

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.04.04.

30 Priorité : 03.04.03 DE 10315282.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.10.04 Bulletin 04/41.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT — DE.

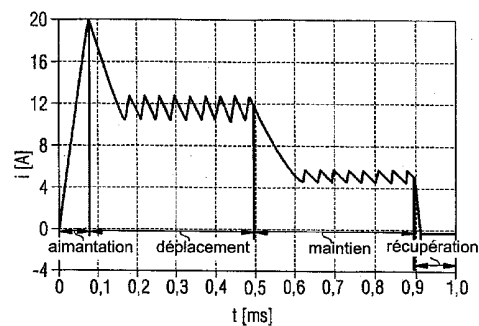
72 Inventeur(s) : BOLZ STEPHAN et LUGERT GUNTER.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET JP COLAS.

54 CONFIGURATION DE CIRCUIT ET PROCÉDE POUR L'ACTIVATION D'UNE ELECTROVANNE BISTABLE.

57 L'invention concerne une configuration de circuit pour l'activation d'une électrovanne bistable, dans laquelle une bobine d'électroaimant doit être alimentée par une impulsion électrique, pour commuter l'électrovanne d'un premier état stable de vanne dans un second état stable de vanne, comprenant une source de tension d'alimentation pour la mise à disposition d'une tension d'alimentation, un dispositif d'alimentation électrique alimenté par la source de tension d'alimentation et activable pour la durée de l'impulsion électrique par un signal d'activation fourni, pour la génération d'un courant de bobine (i) s'écoulant à travers la bobine d'électroaimant, le courant de bobine (i) étant réglé à une valeur de consigne, des moyens de conversion étant prévus pour diminuer la valeur de consigne pour le courant de bobine au cours de l'impulsion électrique. L'invention concerne par ailleurs un procédé d'activation correspondant. Ceci permet de réduire avantageusement la dissipation de puissance lors de l'activation d'électrovannes bistables.



L'invention concerne une configuration de circuit ainsi qu'un procédé d'activation d'une électrovanne bistable, dans lesquels une bobine d'électroaimant doit être alimentée par une impulsion électrique pour commuter l'électrovanne d'un premier état stable de vanne en un second état stable de vanne. Des électrovannes 5 bistables de ce type se caractérisent en ce qu'elles ne nécessitent aucun courant de commande dans les états stables, mais qu'elles nécessitent un courant de commande (impulsion électrique) uniquement à des fins de commutation.

Des électrovannes bistables sont utilisées par exemple pour des actionneurs hydrauliques à commutation rapide et pour des servovalves amplifiées par 10 hydraulique dans des véhicules automobiles. A cet effet, une électrovanne utilisée pour ouvrir et pour fermer un passage hydraulique peut être maintenue dans une position finale respective par des forces magnétiques rémanentes d'une pièce conductrice de flux (culasse). Pour maintenir les forces de maintien nécessaires à un faible niveau, des vannes de ce type sont généralement à compensation de pression 15 pour qu'à cet effet la pression hydraulique n'exerce aucune force dans le sens d'un actionnement de la vanne (« vannes à compensation de pression »).

La figure 1 est la représentation schématique de la structure de principe d'une électrovanne bistable connue (parution sur Internet sous www.sturmanindustries.com, novembre 2002). L'électrovanne 1 a un corps 3 qui est traversé par des conduites 20 hydrauliques 5, 7 et 9 s'étendant vers l'intérieur du corps 3. A l'intérieur du corps 3, un noyau d'aimant 11 qui, pour des vannes de ce type, est également désigné par pointeau de soupape ou « spool », est guidé de façon déplaçable.

Dans la figure 1, le noyau d'aimant 11 se trouve dans sa position finale gauche. Dans cette position, toutes les conduites hydrauliques 5, 7 et 9 se trouvent 25 en liaison par fluide les unes avec les autres (électrovanne ouverte) par l'intermédiaire de conduites disposées de manière appropriée à l'intérieur du noyau d'aimant 11 (non représentées), alors qu'en revanche dans une position finale droite du noyau d'aimant 11, ces conduites hydrauliques 5, 7 et 9 sont séparées les unes des autres (électrovanne fermée).

30 Pour commuter le noyau d'aimant 11 entre ses deux positions stables, l'électrovanne 1 est équipée de deux enroulements d'électroaimant ou de deux bobines d'électroaimant 13 et 15, qui sont alimentées par une impulsion électrique, pour tirer le noyau d'aimant 11 vers la gauche d'une part pour ouvrir la vanne 1 (bobine d'électroaimant 13) et pour le tirer vers la droite d'autre part (bobine 35 d'électroaimant 15) pour fermer la vanne 1. Le flux magnétique généré par les bobines d'électroaimant 13 et 15 est conduit et amplifié de façon connue à l'aide de pièces conductrices de flux 17 et 19 qui, comme le noyau d'aimant 11, sont

constituées d'un matériau électromagnétique doux.

Des applications typiques pour des électrovannes bistables de ce type sont des dispositifs électro-hydrauliques dans des véhicules automobiles, par exemple des injecteurs à diesel renforcés par hydraulique et des réglages de distribution à actionnement hydraulique (soupapes d'admission/soupapes d'échappement) pour des moteurs à combustion interne.

Une configuration de circuit reposant sur des développements internes de la Demanderesse et destinée à activer une électrovanne bistable, comme l'électrovanne représentée en figure 1, est représentée en figure 2, à des fins de simplification, seule la partie du circuit pour l'alimentation en courant d'une bobine d'électroaimant 13 d'une électrovanne bistable étant représentée en figure 2. En pratique, une partie de circuit identique est utilisée pour l'activation de la seconde bobine d'électroaimant.

