l

آزمایشگاه فیزیک پایه 2

گزارش کار آزمایش شماره 1

« مقاومت اهمی »

گروه 5

محمدرضا مهدیه

تاریخ آزمایش : 29/8/1390

تاریخ تحویل گزارش کار: 20/9/1390

استاد: آقای علی محمد نیکو

تئوری آزمایش:

**قانون اُهم که به نام کاشف آن [جرج اهم](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D8%B1%D8%AC_%D8%A7%D9%87%D9%85" \o "جرج اهم) نام گذاری شده‌است، بیان می‌دارد که نسبت اختلاف پتانسیل (یا افت ولتاژ) بین دو سر یک هادی (و مقاومت) به جریان عبور کننده از آن به شرطی که دما ثابت بماند، مقدار ثابتی است:**

**\frac{V}{I}=R**

**که در آن V ولتاژ و I جریان است. این معادله منجر به یک ثابت نسبی R می‌شود که مقاومت الکتریکی آن وسیله نامیده می‌شود. این قانون تنها برای مقاومتهایی صادق است که مقاومت شان به [ولتاژ](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%88%D9%84%D8%AA%D8%A7%DA%98" \o "ولتاژ) اعمالی دو سرشان وابسته نباشد که به این مقاومت‌ها مقاومت‌های اهمی یا ایده آل یا وسیله‌های اهمی گفته می‌شود. خوشبختانه شرایطی که در آن قانون اهم صادق است، بسیار عمومی است.(قانون اهم هیچگاه برای ابزارهای دنیای واقعی کاملاً دقیق نیست چرا که هیچ ابزار واقعی وجود ندارد که یک ابزار اهمی باشد). معادله V / I = R حتی برای ابزارهای غیر اهمی هم صادق است اما در آن صورت دیگر مقاومت R یک مقدار ثابت نیست و به مقدار V وابسته‌است. برای اینکه بررسی کنیم که آیا ابزاری اهمی است یا نه، می‌توان V را بر حسب I رسم کرد و نمودار بدست آمده را با خط مستقیمی که از مبدا می‌گذرد مقایسه کرد. معادله قانون اهم اغلب بصورت:**

**V = I \cdot R**

**بیان می‌شود چرا که این معادله صورتی است که اکثر اوقات همراه مقاومت‌ها بکار برده می‌شود. فیزیکدانان اغلب فرم میکروسکوپیک قانون اهم را استفاده می‌کنند:**

**\mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E}**

**که در آن j** [**چگالی جریان**](http://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%86%DA%AF%D8%A7%D9%84%DB%8C_%D8%AC%D8%B1%DB%8C%D8%A7%D9%86) **(جریان عبوری از واحد حجم)، & هدایت و E** [**میدان الکتریکی**](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%DB%8C%D8%AF%D8%A7%D9%86_%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C) **است. و در واقع فرمی است که اهم قانونش را بیان کرد. فرم عمومی V = I\cdot Rکه در طراحی مدارات بکار می‌رود، نسخه ماکروسکوپیک متوسط گیری شده فرم اصلی است. دانستن این مطلب مهم است که قانون اهم یک قانون گرفته شده از ریاضیات نیست ولی بخوبی توسط شواهد تجربی تایید می‌شود. گاهی اوقات هم قانون اهم به هم می‌خورد چرا که این قانون بسیار ساده سازی شده‌است. منشا اصلی به وجود آمدن مقاومت در مواد در برابر جریان الکتریکی را می‌توان عیب‌ها، ناخالصی‌های مواد و این واقعیت که الکترون‌ها خودشان اتم‌ها را به این طرف و آن طرف می‌زنند، دانست. وقتی که دمای فلز افزایش می‌یابد، عامل سوم نیز افزایش می‌یابد بنابراین، وقتی که یک جسم به علت عبور جریان الکتریکی از آن گرم می‌شود، مانند رشته داخل [حباب](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%A8%D8%A7%D8%A8" \o "حباب) لامپ، مقاومتش افزایش می‌یابد. مقاومت یک جسم از معادله زیر بدست می‌آید:**

