www.powerengineering.blogfa.com

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

فصل اول

مقدمه ای براندازه گیری

۱-۱ اهداف آموزشی

این فصل مقدماتی، به بحث در مورد یکاهای الکتریکی، انواع مختلف استانداردها ،وظایف ومشخصات ابزارهای اندازه گیری، وانواع مختلف خطاها وروش های تحلیل آن ها می پردازد. پس ازبه پایان رسانیدن فصل۱، انتظارمی رودکه بتوانید:

۱. سه وظیفه ابزارهای اندازه گیری رابیان کنید:

۲. سه مزّیت ابزارهای اندازه گیری الکتریکی برابزارهای اندازه گیری الکتریکی رابرشمارید.

۳. واژه های مربوط به کیفیت ابزارها راتعریف کنید:

۴. چهار طبقه از استانداردها را نام ببرید و تعریف کنید:

۵. سه جزء اساسی ابزارهای الکتریکی رانام ببرید وتعریف کنید.

۶. واژه های مربوط به خطا و تحلیل خطا را تعریف کنید.

۷. محاسبات تحلیل آماری مقدماتی را انجام دهید.

۱-۲ مقدمه

طی یک قرن ونیم اخیر، ایده های جدید بسیاری درزمینه هنراندازه گیری کمیّت های الکتریکی وجود داشته است. دربخش عمدهء این دوره، تلاش اصلی، صرف تکمیل ابزار اندازه گیری عقربه ای، شامل یک مقیاس ویک عقربهء متحرک شده است. دراین گونه ابزارها، زاویهء انحراف عقربه، تابعی از مقدار کمیّت الکتریکی مورد اندازه گیری، وبنابراین، قابل قیاس با آن است. واژهء ابزار اندازه گیری آنالوگ(قیاسی) به ابزارهای عقربه ای گفته می شود وبه منظور تمایز آنها از ابزارهای کاملاً متفاوت به کار می رود که مقدارکمیّت

www.powerengineering.blogfa.com

مورد اندازه گیری رابه صورت رقمی(دیجیتال) نمایش می دهند. این ابزارهای اندازه گیری جدیدتر، ابزارهای اندازه گیری دیجیتال، نامیده می شوند.

۳-۱ وظایف ومشخصات ابزارهای اندازه گیری

بسیاری ازابزارهای اندازه گیری، اهداف مشترکی رادرزمینهء ارائه اطلاعات در مورد کمیّت های متغیّر مورد اندازه گیری دنبال می کنند. گاهی ابزارهای اندازه گیری علاوه برنشانگری بصری کمیّت مورد نظر، عمل ثبت دائمی آنها رانیز انجام می دهند. همچنین، برخی از ابزارهای اندازه گیری، برای کنترل یک کمیّت ،مورد استفاده قرارمی گیرند. بنابراین، می توان گفت که ابزارهای اندازه گیری، سه وظیفه اصلی را دنبال می کنند: نشانگری،ثبت وکنترل. یک ابزارخاص، ممکن است هریک ازاین وظایف ویاهمه آنها رابه طور همزمان انجام دهد. ابزارهای آزمون الکتریکی والکتریکی همه منظوره، اساساً وظایف نشانگری وثبت را انجام می دهند. امّا ابزارهای مورد استفاده در فرایندهای صنعتی، غالباً وظیفه کنترل را نیز برعهده دارند. دراین صورت، کل سیستم، یک سیستم کنترلی یا سیستم خودکار نامیده می شود.

برای اندازه گیری مقادیر کمیّت های گوناگون، روش های متعدّدی وجود دارد. برخی کمیّت های فیزیکی، به روش های مکانیکی خالص، به بهترین صورت، اندازه گیری می شوند، که مورد نمونه آن، اندازه گیری فشارگاز به وسیله فشارسنج (مانومتر) است. امّا برخی کمیت های دیگر به روش های الکتریکی اندازه گیری می شوند، که به عنوان نمونه می توان به اندازه گیری رسانندگی الکتریکی یک محلول ازطریق اندازه گیری می شوند، که به عنوان نمونه می توان به اندازه گیری رسانندگی الکتریکی یک محلول ازطریق اندازه گیری جریان، اشاره کرد. اندازه گیری های دیگری نیزبه وسیله ابزارهای

www.powerengineering.blogfa.com

الکتریکی انجام می شود که دارای مدارهای تقویت کننده برای افزایش دامنه کمیّت مورد اندازه گیری می باشند.

گرچه برخی ابزارهای الکترونیکی ، ازابزارهای الکتریکی ساده ،گران ترند، امّا ازمزایای عمده ای جهت اندازه گیری برخورد دارند. استفاده ازیک تقویت کننده الکترونیکی، ابزاری با حساسیّت زیاد به وجود می آورد که قادر به اندازه گیری سیگنال(نشانک)های بسیارکوچک (کم دامنه) خواهد بود.

حساسّیت بیشتر یک ابزار،امپدانس(پاگیرایی) ورودی آن رانیزافزایش داده، اثرات بارگذاری حین اندازه گیری راکاهش می دهد. مزیّت سوم ابزارهای اندازه گیری الکتریکی، توانایی آنها درمونیتورینگ(پایش)سیگنال ها ازراه دوراست.

۱-۴ یکاهای الکتریکی

ازآنجاکه ابزارهای الکتریکی والکترونیکی، کمیّت های الکتریکی را اندازه می گیرند، دراین فصل مقدماتی، بحثی درباره یکاهای الکتریکی خواهیم داشت. مانندهرعلم کمّی دیگر، قبل از بررسی کمّی پارامترهای مورد اندازه گیری، دستگاهی ازیکاها مورد نیازاست.

هنگام اندازه گیری های الکتریکی، شش کمیّت الکتریکی درمدنظر هستند. به منظور کارکردن با این یکاها به طورکمّی، لازم است دستگاهی ازیکاها را درنظربگیریم وآن راتعریف کنیم. شش کمیّت مورد نظرعبارت اند از: (۱) بار الکتریکی،Q، (۲) جریان الکتریکی،I، (۳) نیروی محرک الکتریکی یا اختلاف پتانسیل،V، (۴) مقاومت،R، (۵) اندوکتانس(القاکنایی) L، و(۶) ظرفیت خازنی،C. درجدول۱,۱ فهرستی ازکمیّت های اصلی دستگاه MKSA یا SI به همراه تعدادی از کمیّت های الکتریکی فرعی آن ها آمده است.

www.powerengineering.blogfa.com

جدول ۱,۱ شش کمیت اصلی وچندکمیّت فرعی دردستگاه SI.

کمیت	نماد	واحد	مخف واحد	ابعاد
اصلي :				
طول	L	متر	M	L
جرم	m	کیلوگرم	kg	m
زمان	t	ثانیه	s	t
دما	T	درجه کلوین	^{o}K	T
شدت روشنايي		شمع	cd	
جريان الکتريکي	I	آمپر	A	i
فرعي:				
نيروي محرکه الکتريکي	V	ولت	V	$l^{2}mt^{-3}i^{-1}$
مقدار با	Q	کولن	C	it
مقاومت الکتريکي	R	اهم	Ω	$ml^{2}t^{-2}i^{-2}$
ظرفيت خازني	C	فاراد	F	$l^{-2}m^{-1}t^{4}i^{2}$
اندوکتانس (القا کنايي)	L	هانري	H	$l^{2}mt^{-2}i^{-2}$

www.powerengineering.blogfa.com

۵.۱ استانداردهای اندازه گیری

هرابزاراندازه گیری،خواه الکتریکی خواه الکتریکی، باید درمرحله ساخت، براساس یک استاندارد اندازه گیری کالیبره گردد. استانداردها درقالب چهارطبقه تعریف می شوند.

استانداردهای بین المللی با توافق تعریف می شوند. این استانداردها در"اداره بین المللی اوزان ومقادیر" پاریس نگهداری می شوند وبه طورمتناوب، ازطریق اندازه گیری های مطلق، برحسب یکاهای اصلی فیزیکی، مورد بررسی قرارمی گیرند. این استانداردها،یکاهای اندازه گیری معیّنی راتا صحیح ترین مقدار دستیافتنی ممکن به کمک علم وفناوری اندازه گیری، نشان می دهند.

استانداردهای اولیه درآزمایشگاه های استاندارد ملّی درکشورهای مختلف نگهداری می شوند."اداره ملّی استانداردها(NBS) " درواشنگتن مسئول نگهداری استانداردهای اولیه درامریکای شمالی است. استانداردهای اولیه برای استفاده درخارج از آزمایشگاه های ملّی قابل دسترس نیستند.

وظیفه اصلی این استانداردهای اولیه برای استفاده درخارج ازآزمایشگاه های ملّی قابل دسترس نیستند. وظیفه اصلی این استانداردها، تنظیم، بررسی وارزیابی استانداردهای ثانوی است.استانداردهای ثانوی عبارت انداز استانداردهای مرجع اصلی مورداستفاده درآزمایشگاه های اندازه گیری وکالیبراسیون صنایع مربوط.

هرآزمایشگاه صنعتی کاملاً مسئول استانداردهای ثانوی خوداست. هرآزمایشگاه به طورمتناوب، استانداردهای ثانوی خوداجهت کالیبراسیون به آزمایشگاه استانداردهای ملّی می فرستد.

www.powerengineering.blogfa.com

استانداردهای ثانوی، پس ازکالیبره شدن،به همراه گواهی دقّت اندازه گیری آن ها برحسب استانداردهای اولیه، به آزمایشگاه صنعتی مربوط برگشت داده می شوند.

استانداردهای کاری، ابزارهای اصلی یک آزمایشگاه اندازه گیری هستند. ازاین استانداردها برای بررسی وکالیبره کردن ابزارهای اندازه گیری مورد استفاده در آزمایشگاه، ویا اندازه گیری های مقایسه ای درکاربردهای صنعتی استفاده می شود.

۱ . ۶ خطا دراندازه گیری

اندازه گیری، فرایند مقایسه یک کمیت ناشناخته بایک کمیت استاندارد موردقبول است. برای این کاربایدیک ابزاراندازه گیری رابه دستگاه موردنظرمتصل کردو پاسخ حاصله را روی ابزاراندازه گیری مشاهده نمود. اندازه ای که ازاین طریق به دست می آید، معیاری کمّی ازآن چیزی است که مقدار واقعی نامیده می شود. ازآنجا که نعریف مناسب مقدارواقعی بسیاردشواراست،درسراسر این متن،ازواژه مقدارموردانتظاراستفاده می کنیم. هراندازه گیری،تحت تأثیر چندین متغیّرقرار می گیرد وبنابراین نتایج حاصله،به ندرت منعکس کننده مقادیرموردانتظارهستند. به عنوان مثال، اتصال یک ابزاراندازه گیری به یک مدارموردنظر،همواره مدار را تحت تأثیر قرارداده(تغییرداده) و موجب می شود که مقداراندازه گیری شده با مقادیرموردانتظارمتفاوت باشد.

برخی عوامل مؤثربراندازه گیری، مربوط به خودابزارهای اندازه گیری هستند. برخی دیگرازعوامل نیزبه شخص کاربَرابزار،مربوط می شود. میزان انطباق یک اندازه گیری با مقدارمورد انتظار،برحسب خطای اندازه گیری بیان می گردد.خطاممکن است به صورت مطلق ویابه صورت

www.powerengineering.blogfa.com

درصدبیان گردد. خطای مطلق را می توان به صورت تفاضل بین مقدارمورد انتظارمتغیربامقدار اندازه گیری شده آن تعریف کرد.یا:

$$e = Y_n - X_n \qquad (۱,۱)$$

که درآن:

e= خطای مطلق

Y_n= مقدارمورد انتظار

X_n= مقدار اندازه گیری شده

اگربخواهیم خطارابه صورت درصد بیان کنیم،می توان گفت:

$$\text{خطای درصدی} = \frac{\text{خطای مطلق}}{\text{مقدارمورد انتظار}} \times (۱۰۰) \qquad (۱۰۰)$$

یا:

$$\text{خطای درصدی} = \frac{e}{Y_n} \times (۱۰۰) \qquad (۱۰۰)$$

باجایگزین کردن e داریم:

$$\text{خطای درصدی} = \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \times (۱۰۰) \qquad (۲,۱)$$

اغلب مناسب است که به جای خطا، ازصحت نسبی برای بیان اندازه گیری استفاده کنیم.

به عبارت دیگر:

$$A = ۱ - \left|\frac{Y_n - X_n}{Y_n}\right| \qquad (۳,۱)$$

که درآن A صحت نسبی است.

بیان صحت به صورت صحت درصدی،a،عبارت است از:

www.powerengineering.blogfa.com

a=%۱۰۰ -خطای درصدی =A×۱۰۰ (۴,۱)

■ مثال۱,۱مقدار موردانتظارولتاژ دردوسریک مقاومت،۵۰V است، امّا مقدار اندازه گیری شده آن ۴۹V است. محاسبه کنید:

(الف) خطای مطلق
(ب) درصدخطا
(ج) صحت نسبی
(د) درصدصحت

حل.(الف)

$e=Y_n-X_n=$۵۰V-۴۹V=۱V

(ب)

خطای درصدی $=\frac{50V-49V}{50V}\times$%۱۰۰=$\frac{1}{5}\times$%۱۰۰=%۲

(ج) $-\frac{1}{5}$=۱-%۲=%۹۸

$A=$۱-$\frac{50V-49V}{50V}$=۱

(د) خطای درصدی =%۱۰۰ -%۲=%۹۸

a=%۱۰۰ -

=A×۱۰۰=%۹۸×۱۰۰=%۹۸

اگراندازه گیری صحیح باشد باید دقیق نیزباشد،یعنی صحّت، دقت رانیز به همراه دارد. امّا برعکس آن،لزوماً درست نیست، یعنی دقّت،لزوماًنتیجه صحیح نمی دهد. دقّت یک اندازه گیری، میزان نزدیکی مجموعه ای ازاندازه گیری های تکراری یک متغیّر رابامتوسط این مجموعه اندازه گیری ها، به طرزکمّی،

www.powerengineering.blogfa.com

یاعددی، نشان می دهد. دقّت ازنظرریاضی یا به طورکمّی به صورت زیرقابل تعریف است.

$$\text{دقّت} = ۱ - \left|\frac{X_n - \overline{X}_n}{\overline{X_n}}\right| \qquad (۵,۱)$$

که درآن :

X_n = مقدارn امین اندازه گیری

$\overline{X_n}$ = متوسط n دفعه اندازه گیری

■ مثال۲,۱ جموعه زیر، ازنتایج ۱۰ دفعه اندازه گیری درآزمایشگاه ثبت شده است. دقّت اندازه گیری چهارم راحاسبه کنید.

شماره اندازه گیری n	مقدارانداازه گیری شده X_n (ولت)
۱	۹۸
۲	۱۰۲
۳	۱۰۱
۴	۹۷
۵	۱۰۰
۶	۱۰۳
۷	۹۸
۸	۱۰۶
۹	۱۰۷
۱۰	۹۹

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

حل: مقدار متوسط مجموعه اندازه گیری ها مساوی است باحموعه ده مقدار اندازه گیری شده تقسیم بر۱۰ (رجوع کنیدبه معادله ۱ درآزمایش ۱) که مساوی ۱۰۱/۱ خواهدبود.دقت اندازه گیری چهارم،مساوی است با:

$$\text{دقّت} = ۱ - \frac{X_n - \overline{X}_n}{\overline{X}_n} = ۱ - \frac{97 - 101/1}{101/1} = ۱ - \%۴ = \%۹۶ \qquad (۵,۱)$$

نشانه ای ازدقّت یک اندازه گیری رامی توان ازروی تعداد ارقام معنی داری که نتیجه، به وسیله آن بیان شده است، به دست آورد. ارقام معنی دار،حامل اطلاعات مربوط به بزرگی ودقّت یک کمیّت هستند وارقام معنی داراضافی،نشانگردقّت بیشترند.

هنگام اندازه گیری ها یا محاسبات، ماتنها ارقام معنی دار رانگه می داریم. ارقام معنی دار، ارقامی هستند(شامل صفر وارقام تخمینی) که ازابزارهای اندازه گیری قابل اعتماد به دست آمده اند. محل ممیّز، اثری برتعدادارقام معنی دار ندارد. اگرصفر، تنهابه منظورمشخص کردن محل ممیّزبه کاررود،رقم معنی دارمحسوب نمی شود. امّا اگراین صفرواقعاً نمایشگریک رقم خوانده شده باابزار (یاتخمین زده شده) باشد، رقمی معنی دارخواهد بود. درحین محاسبات، ارقام بی معنی را باید کنارگذاشت. این کار، مانع نتیجه گیری های غلط می شود، زیرا استفاده ازارقام فوق العاده زیاد، تلویحاً بیانگرصحّت بیشتردرمقایسه باارقامی است که صحّت واقعی رانشان می دهند.

درحین انجام محاسبات، باید قواعد زیردرموردارقام معنی دار رعایت شود:

۱. هنگام انجام دادن اعمال جمع وتفریق، نباید نتیجه رابه ستون های بعد از اولین ستونی که شامل یک رقم مشکوک است، گسترش داد. به عنوان یک قاعده کلی، همه ارقام ستون های سمت

www.powerengineering.blogfa.com

راست آخرین ستونی که همه ارقام آن معنی دارند، باید کنار گذاشته شوند.

۲. هنگام انجام عملیات ضرب وتقسیم، فقط به اندازه ای ارقام معنی داررا نگه می داریم که کمیّت باکمترین دقّت، دارامی باشد.

۳. هنگام کنار گذاشتن ارقام بی معنی، اگرارقام کنار گذاشته شده کمترازنیم است، آخرین رقم نگه داشته شده تغییر نمی کند. اما اگرارقام کنارگذاشته شده بزرگ تر یا مساوی نیم است، به آخرین رقم نگه داشته شده باید یک واحد اضافه گردد. مثال زیراین قواعد راروشن می سازد.

■ مثال۳,۱ (الف) ولتاژمربوط به دو مقاومت دریک مدارسری به صورت زیر، اندازه گیری شده است:

$$V_1 = ۶/۳۱ V$$

$$V_2 = ۸/۷۳۶ V$$

ولتاژ اعمال شده مجموعه این ولتاژهاست. غالباً توصیه می شود که ابتدا مقادیر را بدون گرد کردن هریک، جمع کنیم وسپس حاصل رابه ارقام معنی دار صحیح گرد کنیم. با انجام این کار، ولتاژ اعمال شده مساوی است با:

$$E = ۶/۳۱ V + ۸/۷۳۶ V = ۱۵/۰۴۶ V$$

با گرد کردن این عدد به همان دقّتی که ولتاژ باکمترین دقت، دارا می باشد، ولتاژ اعمال شده، مساوی خواهد شد با:

$$E = ۱۵/۰۵ V$$

(ب) درهمان مدار سری، جریان، ۰/۰۱۴۸ A اندازه گیری می شود. با استفاده ازاین مقدار جریان واُفت ولتاژها می توانیم مقدار هرمقاومت راحاسبه کنیم:

www.powerengineering.blogfa.com

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{6/31V}{\%148A} = ۴۲۶\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{8/736V}{\%148A} = ۵۹۰/۳\ \Omega$$

هردومقدار، باهمان تعداد ارقام معنی داری بیان شده اند که مقداربا‌کمترین دقّت استفاده شده درمحاسبه دارا می باشد، وسپس، براساس قاعده (۳) گرد شده اند.

(ج) توان تلف شده درهرمقاومت، مساوی حاصل ضرب افت ولتاژدوسرآن وجریان گذرنده ازآن است ودرنتیجه داریم:

$$P_1 = V_1\ I = (۶/۳۱\ V)\ (\%۱۴۸\ A) = \%۹۳\ W$$

و

$$P_2 = V_2 I = (۸/۷۳۶\ V)\ (\%۱۴۸A) = ۰/۱۲۹۳\ W$$

هردو مقداراتلاف توان نیز باهمان تعداد ارقام معنی داری بیان شده اند که مقداربا کمترین دقت استفاده شده درمحاسبه دارا می باشد، وسپس، براساس قاعده(۳) گرد شده اند.

صح،ت و دقّت ا ندازه گیری ها نه تنها به کیفیت ابزارا ندازه گیری وابسته است، بلکه به شخص کاربر ابزار نیز بستگی دارد. امّا مستقل ازکیفیت دستگاه اندازه گیری ویا دقّت اعمال شده به وسیله کاربر، همواره درا ندازه گیری کمیّت های فیزیکی مقداری خطا وجود دارد.

خطایی که به صورت کمّی تشریح می شود، به صورت میزان انحراف یک قرائت یا مجموعه ای ازقرا ئت ها، ازمقدارموردانتظارمتغیراندازه گیری شده قابل تعریف است. به طورکلی، خطاها تحت سه عنوان اصلی زیر، قابل طبقه بندی می باشند.

۱,۶,۱ خطاهای فاحش

www.powerengineering.blogfa.com

به طورکلی، خطاهای فاحش، به قصوروسهل انگاری شخص کاربر،ارتباط دارند ودرنتیجه مسائلی مانند قرائت نادرست ازروی ابزارها، ثبت نادرست داده های آزمایش، یابه کارگیری نادرست ابزارها به وسیله کاربر بروز می کنند.

۲,۶,۱ خطاهای اسلوبمند

خطاهای اسلوبمند، ازمشکلات خودابزارها، آثارمحیطی، یاخطاهای مشاهده بروز می کنند. هرگاه چند اندازه گیری درشرایط مشابه درمورد یک کمیّت، صورت گیرد، این خطاها مجدداً تکرار می شوند.

۱. خطاهای ابزاری. این خطاها ممکن است درنتیجه اصطکاک دریا تاقانهای عقربه متحرک، کشش نادرست فنر، کالیبراسیون نادرست ویاخراب بودن ابزارها ایجاد شوند.خطاهای ابزاری رامی توان ازطریق نگهداری، به کارگیری وضبط وربط درست ابزارها، کاهش داد.

۲. خطاهای محیطی. شرایط محیطی که ابزارها درآن مورد استفاده قرارمی گیرند، ممکن است سبب بروزخطاهایی شوند. ابزارهایی را درنظربگیرید که در محیط های نامناسب مانند دما،فشار،یارطوبت زیاد، یا میدان های الکتروستاتیک یا الکترومغناطیسی قوی قرارگرفته اند. چنین شرایطی ممکن است آثار زیانباری ایجاد کنند، ودرنتیجه، موجب بروزخطاشوند.

۳. خطاهای مشاهده ای. این خطاها، خطاهایی هستندکه به وسیله مشاهده گربه وجود می آیند. شاید دونمونه ازرایج ترین این خطاها عبارت اند از: خطای مربوط به زاویه دید مشاهده گر به هنگام قرائت مقیاس سنجه (خطای پارالکس)، و خطای تخمین این خطاها به هنگام قرائت ازروی مقیاس سنجه.

۳,۶,۱ خطاهای تصادفی

www.powerengineering.blogfa.com

خطاهای تصادفی خطاهایی هستند که پس ازکاهش اساسی خطاهای فاحش واسلوبمند، یادست کم،توجیه آنها، همچنان باقی می مانند. به طورکلی این خطاها ازانباشت یا تجمع تعداد زیادی خطای کوچک بروز می کنند، وتنهادراندازه گیری هایی که نیازمند صحّت فوق العاده هستند، درنظرگرفته می شوند. چنین خطاهایی راتنها می توان به روش آماری تحلیل کرد.

چند واژه دیگررانیزکه مورد بحث واقع شده ویابه طور کلّی توصیف شده اند، باید به طرزرسمی تعریف کنیم. این واژه ها وتعاریف آنها عبارت انداز:

- ابزارا ندازه گیری. وسیله یا روش مورد استفاده برای تعیین مقدارفعلی کمیّت مورد مشاهده.
- اندازه گیری. هنر(یافرایند) تعیین مقدار،کمیّت، میزان، یاظرفیت، ازطریق مقایسه (مستقیم یا غیرمستقیم) بااستانداردهای پذیرفته شده دستگاه یکاهای مورد استفاده.
- مقدار موردانتظار. مقدار طراحی شده، یعنی محتمل ترین مقداری که براساس محاسبات، انتظار اندازه گیری آن می رود.
- صحت. میزان درستی یک اندازه گیری درمقایسه بامقدار مورد انتظاریا محتمل ترین مقدارکمیت مورد اندازه گیری.
- قدرت تفکیک. کوچک ترین تغییر درمتغیراندازه گیری شده که ابزار اندازه گیری بتواند به آن پاسخ دهد.
- دقت. معیاری برای سازگاری یا تکرارپذیری اندازه گیری ها.

www.powerengineering.blogfa.com

■ مثال ۴,۱ جدول زیر، خروجی های یک سنجه رابرمبنای جابه جایی زاویه ای عقربه اش، برحسب درجه، درپاسخ به مجموعه ای ازجریان های ورودی یکسان نشان می دهد. بدترین مورد دقّت درقرائت ها راتعیین کنید.

جابه جایی عقربه (درجه)	$I_{in}(mA)$
۱۰	۲۰/۱۰
۱۰	۲۰/۰۰
۱۰	۲۰/۲۰
۱۰	۱۹/۸۰
۱۰	۱۹/۷۰
۱۰	۲۰/۰۰
۱۰	۲۰/۳۰
۱۰	۲۰/۱۰

حل. خروجی متوسط که ازمجموع مقادیر خروجی ها وتقسیم حاصل جمع برهشت به دست می آید،مساوی ۲۰/۰۲ درجه است. اندازه گیری پنجم، ازمقدار متوسط، بیشترین فاصله را دارد.

بنابراین بدترین مورد دقت عبارت است از:

$$\text{دقت} = ۱ - \left| \frac{X_n - \overline{X}_n}{\overline{X}_n} \right|$$

www.powerengineering.blogfa.com

$$=1-\left|\frac{19/70-20/02}{20/02}\right| \quad =1-\%16 \quad =\%984 \qquad (5,1)$$

۱ . ۷ تحلیل آماری خطادراندازه گیری

هنگام اندازه گیری یک کمیّت فیزیکی، اندازه گیری ها، تحت تأثیر عوامل متعدّدی قرارمی گیرند. به عنوان مثال، اگرمقاومت یک قطعه سیم را اندازه بگیریم، درمی یابیم که عوامل بسیاری برمقدارمقاومت اندازه گیری شده تأثیرمی گذارند. برخی ازاین عوامل، بسیارمهم هستنددرحالی که بقیه نسبتاً بی اهمیت وناچیزند. عواملی که باید مدّ نظر واقع شوند عبارت اند از: نوع وخلوص ماده سازنده سیم، دمای آن، طول وسطح مقطع سیم، توزیع جریان درطول سیم، ویژگی های ساخت آن مانند ملاحضات دمایی، و کشش سیم درهنگام اندازه گیری.

درحالت ایده آل، باید ازمیزان تأثیرهرپارامترمؤثر براندازه گیری به طورمجزّا آگاه بودتا اندازه گیری، قابل فهم وتوضیح باشد. اگریک اندازه گیری چندبار تکرارشود ممکن است به دلیل سهل انگاری آزمایشگرو یاعدم امکان ثابت نگه داشتن همه عوامل فوق، نتایج با یکدیگرمتفاوت باشند.

فرض کنید آثارهمه پارامترها(که خارج ازکنترل ماهستند) به صورت تصادفی عمل کنند. همچنین فرض کنیدکه تغییرات کوچک پارامترهایی که ماسعی درثابت نگه داشتن آنها داریم، به طرز تصادفی عمل کنند. اگرهمه این تغییرات،صرفاً تصادفی باشند، آنگاه،احتمال یکسان وجود داردکه هرتغییر، به طوریکسان، مثبت یامنفی باشد. این واقعیت به ما اجازه می دهد کیفیت داده های آزمایشی خودمان رابه روش آماری تعیین کنیم. ارزیابی مامبتنی برتحلیل آماری است، درنتیجه، به ما اجازه می دهد اطلاعاتی مانند مقدار میانگین، انحراف متوسط، وانحراف معیارداده هامان رابه دست بیاوریم. چنین

www.powerengineering.blogfa.com

اطلاعاتی به ما اجازه می دهد که درباره تغییرات، یاخطاهای مربوط به داده های خودمان داوری های کمّی اعمال کنیم.

متوسط، مقدار نوعی(یا نماینده ترین مقدار) مجموعه ای ازداده هاست. ازآنجا که چنین مقادیرنوعی، گرایش دارند درحوالی مرکز داده های مرتب شده برمبنای بزرگی، قرار گیرند، متوسط ها را معیارهای گرایش مرکزی نیز می نامند.متوسطی که بیش ازهمه مورد استفاده قرارمی گیرند،میانگین حسابی است که از حاصل جمع مجموعه ای ازاعداد، تقسیم برتعداد کّل اجزای داده ها به دست می آید. بدین ترتیب، میانگین حسابی مجموعه n عدد $x_1, x_2, ..., x_n$ رابه صورت $\bar{x}$ نمایش داده وبا رابطه زیرتعریف می کنند:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n}{n} \qquad (۶,۱)$$

انحراف، عبارت است از تفاضل بین هرجزء از داده ها ومیانگین حسابی. انحراف $x_1, x_2, ..., x_n$ ازمیانگین حسابی آن ها یعنی $\bar{x}$ رابا $d_1, d_2, ..., d_n$ نشان می دهند وبه صورت زیر تعریف می کنند:

$$d_1 = x_1 - \bar{x}$$
$$d_2 = x_2 - \bar{x}$$
$$d_n = x_n - \bar{x}$$

مجموعه جبری انحراف های یک مجموعه اعداد ازمیانگین حسابی آن ها صفر است!

