Droite de charge - Point de fonctionnement

0.12-04

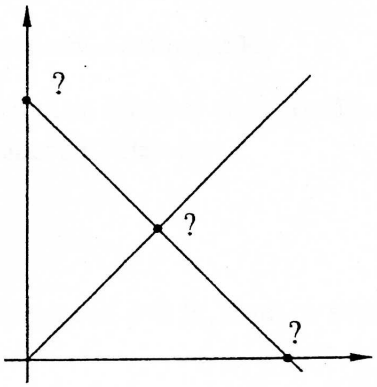
Introduction

Lorsque nous associons un générateur et un récepteur de caractéristiques données, il est intéressant de déterminer les grandeurs courant et tension concernant le récepteur. Au cours de cette séquence, nous vous proposons une méthode graphique qui est très appréciable, surtout pour les récepteurs non linéaires. Cette méthode sera très utile lorsque nous étudierons des composants tels que diodes, transistors, etc...

Sommaire

page

1. Généralités 2
2. Générateurs de tension - Récepteur linéaire 2
3. Générateurs de tension - Récepteur avec f.c.e.m 6
4. Générateur de tension - Récepteur non linéaire 8
5. Exercices à développer 9
6. Synthèse 11
7. Auto-évaluation 13



1. Généralités

L'étude mathématique de l'association des générateurs et des récepteurs permet de calculer le courant, la tension et la puissance dans un circuit.

Au cours de ce qui suit, nous étudierons une autre méthode dite "graphique", c'est-à-dire qu'à partir d'équations simples caractérisant le générateur et le récepteur, nous ***tracerons des graphiques*** qui permettront d'en ***déduire*** le courant et la tension concernant le récepteur. Ces deux grandeurs seront déterminées par ***le point de fonctionnement ou le point de repos.***

Nous envisagerons les 2 cas suivants :

- le récepteur est linéaire ;
- le récepteur est non linéaire.

2. Générateur de tension - Récepteur linéaire

Considérons le schéma de la figure 1, comportant :

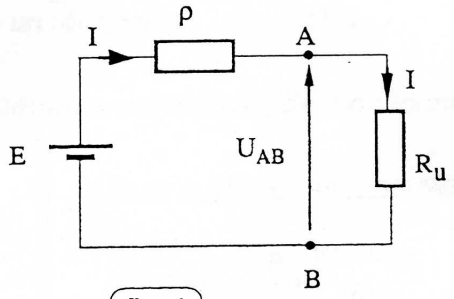


fig. 1

- un générateur défini par E et ρ,
- un récepteur linéaire défini par R_u.

Leur association va entraîner deux grandeurs électriques : le courant et la tension.

• Déterminons une grandeur commune pour le générateur et le récepteur. ρ et R_u étant en série, nous remarquons que le courant I est commun.

Le courant I est commun au générateur et au récepteur.

• Recherchons les équations donnant le courant I, l'une en fonction des paramètres caractérisant le générateur, l'autre en fonction des paramètres caractérisant le récepteur :

- pour le générateur, nous avons :

$$U_{AB} = E - \rho I \qquad \text{d'où} \qquad \boxed{I = \frac{E - U_{AB}}{\rho}}$$

- pour le récepteur, nous avons :

$$U_{AB} = R_u I \qquad \text{d'où} \qquad \boxed{I = \frac{U_{AB}}{R_u}}$$

• Traçons les graphes représentant ces courants en fonction de U_{AB} .

Tracé de $I = \dfrac{E - U_{AB}}{\rho}$

Cette fonction peut se mettre sous la forme :

$I = \dfrac{-U_{AB}}{\rho} + \dfrac{E}{\rho}$. Elle est de la forme y = ax + b

C'est l'équation d'une droite qui caractérise le comportement du générateur. Pour une certaine tension aux bornes du générateur, cette droite, appelée ***droite de charge***, permet de connaître la valeur du courant débité.

Recherchons 2 points pour tracer cette droite.

Pour $U_{AB} = E$ $\quad I = 0$

$U_{AB} = 0$ $\quad I = \dfrac{E}{\rho}$

Ce qui donne le tracé de la figure 2.

Tracé de $I = \dfrac{U_{AB}}{R_u}$ qui est de la forme y = ax

C'est une fonction linéaire de pente $\dfrac{1}{R_u}$ dont le tracé est donné par la figure 2.

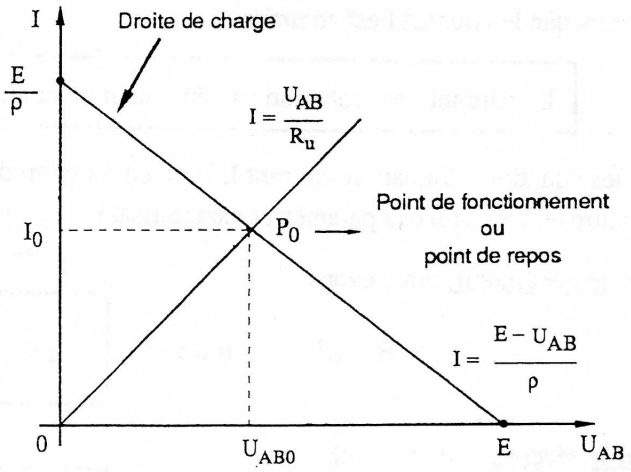


fig. 2

Analysons les graphes de la figure 2.