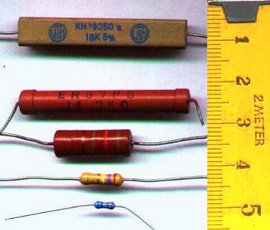
**R = \frac{L}{A} \cdot \rho = \frac{L}{A} \cdot \rho_0 (\alpha (T - T_0) + 1**

**که در آن ρ0 مقاومت ویژه، Lطول جسم هادی، A مساحت سطح مقطع آن، T دمای جسم، T0 یک دمای مرجع (معمولاً دمای اتاق) و α ثابت ویژه ماده جسم هادی اند.**

**رابطه با هدایت گرما**

**معادله انتشار الکتریسته که بر اساس اصول اهم بیان شده‌است، مشابه معادله [ژوزف فوریه](http://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%98%D9%88%D8%B2%D9%81_%D9%81%D9%88%D8%B1%DB%8C%D9%87" \o "ژوزف فوریه) برای انتشار گرما است و اگر ما در روش حل فوریر یک مساله هدایت گرمایی واژه دما را به پتانسیل الکتریکی تغییر داده و جریان الکتریکی را به جای شار گرمایی بکار ببریم، در آنصورت ما دارای روش حل فوریر مساله مشابه برای هدایت الکتریکی خواهیم بود. پایه کار فوریر ایده و تعریف واضح او از هدایت بود. اما امر این شامل فرضی است که بی تردید برای گرادیان‌های دمای کوچک درست است. فرض در نظر گرفته شده این است که اگر تمامی متغیرها ثابت باشند، شار آزمایش‌های مربوط به گرما به شدت متناسب با گرادیان دما است. فرض کاملاً مشابهی هم در بیان قانون اهم گذاشته شده که اگر مابقی متغیرها یکسان در نظر گرفته شوند، قدرت جریان در هر نقطه متناسب با [گرادیان](http://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%AF%D8%B1%D8%A7%D8%AF%DB%8C%D8%A7%D9%86" \o "گرادیان) پتانسیل الکتریکی است. با روش‌های پیشرفته موجود، بررسی دقت این فرض در الکتریسته از آزمایش‌های مربوط به گرما بسیار آسانتر است.**

**مقاومت الکتریکی**

**یک مقاومت ایده‌ال عنصری است با یک مقاومت الکتریکی که صرفنظر از** [**ولتاژ**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%88%D9%84%D8%AA%D8%A7%DA%98) **اعمالی به دو سرش یا** [**جریان الکتریکی**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AC%D8%B1%DB%8C%D8%A7%D9%86+%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C) **عبوری از آن ، ثابت می‌ماند. اما بدلیل اینکه مقاومتهای جهان واقعی نمی‌توانند این شرایط ایده‌ال را برآورده سازند، آنها را بگونه‌ای طراحی می‌کنند که در برابر تغییرات** [**دما**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AF%D9%85%D8%A7) **و دیگر عوامل محیطی ، نوسانات کمی در مقاومت الکتریکی شان ایجاد شود. مقاومتها ممکن است که ثابت یا متغییر باشند. مقاومتهای متغیر** [**پتانسیومتر**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%BE%D8%AA%D8%A7%D9%86%D8%B3%DB%8C%D9%88%D9%85%D8%AA%D8%B1) **یا رئوستا نیز خوانده می‌شوند و این اجازه را می‌دهند که مقاومت وسیله توسط تنظیم یک میله یا لغزش یک ابزار کنترلی ، تغییر کند.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | |  | |

**برخی از مقاومتها بلند و نازک هستند و ماده مقاوم حقیقی در وسط آنها قرار دارد و یک پایه هادی در هر انتهای آن نصب شده است. به این مقاومت بسته محوری گفته می‌شود. تصویر سمت راست یک ردیف از مقاومتهایی را نشان می‌دهد که عموما در یک بسته بندی قرار داده می‌شوند. مقاومتهای استفاده شده در کامپیوترها و دیگر وسایل ، نوعا خیلی کوچکتراند و اغلب در بسته‌های با پایه سطحی (فن آوری پایه سطحی) بدون سیمهای رابط بکار می‌روند. مقاومتهای با توان بالاتر را در بسته‌های محکمتری قرار می‌دهند و بگونه‌ای طراحی شده‌اند که گرما را بطور موثری از بین ببرند، اما تمامی آنها دارای همان ساختار قبلی مقاومتها هستند.  
  
