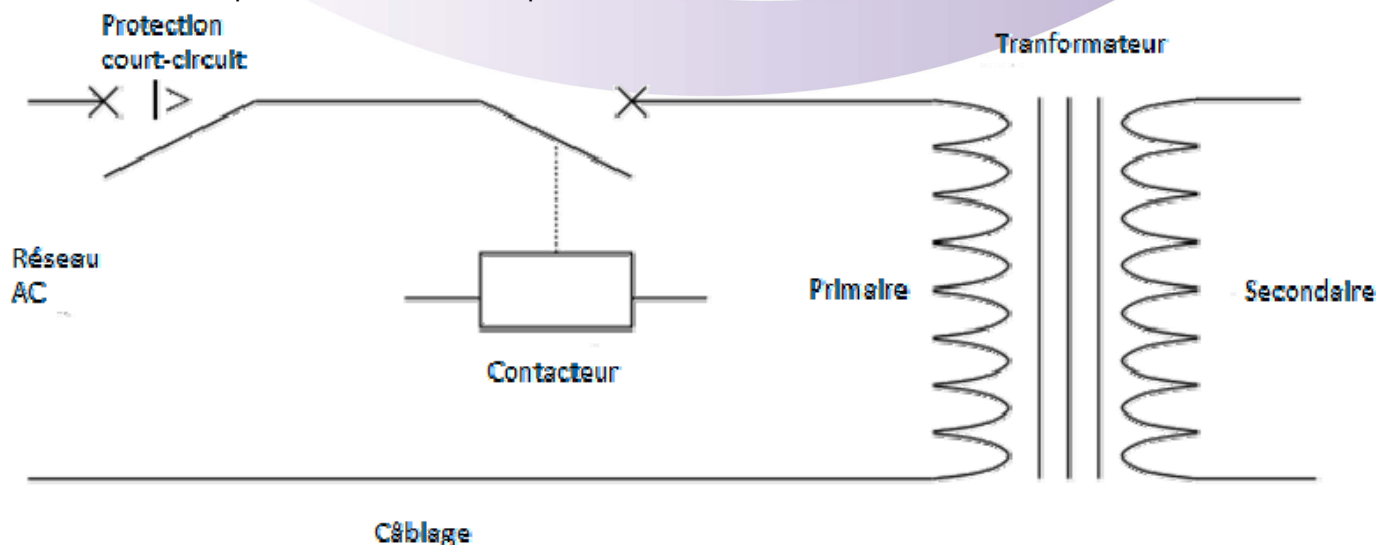


COMMANDE DE TRANSFORMATEURS (AC-56a) Solutions celduc® relais

Trucs et astuces pour bien maîtriser le contrôle du primaire d'un transformateur en utilisant les solutions **celduc® relais**

INFORMATIONS TECHNIQUES

La mise en conduction d'une charge inductive saturable, en particulier les primaires de transformateurs, génère souvent des pointes de courant importantes.



Une commutation fréquente du primaire d'un transformateur sans solution adaptée peut avoir des conséquences dommageables sur le circuit du primaire du transformateur :

- Le courant d'appel peut provoquer le déclenchement de la protection du circuit et l'utilisateur peut essayer d'augmenter la valeur du courant pour permettre un fonctionnement correct, entraînant des risques de sécurité liés à une mauvaise coordination de la protection contre les courts-circuits.
- Le courant d'appel peut endommager les contacts des contacteurs mécaniques (amorçage, soudage à cause des rebonds à la fermeture).
- Le courant d'appel peut également endommager l'enroulement primaire du transformateur surtout si la fréquence de commutation est importante.
- Le courant d'appel peut exercer une contrainte mécanique sur les fils et les connexions en raison de l'effet magnéto-mécanique.

L'utilisation des relais statiques celduc® relais à la place de contacteurs électromécaniques permet d'améliorer considérablement l'opération de commutation à condition que l'utilisateur choisisse le bon mode de commutation statique. celduc® relais peut vous aider dans votre choix et ce document vous donne des recommandations.

ANALYSE DES DIFFERENTS CAS DE FONCTIONNEMENT

1) Cas d'une self non saturable

Il s'agit généralement de bobines sans noyau ou de transformateurs avec un entrefer.

Les figures ci-dessous montrent que la valeur du courant dépend de l'instant de commutation. Alors que le démarrage au zéro de tension crée un courant d'appel 2 fois la valeur du courant nominal, le démarrage crête élimine tout problème de courant d'appel.

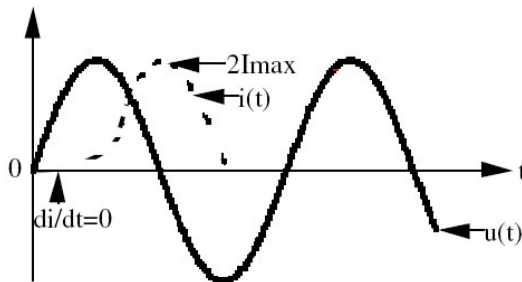


Fig. 1 : Démarrage zéro de tension, surintensité=2Imax

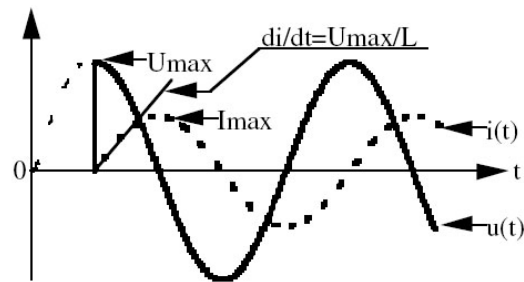


Fig. 2 : Démarrage crête, pas de surintensité

2) Cas d'une self saturable

Ce sont des bobines autour d'un métal ferromagnétique (par exemple du fer) sans entrefer, comme les transformateurs standards. La saturation se produit lorsque le noyau métallique ne peut plus stocker l'induction: la bobine a alors tendance à se comporter comme une bobine sans noyau.

Quelques rappels :

→ Conversion de la tension en **flux magnétique** (en Weber, Wb): $\Phi = \frac{1}{N} \int_0^t u \cdot dt$ où u = tension appliqué à la bobine et N = nombre de spires dans l'enroulement.