En figure 2, on reconnaît une source de tension d'alimentation pour la mise à disposition d'une tension d'alimentation U_v qui dans l'exemple de réalisation représenté est de 48 V et qui correspond par exemple à la tension de sortie d'un transformateur de tension C.C/C.C d'une alimentation en tension embarquée dans un véhicule automobile.

En figure 2, la bobine d'électroaimant 13 est représentée par son schéma équivalent (inductance L_{coil} et résistance ohmique R_{coil}). Des valeurs typiques sont $L_{coil} = 150 \mu H$ et $R_{coil} = 1 \Omega$. L'impulsion électrique utilisée pour la commutation de l'électrovanne (courant de bobine) a une durée de typiquement 1 ms et une valeur de crête d'environ 20 A. Pour aboutir à cette valeur de crête du courant de bobine, une tension de 20 V environ serait suffisante pour la valeur citée de R_{coil} . Mais pour accumuler rapidement le courant de bobine au début de l'impulsion électrique, une tension nettement plus élevée, à savoir la tension d'alimentation U_v de 48 V est amenée à la bobine d'électroaimant 13. Si l'on applique la tension d'alimentation U_v sur la bobine d'électroaimant 13 au début du processus de commutation, le courant i à travers l'enroulement augmente selon l'équation $di/dt = U_v/L_{coil}$, ce dont il ressort que l'augmentation du courant de bobine i est d'autant plus rapide que la tension U_v amenée à l'enroulement est élevée.

Dans la pratique, la dissipation de puissance générée dans la résistance de la bobine R_{coil} limite la fréquence de commutation de l'électrovanne. Ceci limite, par exemple dans le cas de systèmes diesel haute pression (« Common Rail ») à injection multiple, le nombre des processus d'injection possibles à des vitesses rapides du moteur. De la même façon, la dissipation de puissance résultant de l'activation d'une vanne en ayant recours à des électrovannes de ce type représente également un défi technique qui rend souvent nécessaires des mesures

supplémentaires et onéreuses d'évacuation de chaleur. Pour limiter la dissipation de puissance dans l'exemple représenté, on procède à une régulation du courant de bobine pour la durée de l'impulsion électrique, qui est encore détaillée ci-dessous.

Le circuit est activé par le signal « Enable » qui est généré par exemple par un microcontrôleur. Si ce signal Enable de validation ou d'activation dispose d'un niveau logique haut, un transistor (FET) T2, sur la grille duquel le signal de validation est directement appliqué, est commuté à l'état passant. Par ailleurs, au moins au début de l'impulsion électrique, un transistor (FET) T1 est également commuté à l'état passant, en ce que le niveau haut est également appliqué sur la grille du transistor T1, et ce indirectement par l'intermédiaire d'un organe ET 30 qui reçoit le signal de validation sur une borne d'entrée IN1 et dont la sortie est reliée à la grille de T1. Les transistors T1 et T2 forment un dispositif de commutation électrique qui dans un premier état de commutation (T1 et T2 passants) amène la tension d'alimentation U_v à la bobine d'électroaimant 13. Dans cet état, le courant de bobine s'écoule à partir de la source de tension d'alimentation par l'intermédiaire de T1, Lcoil, Rcoil, T2 et finalement par l'intermédiaire d'une résistance de mesure de courant de bobine Rsense de retour vers la source de tension d'alimentation. Dans un second état de commutation, T1 est pourtant commuté à l'état bloqué par application d'un niveau bas sur une seconde borne d'entrée IN2 de l'organe ET 30, pour qu'un circuit électrique de marche à vide soit prévu pour le courant de bobine. Selon la description explicite ci-dessous, le niveau sur la seconde connexion d'entrée IN2 est activé en fonction du courant de bobine. Dans cet état, le courant de bobine s'écoule à partir d'un pôle (0) de la source de tension d'alimentation par l'intermédiaire d'une diode D2, de la bobine d'électroaimant 13, du transistor T2 et finalement de la résistance de mesure Rsense de retour vers le pôle 0 de la source de tension d'alimentation.

Dans le cadre d'une régulation du courant de bobine i , le dispositif de commutation électrique T1, T2 fait office, pendant la durée de l'impulsion électrique, d'organe de régulation du courant de bobine à un courant cible souhaité (valeur de consigne) de 20 A dans ce cas. A cet effet, une valeur réelle pour le courant de bobine est mesurée sur la résistance de mesure Rsense en tant que chute de tension, amplifiée à l'aide d'un amplificateur différentiel Diff_Amp et la tension amplifiée est comparée à l'aide d'un comparateur Komp avec une tension de référence V_{ref} , dont le signal de sortie est délivré à la seconde entrée IN2 de l'organe ET 30.

Ces composants visibles dans le bas de la figure 2 forment donc un dispositif de prédéfinition de valeur de consigne, qui prédéfinit une valeur de consigne pour le courant de bobine, un dispositif de mesure pour la mesure d'une valeur réelle du

courant de bobine et un régulateur pour la génération d'un signal de déviation à partir de la valeur de consigne et de la valeur réelle du courant de bobine et pour l'activation du dispositif de commutation électrique.

5 Le comparateur Komp dispose d'une hystérèse, pour qu'en cas de dépassement d'une limite supérieure $V_{ref} + V_{hyst}$, sa sortie commute sur le niveau bas, pour ne recommuter sur le niveau haut que si on repasse en dessous d'une limite inférieure $V_{ref} - V_{hyst}$.