مقاومتها به عنوان بخشی از شبکه‌های الکتریکی بکار می‌روند و در علم میکرو الکترونیک و ابزارهای نیمه هادی شرکت دارند. اندازه گیری دقیق یک مقاومت بصورت نسبت ولتاژ به** [**جریان**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AC%D8%B1%DB%8C%D8%A7%D9%86+%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C) **است و واحد آن در دستگاه SI، اهم است. یک عنصر دارای مقاومت 1 اهم است اگر یک ولتاژ 1 ولتی دو سر عنصر منجر به یک جریان 1 آمپر شود که معادل جریان یک کولمب بار الکتریکی (تقریبا 6.242506 X 10 18 الکترون) در ثانیه در جهت مخالف است.**

**یک جسم فیزیکی نوعی مقاومت است. اکثر فلزات، مواد هادی هستند و در برابر جریان الکتریسته مقاومت کمی دارند. بدن انسان ، یک تکه** [**پلاستیک**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D8%AA%DB%8C%DA%A9) **، یا حتی یک خلا دارای مقاومتهایی هستند که قابل اندازه گیری است. موادی که دارای مقاومتهای بسیار بالایی هستند** [**عایق**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%D9%88%D8%A7%D8%AF+%D8%B9%D8%A7%DB%8C%D9%82) **نامیده می‌شوند.**

|  |
| --- |
|  |

**رابطه بین ولتاژ ، جریان و مقاومت در یک جسم توسط یک معادله ساده که از** [**قانون اهم**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%82%D8%A7%D9%86%D9%88%D9%86+%D8%A7%D9%87%D9%85) **گرفته شده و اغلب ب ا آن اشتباه می‌شود، بیان می‌شود:**

**V = IR**

**که در آن V ولتاژ دو سر مقاومت بر حسب ولت ، I جریان عبور کننده از مقاومت بر حسب آمپر و R مقدار مقاومت بر حسب اهم است. اگر V و I دارای یک رابطه خطی باشند که به مفهوم ثابت بودن R در یک محدوده است، آنگاه این ماده در آن محدوده اهمی خوانده می‌شود. یک مقاومت ایده آل دارای مقاومت ثابت در تمامی** [**فرکانسها**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%81%D8%B1%DA%A9%D8%A7%D9%86%D8%B3) **و مقادیر ولتاژ و جریان است. مواد ابر رسانا در دماهای بسیار پایین دارای مقاومت صفر هستند. عایقها ( نظیر آزمایشهای مربوط به هوا ،** [**الماس**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A7%D8%B3) **، یا مواد غیر هادی) ممکن است دارای مقاومتهایی بسیار بالا (اما نه بینهایت) باشند. لکن تحت ولتاژهای به میزان کافی زیاد، دچار شکست می شوند و جریان بزرگی را از خود عبور می‌دهند.**

**مقاومت یک عنصر را می‌توان از مشخصه‌های فیزیکی آن محاسبه کرد. مقاومت با طول عنصر و مقاومت ویژه(یک خاصیت فیزیکی ماده) آن بطور مستقیم متناسب است و با سطح مقطع آن رابطه عکس دارد. معادله محاسبه مقاومت یک بخش ماده مانند زیر است:**

**R = ρL/A**

**که در آن ρ مقاومت ویژه ماده ، L طول و A مساحت سطح مقطع است. این معادله را می‌توان برای موادی که از نظر شکل پیچیده‌ترند، بصورت انتگرالی نیز نوشت. اما این فرمول ساده برای سیمهای استوانه‌ای و اغلب هادیهای عمومی قابل استفاده است. این مقدار می‌تواند در فرکانسهای بالا به علت اثر پوستی ، که سطح مقطع در دسترس را کاهش می‌دهد، تغییر کند. مقاومتهای استاندارد را در مقادیری از چند میلی اهم تا حدود یک گیگا اهم به فروش می‌رسانند. تنها محدوده مشخصی از مقادیر که مقادیر ترجیح داده شده نام دارند در دسترس هستند.در عمل ، اجزای گسسته فروخته شده به عنوان مقاومت ، یک مقاومت کامل آنگونه که در بالا تعریف شد، نیستند. مقاومتها معمولا توسط خطایشان (حداکثر تغییرات مورد انتظار نسبت به مقاومت مشخص شده) بیان می‌شوند. در یک مقاومت با رنگ کد گذاری شده باند منتهی الیه سمت راست. اگر به رنگ نقره‌ای باشد خطای 10 درصد ، اگر به رنگ طلایی باشد خطای 5 درصد ، اگر به رنگ قرمز باشد خطای 2 درصد و اگر به رنگ قهوه‌ای باشد خطای 1 درصد را نشان می‌دهد. مقاومتهای با خطای کمتر هم وجود دارند که مقاومتهای دقیق خوانده می‌شوند.**

**یک مقاومت دارای حداکثر ولتاژ و جریانی است که فراتر از آنها ، مقاومت ممکن است تغییر کند (در بعضی موارد به شدت) یا از نظر فیزیکی از بین برود (برای مثال بسوزد). اگر چه که برخی از مقاومتها دارای ولتاژ و جریان نامی‌اند، اغلب آنها توسط یک توان فیزیکی حداکثر که توسط اندازه فیزیکی تعیین می‌شود، ارزیابی می‌شوند. عموما توان نامی برای مقاومتهای کامپوزیت کربن و مقاومتهای ورقه فلزی 1.8 وات ، 1.4 وات و 1.2 وات است. مقاومتهای ورق فلزی نسبت به مقاومتهای کربنی در برابر تغییرات دما و گذر زمان پایدارترند.مقاومتهای بزرگتر قادرند که گرمای بیشتری را بدلیل سطح وسیعترشان از بین ببرند. مقاومتهای سیم پیچی شده و پر شده با شن هنگامی بکار می‌روند که توان نامی بالاتری مانند 20 وات مورد نیاز باشد. بعلاوه تمامی مقاومتهای حقیقی کمی خواص** [**سلفی**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D9%84%D9%81) **و** [**خازنی**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AE%D8%A7%D8%B2%D9%86) **از خود نشان می‌دهند که رفتار دینامیکی مقاومت ، ناشی از معادله ایده آل آن را تغییر می‌دهد. هر کدام از مقاومتهای یک ساختار مداری سری و موازی دارای اختلاف پتانسیل (ولتاژ) یکسان هستند. برای محاسبه مقاومت معادل کل آنها:**

**Req-1 = 1/R1 + 1/R2 + … + 1/Rn**

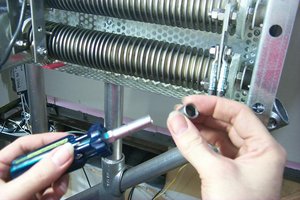
**خاصیت موازی بودن را می‌توان برای ساده سازی معادله ، با دو خط موازی (مانند هندسه) در معادلات نمایش داد. برای دو مقاومت موازی داریم:**

**(Req = R1R2/(R1 + R2**

**جریان هر مقاومت در مدارهای سری و موازی ثابت است، اما ولتاژ در طول هر مقاومت ممکن است متفاوت باشد. مجموع اختلاف پتانسیلها (ولتاژ) برابر ولتاژ کلی است. برای محاسبه مقاومت کلی آنها:**

**R = R1 + R2 + … + Rn**

**یک شبکه مقاومتی که ترکیبی از مدارهای سری و موازی است را می‌توان به اجزا کوچکتری تجزیه کرد که یکسان یا غیر یکسانند. برای مثال:**

**Req = R1R2/(R1 + R2) + R3**

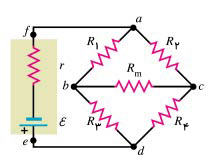
|  |
| --- |
|  |

**مقاومتهای متغیر**

**مقاومت متغیر مقاومتی است که مقدارش می‌تواند توسط یک حرکت مکانیکی تعیین شود، برای مثال توسط دست تنظیم شود. مقاومتهای متغیر می‌توانند از نوع ارزان و تک دور یا از نوع چند دور با یک عنصر مارپیچی باشند. برخی از آنها حتی دارای نمایشگر مکانیکی تعداد دور نیز هستند. بطور سنتی مقاومتهای متغیر نامطمئن بوده‌اند، چرا که سیم یا فلز خورده یا فرسوده می‌شوند. (یک روش دیگر کنترل که در واقع یک مقاومت نیست اما شبیه آن عمل می‌کند، شامل یک سیستم سنسور فتو الکتریک است که چگالی نوری یک ورقه را اندازه می‌گیرد. بدلیل اینکه سنسور ورقه را لمس نمی‌کند، پوسیدگی رخ نمی‌دهد.**