→ Valeur de l' **induction** (en Tesla, T): $B = \frac{\Phi}{A}$ où A =dim. de la section du noyau de fer (m²)

Et $B = \mu \cdot H$ où μ , perméabilité ($=\mu_0 \cdot \mu_i$) dépend du matériau de base avec $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$

→ Valeur du **champ magnétique** (en Ampère Tours, AT): $H = \frac{N \cdot I}{L}$ où N = nombre de spires dans l'enroulement, I = courant, L est la longueur du circuit magnétique.

Avec $B = \frac{\Phi}{A}$ et $\Phi = \frac{1}{N} \int_0^t u \cdot dt$, B est lié à la tension u (quantité appliquée pour une durée donnée).

et $H = \frac{N \cdot I}{L}$ et $H = \frac{B}{\mu}$, H est proportionnel au courant et dépend de la tension ainsi que du matériau du noyau.

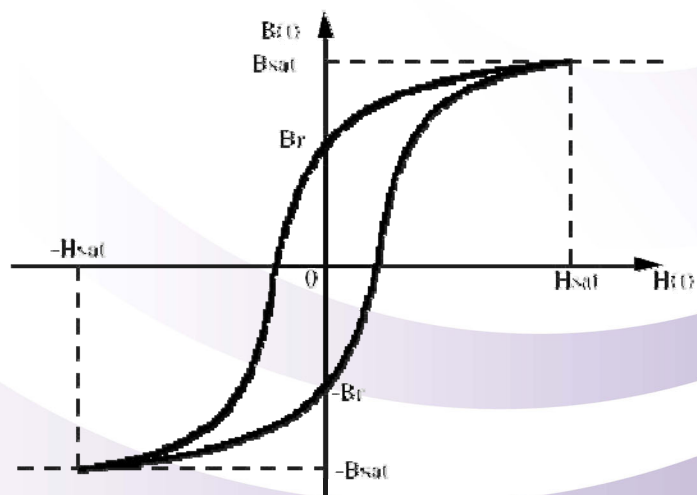


Fig. 3: Cycle d'hystérésis magnétiques

Description du phénomène:

En fonctionnement permanent sur réseau alternatif (AC), le champ magnétique H (et donc le courant de la bobine) varie en fonction de l'induction B suivant le cycle d'hystérésis (fig.3).

Au zéro de courant (arrêt typique de relais statiques AC), il persiste une induction rémanente ($+B_R$ ou $-B_R$). Sans aucune connexion au réseau électrique, l'induction rémanente dans le transformateur peut rester des années, comme un aimant permanent.

Si l'induction (liée à la tension appliquée) vient s'ajouter à l'induction rémanente B_R ($B > B_{sat}$ avec B_{sat} fonction du matériau du noyau), le circuit magnétique passe en saturation (le circuit magnétique ne peut plus stocker d'énergie magnétique) et le courant (proportionnel à H) augmente dangereusement. Le courant n'est alors limité que par la résistance des bobinages et celle de la ligne (et parfois des dispositifs de protection contre les courts-circuits).

DEMARRAGE AVEC DES RELAIS STATIQUES STANDARDS

a) Démarrage au zéro de tension Exemple : Commande par un relais statique "synchrone" (zero cross)

Deux cas peuvent se produire:

Cas n°1 : le démarrage se fait sur la même alternance que celle de l'arrêt précédent

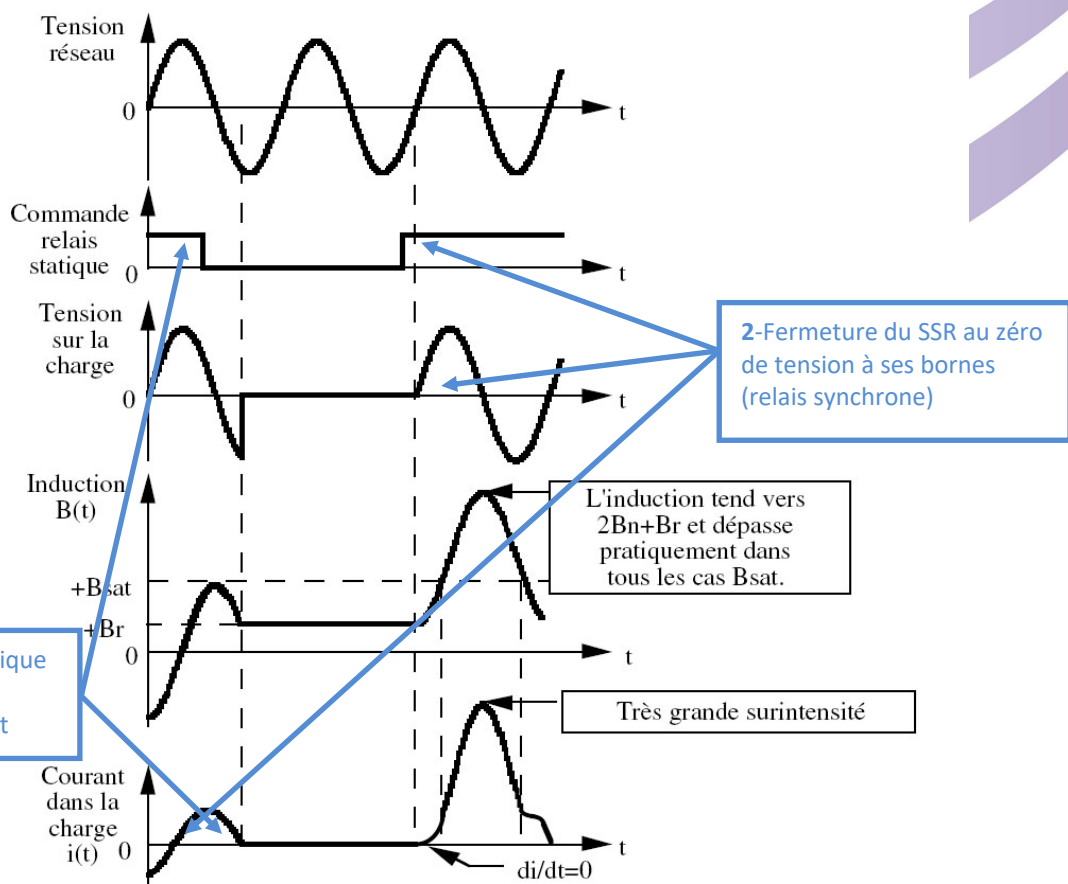


Fig. 4: Démarrage au zéro de tension, arrêt et démarrage de mêmes polarités

Dans la majorité des cas, l'induction de saturation B_{sat} est atteinte. L'amplitude du courant (proportionnel à H) devient très grande.