10 Au début de l'impulsion électrique, la chute de tension sur la résistance R_{sense} est minime. Ensuite, le courant augmente dans le temps et la chute de tension amplifiée par l'amplificateur différentiel Diff_Amp dépasse la limite supérieure $V_{ref} + V_{hyst}$. La sortie du comparateur Komp commute sur le niveau bas, suite à quoi la sortie de l'organe ET 30 commute également sur le niveau bas. Le transistor T1 est commuté à l'état bloqué de ce fait. La courbe temporelle correspondante du courant de bobine i apparaît dans la figure 3 (flanc montant).

15 Entraîné par la f.c.e.m. (force contre-électromotrice) de l'inductance L_{coil} , le potentiel sur la source du transistor T1 va baisser jusqu'à ce que (à environ $-0,7$ V, par exemple) la diode de roue libre D1 devienne conductrice et prenne en charge le courant de bobine. Le courant de bobine continue à circuler dans le circuit de marche à vide (D2, L_{coil} , R_{coil} , T2, R_{sense}), sa valeur baissant lentement à cet effet. S'il est tombé
20 si bas que la chute de tension amplifiée par l'amplificateur différentiel n'atteint plus la limite inférieure $V_{ref} - V_{hyst}$ à la résistance de mesure, la sortie du comparateur commute à nouveau sur le niveau haut, suite à quoi le transistor T1 est à nouveau passant, par l'intermédiaire de l'organe ET 30. En conséquence de quoi, le courant de bobine va de nouveau grimper jusqu'à ce que le point de déconnexion décrit ci-
25 dessus soit à nouveau atteint. Le courant oscille donc périodiquement de part et d'autre entre la limite supérieure et la limite inférieure selon la représentation dans la zone centrale en figure 3.

30 A la fin de l'impulsion électrique, le signal de validation Enable commute à présent sur le niveau bas, pour que les transistors T1 et T2 soient simultanément dans un état bloqué. Entraînée par la force contre-électromotrice de l'inductance L_{coil} , la tension s'inverse sur la bobine d'électroaimant 13 et il en résulte un flux de courant à travers les diodes D1 et D2, à partir de la bobine d'électroaimant 13 dans la source de tension d'alimentation. L'inductance se décharge (recircule) donc dans l'alimentation en tension. Dans cette phase, la force contre-électromotrice s'effondre
35 et la tension sur la bobine d'électroaimant 13 ainsi que le courant de bobine tombent rapidement à zéro. Ceci est reproduit dans la partie de droite en figure 3 (flanc descendant).

La dissipation de puissance dans cette configuration de circuit est essentiellement définie par les durées de commutation du transistor T1 car, à chaque processus de commutation, la tension drain-source traverse la plage de potentiel de 0 à 48 V à plein courant de bobine. A cet effet, la dissipation de puissance de crête momentanée sur le transistor T1 peut être par exemple de 1 kW. Une augmentation des perturbations de CEM (compatibilité électromagnétique) qui en découle s'oppose toutefois à une diminution des durées de commutation dans le but de diminuer la dissipation de puissance sur T1, car si les durées de commutation s'amenuisent, le spectre de fréquences généré contient de plus en plus de portions à plus haute fréquence. Il faut donc trouver un compromis entre la dissipation de puissance (échauffement) et la perturbation de CEM générée, la marge de manœuvre étant généralement très restreinte dans les deux directions.

En conséquence de quoi, l'un des buts de la présente invention consiste à éliminer les inconvénients cités ci-dessus et à créer notamment une configuration de circuit et un procédé pour l'activation d'une électrovanne bistable, qui permettent une faible dissipation de puissance ou des temps de commutation plus importants pour une dissipation de puissance définie.

Ce but est atteint selon l'invention par une configuration de circuit pour l'activation d'une électrovanne bistable, dans laquelle une bobine d'électroaimant doit être alimentée par une impulsion électrique pour commuter l'électrovanne d'un premier état stable de vanne dans un second état stable de vanne, comprenant

- une source de tension d'alimentation pour la mise à disposition d'une tension d'alimentation,

- un dispositif d'alimentation électrique alimenté par la source de tension d'alimentation et activable pour la durée de l'impulsion électrique par un signal d'activation fourni, pour la génération d'un courant de bobine s'écoulant à travers la bobine d'électroaimant, le courant de bobine étant réglé à une valeur de consigne,

- des moyens de conversion étant prévus, pour diminuer la valeur de consigne pour le courant de bobine au cours de l'impulsion électrique.

La configuration de circuit selon l'invention peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques avantageuses suivantes :

- la configuration de circuit est conçue pour prédéfinir la valeur de consigne pour le courant de bobine de façon à ce qu'à l'atteinte de cette valeur de consigne, on obtienne une aimantation sensiblement totale du matériau électromagnétique doux qui est disposé dans l'électrovanne pour l'amplification du flux magnétique provoqué par la bobine d'électroaimant ;

- les moyens de conversion sont conçus pour diminuer abruptement à une

valeur de consigne inférieure la valeur de consigne pour le courant de bobine lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois ;

- les moyens de conversion sont conçus pour diminuer encore davantage, notamment de façon abrupte, la valeur de consigne diminuée après écoulement d'une période de temps prédéfinie ;

- la configuration est conçue pour prédéfinir la période de temps en fonction d'au moins un signal de grandeur de mesure.

Le but énoncé plus haut est également atteint selon l'invention par un procédé pour l'activation d'une électrovanne bistable, dans lequel une bobine d'électroaimant doit être alimentée par une impulsion électrique pour commuter l'électrovanne d'un premier état stable de vanne dans un second état stable de vanne, comprenant

- la mise à disposition d'une tension d'alimentation,
- l'alimentation électrique à partir de la tension d'alimentation pour la durée de l'impulsion électrique pour générer un courant de bobine s'écoulant à travers la bobine d'électroaimant, le courant de bobine étant réglé sur une valeur de consigne,
- la diminution de la valeur de consigne pour le courant de bobine au cours de l'impulsion électrique.

Le procédé selon l'invention peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques avantageuses suivantes :

- la valeur de consigne pour le courant de bobine est prédéfinie de façon telle que lors de l'atteinte de ladite valeur de consigne, on assiste à une aimantation sensiblement totale du matériau électromagnétique doux qui est disposé dans l'électrovanne pour l'amplification du flux magnétique généré par la bobine d'électroaimant ;

- la valeur de consigne du courant de bobine est diminuée abruptement à une valeur de consigne inférieure lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois ;

- la valeur de consigne diminuée est encore diminuée davantage, notamment de façon abrupte, après écoulement d'une période de temps prédéfinie ;

- la période de temps est prédéfinie en fonction d'au moins un signal de grandeur de mesure.

Dans la configuration de circuit selon l'invention, on assiste à une commande temporellement modifiable du courant de bobine, à savoir à une diminution d'une valeur de consigne pour le courant de bobine au cours de l'impulsion électrique. A cet effet, la courbe temporelle concrète du courant de bobine peut être adaptée de façon optimale aux exigences de fonctionnement de l'électrovanne qui doit être activée. Dans tous les cas, la diminution du courant de bobine engendre dans la pratique une

nette diminution des pertes dans le circuit d'activation et également dans la résistance de l'enroulement de la bobine d'électroaimant. Grâce à la consommation en courant de la bobine d'électroaimant qui est moyennée sur la durée d'une impulsion électrique et qui est donc également plus faible au cours de la durée d'exploitation globale, les exigences concernant la performance de la source de tension d'alimentation baissent. Ceci est très significatif par exemple si la source de tension d'alimentation est réalisée sous la forme d'un régulateur de commutation, dont la structure peut être alors nettement plus simple et plus économique. Aussi bien dans le circuit d'activation que dans un tel régulateur de commutation pour l'alimentation en tension de service, la dissipation de puissance se réduit de façon si nette qu'il est possible de réaliser un appareil de commande pour les véhicules automobiles englobant les deux fonctions, ce qui se traduit par une réalisation plus simple et moins coûteuse de ces deux fonctions. Une évacuation de chaleur, usuelle par ailleurs, de cet appareil peut être réalisée notamment de façon relativement simple. La faible dissipation de puissance permet même de réunir sur un seul circuit imprimé les fonctions d'activation de la vanne et d'alimentation en courant de commutation (régulateur de commutation).

L'invention permet d'obtenir un autre effet surprenant qui consiste en ce que la « phase de déchargement » (récupération) de l'inductance de l'enroulement de la bobine d'électroaimant est raccourcie. Cet effet repose sur le fait qu'à la fin de l'impulsion électrique, le courant de bobine est à la valeur de consigne diminuée (ou à la valeur de consigne davantage diminuée) et que donc la récupération commence avec un courant comparativement plus faible dans la bobine et que de ce fait, elle finit plus tôt. Ceci diminue avantageusement la période minimale entre l'ouverture et la fermeture (ou inversement) de l'électrovanne utilisée. Ceci est très significatif par exemple, si l'électrovanne est un injecteur de carburant dans un moteur à combustion interne, car la quantité minimale qu'il est possible d'injecter peut alors être diminuée. Ce qui est à nouveau avantageux dans le cadre d'une optimisation de la consommation en carburant et/ou de l'émission des gaz d'échappement des moteurs à combustion interne.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, la configuration de circuit comprend un dispositif de régulation électrique pour la régulation du courant de bobine à la valeur de consigne, comprenant

a) un dispositif de commutation électrique qui dans un premier état de commutation amène la tension d'alimentation à la bobine d'électroaimant et dans un second état de commutation prévoit un circuit électrique de marche à vide pour le courant de bobine,

b) un dispositif de prédéfinition de valeur de consigne, permettant de

prédéfinir la valeur de consigne pour le courant de bobine,

c) un dispositif de mesure pour mesurer une valeur réelle du courant de bobine,

5 d) un régulateur pour générer un signal de déviation à partir de la valeur de consigne et de la valeur réelle du courant de bobine et pour activer en conséquence le dispositif de commutation électrique,

le dispositif de régulation électrique étant muni des moyens de conversion, pour diminuer la valeur de consigne du courant de bobine lors de la première atteinte de cette valeur de consigne, lorsque l'impulsion électrique a commencé.

10 De manière correspondante, le procédé selon l'invention comprend dans un mode de réalisation avantageux une régulation électrique du courant de bobine à la valeur de consigne, la régulation électrique comprenant :

15 a) l'alimentation de la bobine d'électroaimant par la tension d'alimentation dans un premier état de commutation et la création d'un circuit électrique de marche à vide pour le courant de bobine dans un second état de commutation,

b) la prédéfinition d'une valeur de consigne du courant de bobine,

c) la mesure d'une valeur réelle du courant de bobine,

20 d) la génération d'un signal de déviation à partir de la valeur de consigne et de la valeur réelle pour le courant de bobine et la commutation correspondante entre le premier état de commutation et le second état de commutation,

le procédé comprenant également la diminution de la valeur de consigne pour le courant de bobine lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois, 25 après le début de l'impulsion électrique.

Avec ces modes de réalisation facilement réalisables de la configuration de circuit ou du procédé selon l'invention, l'invention peut aussi être utilisée pour prévoir des durées de commutation relativement importantes avec une dissipation de puissance admissible définie, lors d'une alimentation électrique cadencée de la 30 bobine. Une diminution significative des perturbations de compatibilité électromagnétique, provoquées par les processus de commutation est liée à un ralentissement de telles durées de commutation.

35 Les formes de réalisation selon lesquelles la valeur de consigne pour le courant de bobine est prédéfinie de façon telle que lors de l'atteinte de ladite valeur de consigne, on assiste à une aimantation sensiblement totale du matériau électromagnétique doux qui est disposé dans l'électrovanne pour l'amplification du flux magnétique généré par la bobine d'électroaimant, optimisent l'activation dans la

mesure où l'on obtient une aimantation sensiblement totale du matériau électromagnétique doux amplifiant le flux magnétique, bien que le courant de bobine, moyenné sur la durée de l'impulsion électrique soit comparativement faible. On sait que cela est suffisant pour la saturation magnétique d'un tel matériau et donc pour garantir la rémanence maximale si cette aimantation est seulement provoquée temporairement par le champ magnétique de la bobine. La diminution du courant de bobine, prévue selon cette forme de réalisation après atteinte de l'aimantation sensiblement totale, se fait de préférence à une valeur de consigne diminuée, à laquelle l'amplitude du champ magnétique induit de ce fait, se situe sous la limite de saturation du matériau électromagnétique doux utilisé et est notamment inférieure à 60 % du champ magnétique de saturation. Dans le cas le plus simple, la valeur de consigne diminuée est une valeur qui est constante au moins sur une période de temps prédéfinie.

L'avantage d'une telle aimantation au début de l'impulsion électrique reste maintenu, même si le courant de bobine est abruptement réglé sur un courant faible, directement après que ladite valeur de consigne ait été atteinte pour la première fois, ce qui est avantageux au niveau de la diminution de la consommation électrique moyenne.

Les formes de réalisation, selon lesquelles la valeur de consigne du courant de bobine est diminuée abruptement à une valeur de consigne inférieure lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois, permettent d'optimiser encore la courbe du courant de bobine en tenant compte des caractéristiques de service typiques des électrovannes bistables. Dans ces formes de réalisation, il est prévu de diminuer davantage encore la valeur de consigne d'ores et déjà diminuée du courant de bobine, après écoulement d'une période de temps prédéfinie. A cet effet, la définition préalable de la période de temps peut tenir compte du fait, que lors du processus de commutation, le noyau d'aimant d'une électrovanne requiert un certain temps pour atteindre la nouvelle position finale dans l'électrovanne. La période de temps prédéfinie correspond de préférence à ce temps requis par le noyau d'aimant pour son déplacement.

Si une régulation du courant de bobine avec une mesure correspondante pour la détermination d'une valeur réelle du courant de bobine est prévue, cette mesure de courant, prévue de toute façon, est mise à contribution pour la dérivation d'un signal de déclenchement qui indique que la valeur de consigne a été atteinte pour la première fois et qui déclenche la diminution de la valeur de consigne.

Dans une forme de réalisation préconisée, le fait que la valeur de consigne du courant de bobine soit atteinte pour la première fois au cours de l'impulsion électrique

est sauvegardé à l'aide d'un élément de mémorisation numérique (par exemple un flip-flop), par exemple en ce que le signal de déclenchement mentionné est amené à une entrée dudit élément de mémorisation numérique, le flanc du signal d'activation (signal de validation), qui est caractéristique pour le début d'une impulsion électrique, pouvant être utilisé de manière avantageuse pour la réinitialisation de l'élément de mémorisation numérique.

En cas d'utilisation d'une régulation de courant pour le courant de bobine, la valeur de consigne pour le courant de bobine peut être diminuée de façon simple, en ce que l'amplification d'un régulateur et/ou la référence (avec laquelle un signal de mesure du courant de bobine est comparé) est modifiée en conséquence, par exemple commutée par un signal de sortie de l'élément de mémorisation numérique mentionné. Ceci est applicable de façon analogue pour la diminution supplémentaire éventuellement prévue de la valeur de consigne du courant de la bobine, qui peut être déclenchée de préférence par un élément de temporisation numérique, par exemple un « monoflop » (bascule monostable).

La valeur de consigne encore réduite est dimensionnée de préférence de façon à ce que les forces magnétiques de maintien induites de ce fait maintiennent de manière sûre dans sa position finale le noyau d'aimant de l'électrovanne utilisée, pour éviter un nouveau détachement (rebondissement) du noyau sur une surface de butée habituellement prévue.

Si après écoulement d'une période de temps prédéfinie, la valeur de consigne d'ores et déjà diminuée est encore diminuée davantage, cette période peut débuter de façon simple soit avec l'activation du signal d'activation soit avec le fait que la valeur de consigne initiale est atteinte pour la première fois. En variante ou en complément, au moins un signal de grandeur de mesure peut être pris en compte, lors de la définition préalable de cette période de temps. Un tel signal de grandeur de mesure peut être prévu par exemple en tant que signal de sortie d'un microcontrôleur et prendre en compte d'autres grandeurs d'influence qui concernent le temps requis par le noyau d'aimant pour son déport, comme par exemple la température (et donc la viscosité) d'une huile hydraulique, pour laquelle l'électrovanne ouvre ou ferme un passage.

Si une diminution abrupte de la valeur de consigne et/ou une diminution abrupte supplémentaire de la valeur de consigne est prévue, selon une forme de réalisation préconisée, des transistors d'un type identique au type des transistors qui sont impliqués pour l'alimentation commandée (commutée) du courant de bobine, par exemple des transistors CMOS sont utilisés à cet effet. Selon les mentions précédentes, ces transistors peuvent être impliqués pour la commutation de

l'amplification de l'amplificateur différentiel et/ou pour la commutation entre différentes références pour le comparateur.