**یک پتانسیومتر نوعی از مقاومتهای متغییر است که بسیار عام است. یکی از استفاده‌های عمومی آن به عنوان کنترل صدا در تقویت کننده‌های صوتی است. یک واریستور اکسید فلزی ، یا MOV نوع بخصوصی از مقاومت است که دارای دو مقدار مقاومت بسیارمتفاوت است، یک مقاومت بسیار بالا در ولتاژ پایین (زیر ولتاژ راه انداز) و یک مقاومت بسیار کم در ولتاژ بالا (بالاتر از ولتاژ راه انداز). این نوع از مقاومت معمولا برای حفاظت اتصال کوتاه در برقگیر تیر برق خیابانها یا به عنوان یک اسنابر استفاده می‌‌‌شود. یک مقاومت با ضریب دمایی مثبت/PTC یک مقاومت وابسته به دما است که دارای یک ضریب دمایی مثبت است.وقتی که دما افزایش می‌یابد، مقاومت هم زیاد می‌شود. PTC ها اغلب در** [**تلویزیونها**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AA%D9%84%D9%88%DB%8C%D8%B2%DB%8C%D9%88%D9%86) **بصورت سری با سیم پیچ دمغناطیس کننده یافت می‌شوند که یک جرقه جریان کوتاه را از طریق سیم پیچ در هنگام روشن کردن تلویزیون ایجاد می‌کند. یک نسخه تخصصی یک PTC چند سوییچ است که مانند یک** [**فیوز**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%81%DB%8C%D9%88%D8%B2) **خود تعمیر عمل می‌کند. یک مقاومت با ضریب دمایی منفی/NTC نیز یک مقاومت وابسته به دماست، اما دارای یک ضریب دمایی منفی است. وقتی که دما افزایش می‌یابد مقاومت NTC کاهش می‌یابد. NTC ها عموما در آشکار سازهای دمای ساده و در ابزارهای** [**اندازه گیری**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D9%86%D8%AF%D8%A7%D8%B2%D9%87+%DA%AF%DB%8C%D8%B1%DB%8C) **بکار می‌روند.**

**پل وتستون (Wheateston Bridge)**

**آنچه امروزه به نام مدار پل وتستون معروف است، نخستین بار در سال 1833 توسط ساموئل هانتر کریستی (Samuel Hunter Christie) توصیف شد، اما کاربردهای زیاد این مدار توسط کارلز وتستون (Charles Wheateston) اختراع شد، به همین خاطر این مدار عموما به نام پل وتستون معروف شد. امروزه پل وتستون یک روش بسیار درست و حساس برای اندازه گیری دقیق مقادیر مقاومتها می‌‌باشد.**

|  |
| --- |
|  |

**ساختمان مدار پل وتستون**

**همانگونه که در شکل دیده می‌‌شود، مدار پل وتستون از چهار [مقاومت](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%88%D9%85%D8%AA+%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C" \o "مقاومت الکتریکی) R4 , R3 , R2 , R1 تشکیل شده است. اساس کار مدار پل وتستون اینگونه است که [ولتاژ](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%BE%D8%AA%D8%A7%D9%86%D8%B3%DB%8C%D9%84+%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C" \o "پتانسیل الکتریکی) ورودی به دو قسمت تقسیم می‌‌شود. [جریان](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AC%D8%B1%DB%8C%D8%A7%D9%86+%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C" \o "جریان الکتریکی) خروجی از هر دو ولتاژ تقسیم شده ، تشکیل می‌‌گردد. در فرم کلاسیک مدار پل وتستون یک [گالوانومتر](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%AF%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%A7%D9%86%D9%88%D9%85%D8%AA%D8%B1" \o "گالوانومتر) (ماده بسیار حساس به جریان مستقیم) در بین ورودی و خروجی ولتاژ نصب می‌‌شود.اگر ولتاژ تقسیم شده به گونه‌ای باشد که دقیقا نسبت R2 = R3R4/R1 برقرار باشد، در این صورت گفته می‌‌شود که پل در حالت تعادل است. در این صورت گالوانومتر هیچ جریانی را نشان نمی‌‌دهد. اگر چنانچه یکی از مقاومتها ، حتی به اندازه بسیار کوچک ، تغییر کنند، در این صورت تعادل به هم خورده و عقربه گالوانومتر جریانی را نشان می‌‌دهد. پس گالوانومتر مقیاسی برای نشان دادن شرط تعادل است.**