→ C'est ce type de commande qui provoque les plus grandes surcharges : ce cas de figure doit être évité

Cas n°2 : Pour diminuer un peu cette surintensité, il est préférable d'avoir des périodes entières. Le démarrage ne se fait que sur l'alternance opposée à celle de l'arrêt.

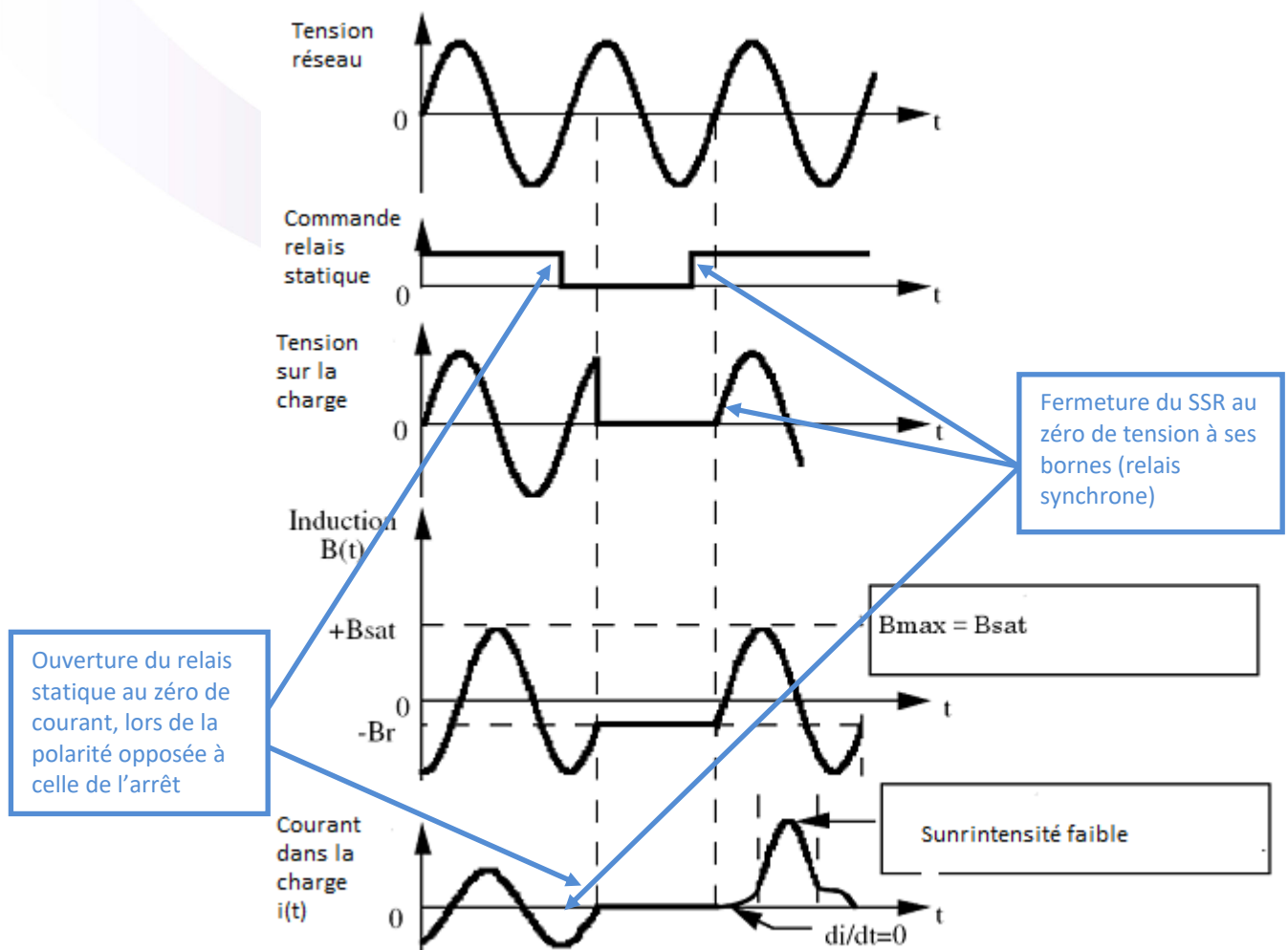


Fig. 5: Démarrage au zéro de tension, arrêt et démarrage de polarités opposées

Ce cas de figure est à privilégier mais nécessite de travailler avec la mémoire de l'arrêt précédent, sinon le cas de figure Nr1 se produit, notamment quand le réseau disparaît (déconnexion, cycles manquants).

→ Avec l'utilisation d'un relais statique synchrone, les polarités de cycle à l'état ouvert et à l'état fermé doivent donc être connues pour envoyer la commande. Ce n'est pas le cas pour un relais synchrone standard.

→ Il ressort que le démarrage au zéro de tension doit être évité sur ce type de charge.

b) Commutation instantanée Exemple : Commande par un relais statique "asynchrone" (random : fermeture aléatoire)

La fermeture s'effectue à n'importe quel point de la sinusoïde. La probabilité de démarrage au zéro est plus faible qu'à la crête. Ce type de relais est préférable à un relais synchrone, mais la commande étant aléatoire, les pointes de courant le sont aussi. Avec ce type de relais, une commande judicieuse permet d'optimiser les démarrages.

Avec des relais statiques standards : il est préférable d'utiliser des relais asynchrones, mais dans tous les cas, il faut sur-dimensionner le calibre thyristor du relais statique.

