



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.01.2009 Bulletin 2009/05

(51) Int Cl.:
H01F 7/18 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08354047.6**

(22) Date de dépôt: **30.06.2008**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA MK RS

(30) Priorité: **23.07.2007 FR 0705343**

(71) Demandeur: **Schneider Electric Industries SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
• **Follic, Stéphane**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)
• **Lauraire, Michel**
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **Péru, Laurence et al**
Schneider Electric Industries SAS
Service Propriété Industrielle
WTC-38EE1
5 pl. Robert Schuman
38050 Grenoble Cédex 09 (FR)

(54) **Actionneur électromagnétique à au moins deux bobinages**

(57) Un actionneur électromagnétique comprend une culasse (2), un noyau (3), au moins deux bobinages (L1, L2) et des moyens de commutation (10) des bobinages (L1, L2) d'une position série à une position parallèle et inversement. Il comporte des moyens de commande (20) comprenant des moyens de régulation (22) du courant électrique circulant dans les bobinages (L1, L2). Les moyens de commande (20) comprennent des moyens d'appel (23B, 24, 21, 22) commandant la tension

fournie aux bobinages (L1, L2) pendant une opération de fermeture, et commandant les moyens de commutation (10) pour placer les bobinages (L1, L2) en mode parallèle. Les moyens de commande (20) comprennent aussi des moyens de maintien (23B, 24, 21, 22) commandant le courant fourni aux bobinages (L1, L2) pendant une opération de maintien de l'actionneur en position fermée et, commandant les moyens de commutation (10) pour placer les bobinages (L1, L2) en mode série.

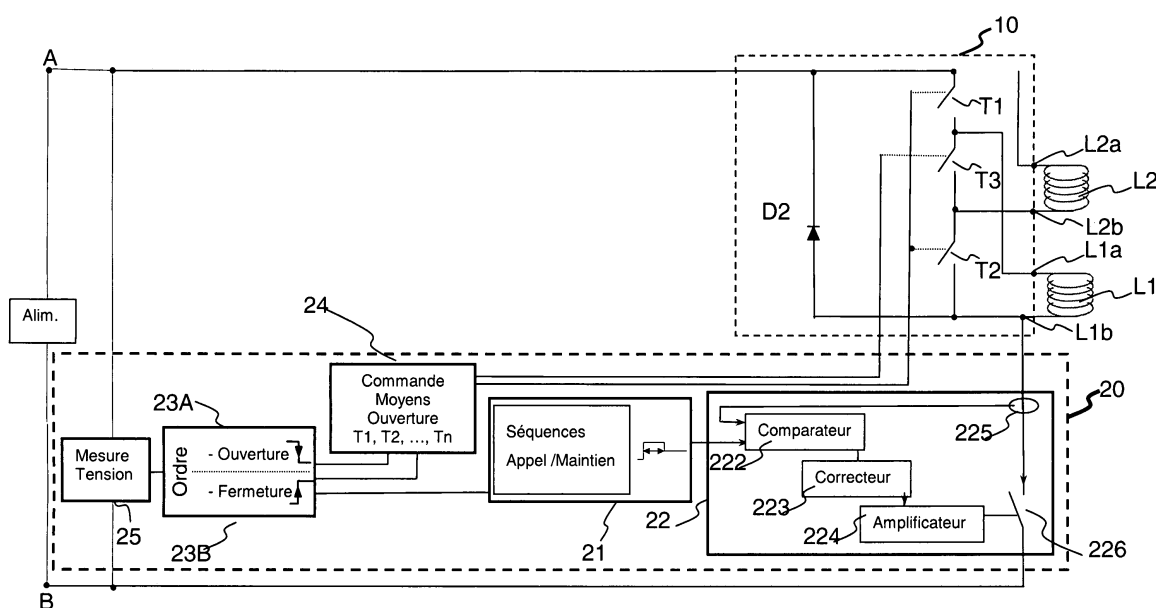


Fig. 1

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 **[0001]** L'invention est relative à un actionneur électromagnétique comprenant un circuit magnétique formé d'une culasse ferromagnétique s'étendant selon un axe longitudinal, et d'un noyau ferromagnétique mobile monté à coulissement axial selon l'axe longitudinal de la culasse. L'actionneur comporte au moins deux bobinages et des moyens de commutation des bobinages d'une position série à une position parallèle et inversement.

10 ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

[0002] Il est connu d'utiliser au moins deux types de bobinages distincts pour les phases d'appel et de maintien d'un actionneur électromagnétique. En effet, l'optimisation du fonctionnement énergétique des actionneurs électromagnétiques est souvent prise en compte au moment de leur conception. Un principe connu consiste à utiliser un premier type de bobinage au moment de la phase d'appel et un second bobinage au cours de la phase de maintien. L'emploi de plusieurs bobinages spécifiques est décrit dans l'état de la technique notamment dans les brevets suivants FR2290009, US4227231, US4609965, EP1009003. En général, le bobinage utilisé pour la phase d'appel est dimensionné pour supporter l'essentiel de la puissance d'appel et le bobinage utilisé pour la phase de maintien est destiné à fournir les seuls ampères tours nécessaires au maintien du noyau en position fermée. Chacun des bobinages est mis en service en fonction de la position du noyau.

[0003] En outre, le besoin d'utiliser les actionneurs électromagnétiques avec de larges plages de tension d'alimentation devient aussi priorité. Plusieurs solutions décrites dans les documents suivants FR2568715, EP1009003, EP1009004 utilisent des moyens de régulation de la tension d'alimentation du ou des bobinages. La tension fournie aux bobinages est traditionnellement modulée selon une modulation d'impulsion en largeur de type PWM.

25 **[0004]** L'utilisation de courants pulsés telle que décrite dans le document de l'état de la technique EP0998623 ne permet pas d'obtenir une régulation du courant électrique dans la ou bobines et maintenir ledit courant conforme à une consigne. En outre, l'utilisation de courants pulsés ne permet pas d'atteindre un niveau de régulation satisfaisante. En effet, l'utilisation de courant pulsé implique un rapport cyclique fixe et non modulé en fonction de la tension. Le courant est donc soit directement fonction de la tension soit lié à la tension par un ratio fixe. On n'a donc pas un découplage entre la tension et le courant. L'indépendance entre tension de commande et courant n'est pas possible. En outre, on observe une influence néfaste de l'augmentation de la valeur de la résistance de la bobine en fonction de la température. La conception d'actionneur électromagnétique dont le fonctionnement est à la fois optimal en termes de consommation électrique et en termes de plage de tension d'utilisation reste très difficile. Les progrès réalisés dans un des deux axes de développement se font généralement au détriment de l'autre. En outre, le fonctionnement des actionneurs électromagnétiques pendant la phase de retombée ou d'ouverture n'est généralement pas optimisée.

EXPOSE DE L'INVENTION

40 **[0005]** L'invention vise donc à remédier aux inconvénients de l'état de la technique, de manière à proposer un actionneur électromagnétique à haut rendement énergétique.

[0006] L'actionneur électromagnétique selon l'invention comporte des moyens de commande comprenant des moyens de régulation du courant électrique circulant dans lesdits au moins deux bobinages, des moyens d'appel disposés de manière à commander la tension fournie aux dits au moins deux bobinages pendant une opération de fermeture de l'actionneur, et commander les moyens de commutation pour placer lesdits au moins deux bobinages en mode parallèle pour engendrer un premier flux magnétique d'appel pour fermer l'actionneur. Les moyens de commande comprennent des moyens de maintien disposés de manière à commander le courant fourni aux desdits au moins deux bobinages pendant une opération de maintien de l'actionneur en position fermée et, commander les moyens de commutation pour placer lesdits au moins deux bobinages en mode série pour engendrer un second flux magnétique de maintien.

50 **[0007]** Selon un mode préférentiel de réalisation, les moyens de régulation comportent un comparateur comparant la valeur d'un courant électrique parcourant lesdits au moins deux bobinages à une consigne, ledit comparateur étant connecté à un correcteur associé à un amplificateur commandant un interrupteur.

[0008] Avantagusement, les moyens de régulation comporte un moyen de commande pour moduler la tension d'alimentation desdits au moins deux bobinages selon une modulation d'impulsion en largeur de type PWM.

[0009] Avantagusement, l'actionneur électromagnétique comporte un premier et un second bobinages.

55 **[0010]** Selon un mode développement de l'invention, les moyens de commutation comportent un premier moyen d'ouverture connecté en série entre une première borne du premier bobinage et une première borne d'alimentation en tension, une deuxième borne du premier bobinage étant connectée à une seconde borne d'alimentation en tension à travers le transistor de commande. Les moyens de commutation comportent un second moyen d'ouverture connecté

en série entre la seconde borne du premier bobinage et une seconde borne du second bobinage, ledit second bobinage ayant une première borne reliée à la première borne d'alimentation en tension et la deuxième borne reliée à la seconde borne d'alimentation en tension à travers le transistor de commande. Un troisième moyen d'ouverture est directement connecté en série entre seconde borne du second bobinage et la première borne du second bobinage. Au moins une diode de roue libre est connectée en parallèle et en inverse entre la seconde borne du premier bobinage et la première borne du second bobinage. Les trois moyens d'ouverture sont disposés pour recevoir des ordres des moyens d'appel ou de maintiens de manière à se placer respectivement dans un état d'ouverture ou de fermeture, les bobinages étant en mode série lorsque les premier et second moyens d'ouverture ont ouverts et le troisième moyen d'ouverture est fermé, les bobinages étant en mode parallèle lorsque les premier et second moyens d'ouverture sont fermés et le troisième moyen d'ouverture est ouvert.

[0011] De préférence, les moyens de commande comportent des moyens de mesure destinés à détecter le courant passant à travers les deux bobinages.

[0012] Selon un mode développement de l'invention, les moyens de commande comportent des moyens de retombée disposés de manière à commander une contre-tension fournie aux deux bobinages, et commander les moyens de commutation pour placer les deux bobinages en mode parallèle pour engendrer un troisième flux magnétique de retombée pour ouvrir l'actionneur.

[0013] De préférence, les moyens de retombée comportent un quatrième moyen d'ouverture connecté en série avec la diode de roue libre, une diode Zener connectée en parallèle et en inverse aux bornes de la diode de roue libre, le quatrième moyen d'ouverture étant disposé pour être piloté par la sous-unité de commande de manière à se placer dans un état d'ouverture et déconnecter la diode de roue libre, une contre-tension étant appliquée aux bornes des bobinages.

[0014] De préférence, les moyens de commande comportent des moyens de mesure de tension apte à détecter la tension entre la première et seconde borne d'alimentation en tension avant l'opération de fermeture, et à commander la tension fournie aux bobinages en fonction de la tension d'alimentation détectée pendant l'opération de fermeture.

[0015] De préférence, l'actionneur électromagnétique comporte un premier et un second bobinages ayant la même résistance ohmique.

[0016] De préférence, les bobinages sont identiques et comportent la même inductance et le même nombre de spires.

[0017] Avantageusement, les bobinages sont disposés sur deux bobines séparées.

[0018] Avantageusement, les bobinages sont cylindriques et alignés selon le même axe longitudinal.

[0019] Dans un mode de réalisation particulier, l'actionneur électromagnétique comporte des moyens de test commandant de manière cyclique le changement de configuration desdits aux moins deux bobinages au cours de la phase de maintien, les moyens de test envoyant des ordres aux moyens de commutations pour placer temporairement lesdits aux moins deux bobinages en parallèle.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0020] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 représente un schéma électrique d'un actionneur électromagnétique à au moins deux bobinages selon un premier mode préférentiel de réalisation de l'invention ;

la figure 2 représente un schéma électrique d'un actionneur électromagnétique à au moins deux bobinages selon un second mode préférentiel de réalisation de l'invention ;

la figure 3 représente un schéma électrique d'une variante de réalisation des moyens de commutation d'un actionneur électromagnétique selon le premier mode préférentiel de réalisation de la figure 1 ;

la figure 4 représente un schéma électrique d'une variante de réalisation des moyens de commutation d'un actionneur électromagnétique selon les modes de réalisation des figures 1 et 2 ;

la figure 5 représente des courbes traçant l'évolution du rapport des tensions maximale et minimale d'alimentation en fonction du rapport des courants d'appel et de maintien ;

la figure 6 représente une vue en perspective d'un mode particulier de réalisation d'un actionneur selon les modes de réalisation des figures 1 et 2 ;

la figure 7A représente des courbes représentatives de l'évolution du courant dans un bobinage en phase d'appel en fonction de la tension d'alimentation, selon

un mode de réalisation connu ;

la figure 7B représente des courbes représentatives de l'évolution du courant dans un bobinage en phase d'appel en fonction de la tension d'alimentation, selon un mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0021] Selon un premier mode préférentiel de réalisation, l'actionneur électromagnétique comprend un circuit magnétique fixe en matériau ferromagnétique. Le circuit magnétique comprend une culasse ferromagnétique 2 s'étendant selon un axe longitudinal Y. Un noyau ferromagnétique mobile 3 est placé à en vis-à-vis de la culasse. Ledit noyau est monté à coulissement axial selon l'axe longitudinal Y de la culasse. L'actionneur électromagnétique comprend au moins deux bobinages L1, L2. Lesdits au moins deux bobinages s'étendent de préférence selon l'axe longitudinal Y.

[0022] A titre d'exemple tel que représenté sur la figure 6, l'actionneur est de type E. Il peut être envisagé d'autre géométrie d'actionneur à noyau plongeur telle que des actionneurs de type U. Les actionneurs peuvent comporter ou ne pas comporter d'épanouissement polaire ou d'aimants permanents.

[0023] Selon un mode préférentiel de réalisation de l'invention, l'actionneur comprend un premier et un second bobinages L1, L2. Des moyens de commutations 10 placent lesdits au moins deux bobinages L1, L2 en série ou parallèle en fonction de la phase de fonctionnement de l'actionneur.

[0024] Lesdits au moins deux bobinages L1, L2 sont connectés en parallèle pendant une phase d'appel durant laquelle l'actionneur de ferme. Pendant une opération de fermeture de l'actionneur, lesdits au moins deux bobinages L1, L2 engendrent un premier flux magnétique d'appel ϕ_{appel} pour déplacer le noyau mobile 3 d'une première position P1 à une seconde position P2.

[0025] Lesdits au moins deux bobinages sont connectés en série pendant une phase de maintien durant laquelle l'actionneur est maintenu dans une position de fermeture. Lesdits au moins deux bobinages L1, L2 engendrent un second flux magnétique de maintien $\phi_{maintien}$ pour garder le noyau 16 mobile dans sa seconde position P2.

[0026] Des moyens de commande 20 commandent les moyens de commutation 10 pour placer les desdits au moins deux bobinages L1, L2 en mode parallèle ou en mode série.

[0027] Des moyens de commande 20 comportent des moyens de régulation 22 du courant électrique circulant dans lesdits au moins deux bobinages L1, L2.

[0028] En phase d'appel et/ou de maintien, les moyens de commande 20 régulent le courant électrique I circulant dans les deux bobinages L1, L2 de l'actionneur. Cette régulation temporelle est de préférence dépendante d'une consigne qui peut être fonction de plusieurs paramètres pris seuls ou en combinaison.

[0029] La consigne peut être fixée en fonction d'un profil de courant défini selon son évolution en fonction du temps.

[0030] La consigne peut être fixée en fonction d'une constante de temps. Une transition brusque entre la phase d'appel et de maintien est alors observée après une durée prédéterminée.

[0031] La consigne peut être fixée en fonction de la position de l'armature mobile. Une transition brusque entre la phase d'appel et de maintien est alors observée lorsque l'armature mobile de l'actionneur a atteint une position déterminée.

[0032] En outre, la consigne peut aussi être fixée en fonction du temps de fermeture souhaité. Ce temps de fermeture est tributaire de la puissance de la source à l'appel. Cette contrainte peut alors avoir un impact sur la consommation en phase de maintien. La limitation de la consommation en phase de maintien permet de limiter la dissipation thermique.

[0033] Comme représenté sur la figure 1, cette régulation est réalisée par un correcteur 223, qui peut être par exemple un régulateur de type PID (Proportionnel Intégral Dérivé). Le régulateur PID est un organe de contrôle permettant d'effectuer une régulation en boucle fermée de l'actionneur, la régulation devant fonctionner même si les conditions environnementales changent, notamment en cas de changement de la tension d'alimentation de l'actionneur. Le régulateur est associé un amplificateur 224 qui peut être par exemple par un amplificateur à modulation de largeur d'impulsions de type PWM (Pulse Width Modulation). L'amplificateur commande un interrupteur 226. Cette modulation de la largeur des impulsions en fonction de la tension permet d'ajuster la valeur du courant au plus proche de la consigne. Le courant réel qui parcourt lesdits au moins deux bobinages L1, L2 est mesuré par un capteur 225. Un comparateur 222 compare la valeur dudit courant réel à la consigne. Le capteur de courant 225 peut être par exemple un shunt de mesure telle qu'une résistance R1 placée en série avec lesdits au moins deux bobinages L1, L2. La résistance de valeur connue est de préférence de faible.

[0034] A chaque cycle de fonctionnement (fermeture/maintien), les moyens de régulation 22 permettent de fournir de manière reproductible, un courant électrique stable. Comme représenté sur la figure 7B, le courant électrique est alors indépendant de la tension et des variations de température. On obtient alors un actionneur fonctionnant dans une large

plage de tension avec une fenêtre de courants régulés la plus large possible. En outre le fonctionnement se fait de manière relativement insensible aux conditions d'utilisation. Les seules limitations concernent les limites propres de la régulation de type PWM. La régulation est en effet limitée dans une certaine plage de tension entre une valeur minimale et une valeur maximale.

[0035] Le principe du double bobinage permet d'accroître la plage de tension ou le ratio en le courant d'appel et le courant de maintien. En effet ces grandeurs sont liées par la résistance bobine que l'on modifie selon la phase de fonctionnement (appel ou maintien).

[0036] A titre d'exemple de réalisation, comme représenté sur la figure 2, les moyens de régulation 22 comporte un transistor de commande TC pour moduler la tension fournie aux dits au moins deux bobinages L1, L2 selon une modulation d'impulsion en largeur de type PWM. La mesure de courant bobine est réalisée via la résistance R1 associée à un condensateur de filtrage. La mesure est ensuite comparée qui attaque un comparateur pour moduler le PWM et permettre d'obtenir une régulation du courant.

[0037] Les moyens de commande 20 comportent des moyens d'appel 23B, 24, 21, 22 disposés de manière à commander la tension fournie aux dits au moins deux bobinages L1, L2 pendant une opération de fermeture de l'actionneur.

[0038] Les moyens de commande 20 comportent des moyens de maintien 23B, 24, 21, 22 disposés de manière à commander le courant électrique fourni aux dits au moins deux bobinages L1, L2 pendant une opération de maintien de l'actionneur en position fermée.

[0039] Selon un premier mode de réalisation préférentiel de l'invention représenté sur la figure 1, les moyens de commutation 10 comportent un premier moyen d'ouverture T1 connecté en série entre une première borne L1a du premier bobinage L1 et une première borne d'alimentation en tension A. Une deuxième borne L1b du premier bobinage L1 est connectée à une seconde borne d'alimentation en tension B à travers un transistor de commande TC des moyens de régulation 22.

[0040] Les moyens de commutation 10 comportent un second moyen d'ouverture T2 connecté en série entre la seconde borne L1 b du premier bobinage L1 et une seconde borne L2b du second bobinage L2. Ledit second bobinage L2 a une première borne L2a reliée à la première borne d'alimentation en tension A et la deuxième borne L2b reliée à la seconde borne d'alimentation en tension B à travers le transistor de commande TC.

[0041] Un troisième moyen d'ouverture T3 est directement connecté en série entre seconde borne L2b du second bobinage L2 et la première borne L1a du second bobinage L2.

[0042] Comme représenté sur les figures 1 et 2, au moins une diode de roue libre D2 est connectée en parallèle et en inverse entre la seconde borne L1 b du premier bobinage L1 et la première borne L2a du second bobinage L2. La diode D2 n'est donc pas passante lorsque la première borne d'alimentation en tension A est alimentée avec une tension positive.

[0043] Les trois moyens d'ouverture T1, T2, T3 sont disposés pour recevoir des ordres d'une sous-unité de commande 24 de manière à se placer respectivement dans un état d'ouverture et de fermeture et inversement. Les bobinages L1, L2 sont en mode série lorsque les premier et second moyens d'ouverture T1, T2 sont ouverts et le troisième moyen d'ouverture T3 est fermé. Les bobinages L1, L2 sont en mode parallèle lorsque les premier et second moyens d'ouverture T1, T2 sont fermés et le troisième moyen d'ouverture T3 est ouvert.

[0044] De préférence, les premier et second moyens d'ouverture T1, T2 comportent respectivement un transistor pouvant être commandé par la sous-unité de commande 24 des moyens de commande 20. En outre, le troisième moyen d'ouverture T3 comporte de préférence un transistor commandé par la sous-unité de commande 24.

[0045] Les moyens de commande 20 comportent des moyens de mesure R1 destinés à détecter le courant passant à travers les deux bobinages L1, L2. Les moyens de mesure R1 comporte une résistance de mesure du courant connectée en série entre le transistor de commande TC et la seconde borne d'alimentation en tension B.

[0046] Selon une variante de réalisation du premier mode préférentiel telle que représenté sur la figure 3, le troisième moyen d'ouverture T3 comporte une diode de commutation D1 connectée en en parallèle et en inverse au second bobinage L2. L'ajout de la diode de commutation D1 permet de garantir un bon fonctionnement si l'actionnement des premier et second moyens d'ouverture T1, T2 n'est pas synchronisé.

[0047] Selon un mode particulier de réalisation du premier mode préférentiel, l'actionneur électromagnétique comporte une première et une seconde bobine L1, L2. Les deux bobines L1, L2 ont des bobinages identiques, et donc des résistances ohmiques sensiblement identiques, le même nombre de spires ainsi que la même inductance. De préférence, les bobines L1, L2 sont cylindriques et alignées selon le même axe longitudinal Y.