**طرز کار پل وتستون**

**فرض کنید یک ولتاژ dc به اندازه E به مدار پل اعمال شود. در اینجا نیز یک گالوانومتر برای نشان دادن شرط تعادل بین دو نقطه ولتاژ ورودی و خروجی نصب شده است. مقادیر مقاومتهای R1 و R3 دقیقا معلوم هستند، اما R2 یک مقاومت متغیر است که به راحتی قابل تغییر است. بجای R4 یک مقاومت مجهول که آن را با Rx نشان می‌‌دهیم، قرار داده شده است. ولتاژ E اعمال می‌‌شود و مقاومت متغیر R2 به گونه‌ای تنظیم می‌‌شود که گالوانومتر جریانی را نشان ندهد.بنابراین با توجه به اینکه مقادیر مقاومتهای R\_1 و R\_3 معلوم هستند و R2 را نیز خودمان تغییر داده‌ایم، لذا از رابطه Rx = R2R3/R1 مقدار مقاومت مجهول تعیین می‌‌شود. در صورتی که هر چهار مقاومت یکسان باشند، مدار خیلی حساس خواهد بود. در هر صورت مدار پل و تستون در هر حالت بسیار عالی کار می‌‌کند.**

**کاربرد مدار پل وتستون**

**پل وتستون دارای کاربردهای بسیار زیادی است و آوردن تمام کاربردهای آن در یک نوشته کوتاه مقدور نیست. بنابراین تنها به چند مورد خاص در اینجا اشاره می‌‌کنیم. کارلز وتستون کاربردهای زیادی از از مدار پل وتستون را خودش اختراع کرد و کاربردهای دیگری نیز بعد از او توسعه یافته‌اند. امروزه یکی از کاربردهای عمومی ‌مدار پل وتستون در صنعت استفاده از آن در حسگرهای بسیار حساس است.در این دستگاه‌ها مقاومت درونی بر اساس سطح یعنی از کرنش (یا [فشار](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%81%D8%B4%D8%A7%D8%B1" \o "فشار) یا [دما](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AF%D9%85%D8%A7" \o "دما) و ...) تغییر می‌‌کند و به عنوان مقاومت نامعلوم Rx عمل می‌‌کند. همچنین به جای این که با تغییر دادن مقاومت R2 در مدار تعادل ایجاد شود، به عوض گالوانومتر از مداری که می‌‌تواند میزان عدم تعادل در پل را بر اساس تغییر کرنش یا شرایط دیگر اعمال شده بر حسگر کالیبره کند، استفاده می‌‌شود. دومین کاربرد مدار پل وتستون ، استفاده از آن در نیروگاه‌های الکتریکی برای توزیع دقیق خطوط قدرت است. روشی که بسیار سریع و دقیق بوده و نیاز به تعداد زیادی تکنسین در زمینه‌های مختلف ندارد.**

وسایل مورد نیاز:

**صفحه مدار، مقاومتهای 47، 100، 150 و 470 اهم و 1 کیلو اهم، پتانسیو متر 220 اهم، سیم های یک متری کنستانتین 0.5 وکنستانتین 0.35 و نیکل – کروم و برنج و آهن، منبع تغذیه ، مولتی متر و اتصالات رابط.**

روش عملی آزمایش:

