستگاه) بیشتر باشد دقت دستگاه بیشتر است و مقدار خطای ما کمتر است.

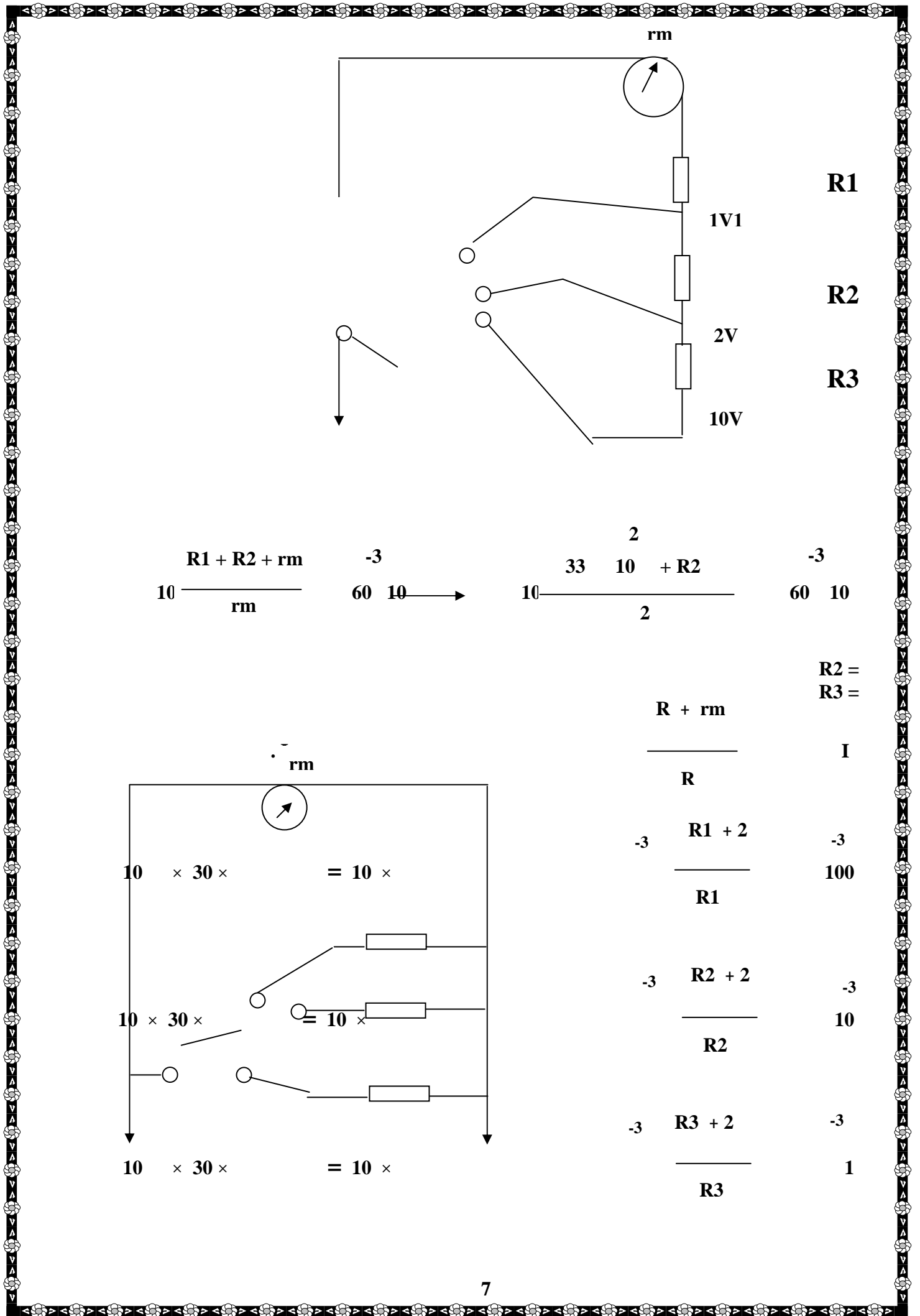
مثال : دستگاه قاب گردان نوری



مثال : یک دستگاه قاب گردان داریم که حداکثر دامنه ولتاژ خود افت ولتاژ 60mv نشان می دهد مقاومت داخلی آن در دمای اتاق 2 است مقاومت های سری X شنت برای این دستگاه طراحی کنید که اندازه گیری ولتاژ را در محدوده 1 ولت ۱۰ ولت و 100 ولت و اندازه گیری جریان را در محدوده 100mA ، 10 mA ، 1mA انجام داد .

$$R = \frac{V}{I} \rightarrow I_m = \frac{V}{r_m} \Rightarrow I_m = \frac{60 \times 10^{-3} \text{ V}}{2} = 30 \times 10^{-3} = 30 \text{ mA}$$

$$\frac{R_1 + r_m}{r_m} \times V_m \Rightarrow \frac{100 + 2}{2} \times 60 \times 10^{-3}$$



پراپهای اندازه گیری جریان

جبران اثرات حرارتی محیط : (آنالوگ)

شدت میدان مغنا

B

$$A = \frac{K}{K_f} I \cos \theta$$

ثابت فنر

حرارت موجب کاهش شدت میدان مغناطیسی می شود.

$$B_t = B_0 (1 - \alpha_B t)$$

ضریب حرارتی آهن ربا

حرارت موجب کاهش ضریب ثابت فنر می شود.

ضریب حرارتی فنر

$$K_{p t} = K_f (1 - \alpha_K t)$$

برای جبران اثر کاهش ممان وقت شنتی را با دستگاه موازی کنیم تا این اثر حرارت را

خنثی می کند

ضریب حرارتی شنت

$$R_n = R_{n0} (1 + \alpha_R t)$$

مقاومت شنت خود دارای ضریب حرارتی است :

$$B = 0 \times B_t - K$$

$$^A A = A_t - \frac{I_t}{K_{ft}} K_0$$

زاویه در دمای (°)

زاویه در دمای

(روش ۱):

$$I = \frac{R_n}{R_m + R_n} N \cdot B \cdot L \times I_t =$$

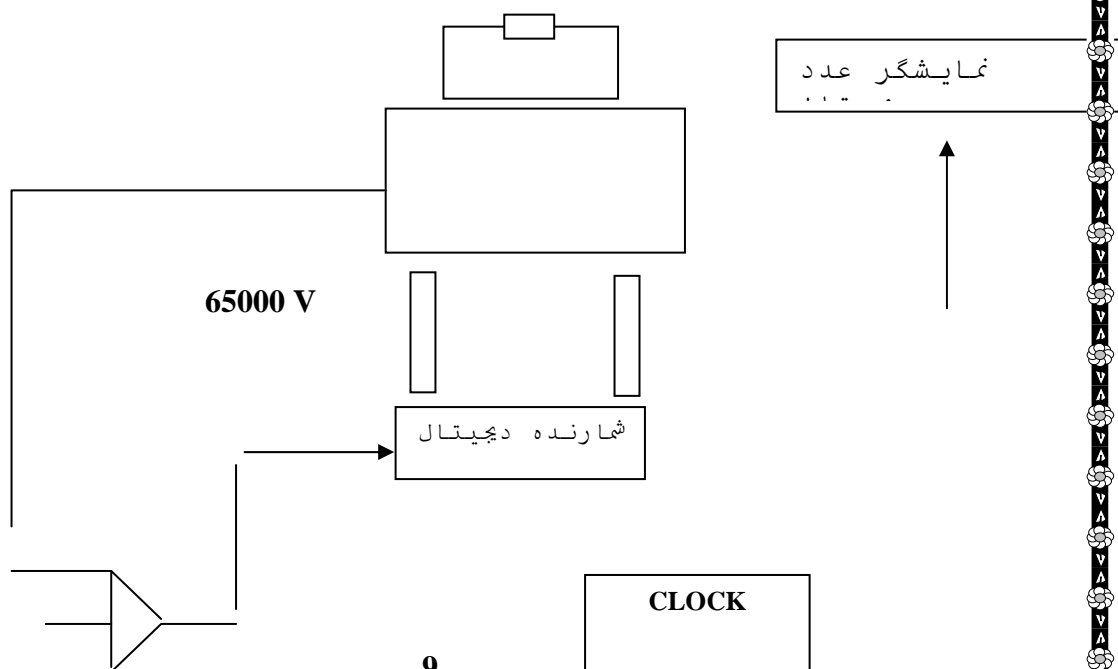
بدست آوردن مقاومت شنت برای جبران آن

$$\frac{K_r}{(\& - b)} \times R_n = \frac{K_r}{(\& - b)}$$

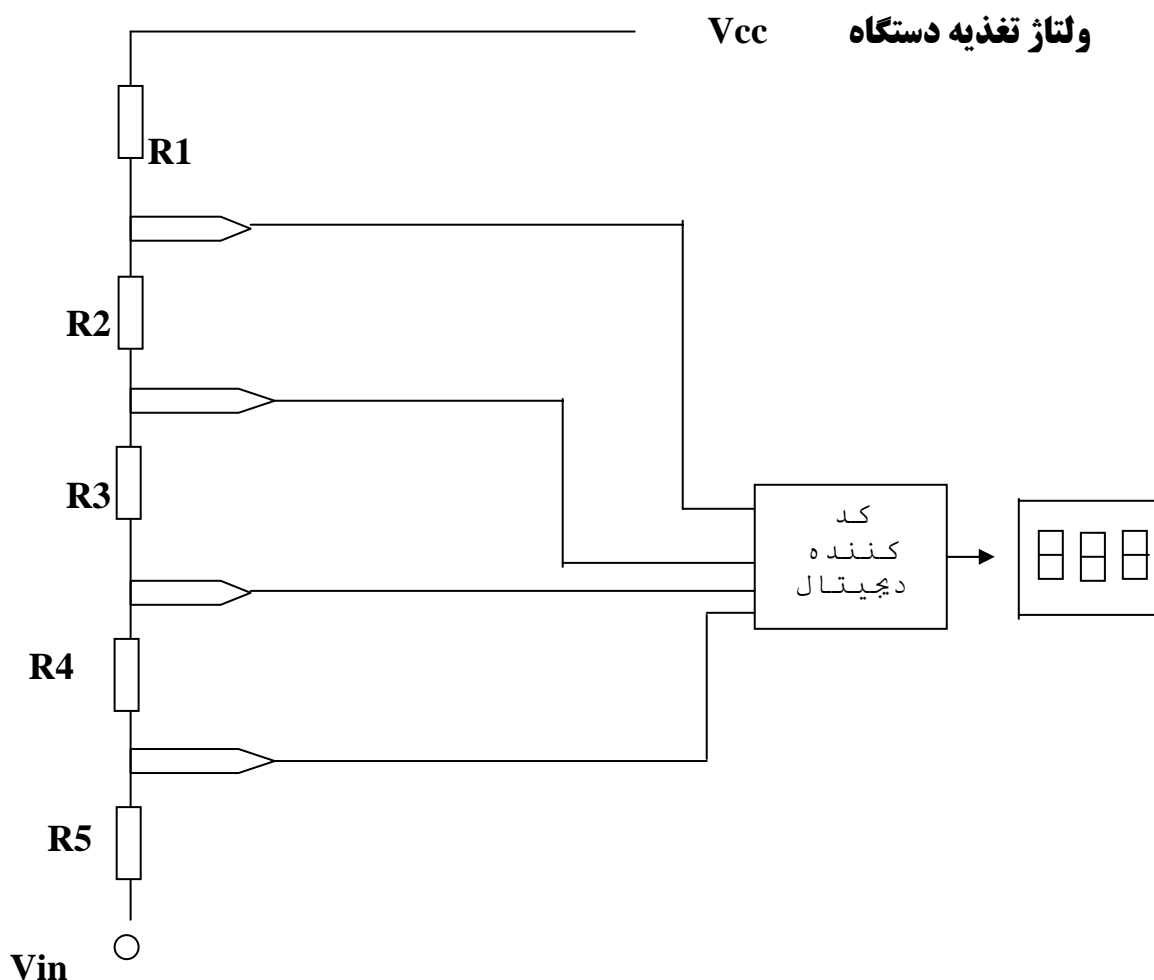
دستگاههای اندازه گیری دیجیتال :

۱ - دستگاه اندازه گیری از طریق شمارنده جریان تقسیم مطلع می شود

If $V_{in} = V_{rep}$ →



۲ - دستگاه اندازه گیری ولتاژ با استفاده از مجموعه مقایسه کننده ها :



دستگاه اندازه گیری با قاب صلیبی گردان :

از دو قاب با زاویه های B نسبت به یکدیگر

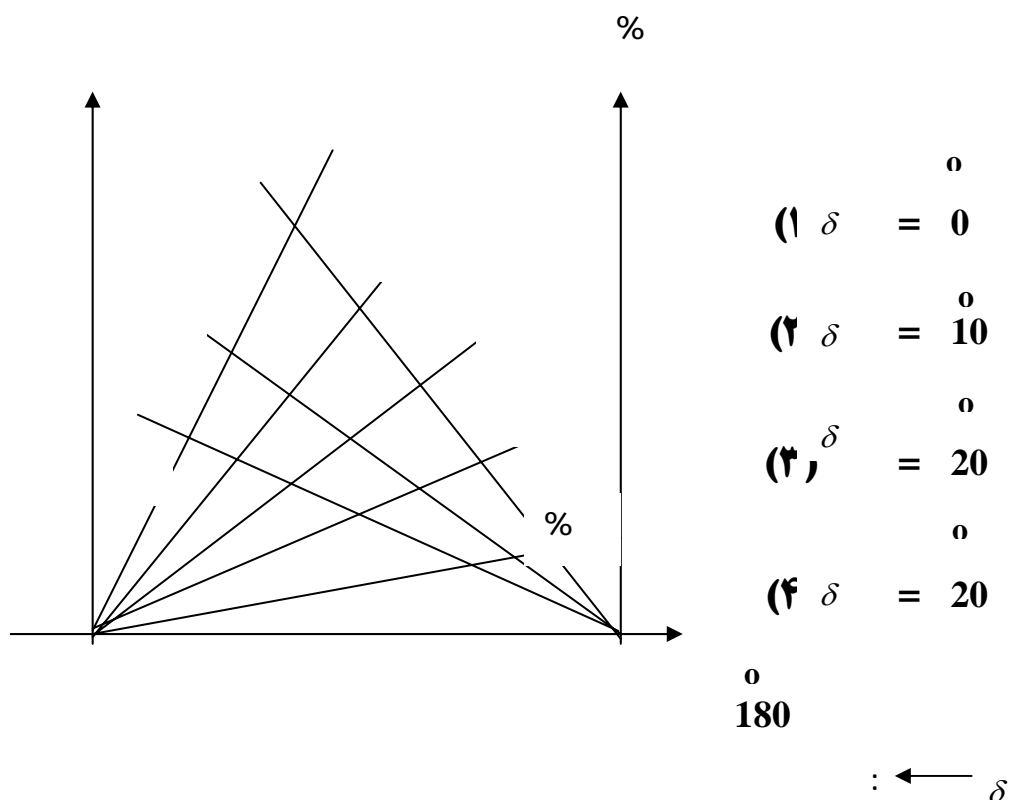
تشکیل شده است .

