

الفصل الأول

تدفق التيار المستقر، المقاومات
Flow of steady Current, resistores

الفصل الأول

تدفق التيار المستمر، المقاومات

Flow of steady current, resistors

1 - 1 تدفق التيار المستمر :

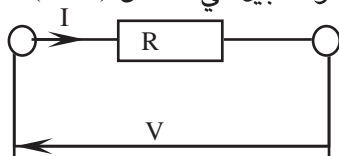
إن عنصر التسخين لسخان كهربائي أو سخانات الماء هي أشياء مألوفة. عادة مثل هذه الاجهزة تغذى بكهربائية ذات تردد قدره، 50 أو 60 هيرتز. لكن في نقاشاتنا الابتدائية نريد تجنب أي تعقيدات ترافق التيار المستمر سنجد لاحقا بأنه في السخانات العملية ليس لتغير الزمن من أهمية.

كيف سنصف التصرف الكهربائي لعنصر التسخين؟ إنه يستخدم لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، لذلك سنحتاج إلى أن نأخذ بنظر الاعتبار الطاقة الكهربائية. إن لهذه الطاقة مفهوميين. اولاً هناك تدفق للتيار الكهربائي، الذي يقاس بالأمبيرات، وثانياً هناك فرق جهد بين نهايتي العنصر، الذي يقاس بالفولت. حاصل ضرب الفولت والامبير هو المعدل الذي تتحول به الطاقة. للتيار المستمر يكون هذا المعدل ثابتاً، بحيث يمكن الحصول على الطاقة بضرب المعدل في الزمن. ان الطاقة تعتمد على مجهز القدرة وعلى تركيب عنصر التسخين. و من المفيد فصل هذين العاملين وعزل مميزات المسخن، الذي بالطبع يمكن ان يشغل من مجهزات قدرة مختلفة. لقد وجد تجريبياً ان التيار والفولتية يتناسبان بشكل عام مع بعضهما، بحيث ان نسبتهما تكون مستقلة عن مجهز القدرة وتعتمد فقط على المسخن. نستطيع ان نكتب.

$$\frac{V}{I} = R \quad (1 - 1)$$

حيث R هي مقاومة العنصر بالأوم. للموصلات الفلزية تكون R مستقلة عن كل من V و I، لكنها تعتمد على درجة الحرارة. مثل هذه الموصلات يقال عنها بأنها تخضع لقانون أوم.

نمثل عنصر التسخين بمخطط الدائرة المبين في الشكل (1 - 1)



الشكل (1 - 1) : مقاوم

الفصل الأول

ليس هناك شك بان كل ما مر سابقاً مألوف للقارئ، الذي ربما يندهش الآن فيما إذا كان هذا الكتاب قد كتب للمبتدئين أم للمتقدمين. إذا ترك النقاش عند هذه المرحلة، سيكون بدايياً حقاً. لكن نريد الان ان نسأل اسئله صعبه لاثبات محدودية تمثيل هذه الدائرة.

1 - 2 المقاومة Resistance

ماذا تقول لنا الخاصية R؟ انها نسبة قياسين خارجيين، هذه النسبة تعامل سخان كشيء مفرد. انها لا تقول لنا أي شيء عن داخل العنصر. لذلك فبإمكاننا ايجاد مقاومة سخان معين، لكن لا يمكننا تصميم سخان، وقبل ان نتمكن من تصميم سخان علينا أن نعرف ما يجري داخله، ومثل هذه المعرفة يمكن ان تنجز اذا فهمنا مبادئ تدفق الكهرباء، واذا تمكنا من تنظيم هذه المبادئ على هيئة عددية ملائمة للحوسبة، وهذه هي نوعية المشكلة التي عينت بواسطة هذا الكتاب.

تأمل أولاً الميكانيكية الفيزيائية لتدفق التيار. من المعروف ان التوصيل في الفلزات هو بسبب حركة الالكترونات التي لها طاقة كافية لأن تتحرك بحرية خلال المادة. داخل الفلز ليس هناك صافي شحنة كهربائية، بحيث ان التيار يتكون من إزاحة نسبية للالكترونات السالبة المتحركة خلال الشبيكة الموجبة الشحنة. ان المقاومة هي بسبب التصادمات بين الالكترونات والشبيكة. هذه التصادمات تسبب اهتزازات الشبيكة وبالتالي تولد حرارة، والاحتفاظ بمرور التيار يتطلب قوة. في النهاية فإن هذه القوة تعزى الى فرق الجهد بين نهايتي العنصر. لكن هذا لم يصف كيف، أو بأي واسطة، تتوزع هذه القوة، لقد بينت التجارب باستخدام موصلات متوازية الجوانب وذات مساحة مقاطع مختلفة واطوال مختلفة ان:-

$$R = \frac{1}{\sigma S} \quad (1.2)$$

حيث I هو الطول و S مساحة المقطع و σ الموصلية. ان هذا يبين، كما هو متوقع، بأن القوة تتوزع بانتظام على طول الموصل، وان التيار منتظم عبر مقطع مثل هذه الموصلات. الصيغة المحلية لقانون أوم يمكن اذن ان تكتب كما يلي:

$$\sigma E = J \quad (1.3)$$

حيث E هو انحدار الجهد، V/I ، و J هو كثافة التيار، I/S . ان كثافة التيار يمكن ان تكتب كما يلي:

