

CEA-R 3249

DESCHANELS J.-L. .-

Fonctionnement du transformateur à courant continu
utilisé en "pompe à flux".-

Commissariat à l'énergie atomique, Centre d'études
nucléaires de Saclay (Essonne), 1967.-

27 cm, 4 p., 1 fig. h.-t.

CEA-R 3249 - DESCHANELS Jean-Louis

FONCTIONNEMENT DU TRANSFORMATEUR A COURANT CONTINU
UTILISE EN "POMPE A FLUX"

Sommaire. - L'auteur établit les équations de fonctionnement d'une pompe à flux à transformateur supraconducteur. Il montre l'existence d'une limite du courant dans la self de charge et l'indépendance de cette limite vis-à-vis de cette self.

1967

7 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R 3249 - DESCHANELS Jean-Louis

OPERATION OF A DIRECT CURRENT TRANSFORMER USED AS
A "FLUX PUMP"

Summary. - The author derives the equations governing the operation of a flux pump with a superconducting transformer. He shows that there exists a limiting value of the current in the charge coil and that the limit is independent of this coil.

1967

7 p.

Commissariat à l'Energie Atomique

FONCTIONNEMENT DU TRANSFORMATEUR A COURANT CONTINU
UTILISE EN "POMPE A FLUX"

par

Jean-Louis DESCHANELS

Rapport CEA - R 3249

1967

Aa

- Rapport CEA-R 3249 -

FONCTIONNEMENT DU TRANSFORMATEUR A COURANT CONTINU
UTILISE EN "POMPE A FLUX"

par

Jean-Louis DESCHANELS

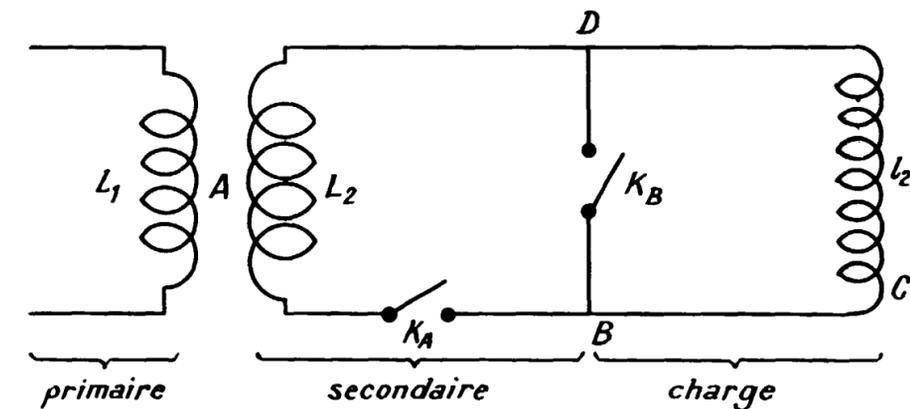
Les rapports du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE sont, à partir du n° 2200, en vente à la Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 31, quai Voltaire, PARIS VIIème.

The C.E.A. reports starting with n° 2200 are available at the Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 31, quai Voltaire, PARIS VIIème.

- Juillet 1967 -

**FONCTIONNEMENT DU TRANSFORMATEUR A COURANT CONTINU
UTILISE EN 'POMPE A FLUX'**

Soit un transformateur à courant continu et à secondaire supraconducteur représenté figure 1. Nous supposons connu le principe de fonctionnement de ce transformateur en pompe



à flux qui repose sur le jeu des interrupteurs \$K_a\$ et \$K_b\$ et qui a été exposé par J. SOLE (référence CEA-R 3242 (1967))

On démontre qu'il existe entre le courant primaire \$I_1\$ et le courant secondaire \$I_2\$ la relation :

$$\Delta I_2 = - \Delta I_1 K \sqrt{\frac{L_1 L_2}{L_2 + l_2}}$$

\$K\$ est le coefficient de couplage

\$L_1\$, \$L_2\$ et \$l_2\$ représentent les selfs du primaire, du secondaire et la charge. Dans l'étude qui suit, le premier indice indiquera s'il s'agit du courant secondaire, le second indice sera le numéro d'ordre du cycle. On considère que les interrupteurs \$K_a\$ et \$K_b\$ sont de self négligeable devant \$L_2\$ et \$l_2\$.

ETUDE DU FONCTIONNEMENT

Les interrupteurs \$K_a\$ et \$K_b\$ ouverts, nous montons le courant primaire à la valeur \$I_{11} = I_1\$. Aucun courant ne circule au secondaire.