فاصله هوائی آن نما مقارن است .

این دستگاه در نقطه ای متوقف می کند که نیروی وارد بر دو قاب با یکدیگر مقارن

شوند این پدیده به علت یکنواخت بودن فاصله هوائی رخ می دهد .

به عنوان مثال اگر فاصله هوائی به صورت خطی تغییر کند



به علت اینکه اثر حرارتی بر روی هر دو سیم بیج آن به صورت یکسان وارد می شود

نسبت حرارت مقاوم است .

در مواقعی که نیاز به مقایسه دو کمیت داشته باشیم مثل دو ولتاژ ، دو جریان و یا

ولتاژ به جریان (برای اندازه گیری مقاومت) استفاده می شود .

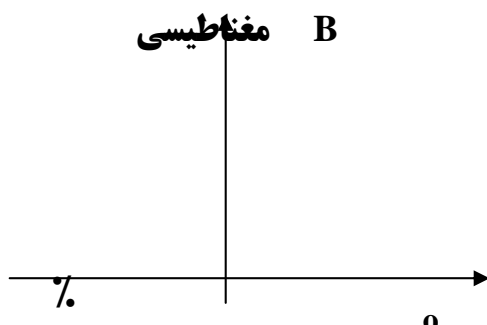
به علت آنکه افزایش فاصله هوائی مصرف جریان بیشتر می شود اتلاف توان آن از

دستگاه تک قاب بیشتر است .

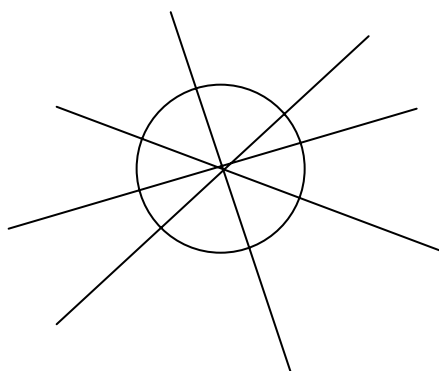
مثال :

A : زاویه قرار گیری سیم پیچ (فاصله هوائی)

در صفر درجه فاصله هوائی به کمترین مقدار خود می رسد .



زاویه به یکدیگر . $\delta\beta$



$$\delta B_1(A) = B_0 \cos(B + \delta\beta)$$

$$\delta B_2(A) = B_0 \cos(B - \delta\beta)$$

گشتاور و سیم پیچ اول $M_1 = N \times L \times L_1 \times B_1(A)$

گشتاور و سیم پیچ دوم $M_2 = N \times L \times L_2 \times B_2(A)$

نقطه تعادل : $M_1 + M_2 = 0$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{\cos(B - \delta\beta)}{\cos(B + \delta\beta)}$$

اگر فاصله هوائی به صورت دقیق تنظیم و طراحی شده باشد درجات آن خطی و

یکنواخت است .

روش اندازه گیری مقاومت :

اگر یکی از مقادیر مقاومتها به صورت دقیق مشخص باشد داریم

$$(S1 + R1) I1 = (S2 + R2) I2$$

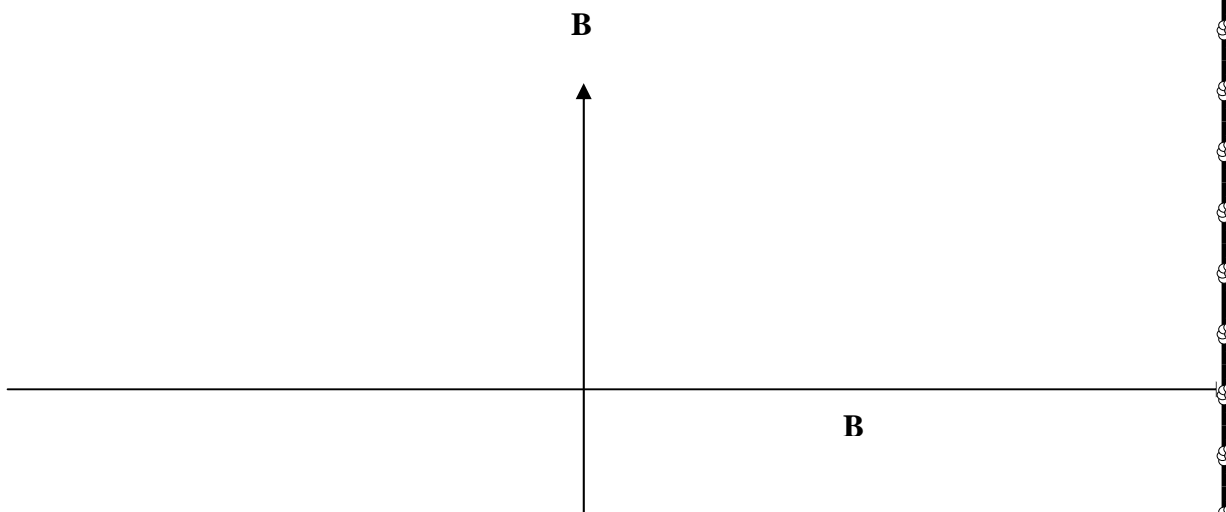
اگر مقاومت های $S1$ و $S2$ به اندازه کافی کوچک باشد

$$\frac{R1}{R2} \cdot \frac{R1}{R2} \Rightarrow R1 = \frac{I1}{I2} \cdot Ref$$

عددی که بر روی

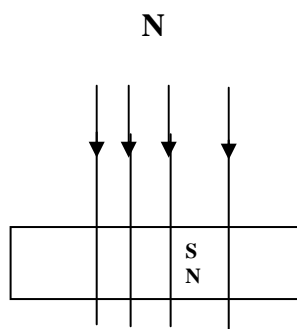
صفحه خوانده می شود

اختلاف ارتفاع دو منحنی در اثر اختلاف جریانهای دو سیم پیچ بوجود می آید



دستگاههای اندازه گیری با آهن نرم گردان :

آهن نرم با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی خاصیت پیدا می کند جهت جریان تولید

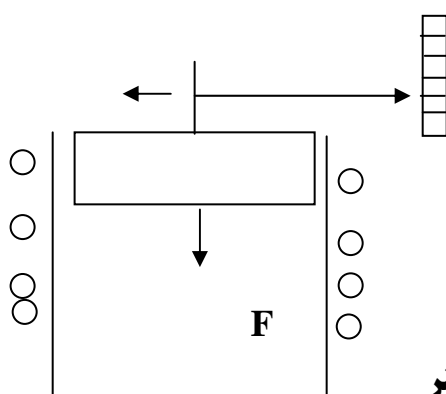


شده در آن معکوس میدان مغناطیسی است .

مانند سوزنی که با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی

با جهت میدان هم جهت می شود قطعه نرم این

دستگاه نیز حرکت کرده و در جهت میدان مغناطیسی قرار می گیرد .



تحریک سیم پیچ جریان مورد اندازه گیری

(استفاده در تابلوی برق)

(F) نیروی جاذبه + نیروی گرانش = نیروی فنر

دستگاه اندازه گیری با آهن گرد گردان :

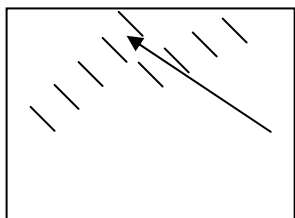
با افزایش جریان الکتریکی صفحه اندازه گیری

به صورتی می چرخد که سطح مقطع بزرگتری

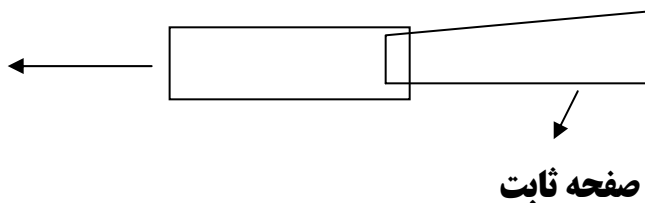
در داخل میدان مغناطیسی قرار دارد . مقدار

زاویه چرخش در این دستگاه مناسب با قدر مطلق تحریک ورودی است .

نمونه عملی دستگاه برای استفاده از تابلو های برق : (خاصیت خازنی کتاب مهم است)



F



این دستگاه از یک آهن نرم دوزنقه ای شکل که در محل خود ثابت قرار گرفته

است و یک قطعه آهن مستطیل شکل که به عقربه دستگاه متصل شده است

تشکیل می شود به علت اینکه در هنگام وارد شدن جریان به سیم پیچ الکتریکی

در دو قطعه آهن نرم دو آهن ربای هم نام تشکیل می شود که یکدیگر را دفع

می کنند این نیرو متناسب با $\frac{1}{a}$ که a 4 دو صفحه است .

نکته : هر چقدر فاصله هوایی در یک دستگاه اندازه گیری کمتر باشد میدان

مغناطیسی قویتر شده و نیروی ضد محرکه بیشتری تولید می کند ، لذا این مدار

جریان کمتری مصرف می کند . (نیروی ضد محرکه مقدار جریان را کاهش می دهد)
مثال :

سلف ، نیروی ضد محرکه در خود ایجاد می کند و باعث کاهش

جریان عبور می کند - چون میدان بوجود آمده جریان تولید می

کند و جریان ولتاژ تولید می کند .

نوع دیگر دستگاه اندازه گیری آهن نرم گردان :

این دستگاه از دو صفحه مسطح تشکیل شده است

به علت اینکه فاصله دو صفحه متناسب با میزان

جریان ورودی است و نیروی تولید شده توسط بوبین یا — درجات این

دستگاه به صورت لگاریتمی خواهد بود . در محدوده کوچک اندازه گیری دقت

بیشتر و در محدوده بزرگ دقت کمتر را دارا است .

نیروی مغناطیسی تولید شده در دستگاههای اندازه گیری با آهن نرم گردان :

R: مقاومت داخلی بوبین

L: سلف حاصل از سیم پیچ

$$V = iR + \frac{Nd}{dt} \varnothing$$

N : تعداد دور بوبین $d\varnothing$: میدان مغناطیسی

میزان توان تولید شده در فاصله زمانی dt :

2

$$P = V_i = R L + \frac{N i d \phi}{dt}$$

میزان کار انجام شده در فاصله زمانی dt :

2

$$W = R i dt + N i d \phi$$

انرژی مکانیکی (2) انرژی حرارتی (1)

کار مغناطیسی:

$$N d \phi = L di$$

$$N i d \phi = \int_0^I L i di$$

L:

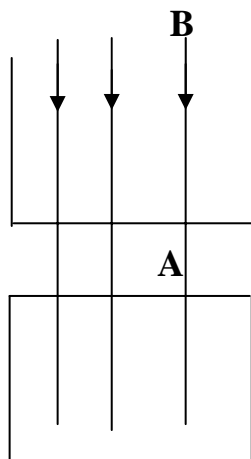
$$W_m = \frac{L}{2} i^2 = \frac{1}{2} L i^2$$

$$W_m = \frac{1}{2} L i^2$$

$$V = L \frac{di}{dt} = N \frac{d\phi}{dt}$$

مقدار کار مغناطیسی تولید شده بویین برابر با $L i^2$ و مشاهده می شود

که با مجذور جریان متناسب است و مستقل از جهت جریان می باشد.