**قسمت1)قانون اهم:**

**مداری مطابق شکل که در دستور کار آمده بسته شد سپس ولتاژ 2 ولت به آن اعمال شد سپس ولتاژ و شدت جریان آن به کمک مولتی متر اندازه گیری ودر جدول (1) ثبت شد. سپس این مراحل برای چهار مرتبه دیگر انجام شد و در هر مرتبه به ولتاژ دو واحد اضافه شد و مجدداً اطلاعت در همان جدول ثبت شد و نمودار ولتاژ بر حسب جریان رسم و در انتها ضمیمه شد.**

**قسمت 2)تعیین بستگی مقاومت سیم و مشخصات آن:**

**یک متر از سیم کنستانتین به قطر 0.5 را در مدار شکلی که در در دتور کار آمده به جای مقاومت R قرار داده شد و با یک مقاومتا 100 اهمی به صورت سری بسته شد و ولتاژ ده ولت به آنها اعمال شد حال ولتاژ دو سر سیم و جریان عبوری از مدار اندازه گیری و در جدول (2) یادداشت شد.هریک این اندازه گیری ها را برای کنستانتین 0.35 و نیکل – کروم 0.5 و برنج 0.5و آهن 0.5 نیز اندازه گیری وثبت شد.با توجه به تفاوت دو سیم کنتانتین در قطرشان می توانیم تفاوت مقادیر را همانطور که در قسمت محاسبات آمده توجیه کرد.**

**قسمت3) مقاومت معادل:**

**مداری مطابق شکل در دستور کار بسته شد و ولتاژ 10 ولت به آن اعمال شد و جریان عبوری کل را به کمک مولتی متر اندازه گیری و در جدول (3) ثبت شد و مقدار مقاومت معادل آن را حساب کردیم و سپس با مقدار تئوری که از محاسبات بدست آمد مقایسه و در قسمت محاسبات یادداشت گردیدو درصد خطای آن نیز محاسبه شد.**

**قسمت 4) مدار مقسم ولتاژ:مداری مطابق شکل در دستور کار بسته شد و سپس به آن منبع 15 ولت اعمال شد وسپس جریان مدار و ولتاژ دو سر منبع و دو سر هر یک از مقاومت ها به طور جداگانه اندازه گیری شد و در جدول (4) یادداشت گردید. ومقادیر ولتاژها به صورت تئوری نیز محاسبه شد و با مقدار عملی مقایسه شد.**

**قسمت 5) پل وتستون:**

**مداری مطابق شکل در دستور کار بسته شد . پتانسویمتر در وسط مدار مطابق شکل بسته شد به گونه ای که پایه متحرک آن روی یک سیم نیکل – روی قرار گرفت و با توجه به مقادیر آمپر سنج آنقدر محل اتصال جابه جا شد تا جریان آن برابر صفر شود پس مدار وسطی حذف خواهد شد و با توجه به اینکه در این حالت حاصل ضرب مقاوامت های روبرو باهم با هم برابر هستند می توان مقدار مقاومت مجهول را محاسبه کرد.**

جداول:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **10** | **8** | **6** | **4** | **2** | **V(v)** |
| **21.6** | **16.82** | **12.58** | **8.40** | **4.22** | **I(mA)** |
| **9.95** | **7.82** | **5.84** | **3.90** | **1.97** | **ولتاژ مولتی متر** |

**جدول (1)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نوع سیم** | **قطر** | **طول(متر)** | **V(v)** | **I(mA)** | **R(Ω)** |
| **کنستانتین** | **0.5** | **1** | **0.25** | **98.7** | **2.53** |
| **کنستانتین** | **0.35** | **1** | **1.39** | **83.8** | **16.58** |
| **نیکل-کروم** | **0.5** | **1** | **0.54** | **95.9** | **5.63** |
| **برنج** | **0.5** | **1** | **0.04** | **101.00** | **0.39** |
| **آهن** | **0.2** | **1** | **0.41** | **97.2** | **4.21** |

**جدول(2)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **R(equ)** | **I(mA)** | **V(v)** |
| **148.148** | **67.5** | **10** |

**جدول (3)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **E(v)** | **I(mA)** | **V2** | **V1** |
| **15** | **60.5** | **8.96** | **5.95** |

**جدول(4)**

محاسبات:

قسمت1)