■ مثال ۵,۱ برای داده های زیرمطلوب است محاسبه:

(الف) میانگین حسابی

(ب) انحراف هرمقدار

www.powerengineering.blogfa.com

(ج) مجموع جبری انحراف

x_1 =۵۰/۱

x_2 =۴۹/۷

x_3 =۴۹/۶

x_4 =۵۰/۲

حل. (الف) میانگین حسابی به صورت زیرمحاسبه می شود:

$$\overline{x} = \frac{50/1+49/7+49/6+50/2}{4} = \frac{199/6}{4} = ۴۹/۹$$

(ب) انحراف هرمقدار ازمیانگین، عبارت است از:

d_1 = ۵۰/۱ - ۴۹/۹ =%۲

d_2 =۴۹/۷ - ۴۹/۹ = -%۲

d_3=۴۹/۶ - ۴۹/۹ = -%۳

d_4 =۵۰/۲ - ۴۹/۹ =%۳

(ج) مجموعه جبری انحراف ها مساوی است با:

d_{tot} =%۲ -%۲ -%۳ +%۳ =۰

میزان گستردگی داده های عددی حول مقدار متوسط،تغییریا پراکندگی داده ها نامیده می شود. یک معیارتغییر،انحراف متوسط است. انحراف متوسط رامی توان به عنوان عبارت بیانگردقت یک ابزاراندازه گیری به کاربرد. انحراف متوسط کم، دقیق بودن ابزار رانشان می دهد. انحراف متوسط،D،یک مجموعه ازاعداد، عبارت است از:

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + ... + |d_n|}{n} \qquad (۷,۱)$$

www.powerengineering.blogfa.com

این رابطه بیانگرآن است که انحراف متوسط، مساوی است باجموع حسابی مقادیرمطلق تک تک انحراف ها تقسیم برتعداد قرائت ها.

■ مثال۱,۶ انحراف متوسط را برای مثال ۱,۵ محاسبه کنید.

حل.

$$D = \frac{|0/2| + |-0/2| + |-0/3| + |0/3|}{4} = \frac{1/0}{4} = 0/25$$

انحراف معیارS برای یک مجموعه مقادیر،میزان تغییرمقادیرحول مقدارمتوسط است.

انحراف معیارمجموعه n عدد،عبارت است از:

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + ... + d_n^2}{n}} \qquad (۸,۱)$$

اگرتعداد قرائت ها کم باشد (n<۳۰)، غالباً مخرج رامساوی ۱-n می گیرند

تا مقدارصحیح تری برای انحراف معیار به دست آید.

■ مثال۱,۷ انحراف معیارداده های مثال ۱,۵ راحاسبه کنید.

حل.

$$S = \sqrt{\frac{(0/2)^2 + (0/2)^2 + (0/3)^2 + (0/3)^2}{4-1}}$$

$$= \frac{\sqrt{0/4 + 0/4 + 0/09 + 0/09}}{3} = \sqrt{\frac{0/26}{3}} = 0/294 \qquad (۸,۱)$$

۱ . ۸خطاهای حدّی

اغلب سازندگان ابزارهای اندازه گیری اعلام می کنندکه هردستگاه اندازه گیری درمحدوده درصدی خاص ازقرائت تمام-مقیاس صحیح است.مثلاً سازنده یک ولت سنج معیّن، ننمک است

www.powerengineering.blogfa.com

بگویدکه این ولت سنج در محدود ۲% ± انحراف تمام- مقیاس صحیح است. این مشخصه، خطای حدّی نامیده می شودو بدین معنی است که ضمانت می کند قرا ئت تمام- مقیاس،حتماً درمحدوده۲% قرائت کاملاً صحیح قرار می گیرد. امّا درقرائت هایی که تمام- مقیاس نیستند، خطای حدّی افزایش خواهدیافت. بنابراین لازم است تاحدامکان، اندازه گیری ها رانزدیک به تمام- مقیاس انجام دهیم.

■ مثال۸,۱ مشخص شده است که یک ولت سنج ۳۰۰V درمحدوده ۲%± تمام- مقیاس، صحیح است. خطای حدی رابه هنگامی که این ابزاربرای اندازه گیری یک منبع ۱۲۰V به کارمی رود محاسبه کنید.

حل. اندازه خطای حدی مساوی است با:

$$\%۲ \times ۳۰۰V = ۶V$$

درنتیجه خطای حدی ۱۲۰V مساوی است با:

$$\frac{6}{120} \times \%۱۰۰ = \%۵$$

■ مثال۹,۱ یک ولت سنج ویک آمپرسنج برای مشخص کردن توان تلف شده دریک مقاومت، به کارگرفته شده اند. هردوابزاربرای صحت ۱%± درانحراف تمام- مقیاس تضمین شده اند. اگرولت سنج،ولتاژ۸۰V راروی گستره ۱۵۰V خود، وآمپرسنج، ۷۰Ma را درگستره ۱۰۰ Ma خود نشان دهد، خطای حدی برای محاسبه توان را به دست آورید.

حل. اندازه خطای حدی ولت سنج،مساوی است با:

$$۰/۰۱ \times ۱۵۰V = ۱/۵V$$

ولذا خطای حدی در۸۰V عبارت است از:

www.powerengineering.blogfa.com

$$\frac{1/5}{80} \times \%۱۰۰ = \%۱/۸۶$$

اندازه خطای حدی آمپرسنج،مساوی است با:

$$01/0 \times ۱۰۰ \ Ma = ۱ \ Ma$$

ودرنتیجه خطای حدی در۷۰mA عبارت است از:

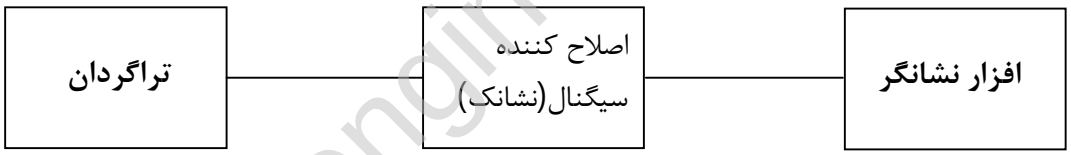
$$\frac{1}{70} \times \%۱۰۰ = \%۱/۴۳$$

خطای حدی محاسبه توان،مجموع خطاهای حدی به کاررفته است.لذا:

خطای حدی =%۱/۸۶ +%۱/۴۳ =%۳/۲۹

۱ . ۹ اجزای ابزارهای اندازه گیری الکتریکی

درحالت کلی یک ابزاراندازه گیری الکتریکی ازسه جزء نشان داده شده درشکل ۱,۱ تشکیل شده است.



شکل۱,۱ اجزای یک ابزاراندازه گیری الکتریکی

تراگردان یک سیگنال(نشانک) غیرالکتریکی رابه سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. بنابراین تراگردان، تنها هنگامی مورد نیازاست که کمیّت مورد اندازه گیری غیرالکتریکی باشد (مانند فشار).

اصلاح گرسیگنال به منظورپردازش سیگنال الکتریکی ورودی به کارمی رود تا آن رابرای به کارگیری درافزاره نشانگر مناسب سازد. ممکن است سیگنال، نیاز به تقویت داشته باشدتا دامنه کافی رابرای ایجاد تغییری محسوس درافزاره نشانگربه دست آورد. انواع دیگر اصلاح گرهای سیگنال،عبارت اند از:مقّسم های ولتاژ که جهت کاهش (تضعیف) مقدار

www.powerengineering.blogfa.com

سیگنال اعمال شده به افزاره نشانگر، طراحی می شوند، یا مدارهای شکل دهنده موج، مانند یکسوسازها، فیلترها (صافی ها)، یا برشگرها(چاپرها).

افزاره نشانگربرای ا بزارهای همه منظوره ای مانند ولت سنج ها، جریان سنج ها، یا برشگرها، معمولاً یک سنجه نوع ا نحرافی است.

ابزارهای الکتریکی، ممکن است برای اندازه گیری جریان، ولتاژ، مقاومت، دما، میزان صوت، فشار، یا بسیاری از کمّیت های فیزیکی دیگرمورد استفاده قرارگیرند. امّا، صرف نظر از یکاهای روی مقیاس کالیبره شده سنجه نشانگر، عقربه به دلیل عبور جریان الکتریکی، در روی مقیاس منحرف می شود.

۱ . ۱۰ انتخاب، نگهداری وکاربری ابزارهای اندازه گیری

حتی بهترین ابزارهای اندازه گیری نیز ممکن است دراثر نگهداری نامناسب یا استفاده نادرست، نتایج نادرستی نشان دهند. به طورکلی توجه به چند قاعده اساسی ما را مطئمن می سازد که نتایج اندازه گیری های ابزار، قابل قبول است.

اغلب ابزارهای اندازه گیری، ابزارهای ظریف و حساس هستند و باید با دقّت ازآن ها استفاده شود. قبل از استفاده از ابزار، بایدشما با نحوه کارآن کاملاً آشنا شوید. بهترین منبع کسب آگاهی دراین مورد،دفترچه (راهنمای) دستورالعمل ها و طرزکارابزاراست که همراه همه ابزارهای جدید خریداری شده ارائه می گردد. آزمایشگاه های الکترونیک، باید این دفاتررراهنمارا درپرونده هایی نگهداری کنند تا دسترسی به آن ها آسان گردد. اگرشما تاکنون با نحوه کار، مشخصات، وظایف ومحدودیت های یک ابزار اندازه گیری کاملاً آشنا

www.powerengineering.blogfa.com

نشده اید، دفترچه راهنمای آن را قبل ازبه کارگیری دستگاه، مطالعه کنید.

شما باید ابزاری را برای اندازه گیری انتخاب کنید که میزان صحت مورد نیاز راتأمین کند. گرچه درحالت کلی، میزان صحّت بالا وقدرت تفکیک خوب همواره مطلوب هستند، امّا قیمت ابزاراندازه گیری نیز بااین ویژگی ها رابطه ای مستقیم دارد.

پس از انتخاب یک ابزار برای استفاده، بایدآن رااز نظر ظاهری بررسی کرد تا اشکالات فیزیکی ساده ای مانند شُل بودن دگمه ها، جعبه آسیب دیده، خمیدگی عقربه، شُل بودن دستگیره ها، وسرسیم های آزمون آسیب دیده، نداشته باشد. اگرابزار به وسیله باتری داخلی نیز تغذیه شده باشد، قبل ازاستفاده ازابزار، باید وضعیت باتری نیز بررسی گردد. بسیاری ازابزارها، به وضعیت" وارسی باتری" برای همین منظور، مجهّزند. درصورتی که باتری باید تعویض گردد، از سالم بودن باتری جایگزین شده ونصب مناسب آن اطمینان حاصل کنید.

قبل ازاتصال ابزاربه مدار، مطمئن شوید که کلید نوع کار، به درستی برروی نشانه کارموردنظر، وکلید سلکتوری گسترده نیز برروی نشانه گسترده مناسب، قرارداده شده باشد. درصورت وجود ابهام در مورد گستره مناسب، ابزار باید قبل از اتصال به مدار، برروی بالاترین گستره خود قرارداده شده باشد. سپس می توان آن را برروی گستره های پایین تر قرارداد تا تقریباً یک قرائت نیم- مقیاس حاصل شود. بهترین گستره مورد استفاده گستره ای است که بیش ترین انحراف عقربه را داشته باشد.

به منظور دستیابی به صحیح ترین نتایج ممکن، ملاحضات بسیاردیگری مانند بارگذاری مدار، تطبیق امپدانس، وپاسخ

www.powerengineering.blogfa.com

فرکانسی، باید به هنگام استفاده ازدستگاه مّد نظر قرارگیرند. این مسائل و بسیاری عناوین دیگر درفصول آینده مورد بحث قرارخواهند گرفت تا خواننده، کاملاً با نظریه، طرز به کارگیری، وکابردهای ابزارهای اندازه گیری الکتریکی اصلی آشنا شود.

۱ . ۱۱ خلاصه

واژه وسیله اندازه گیری به کلیه ابزارهای اندازه گیری، ازابزارهای آزمون ساده ای که روی میز کار بسیاری ازخانه ها یافت می شود تا ابزارهای علمی پیچیده ای که درآزمایشگاه های تحقیقاتی یا دستگاه های کنترل خودکارفرایندهای صنعتی به کارمی روند، اطلاق می گردد.

همه ابزارهای اندازه گیری چند وظیفه مشترک انجام می دهند، هرچندکه برای کاربردهای خاصی ممکن است برخی ازآنها بربقیه ارجع باشند. هنگام انتخاب یک ابزار اندازه گیری، باید مشخصات مربوط به کیفیت ابزاررا درنظر بگیرید. امّا انتخاب شما هرچه که باشد، وقوع خطا اجتناب ناپذیراست. منابع و گونه های مختلفی ازخطا وجود دارند.

www.powerengineering.blogfa.com

۱,۲ اهداف آموزشی

هدف ازاین فصل آشنا کردن خواننده با سنجه گردان دارسونوال، چگونگی استفاده ازآن درآمپرسنج ها،ولت سنج ها، واهم سنج ها، برخی محدودیت ها و همچنین بعضی ازکاربردهای آن است. درپایان فصل ۲ باید بتوانید:

۱. ساختمان دو نوع آویز راکه درسنجه گردان دارسونوال به کارمی رود توضیح داده مقایسه کنید.

۲. اصول طرزکارسنجه گردان دارسونوال رابیان کنید.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

۳. هدف ازاتصال شنت ها به دو سرسنجه گردان راشرح دهید.

۴. هدف ازسری قراردادن ضرب کننده ها باسنجه گردان راشرح دهید.

۵. واژه حساسیت راتعریف کنید.

۶. یک مدار راازلحاظ خطاهای بارگذاری ولت سنج یا جایگذاری آمپرسنج تحلیل کنید.

۷. ساختمان وطرزکاریک اهم سنج مقدماتی راتوضیح دهید.

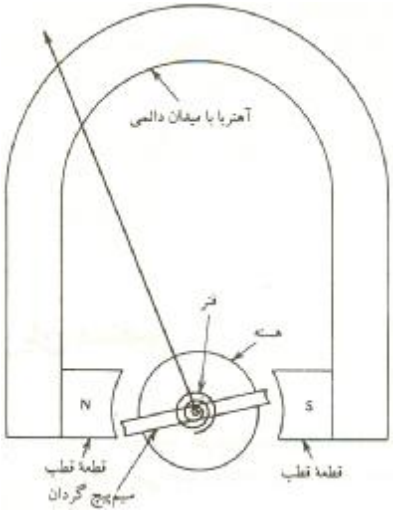
۸. محاسبات لازم برای ضرب کننده ها یاشنت هابه منظوردستیابی به گستره های اندازه گیری ویژه برای ولتاژو جریان را انجام دهید.

۹. مفاهیم مربوط به خطا را که درفصل۱ مورد مطالعه قرار گرفتند، درمورد مدارهای فصل ۲ به کار ببرید.

۲,۲ مقدمه

تاریخ استفاده ازسنجه گردان دراندازه گیری جریان مستقیم (dc) به کشف رابطه بین جریان و مغناطیس، توسط هانس اورستد درسال۱۸۲۰ برمی گردد. درطی نیم قرن بعد، انواع مختلفی از دستگاه هایی که درآن ها ازکشف اورستد استفاده شده بود،ابداع گردیدند. درسال ۱۸۸۱ ژاکوب دارسونوال، اختراع گالوانومتر باسیم پیچ گردان رابه ثبت رسانید. این ساختاراصلی ابداع شده توسط دارسونوال در سنجه های گردان امروزی به کار می رود.

www.powerengineering.blogfa.com



شکل ۱,۲ سنجه گردان دارسونوال.