تدفق التيار المستقر، المقاومات

$$J = -nev \quad (1.4)$$

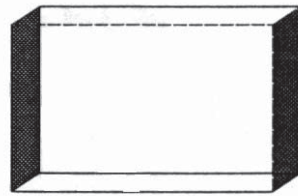
حيث n هو عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجم، e شحنة الالكترون، و v هو معدل سرعة الانسياب، المعادلة (1.3) يمكن الان ان تفسر كنص على ان القوة المحلية تتناسب مع سرعة الانسياب المحلية، وهذا يصف ميكانيكية المعادلة (1.1). نحن الان في موضع نستطيع من خلاله تصميم موصلات ذات مقاومة معينة باستخدام معادلة (1.2). ومع ذلك، فان هذه المعادلة تصح فقط اذا كانت مساحة مقطع الموصل، ثابتة. نحن لا نستطيع لحد الان تصميم موصلات مثل تلك الموضحة في الشكل (1-2). بالطبع نستطيع قياس مقاومتها وتحويل الشكل بواسطة الصواب والخطأ trial & error، لكن ذلك سيكون مكلفاً وغير مقنع.



الشكل (1-2): امثلة من موصلات

3-1 الانابيب والشرائح Tubes and Slices

لفحص مسألة توزيع التيار والفولتية، تأمل موصلات على هيئة كتلة ثابتة السمك. اولاً تأمل الكتلة Block الموضحة في الشكل (1-3).



الشكل (1-3): كتلة موصلة

لنفرض بان التيار يدخل الكتلة عمودياً عند احدى النهايتين المظلتين ويترك الموصل بنفس الكيفية عند الجهة الاخرى. طالما أن قانون أوم (المعادلة 1.3) يتطلب وجود قوة تسويق التيار، فمن الممكن استنتاج بانه ليس هناك قوة على طول الجهة المظلة وبالتالي فان هذه

الفصل الأول

الجهة يجب ان تكون سطحاً متساوي الجهد. كذلك، فطالما ليس هناك تيار يدخل أو يترك الكتلة ما عدا عند النهايتين، فان جميع السطوح الاخرى تقع على طول اتجاه التدفق. لذلك فان شروط الحدود هو ان هذه الكتلة لها سطحين متساويي الجهد تكون دائماً عمودية على اتجاه تدفق التيار. التوصيلات الخارجية يمكن ان تعمل باستخدام صفيحتين جيدتي التوصيل للنهايتين وصفيحة عازلة تلف حول السطوح الاربع الاخرى.

في الموصلات ذات الاشكال الاعتبائية، سنجد بانه من المفيد ادخال تقسيمات ثانوية على الموصل. ان نقاشنا فيما سبق يقترح نوعين من التقسيمات. يمكننا اعتبار اي موصل مفرد كمجموعة من الموصلات على التوازي وسنسمي هذه التقسيمات بانابيب التيار. أو يمكننا اعتبار الموصل الحجمي المفرد كمجموعة من الموصلات علي التوالي. سنسمي هذه التقسيمات بشرائح فرق الجهد. الحدود الداخلية لربط الانبوب الموضح في الشكل (1 - 4) ستكون عبارة عن جلابيب (أنابيب) sleeves عازلة رقيقة جداً والحدود الداخلية لربط الشريحة في الشكل (1 - 5) ستكون صفائح رقيقة ذات موصلية لا نهائية. المقاومة الكلية ، R، للكتلة بدلالة قيم المقاومات المفردة، σr_t ، ستعطي بالعلاقة.

$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{r_t} \quad (1.5)$$

لربط الانبوب وبواسطة

$$R = \sum r_s \quad (1.6)$$

لربط الشريحة. إن كل الموصلات المتوازية لها نفس فرق الجهد بين نهايتيها، وكل الموصلات المتوالية تحمل نفس التيار.

طالما ان اتجاه كثافة التيار معروفة في كل مكان، فنحن نعرف كيف ندخل الجلابيب العازلة في الشكل (1 - 4) و الشرائح الموصلة في الشكل (1 - 5) بحيث لا نزعج التدفق وعليه، فاذا كان هناك عدد m من الانابيب مساحات مقاطعها متساوية فان المعادلة (1.2) يمكن ان تستخدم لكتابة.

$$r_t = \frac{l}{\sigma S / m} = \frac{ml}{\sigma S} \quad (1.7)$$

ان هذه المعادلة تحقق المعادلة (1.5)، طالما ان: