

La loi d'Ohm – En quoi consiste-t-elle ?
Quelles sont les choses à savoir pour un instrumentiste ?

La loi d'Ohm – En quoi consiste-t-elle? Quelles sont les choses à savoir pour un instrumentiste?

Dans ce livre blanc, j'aimerais aborder la loi d'Ohm. Pourquoi, me direz-vous? Parce qu'elle est très utile dans de nombreuses situations de tous les jours, en particulier si vous êtes instrumentiste. En effet, on nous pose beaucoup de questions dont la réponse est simplement dérivée de la loi d'Ohm.

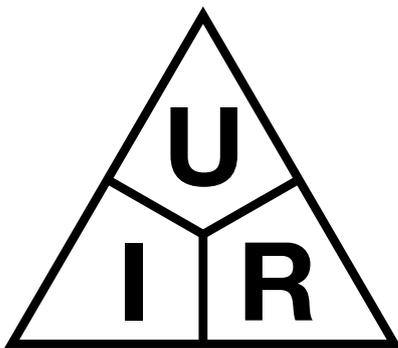
Et bien qu'elle s'appelle «loi d'Ohm», ne vous inquiétez pas, cela n'a rien à voir avec du charabia juridique ennuyeux ;-)

Pour commencer, j'aimerais discuter un petit peu de la partie théorique, puis prendre quelques exemples pratiques d'instrumentation que vous pourrez trouver utiles.

Jetons donc un œil à cette fameuse loi:

Contexte

Commençons par quelques informations nécessaires: c'est en 1827 qu'un physicien allemand nommé Georg Ohm publia cette loi. Il avait découvert que lorsqu'un courant électrique traverse une résistance, l'intensité du courant est proportionnelle à la baisse de tension causée par la résistance et inversement proportionnelle à la résistance de la résistance. Ainsi, la relation entre l'intensité, la résistance et la tension constitue la loi d'Ohm. La loi d'Ohm est souvent présentée sous forme de triangle:



À partir de ce triangle, vous pouvez calculer chaque composante et ainsi obtenir trois formules:

- $R = U / I$
- $I = U / R$
- $U = I \times R$

Où:

- R = Résistance (Ohms)
- U = Tension (Volts)
- I = Intensité (Ampères)

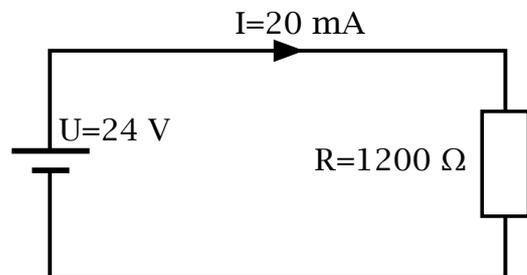
Il arrive aussi parfois qu'on utilise E comme symbole pour

la tension. Notez que, pour réaliser les calculs, il faut convertir les milliampères de l'intensité en ampères.

Notez aussi que, pour que les formules restent simples et lisibles, je n'ai pas toujours utilisé le nombre correct de chiffres significatifs. Vous me pardonnerez, le public visé par ce poste est plutôt celui des techniciens que des mathématiciens...

Exemple simplifié

Jetons un œil au circuit le plus simplifié possible:



Dans l'exemple ci-dessus, nous avons une alimentation électrique de 24 VCC à laquelle nous avons connecté une résistance de 1200 Ω. Un courant d'une intensité de 20 mA (0,02 A) parcourt le circuit. Si nous ajoutons une résistance de 1200 Ω à l'alimentation de 24 V et que nous voulons connaître le courant à travers le circuit, nous pouvons le calculer très facilement grâce à la loi d'Ohm :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24 \text{ V}}{1200 \Omega} = 0.02 \text{ A} (= 20 \text{ mA})$$

Si nous connaissons la tension, qui est de 24 V, et que nous voulons une intensité de 20 mA, nous pouvons calculer la résistance nécessaire:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24 \text{ V}}{0.02 \text{ mA}} = 1200 \Omega$$

Ou si nous avons une résistance de 1200 Ω et que nous voulons un courant d'une intensité de 20 mA, nous pouvons calculer la tension d'alimentation nécessaire:

$$U = I \times R = 0.02 \text{ A} \times 1200 \Omega = 24 \text{ V}$$

Ainsi, si nous avons une alimentation de boucle de 24 V et que nous voulons obtenir une intensité de courant de 4 mA, alors nous devons ajouter plus de résistance:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24 \text{ V}}{0.004 \text{ mA}} = 6000 \Omega$$

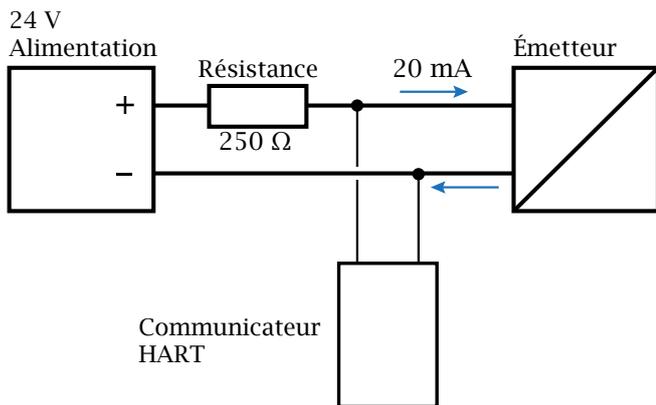
Ainsi, nous avons besoin d'une résistance de 6000 Ω (soit 6 kΩ) pour obtenir une intensité de 4 mA.

Application pratique

Exemple 1

- une impédance HART de 250 Ω.

Nous avons un circuit normal dans lequel l'émetteur est alimenté avec une tension de 24 V et il y a une résistance de 250 Ω installée en série avec l'émetteur pour utiliser le protocole HART:



Quand le courant traverse la résistance de 250 Ω, il y a une baisse de tension, on perd donc des volts. Quelle tension arrivera alors à l'émetteur si l'intensité du courant est de 20 mA? Quand le courant est de 20 mA, nous pouvons alors calculer qu'au niveau de la résistance de 250 Ω, il y aura une baisse de tension de:

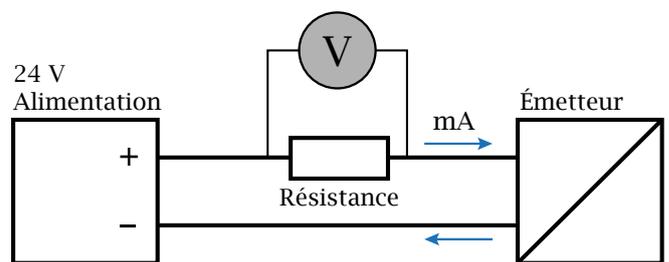
$$U = I \times R = 0.02 \text{ A} \times 250 \Omega = 5 \text{ V}$$

Cela signifie qu'il y a une baisse de tension de 5 V au niveau de la résistance de 250 Ω. Il reste donc seulement 19 V qui atteignent l'émetteur, ce qui est, évidemment suffisant pour que celui-ci fonctionne normalement. Mais si nous avions une alimentation de boucle de tension beaucoup plus faible, disons 17 V, il n'y aurait alors que 12 V qui atteindraient l'émetteur, ce qui constitue son seuil limite de fonctionnement.

Exemple 2

- mesure de l'intensité d'un émetteur avec une résistance en série

Si vous ne voulez pas casser la boucle ou ouvrir le boîtier de l'émetteur pour mesurer son intensité, vous pouvez installer une résistance de précision en série avec l'émetteur et mesurer la baisse de tension induite par la résistance pour calculer l'intensité du courant.



La baisse de tension due à la résistance dépend de la valeur de celle-ci ainsi que de l'intensité du courant qui la traverse. Par exemple, si vous installez une résistance de 100 Ω en série avec l'émetteur, alors la baisse de tension sera:

$$\begin{aligned} \text{À } 4 \text{ mA} &\Rightarrow 0.004 \text{ A} \times 100 \Omega = 0.4 \text{ V} \\ \text{À } 20 \text{ mA} &\Rightarrow 0.02 \text{ A} \times 100 \Omega = 2.0 \text{ V} \end{aligned}$$

Bien évidemment, la résistance doit être très précise et stable, car toute erreur dans la valeur de résistance entraînera une erreur similaire dans le calcul de l'intensité. Plus la résistance est élevée, plus importante est la tension. Il est important de garder à l'esprit que si la résistance est très élevée, cela entraînera une importante chute de tension.

Exemple 3

- impédance d'un ampèremètre en connectant la diode de test d'un émetteur

J'ai déjà abordé ce sujet dans un précédent post de blog. Dans cet exemple, la compréhension de la loi d'Ohm est aussi nécessaire pour bien saisir le problème. Vous trouverez ce post de blog en suivant le lien ci-dessous:

[Mesurer une intensité en utilisant la connexion de test d'un émetteur – l'erreur à éviter!](#)

Exemple 4

- alimentation pour circuit à haute impédance

Il est possible que vous rencontriez un circuit dans lequel

l'instrument possède une impédance interne élevée. Disons que c'est un ancien convertisseur I/P dont l'impédance est de 800Ω . Vous devez générer un signal de 4 à 20 mA pour contrôler le convertisseur. De quelle tension d'alimentation avez-vous besoin pour cela ? Eh bien, pour générer un courant d'une intensité de 20 mA dans ce circuit à 800Ω d'impédance, ou aurait besoin de:

$$U = I \times R = 0.02 \text{ A} \times 800 \Omega = 16 \text{ V}$$

Ainsi, vous aurez besoin d'une alimentation de boucle d'une tension minimum de 16 V.

Exemple 5

- trop d'impédance dans une ligne d'alimentation

Si l'impédance est trop importante dans la ligne alimentant un émetteur, alors l'alimentation de boucle de l'émetteur peut tendre à être trop faible. C'est possible que l'émetteur fonctionne parfaitement avec un signal d'une intensité plus basse, mais s'il doit produire un courant d'une intensité élevée (par exemple, plus de 18 mA), alors la tension chute trop bas et l'émetteur s'éteint. La raison est simple, la chute de tension dans les impédances de connexion augmente quand l'intensité du courant augmente. Parfois, avec un courant de faible intensité, la tension reste acceptable et l'émetteur reçoit alors une tension d'alimentation suffisante ; mais avec un courant d'intensité plus élevée, la chute de tension est trop importante dans les connexions et l'émetteur ne reçoit alors pas assez de tension et s'éteint.

Quand l'émetteur s'éteint, l'intensité chute et la tension d'alimentation réaugmente d'un coup, ce qui permet à l'émetteur de redémarrer et de fonctionner normalement. Ce type d'erreur intermittente est très difficile à détecter.

Exemple 6

- ampèremètre/voltmètre

Rappelez-vous que dans les faits, l'impédance interne d'un ampèremètre n'est pas de zéro ohm, en effet cet appareil possède une certaine impédance interne (de quelques ohms à quelques dizaines d'ohms). Ainsi, dans la pratique, il y aura une certaine chute de tension à l'utilisation d'un ampèremètre.

Un voltmètre, quant à lui, n'a pas une impédance infinie, mais il possède quand même une certaine impédance interne (mégaohms). Ces impédances peuvent avoir des

effets indésirables lorsque vous réalisez vos mesures. Ainsi, le voltmètre va ajouter de la charge au circuit mesuré, bien que cela ne présente un problème que dans certains circuits particulièrement sensibles ou certaines applications. C'est particulièrement important quand vous mesurez un signal avec une tension basse (dizaines ou centaines de millivolts) dans un circuit à forte impédance et que vous avez des exigences d'exactitude élevées (\pm quelques microvolts). Si le voltmètre possède une impédance trop faible, alors la tension mesurée chutera dès que vous connecterez le voltmètre et vous n'obtiendrez pas de résultats exacts. Dans certains cas, connecter un voltmètre avec une impédance interne trop faible peut même provoquer un court-circuit au moment où vous connectez l'appareil de mesure.

Conclusion

La loi d'Ohm est simple et facile à comprendre. Ses applications sont nombreuses si vous travaillez avec des circuits électriques. Elle est aussi souvent très utile dans le domaine de l'instrumentation quand vous travaillez avec une alimentation de boucle, des signaux d'intensité et des impédances. J'espère que ce post est suffisamment clair et pratique pour vous donner quelques conseils utiles dans votre travail.