[0048] Grâce à cette configuration, on peut dissocier les contraintes antagonistes rencontrées en phase d'appel et en phase de maintien. En outre, l'actionneur selon l'invention peut être utilisé pour une large plage de tension d'alimentation ce qui le rend très polyvalent.

[0049] Les résistances minimale et maximale du ou des bobinages utilisés fixent la largeur de la plage de tension d'alimentation $U_{\text{maxi}}/U_{\text{mini}}$ en fonction du courant d'appel et de maintien et des rapports cycliques de commande de régulation. Dans une configuration traditionnelle où un seul bobinage est utilisé avec une régulation du courant à l'appel et au maintien, le rapport entre la tension maximale d'utilisation et la tension minimale est définie de la façon suivante :

$$U_{\max i} / U_{\min i} = (\tau_{\max i} \times R_{\text{bobine}_{\min i}}) / (\tau_{\min i} \times R_{\text{bobine}_{\max i}}) \times 1 / (I_{\text{appel}} / I_{\text{maintien}})$$

où $\tau_{\max i}$ correspond au rapport cyclique maximal égal au rapport entre la durée d'impulsion maximale et à la période d'envoi des impulsions et $\tau_{\min i}$ correspond au rapport cyclique minimal égal au rapport entre la durée d'impulsion minimale et à la période d'envoi des impulsions. $R_{\text{bobine}_{\max i}}$ est égal à la résistance maximale du bobinage en phase l'appel et $R_{\text{bobine}_{\min i}}$ est égal la résistance minimale du bobinage en phase de maintien.

[0050] Dans une configuration traditionnelle, la variation de la résistance du bobinage dépend alors essentiellement de la température.

[0051] Selon l'invention, le rapport entre la tension maximale d'utilisation et la tension minimale est définie de la façon suivante :

$$U_{\max i} / U_{\min i} = k \times (\tau_{\max i} \times R_{\text{bobine}_{\min i}}) / (\tau_{\min i} \times R_{\text{bobine}_{\max i}}) \times 1 / (I_{\text{appel}} / I_{\text{maintien}})$$

[0052] Compte tenu que les résistances maximale et minimale des bobinages à l'appel et au maintien sont ajustables et ne dépendent plus seulement de la température, on peut multiplier d'un facteur k le ratio entre la tension maximale d'utilisation et la tension minimale $U_{\max i} / U_{\min i}$. Par exemple, si les résistances des deux bobinages L1, L2 sont identiques, le passage entre le mode série et le mode parallèle permet d'obtenir un facteur k égal à 4. On peut alors augmenter la largeur de la plage de tension d'alimentation et/ou le ratio du courant appel/maintien selon les besoins en relâchant ainsi la contrainte sur l'impédance vue par le circuit de commande.

[0053] Selon un mode de développement de l'invention, le courant maximal d'appel se détermine en fonction d'une valeur de tension minimale $U_{\min i}$ de la plage de tension, pour une température maximale d'utilisation et au rapport cyclique maximal. Le courant maximal d'appel s'exprime selon l'équation suivante :

$$I_{\text{appel}} = U_{\min i} \times (\tau_{\max i}) \times R_{\text{bobine}_{\max i}}$$

où $R_{\text{bobine}_{\max i}}$ est égal à la résistance du bobinage à une température maximale d'utilisation, $U_{\min i}$ est égal à la tension minimale de la plage d'utilisation.

[0054] En outre, le courant minimal de maintien se détermine en fonction d'une valeur de tension maximale $U_{\max i}$ de la plage de tension, pour une température minimale d'utilisation et au rapport cyclique maximal. Le courant minimal de maintien s'exprime selon l'équation suivante :

$$I_{\text{maintien}} = U_{\max i} \times (\tau_{\min i}) \times R_{\text{bobine}_{\min i}}$$

où $R_{\text{bobine}_{\min i}}$ est égal à la résistance du bobinage à une température minimale d'utilisation, $U_{\max i}$ est égal à la tension maximale de la plage d'utilisation.

[0055] La courbe en pointillés 50 de la figure 5 représente l'évolution du rapport des tensions $U_{\max i} / U_{\min i}$ en fonction du rapport des courants d'appel et de maintien $I_{\text{appel}} / I_{\text{maintien}}$ lorsque l'impédance des bobinages varie entre la phase d'appel et la phase de maintien. La courbe en trait plein 51 représente l'évolution du rapport des tensions $U_{\max i} / U_{\min i}$ en fonction du rapport des courants d'appel et de maintien $I_{\text{appel}} / I_{\text{maintien}}$ lorsque l'impédance des bobinages ne varie pas.

[0056] Comme représenté sur la figure 5, on peut ainsi accroître soit la largeur de la plage de tension $U_{\max i} / U_{\min i}$ et/ou le ratio entre le courant d'appel et de maintien $I_{\text{appel}} / I_{\text{maintien}}$. Pour obtenir une plage de tension maximale $U_{\max i} / U_{\min i}$ et un ratio courant $I_{\text{appel}} / I_{\text{maintien}}$ le plus important, il est souhaitable de disposer d'un bobinage ayant la résistance la plus faible à l'appel et la plus élevée au maintien. Selon un mode particulier de réalisation, la résistance peut facilement être multipliée par 4 ($K=4$) entre l'appel et le maintien.

[0057] Selon un second mode préférentiel de réalisation présenté sur la figure 2, les moyens de commande 20 de l'actionneur électromagnétique comportent des moyens de retombée 23A, 24. Les moyens de retombée 23A, 24 sont

disposés de manière à commander une contre-tension fournie aux deux bobinages L1, L2 et à commander les moyens de commutation 10 pour placer les deux bobinages L1, L2 en mode parallèle pour engendrer un troisième flux magnétique de retombée $\phi_{\text{retombé}}$ pour ouvrir l'actionneur.

[0058] Les moyens de retombée 23A, 24 comportent un quatrième moyen d'ouverture T4 connecté en série avec la diode de roue libre D2. Ils comportent une diode Zener Dz connectée en parallèle et en inverse aux bornes de la diode de roue libre D2. Le quatrième moyen d'ouverture T4, de préférence un transistor, est disposé pour recevoir des ordres de la sous-unité de commande 24 de manière à se placer dans un état d'ouverture et déconnecter la diode de roue libre D2, une contre-tension étant alors appliquée aux bornes des bobinages L1, L2.

[0059] Les moyens de retombée 23A, 24 comportent un cinquième moyen d'ouverture T5 connecté en série avec la diode Zener Dz. Le cinquième moyen d'ouverture T5 est disposé pour recevoir ordres de la sous-unité de commande 24 de manière à se placer dans un état de fermeture pendant une opération de retombée, le cinquième moyen d'ouverture T5 étant ouvert pendant les opérations de fermeture ou de maintien de l'actionneur.

[0060] Les moyens de retombée autorisent le passage des bobinages L1, L2 dans un mode parallèle et facilitent la retombée de l'électro-aimant en diminuant le niveau de contre tension nécessaire. Cela entraîne une simplification des circuits électroniques notamment en ce qui concerne des composants Asics qui pourront fonctionner à des tensions plus basse. Ainsi, par rapport aux solutions connues, pour une même valeur de courant au maintien et pour la même valeur de contre tension, le passage en mode parallèle des bobinages permet de démagnétiser plus rapidement et donc d'ouvrir plus rapidement l'actionneur. En outre, pour une même valeur de courant au maintien, pour un même temps de démagnétisation, le fait de placer les bobinages en mode parallèle permet de démagnétiser avec une contre tension plus faible. A titre d'exemple, on obtient une même vitesse de d'ouverture avec une valeur de contre tension deux fois plus faible.

