

Principe de l'alimentation secteur capacitive

Par MASSON Dominique (RFL5933)

Le présent article décrit une façon d'obtenir une basse tension à partir d'une tension secteur sans solliciter le recours à un transformateur abaisseur, ni pont de résistances. Ce type d'alimentation est largement utilisée dans les cafetières Senséo, veilleuses à LED ou encore les anti-insectes ultrasoniques.

Le principe repose sur l'impédance capacitive (la capacitance X_c , en Ω) du condensateur, qui est la résistance qu'il oppose au passage du courant électrique, et dépendant d'une part de la fréquence F en Hz, et d'autre part de la capacité C en Farads du condensateur lui-même.

Concrètement, on se sert de lui comme d'une résistance, en vue de faire chuter une tension et limiter un courant, à une fréquence bien précise.

Les avantages de ce type d'alimentation sont d'ordre économique, gain de place, pertes Joule négligeables, protection intrinsèque contre les court-circuits, tension sortante stable et aucune consommation de puissance réactive.

L'inconvénient majeur reste toutefois le risque d'électrisation plus élevé du fait de l'absence de séparation galvanique et de la présence de charge résiduelle du condensateur, et dans une moindre mesure, la faible intensité exploitable.

Ledit condensateur devra impérativement être classé X2 et sa tension de service doit être de 400 Vac

Les calculs

Il faut savoir que malheureusement, la légendaire formule $R=U/I$ que l'on utilise habituellement pour calculer la valeur de la résistance chutrice sous un courant et tension donnés, n'est plus applicable en ce cas, ce pourquoi il nous faudra appliquer une formule où nous verrons un terme dépendant de la fréquence secteur.

1ère façon de calculer

Cette première formule

$$\underline{X_c = 1/(C\omega)}$$

permet d'exprimer directement la capacitance du condensateur, en fonction de sa capacité et de la fréquence le traversant, étant précisé pour la suite de cet article:

>Que les résultats sont arrondis

>Que " ω " représente la pulsation en radians par seconde, et est égale à $2\pi F$, soit 314 rad/s @ 50 Hz ou 377 rad/s @ 60 Hz

>Que la tension secteur entrante U_e utilisée dans les calculs est bien de 230 V efficaces (car au niveau du condensateur, on travaille encore en V_{ac}), la tension U_c est la tension au bornes du condensateur chuteur et la tension U_s est la tension sortante de 24 V, donc $U_c = U_e - U_s$

Calcul de I, 2 formules possibles

$$\underline{I = U_c/X_c \text{ ou } (C\omega)U_c}$$

Cas n° 1a

Soit un condensateur de 0,47 μF traversé par une fréquence de 50 Hz.

$$X_{c50} = 1/(0,00000047*314)$$

$$X_{c50} = 6,776 \text{ k}\Omega$$

$$I = 206/6776$$

$$I = 30,4 \text{ mA}$$

$$I = (0,00000047*314)*206$$

$$I = 30,4 \text{ mA}$$

Cas n° 1b

Même condensateur, mais traversé par une fréquence de 60 Hz.

$$X_{c60} = 1/(0,00000047*377)$$

$$X_{c60} = 5,643 \text{ k}\Omega$$

$$I = 206/5643$$

$$I = 36,4 \text{ mA}$$

$$I = (0,00000047*377)*206$$

$$I = 36,4 \text{ mA}$$

Entre les 2 cas, le courant a augmenté de 20% du fait que la capacitance a diminué de 20% également.

$$\underline{X_{c50} = X_{c60} * 1,2 \text{ et inversement car } X_{c60} = X_{c50} * 0,833}$$

Par ce calcul, il est démontré que Xc est inversement proportionnelle à la fréquence.

Cas n° 2a

Soit un condensateur équivalent de 0,94 μ F (2*0,47 μ F en //) traversé par une fréquence de 50 Hz.

$$X_{c50} = 1/(0,00000094 * 314)$$

$$X_{c50} = 3,388 \text{ k}\Omega$$

$$206/3388 = 60,8 \text{ mA}$$

Cas n° 2b

Même condensateur, mais traversé par une fréquence de 60 Hz.

$$X_{c60} = 1/(0,00000094 * 377)$$

$$X_{c60} = 2,822 \text{ k}\Omega$$

$$I = 206/2822 = 72,8 \text{ mA}$$

La capacité du condensateur ayant été doublée, il est donc logique que sa capacitance est réduite de moitié, il en résulte alors un courant doublé.

Cas du court-circuit

Considérons l'hypothèse d'un court-circuit, comme si le condensateur était directement branché entre Phase et Neutre ($U_e = 230 \text{ V}$ et $U_s = 0 \text{ V}$).

Soit un condensateur de 1 μ F traversé par une fréquence de 50 Hz.

$$X_{c50} = 1/(0,000001 * 314)$$

$$X_{c50} = 3,185 \text{ k}\Omega$$

$$230/3185 = 60,7 \text{ mA (73 mA @ 60 Hz)}$$

Nous constatons que le courant est limité naturellement par Xc.

2ème façon de calculer

Calcul direct de C, pour $U_s = 24 \text{ V}$ et le courant désiré I

$$\underline{C = I/(\omega U_c)}$$

Cas n° 3a

100 mA

$$C = 0,1/(314 * 206)$$

$$C = 1,4 \mu\text{F (valeur la plus proche: } 1,5 \mu\text{F)}$$

Cas n° 3b

30 mA

$$C = 0,03/(314 * 206)$$

$$C = 0,42 \mu\text{F (valeur la plus proche: } 0,47 \mu\text{F)}$$