- Le courant ayant la même valeur pour le générateur et le récepteur, cette condition sera satisfaite sur le graphique au point P_0, qui déterminera la valeur du courant I qui sera égale à I_0 et la valeur de U_{AB} qui sera égale à U_{AB0}.

> P_0 défini par I_0 et U_{AB0} est appelé point de fonctionnement du circuit ou point de repos. Le terme de ***repos*** sera justifié au cours de l'étude des amplificateurs.

2.1 Exercice d'application résolu

Un circuit est défini par les caractéristiques suivantes :

- un générateur : $E = 100\ V$ $\rho = 1\ k\Omega$
- un récepteur : $R_u = 2\ k\Omega$

Déterminons le point de fonctionnement.

- Pour le générateur, nous avons l'équation :

$$I = \frac{E - U_{AB}}{\rho} = \frac{100 - U_{AB}}{1000}$$

pour $U_{AB} = E = 100\ V$ $I = 0$

$U_{AB} = 0$ $I = \frac{100}{1000} = 0{,}1\ A = 100\ mA$

- Pour le récepteur, nous avons l'équation :

$$I = \frac{U_{AB}}{R_u} = \frac{U_{AB}}{2000}$$

pour $U_{AB} = 0$ $I = \frac{0}{2000}$ $I = 0$

$U_{AB} = 100\ V$ $I = \frac{100}{2000}$ $I = 0{,}05\ A = 50\ mA$

3. Générateur de tension - Récepteur avec f.c.e.m.

Considérons le schéma du circuit de la figure 5.

Il comporte :

- un générateur défini par : ρ et E
- un récepteur défini par R_u et E'

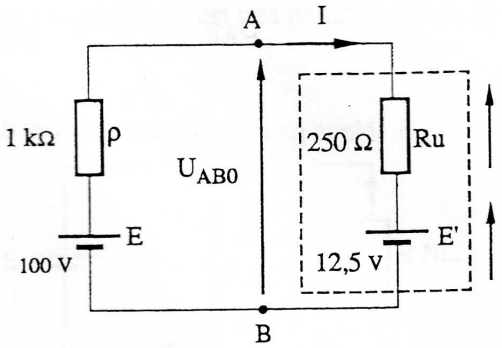


fig. 5

Le problème est de déterminer le point de fonctionnement du circuit, défini par le courant I_0 et la tension U_{AB}, lorsque le générateur et le récepteur sont connectés ensemble.

La marche à suivre étant la même que précédemment, cette méthode se fera à partir d'une application numérique.

- ***Pour le générateur, nous avons :***

$$I = \frac{E - U_{AB}}{\rho} = \frac{100 - U_{AB}}{1000}$$

Déterminons les coordonnées de cette fonction.

pour $U_{AB} = E$ $\qquad I = 0$

$U_{AB} = 0$ $\qquad I = \frac{E}{\rho} = \frac{100}{1000} = 0{,}1\ A\ ,\quad I = 0{,}1\ A$

- ***Pour le récepteur, nous avons :***

En observant la figure 5, et compte tenu du sens arbitraire du courant I indiqué, U_{AB} représente la somme de la tension aux bornes de la résistance R_u et de la f.c.e.m. d'où :

$$U_{AB} = R_u I + E' \qquad \boxed{I = \frac{U_{AB} - E'}{R_u}}$$

$$I = \frac{U_{AB} - 12{,}5}{250}$$

Déterminons les coordonnées de cette fonction :

Pour $U_{AB} = E'$ $\qquad I = 0$

$U_{AB} = 0 \qquad I = \frac{-E'}{R_u} = \frac{-12,5}{250} \qquad I = -50\ mA$

Nous pouvons alors tracer ces deux fonctions (fig. 6)