[0061] Selon une autre variante de réalisation du deuxième mode préférentiel, le troisième moyen d'ouverture T3 comporte un transistor connecté en série avec la diode de commutation D1.

[0062] Selon les modes de réalisations représentés sur les figures 1 et 2, les moyens de commande 20 comportent des moyens de mesure tension 25 conçus pour détecter la tension U_{AB} entre la première et seconde borne d'alimentation en tension A, B avant l'opération de fermeture, et commander la tension fournie aux bobinages L1, L2 en fonction de la tension U_{AB} d'alimentation détectée pendant l'opération de fermeture.

[0063] Selon une variante de réalisation des modes préférentiels de réalisation, chaque bobinage L1, L2 peut comporter une diode de roue libre connectée en parallèle et en inverse à ces bornes.

[0064] Lorsque les ordres de commande envoyés à l'actionneur, notamment au moment de la phase de maintien, sont transmis sur de longues distances avec des lignes électriques, la présence de capacités parasites sur les lignes électriques peut générer une tension résiduelle aux bornes de l'actionneur. Cette tension résiduelle peut notamment modifier le temps nécessaire à la détection de la tension de retombée. A titre d'exemple, le temps nécessaire à la détection de la tension de retombée peut être augmenté.

[0065] Ainsi, avec des actionneurs de très faible consommation électrique et en présence de très grandes longueurs de câble d'alimentation, l'annulation de la tension d'alimentation ne provoque pas immédiatement l'ouverture de l'actionneur. Les capacités parasites sont chargées et se comportent comme un filtre ou un écran. Ce problème est incontournable lorsque l'actionneur est à très faible consommation et est alimenté avec une tension élevée.

[0066] L'effet néfaste des capacités parasites sur le temps d'ouverture d'un actionneur peut être limité en réduisant l'impédance de l'actionneur vue de la source d'alimentation en tension. En effet, le fait de réduire l'impédance de l'actionneur permet d'absorber une quantité totale d'énergie plus importante, en absorbant notamment celle contenue dans les capacités parasites.

[0067] La quantité d'énergie totale absorbée dans ces conditions est cependant limitée par la capacité de l'actionneur à supporter des contraintes thermiques. L'énergie due à une variation de tension de la source d'alimentation en présence de capacités parasites doit pouvoir être détectée et absorbée sans provoquer un échauffement excessif de l'actionneur.

[0068] Selon un mode particulier de réalisation des modes précédents, les moyens de commande 20 de l'actionneur électromagnétique comportent des moyens de test commandant de manière cyclique le changement de configuration desdits aux moins deux bobinages L1, L2. Au cours de la phase de maintien, les moyens de test envoient des ordres aux moyens de commutations 10 pour placer temporairement lesdits aux moins deux bobinages L1, L2 en parallèle. La réduction d'impédance de l'actionneur se fait alors au travers du changement de configuration des bobinages du mode série au mode parallèle. Le fait de placer les bobinages L1, L2 en mode parallèle a pour conséquence de réduire l'impédance de l'actionneur d'un facteur k, le facteur k étant égale au rapport entre la résistance des bobinages L1, L2 en mode série et la résistance des bobinages en mode parallèle.

[0069] La constante de temps du circuit électrique RLC constitué des bobinages L1, L2 et des capacités parasites est aussi réduite d'un facteur k. La chute de la tension aux bornes desdites capacités est donc plus rapide et le temps de détection de la tension de retombée est ainsi réduit d'un facteur k. On peut encore augmenter la rapidité de la chute de tension en augmentant le niveau du courant de consigne de la régulation bobine. Dans ce dernier cas, on sera limité par un risque d'échauffement de l'actionneur. Le changement de configuration série-parallèle être fait de préférence de

manière cyclique. La durée de cette phase de test, pendant laquelle les bobinages sont placés en mode parallèle, doit être intégrée dans le temps de détection de la tension de retombée.

5 Revendications

1. Actionneur électromagnétique comprenant :

- un circuit magnétique formé d'une culasse ferromagnétique (2) s'étendant selon un axe longitudinal (Y), et d'un noyau ferromagnétique mobile (3) monté à coulissement axial selon l'axe longitudinal (Y) de la culasse,
- au moins deux bobinages (L1, L2),
- des moyens de commutation (10) des bobinages (L1, L2) d'une position série à une position parallèle et inversement,

caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de commande (20) comprenant :

- des moyens de régulation (22) du courant électrique circulant dans lesdits au moins deux bobinages (L1, L2),
- des moyens d'appel (23B, 24, 21, 22) disposés de manière à :

- commander la tension fournie aux dits au moins deux bobinages (L1, L2) pendant une opération de fermeture de l'actionneur, et
- commander les moyens de commutation (10) pour placer lesdits au moins deux bobinages (L1, L2) en mode parallèle pour engendrer un premier flux magnétique d'appel (ϕ_{appel}) pour fermer l'actionneur,

- des moyens de maintien (23B, 24, 21, 22) disposés de manière à :

- commander le courant fourni aux desdits au moins deux bobinages (L1, L2) pendant une opération de maintien de l'actionneur en position fermée et,
- commander les moyens de commutation (10) pour placer lesdits au moins deux bobinages (L1, L2) en mode série pour engendrer un second flux magnétique de maintien ($\phi_{maintien}$).

2. Actionneur électromagnétique selon la revendication 1 caractérisé en ce que les moyens de régulation (22) comportent un comparateur (222) comparant la valeur d'un courant électrique parcourant lesdits au moins deux bobinages (L1, L2) à une consigne, ledit comparateur (222) étant connecté à un correcteur (223) associé à un amplificateur (224) commandant un interrupteur (226)

3. Actionneur électromagnétique selon la revendication 2 caractérisé en ce que les moyens de régulation (22) comportent un moyen de commande (TC) pour moduler la tension d'alimentation desdits au moins deux bobinages (L1, L2) selon une modulation d'impulsion en largeur de type PWM.

4. Actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comporte un premier et un second bobinages (L1, L2).

5. Actionneur électromagnétique selon la revendication 4 caractérisé en ce que les moyens de commutation (10) comportent :

- un premier moyen d'ouverture (T1) connecté en série entre une première borne (L1a) du premier bobinage (L1) et une première borne d'alimentation en tension (A), une deuxième borne (L1 b) du premier bobinage (L1) étant connectée à une seconde borne d'alimentation en tension (B) à travers le transistor de commande (TC),
 - un second moyen d'ouverture (T2) connecté en série entre la seconde borne (L1 b) du premier bobinage (L1) et une seconde borne (L2b) du second bobinage (L2), ledit second bobinage (L2) ayant une première borne (L2a) reliée à la première borne d'alimentation en tension (A) et la deuxième borne (L2b) reliée à la seconde borne d'alimentation en tension (B) à travers le transistor de commande TC,
 - un troisième moyen d'ouverture (T3) directement connecté en série entre seconde borne (L2b) du second bobinage (L2) et la première borne (L1a) du second bobinage (L2),
 - au moins une diode de roue libre (D2) connectée en parallèle et en inverse entre la seconde borne (L1 b) du premier bobinage (L1) et la première borne (L2a) du second bobinage (L2),
- les trois moyens d'ouverture (T1, T2, T3) étant disposés pour recevoir des ordres des moyens d'appel ou de

maintiens (23B, 24, 21, 22) de manière à se placer respectivement dans un état d'ouverture ou de fermeture ;
 - les bobinages (L1, L2) étant en mode série lorsque les premier et second moyens d'ouverture (T1, T2) sont ouverts et le troisième moyen d'ouverture (T3) est fermé,
 - les bobinages (L1, L2) étant en mode parallèle lorsque les premier et second moyens d'ouverture (T1, T2) sont fermés et le troisième moyen d'ouverture (T3) est ouvert.

6. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de commande (20) comportent des moyens de mesure (R1) destinés à détecter le courant passant à travers les deux bobinages (L1, L2).

7. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de commande (20) comportent des moyens de retombée (23A, 24, 30) disposés de manière à :

- commander une contre-tension fournie aux deux bobinages (L1, L2),
- commander les moyens de commutation (10) pour placer les deux bobinages (L1, L2) en mode parallèle pour engendrer un troisième flux magnétique de retombée (ϕ_{retomb}).

8. Actionneur électromagnétique selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les moyens de retombée (23A, 24, 30) comportent :

- un quatrième moyen d'ouverture (T4) connecté en série avec la diode de roue libre (D2),
- une diode Zener (Dz) connectée en parallèle et en inverse aux bornes de la diode de roue libre (D2),

le quatrième moyen d'ouverture (T4) étant disposé pour être piloté par la sous-unité de commande (24) de manière à se placer dans un état d'ouverture et déconnecter la diode de roue libre (D2), une contre-tension étant appliquée aux bornes des bobinages (L1, L2).

9. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de commande (20) comportent des moyens de mesure de tension (25) apte à :

- détecter la tension (U_{AB}) entre la première et seconde borne d'alimentation en tension (A, B) avant l'opération de fermeture, et,
- commander la tension fournie aux bobinages (L1, L2) en fonction de la tension (U_{AB}) d'alimentation détectée pendant l'opération de fermeture.

10. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte un premier et un second bobinages (L1, L2) ayant la même résistance ohmique

11. actionneur électromagnétique selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les bobinages (L1, L2) sont identiques et comportent la même inductance et le même nombre de spires.

12. Actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 10 à 11 **caractérisé en ce que** les bobinages (L1, L2) sont disposés sur 2 bobines séparées.

13. Actionneur électromagnétique selon l'une des revendications 10 à 12 **caractérisé en ce que** les bobinages (L1, L2) sont cylindriques et alignés selon le même axe longitudinal (Y).

14. Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens de test commandant de manière cyclique le changement de configuration desdits aux moins deux bobinages (L1, L2) au cours de la phase de maintien, les moyens de test envoyant des ordres aux moyens de commutations (10) pour placer temporairement lesdits aux moins deux bobinages (L1, L2) en parallèle.