کار مکانیکی:

$$H = \frac{B}{\mu_0}$$

B: میدان مغناطیسی

H: (شدت میدان)

ضریب نفوذ مغناطیسی

هوا : آهن : Fe

ضریب نفوذ نسبی آهن : Fe

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = N \cdot I$$

طول مسیر خطوط میدان : L

$$W_m = \int_0^B \mathbf{H} \cdot \mathbf{L} \cdot \mathbf{A} \cdot d\mathbf{B}$$

شدت میدان : H

$$\int_0^B \mathbf{H} \cdot d\mathbf{B}$$

حجم فضائی که کار در آن انجام می شود : L.A

$$\oint = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$$

سطح مقطع عبوری خطوط میدان : A

تار مغناطیسی (فلوی مغناطیسی) : \oint

$$W = \frac{1}{2} \int_0^B \mathbf{B} \cdot d\mathbf{B} = \frac{1}{2} \times \mathbf{Y} \times \mathbf{B}^2$$

می دانیم که کار در فاصله L1 تا L2 انجام می شود به همین علت تنها این حجم

از میدان مغناطیسی موجب تولید کار می شود میزان کار انجام شده برابر است با :

$$L = L2 - L1$$

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{L}$$

تغییر مسافت : L نیروی مغناطیسی : F

انرژی موجود در فاصله هوایی در شروع حرکت = Wm1

$$W_{m1} = \frac{1}{2} \cdot \mathbf{V} \cdot \mathbf{B}^2$$

انرژی موجود در فاصله هوایی در انتهای حرکت W_{m2}

$$\frac{1}{2} W_{m2}^2 = \frac{1}{2} V \cdot B^2$$

چون r_{Fe} خیلی بزرگتر از r_{Fe}^1 است از r_{Fe}^1 رف نظر می شود.

کار انجام شده $W =$

$$W = W_{m1} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} V \frac{1}{r_{Fe}} \quad)$$

کار انجام شده برابر است با: $W \frac{1}{2} \cdot V \cdot B^2$

مقدار نیروی مغناطیسی تولید شده:

$$F = \frac{W}{L} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V}{L} \cdot B^2 = \frac{1}{2} \cdot A \cdot B^2$$

کاربردهای دستگاههای اندازه گیری آهن نرم گردان:

۱ - درجات اندازه گیری: ۴ روش وجود دارد:

۱: با تغییر شکل دادن قطعات فلزی متحرک و ثابت.

۲: تغییر فاصله دو قطعه با تغییر قرارگیری نسبی آنها.

۳: استفاده از آلیاژهای آهن با خواص مغناطیسی خاص.

۴: مقاومتهای متغیر خارجی.

این نوع درجه بندی بر روی

موتورهای

الکتریکی کار برد دارد.

این نوع درجه بندی در موتورهای با تحریک
مشترک بوبین و آرمیچر.

برای اندازه گیری

۱: تغییر شکل قطعات ثابت و متحرک:

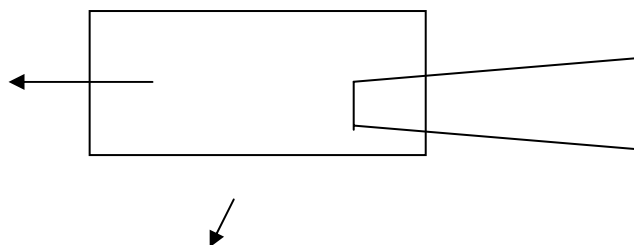
به عنوان مثال با استفاده از قطعات آهن به فرم دوزنقه ای و مستطیلی می توان

نیروی تولید شده را نسبت به میزان حرکت متغیر کرد. هر چقدر که میزان

انحراف دو صفحه بیشتر شود. نیروی تولید شده کمتر می شود و باعث جبران

2

سازی رابطه $W = LI$ می شود. نیروی W تقریباً یکنواخت می شود.

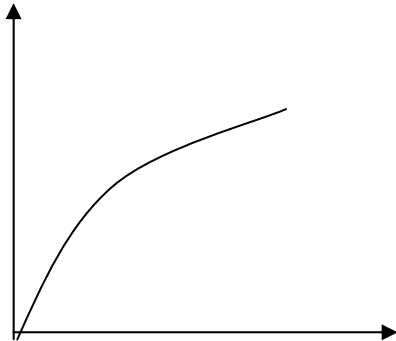


۳: می توان از آلیاژهای استفاده نمود که در جریان کم دارای ضریب نفوذ مغناطیسی

زیاد هستند و در جریان های زیاد نفوذ مغناطیسی آنها کم است به این ترتیب اثر

2

متناسب بودن W با I خنثی می شود.



۲: اندازه گیری جریان :

می توان تا جریان 200A را اندازه گیری در این حالت بوبین تنها از یک دور

تشکیل شده است . دقت کنید که به علت وجود پس مانده مغناطیسی سرعت

تغییرات در هنگام زیاد شدن جریان از هنگام کم شدن جریان بیشتر است مقدار

اندازه گیری شده به جهت جریان بستگی ندارد .

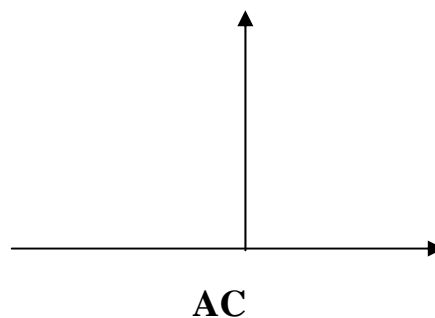
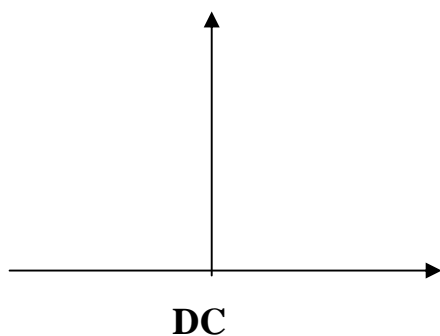
۳: اندازه گیری ولتاژ : جریان مصرفی دستگاه در حدود 3 تا 1000 میلی آمپر

است . به همین علت میزان توان تلف شده در مقاومت سری اندازه گیری زیاد

است باید از جنسی مقاوم در برابر حرارت مانند نکانین استفاده شود .

۴: اندازه گیری جریان متناوب :

به علت جریان فوکو (گردابی) میزان تلفات توان آن زیاد است .



جریانی که از سیم پیچ می گذرد باعث ایجاد نوکو می گردد که جریان آن مخالف

جریان عبوری از سیم پیچ .

به دلیل اثر پس مانده مغناطیسی همیشه جریان های AC را کمتر از جریان DC

نشان می دهد .

دستگاه های اندازه گیری الکترو دینامیکی : شکل ص ۷۸

استوانه فلزی قاب گردان

$$M_e = K_1 \times V \cdot i$$

I:

i

قاب گردان

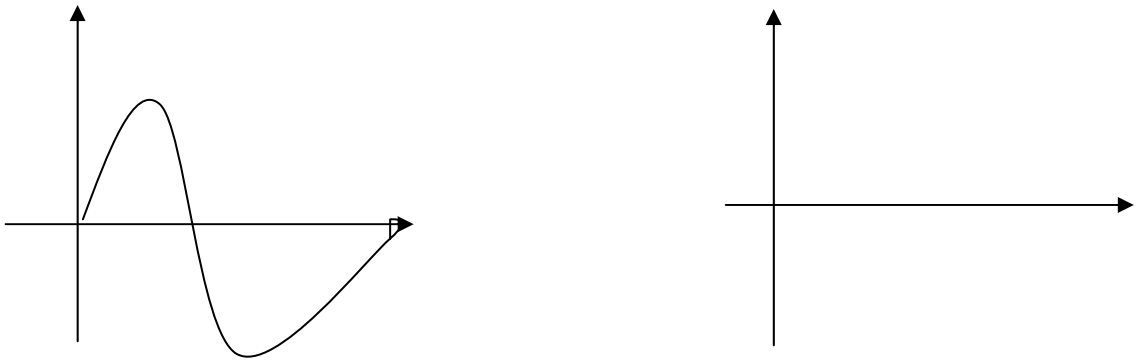
V:

هسته آهنی ثابت

سیم پیچ تحریک هسته آهنی ثابت

نیاز به ترمز هوایی داریم چون برای جریانهای ac هم کاربرد دارد.

برای بدست آوردن توان از دستگاه استفاده می شود.



در دستگاههای با قاب گردان و آهن ربای دائمی (آهن نرم) به علت اینکه

جریان های فوکود در استوانه ای قاب گردان به وجود می آید و جهت جریان

آنها در جهت مخالف با میدان مغناطیسی تحریک کننده ای آنها است یک ترمز

جریان فوکو ایجاد می گردد . پس به علت اینکه جریان مصرفی دستگاه الکترو

دینامیکی باید کم باشد میدان مغناطیسی ثابت کوچک بوده و نمی تواند ترمز

مذکور را ایجاد کند . پس در این دستگاه ها به ترمز هوایی نیاز داریم .

جریان مصرفی بوبین آهن ربای دائمی در حدود 100mA تا 2A است .

جریان تحریک قاب گردان در حدود 1 تا 5mA است .

سیم پیچ آهن ربای دائم معمولاً توسط ولتاژ و سیم پیچ قاب گردان توسط جریان

تحریک می شود و مقدار مشاهده شده در خروجی برابر با توان مورد اندازه گیری است .

مثال : فرض کنید دستگاه اندازه گیری الکترو دینامیکی توسط جریان سینوسی زیر

$$i(t) = I_m \cos(\omega t) \quad \text{ولتاژ} \quad V(t) = V_m \cos(\omega t + \phi) \quad \text{تحریک میشود}$$

مقدار ممان متوسط دستگاه اندازه گیری را محاسبه کنید :

$$\text{ممان متوسط :} \quad M_w = \frac{1}{T} \int_0^T M(t) dt$$

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

$$M_w = \frac{1}{T} \int_0^T K.V(t).i(t) dt$$

$$M_m = \frac{1}{T} \int_0^T K.I_m.V_m.\cos(\omega t)\cos(\omega t + \phi) dt$$

$$M_m = \frac{K I_m V_m}{T} \int_0^T \frac{1}{2} [\cos(\omega t + \phi) + \cos(\omega t - \phi)] dt$$

$$M = \frac{K I_m V_m}{T} \left[\frac{1}{2} \cdot (\sin(\omega t + \phi) + \sin(\omega t - \phi)) \right]_0^T =$$

چون در $\cos \phi$ ضرب شده پس توان حقیقی (انرژی حقیقی) است .

$$P \frac{K I_m V_m}{2} \cos \phi = K \frac{I_m}{\sqrt{2}} \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cos \phi$$

مشاهده می شود که مقدار نمایش داده شده توسط دستگاه اندازه گیری

$$K \cdot V_{rms} I_{rms} \cdot \cos \phi$$

الکترو دینامیکی برابر است با

H

۱- در حالت اندازه گیری :

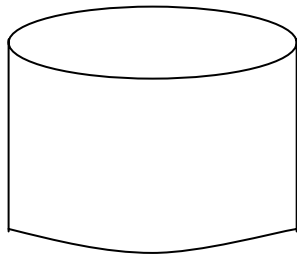
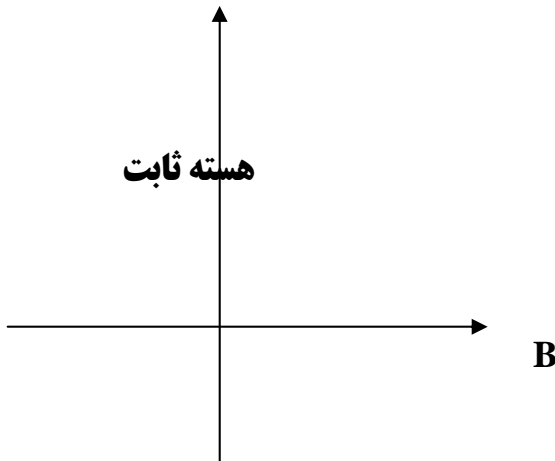
هسته ثابت

آهن ربای ثابت باید حتی المقدور دارای

پس مانده مغناطیسی کم باشد زیرا در

غیر این صورت موجب خطای اندازه

گیری در حالت DC و AC می شود.



آهن ورقه شده که در بین صفحات عایق

قرار دارد و چون ورقه ای است جریان های

فوکو کمتر می شوند (مقاومت بالا می رود)

اگر پس ماند به اندازه کافی کم باشد درجات اندازه گیری کاملاً خطی خواهد بود.

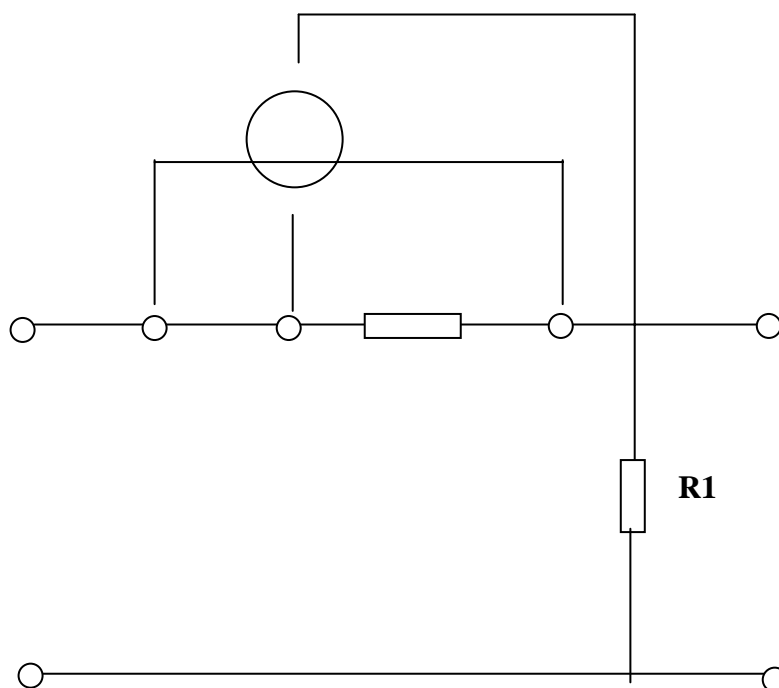
* 2 : اثر بارهای الکترو استاتیکی :

در این حالت توان مشاهده شده

بر روی دستگاه مجموع

توان مصرفی بار بعلاوه هیتز

است در این حالت داریم : (شکل بالا)



در این حالت توان اندازه گیری

شده فقط توان مصرفی بار

خواهد بود .