Il est nécessaire d'adapter le calibre du relais statique aux courants maximaux qui pourraient être atteints au démarrage. Il faut donc vérifier avec la courbe $I_{tsm} = f(t)$ en répétitif.

Surcharge de courant : $I_{tsm} (A_{peak}) = f(t)$ pour modèles 125A avec $I_{sm} = 2000A$

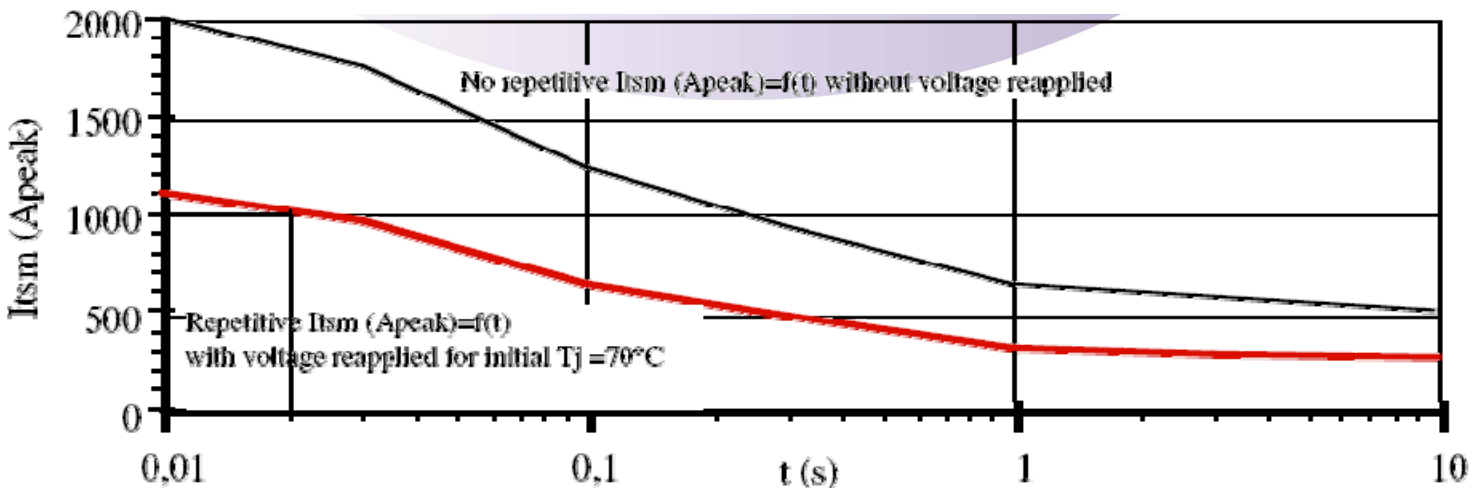


Fig. 6: courbe ITSM d'un relais statique 125A

Exemple extrême avec un relais de calibre 125A. Avec une surcharge de 10ms le relais peut supporter environ 1100A.

Sur un transfo, en admettant 100In au démarrage, le courant maximum pilotable avec ce relais serait de 11A soit 7.5kVA en 400VAC. Comme le réseau et les protections peuvent également limiter le courant, un transformateur de 10kVA peut être piloté avec un relais 125A.

Note 1 : sur les faibles charges (petits transformateurs,...) la plus grande résistance d'enroulement atténue les pointes de courant importantes.

Note 2 : Lorsque le courant d'appel se produit, les impulsions de courant de surcharge se répètent toutes les 20ms à 50 Hz avec une légère diminution dans le temps: pour cette raison, le courant de saturation initial doit être évité.

DEMARRAGE CRÊTE

La commutation se fait au pic de tension (à la crête).
Deux cas peuvent se produire:

Cas n°1 : Le démarrage se fait à la crête, mais sur la même alternance que celle de l'arrêt précédent.