L'invention est explicitée ci-dessous, purement à titre d'exemple, en référence aux dessins joints. Les figures montrent :

5 Figure 1 : la représentation schématique d'une électrovanne bistable selon la technique antérieure,

Figure 2 : une configuration de circuit pour l'activation d'une électrovanne bistable,

10 Figure 3 : la représentation d'une courbe temporelle du courant de bobine, tel qu'il résulte de la configuration de circuit selon la figure 2,

Figure 4 : une configuration de circuit selon l'invention pour l'activation d'une électrovanne bistable et

Figure 5 : la représentation de la courbe temporelle du courant de bobine, tel qu'il résulte de la configuration de circuit représentée en figure 4.

15 Les figures 1, 2 et 3 représentent une électrovanne usuelle, un circuit d'activation pour cette dernière ainsi que la courbe temporelle du courant généré dans la bobine à l'aide de ce circuit sur la durée d'une impulsion électrique destinée à commuter l'électrovanne. Ces figures ont d'ores et déjà été décrites en détail ci-dessus et sont le point de départ de l'exemple de réalisation décrit ci-dessous d'une
20 configuration de circuit selon l'invention. Dans cette description dessous, seules les différences par rapport à la configuration de circuit d'ores et déjà décrite (figure 2) ou par rapport à la courbe de courant qui en résulte (figure 3) sont décrites et par ailleurs, référence est faite expressément à cette description précédente.

25 Le circuit représenté en figure 4 fonctionne sensiblement comme le circuit d'ores et déjà décrit en référence à la figure 2. On assiste notamment de nouveau à une régulation du courant de bobine à l'aide d'un amplificateur différentiel Diff_Amp et d'un comparateur Komp, la durée de l'impulsion électrique souhaitée étant à nouveau définie par un niveau haut d'un signal de validation (signal d'activation) Enable.

30 Sur le circuit selon la figure 4, le coefficient d'amplification de l'amplificateur différentiel Diff_Amp est augmenté d'un facteur 2 et à la sortie de cet amplificateur différentiel, est prévu un diviseur de tension formé par les résistances R4 et R5 et qui dans le présent exemple compense justement le coefficient d'amplification augmenté lorsqu'un transistor T4 est passant, comme cela est le cas au début de l'impulsion
35 électrique, pour qu'au début de l'impulsion électrique, on assiste d'abord à une augmentation du courant de bobine jusqu'à la même valeur de consigne de 20 A, par exemple.

Une autre différence du circuit représenté en figure 4 réside en ce que par la

commutation à l'état passant d'un transistor T3, un diviseur de tension constitué de la résistance R2 et d'une résistance supplémentaire R3 est créé et provoque une diminution de la tension, avec laquelle la tension de mesure amplifiée de l'amplificateur différentiel est comparée.

5 L'activation de connexions de grille des transistors T3 et T4 est assurée par des signaux de sortie d'un monoflop ou d'un flip-flop. La grille de T4 est reliée à une sortie Q non inverseuse du flip-flop et la grille de T3 est reliée à une sortie inverseuse du monoflop. Le signal d'activation est appliqué à une connexion d'entrée SET inverseuse du flip-flop, tandis que ce signal d'activation est appliqué à une entrée Trig
10 non inverseuse du monoflop. Le signal de sortie du comparateur Komp est appliqué à une connexion de réinitialisation RESET inverseuse du flip-flop.

La configuration de circuit selon l'invention fonctionne de la façon suivante : le signal de validation Enable est d'abord au niveau bas. Par l'intermédiaire de l'entrée de mise en marche SET inverseuse du flip-flop, la sortie Q du flip-flop est de ce fait
15 établie au niveau haut. De ce fait, le transistor T4 est commuté à l'état passant dès le début de l'impulsion électrique. Le diviseur de tension R4, R5 est donc actif et le signal de sortie de l'amplificateur différentiel Diff_Amp est affaibli en conséquence, le diviseur de tension étant dimensionné de façon telle dans le cas présent, que cet affaiblissement compense justement la forte amplification de l'amplificateur
20 différentiel.

Pour activer le circuit, le signal de validation Enable commute maintenant sur le niveau haut. On assiste de ce fait à l'augmentation représentée à gauche de la figure 5 du courant de bobine i jusqu'à l'atteinte du courant cible (20 A). A cet effet, la tension à l'entrée du comparateur Komp dépasse pour la première fois la valeur V_{ref}
25 + V_{hyst} , de ce fait, la sortie du comparateur commute sur le niveau bas, suite à quoi le flip-flop est réinitialisé par l'intermédiaire de son entrée de réinitialisation inverseuse RESET. Le transistor T4 est à présent à l'état bloqué et le diviseur de tension R4, R5 devient inactif.

L'amplification augmentée de l'amplificateur différentiel est maintenant active
30 dans le sens d'une diminution de la valeur de consigne pour le courant de bobine. En effet il suffit d'une plus faible chute de tension sur la résistance de mesure R_{sense} pour que la valeur de $V_{ref} + V_{hyst}$ soit atteinte à l'entrée du comparateur. A présent, le comparateur va donc commuter à un courant plus faible dans la bobine. Si R4 et R5 ont la même valeur, le rapport entre la valeur de consigne initiale pour le courant
35 de bobine et la valeur de consigne diminuée pour le courant de bobine est environ de 2 à 1, ce qui correspond à une diminution abrupte de la valeur de consigne de 20 A à 10 A, après avoir atteint pour la première fois la valeur de consigne initiale de 20 A.

Ceci apparaît dans la zone centrale de la figure 5, dans laquelle le courant oscille à une valeur de 10 A environ et le courant dans cette zone est donc réglé à 10 A environ.