اگر اختلاف ولتاژ سیم پیجهای قاب

گردان و سیم پیچ ثابت زیاد باشد

نیروی الکترواستاتیکی بوجود خواهد

آمد که موجب خطای اندازه گیری

می شود پس در هنگام بستن مدار

باید به موقعیت مقاومت سری توجه شود .

(در حالت R1 ولتاژ بین سیم جریان و سیم ولتاژ بسیار زیاد است)

۳ - فرکانس :

زیاد شدن فرکانس در این دستگاه باعث افزایش جریان های فوکو شده و میزان

تلفات و در نتیجه خطای اندازه گیری را افزایش می دهد حداکثر دقت اندازه گیری

با استفاده از آهن با جریان فوکو کم به حدود 10KHZ می رسد .

این کار با استفاده از آلیاژهای با مقاومت الکتریکی زیاد انجام می شود .

منحنی پس مانده مغناطیسی در حالت AC و DC کمی متفاوت است . همیشه

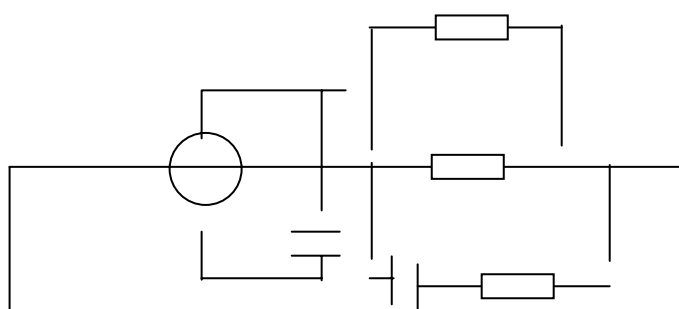
جریان یا ولتاژ AC کمی کمتر از مقدار DC آن نمایش داده می شود .

PTC NTC \rightarrow T \nearrow R \downarrow

اگر جریان AC داشته باشیم

شاخه DC مدار باز و اگر جریان

DC داشته باشیم شاخه AC



اتصال کوتاهی می شود .

* در این مدار با افزایش فرکانس مقاومت خازن C (امپدانس) کاهش می یابد

و یک مقاومت Rac با مقاومت Rdc موازی می شود . در نتیجه مقاومت کل

کاهش یافته و موجب افزایش جریان مورد اندازه گیری می شود . این اثر کاهش

مقدار توان خوانده شده را جبران می کند .

هم چنین برای کاهش اثر سلفی سیم پیچ آهن ربای دائمی از یک خازن به موازات

آن استفاده می شود .

۴ - اثر حرارتی : با افزایش دما بعضی عوامل مانند ثابت فیر کاهش می یابد که

موجب افزایش مقدار خوانده شده می گردد و در عوض مقاومت الکتریکی

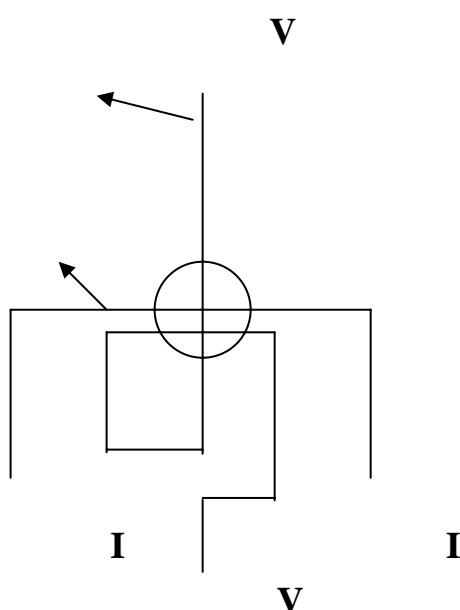
سیم پیچ ها افزایش می یابد که موجب کاهش مقدار خوانده شده می شود و

ضریب نفوذ آهن کاهش می یابد که باعث کاهش مقدار خوانده شده می گردد

با استفاده از یک مقاومت متغیر با دما اثرات باقیمانده حرارتی (اگر یکدیگر را

خنثی نکردند) جبران می شود .

روش جبران سازی توان وات مصرفی وات فیر : (به علت عبور جریان از بوبین ثابت)



یک سیم پیچ جبران سازی برای در نظر

گرفتن جریان مصرفی بوبین ثابت از داخل

قاب گردان عبور می کند . توان نمایش

داده شده در این حالت همیشه (مستقل از

اتصال دستگاه) برابر با توان تولیدی منبع

است . جریان قاب گردان در برابر بوبین ثابت قابل صرف نظر کردن است .

مثال : در یک دستگاه اندازه گیری الکترو دینامیکی می خواهیم اثر اندوکتانس

سیم پیچ ثابت را با استفاده از یک خازن خنثی کنیم مقدار خازن را بدست آورید .

اگر خازن به طور موازی نباشد در فرکانس بالا امپدانس
افزایش می یابد و در نتیجه جریان عبوری کاهش می یابد
و خطا ایجاد می گردد در نتیجه خازن را قرار می دهیم
تا اثر زایل گردد .

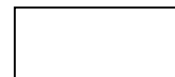
$$Z = R \cdot X + (2 \pi f L - \frac{1}{2\pi f c})$$

فرکانس زاویه ای : F

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (2 \pi f L - \frac{1}{2\pi f c})^2}$$

فرکانس زاویه ای $2 \pi f = \omega$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega c})^2} \Rightarrow \left| \frac{V}{I} \right| = |Z|$$



اگر داشته باشیم $\omega R C \ll 1$ آنگاه :

$$|Z| \approx \frac{R + \omega^2 R C^2}{X_2}$$

$$Z \frac{1}{1 + j\omega C R} = \frac{R}{1 + j\omega C R} = \frac{R(1 - j\omega C R)}{1 - (j\omega C R)^2}$$

$$Z \frac{R^2 - j^2 \omega^2 C^2 R^2}{1 - \omega^2 C^2 R^2} \quad j^2 = -1$$

$$Z_1 = \frac{R^2}{1 - \omega^2 C^2 R^2}$$

$$Z_2 = R_m + j\omega L$$

$$Z = Z_1 + Z_2$$

$$Z_1 + Z_2 = \frac{R^2}{1 - \omega^2 C^2 R^2} + j\omega L \quad \text{If } \omega^2 C^2 R^2 < 1$$

در نتیجه برای آنکه امپدانس به فرکانس بستگی نداشته باشد آنگاه داریم:

$$1 - \omega^2 C^2 R^2 = 0 \implies C = \frac{L}{R^2}$$

مثال: سیم پیچ ثابت یک دستگاه اندازه گیری الکترو دینامیکی دارای مقاومت داخلی

۱۰ اهم و اندوکتانس ۱۰ است حداکثر جریان عبوری از این دستگاه 200 mA است

اگر بخواهیم از این دستگاه برای اندازه گیری ولتاژ متناوب به اندازه 100 ولت 50 Hz

استفاده کنیم. مقدار مقاومت سری و خازن لازم برای خنثی کردن خاصیت سلفی را

بدست آورید .

$$R_m = 10 \quad V = 200 \text{ mV}$$

$$V = 200 \times 10^{-3} \times 10 = 2 \text{ V}$$

حداکثر ولتاژ اندازه گیری DC

$$100 \frac{R_m}{R + R_m} = 2 \Rightarrow 100 \frac{10}{R + 10} = 2 \longrightarrow R = 490$$

نکته : خازن در حالت جریان DC مدار باز است و سلف در حالت جریان AC اتصال

کوتاه است .

$$C = \frac{L}{R} = \frac{10^{-6}}{(490)^2} = 4016 \times 10^{-11} = 41.6 \text{ PF}$$

$$R^2 C^2 W \ll 1 \Rightarrow (490^2 \times 41.6^2 \times 10^{-11} \times 2\pi \times 50) = 4.09 \times 10^{-11} \ll 1$$

یون شرط

مثال : فرض کنید که یک دستگاه اندازه گیری با قاب گردان بازای هر درجه افزایش

دما ۲ درصد کاهش در مقدار قرائت شده نشان می دهد . اگر بخواهیم این اثر

کاهش را با یک مقاومت با ضریب حرارتی منفی جبران کنیم مقدار این مقاومت چه

مقدار باید باشد مقاومت داخلی گردان برابر ۱۰ اهم است و ضریب حرارتی مقاومت

با دما برابر ۵ در صد کاهش به ازای افزایش هر درجه دما است . اگر حداکثر

محدوده اندازه گیری دستگاه برابر با $I = 2ma$ باشد برای اندازه گیری ولتاژ ۱۰۰

m

ولت باید چه مقاومتی را با آن سری کنیم . دمای محیط برابر با 2VC است .

تمام تغییرات را در اثر افزایش دما را در کاهش R در نظر می گیریم .

$$R = R_o (1 + T \times KR)$$

رابطه تغییر مقاومت با دما

Rm:

R : ↙

$$R_t = R_m + R$$

$$R_m = R_{mo} + T \times KR_m \times R_m$$

T:

Krm:

Rm o:

$$KR_m = 0.02$$

$$R = R_o + T \times KR \times R_o$$

$$R_{mo} = 10$$

$$KR = 0.05$$

مسئله صلوری است که ابتدا فرض کنیم مقاومت ها با دما تغییر می کنند دو بعد

T باید صفر باشد تا اثر مقاومت ها در اثر افزایش دما را خنثی کنیم.

$$R_t = R_{m0} + T (0.02 R_{m0} + R_o + T (-0.05) \times R_o)$$

$$R_t = R_m + R_o + T (0.02 R_{m0} - 0.05 R_o)$$

$$0.02 R_{m0} - 0.05 R_o = 0 \Rightarrow R_o = \frac{0.02}{0.05} R_{m0} \Rightarrow$$

$$R_o = 0.4 \times 10 = 4$$

$$R_t = R_{m0} + R_o$$

چون مستقل از حرارت هستند.

$$R_t = 10 + 4 = 16$$

مقاومت سری برای اندازه گیری ولتاژ $R_S : 100V$

$$I_m = 2 \text{ mA}$$

$$(R_S + R_t) I_m = V_m$$

$$V_m = 100 \text{ V}$$

$$\Rightarrow (R_S + 14) 2 \times 10^{-3} = 100 \Rightarrow R_S = 50 \times 10^3 - 14 \text{ — } 50 \times 10^3$$

اندازه گیری ولتاژ ها و جریان

زیاده از دو ترانس کاهنده برای

اندازه گیری جریان و ولتاژ استفاده می شود

اندازه گیری توان سه فاز :

$$V_m = 380V$$

در مدارات ۳ فاز هر فاز با دو فاز دیگر دارای ۱۲۰ درجه اختلاف فاز است در این

نوع اتصال ممکن است سیم زمین وجود داشته باشد یا سیم زمین وجود نداشته

باشد .

$$V_R - V_S = V_m [\cos (Wt - 120) - \cos Wt]$$

$$V_m \left[2 \frac{\sin (2Wt - 120)}{2} \times \sin \left(\frac{120}{2} \right) \right]$$

$$= V_m [2 \sin (Wt - 60) \sin 60]$$

اتصال ستاره و مثلث :

در اتصال مثلث ولتاژ پیک بین دو فاز

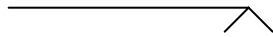
برابر با $3 V_m$ است و مقدار

موثر این ولتاژ برابر $\frac{3}{2} V_m$ است

ولتاژ پیک آن (ولتاژ هر فاز نسبت به زمین) V_m است و مقدار مؤثر آن

$$\frac{V_m}{\sqrt{2}} \text{ است.}$$

سنجش توان در مدارهای ۳ فاز اگر بارها با هم هم فاز باشند

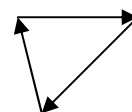


$$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot V$$

$$P_y = 3 \cdot I \cdot V$$

اگر ۳ بردار مقاومت با هم برابر

باشند آنگاه نقطه میانی آنها



همان نقطه زمین است.

$$\vec{RS} + \vec{ST} + \vec{TR} = 0$$

که در آنها I جریان مؤثر یک فاز و V ولتاژ مؤثر فاز و زمین است.