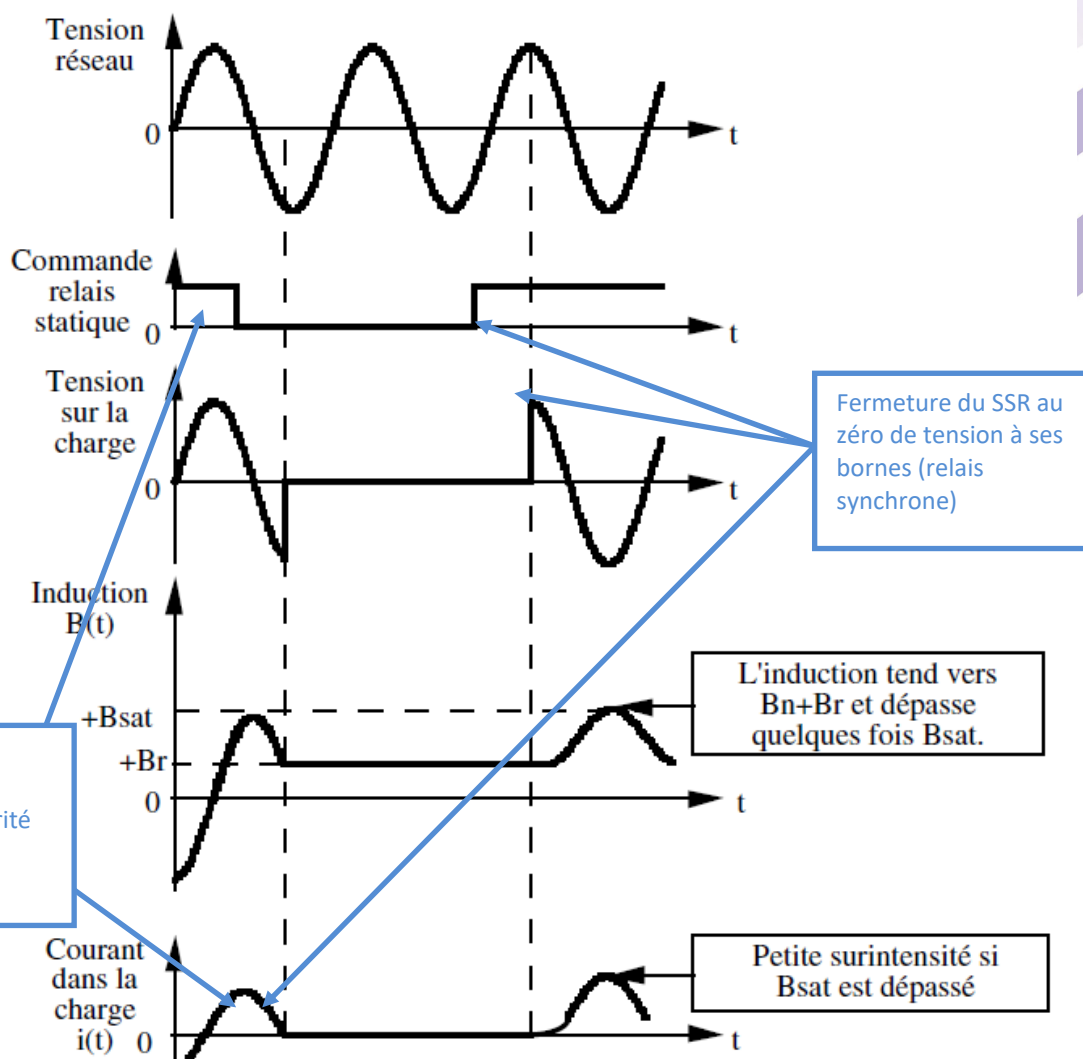


Fig. 7: Démarrage crête - arrêt et démarrage de mêmes polarités

Ce type de commande n'est pas optimal car au démarrage l'induction s'ajoute à l'induction rémanente B_r et peut entraîner un courant de surcharge. Ce phénomène est tout de même moindre avec un démarrage crête qu'avec un démarrage au zéro de tension.

Ce type de relais est développé à celduc : référence SOP69070

100-510VAC
32A-AC56a (avec dissipateur)
125A-AC51 (avec dissipateur)
Commande : 5-30VDC



Cas n°2 : Le démarrage se fait à la crête mais sur l'alternance opposée à celle de l'arrêt.

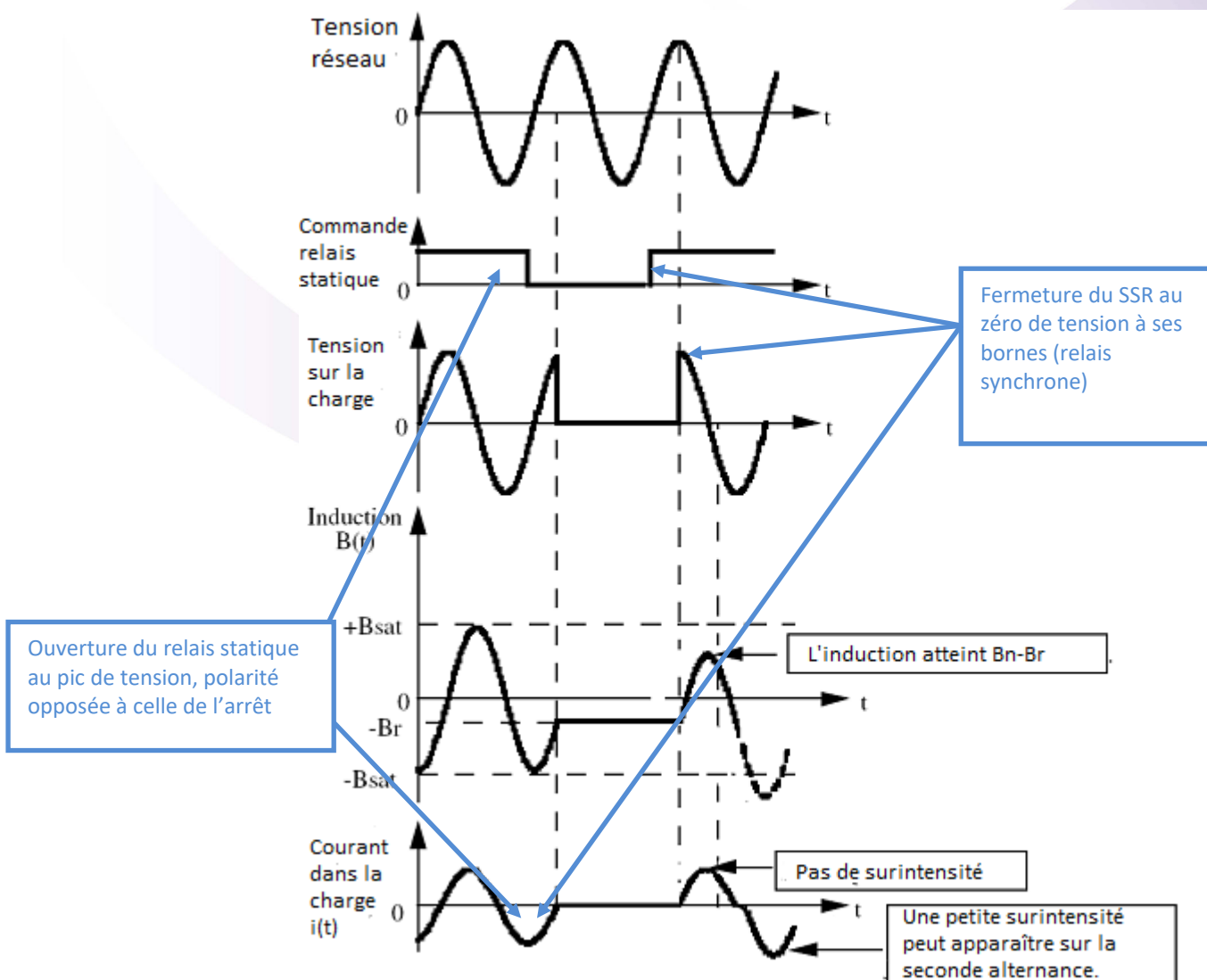


Fig. 8: Démarrage crête - arrêt et démarrage de polarités opposées

Nota: Si un transformateur est très près de B_{sat} à I_n , une petite surintensité peut avoir lieu sur la deuxième alternance.