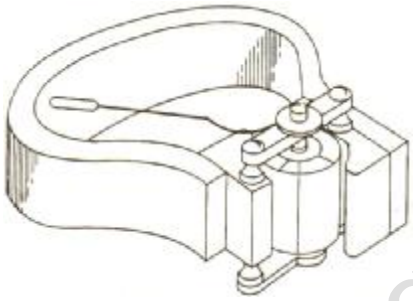
این دستگاه سیم پیچ گردان مقدماتی، که معمولاً ازآن به عنوان سنجه گردان دارسونوال یاسنجه گردان سیم پیچ متحرک وآهن ربای دائمی(pmmc) یاد می شود، درشکل ۱,۲ نشان داده شده است. مکانیسم(سازوکار) سیم پیچ گردان، معمولاً به منظورکاهش اصطکاک، برپایه دستگاه آویزسنگ وپاشنه بنامی شود. روش دیگرآویز، دستگاه آویزکشیده است که حساسیت سنجه را بالا می برد، اما گران تراست. درمقام مقایسه، جریان تمام- مقیاس نوعی دردستگاه آویزسنگ و پاشنه $۵۰\ mA$ است، درحالی که جریان تمام- مقیاس$۲\ mA$ برای یک دستگاه آویز کشیده کاملاً امکان پذیراست.

۳,۲ سنجه گردان دارسونوال

حتی امروزه نیزسنجه گردان دارسونوال استفاده فراوانی دارد. به همین دلیل در این فصل، به تفصیل توضیحاتی درمورد ساختمان و اصول کارآن ارائه می شود. یک نمونه تجاری سنجه گردان که بر پایه اصل اساسی موتورdc کارمی کند درشکل ۲,۲ نشان داده شده است. شکل۱,۲ یک آهن ربای دائمی نعلی شکل بادوقطب آهن نرم متصل به آن رانشان می دهد.

www.powerengineering.blogfa.com

بین قطب های شمال وجنوب آن یک هسته استوانه ای شکل ازآهن نرم قرار داردکه سیم پیچی ازسیم نازک، دور آن پیچیده شده است. این سیم نازک روی یک قاب فلزی سبک پیچیده شده است وبرسنگ چنان سوارشده که می تواند به راحتی وآزادانه بچرخد. باچرخش سیم پیچ متحرک، عقربه ای که به آن متصل است برروی صفحه مقیاس به سمت مقادیر بیشترمنحرف می شود.



شکل۲,۲ نمایی ازسنجه گردان دارسونوال.

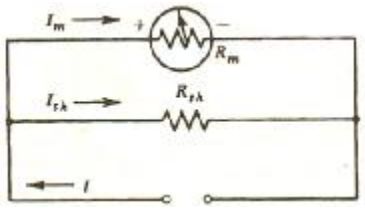
جریان ازمداری که اندازه گیری ها روی آن انجام می شود به سیم پیچ های سیم پیچ گردان راه می یابد. جریان گذرنده ازسیم پیچ سبب می شود که سیم پیچ با قطب های شمال وجنوبش مانند یک آهن ربای الکتریکی عمل کند. قطب های آهن ربای الکتریکی و قطب های آهن ربای دائمی اثرمتقابل برروی یکدیگر دارند وموجب چرخش سیم پیچ می شوند. هرگاه جریان درجهت مناسب ازسیم پیچ بگذرد، عقربه روی صفحه مقیاس منحرف می شود. به همین دلیل همه سنجه های گردان dc دارای علائم پلاریته (قطبیت) هستند.باید تأکید شود که سنجه گردان دارسونوال یک ابزارحساس به جریان است. صرف نظراز یکاهایی که صفحه مقیاس باآن ها مدرّج شده است(ولت،آمپرو....) ،سیم پیچ گردان به میزان جریان گذرنده ازسیم ها واکنش نشان می دهد.

۴,۲ سنجه گردان دارسونوال به کاررفته درآمپرسنج DC

ازآنجا که سیم پیچ های سیم پیچ گردان نشان داده شده درشکل ۲,۲ ازسیم بسیار نازک تهیه شده اند، سنجه

www.powerengineering.blogfa.com

دارسونوال مقدماتی، درصورتی که به طرزمناسب اصلاح نگردد، دارای استفاده بسیارمحدودی می باشد. یک اصلاح مطلوب، افزایش گستره جریان قابل اندازه گیری به وسیله سنجه دارسونوال مقدماتی است.



شکل ۳,۲ سنجه گردان دارسونوال به کاررفته درمداریک آمپرسنج.

این کاربا قراردادن یک مقاومت کوچک، به طورموازی بامقاومت سنجه گردان R_m ، میسّرمی شود. این مقاومت کوچک (R_{sh})شنت نامیده می شود و وظیفه آن فراهم کردن مسیردیگری برای کل جریان اندازه گیری شونده (I)به وسیله سنجه گردان است. یک مدارآمپرسنج dc دراغلب مدارها، I_{sh} از I_m که جریان گذرنده ازسنجه گردان است، بسیاربزرگ تراست. مقاومت شنت بابه کارگیری قانون اهم درشکل۳,۲ به دست می آید .

که درآن

R_{sh} = مقاومت شنت

R_m = مقاومت داخلی سنجه گردان(مقاومت سیم پیچ گردان)

I_{sh} = جریان گذرنده ازشنت

I_m = جریان انحراف تمام- مقیاس سنجه گردان

I = جریان انحراف تمام- مقیاس برای آمپرسنج

www.powerengineering.blogfa.com

افت ولتاژبین دوسرسنجه گردان عبارت است از:

$$V_m = I_m = R_m$$

ازآنجاکه مقاومت شنت باسنجه گردان موازی است، افت ولتاژدوسرشنت با افت ولتاژ سنجه گردان مساوی است. بنابراین:

$$V_{sh} = V_m$$

جریان گذرنده ازشنت،مساوی است باکل جریان منهای جریان گذرنده ازسنجه گردان:

$$I_{sh} = I - I_m$$

با دردست داشتن ولتاژدوسرشنت و جریان گذرنده ازآن،می توانیم مقاومت شنت را تعیین کنیم.

$$R_{sh} = \frac{V_{sh}}{I_{sh}} = \frac{I_m R_m}{I_{sh}} = \frac{I_m}{I_{sh}}.R_m = \frac{I_m}{I - I_m}.R_m(\Omega) \qquad (۱,۲)$$

■ مثال۱,۲ اندازه مقاومت شنت لازم برای تبدیل سنجه گردان 1Ma بامقاومت داخلی ۱۰۰Ω به یک آمپرسنج ۰ تا 10mA راحاسبه کنید.

حل

$I_m R_m = 1\text{Ma} \times ۱۰۰\Omega = ۰/۱\text{V}$

V_m

$V_{sh} = V_m = ۰/۱\text{V}$

$۱۰\ \text{MA} - ۱\text{Ma} = ۹\ \text{Ma}$

$I_{sh} = I - I_m$

www.powerengineering.blogfa.com

$$=۱۱/۱۱\Omega \qquad (۱,۲)$$

$$R_{sh}=\frac{V_{sh}}{I_{sh}}=\frac{0/1V}{9mA}$$

هدف ازطراحی مدارشنت، آن است که بتوانیم جریان I راکه n برابرجریان I_m است اندازه گیری کنیم. عدد n که عامل ضرب کننده نامیده می شود، جریان کل وجریان سنجه را به صورت زیر، به یکدیگر مربوط می کند:

$$I = n I_m \qquad (۲,۲)$$

با جایگذاری این مقدار به جای I دررابطه (۱,۲)، داریم:

$$R_{sh}=\frac{R_m I_m}{nI_m - I_m}=\frac{R_m}{n-1}\ (\Omega) \qquad (۳,۲)$$

مثال۲,۲ به کارگیری روابط(۲,۲) و (۳,۲) رانشان می دهد.

■ مثال ۲,۲ یک سنجه گردان ۱۰۰ m A بامقاومت داخلی ۸۰۰Ω دریک آمپرسنج ۰ تا ۱۰۰ mA مورداستفاده قرارمی گیرد. اندازه مقاومت شنت موردنیازراپیدا کنید.

حل. عامل ضرب کننده n، نسبت ۱۰۰ mA به ۱۰۰ m A است. یعنی:

$$n=\frac{I}{I_m}=\frac{100mA}{100mA}=1000 \qquad (۲,۲)$$

درنتیجه:

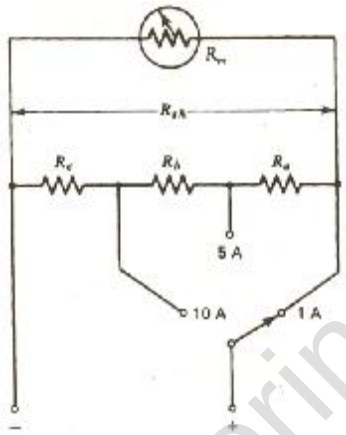
$$R_{sh}=\frac{R_m}{n-1}=\frac{800\Omega}{1000-1}=\frac{800}{999}\cong 0/8\Omega$$

۵,۲ شنت آیرتون

مقاومت شنتی که درقسمت های قبل توضیح داده شد، درآمپرسنج تک گستره به خوبی کارمی کند. امّا درآمپرسنج

www.powerengineering.blogfa.com

چندگستره، شنت آیرتون یا شنت عمومی، معمولاً طرح مناسب تری است. یک مزیّت شنت آیرتون آن است که امکان قرارگرفتن سنجه گردان دریک مداربدون مقاومت شنت را نمی دهد. مزیت دیگرآن، این است که می تواند باانواع گسترده ای از سنجه های گردان مورداستفاده قرارگیرد. مدارشنت آیرتون درشکل ۴,۲ نشان داده شده است.



شکل ۴,۲ یک آمپرسنج باستفاده ازشنت آیرتون

مقدارهریک ازمقاومت های شنت،باشروع ازحساس ترین گسترده وسپس ادامه آن به طرف گستره باکمترین حساسیت، محاسبه می شود. درشکل ۴,۲ حساس ترین گستره، گستره ۱A است.مقاومت شنت $R_{sh} = R_a + R_b + R_c$ است. دراین گستره، مقاومت شنت مساوی است با R_{sh} که با توجه به رابطه (۳,۲) قابل محاسبه است.

$$R_{sh} = \frac{R_m}{n-1}$$

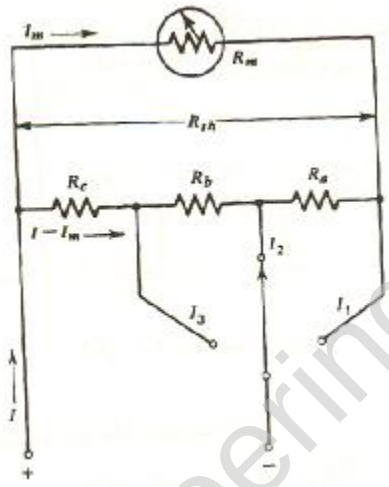
معادلات لازم برای محاسبه مقادیرشنت های R_a ، R_b و R_c ازروی شکل ۵,۲ قابل تعمیم است. ازآنجا که مقاومت $R_b + R_c$ با $R_m + R_a$ موازی است و ولتاژهای دو سرشاخه های موازی باید مساوی باشند،داریم:

www.powerengineering.blogfa.com

$$V_{R_b} + R_c = V_{R_a} + R_m$$

برحسب مقاومت ها وجریان ها می توان نوشت:

$$(R_b + R_c)(I_2 - I_m) = I_m(R_a + R_m)$$



شکل ۵,۲ محاسبه مقاومت ها درشنت آیرتون.

یا:

$$I_2(R_b + R_c) - I_m(R_b - R_c) = I_m\left[R_{sh} - (R_b + R_c) + R_m\right]$$

باضرب کردن I_m درجملات طرف راست داریم:

$$I_2(R_b + R_c) - I_m(R_b - R_c) = I_m R_{sh} - I_m(R_b + R_c) + I_m R_m$$

که به صورت زیرقابل بازنویسی است:

$$R_b + R_c = \frac{I_m(R_{sh} + R_m)}{I_2}(\Omega) \qquad (۴,۲)$$

باتوجه به اینکه قبلاً مقاومت کل شنت، R_{sh} ، رابه دست آورده ایم، اکنون می توان R_a راتعیین کرد:

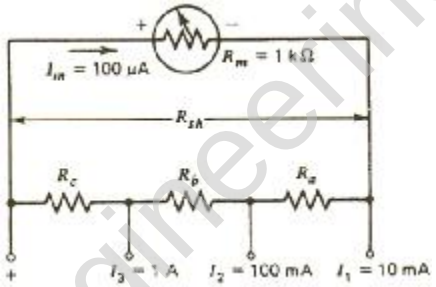
www.powerengineering.blogfa.com

$$R_a = R_{sh} - (R_b + R_c)(\Omega) \qquad (۵,۲)$$

جریان I، جریان بیشینه برای گستره ای است که آمپرسنج برای آن میزان شده است. بنابراین، مقاومت R_c با استفاده ازرابطه زیربه دست می آید:

$$R_c = \frac{I_m(R_{sh} + R_m)}{I_3}(\Omega) \qquad (۶,۲)$$

تنها تفاوت بین دومعامله (۴,۲) و (۶,۲)، جریان های I_2 و I_3 هستند که درهر مورد، جریان بیشینه برای گستره ای است که مقدارشنت برای آن محاسبه می گردد.



شکل ۶,۲ مدارشنت آیرتون.

حال، مقاومت R_b به صورت زیرقابل محاسبه است:

$$R_b = (R_b + R_c) - R_c(\Omega) \qquad (۷,۲)$$

■ مثال۳,۲ مقاومت های شنت مدارنشان داده شده درشکل ۶,۲ راحاسبه کنید.

