

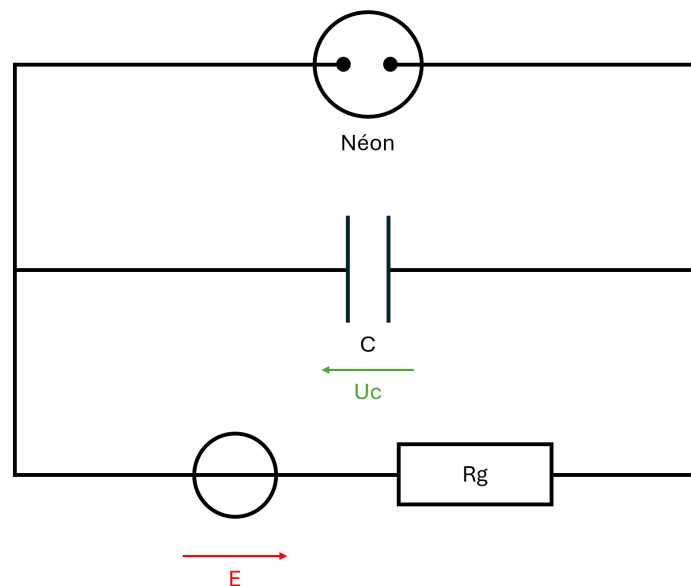
Type Centrale Informatique

Néon

Le fonctionnement d'un néon est étudié.

Le circuit d'alimentation du néon est composé d'un générateur de force électromotrice E , de résistance interne $R_g = 10\Omega$ auquel sont branchés en dérivation un condensateur de capacité $C = 100nF$ et le néon, modélisé par un dipôle avec un comportement non linéaire. Le néon est caractérisé par deux tensions notées U_1 et U_2 . Initialement, la tension aux bornes du néon est nulle. il se comporte alors comme un interrupteur ouvert, lorsque la tension à ses bornes dépasse U_1 , le néon se comporte comme une résistance R_m . Si la tension à ses bornes rechute jusque U_2 , il remet à se comporter comme un interrupteur ouvert.

1) Dessiner le circuit en représentant le néon comme vous l'entendez.



2) Que se passe t-il une fois la tension U_1 atteinte ? U_2 ?

U_1 : tension de claquage, un arc électrique se forme dans le gaz -i dans le gaz ionisé (plasma), les électrons libres réduisent largement la résistance l'interrupteur ouvert représentant la résistance très élevée du gaz devient une résistance plus faible, R_m . (La tension de claquage n'est pas celle avec la valeur classique du champ disruptif de l'air; la basse pression dans l'enceinte du tube à néon la réduit considérablement 100 V/cm vs 30 kV/cm pour l'air).

(D'un point de vue électrique, le néon passe du comportement d'interrupteur ouvert à interrupteur fermé, pour maintenir la même tension aux bornes du condensateur et du néon, le condensateur doit "donner" de l'intensité (si R_m est assez élevée), ie se décharger, la tension baisse avec le déchargement du condensateur)

U_2 : tension d'extinction, l'arc électrique se brise, on revient à la situation initiale: néon de très grande résistance équivalent à un interrupteur ouvert.

(D'un point de vue électrique, le néon repasse au comportement d'un interrupteur ouvert, le condensateur se remet à se charger)

3) Le paramètre k est défini comme $k = \frac{R_m}{R_m + R_g}$. Utiliser le script Python fourni pour explorer le comportement du circuit.

i) Compléter dans le script les trous marqués par des "??".

Initialement, Non_Claque est true (on n'est pas claqué), puis passe True si on dépasse U_1 , et repasse False si on passe en dessous de U_2 et qu'on a déjà claqué: condition not Non_Claque, ie, claqué.

ii) Quelles sont les valeurs de U_1 , U_2 et E considérées dans le script ?

E correspond à la tension vers laquelle tend le système sans le néon ($k \approx 1$). U_1 correspond à la valeur seuil avant la première rupture de linéarité (sommet de "vague"). U_2 correspond à la valeur minimale des "vagues" avant la deuxième rupture de linéarité.

iii) Distinguer plusieurs régimes et leurs plages de valeurs de k correspondantes.

Régime 1: Charges et décharges: k assez faible ie résistance du néon claqué assez faible pour faire se décharger le condensateur suffisamment pour atteindre la rupture de claquage ie l'extinction.

Régime 2: Unique charge et décharge: k moyen ie résistance du néon telle que le condensateur se décharge mais pas assez pour rompre l'éclair du claquage.

Régime 3: Pas de décharge: k élevé ie résistance du néon assez élevée pour ne pas bloquer la charge du condensateur à ce stade, mais la tension finale vers laquelle on tend est diminuée ex: $U_c = 2.9 \text{ V}$ quand $E = 3 \text{ V}$.

(Régime 4: $k \leq 1$: résistance interne du générateur négative, pas de sens physique ici)

4) Quelle équation différentielle est vérifiée par la tension aux bornes du condensateur dans les deux cas ? Comment simuler numériquement le comportement du circuit ?

Cas non claqué:

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R_g C} u_C = \frac{1}{R_g C} E$$

avec $\tau_1 = R_g C$:

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau_1} u_C = \frac{1}{\tau_1} E$$

Cas claqué (obtenue avec nouvelle loi des mailles et en écrivant l'intensité à travers C comme $i_{\text{générateur}} - i_{\text{à travers } R_m}$):

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{R_g + R_m}{R_g R_m C} u_C = \frac{1}{R_g C} E$$

avec $\tau_2 = \frac{R_m}{R_g + R_m} \cdot \frac{1}{R_g C} = k \tau_1$:

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau_2} u_C = \frac{1}{\tau_1} E$$

On peut résoudre numériquement (méthode implémentée dans le programme) avec une discrétisation du temps:

$$du_C = E \frac{dt}{\tau_1} - u_C \frac{dt}{\tau_1 \text{ ou } \tau_2}$$

Et avec $u_C(t + dt) = u_C(t) + du_C(u_C(t), dt)$

5) Comment fonctionne un éclairage néon ?

Dans un éclairage au néon, on se trouve dans le cas intermédiaire d'une décharge soutenue, à l'état final la tension aux bornes du néon est plus faible que la tension de claquage (on n'a pas exactement un éclair, mais juste une ionisation du gaz, et une émission de lumière par désexcitation de niveaux d'énergie, devenus excités par collision d'ions dans le champ électrique du circuit). Dans le cas d'une répétition de charges et décharges, on aurait de grandes pertes thermiques et une dégradation accélérée des électrodes (des éclairs en permanence), en plus d'une dégradation accélérée des composants du circuit (variations brusques des grandeurs électriques du circuit).