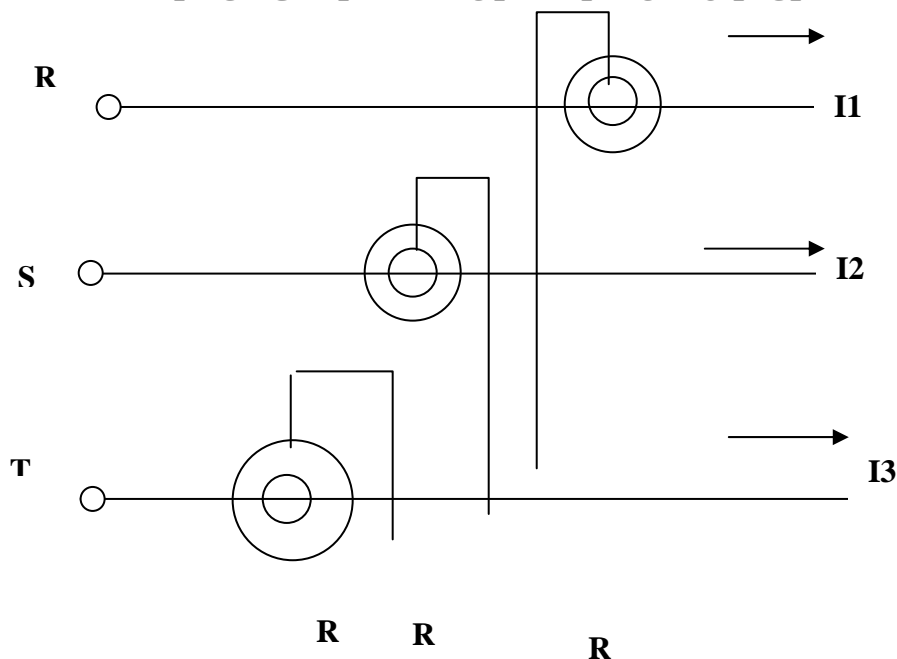
۱ - اندازه گیری توان در حالتی که بارها متعادل باشند:

این نوع اندازه گیری برای اتصال ستاره و مثلث انجام داد زیرا نیاز به اتصال زمین

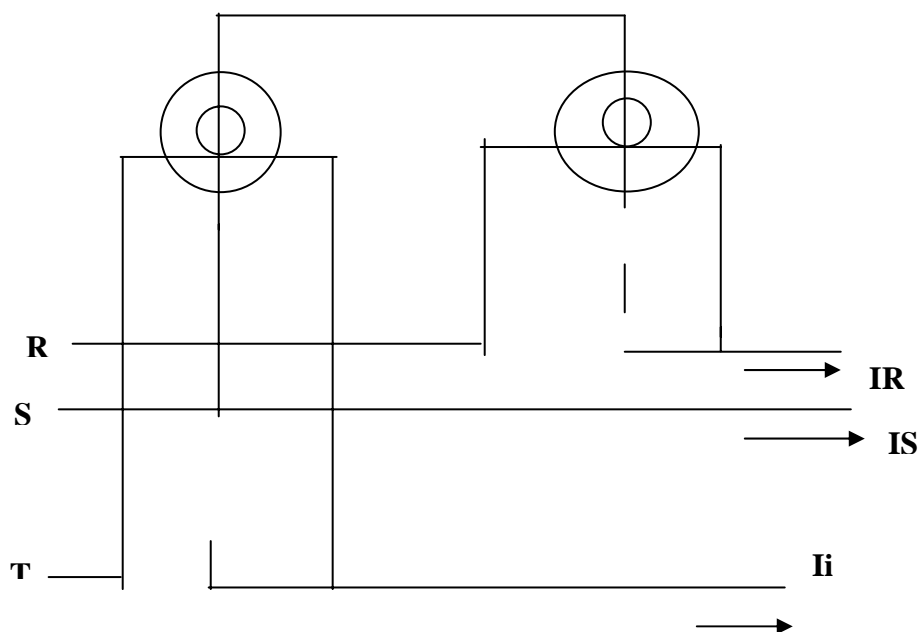
ندارد. مقدار توان خوانده شده باید در ۳ ضرب شود.

۲- اندازه گیری توان در حالتی که بارها نا متعادل باشند به روش ۳ وات متری :

در این حالت مجموع توان های ۳ وات متری با یکدیگر جمع می شوند .



۳- اندازه گیری توان با روش ۲ واتمتری یا اتصال Aaron :



$$P = I_R V_{R_o} + I_t V_{t_o} + I_s V_{s_o}$$

$$KCI: I_R + I_S + I_T = 0 \rightarrow I_S = -I_R - I_T$$

$$P = I_R V_{R_o} + I_T V_{T_o} - I_R V_{s_o} - I_T V_{s_o}$$

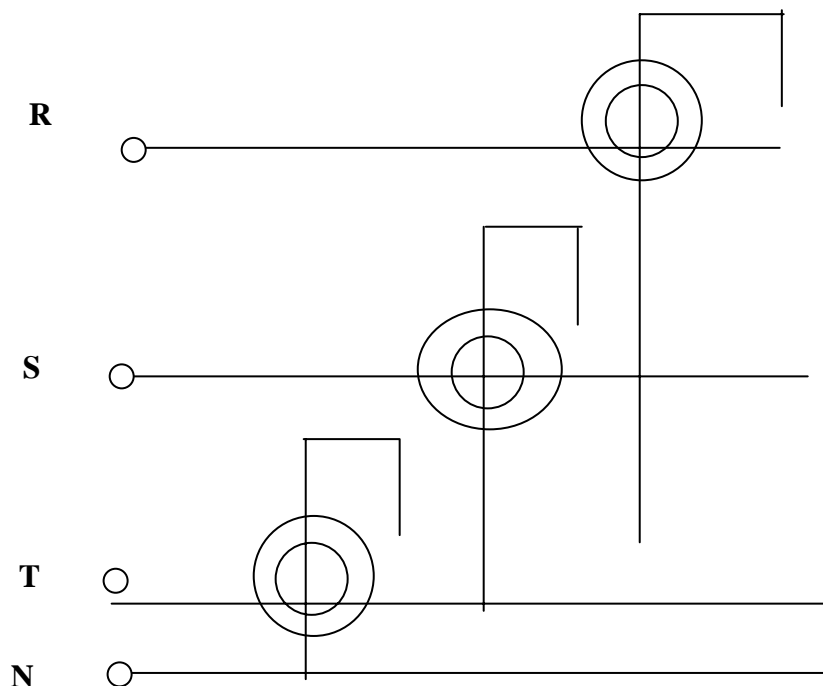
$$P = I_R V_{R_o} + I_T V_{T_o} - I_R V_{s_o} - I_T V_{s_o}$$

$$P = I_R V_{R_S} + I_T V_{T_S}$$

مقدار توان مجموع دو وات متر برابر با توان ۳ فاز است.

۴ - اندازه گیری توان در سیستم چهار سیمه :

این نوع اندازه گیری فقط در روش ستاره قابل استفاده است.



اندازه گیری توان غیر مصرفی (توان) :

بار سلفی

$$= V = L \frac{di}{dt}$$

اگر از یک بار سلفی در مدار استفاده کنیم مشاهده می کنیم که ولتاژ از جریان

جلوتر است زیرا اگر جریان یک کسینوسی باشد ولتاژ یک موج سینوسی است

بار خازنی

$$I = C \frac{dr}{dt}$$

توان مصرفی در سیستمی که ولتاژ و جریان آن اختلاف فاز دارند :

یعنی بار از نوع اهمی خالص نیست و به صورت زیر محاسبه میشود .

توان لحظه ای

$$P = V_m \cos(Wt) \times I_m \cos(Wt + \phi)$$

توان متوسط

$$P_m = \lim_{T} \frac{I}{T} \quad (t) dt = \frac{I_m \times r_m}{2} \cos \phi$$

$$P_m = I_{rms} \times V_{rms} \times \cos \phi$$

به $\cos \phi$ ضریب توان حقیقی مصرفی گفته میشود :

$$\cos p = \frac{\quad}{\quad \times \quad}$$

توان موهومی عبارت است از حاصلضرب ولتاژ و جریان مؤثر در $\sin \phi$

$$P_{\text{in}} = ()$$

یک دستگاه الکترو دیناموهتری توان حقیقی را اندازه گیری می کند یعنی :

$$P = I_{\text{rms}} \cdot V_{\text{rms}} \cdot \cos \phi$$

پس کافی است برای اندازه گیری توان موهومی بین جریان و ولتاژ اندازه گیری

۹۰ درجه اختلاف فاز ایجاد کنیم :

$$\sin \phi = \left(\frac{n}{2} - \phi \right)$$

باید در مسیر بوبین ولتاژ اندازه گیری یک سلف خالص قرار داد امامی دانیم

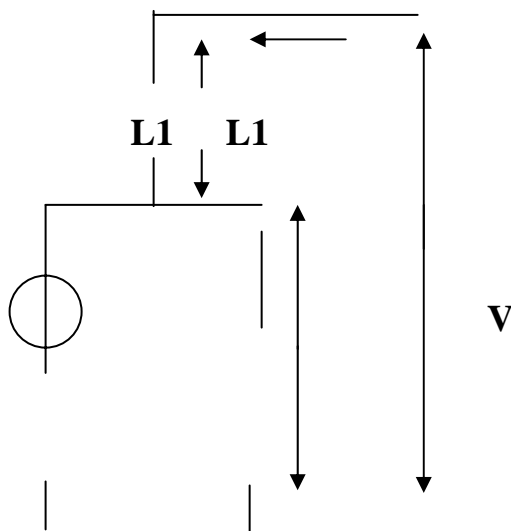
که چنین سلفی وجود ندارد و همچنین مقاومت اهمی داخلی بوبین اختلاف فاز

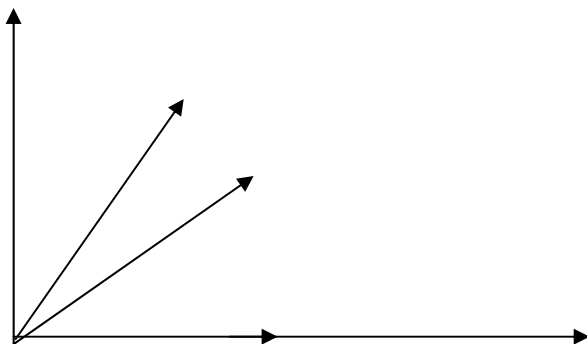
را به کمتر از ۹۰ درجه کاهش می دهد .

می توان برای ایجاد اختلاف فاز از مدار

شکل مقابل استفاده کرد .

باید $R_1 \ll r_m$ باشد





$$\text{TgA} = \frac{L1 \varnothing 2nf}{R1}$$

$$\text{TgA} = \frac{L2 \varnothing 2nf}{r_m}$$

می توانیم مقادیر $L1$ - $L2$ - $R1$ را به صورتی انتخاب کنیم که مجموع اختلاف فازها برابر با ۹۰ درجه باشد.

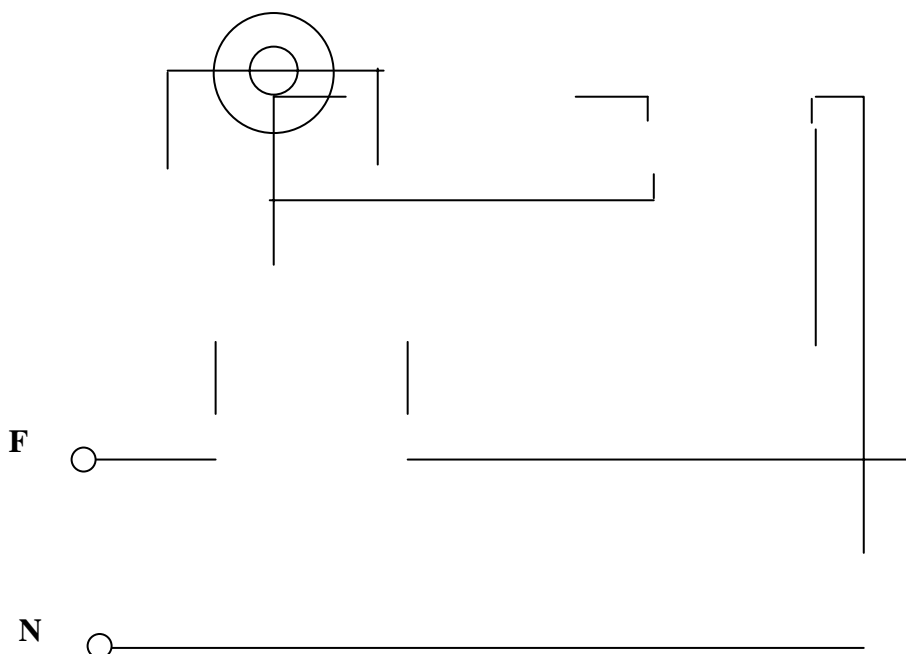
نکته: برای اندازه گیری $\sin \varnothing$ با این دستگاه نمی توان از مقاومتهای سری

برای ولتاژ استفاده کرد زیرا زاویه $A1 + A2$ را تغییر خواهد داد تنها می توان

از ترانس برای کاهش ولتاژ استفاده کرد.

نکته: این مدار تنها برای یک فرکانس طراحی میشود زیرا $A1$ و $A2$ وابسته به

فرکانس هستند.