حل . مقاومت شنت کل از رابطه زیربه دست می آید.

$$R_{sh} = \frac{R_m}{n-1} = \frac{1k\Omega}{100-1} = \frac{1k\Omega}{99} = 10/1\Omega \qquad (۲,۲)$$

www.powerengineering.blogfa.com

این شنت برای گستره Ma ۱۰ است. هرگاه سنجه برای گستره ۱۰۰Ma میزان شده باشد مقاومت های R_b و R_c شنت خواهند بود. مقاومت شنت کلّ دراین حالت ازرابطه زیربه دست می آید.

$$R_b + R_c = \frac{I_m(R_{sh} + R_m)}{I_2} = \frac{(100mA)(10/1\Omega + 1K\Omega)}{100mA} = 1/01\Omega \qquad (۴,۲)$$

مقاومت R_c که درگستره A۱ مقاومت شنت است، ازهمان معادله به دست می آید، ولی دراینجا I مساوی A۱ خواهدبود.

$$R_c = \frac{I_m(R_{sh} + R_m)}{I_3} = \frac{(100mA)(10/1\Omega + 1K\Omega)}{1A} = 1/101\Omega \qquad (۶,۲)$$

مقاومت R_b ازمعادله (۷,۲) به دست می آید.

$$R_b = (R_b + R_c) - R_c = 1/01\Omega - R_c = 1/01\Omega - 0/101\Omega = 0/90\Omega$$

مقاومت R_a نیز عبارت است از:

$$R_a = R_{sh} - (R_b + R_c) = 10/1\Omega - (0/909\Omega + 0/101\Omega) = 9/09\Omega \qquad (۵,۲)$$

وارسی می کنیم،

$$R_{sh} = R_a + R_b + R_c = 9/09\Omega - 0/909\Omega + 0/101\Omega = 10/1\Omega$$

۶,۲ سنجه گردان دارسونوال به کاررفته درولت سنج DC

با اتصال سری یک ضرب کننده R_s به سنجه گردان دارسونوال به صورتی که درشکل ۷,۲ نشان داده شده است، این دستگاه می تواند به یک ولت سنج dc تبدیل شود. هدف ازضریب کننده، افزایش گستره ولتاژقابل اندازه گیری و محدود کردن جریان گذرنده از دستگاه اندازه گیری دارسونوال به جریان بیشینه انحراف تمام- مقیاس است. برای پیدا کردن مقدار ضرب کننده می توانیم ابتدا حساسیت S سنجه گردان راتعیین

www.powerengineering.blogfa.com

کنیم. این حساسیت، بامعکوس کردن انحراف تمام- مقیاس، به صورت زیر، به دست می آید:

$$\text{حساسیت} = \frac{1}{I_{fs}}(\Omega/V) \qquad (۸,۲)$$

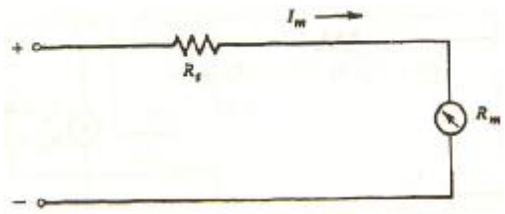
یکاهای مربوط به حساسیت درمعامله (۸,۲) اهم برولت است که از رابطه زیر قابل مشاهده است.

$$\text{حساسیت} = \frac{1}{\text{آمپر}} = \frac{1}{\frac{\text{ولت}}{\text{اهم}}} = \frac{\text{اهم}}{\text{ولت}}$$

اندازه گیری های ولتاژبا قراردادن ولت سنج بین دو سرمقاومت موردنظر صورت می گیرد. اثراین کارآن است که کل مقاومت(داخلی) ولت سنج به صورت موازی بامقاومت مدارقرارمی گیرد وبنابراین بهتراست که مقاومت ولت سنج ازمقاومت مدار، بسیاربزرگ تر باشد. ازآنجا که سنجه های گردان متفاوتی درولت سنج های گوناگون به کار می روند وچون، مقدارضرب کننده برای هرگستره متفاوت می باشد، بیان مقاومت کل به عنوان یک مقدار نامی دستگاه مشکل است. مقدارنامی حساسیت دستگاه، اطلاعات معنی دارتری رامی توان دراختیار کاربر قراردهد. این مقدارنامی که معمولاً روی سنجه چاپ می شود، مقاومت دستگاه را برای گستره یک ولتی بیان می کند. برای تعیین مقاومت کلی که ولت سنج دریک مداراز خود نشان می دهد، حساسیت رادر گستره ضرب می کنیم (مثال ۵,۲ رابببینید.)

■ مثال۴,۲ حساسیت یک سنجه $۱۰۰\,mA$ راکه به عنوان یک ولت سنج dc مورد استفاده قرار می گیرد، محاسبه کنید.

www.powerengineering.blogfa.com



شکل ۷,۲ سنجه گردان دارسونوال به کاررفته درولت سنج dc.

حل. حساسیت به صورت زیرمحاسبه می شود:

$$S\frac{1}{I_{fs}}=\frac{1}{100mA}=10\frac{K\Omega}{V}$$

یکاهای حساسیت، مقدارمقاومت ضرب کننده را برای گستره یک ولتی بیان می کند.برای محاسبه مقدار ضرب کننده درموردگستره های ولتاژ بزرگ تراز یک ولت، کافی است حساسیت رادر گستره ضرب کرده مقاومت داخلی سنجه گردان را ازآن کم کنیم، یا

(۹,۲) مقاومت داخلی- (گستره

$$R_S = (\ S\times$$

■ مثال ۵,۲ مقدارمقاومت ضرب کننده گستره ۵۰V یک ولت سنج dc راکه از یک سنجه گردان ۵۰۰ mA بامقاومت داخلی ۱ $K\Omega$ استفاده می کند به دست آورید.

حل. حساسیت سنجه گردان ۵۰۰ mA شکل ۸,۲ عبارت است از:

$$S=\frac{1}{I_{fs}}=\frac{1}{500mA}=2\frac{K\Omega}{V} \qquad (۸,۲)$$

حال، مقدارضرب کننده R_S باضرب کردن حساسیت درگستره وکم کردن مقاومت داخلی سنجه گردان،محاسبه می شود:

$$R_S = S\times \text{گستره} - R_m = 2\frac{K\Omega}{V}\times 50V - 1K\Omega = 100K\Omega - 1K\Omega = 99K\Omega \qquad (۹,۲)$$

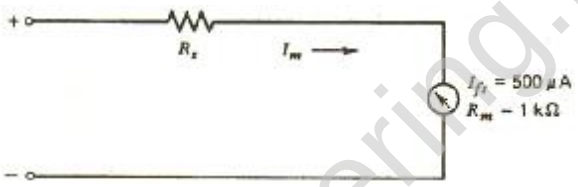
www.powerengineering.blogfa.com

چنانکه مثال۶,۲ نشان می دهد، با اضافه کردن یک کلیدگردان می توان ازیک سنجه گردان برای چندگستره ولتاژdc استفاده کرد.

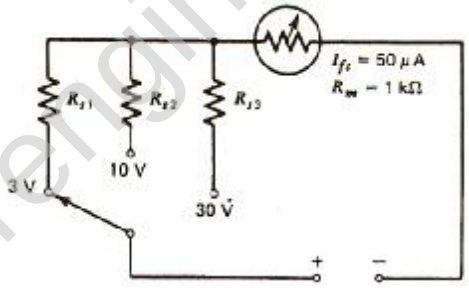
■ مثال۶,۲ مقادیر مقاومت های ضرب کننده رابرای ولت سنجdc چند گستره نشان داده شده درشکل ۹,۲ به دست آورید.

حل حساسیت سنجه گردان به صورت زیرمحاسبه می شود.

$$S = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{1}{50mA} = 20\frac{K\Omega}{V} \qquad (۸,۲)$$



شکل ۸,۲ مدارولت سنج dc مقدماتی.



شکل ۹,۲ مدارولت سنج چندگستره.

حال، مقادیرمقاومت های ضرب کننده رامی توان به ترتیب زیرمحاسبه کرد:

(الف) درگستره ۳V:

$$R_{s1} = S \times \text{گستره} \quad - R_m = 20\frac{K\Omega}{V} \times 3V - 1K\Omega = 59K\Omega \qquad (۹,۲)$$

(ب) درگستره ۱۰V:

www.powerengineering.blogfa.com

$$R_{s2} = S \times \text{گستره} - R_m = 20\frac{K\Omega}{V} \times 10V - 1K\Omega = 199K\Omega \quad (۹,۲)$$

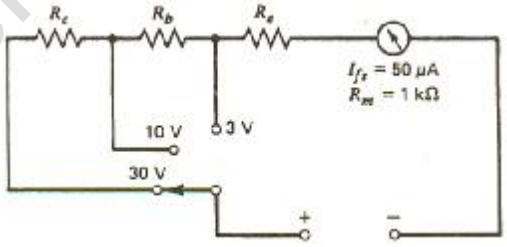
(ج) درگستره ۳۰V:

$$R_{s3} = S \times \text{گستره} - R_m = 20\frac{K\Omega}{V} \times 30V - 1K\Omega = 599K\Omega \quad (۹,۲)$$

مداری که معمولاً برای ولت سنج های dc چندگستره تجاری مورد استفاده قرار می گیرد درشکل ۱۰,۲ نشان داده شده است. دراین مدار،مقاومت های ضرب کننده به صورت سری(متوالی) به یکدیگرمتصل شده اند وبه وسیله ساکتور گستره، مقدار مقاومت مناسب را با دستگاه اندازه گیری گردان سری می کنند. مزّیت این مدار،آن است که همه مقاومت های ضرب کننده، بجز اولین مقاومت

(R_a)،مقادیراستانداری دارند ومی توان آنها رابه صورت تجاری با تولرانس دقیق تهیه کرد.

■ مثال۷,۲ مقادیر مقاومت های ضرب کننده رادرمورد مدارولت سنج dc چند گستره ارائه شده درشکل ۱۰,۲ محاسبه کنید.



شکل ۱۰,۲ نمونه تجاری یک ولت سنج چندگستره.

حل. حساسیت سنجه گردان، به صورت زیرمحاسبه می شود:

$$S = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{1}{50mA} = 20\frac{K\Omega}{V}$$

www.powerengineering.blogfa.com

مقادیرمقاومت های ضرب کننده رامی توان به ترتیب زیر محاسبه کرد:

(الف) درگستره ۳V:

$$R_a = S \times \text{گستره} - R_m = 20\frac{K\Omega}{V} \times 3V - 1K\Omega = 59K\Omega$$

(ب) درگستره ۱۰V:

$$R_b = S \times \text{گستره} - (R_a + R_m) = 20\frac{K\Omega}{V} \times 10V - 60K\Omega = 140K\Omega$$

(ج) درگستره ۳۰V:

$$R_c = S \times \text{گستره} - (R_a + R_b + R_m) = 20\frac{K\Omega}{V} \times 30V - 200K\Omega = 400K\Omega$$

۷,۲ آثاربارگذاری ولت سنج

هنگامی که یک ولت سنج برای اندازه گیری ولتاژدوسریک جزء مداربه کارمی رود، خودمدارولت سنج با آن جزء مدار،موازی می شود. ازآنجا که مقاومت ترکیب موازی دومقاومت، ازتک تک آن مقاومت ها، به تنهایی کمتراست، مقاومت دیده شده به وسیله منبع، درزمانی که ولت سنج وصل است، ازهنگامی که ولت سنج وصل نیست، کمتراست.بنابراین ولتاژ دوسرآن جزء، هنگام اتصال ولت سنج ، کمتراست. کم شدن ولتاژ، بسته به میزان حساسیت ولت سنج مورداستفاده، ممکن است قابل چشم پوشی ویامحسوس باشد. این اثر،اثر بارگذاری ولت سنج، نامیده می شود که طی مثال های زیرتوصیف خواهدشد. خطای حاصله، خطای بارگذاری نامیده می شود.

■ مثال ۸,۲ برای اندازه گیری ولتاژ دوسرمقاومت R_B درمدارشکل۱۱,۲، ازدو ولت سنج متفاوت استفاده شده است. این سنجه ها عبارت انداز:

www.powerengineering.blogfa.com

سنجه A گستره = ۱۰V و $R_m = 0/2k\Omega$ و $S = 1K\Omega/V$

سنجه B گستره =۱۰V و $R_m = 1/5k\Omega$ و $S = 20K\Omega/V$

مطلوب است محاسبه:

(الف) ولتاژدوسر R_B بدون اینکه سنجه به آن وصل شده باشد.

(ب) ولتاژدوسر R_B زمانی که ازسنجه A استفاده شده باشد.

(ج) ولتاژدوسر R_B زمانی که ازسنجه B استفاده شده باشد.

(د) خطادرقرائت ولت سنجها.

حل.(الف) ولتاژ دوسرمقاومت R_B بدون اتصال به سنجه ازمعادله تقسیم ولتاژ

شکل ۱۱,۲ مدارمثال۸,۲ برای نشان دادن اثربارگذاری ولت سنج.

به دست می آید:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_B}{R_A + R_B} = 30V \times \frac{5K\Omega}{25K\Omega + 5K\Omega} = 5V$$

(ب) باسنجه A شروع می کنیم. مقاومت کلی که این دستگاه درمدار ازخود نشان می دهد عبارت است از:

$$R_{T_A} = S \times \text{گستره} = 1\frac{K\Omega}{V} \times 10V = 10K\Omega$$

www.powerengineering.blogfa.com

مقاومت ترکیب موازی R_B وسنجه A مساوی است با:

$$R_{e1} = \frac{R_B \times R_{T_A}}{R_B + R_{T_A}} = \frac{5K\Omega \times 10K\Omega}{5K\Omega + 10K\Omega} = 3/33K\Omega$$

بنابراین قرائت ولتاژحاصله ازسنجه A که به وسیله مقسّم ولتاژ به دست می آید، عبارت است از:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_{e_1}}{R_{e_1} + R_a} = 30V \times \frac{3/33K\Omega}{3/33K\Omega + 25K\Omega} = 3/53V$$

(ج) مقاومت کلی که سنجه B درمدارازخودنشان می دهد مسلوی است با:

$$R_{T_B} = S \times \text{گستره} = 20\frac{K\Omega}{V} \times 10V = 200K\Omega$$

مقاومت ترکیب موازی R_B و سنجه B عبارت است از:

$$R_{e2} = \frac{R_B \times R_{T_B}}{R_B + R_{T_B}} = \frac{5K\Omega \times 200K\Omega}{5K\Omega + 200K\Omega} = 4/88K\Omega$$

بنابراین قرائت ولتاژ حاصله ازسنجه B که با استفاده ازمقسّم ولتاژبه دست
می آید،مساوی است با:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_{e_2}}{R_{e_2} + R_A} = 30V \times \frac{4/88K\Omega}{4/88K\Omega + 25K\Omega} = 4/9V$$

(د)

$$\text{خطای ولت سنج A} = \frac{5V - 3/53V}{5V} \times \%100 = \%29/4$$

www.powerengineering.blogfa.com

$$\text{خطای ولت سنج B} = \frac{5V - 4/9V}{5V} \times \%100 = \%2$$

درمثال ۸,۲ توجه کنید که هرچندمقدارخوانده شده ازسنجهB به مقدار واقعی بسیارنزدیک است، امّا بازهم این ولت سنج به دلیل بارگذاری روی مدار،۲% خطا وارد می کند.باید روشن باشد که درمدارهای الکترونیکی، معمولاً شامل مقاومت های بسیارپُراهم، سنجه های ولت،اهم، میلی آمپر،(VOM) تجاری همچنان اثربارگذاری خواهند داشت. معمولاً، حساسیت چنین ابزارهای اندازه گیری، دست کم، $K\Omega/V$ ۲۰ است. ابزارهای باحساسیت کمتر، معمولاً برای اکثرکارهای الکترونیکی رضایت بخش نیستند.

همچنین،چنانکه درمثال۹,۲ نشان داده می شود، هرگاه VOMبرای اندازه گیری ولتاژ به کار می رود، اثربارگذاری ولت سنج روی مدار، بااستفاده ازبالاترین گستره ممکن، کمینه می شود.

■ مثال۹,۲ قرائت ولتاژو درصد خطای هرقرائت به دست آمده ازیک ولت سنج درگستره های زیررابیابید:

(الف) درگستره ۳V.

(ب) درگستره ۱۰V.

(ج) درگستره ۳۰V.

ابزارمورداستفاده دارای حساسیت $K\Omega/V$ ۲۰ است وبه دوسرمقاومت R_B در شکل ۱۲,۲ وصل می شود.

www.powerengineering.blogfa.com

حل. افت ولتاژ دوسر R_B ، بدون اتصال ولت سنج به آن، عبارت است از:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_B}{R_A + R_B} = 30V \times \frac{4K\Omega}{36K\Omega + 4K\Omega} = 3V$$

(الف) درگستره ۳V:

$$R_T = S \times \text{گستره} \quad 20\frac{K\Omega}{V} \times 3V = 60K\Omega$$

$$R_{eq1} = \frac{R_T R_B}{R_T + R_B} = \frac{60K\Omega \times 4K\Omega}{60K\Omega + 4K\Omega} = 3/75K\Omega$$

شکل ۱۲,۲ مدارمثال ۹,۲ برای نشان دادن اثرات بارگذاری ولت سنج روی گستره های مختلف.

قرائت ولت سنج عبارت است از:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_{eq1}}{R_{eq1} + R_A} = 30V \times \frac{3/75K\Omega}{3/75K\Omega + 36K\Omega} = 2/8V$$

درصدخطا درگستره ۳ V مساوی است با:

$$\text{درصدخطا} = \frac{3V - 2/8V}{3V} \times \%100 = \%6/66$$

(ب) درگستره ۱۰ V:

www.powerengineering.blogfa.com

$$R_T = 20\frac{K\Omega}{V}\times 10V = 200K\Omega$$

$$R_{eq2} = \frac{R_T R_B}{R_T + R_B} = \frac{200K\Omega \times 4K\Omega}{200K\Omega + 4K\Omega} = 3/92K\Omega$$

قرائت ولت سنج عبارت است از:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_{eq2}}{R_{eq2} + R_A} = 30V \times \frac{3/92K\Omega}{3/92K\Omega + 36K\Omega} = 2/95V$$

درصدخطا درگستره ۱۰V مساوی است با:

$$\text{درصدخطا} = \frac{3V - 2/95V}{3V}\times \%100 = \%1/66$$

(ج) درگستره ۳۰V:

$$R_T = \frac{20K\Omega}{V}\times 30V = 600K\Omega$$

$$R_{eq3} = \frac{R_T R_B}{R_T + R_B} = \frac{600K\Omega \times 4K\Omega}{600K\Omega + 4K\Omega} = 3/97K\Omega$$

قرائت ولت سنج عبارت است از:

$$V_{R_B} = E.\frac{R_{eq3}}{R_{eq3} + R_A} = 30V \times \frac{3/97K\Omega}{3/97K\Omega + 36K\Omega} = 2/98V$$

درصدخطا درگستره ۳۰V مساوی است با:

$$\text{درصدخطا} = \frac{3V - 2/98V}{3V}\times \%100 = \%0/66$$

ازمثال۲,۹ مطالب زیر رافرامی گیریم. پایین ترین درصدخطای بارگذاری مربوط به گستره ۳۰V است. امّا ولتاژ

www.powerengineering.blogfa.com

اندازه گیری شده تنها ۱۰% انحراف تمام- مقیاس راایجاد می کند، درحالی که در گستره ۱۰V ولتاژبه دست آمده تقریباً یک سوم انحراف تمام- مقیاس باخطای کمترازا۲% رابه وجود می آورد. قرائت حاصله درگستره ۱۰V قابل قبول است وکمتردرمعرض خطاهای فاحش (بخش ۶,۱) واقع می شود. درصدخطای فوق الذکردرگستره ۱۰V کمتراز درصد میانگین خطای یک سنجه گردان دارسونوال با تولید انبوه است.

باآزمایش وتغییرگستره بالاترمی توان تعیین کردکه آیا ولت سنج خطای محسوسی وارد می کندیاخیر. اگرقرائت ولت سنج تغییری نکرد،سنجه اثربارگذاری محسوسی برمدارندارد.هرگاه اثربارگذاری مشاهده شد،گستره مربوط به انحراف بیشینه و دقیق ترین اندازه گیری راانتخاب کنید(بخش ۶,۱).

۸,۲ آثارجایگذاری آمپرسنج

یکی ازمنابع خطادراندازه گیری که معمولاً ازآن چشم پوشی می شود، خطای ناشی ازجایگذاری آمپرسنج درمدار برای قرائت جریان آن است. همه آمپرسنج ها دارای یک مقاومت داخلی هستند که مقدارآن ممکن است ازیک مقدارکوچک، برای آمپرسنجی که قابلیت اندازه گیری جریان درحد آمپر رادارد، تامقدارقابل توجه $1K\Omega$ یا بیشتر، برای میکروآمپرسنج ها، تغییرکند. جایگذاری آمپرسنج درمدارهمواره مقاومت مداررا افزایش می دهدودرنتیجه جریان مدارا کم می کند.

خطای ناشی ازسنجه به رابطه بین مقدارمقاومت درمداراصلی و مقدارآن درآمپرسنج بستگی دارد.

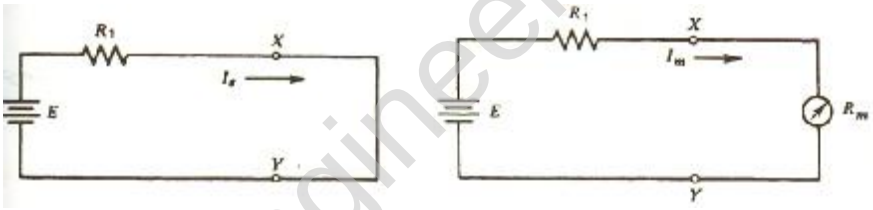
به مدارسری(متوالی) نشان داده شده درشکل ۱۳,۲ که درآن، جریانی ازمقاومت R_1 می گذرد توجه کنید. جریان موردانتظار I_e ،مربوط به حالتی است که آمپرسنج درمدار

www.powerengineering.blogfa.com

قرارندارد. اکنون فرض کنید مطابق شکل ۱۴,۲، آمپرسنجی برای اندازه گیری جریان درمدارقرارگیرد. دراین صورت اندازه جریان، براثرمقاومت سنجه اضافه شده، یعنی R_m ،به مقدار I_m کاهش می یابد.

اگربخواهیم رابطه بین I_e و I_m رابه دست آوریم می توانیم ازقضیه تونن استفاده کنیم. مدارشکل ۱۴,۲ به صورت یک مدارهم ارز تونن شامل یک منبع ولتاژ ساده بایک مقاومت ساده است. هرگاه درپایانه های خروجیX و Y اتصال کوتاه ایجاد شود، جریان موردانتظار، مساوی است با

$$I_e = \frac{E}{R_1} \qquad (۱۰,۲)$$



شکل ۱۳,۲مقدارجریان موردانتظاردرمدارسری **شکل ۱۴-۲ مدار سري با آمپرسنج**

جایگذاری سنجه به طرزسری(متوالی) با R_1 باعث می شود که جریان به مقدارزیرکاهش یابد:

$$I_m = \frac{E}{R_1 + R_m} \qquad (۱۱,۲)$$

ازتقسیم معادله (۱۱,۲) برمعادله (۱۰,۲) عبارت زیربه دست می آید:

$$\frac{I_m}{I_e} = \frac{R_1}{R_1 + R_m} \qquad (۱۲,۲)$$

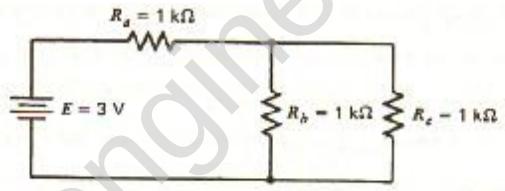
www.powerengineering.blogfa.com

معادله (۱۲,۲) بسیارمفید است، زیرا درصورت دردست داشتن مقدارمقاومت هم ارزتونن و مقاومت آمپرسنج، امکان محاسبه خطای ناشی ازجایگذاری آمپرسنج، فراهم می شود.

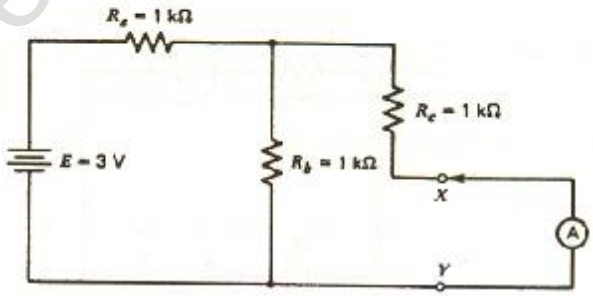
■ مثال۱۰,۲ یک سنجه جریان بامقاومت داخلی ۷۸Ω برای اندازه گیری جریان گذرنده ازمقاومت R_c درمدارشکل ۱۵,۲ به کارمی رود. درصدخطای قرائت ناشی ازجاگذاری آمپرسنج را به دست آورید.

حل. سنجه جریان بین نقاط X و Y شکل اجمالی ۱۶,۲ وصل می شود. درصورتی که از پایانه های X وY به سوی عقب مدارنگاه کنیم، می توانیم مقاومت هم ارز تونن را به صورت زیر بیان کنیم.

$$R_{Th} = R_c + \frac{R_a R_b}{R_a + R_b} = 1k\Omega + 0/5k\Omega = 1/5k\Omega$$



شکل ۱۵.۲ مدار سری ـ موازی مثال ۱۰.۲



شکل۱۶,۲ مدارنشان دهنده جایگذاری آمپرسنج.

بنابراین نسبت جریان سنجه به جریان موردانتظار، مساوی است با:

www.powerengineering.blogfa.com

$$\frac{I_m}{I_e}=\frac{R_1}{R_1+R_m}=\frac{1/5K\Omega}{1/5K\Omega+78\Omega}=0/95 \qquad (۱۲,۲)$$

باحل آن برای I_m داریم:

$$I_m=0/95I_e$$

جریان گذرنده ازسنجه۹۵% جریان موردانتظاراست، بنابراین جایگذاری سنجه جریان درمدار،۵% خطا ایجاد کرده است.می توان عبارتی برای درصدخطای مربوط به جاگذاری آمپرسنج، به صورت زیر،نوشت.

$$=(1-\frac{I_m}{I_e})\times\%100=\%5$$

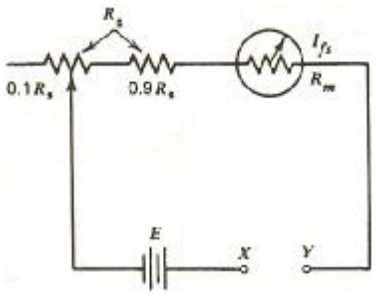
۹,۲ اهم سنج

سنجه گردان دارسونوال مقدماتی رامی توان بااتصال به یک باتری ویک مقاومت نیزمورداستفاده قرار دادتایک اهم سنج ساده، مانند آنچه درشکل ۱۷,۲ آمده است فراهم شود. اگرنقاطX وY به یکدیگر متصل شوند، مدارسری ساده ای داریم که درآن، ازسنجه گردان،جریانی ناشی ازمنبع ولتاژE می گذرد. اندازه این جریان را مقاومت های R_Z و R_m محدود می کند. توجه کنید که درشکل ۱۷,۲ مقاومتR_Z شامل یک قسمت ثابت ویک قسمت متغیراست که علّت آن درانتهای این بخش مورد بحث قرارخواهد گرفت. اتصال نقاط X وY، معادل اتصال کوتاه کردن پروب های (گمانه) اهم سنج برای صفرکردن آن قبل ازاستفاده است. این اقدام یک مرحله عملی عادی درکارکردن بااهم سنج است. پس از آنکهX وY به یکدیگرمتصل شدند، قسمت متغیرمقاومتR_Z به گونه ای تنظیم می شود که دقیقاً یک انحراف تمام- مقیاس روی سنجه گردان حاصل گردد.

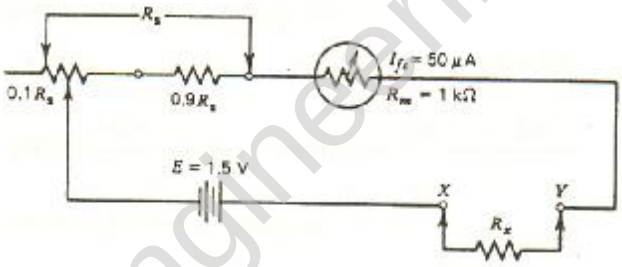
www.powerengineering.blogfa.com

اندازه جریان گذرنده ازسنجه گردان با استفاده ازقاندن اهم، قابل تعیین است:

$$I_{fs} = \frac{E}{R_Z + R_m} \qquad (۱۳,۲)$$



شکل ۱۷,۲ مداراهم سنج مقدماتی.



شکل۱۸,۲مداراهم سنج مقدماتی با اتصال مقاومت مجهول R_Xبه پروب(گمانه)ها.

برای تعیین مقدارمقاومت مجهول R_X، آن رابین نقاطX وy شکل ۱۷,۲ متصل می کنیم که درشکل۱۸,۲ مشخص است. اکنون جریان مدار، عبارت است از:

$$I = \frac{E}{R_Z + R_m + R_X}$$

به علت اضافه شدن مقاومت R_X، جریان I ازجریان تمام-مقیاس I_{fs} کمتراست. نسبت جریان Iبه جریان تمام- مقیاس I_{fs}،

www.powerengineering.blogfa.com

مساوی است بانسبت مقاومت های مدارو می توان آن رابه صورت زیربیان کرد:

$$\frac{I}{I_{fs}} = \frac{E\big|(R_Z + R_m + R_X)}{E\big|(R_Z + R_m)} = \frac{R_Z + R_m}{R_Z + R_m + R_X}$$

اگرP نسبت جریان Iبه جریان تمام- مقیاس I_{fs} رانشان دهد، می توان گفت:

$$P = \frac{I}{I_{fs}} = \frac{R_Z + R_m}{R_Z + R_m + R_X} \qquad (۱۴,۲)$$

برای علامت گذاری صفحه اهم سنج جهت تعیین مقدارمقاومت مورد اندازه گیری، معادله(۱۴,۲) بسیارمفیداست. مثال زیر استفاده ازمعادله (۱۴,۲) رانشان می دهد.

■ مثال ۱۱,۲ یک سنجه گردان باجریان تمام- مقیاس ۱Ma درمداریک اهم سنج مورداستفاده قرار می گیرد. سنجه گردان دارای مقاومت داخلی، R_m ، مساوی ۱۰۰Ωاست، وازیک باتری ۳V درمدار اهم سنج استفاده می شود. صفحه سنجه را برای قرائت مقدارمقاومت، علامت گذاری کنید.

حل. مقدار R_Z ، که جریان رابه جریان تمام- مقیاس محدود می کند، به صورت زیرمحاسبه می شود.

$$R_Z = \frac{E}{I_{fs}} - R_m = \frac{3V}{1mA} - 100\Omega = 2/9K\Omega$$

مقدار R_X با ۲۰% انحراف تمام- مقیاس، مساوی است با:

$$R_X = \frac{(R_Z + R_m)}{P} - (R_Z + R_m)$$

www.powerengineering.blogfa.com

$$= \frac{2/9K\Omega + 0/1K\Omega}{0/2} - (2/9K\Omega + 0/1K\Omega) = \frac{3K\Omega}{0/2} - 3K\Omega = 12K\Omega$$

مقدار R_X با ۴۰% انحراف تمام- مقیاس، مساوی است با:

$$R_X = \frac{(R_Z + R_m)}{P} - (R_Z + R_m) = \frac{3K\Omega}{0/4} - 3K\Omega = 4/5K\Omega$$

مقدار R_X با ۵۰% انحراف تمام- مقیاس مساوی است با:

$$R_X = \frac{(R_Z + R_m)}{P} - (R_Z + R_m) = \frac{3K\Omega}{0/5} - 3K\Omega = 3K\Omega$$

مقدار R_X با ۷۵% انحراف تمام- مقیاس، مساوی است با:

$$R_X = \frac{(R_Z + R_m)}{P} - (R_Z + R_m) = \frac{3K\Omega}{0/75} - 3K\Omega = 1K\Omega$$

داده ها درجدول ۱,۲ گردآوری شده اند. بااستفاده ازاین داده ها ازجدول ۱,۲ می توان مقیاس اهم سنج رارسم کرد که درشکل ۱۹,۲ آمده است.

جدول ۱,۲ مقیاس اهم سنج مثال ۱۱,۲.

R	R_X	$R_Z + R_m$
$(K\Omega)$	$(K\Omega)$	$(K\Omega)$
۱۲	۳	۲۰
۴/۵	۳	۴۰
۳	۳	۵۰

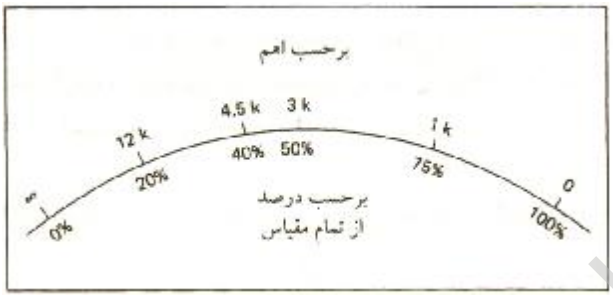
www.powerengineering.blogfa.com

۱ ۳

۷۵

۰ ۳

۱۰۰



شکل ۱۹,۲مقیاس اهم سنج که مشخصه های غیرخطی رانشان می دهد.

دو واقعیت جالب ومهم ازمشاهده مقیاس اهم سنج شکل ۱۹,۲ و داده های جدول ۱,۲ برداشت می شود. نخست آنکه مقیاس اهم سنج، شدیداً غیرخطی است. این وضعیت، ناشی ازمقاومت داخلی بسیاربزرگ اهم سنج است. دوّم آنکه درانحراف نیم- مقیاس، مقدار مقاومت R_X مساوی است بامقاومت داخلی اهم سنج . می توان یک مقاومت متغیررابه گمانه های اهم سنج متصل، وآن راچنان تنظیم کرد که انحراف نیم- مقیاس عقربه حاصل شود. آنگاه این مقاومت متغیررا از اهم سنج جداکرده اندازه می گیرند. مقدار این مقاومت، همان مقاومت داخلی اهم سنج است.

■ مثال۱۲,۲ دریک اهم سنج ازیک باتری۱/۵ ولتی ویک سنجه گردان $50\ mA$ استفاده می شود.

مطلوب است محاسبه:

(الف) مقدار R_Z لازم.

www.powerengineering.blogfa.com

(ب) مقدار R_X ای که درمدارشکل ۲۴,۲، انحراف نیم- مقیاس به وجودمی آورد.

حل.(الف) مقدارمناسب R_Z به صورت زیرمحاسبه می شود:

$$R_Z = \frac{E}{I_{fs}} - R_m = \frac{1/5V}{50mA} - 1K\Omega = 29K\Omega$$

(ب) درانحراف نیم- مقیاس، R_X بامقاومت داخلی اهم سنج،مساوی است

وبنابراین:

$$R_X = R_Z + R_m = 30K\Omega$$

درمثال۲,۱۱، مقدارمقامتی که متناظر۲۰% انحراف تمام- مقیاس بود، $12K\Omega$

محاسبه گردید. اکنون، فرض کنیدمایک مقاومت $97K\Omega$ را به مدار اهم سنج متصل کرده ایم. جریان حاصله مساوی است با:

$$I = \frac{E}{R_X + R_Z + R^m} = \frac{3V}{100\,K\Omega} = 30\,mA$$

این مقدارجریان، سبب می شودکه عقربه ۳% تمام- مقیاس، انحراف داشته باشد. روشن است که مقاومت های بزرگ تر، انحراف کم تری به وجود می آورند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که یک مقاومت $100K\Omega$ تقریباً مقاومت بیشینه ای است که به وسیله اهم سنج خاص شکل ۱۹,۲ وباهرمیزان صحت، قابل اندازه گیری است.قسمت متغیرمقاومت R_Z غالباً وسیله ای برای جبران فرسودگی باتری تلقی می گردد. اما شمابایدازنتایج این اقدام آگاه باشید.به محاسبات زیرتوجه کنید:

www.powerengineering.blogfa.com

■ مثال۱۳,۲یک اهم سنج با استفاده ازیک سنجه گردان ۱Ma ویک پیل ۱/۵ ولتی طراحی شده است. اگرولتاژپیل در اثرفرسودگی پیل به ۱/۳V کاهش یابد، خطای حاصله دروسط گستره مقیاس اهم سنج راحاسبه کنید.

حل.

$$R_{in} = \frac{E}{I} = \frac{1/5V}{1mA} = 1/5K\Omega$$

بنابراین مقیاس اهم سنج باید دروسط گستره با $1/5K\Omega$ مدرّج شود. مقاومت خارجی $1/5K\Omega$ سبب می شود که عقربه انحراف نیم-مقیاس داشته باشد. هرگاه ولتاژپیل به ۱/۳V کاهش یابد واهم سنج باکاهش مقدار R_Z برای انحراف تمام- مقیاس تنظیم شود، مقاومت داخلی کل اهم سنج، مساوی است با

$$R_{in} = \frac{E}{I} = \frac{1/3V}{1mA} = 1/3K\Omega$$

اکنون اگریک مقاومت $1/3K\Omega$ با این اهم اندازه گیری شود، انتظارداریم که انحرافی کمتراز نیم- مقیاس داشته باشیم. امّا عقربه روی نیم- مقیاس می رود که درجه $1/5K\Omega$ رانشان می دهد. فرسودگی پیل، موجب قرائت نادرست می شود.

درصدخطای مربوط به این قرائت عبارت است از:

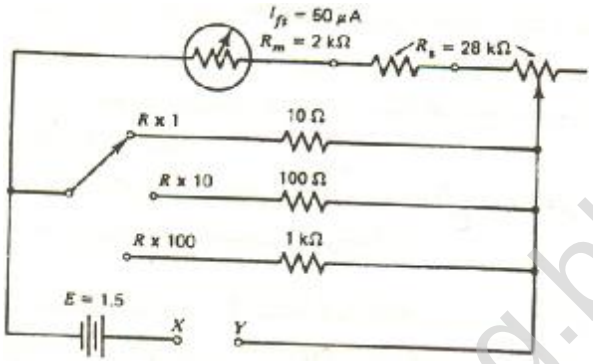
$$\text{درصدخطا} = \frac{1/5K\Omega - 1/3K\Omega}{1/5K\Omega} \times \%100 = \%13/3$$

به منظور ازجلوگیری ازصفرشدن اهم سنج درشرایطی که باتری به میزان قابل ملاحظه ای فرسوده شده است، قسمت متغیر R_Z معمولاً به مقدار بیشینه ۱۰% کل مقدار R_Z محدود می گردد(شکل های ۱۷,۲ و ۲۰,۲ رابببینید).

www.powerengineering.blogfa.com

۱۰,۲ اهم سنج های چند گستره

مداراهم سنجی که دربخش قبل موردبحث قرارگرفت،قادربه اندازه گیری مقاومت درگستره وسیعی ازمقادیرنیست. لذاما باید به نحوی بحث خود راتعمیم دهیم که اهم سنج های چند گستره رانیز دربرگیرد.



شکل ۲۰,۲ اهم سنج چند گستره.

یک راه برای ساختن اهم سنج چند گستره درشکل ۲۰,۲ نشان داده شده است. دراین ابزار، ازیک سنجه گردان $50mA$مقدماتی بامقاومت داخلی $2K\Omega$ استفاده می شود. یک مقاومت اضافی $28K\Omega$ توسط R_Z به دست آمده که مشتمل بریک مقاومت ثابت و یک پتانسیومتر صفرکننده است. R_Z برای محدود کردن جریان گذرنده ازسنجه گردان به $50mA$، درشرایطی که گمانه های متصل به X وY (که درشکل نشان داده نشده اند) اتصال کوتاه شوند، ضروری است. چنانکه مشاهده می شود هرگاه ابزار روی گستره $R\times1$ باشد یک مقاومت 10Ω باسنجه گردان موازی می شود. درنتیجه، مقاومت داخلی اهم سنج روی گستره $R\times1$ مساوی 10Ω موازی با $30K\Omega$ است، که تقریباً همان 10Ω است. یعنی عقربه هنگامی که مقاومت 10Ωبین X وY قرارگیرد، به اندازه نیم- مقیاس، منحرف می شود.

www.powerengineering.blogfa.com

هرگاه ابزارروی گستره $R\times10$ قرار داده شود،مقاومت کل اهم سنج،مساوی 100Ω موازی با $30K\Omega$ است که دراینجا مقدار تقریبی آن 100Ω است. بنابراین، هرگاه مقاومت 100Ω بین گمانه ها وصل شودعقربه به اندازه نیم- مقیاس منحرف می شود. نیم- مقیاس(روی صفحه مدرّج) با 10Ω نشان داده می شود. بنابراین مقدارمقاومت با ضرب کردن قرائت درضریب گستره، یعنی ۱۰، تعیین می شودکه مقدارنیم- مقیاس 100Ω رابه وجود می آورد $(R\times10)$.

هرگاه اهم سنج ما روی گستره $R\times100$ قرار داه شود، مقاومت کل ابزار، $1K\Omega$ موازی با $30K\Omega$ است که دراینجا مقدار تقریبی آن $1K\Omega$ است. درنتیجه، هرگاه گمانه ها رابه دوسریک مقاومت $1K\Omega$ متصل کنیم، عقربه انحراف نیم- مقیاس خواهد داشت. این انحراف،مقدار۱۰ را برای قرائت نیم- مقیاس به مامی دهد مه با ضرب کردن در۱۰۰،مقدار $1K\Omega$ برای مقاومت مابه دست می آید.

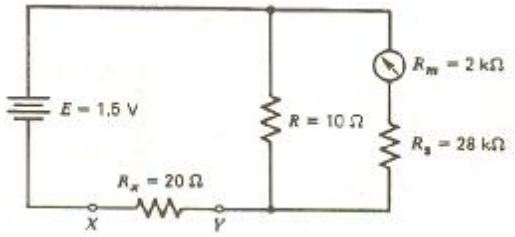
■ مثال۱۴,۲ (الف) درشکل ۲۱,۲، هرگاه یک مقاومت 20Ω درگستره $R\times1$ بین پایانه های X وY اندازه گیری شود، جریان گذرنده ازدستگاه اندازه گیری، I_m ، را به دست آورید.

(ب) نشان دهید که اگریک مقاومت 200Ω درگستره $R\times10$ اندازه گیری شود،همین مقدارجریان ازسنجه می گذرد.

(ج) نشان دهید که اگریک مقاومت $2K\Omega$ درگستره $R\times100$ اندازه گیری

www.powerengineering.blogfa.com

شود، بازهم همین مقدارجریان ازدستگاه می گذرد.



شکل ۲۱,۲ مدارمثال۱۴,۲ درگستره $R\times1$ اهم سنج.

حل.(الف) هرگاه اهم سنج روی گستره $R\times1$ قرارداده شود، مداربه صورت نشان داده شده درشکل۲,۲ است. ولتاژ دوسرمقاومت های موازی به ترتیب زیر محاسبه می شود:

$$V = 1/5V \times \frac{10\Omega}{10\Omega + 20\Omega} = 0/5V$$

جریان گذرنده ازسنجه گردان، مساوی است با:

$$I_m = \frac{0/5V}{30K\Omega} = 16/6mA$$

(ب) هرگاه اهم سنج روی گستره $R\times10$ قرارداده شود، مداربه صورت شکل

۲۲,۲ است. ولتاژدوسرمقاومت های موازی مساوی است با:

$$V = 1/5V \times \frac{100\Omega}{100\Omega + 200\Omega} = 0/5V$$

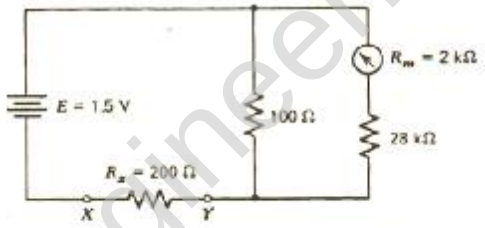
جریان گذرنده ازسنجه گردان،مساوی است با:

www.powerengineering.blogfa.com

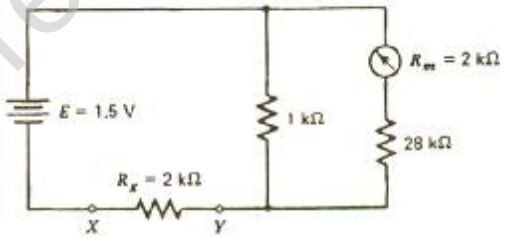
$$I_m = \frac{0/5V}{30K\Omega} = 16/6mA$$

(ج) هرگاه اهم سنج روی گستره $R\times100$ قرارداده شود، مداربه صورت شکل ۲۳,۲ است. ولتاژدو سرمقاومت های موازی،مساوی است با:

$$V = 1/5V \times \frac{1\Omega}{1\Omega + 2\Omega} = 0/5V$$



شکل ۲۲.۲ اهم‌سنج در گستره $R\times10$.



شکل ۲۳,۲ اهم سنج درگستره $R\times100$.

جریان گذرنده ازسنجه گردان به صورت زیرمحاسبه می شود:

$$I_m = \frac{0/5V}{30K\Omega} = 16/6mA$$

www.powerengineering.blogfa.com

چنانکه مشاهده می شود جریان گذرنده ازسنجه گردان درهمه حالات مثال۱۴,۲، همان $16/6mA$ است. این بدان معناست که صفحه دستگاه به ازای۳۳/۲% انحراف تمام- مقیاس، با 20Ω علامت گذاری(مدرّج) شده است.