→ **Conclusion: la commutation de crête avec ou sans séquence de cycle complète est une bonne solution de courant d'appel de transformateur**

SOP69070
100-510VAC
32A-AC56a (With heatsink)
125A-AC51 (With heatsink)
Commande : 5-30VDC

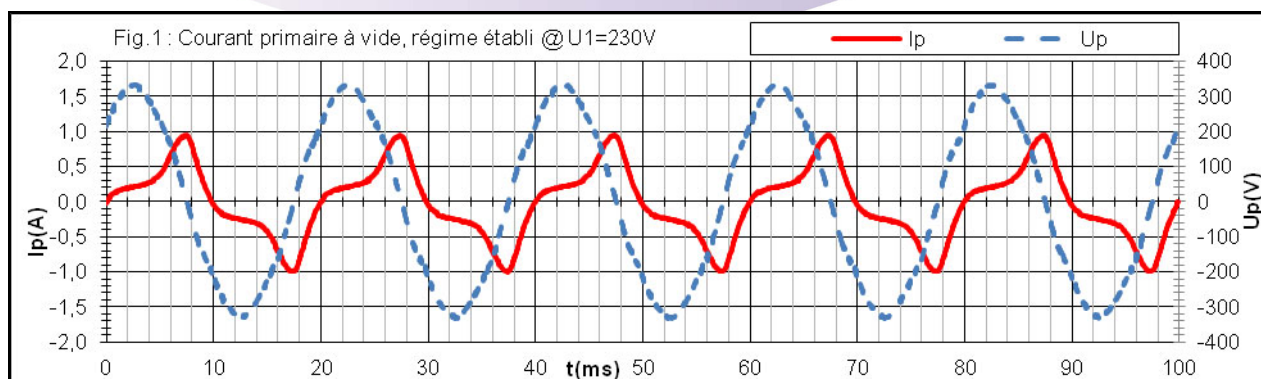


EXEMPLE pilotage transformateur ABL 3kVA 230V/12V

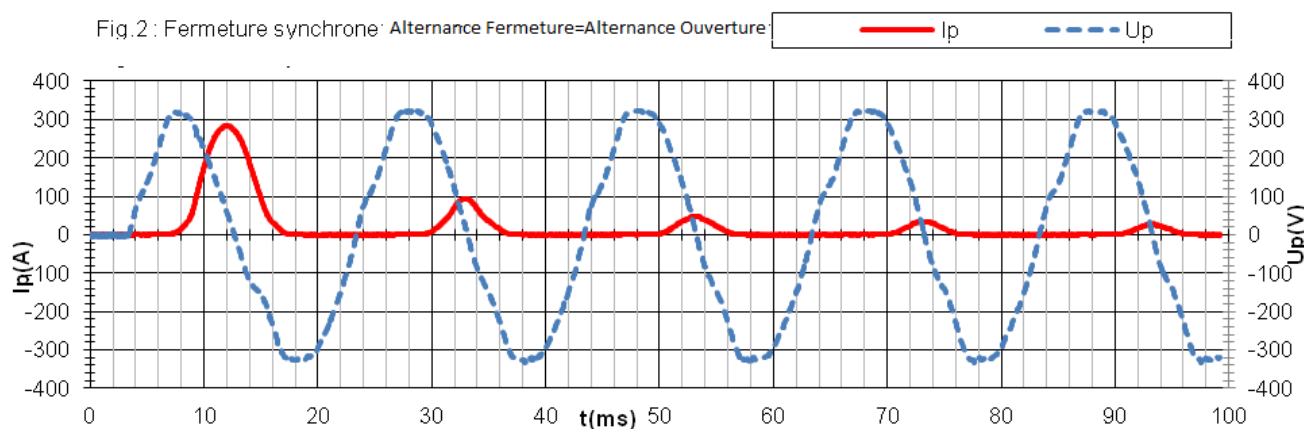
Transformateur de l'exemple : 3kVA 230V-13A /12V- 250A
 Courant primaire à vide : 0.5Arms

Figure	1	2	3	4	5
Cas	Régime établi	Fermeture synchrone	Fermeture synchrone	Démarrage crête	Démarrage crête
Produit celduc		SO8	SO8	SOP	SOP
Conditions		Alternance de démarrage = alternance d'arrêt	Alternance de démarrage ≠ alternance d'arrêt	Alternance de démarrage = alternance d'arrêt	Alternance de démarrage ≠ alternance d'arrêt
I Crête (à vide)	1A	280A	5A	~30A	~30A