Fermons K_a puis descendons le courant primaire de $I_{1,1}$ à $-I_{1,1}$.

Nous obtenons dans le circuit ABCD :

$$I_{2,1} = + 2 I_{1,1} K \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_2 + l_2} \quad (1)$$

Fermons K_b , le courant $I_{2,1}$ est piégé dans le circuit BCD.

Une variation de courant de $-I_{1,1}$ à $I'_{1,1}$ permet alors d'annuler le courant dans la branche ABD d'où :

$$(0 - I_{2,1}) = - (I'_{1,1} + I_{1,1}) K \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_2 + l_2}$$

donc

$$I'_{1,1} = I_{1,1} \frac{L_2 - l_2}{L_2 + l_2} \quad (2)$$

Le courant étant alors nul dans la branche ABD, nous pouvons ouvrir K_a et donc faire toutes les variations voulues au primaire sans modifier le courant dans la branche BCD.

Remontons le courant primaire à la valeur $+I_{1,1}$ et fermons K_a .

Recherchons la valeur I'' pour laquelle le courant dans ABD est égal au courant dans BCD (courant nul dans BD).

$$I_{2,1} = - (I''_{1,2} - I_{1,1}) K \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_2}$$

d'où

$$I''_{1,2} = I_{1,1} \frac{l_2 - L_2}{L_2 + l_2} \quad (3)$$

Cette valeur $I''_{1,2}$ est symétrique de la valeur $I'_{1,1}$ par rapport à $I_1 = 0$. Ce résultat sera très utile pour connaître parfaitement les valeurs $I_{1,1}$ du courant primaire où l'on doit ouvrir ou fermer les interrupteurs donc pour réduire les pertes.

Ouvrons K_B , et faisons varier le courant primaire de $I''_{1,2}$ à $I_{1,2} = -I_{1,1}$. La valeur du courant dans la branche ABCD est :

$$(I_{2,2} - I_{2,1}) = - (-I_{1,1} - I''_{1,2}) K \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_2 + l_2}$$

d'où

$$I_{2,2} = I_{2,1} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right] I_{2,1} \quad (4)$$

Cette équation montre l'augmentation du courant piégé à la fin du second cycle.

LIMITES DE CETTE "POMPE A FLUX"

On pourrait démontrer de même la relation :

$$I_{2,3} = I_{2,2} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right]^2 I_{2,1}$$

Nous généralisons et obtenons la relation :

$$I_{2,n} = I_{2,n-1} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right]^{n-1} I_{2,1} \quad (5)$$

d'où

$$I_{2,n} = I_{2,n-1} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right]^{n-1} I_{2,1}$$

$$I_{2,n-1} = I_{2,n-2} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right]^{n-1} I_{2,1}$$

$$I_{2,2} = I_{2,1} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right] I_{2,1}$$

d'où

$$I_{2,n} = I_{2,1} \left[1 + \frac{l_2}{L_2 + l_2} + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right]^2 + \dots + \left[\frac{l_2}{L_2 + l_2} \right]^{n-1} \right]$$

donc

$$I_{2,n} = I_{2,1} \left[\frac{(L_2 + l_2) \left([L_2 + l_2]^{n-1} - l_2^{n-1} \right)}{L_2 (L_2 + l_2)^{n-1}} \right] \quad (6)$$

et

$$I_{2,\infty} = \left[\frac{L_2 + l_2}{L_2} \right] I_{2,1} \quad (7)$$

ou, d'une autre manière :

$$I_{2,\infty} = + 2 I_{1,1} K \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_2} \quad (8)$$

Ce résultat est remarquable, car nous voyons que la limite de fonctionnement de cette "pompe à flux" est indépendante de la charge et correspond à celle du transformateur fonctionnant à secondaire court-circuité.

Nous pouvons aussi, connaissant les équations (7) et (8) connaître $I_{2,n}$ et donc connaître le rapport de la valeur obtenue au bout d'un nombre fini de cycle, à la valeur limite.