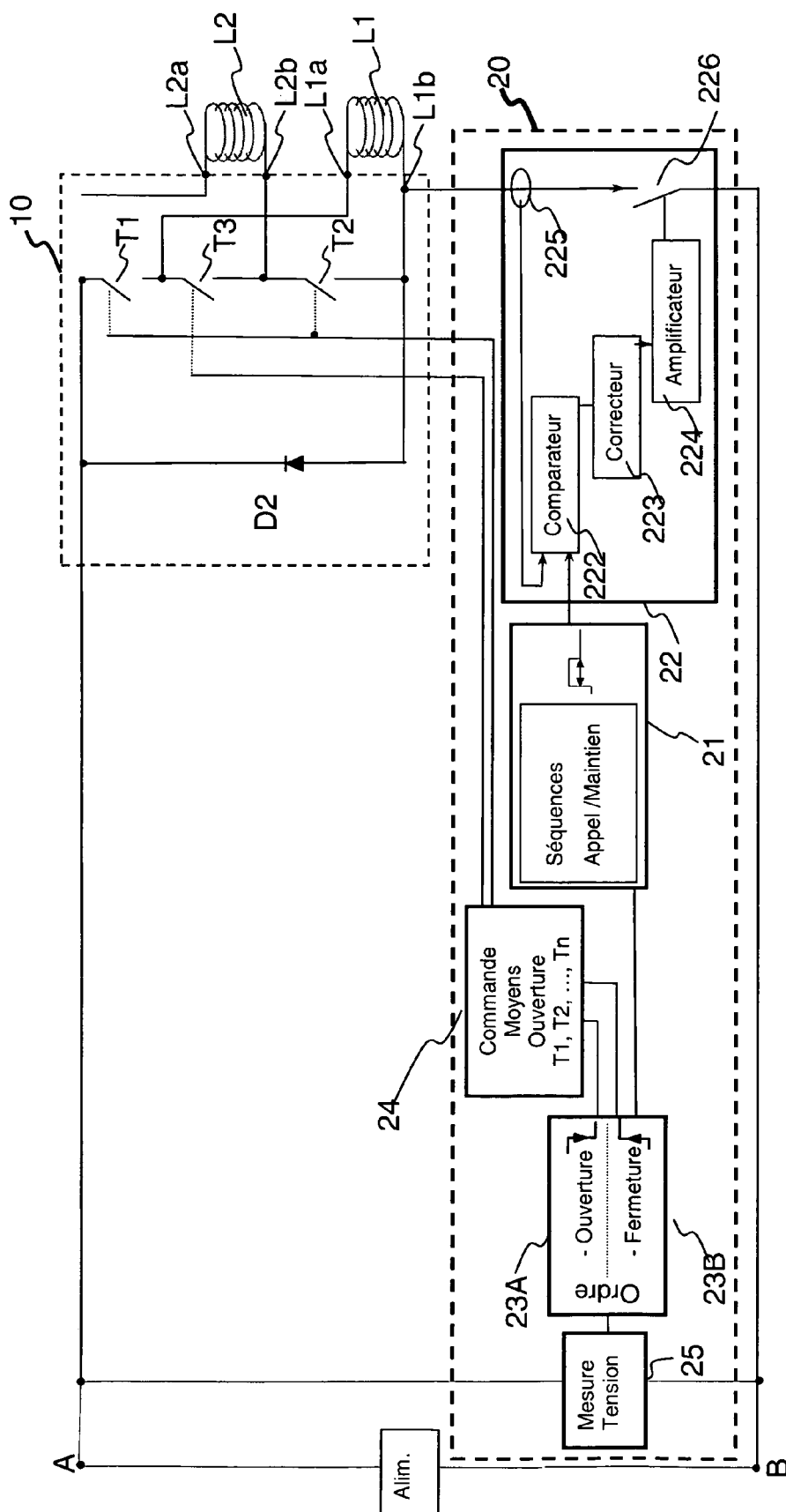


Fig. 1

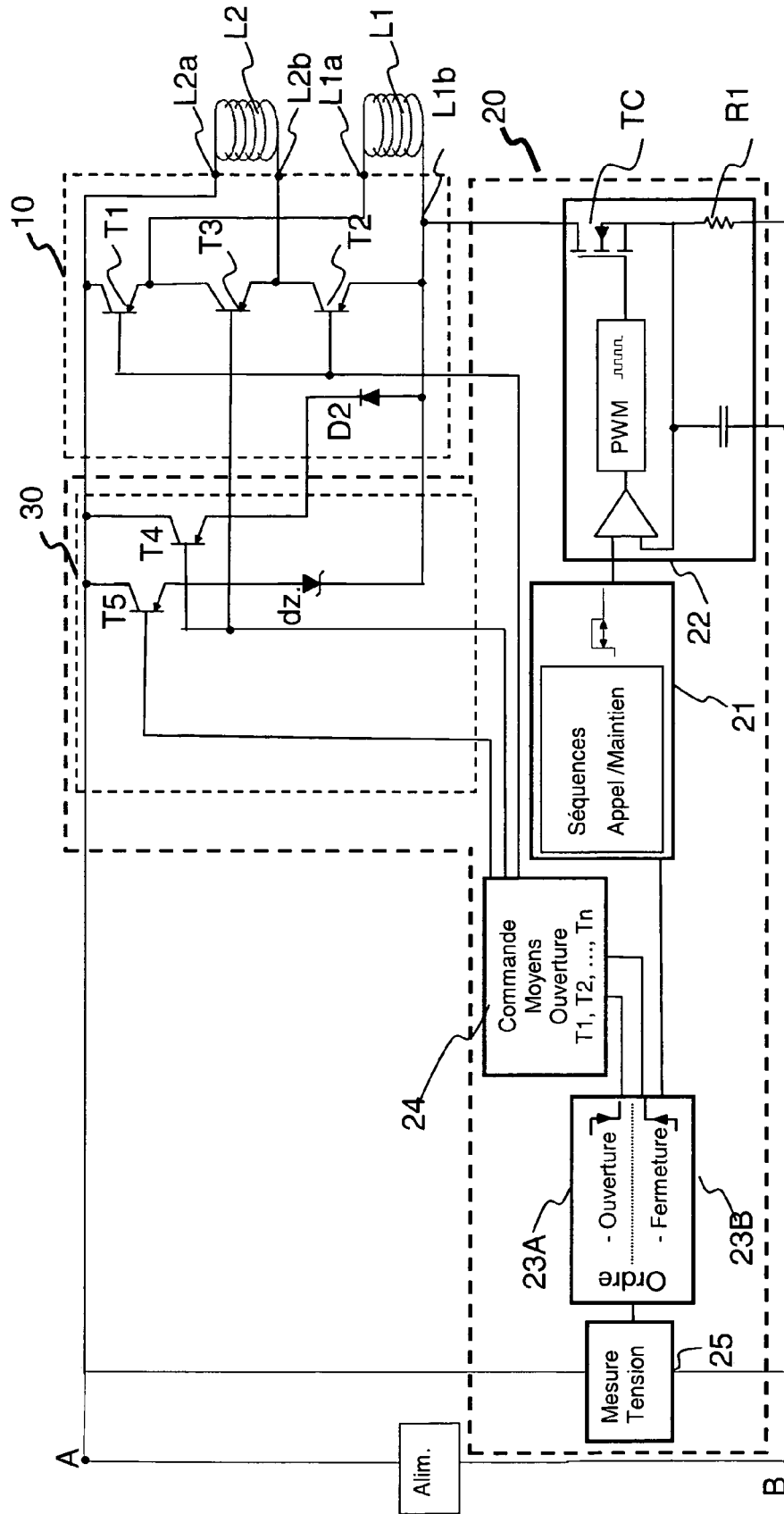


Fig. 2

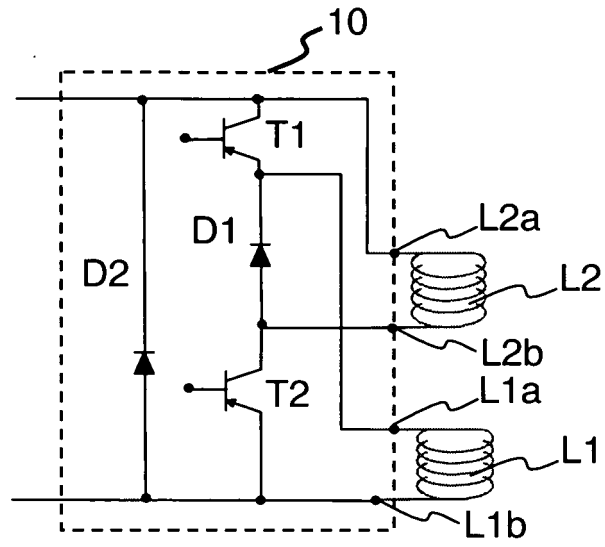


Fig. 3

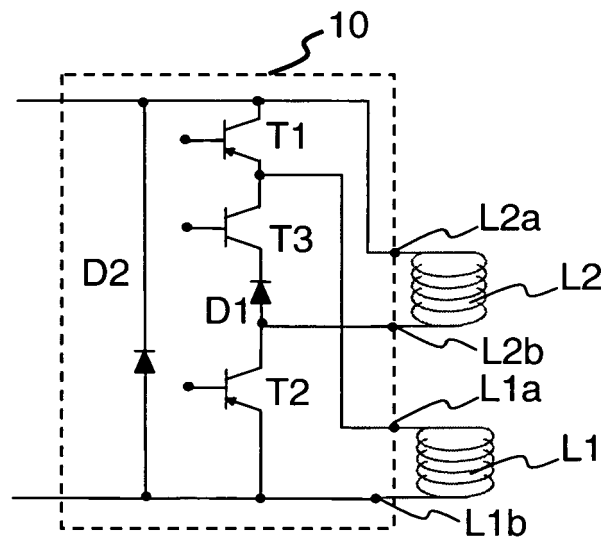


Fig. 4

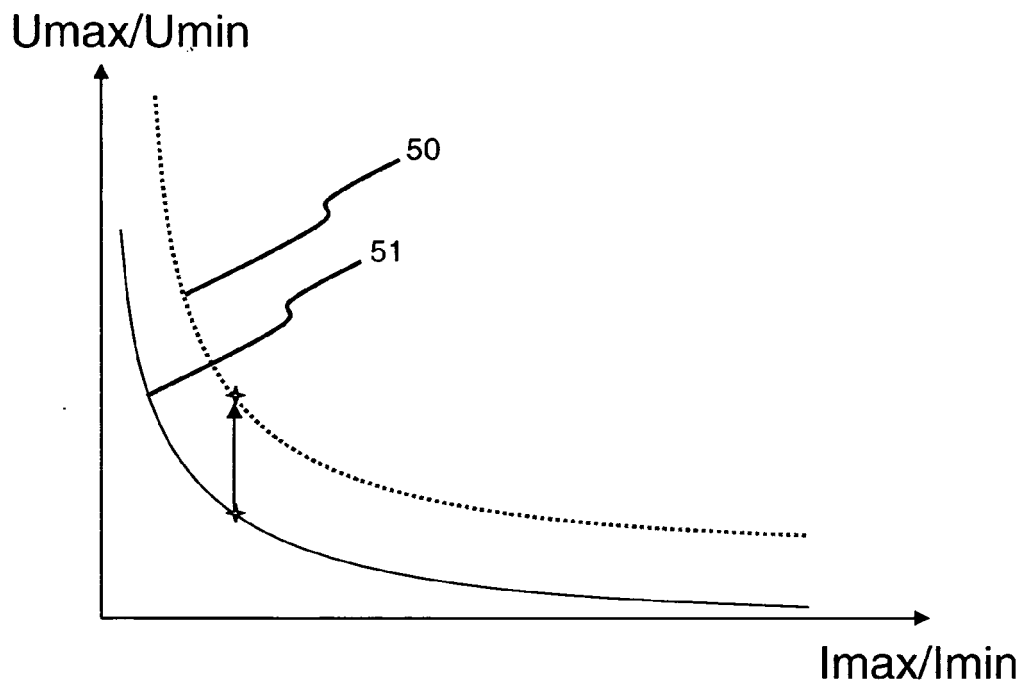


Fig. 5

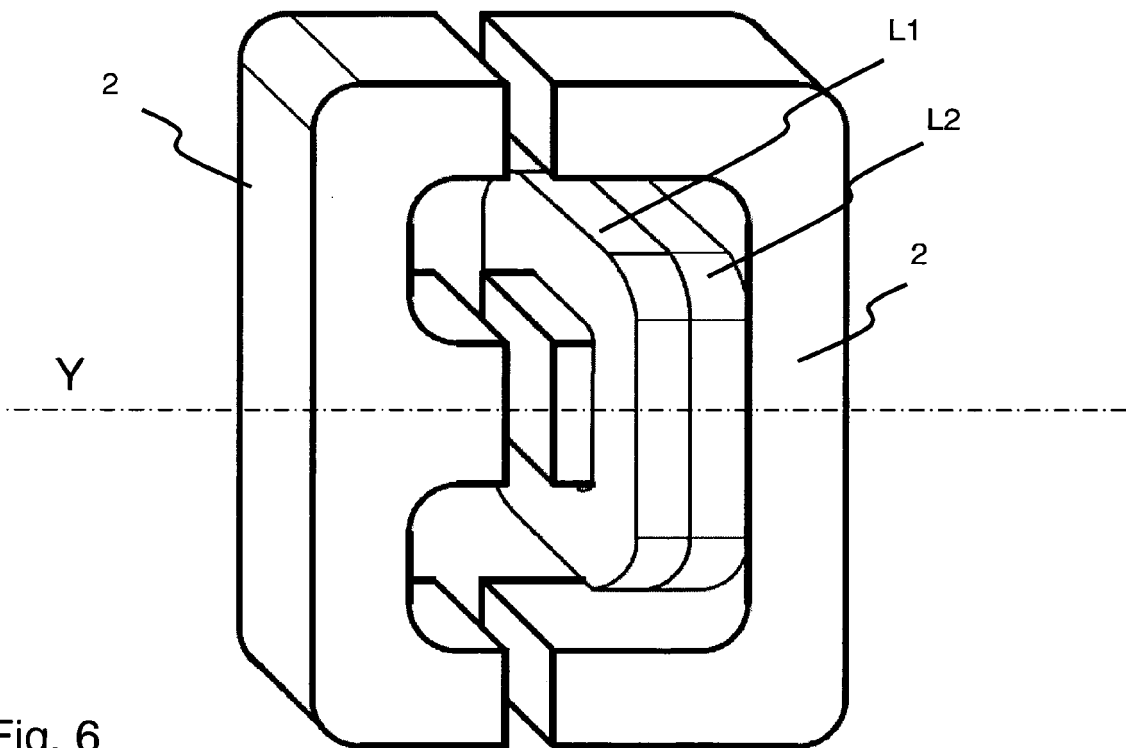


Fig. 6

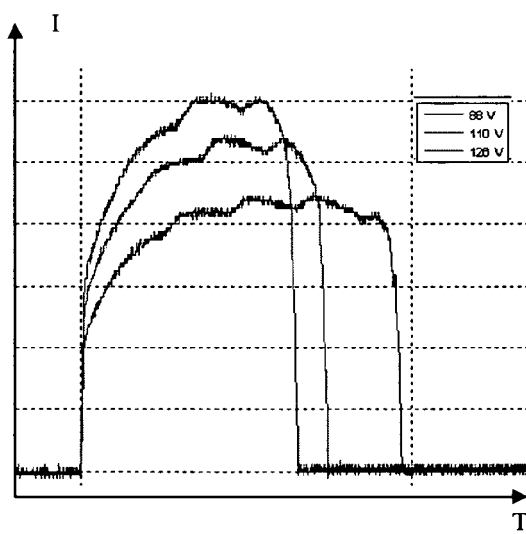


Fig. 7A

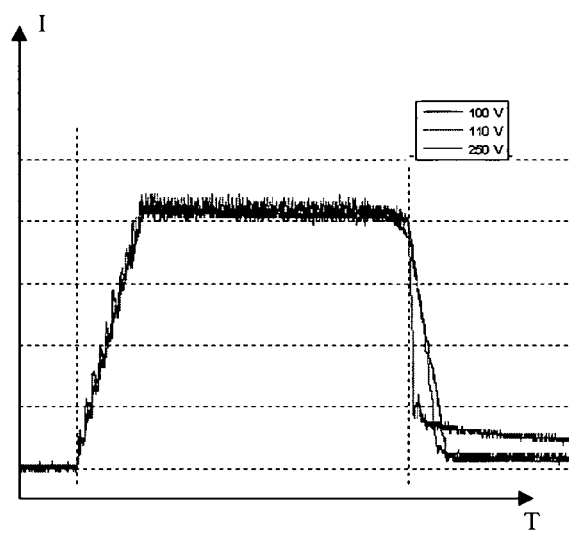


Fig. 7B



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 08 35 4047

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	DE 197 41 570 A1 (LEIBER HEINZ [DE]) 25 mars 1999 (1999-03-25) * le document en entier *	1-13	INV. H01F7/18
A	-----	14	
X	WO 99/06677 A (LSP INNOVATIVE AUTOMOTIVE SYST [DE]; LEIBER KARL HEINZ [DE]) 11 février 1999 (1999-02-11) * le document en entier *	1-13	
A	-----	14	
X	GB 1 502 676 A (IBM [DE]) 1 mars 1978 (1978-03-01) * page 2, ligne 64-75 * * page 6, ligne 53 - page 7, ligne 54; figures 13,14 *	1-13	
A	-----	14	
A	WO 02/061780 A (VENTURE SCIENT LLC [US]) 8 août 2002 (2002-08-08) * page 7, ligne 21 - page 8, ligne 17 * * page 19, ligne 3-27 * * page 47, ligne 4-11 * * page 82, ligne 16 - page 83, ligne 18; figure 10 * * page 96, ligne 1 - page 98, ligne 5; figure 13 *	1,5,7-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01F H01H