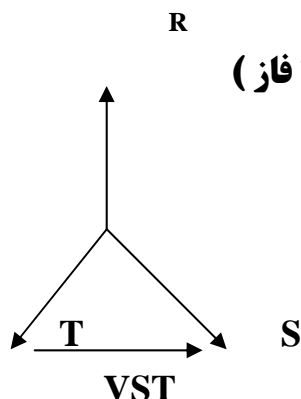


مدار اندازه گیری توان موهومی (برای تک فاز و سه فاز)

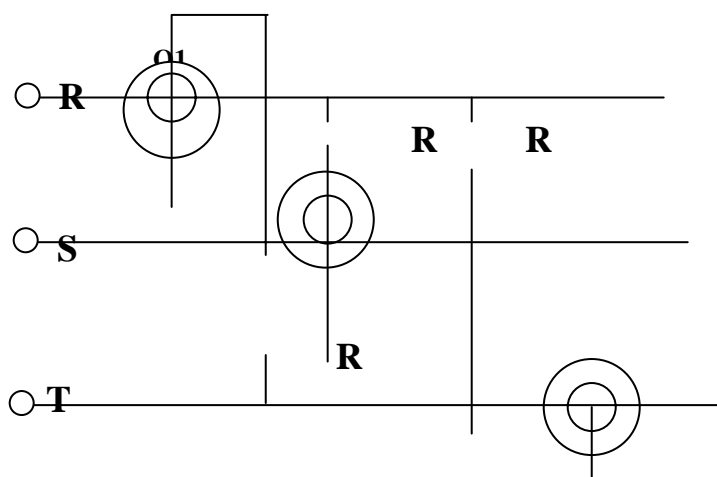
اندازه گیری توان و هومی در مدار سه فاز : (مخصوص ۳ فاز)

می توان مداری به صورت شکل مقابل برای این

اندازه گیری طراحی کرد .



در حالت با راهمی خالص



$$Q1 = IR \times VSt$$

لحظه
ای

$$Q1 = Im \cos (Wt) \times Vm \cos (Wt - 90)$$

$$Q1 = Im Vm \cos Wt \sin Wt$$

اگر جریان های خطای R , S , T دارای اختلاف فاز CpR , CpS , CpT

باشند خواهیم داشت .

لحظه ای

$$Q1 = IR \cos (Wt - \phi_R) Vm \sin (Wt)$$

متوسط

$$\phi_{1m} = \frac{IRV_m}{\sqrt{3}} \sin(\phi_R)$$

بار موهومی کل

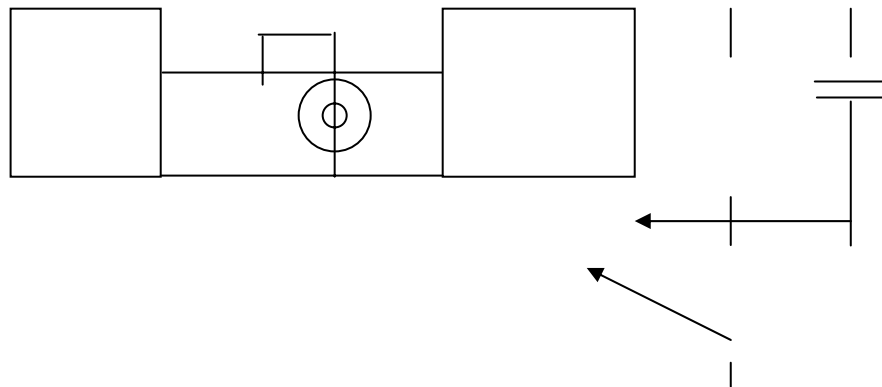
$$C_p = IR V_m \sin(\phi_R) + I_s V_m \sin(\phi_s) + I_T V_m \sin(\phi)$$

برابر بار

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \text{مجموع توان های خوانده شده بر روی وات متوسط}$$

موهومی کل می باشد .

اندازه گیری ضریب توان : $\cos \phi$



ϕ : اختلاف زاویه ولتاژ جریان است .

توان اندازه گیری شده

توسط وات متوسط

$$P = V_{rms} \times I_{rms} \times \cos \phi$$

اندوکتانس سلف

$$X = L\omega = L \times 2\pi f$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}}$$

ضریب توان

$$\cos \phi = \frac{X}{R} = \frac{LW}{R}$$

به علت اینکه اگر $\cos \phi$ برابر یک نباشد ($\neq 0$) توان حقیقی مصرف

شده کوچکتر از توان ظاهری (ولتاژ \times جریان) است و این مسئله برای نیروگاهها

تولید اشکال می کند لازم است که از طریق سلف یا خازن جبران ساز مقدار ϕ

را در ورودی کارخانه یا محل مصرف انرژی برابر صفر می کنیم .

برای اندازه گیری ضریب توان از دستگاه قاب صلیبی گردان استفاده می شود .

باید میدان مغناطیسی آهن ربا با تنظیم فاصله

هوائی به صورت سینوسی انتخاب می شود .

$$60 : \max \quad \phi = \sin \times \phi$$

در حالی که قاب گردان ثابت بایستد گشتاور تولید شده توسط دو قاب با

یکدیگر برابر است .

گشتاور قاب ۱

$$T1 = K1 \times \phi \times I1 = K1 \times \phi \times \sin \alpha \times I1$$

$$\alpha 1 = \alpha + B$$

گشتاور قاب ۲

$$T2 = K2 \times \phi \times I2 = K2 \times \phi \times \sin \alpha \times I2$$

$$\alpha 2 = \alpha - b$$

$$M = N L B o |I_o \cos (B + \phi)$$

$$K1 \phi I1 \sin \alpha 1 = K2 \phi o \phi 2 \sin \phi \frac{I1}{I2} = \frac{\sin \phi 2}{\sin \phi}$$

$$K_1 \sin \delta_1 I_1 = K_2 \sin \alpha_2 I_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$$

$$K_1 = K_2$$

δ : زاویه نمایشگر خروجی متناسب است با نسبت جریان های I_1 و I_2

$$\frac{I_1}{I_2} \times K \Rightarrow \frac{I_1 \cos \phi}{I_2 \cos (\phi - 90^\circ)}$$

جریان پس فاز است . پس اختلاف 90°

درجه بین ولتاژ و جریان وجود دارد .

ابتدا مقاومت سری R را انتخاب می کنیم به نحوی که به ازای حداکثر ولتاژ مورد

اندازه گیری حداکثر انحراف عقربه را در خروجی داشته باشیم .

مقدار سلف به نحوی انتخاب می شود که جریان عبور کرده از سیم پیچ قاب گردان

متصل به آن برابر با جریان مقاومتی باشد . در نتیجه سلف به فرکانس خود بستگی

دارد و در نتیجه $\cos \phi$ متر تک فرکانس است پس :

$$= \cot \phi \cdot K$$

مثال : یک دستگاه قاب صلیبی گردان مفروض است که دارای داخلی $r_m = 0.01$

می باشد حداکثر انحراف عقربه برای یک قاب در جریان $I = 100\text{mA}$

به وجود می آید اگر بخواهیم از این دستگاه برای اندازه گیری ضریب توان

($\cos \phi$) در فرکانس 50 HZ ولتاژ مؤثر 220 ولت استفاده کنیم

مقادیر و سلف مورد نیاز برای این کار را بدست آورید ؟

$$V_m = 0.01 \times 100 \times 10^{-3} = 10^{-3} \text{ V}$$

حداکثر ولتاژ قاب صلیبی

$$220 = (0.01 + R) \times 100 \times 10^{-3} \longrightarrow R = 2200$$

مقاومت سری

حال باید اندوکتانس سلف با مقاومت اهمی بار برابر باشد : (زیرا می خواهیم طبق

$$\text{رابطه} \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad \text{جریان } I_1, I_2 \text{ با هم برابر باشد.}$$

$$A = +\tan^{-1} \frac{X}{R}$$

$$R = X = \omega L \quad \longrightarrow \quad 2200 = 2 \pi \times 50 \times L \quad \longrightarrow \quad L = 7\text{H}$$

مشاهده می شود که ωL خیلی بزرگتر است و اختلاف فاز ایجاد شده تقریباً

برابر ۹۰ درجه است .

مثال : می خواهیم یک مدار اندازه گیری توان موهومی (S_{Ω}) (Q) بسازیم

مقاومت داخلی سیم پیچ قاب گردان برابر با $r_m = 0.1 \Omega$ است همچنین سلفی

با اندوکتانس 0.014 با آن سری کرده ایم مقادیر شنت و سلف مورد نیاز برای

افزودن به این مدار را محاسبه کنید ؟ (فرکانس دستگاه 50 HZ)

$$r_m = 0.01 \Omega \quad L_1 = 0.01 \text{ H}$$

$$\sigma_1 = \tan^{-1} \frac{L_1 \omega}{r_m} \rightarrow \theta_1 = \tan^{-1} \frac{0.01 \times 2 \times \pi \times 50}{0.1} \rightarrow A_1 = 1.54 \text{ RAd}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{L_1 \omega}{r_m} \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1} \frac{0.01 \times 2 \times \pi \times 50}{0.1} \rightarrow \theta = 1.54 \text{ rAd}$$

$$\theta_1 = 88^\circ$$

$$\theta_2 = 90 - 88^\circ$$

$$R = 0.01 \times \sqrt{r_m^2 + (2 \pi \times 50 \times L_1)^2} = 0.031 \Omega$$

عدد دلخواه و کوچکتر از ۱

به علت کوچک بودن R نسبت به اندوکتانس مجموع L1 و rm می توان

از اثر مجموع rm و L1 صرف نظر کرد

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{L_2 W}{R} \Rightarrow \theta_2 = \frac{L_2 W}{R}$$

$$\tan \theta_2 = \tan 0.35 = \frac{L_2 \times 2 \times 50 \times \pi}{0.031 R} \Rightarrow L_2 = 3.14 \times 10^{-3} \text{ H} \quad L_2 = 3.4 \text{ H}$$

دستگاههای اندازه گیری اندوکتانسی :

یک آهنربای دائم در مجاورت هسته

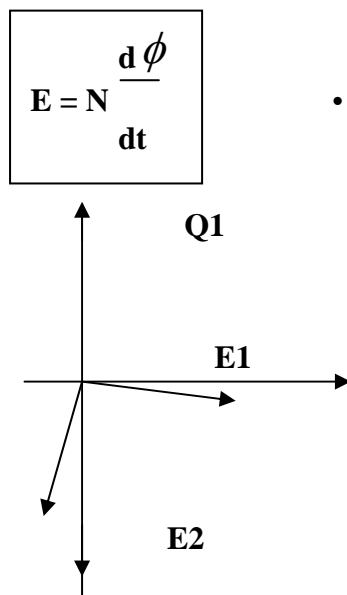
آلومینیومی قرار دارد که با ایجاد جریان

فوکو که در مخالفت به چرخش سیلندر

عمل می کند باعث کاهش سرعت سیلندر

می شود ضمناً این نیروی مخالف با سرعت حرکت متناسب است .

بدست آوردن مماس :



فلوی ϕ در هسته آلومینیوم جریان فوکو ϕ

تولید می کند

$$E = \frac{d\phi}{dt} N \longrightarrow |E| = K \times W \times \phi$$

K عدد ثابتی است ، W : فرکانس زاویه ای $2\pi f$ ، ϕ : فلوی مغناطیسی

ضمناً E نسبت به ϕ ، 90° تاخیر فلز دارد . (به علت مشتق گیری)

$$L = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (LW)^2}}$$

$$E = \cos Wt \Rightarrow I = \cos (wt + \phi)$$

برای سلف خالص 90° درجه
و برای سلف و مقاومت کمتر
از 90° درجه
اختلاف فاز

جریان عبوری i_1 باعث ایجاد میدان

$$M1 = K \cdot i_1 \cdot \phi_2 \times \cos(\vec{i}_1, \vec{\phi}_2)$$

$$M2 = K \times i_2 \times \phi_1 \times \cos(\vec{i}_2, \vec{\phi}_1)$$

مغناطیسی ϕ_2 می شود .

ممان مکانیکی در اثر میدان متقابل در سیم پیچ به وجود می آید .

$$I1 = \frac{E1}{\sqrt{R^2 + (LW)^2}}$$

$$\cos(\vec{i}_1, \vec{\phi}_2) = \cos(\vec{i}_1, \vec{E1}) = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (LW)^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (LW)^2}}$$

$$E1 = N \frac{d\phi}{dt} = K \times W \times \phi \quad (1)$$

$$M1 = K \times \frac{EI R \varphi^2}{R + (LW)^2} \quad (2)$$

$$(1) \quad (2) \Rightarrow M1 = K \frac{\varphi^1 \varphi^2 WR}{R + (LW)^2}$$

$$M1 = K \frac{\varphi^1 \varphi^2 W}{R}$$

اگر بخش سلفی برابر صفر باشد آنگاه :

ممان $M2$ نیز همین مقدار خواهد بود .

۱- اگر به عنوان ولت متر استفاده شود آنگاه :

در این حالت با استفاده از یک سلف اختلاف

فاز ۹۰ درجه بین دو سیم را به وجود می آوریم .

$$E1 = K: W \varphi^1$$

$$E2 = K o W \varphi^2$$

$$\varphi^1 = \frac{E1}{Ko W}$$

$$\varphi^2 = \frac{E}{Ko}$$

$$M \propto \frac{\varphi^1 \varphi^2 W}{R} = \frac{\frac{E1}{Ko W}}{R} \frac{E2}{Ko} \Rightarrow M = K \frac{E1 E2}{Ko R}$$

در حالت اندازه گیری ولتاژ وابستگی به فرکانس W از بین می برد و ضمناً

$$M = K \frac{V^2}{K_0 R}$$

در جات به صورت مجذوری هستند .

۲- اندازه گیری جریان : در این حالت یکی از

سیم پیچها نازک و دیگری ضخیم انتخاب می

شود . به این ترتیب یک سیم پیچ به صورت

سلف و دیگری به صورت مقاومت عمل می

کند که اختلاف فاز ۹۰ درجه تولید می کنیم درجات آن مجذوری است .

وات متر تک فاز :

برای ایجاد اختلاف فاز ۹۰ در مسیر

ولتاژ از مدار HUMMLE استفاده می شود .