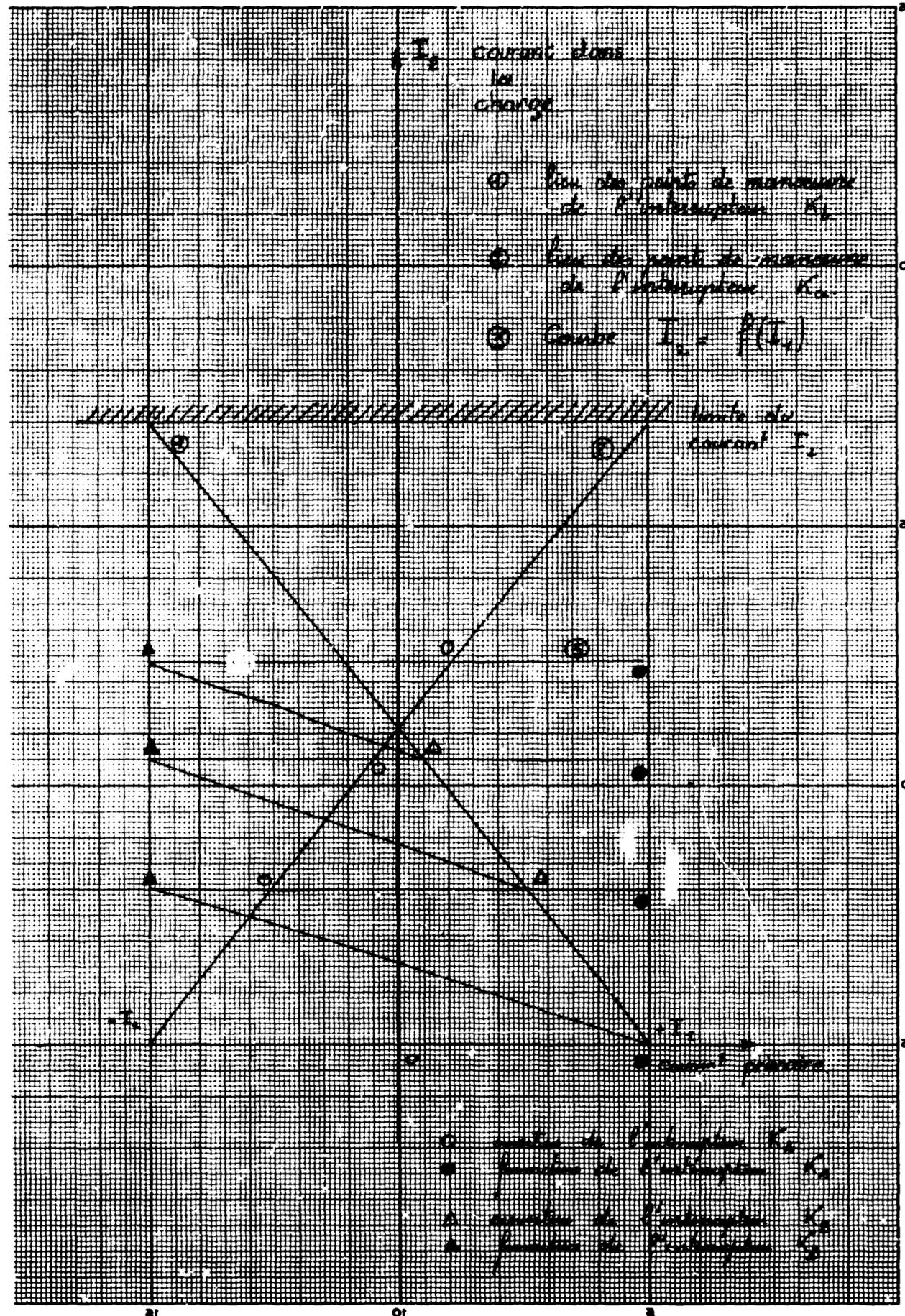
Toutes ces valeurs calculées, prennent une place logique sur le diagramme de fonctionnement représenté sur la figure.

Ces calculs ont parfaitement été vérifiés au cours d'une expérience réalisée au C.E.A. Nous avons observé la progression régulière des courants dans la charge, la correspondance de la limite du courant de charge avec la valeur obtenue lorsque le secondaire est court-circuité et la symétrie par rapport à l'origine des points de fonctionnement des interrupteurs. De nouvelles expériences sont en cours pour vérifier que la limite du courant secondaire d'un transformateur donné est bien indépendante de la self de charge.

CONCLUSION

Cette étude montre que l'on pourra grâce à une telle pompe à flux à supraconducteur, charger de très fortes selfs avec de très forts courants avec des dispositifs relativement petits et ne comportant aucune pièce en mouvement. De plus, des lois simples régissant le fonctionnement des interrupteurs, nous pouvons raisonnablement envisager la charge automatique d'une self.

Manuscrit reçu le 21 avril 1967



FIN