Le changement bas / haut du signal de validation Enable a toutefois déclenché également le monoflop. Pendant sa constante de temps (sa phase métastable), sa sortie inverseuse Q est sur le niveau bas et le transistor T3 est donc à l'état bloqué. Après écoulement de la constante de temps, la sortie inverseuse Q du monoflop repasse toutefois sur le niveau haut et commute de ce fait le transistor T3 à l'état passant. De ce fait, le diviseur de tension R2, R3 supplémentaire devient actif dans le sens d'une diminution encore supplémentaire de la valeur de consigne pour le courant de bobine, en ce que la tension de commutation déterminante pour le comparateur est abaissée à une valeur inférieure (à V_{ref}). Suite à quoi, le comparateur Komp commute maintenant à un courant encore plus faible dans la bobine et le courant de bobine est réglé en conséquence à une valeur de consigne encore plus basse de 5 A environ, comme le montre la partie droite de la figure 5. Ce rapport entre la valeur de consigne diminuée et la valeur de consigne encore davantage diminuée de 2 à 1 environ est atteint à cet effet par des valeurs identiques pour R2 et R3. A cet effet, la constante de temps du monoflop est dimensionnée de façon à correspondre à la phase de déport (déplacement) du noyau d'aimant de la bobine d'électroaimant 13. En variante, l'activation du transistor T3 peut également être assurée par un microcontrôleur, par l'intermédiaire d'un autre signal de commande, ce qui est représenté en pointillés dans la figure 4. Dans cette variante d'une forme de réalisation, le monoflop est supprimé.

En référence à la figure 5, les phases fonctionnelles suivantes peuvent être affectées, lors de la commutation de l'électrovanne :

Une phase dite d'« aimantation » sert à aimanter les parties d'amplification de flux de l'électrovanne par un courant de bobine, qui doit être désigné en tant que courant de saturation. A cet effet, le matériau électromagnétique doux est de préférence complètement saturé. Dans l'exemple représenté, cette première valeur de courant s'élève à 20 A.

Une phase dite de « déplacement » correspond à la phase de déplacement du noyau d'aimant (processus de commutation de la vanne). Au cours de cette phase, le courant de bobine est nettement inférieur au courant de saturation et s'élève à 10 A dans l'exemple représenté. Cette phase sert à l'actionnement effectif de la vanne. De préférence, cette seconde valeur de courant est maintenue au cours de l'ensemble de la phase de déplacement du noyau d'aimant d'une position finale à l'autre position finale. A la fin de cette phase, le noyau d'aimant arrive à grande vitesse sur une

surface de butée de l'électrovanne, on assiste donc à un risque de rebondissement.

La phase dite de « maintien » est une phase de maintien après atteinte de la position finale pour la diminution de l'énergie de déplacement du noyau d'aimant. La troisième valeur de courant de 5 A utilisée dans cet exemple sert à maintenir le noyau d'aimant sur la surface de butée jusqu'à ce que l'énergie de déplacement soit résorbée. Cette valeur de courant est donc choisie à une valeur suffisante élevée pour éviter un rebondissement de la vanne.

Au cours d'une phase de « récupération », l'inductance de l'enroulement de la bobine d'électroaimant se décharge dans la tension d'alimentation, c'est-à-dire que le courant de bobine se résorbe. Cette phase peut commencer lorsque l'énergie de déplacement du noyau d'aimant a été entièrement supprimée (phase de « maintien »).

Après déconnexion complète du courant de bobine, le noyau d'aimant est maintenu dans sa position finale par une force de rémanence magnétique. Cette rémanence est d'ores et déjà générée au cours de la phase « d'aimantation » et reste dans le matériau également après une diminution du courant de bobine de 20 A à 10 A. Si l'électrovanne est construite avec compensation par pression, la pression hydraulique du système n'exerce pas non plus de force sur le noyau d'aimant, de sorte que le noyau d'aimant reste dans sa position finale jusqu'à ce que la seconde bobine d'électroaimant de la vanne soit activée par une nouvelle impulsion électrique. Cette nouvelle activation de l'électrovanne peut avoir lieu dès que la phase de récupération est terminée. L'électrovanne est alors prête pour un nouveau processus de commutation.

REVENDICATIONS

1. Configuration de circuit pour l'activation d'une électrovanne bistable, dans laquelle une bobine d'électroaimant doit être alimentée par une impulsion électrique pour commuter l'électrovanne d'un premier état stable de vanne dans un second état stable de vanne, comprenant
- une source de tension d'alimentation pour la mise à disposition d'une tension d'alimentation (U_v),
 - un dispositif d'alimentation électrique alimenté par la source de tension d'alimentation et activable pour la durée de l'impulsion électrique par un signal d'activation (Enable) fourni, pour la génération d'un courant de bobine (i) s'écoulant à travers la bobine d'électroaimant, le courant de bobine étant réglé à une valeur de consigne,
- des moyens de conversion (flip-flop, T4, monoflop, T3) étant prévus, pour diminuer la valeur de consigne pour le courant de bobine (i) au cours de l'impulsion électrique.
2. Configuration de circuit selon la revendication 1, comprenant un dispositif de régulation électrique pour la régulation du courant de bobine (i) à la valeur de consigne, comprenant
- a) un dispositif de commutation électrique (T1, T2) qui dans un premier état de commutation amène la tension d'alimentation (U_v) à la bobine d'électroaimant et dans un second état de commutation prévoit un circuit électrique de marche à vide pour le courant de bobine (i),
 - b) un dispositif de prédéfinition de valeur de consigne (V_{ref} , T3, R2, R3), permettant de prédéfinir la valeur de consigne pour le courant de bobine (i),
 - c) un dispositif de mesure (R_{sense}, Diff_Amp, T4, R4, R5) pour mesurer une valeur réelle du courant de bobine (i),
 - d) un régulateur (Komp) pour générer un signal de déviation à partir de la valeur de consigne et de la valeur réelle du courant de bobine et pour activer en conséquence le dispositif de commutation électrique (T1, T2),
- le dispositif de régulation électrique étant muni des moyens de conversion (flip-flop, T4, monoflop, T3), pour diminuer la valeur de consigne du courant de bobine (i) lors de la première atteinte de cette valeur de consigne, lorsque l'impulsion électrique a commencé.
3. Configuration de circuit selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, la configuration de circuit étant conçue pour prédéfinir la valeur de consigne pour le courant de bobine (i) de façon à ce qu'à l'atteinte de cette valeur de consigne, on

obtienne une aimantation sensiblement totale du matériau électromagnétique doux qui est disposé dans l'électrovanne pour l'amplification du flux magnétique provoqué par la bobine d'électroaimant.