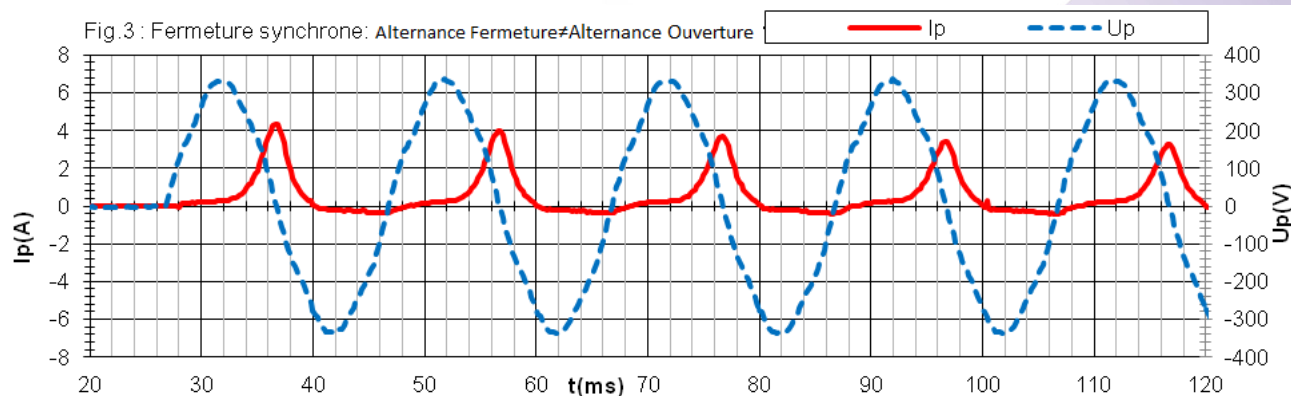
1



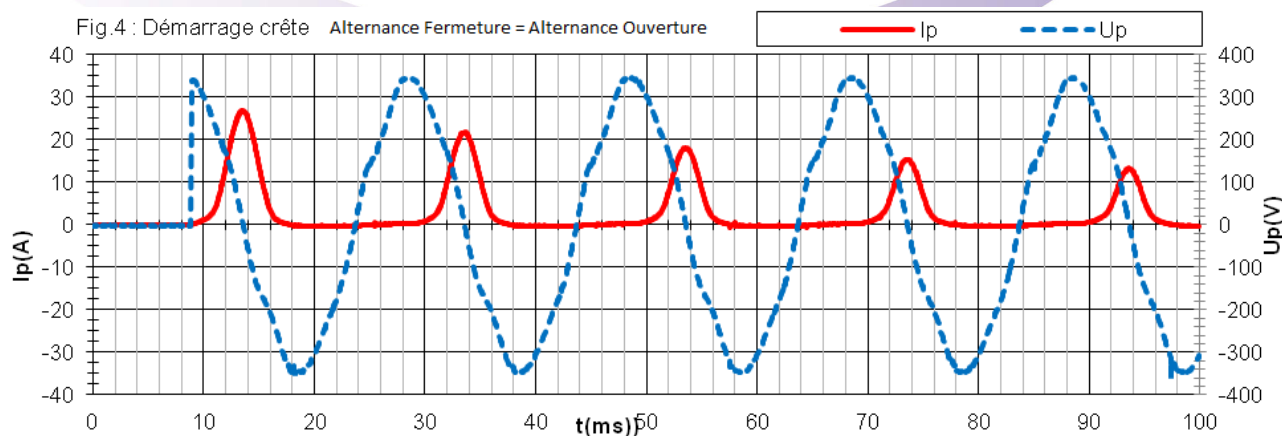
2



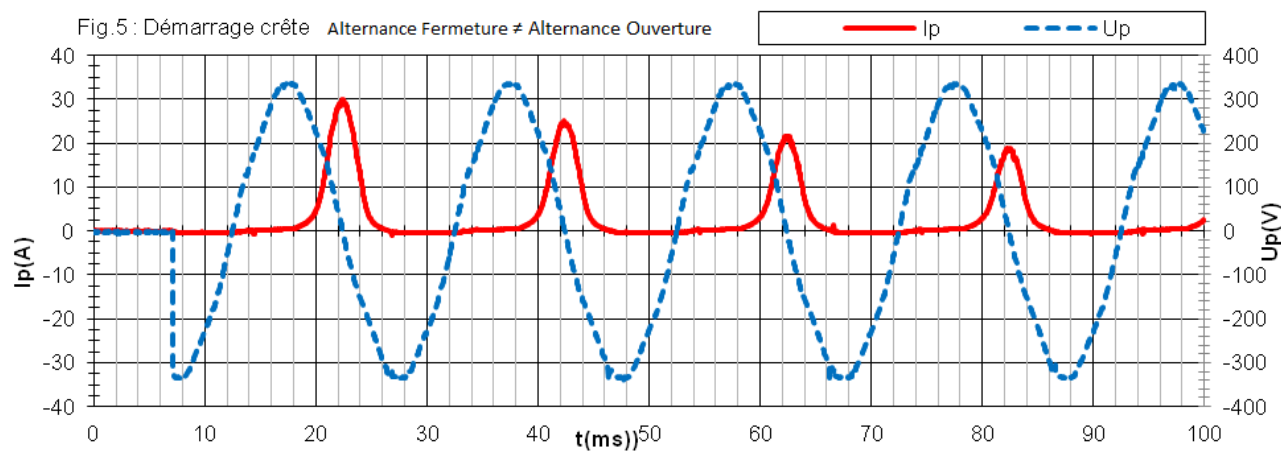
3



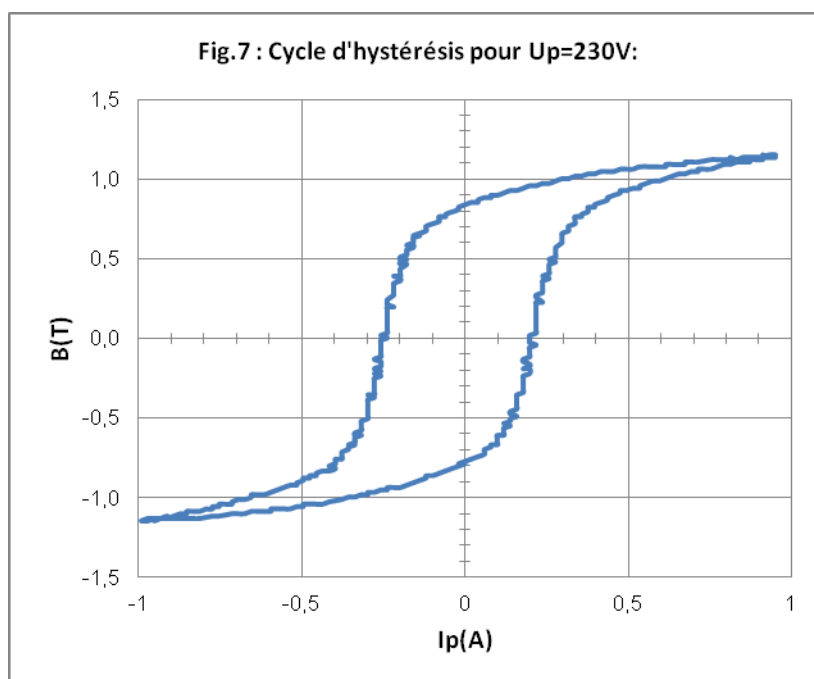
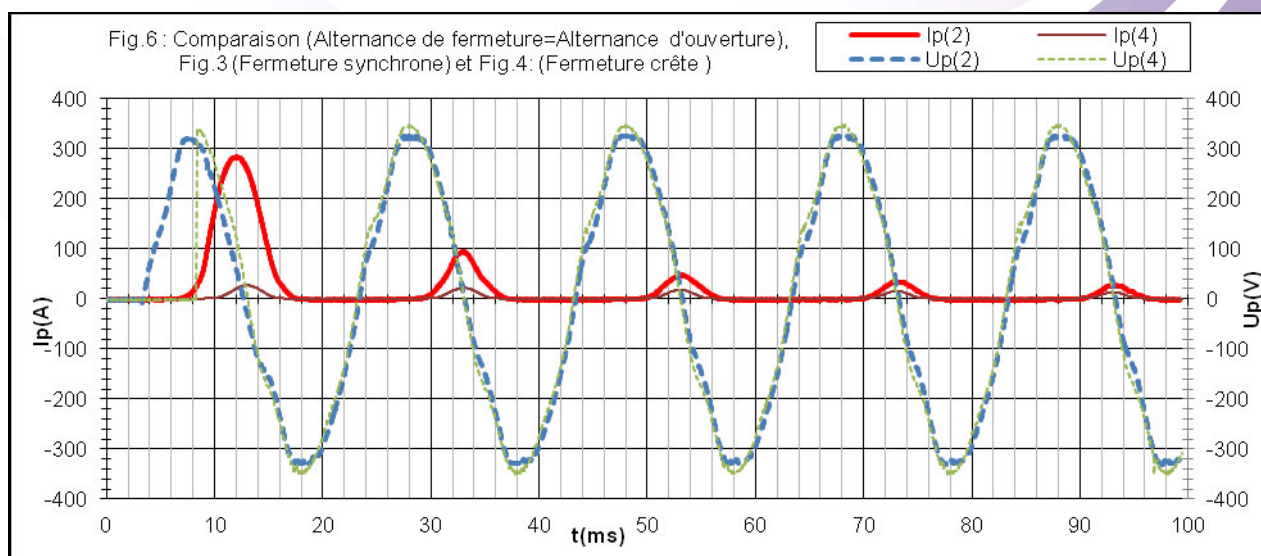
4