وات متر سه فاز :

زاویه ای بین جریان یک خط و ولتاژ

بین دو خط دیگر ۹۰ درجه است

کنتور توان :

جریان تولید شده توسط سیم پیچ ولتاژ :

وقتی که هسته ولتاژ میدان مغناطیسی ϕ V تولید می کند جریان های فوکو

(گردابی) IX در روی صفحه فلزی متناسب با آن تولید می شود .

$$I_v \propto \phi_v \propto V$$

0

جریان IV نسبت به ولتاژ V و $90^\circ + \delta$ تاخیر فاز دارد

0

α : در اثر خاصیت سلفی سیم پیچ تولید ولتاژ می شود $90^\circ - \alpha$

δ V : اختلاف فاز ولتاژ جریان سیم پیچ است .

0

90° : به علت اینکه جریان IV در اثر القاء ϕ V در صفحه

تولید می شود 90° درجه دیگر تاخیر فاز ایجاد می کند .

جریان تولید شده توسط سیم پیچ جریان :

وقتی که هسته جریان I را تولید می کند

جریانهای گردابی I_i متناسب با آن تولید می شود

جریان I_i به اندازه $90^\circ + \delta$ با جریان ورودی اختلاف

دارد (چون اثر سلفی سیم پیچ آن نا چیز است)

$$M = M_i + M_v$$

بدست آوردن ممان :

$$M_i \propto I \times \phi$$

$$M_v \propto V \times \phi$$

با در نظر گرفتن زاویه بین V , I , φV , φI

$$M_i \propto I \times \omega V \cos (90 - (\alpha + \delta V + \delta I - 90 - \varphi))$$

در اثر اختلاف فاز I_v و I_i در اثر القاء به وجود می آید.

φ : اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان که توسط بار تولید می شود.

$$M_i \propto I \times \varphi V \cos (90 - \alpha - (\delta V - \delta I - \varphi))$$

$$M_i \propto I \times \varphi V \sin (\alpha + (\delta V - \delta I - \varphi))$$

باید برابر ۹۰ درجه باشد

باید برابر صفر باشد

به طور مشابه برای M_v داریم:

$$M_v \propto V \varphi I \cos (90 + \delta V - \delta I - \varphi)$$

$$M_v \propto V \times \varphi I - \sin (\delta V - \delta I - \varphi)$$

برابر صفر است

پس M_i و M_v در خلاف جهت یکدیگر هستند.

$$M \propto \varphi I \varphi V \times \cos (\varphi + \alpha)$$

نهایتاً در حالت ایده آل:

با انتخاب ∞ می توان دستگاه را برای اندازه گیری توان حقیقی یا موهومی

اندازه گیری کرد. با انتقال δ بر روی سیم پیچ جریان می توان δ_i و δ_v

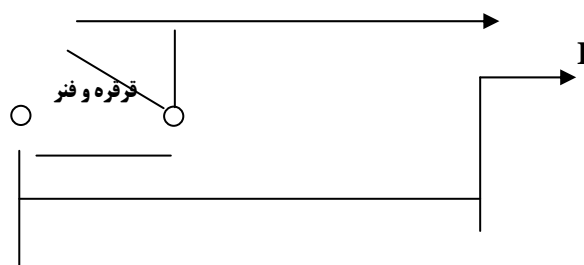
قرار داد و قطعه ۱ با ایجاد شنت مغناطیسی $\alpha = 90^\circ$ تنظیم می کند .

اندازه گیری جریان حرارتی :

در این دستگاه های اندازه گیری به جای اندازه گیری پیک جریان های عبور

کننده از مدار و محاسبه مقدار RMS مستقیماً حرارت تولید شده در یک

سیم مقاومتی به مقدار قرائت شده در خروجی تبدیل می شود .



$$\Delta T = K \times I_{arr}^2 \times R$$

مقدار سطح زیر منحنی جریان : I_{arr}

ثابت وابسته به سیم : K مقاومت سیم : R

$$\Delta L = \Delta T \times K \times L_0$$

طول اولیه سیم : L_0 ثابت حرارتی : K

برای افزایش حساسیت دستگاه :

$$\Delta L = L_0 \times I_{arr}^2 \times K$$

۱ - طول سیم مقاومتی را افزایش می دهیم

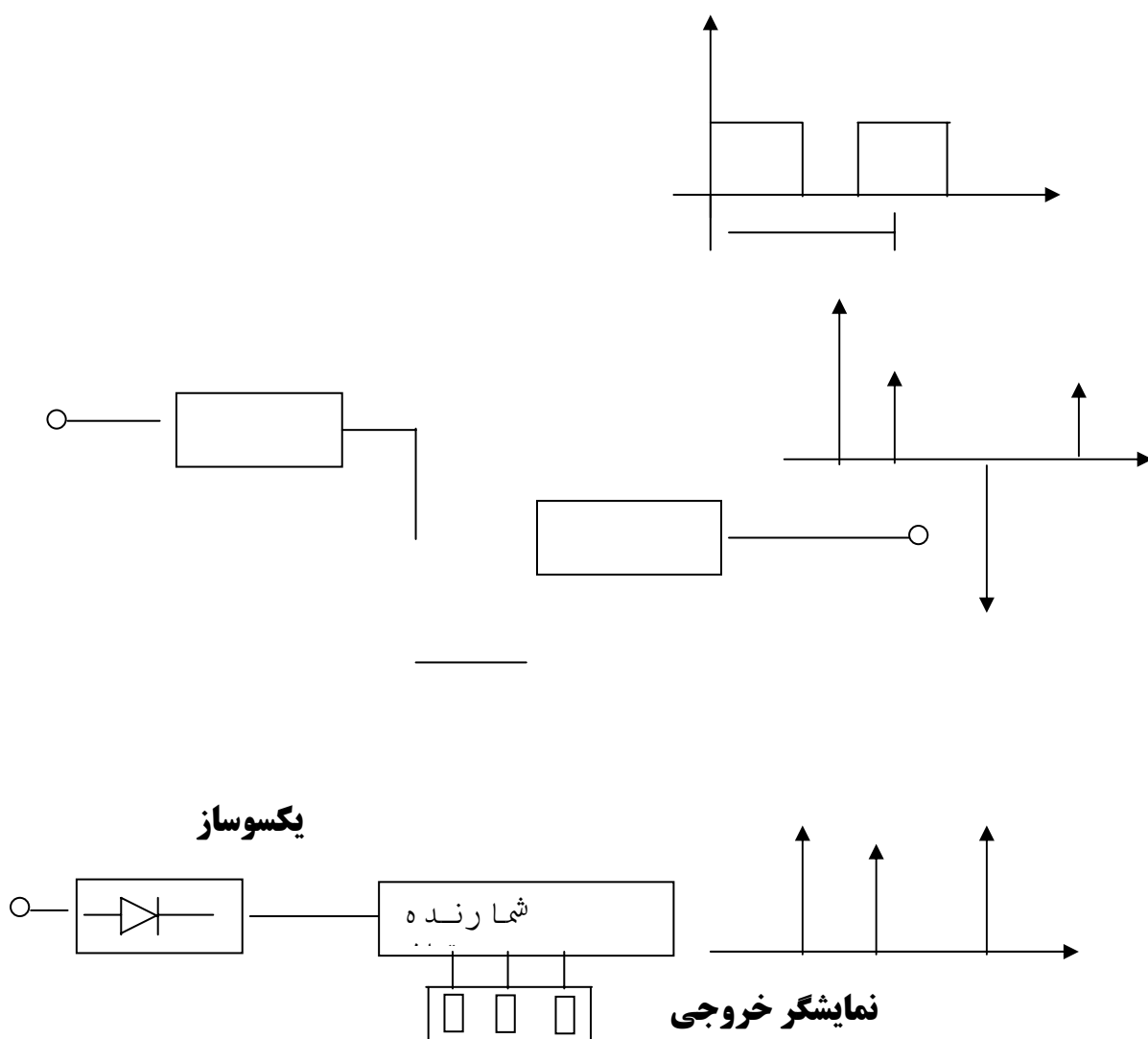
۲ - جنس سیم از ماده ای انتخاب می شود که نسبت به حرارت تغییر طول

زیادتری داشته باشد.

مزیت این دستگاه در این است که به شکل موج و هارمونیک های موجود در

مسیر جریان وابسته نیست و همیشه توان میانگین را نمایش می دهد.

فرکانس متر دیجیتالی :



اسیلو سکوپ :

لامپ تصویر اسیلو سکوپ:

اختلاف پتانسیل بین آندوکاتد در یک اسیلوسکوپ به

حدود چند هزار ولت می رسد درون لامپ تصویر دارای

فشار بسیار کم و نزدیک به خلاء است این امر موجب می شود که الکترون ها

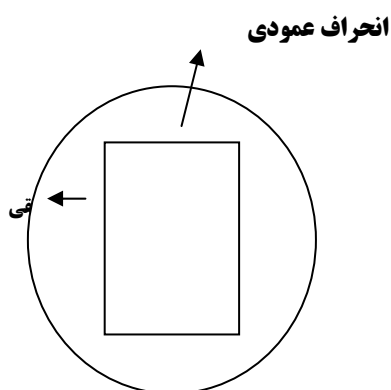
به صفحه فلورسان جلوی دستگاه برخورد کنند و یک نقطه ی نورانی تولید کنند .

جنس فیلامان معمولاً از تنگستن است و در اثر

عبور جریان الکتریکی سرخ می شود . و ولتاژ ۱۰ تا ۲۰ ولت

به فیلامان اعمال می شود .

اختلاف فاز جمع کننده نسبت به فیلامان و الکتروود متصل به آن منفی است .



شبکه متمرکز کننده مثبت تر از فیلامان است .

الکتروود های منحرف کننده : با اعمال اختلاف

پتانسیل بر روی الکتروود های منحرف کننده

مسیر شعاع الکترون تغییر می کند . انرژی الکترون

در هنگام شروع به حرکت برابر است با انرژی الکترون در هنگام شروع به حرکت

برابر است با اختلاف پتانسیل در الکترون $e \times U$ که e بار الکترون U اختلاف

پتانسیل آند و کاتد لامپ است .

$$e \cdot v = \frac{1}{2} m \times v^2$$

جرم الکترون : m

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot v}{m}}$$

سرعت الکترون

$$e : 1.602 \times 10^{-19} \text{ c}$$

$$M : 9.108 \times 10^{-28} \text{ gr}$$

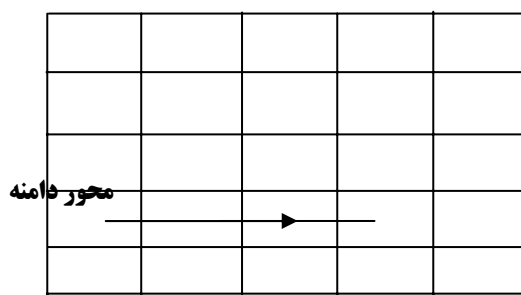
$$V = 18755 \sqrt{V} \text{ m/s}$$

سرعت الکترون در دستگاه :

$$V = 1 \text{ KV} \rightarrow V = 593 \text{ Km/s}$$

مثال :

اختلاف پتانسیلی در حدود ۲۰ ولت برای صفحات منحرف کننده کافی است .



با دکمه تنظیم رنج زمانی تعیین می کنیم

که هر خانه ای افقی چه کسری از ثانیه را

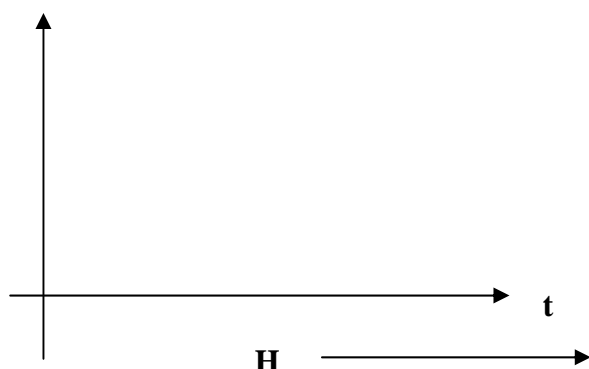
نشان می دهد و با تنظیم دکمه دایره

محور زمان

مشخص می کنیم که هر خانه ای عمودی چه اختلاف ولتاژی را نشان می دهد .

برای ایجاد انحراف افقی به صفحات منحرف کننده یک شکل موج دندان اره ای

اعمال می شود . صفحات انحراف عمودی به ولتاژ ورودی تقویت شده متصل می شود .



سیگنال Blank اعمال می شود

تا مسیر برگشت نقطه ای

نورانی بر روی صفحه مشاهده نشود

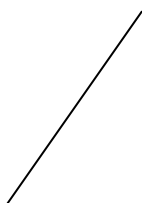
$MoDX \cdot Y$: از اسیلوسکوپ معمولاً در مورد نمایش زمانی استفاده می شود اما

یک مد $X - Y$ وجود دارد که در آن صفحه انحراف افقی به یک کانال و صفحه

انحراف عمودی به کانال دیگر متصل می شود .

۱ - اگر به دو کانال موج سینوسی هم فاز و هم فرکانس متصل

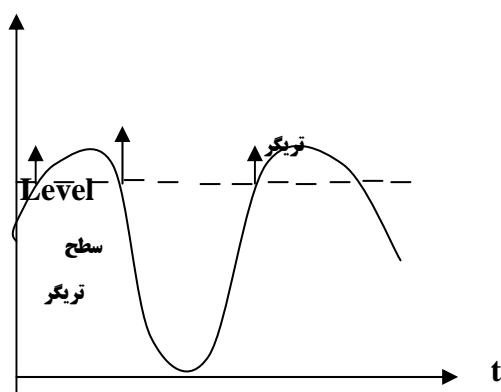
می شود تبدیل به یک خط می شود .