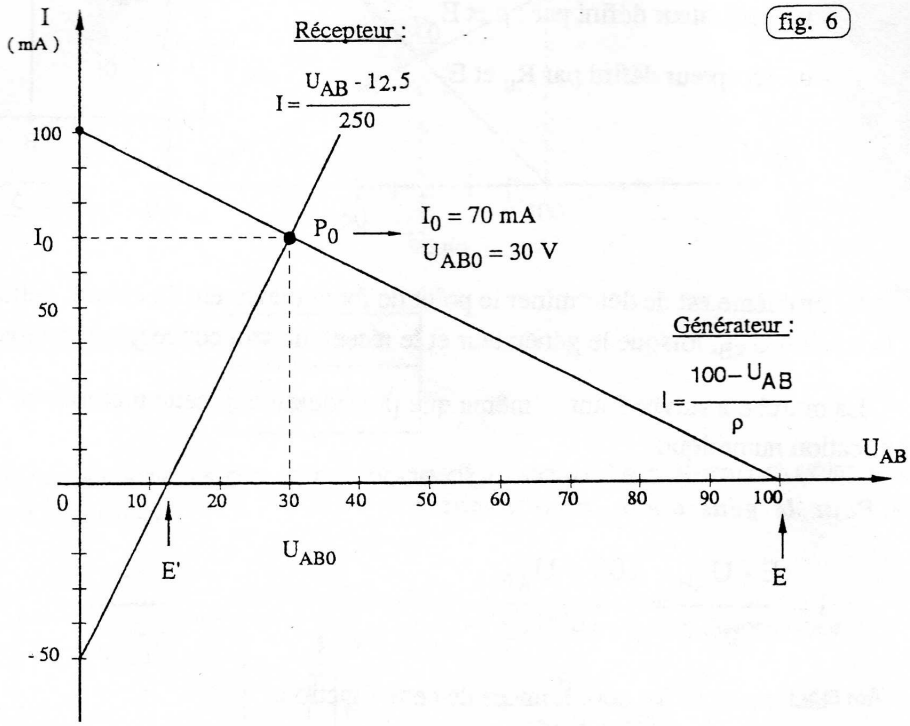


fig. 6

Le point de fonctionnement P_0 est déterminé par les coordonnées de l'intersection de ces deux fonctions, soit :

$$P_0 \begin{cases} I_0 = 70\ mA \\ U_{AB0} = 30\ V \end{cases}$$

Vérifions ces résultats par la méthode algébrique. L'analyse du schéma de la figure 5 nous permet d'écrire :

$$I_0 = \frac{E - E'}{\rho + R_u} = \frac{100 - 12,5}{1000 + 250} = 70\ mA$$

$$U_{AB0} = R_u I_0 + E' = 250.70\ 10^{-3} + 12,5 = 30\ V$$

$I_0 = 70$ mA
$U_{AB0} = 30$ V

4. Générateur de tension - Récepteur non linéaire

La méthode graphique, étudiée au cours des paragraphes précédents, a permis d'analyser une méthode de travail. Il est évident que la méthode algébrique aurait été plus rapide pour déterminer le courant dans le circuit. Par contre, la méthode graphique est très pratique et rapide dans le cas de récepteur non linéaire.

Soit le schéma de la figure 7, comportant :

- un générateur caractérisé par E et ρ ;
- un récepteur non linéaire (RNL).

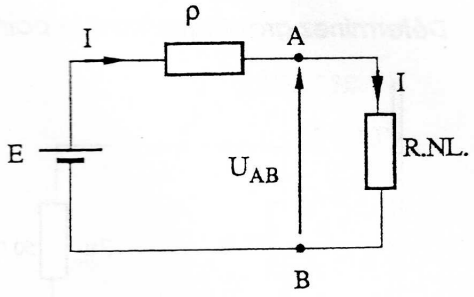


fig. 7

Un récepteur non linéaire est par exemple une diode, un transistor, une thermistance, une varistance, etc...

Leur loi de variation $I = f(U_{AB})$ obéit à des lois mathématiques faisant appel aux exponentielles, aux logarithmes, etc., et qui, pratiquement, sont longues à manipuler. Mais, généralement, le constructeur de ces R.N.L. fournit, sous la forme d'une courbe, la caractéristique $I = f(u)$.

En s'inspirant de l'étude des paragraphes précédents, nous traçons la caractéristique $I = \frac{E - U_{AB}}{\rho}$ concernant le générateur, et la caractéristique non linéaire concernant le récepteur.

Le point d'intersection de ces caractéristiques nous indiquera le point de repos (figure 8).

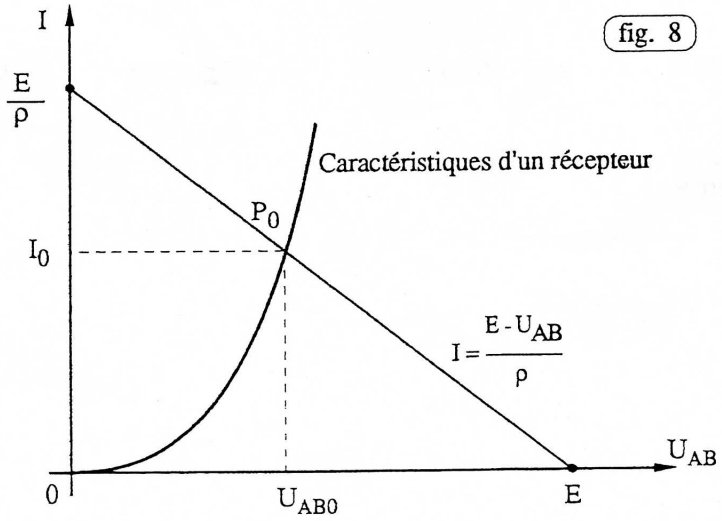


fig. 8