**خطای دستگاه ولتمتر و میلی آمپر متر هردو برابر 0.1 می باشد. حال داریم:**

**شیب خط کمترین شیب :**

**شیب خط بهترین شیب :**

**شیب خط بیشترین شیب :**

**با توجه به نمودار مشخص است که I با V نسبت مستقیم دارد و مقدار شیب آن برابر عکس مقاومت است.**

**قسمت 2)**

**با توجه به رابطه وبا توجه به اینکه در دو ردیف اول جدول جنس و طول دوسیم برابر است و تنها تفاوت در مساحت آنهاست می بینیم که با کاهش مساحت سطح مقدار مقاومت بدست آمده افزایش می یابد یعنی مقاومت با مساحت سطح آن رابطه عکس دارد که همان اثبات رابطه ذکر شده می باشد.**

**مقاومت مخصوص کنستانتین 0.35 و کنستانتین 0.5 و نیکل – کروم 0.5**

**قسمت 3)**

**برای محاسبه مقدار معادل از مقدار عملی داریم:**

**محاسبه تئوری مقاومت معدل:**

**درصد خطای مقاومت معادل :**

**قسمت 4)**

**برای محاسبه ی تئوری ولتاژ مقاومت ها ابتدا به صورت تئوری جریان را حساب میکنیم البته با توجه به اینکه مقاومت معادل برابر 250 اهم می باشد:**

**در صد خطای ولتاژ مقاومت اول :**

**در صد خطای ولتاژ مقاومت اول :**

**قسمت 5)**

**با توجه به رابطه برای سیم نیکل-روی چون دو عبارت مساحت و مقاومت ویژه برایش ثابت است پس دو مقاومت بوجود آمده از سیم با طول آنها رابطه مستقیم دارد با تو جه به اینکه در پل وتستون همواره حاصل ضرب مقاومتهای روبروی هم با هم برابر اند پس داریم:**

**R\*R2 =RX\*R1 ⇒RX=R(R2/R1)⇒ RX=100(0.24/0.76)=31.5Ω**

پرسش ها :

1. ***قانون اهم را بیان کنید؟***

**قانون اُهم** که به نام کاشف آن [جرج اهم](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D8%B1%D8%AC_%D8%A7%D9%87%D9%85" \o "جرج اهم) نام گذاری شده‌است، بیان می‌دارد که نسبت اختلاف پتانسیل (یا افت ولتاژ) بین دو سر یک هادی (و مقاومت) به جریان عبور کننده از آن به شرطی که دما ثابت بماند، مقدار ثابتی است:

\frac{V}{I}=R

که در آن V ولتاژ و I جریان است. این معادله منجر به یک ثابت نسبی R می‌شود که مقاومت الکتریکی آن وسیله نامیده می‌شود.

1. ***میزان مقاومت چگونه با سطح مقطع یک هادی تغییر می کند؟***

مقاومت با طول عنصر و **مقاومت ویژه**(یک خاصیت فیزیکی ماده) آن بطور مستقیم متناسب است و با سطح مقطع آن رابطه عکس دارد. معادله محاسبه مقاومت یک بخش ماده مانند زیر است:

**R = ρL/A**

که در آن **ρ** مقاومت ویژه ماده ، **L** طول و **A** مساحت سطح مقطع است. پس با توجه به این رابطه با کاهش سطح مقطع مقاومت افزایش می یابد و برعکس.

1. ***در دو مقاومت سری اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت با مقدار مقاومت چه نسبتی دارد؟***

با توجه به رابطه قانون اهم مقدار ولتاژ با اندازه مقاومت و جریان عبوری از آن رابطه مستقیم دارد در این جا چون سری اند پس جریان ثابت است پس هرچه مقاومت بیشتر باشد مقدار ولتاژدو سر آن نیز بیشتر خواهد بود و برعکس.

1. ***در دو مقاومت موازی جریان هر مقاومت با مقدار مقاومت چه نسبتی دارد؟***

در این حالت نیز با استفاده از قانون اهم چون جریان با ولتاژ نسبت مستقیم و با اندازه مقاومت نسبت عکس دارد و در حالت موازی اندازه ولتاژ ها برابر است پس هرچه مقاومت کمتر باشد جریان بیشتری از آن مقاومت عبور خواهد کرد و برعکس.