A	US 4 688 138 A (NAGATA OSAMU [JP] ET AL) 18 août 1987 (1987-08-18) * colonne 4, ligne 1 - colonne 7, ligne 40; figures 1,2 *	1,5,7,8	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 9 octobre 2008	Examineur Teske, Ekkehard
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

6

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 35 4047

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-10-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19741570	A1	25-03-1999	AUCUN	
WO 9906677	A	11-02-1999	EP 0998623 A1	10-05-2000
GB 1502676	A	01-03-1978	CA 1016598 A1	30-08-1977
			DE 2421219 A1	06-11-1975
			FR 2269818 A1	28-11-1975
			IT 1034371 B	10-09-1979
			JP 995292 C	30-04-1980
			JP 50150821 A	03-12-1975
			JP 54028928 B	20-09-1979
			US 4072888 A	07-02-1978
WO 02061780	A	08-08-2002	CA 2436155 A1	08-08-2002
			EP 1356486 A1	29-10-2003
			JP 2004525592 T	19-08-2004
US 4688138	A	18-08-1987	DE 3576987 D1	10-05-1990
			EP 0184940 A2	18-06-1986
			JP 1417366 C	22-12-1987
			JP 61140113 A	27-06-1986
			JP 62027523 B	15-06-1987

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2290009 [0002]
- US 4227231 A [0002]
- US 4609965 A [0002]
- EP 1009003 A [0002] [0003]
- FR 2568715 [0003]
- EP 1009004 A [0003]
- EP 0998623 A [0004]