5

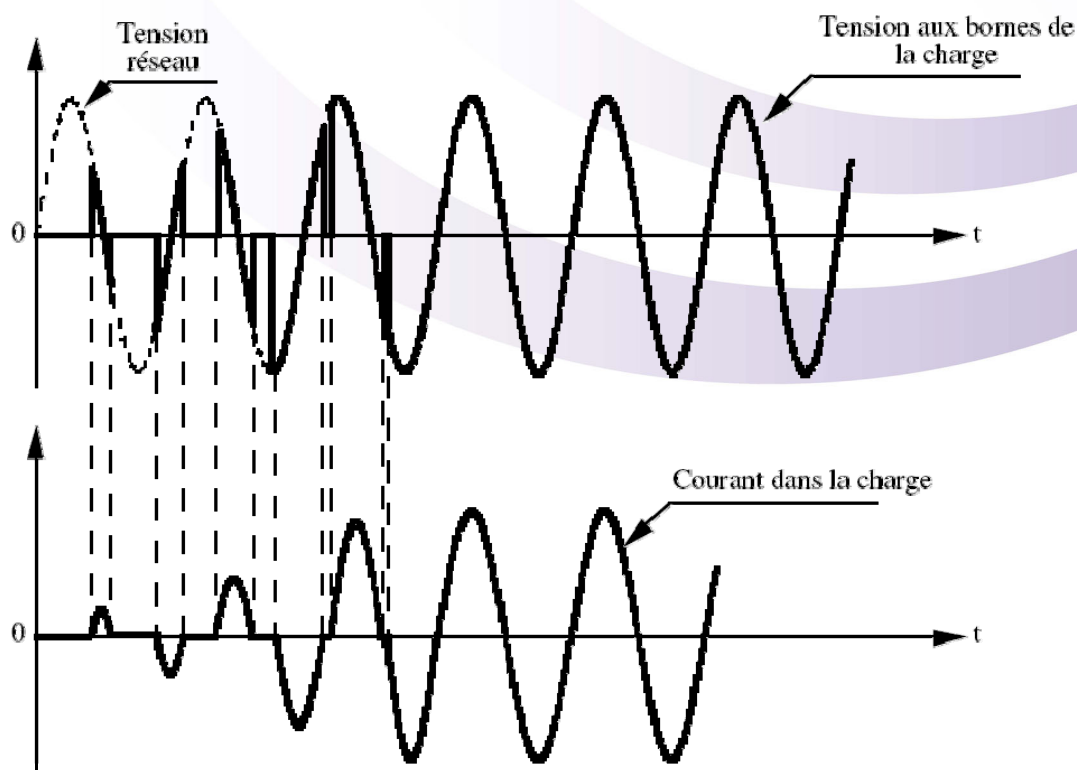


6 Comparaison entre fermeture synchrone (avec S08 – Fig. ③ —) et fermeture crête (avec SOP – Fig. ④ —)



AUTRE SOLUTION : Relais démarrage progressif (soft start)

Une autre solution consiste à démarrer le transformateur progressivement.



⇒ Pour les transformateurs monophasés, cette fonction Softstart peut être réalisée sur la base d'un gradateur angle de phase (par exemple notre gamme SG4)



⇒ Pour les transformateurs triphasés, la fonction softstart peut être réalisée avec notre gamme SMCV / SMCW. Pour un fonctionnement correct de ces dispositifs, il est tout de même nécessaire d'avoir une charge minimum sur le transformateur (un transformateur à vide pose des problèmes pour la synchronisation des relais).

Voir la note applications spécifiques (SMCW sur transformateurs).



CONCLUSION

Mettre sous tension le primaire d'un transformateur peut entraîner des problèmes plus ou moins importants, surtout si cette opération est destinée à être très fréquente.

Le remplacement d'un contacteur par un relais statique à thyristor standard nécessite d'utiliser au moins une version à commutation instantanée et de l'utiliser à environ 10% de son calibre en courant nominal.

celduc® relais a mis sur le marché un nouveau relais statique SOP69070 en démarrage crête pour piloter des transformateurs jusqu'à 32A. Le SOP69070 est une solution de contrôle très efficace pour les transformateurs de petite et moyenne taille.