۲ - اگر اختلاف فاز داشته باشند : خطی است که باز شده باشد

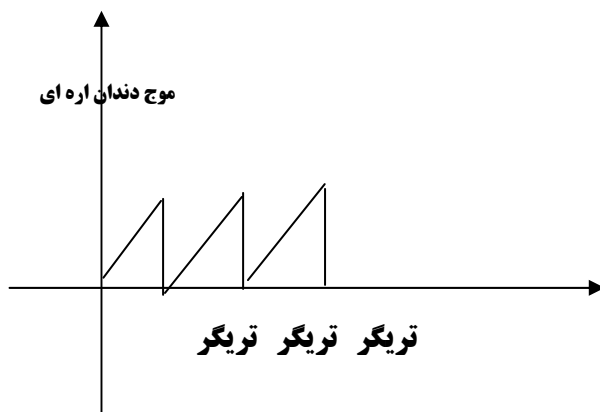


۳ - اگر اختلاف فرکانس باشند



همزمانی موج دندان اریه ای با ولتاژ اریه ای :

سطح تریگر برای لبه بالا رونده یا پایین رونده



عیب های کابل های فشار قوی :

ایرادهای کابل فشار قوی عبارتند از : ۱ - اتصال کوتاه بین دو یا چند سیم انتقال.

۲ - اتصال به زمین (محافظ سری خارجی کابل) ۳ - قطع شدگی

طول کابل : L

$$R = \frac{L}{K \cdot A}$$

$$A : \text{mm}^2$$

الف (پیدار کردن نوع ایراد در کابل :

$$K : \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$$

ثابت
هدایتی

دو سر کابل اتصال باز می شود مقاومت اهمی یک مسیر با مسیرهای دیگر از

طریق یک پل و تستون مقایسه می شود . در حالیکه یک کابل مرجع برای مقایسه

وجود دارد

$$R_{f1} = R_{f2}$$

$$V_0 = V_1 - V_2 = \frac{R_{f2}}{R_{f1} + R_{f2}} \times V - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V = \frac{1}{2} - \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] V$$

اگر $R_1 = R_2$ باشد $V_0 = 0$ در غیره اینصورت مقداری غیر از صفر خواهد بود.

اگر دو سر کابل در دسترس نباشد باید رابطه زیر برقرار باشد در غیره

$$1 = \frac{\frac{L_1}{K_1 A_1} + \frac{L_2}{K_2 A_2}}{R_1 + R_2}$$

اینصورت اتصال کوتاه رخ داده است.

اگر کابل مرجع وجود نداشته باشد باید آن را با کابل دیگری با جنس و سطح مقطع

متفاوت مقایسه می کنیم (طول ۲ کابل برابر است)

$$R_1 = \frac{L_1}{K_1 \times A_1}$$

$$R_2 = \frac{L_2}{K_2 \times A_2}$$

$$L_1 = L_2 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{1}{K_1 A_1}}{\frac{1}{K_2 A_2}} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{K_2 A_2}{K_1 A_1}$$

اگر رابطه ی فوق برقرار نباشد اتصال کوتاه وجود دارد.

ب) پیدا کردن محل ایراد: کابلی به طول L در نقطه ای به طول X اتصال کوتاه

شده است.

کلید را یک بار در حالت a و یک بار در حالت b قرار می دهیم و مقاومت R را

تنظیم می کنیم تا جریانه را در دو حالت برابر شوند و ولتاژ V_a و V_b را می خوانیم.

$$V_a = \frac{X}{K_A} \times I$$

$$V_b = \frac{(L - X)}{K} \times I$$

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{X}{L - X} \Rightarrow X V_b - L V_a - X V_a \Rightarrow X = \frac{L V_a}{V_a + V_b}$$

روش فوق روش سنجش ولتاژ است .

۲ - استفاده از روش گراف : (Graf)

مقاومت کل کابل : R_L

$$A : \frac{L - a}{a} = \frac{R_h L + R_L}{R_a} \quad (1)$$

$$b : \frac{L - a}{b} = \frac{R_h L + R_L - R_X}{R_a + R_b} \quad (2)$$

$$c : \frac{L - a}{c} = \frac{R_h L}{R_a + R_L} \quad (3)$$

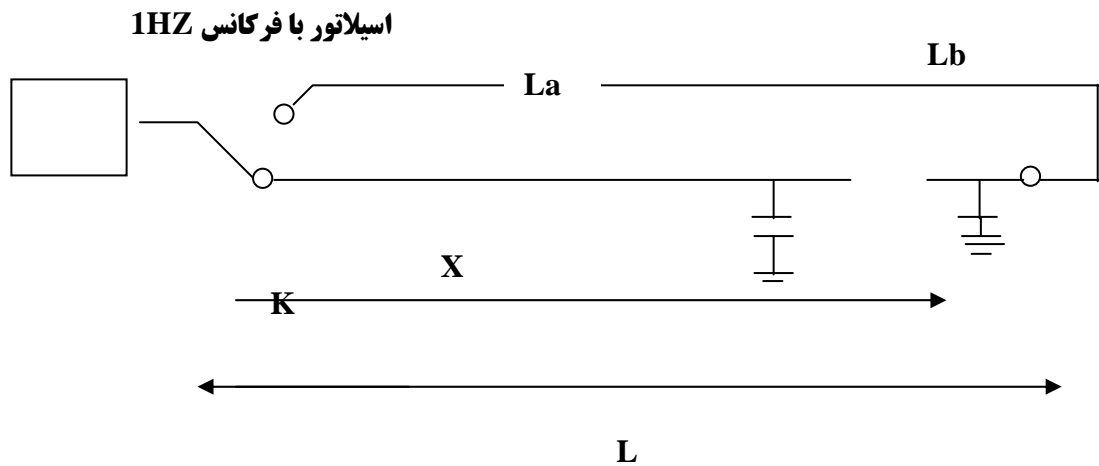
$$(1) \quad (3) \Rightarrow R_a = \frac{A R_L}{C - a} \Rightarrow R_X = R_L \times \frac{b - a}{c - a} \Rightarrow X = L \times \frac{b - a}{c - a}$$

۳ - بدست آوردن محل ایراد در حالیکه کابل تک مسیر ه باشد :

در این حالت گرادیان ولتاژ در طول کابل اندازه گیری میشود در نقطه ای که

مقدار این گرادیان برابر صفر باشد محل اشکال کابل است .

ج) پیدار کردن محل قطع شدگی کابل :

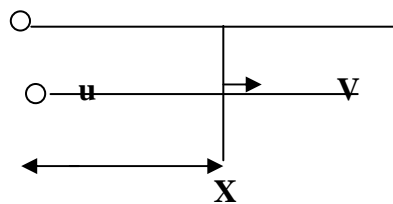


$$C = K \frac{A}{D} = K \frac{L}{D}$$

$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{C_b}{C_a} = \frac{L_b}{L_a} = \frac{L - X}{X} \Rightarrow X I_a = I_b \times L - I_b \times X$$

$$X = \frac{I_b \times L}{I_a + I_b}$$

روش ارسال ایمپالس :



$$\phi = L I X$$

$$U = \frac{d\phi}{dt} = L I \frac{dx}{dt} = L I V$$

(۱) سرعت انتقال موج

$$Q = C.U.X \Rightarrow \frac{dq}{dt} = CU \frac{dx}{dt} = CUV \longrightarrow I = CUV$$

(۲)

سرعت انتقال موج درون سیم های حامل

$$(1) \quad (2) \Rightarrow U = L \cdot C \cdot U \cdot V \cdot V \Rightarrow V = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$4 = 40, \quad \mu = \mu_0 \Rightarrow V = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

سرعت انتقال در یک کابل برابر است با 8

$$V = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\epsilon \Gamma}}$$

$\epsilon \Gamma$ برای کابل های متداول برابر 3.6 است.

$$V = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{3.6}} = 16 \times 10^4 \frac{Km}{s}$$

در صورت برخورد موج الکترومغناطیسی به اتصال کوتاه در کابل بخشی از آن

+	I
V	
-	

تلف شده و بخشی از آن به مسیر

خود ادامه می دهد و قسمتی نیز انعکاس می یابد.

اگر بین موج رفت و انعکاس آن اختلاف زمانی ΔT وجود داشته باشد محل ایراد کابل

$$X = \frac{\Delta T \times V}{2}$$

از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$V = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{EF}}$$

دستگاه کابل سوز 8 اگر مقاومت اتصال سیم ها بزرگ باشد $\Omega (< 100)$

باید با استفاده از دستگاه کابل سوز این اتصال کوتاه تبدیل شود این دستگاه

ولتاژ خط را به چندین برابر مقدار نامی افزایش می دهد (ولتاژ تمام کابل ها

باید به طور مساوی افزایش یابد تا کابل های سالم اتصالی نکنند)

دستگاه فلز یاب یا موف یاب 8 اگر نقشه و مسیر کابل مشخص نباشد به کابل

فرکانس زیادی اعمال می شود با استفاده از یک گیرنده در سطح زمین این

فرکانس (امواج ارسال شده) دریافت و محل کابل پیدار می شود .

محاسبه مقاومت ایزولاسیون : (عایق سازی)

ایزولاسیون (عایق سازی) : عبارت است از قرار دادن یک عایق در برابر جریان

الکتریکی که از عبور جریان الکتریکی در نقاط نامطلوب و نقاط در دسترس

استفاده جلوگیری می کند .

نوع I: $220V \longrightarrow 1500V$

دستگاههایی که دارای سیم اتصال زمین هستند

نوع 8II دستگاههایی که سیم اتصال به زمین ندارند

220 → 4000 V

مقاومت عایق باید بیشتر از ۱۰۰۰ اهم بر وات باشد.

یعنی نقاط متصل به برق 220 ولت باید بیش از 220 کیلو اهم مقاومت داشته

باشد. در این مورد وسایل خانگی مقاومت الکتریکی به چند مگا اهم می رسد.

روش قدیمی اندازه گیری: باید ولتاژ چند هزار ولت بر روی ۲ سر عایق الکتریکی

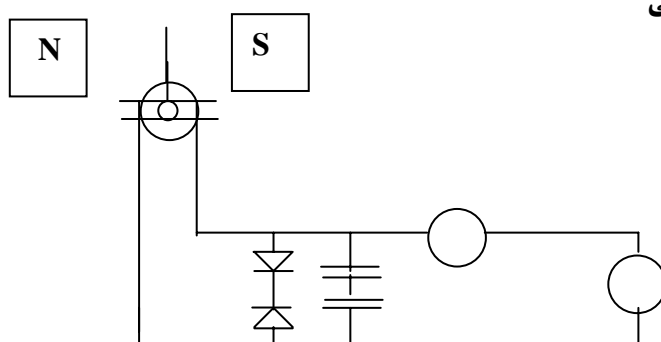
اعمال شود اگر ولتاژ V و جریان I باشد مقاومت $R = \frac{V}{I}$ می آید

(این جریان ولتاژ با استفاده از دستگاه قاب گردان قابل اندازه گیری است برای

تولید ولتاژ از دینام دستی استفاده می شود.



یک دینام دستی



محاسبه مقاومت زمین حفاظتی B

مقاومت دسترسی : میزان مقاومتی است

که بین دست شخص و زمین در حالتی که تماس بین شخص و دستگاه وجود

داشته باشد مشاهده میشود .

مقاومت دوپا : مقاومت بین دو پای شخص که بر روی زمین و در نزدیکی محل

زمین شدن مشاهده میشود .

محاسبه مقاومت زمین : به علت خاصیت پلاریزه بودن مقاومت زمین این مقاومت

توسط مقادیر DC قابل اندازه گیری نیست و فقط باید به صورت AC اندازه گیری شود .

۱ - اندازه گیری ولتاژ و جریان :

مقاومت زمین در این حالت برابر است با :

$$R_X = \frac{V}{I}$$

۲ - روش ویچرت :

$$2 : \frac{R_H}{R_o} = \frac{b1}{a1}$$

$$R_x = R_o \times \frac{A_z}{P1}$$



$$1 \quad \frac{R E + R X}{R o} = \frac{b 2}{a 2}$$

۳- روش نیپول :

— —

تعداد ۱ :

$$\frac{R S + R X}{R o} = \frac{a 1}{b 1}$$

$$\frac{R 1}{R 2} = \frac{R 3}{R 4}$$

تعداد ۲ :

$$\frac{R H + R S}{R o} = \frac{a 2}{b 2} \Rightarrow R H = \frac{a 2}{b 2} R o - R s \quad (1)$$

تعداد ۳ :

$$\frac{R H + R S}{R o} = \frac{a 3}{b 3} \Rightarrow R H = \frac{a 3}{b 3} R o - R s \quad (2)$$

$$(1) \quad (2) \quad R X = R o \left(\frac{A 2}{b 2} - \frac{a 3}{b 3} \right) + R S \quad (3)$$

$$R S + R X = \frac{A 1}{B 1} R o \quad (4)$$

$$3 \quad 4 \quad 2 R S = \left(\frac{A 1}{b 1} + \frac{a 3}{b 3} - \frac{a 2}{b 2} \right) R o$$

تهیه و تنظیم : امین شیخ نجدی

www.esud83.mihanblog.com

mail : aminnima2@gmail.com

mobile :09166420367