هرگاه اهم سنج روی گستره $R\times1$ باشدقرائت20Ωضربدر ضریب۱، نشان دهنده آن است که مقاومت مجهول مساوی 20Ω است. هرگاه اهم سنج، روی گستره $R\times10$ باشد، قرائت20Ωضربدرضریب 10، به معنای آن است که مقاومت مجهول مساوی 200Ω است. به طورمشابه، هرگاه اهم سنج،روی گستره $R\times100$ باشد قرائت20Ωضربدرضریب ۱۰۰، بیانگرمقدار$2K\Omega$برای مقاومت مجهول است. نکته مهم آن است که توجه کنیم یک اهم سنج گستره ممکن است برای همه گستره ها، مقیاس یکتا داشته باشد.

۱۱,۲ مالتی متر(چندسنجه)

تاکنون درفصل ۲،آمپرسنج، ولت سنج واهم سنج موردبحث قرار گرفته اند. همه این ابزارها یک چیزمشترک دارند. درهمه آن ها ازسنجه گردان دارسونوال حساس به جریان یکسان، استفاده می شود بنابراین،منطقی به نظرمی رسدکه با آرایش مناسب کلید قطع و وصل، سه مداررا دریک ابزار تنها تلفیق نماییم. مالتی متر(چندسنجه) یاولت- اهم- میلی آمپرسنج(VOm) چنین ابزاری است. این وسیله، یک ابزارسنجش همه منظوره است که مدارهای لازم برای اندازه گیری ولتاژdc یاac، جریان مستقیم ویا مقاومت را داراست.

یک VOm تجاری نوعی باکیفیت آزمایشگاهی، معمولاً بااستفاده ازیک سنجه گردان مقدماتی$50mA$طراحی می شود. سیمپسون، مدل ۲۶۰(نشان داده شده درشکل۲۴,۲) یک VOm همه منظوره نوعی

www.powerengineering.blogfa.com

است. دراین ابزار،ازیک سنجه گردان $50mA$ استفاده می شود وبنابراین درگستره های ولتاژdc، دارای حساسیت است. $20K\Omega/V$ این وسیله قادربه اندازه گیری درگستره بسیاروسیعی است و چنانکه درجدول ۲,۲ ملاحظه می شود، دارای۲۲ گستره برای اندازه گیری ولتاژ،جریان ومقاومت است وگستره های اضافی دیگری نیز برای اندازه گیری ولتاژ خروجی فرکانس صوتی ومیزان صدا دارد.

جدول ۲,۲گستره های اندازه گیری سیمپون،مدل۲۶۰.

جریان مستقیم	$0/50mA,0-1/10/100/500mA,0-10A$
ولتاژdc	$0-250mV,0-2/6/10/50/250/1000/5000V$
ولتاژac	$0-2/5/100/50/250/1000/5000V$
اهم	$R\times1,R\times100,R\times10000$

شکل ۲۴,۲ vom نمونه باکیفیت آزمایشگاهی (سیمپسون،مدل ۲۶۰).

۱۲,۲ کالیبره کردن ابزارهای اندازه گیری DC

اگرچه فنون عملی کالیبره کردن ابزارهایی که ازسنجه گردان دارسونوال استفاده می کنند درفصول بعدی خواهندآمد، امّا ازآنجا که ابزارهای dc رادراین فصل مورد بحث قرارداده ایم، این عنوان رادراینجا معرفی می کنیم.

کالیبره کردن به این معناست که ابزار موردنظرراباید ابزاراستاندارد مقایسه کرده میزان صحّت آن راتعیین کنیم.

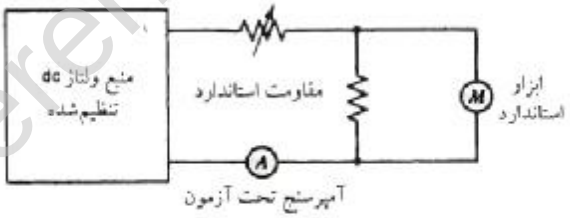
www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

می توانیم ولت سنج dc رابایکی ازاستانداردهای توضیح داده شده دربخش ۵,۱،یابایک پتانسیومتر توصیف شده دربخش ۳,۴ مقایسه کرده آن راکالیبره کنیم. می توان ازمدارنشان داده شده درشکل ۲۵,۲ برای کالیبره کردن ولت سنج dcاستفاده کرد،بدین ترتیب که قرائت ولت سنج آزمون،V، باقرائت ولتاژحاصل ازابزار استاندارد،m،مقایسه می شود.

آمپرسنج dc معمولاً به وسیله یک مقاومت استاندارد R_S ویک ولت سنج استاندارد، یایک پتانسیومتر mکالیبره می شود. می توان ازمدار نشان داده شده درشکل ۲۶,۲ برای کالیبره کردن آمپرسنج استفاده کرد. قرائت آمپرسنج آزمون، A، باجریان محاسبه شده طبق قانون اهم بااستفاده از

شکل ۲۵.۲ مدار کالیبره کردن ولت‌سنج dc.



شکل ۲۶.۲ مدار کالیبره کردن یک آمپرسنج dc.

ولتاژدو سرمقاومت استاندارد معلوم که ولت سنج استانداردm به دست می دهد، مقایسه می شود. مدار اهم سنج طراحی شده برپایه سنجه گردان دارسونوال، معمولاً ابزاری باصحت متوسط تلقّی می گردد. صحّت چنین ابزاری با اندازه گیری چند مقاومت استاندارد متفاوت و توجه به مقادیر قرائت شده ، قابل بررسی است. امّا درصورتی که اندازه

www.powerengineering.blogfa.com

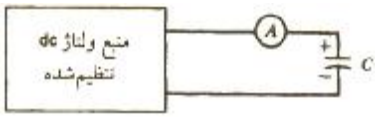
گیری ها دقیق مقاومت ها ضروری باشد، اندازه گیری مقاومت ازنوع مقایسه ای با استفاده ازیک پل، مناسب تر است. (فصل ۵ رادرموردپُل ها ببینید).

۱۳,۲ موارد کاربرد

اساسی ترین کاربردهای ابزارهای اندازه گیری طراحی شده برپایه سنجه گردان دارسونوال، ازنام های این ابزارها، ولت سنج، آمپرسنج و اهم سنج، مشخص می شود. امّا منظور ازاین بخش، نشان دادن برخی کاربردهای این ابزاترهاست که ممکن است کاملاً واضح نباشد. این کاربردها انعطاف پذیری (چندکاره بودن) ابزارها رابه شما نشان می دهند وشما رادرتطبیق ابزارها با نیازهایتان یاری می کنند.

۱,۱۳,۲ آزمونهای نشت خازن های الکترولیتی

ازیک سنجه جریان، می توان برای اندازه گیری جریان نشتی خازن های الکترولیتی استفاده کرد. جریان نشتی به ولتاژنامی خازن و مقدار ظرفیت خازن بستگی دارد. ولتاژ اعمال شده به خازن باید به ولتاژdc نامی خازن نزدیک باشد. پس ازآنکه خازن، تاولتاژمنبع تغذیه پُرشد، درحالت ایده آل، باید گذرجریان متوقف گردد، امّا به دلیل جریان نشتی خازن، جریان کوچکی همچنان باقی می ماند.



شکل۲۷,۲ مداری برای تعیین جریان نشتی یک خازن الکترولیتی.

به دلیل نحوه طراحی خازن های الکترولیتی، این خازن ها جریان نشتی نسبتاً زیادی دارند. علی القاعده،جریان نشتی قابل برای خازن های الکترولیتی، هنگامی که درمدار شکل ۲۷,۲ موردآزمون داقع شوند،عبارت است از:

www.powerengineering.blogfa.com

۱. خازن های باولتاژنامی ۳۰۰V یابیشتر:۰/۵Ma.

۲. خازن های باولتاژنامل۱۰۰V تا۳۰۰V،۰/۲Ma.

۳. خازن های باولتاژنامی کم ترازV۱۰۰: ۰/۱Ma.

۲,۱۳,۲ آزمون های نشت خازن های غیرالکترولیت

ولت سنج را می توان برای وارسی جریان نشتی بین جوشن های خازن های غیرالکترولیت(کاغذ،ترکیب قالب ریزی شده،میکاو. . . .) به کاربرد. نشتی یک خازن رامی توان برحسب مقاومت معادل خازن، تبیین کرد. اگر،همان طورکه درشکل۲,۲۸ نشان داده شده است،یک ولتاژdc به دوسریک مدارسری، شامل خازن مشکوک به نشست ویک ولت سنجdc اعمال کنیم، ولتاژاعمال شده، به نسبت مقاومت معادل خازن(پس ازپرشدن) سری شده بامقاومت ورودی ولت سنج، دردوطرفه این شبکه مقسّم ولتاژ، تقسیم خواهدشد. بنابراین همه ولتاژ اعمال شده دردوسرخازن ظاهر خواهد شد. اگرخازن دارای نشتی باشد، به دلیل گذرجریان، ولتاژی روی ولت سنج خوانده خواهدشد. مقاومت معادلی که خازن ازخود نشان می دهد، به صورت زیر محاسبه می شود.

$$R = R_{in}\frac{E-V}{V}(\Omega) \qquad (۱۵,۲)$$

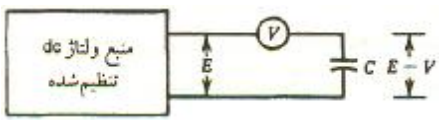
که درآن:

R= مقاومت معادل خازن، Ω

R_{in} = مقاومت ورودی ولت سنج، Ω

E= ولتاژdc اعمال شده،ولت

V= قرائت ولت سنج،ولت



www.powerengineering.blogfa.com

شکل ۲۸,۲ مداری برای تعیین جریان نشتی یک خازن غیرالکترولیت.

مقاومت معادلdc یک خازن غیرالکترولیت،باید ازمرتبه $100\ m\Omega$ یابیشترباشد.

بنابراین اگرمقاومت معادل آن کمترازحدود $80\ m\Omega$ به دست آید، آن خازن باید مظنون تلّقی گردد.

۳,۱۳,۲ استفاده ازاهم سنج جهت وارسی پیوستگی

یکی از کاربردهای مهم اهم سنج، وارسی پیوستگی درمورد اجزایی مثل لامپ یا فیوزبه هنگام رفع عیب است. رشته قطع شده دریک لامپ یایک فیوزسوخته، یک اتصال کلید، یایک سیم پیچ،ممکن است دربازرسی های چشمی،قابل قبول به نظربرسد، امّا واقعاً معیوب باشد. وارسی پیوستگی به وسیله اهم سنج مشخص خواهد کردکه آیا واقعاً "قطعی" وجود داردیاخیر.

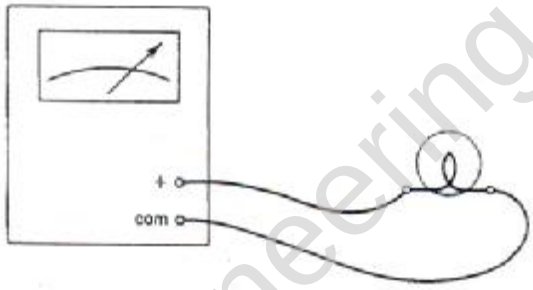
وارسی هخای پیوستگی رامی توان درموردسیم های آزمون، گمانه های اُسیلوسکوپ (نوسان نما)،کابل های هم محور،کابل های چندرشته، سیم های dc و بسیاری وسایل دیگر، اعمال کرد. وارسی پیوستگی به وسیله اهم سنج باتنظیم کلیدمقاومت اهم سنج روی مقیاس مناسب وقراردادن گمانه های آزمون روی دونقطه ای که پیوستگی بین آن ها وارسی می شود،طبق شکل ۲۹,۲، عملی می گردد. قرائت تمام-مقیاس روی اهم سنج نشان دهنده پیوستگی است.

۴,۱۳,۲ استفاده ازاهم سنج برای وارسی دیودهای نیمه رسانا

اهم سنج غالباً برای وارسی سریع دیودهای نیمه رسانا مورداستفاده قرارمی گیرد. غالباً این سوال مطرح می شودکه کدام یک ازپایه های (علامت گذاری نشده) دیود، آند است وکدام یک کاتد. اهم سنج می تواند به راحتی به این

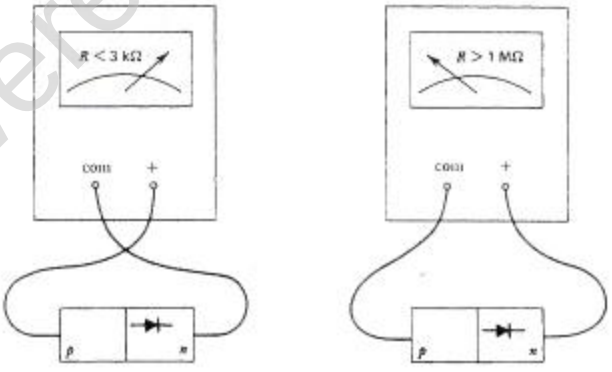
www.powerengineering.blogfa.com

سئوال، پاسخ دهد. اگرسیم مثبت اهم سنج به آند(ماده نوع P) دیود متصل شودوپایانه مشترک اهم سنج به کاتد(ماده نوع n) وصل گردد، اهم سنج باید مقاومت(بایاس) مستقیم نسبتاً کوچکی نشان دهد. اگرسیم های اهم سنج برعکس متصل شوند، اهم سنج بایدمقاومت (بایاس) معکوس بزرگی نشان دهد. این اندازه گیری ها درشکل ۳۰,۲ نشان داده شده اند.این آزمون، یک دیود خوب ویک دیود خراب رانیزازیکدیگرتشخیص می دهد. دریک دیودسالم،نسبت مقاومت معکوس به مقاومت مستقیم،بزرگ است،درحالی که دریک دیود معیوب، این نسبت، کوچک است.



شکل ۲۹.۲ وارسی پیوستگی در مورد رشتهٔ لامپ.

شکل ۲۹,۲ وارسی پیوستگی درموردرشته لامپ.



شکل ۳۰.۲ وارسی یک دیود نیمه‌رسانا در شرایط بایاس مستقیم و معکوس.

شکل۳۰,۲وارسی یک دیودنیمه رسانادرشرایط بایاس مستقیم ومعکوس

۱۴,۲خلاصه

www.powerengineering.blogfa.com

سنجه گردان دارسونوال مقدماتی، یک دستگاه حساس به جریان است که به طورمستقیم تنها قادربه اندازه گیری جریان بسیار کوچک است. میزان مفیدبودن وسیله به عنوان یک دستگاه اندازه گیری، به طرز قابل ملاحضه ای بامدارهای خارجی مناسب افزایش می یابد. جریان های بزرگ با اضافه کردن شنت ها قابل اندازه گیری می شوند. ولتاژها با اضافه کردن ضرب کننده هاقابل اندازه گیری هستند.مقاومت رانیز با اضافه کردن یک باتری ویک شبکه مقاومت، می توان اندازه گرفت.

همه آمپرسنج ها و ولت سنج ها درهرمدارموردانـدازه گیری، مقداری خطا خواهند داشت زیرا سنجه،بااستفاده ازیک ولت سنج باحساسیت $20K\Omega/V$یا بیش تر،کم می شود. اغلب مالتی متر(چندسنجه) های تجاری با کیفیت آزمایشگاهی دارای این مقدارحساسیت یابیش ترازآن هستند.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق

www.powerengineering.blogfa.com