5 4. Configuration de circuit selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, les moyens de conversion (flip-flop, T4, monoflop, T3) étant conçus pour diminuer abruptement à une valeur de consigne inférieure la valeur de consigne pour le courant de bobine lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois.

10 5. Configuration de circuit selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, les moyens de conversion (flip-flop, T4, monoflop, T3) étant conçus pour diminuer encore davantage, notamment de façon abrupte, la valeur de consigne diminuée après écoulement d'une période de temps prédéfinie.

6. Configuration de circuit selon la revendication 5, conçue pour prédéfinir la période de temps en fonction d'au moins un signal de grandeur de mesure.

15 7. Procédé pour l'activation d'une électrovanne bistable, dans lequel une bobine d'électroaimant doit être alimentée par une impulsion électrique pour commuter l'électrovanne d'un premier état stable de vanne dans un second état stable de vanne, comprenant

20 - la mise à disposition d'une tension d'alimentation (U_v),
- l'alimentation électrique à partir de la tension d'alimentation (U_v) pour la durée de l'impulsion électrique pour générer un courant de bobine (i) s'écoulant à travers la bobine d'électroaimant, le courant de bobine étant réglé sur une valeur de consigne,

- la diminution de la valeur de consigne pour le courant de bobine au cours de l'impulsion électrique.

25 8. Procédé selon la revendication 7, comprenant

- une régulation électrique du courant de bobine (i) à la valeur de consigne, la régulation électrique comprenant :

30 a) l'alimentation de la bobine d'électroaimant par la tension d'alimentation (U_v) dans un premier état de commutation et la création d'un circuit électrique de marche à vide pour le courant de bobine (i) dans un second état de commutation,

b) la prédéfinition d'une valeur de consigne du courant de bobine (i),

c) la mesure d'une valeur réelle du courant de bobine (i),

35 d) la génération d'un signal de déviation à partir de la valeur de consigne et de la valeur réelle du courant de bobine (i) et la commutation correspondante entre le premier état de commutation et le second état de commutation,

- la diminution de la valeur de consigne pour le courant de bobine (i) lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois, après le début de

l'impulsion électrique.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, la valeur de consigne pour le courant de bobine (i) étant prédéfinie de façon telle que lors de l'atteinte de ladite valeur de consigne, on assiste à une aimantation sensiblement totale du matériau électromagnétique doux qui est disposé dans l'électrovanne pour l'amplification du flux magnétique généré par la bobine d'électroaimant.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7, 8 ou 9, la valeur de consigne du courant de bobine (i) étant diminuée abruptement à une valeur de consigne inférieure lorsque ladite valeur de consigne est atteinte pour la première fois.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, la valeur de consigne diminuée étant encore diminuée davantage, notamment de façon abrupte, après écoulement d'une période de temps prédéfinie.

12. Procédé selon la revendication 11, la période de temps étant prédéfinie en fonction d'au moins un signal de grandeur de mesure.

FIG 1 Technique antérieure

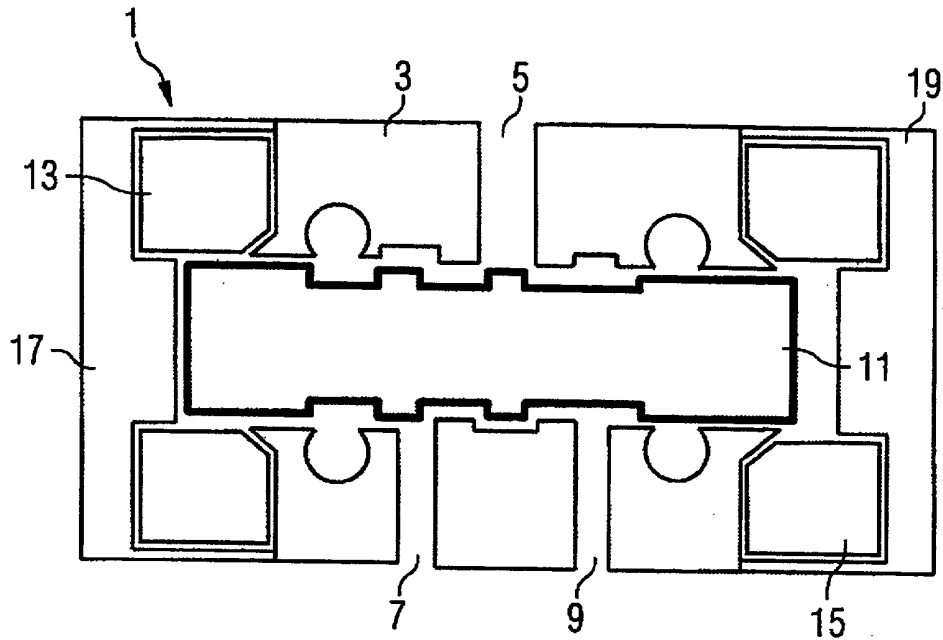


FIG 2

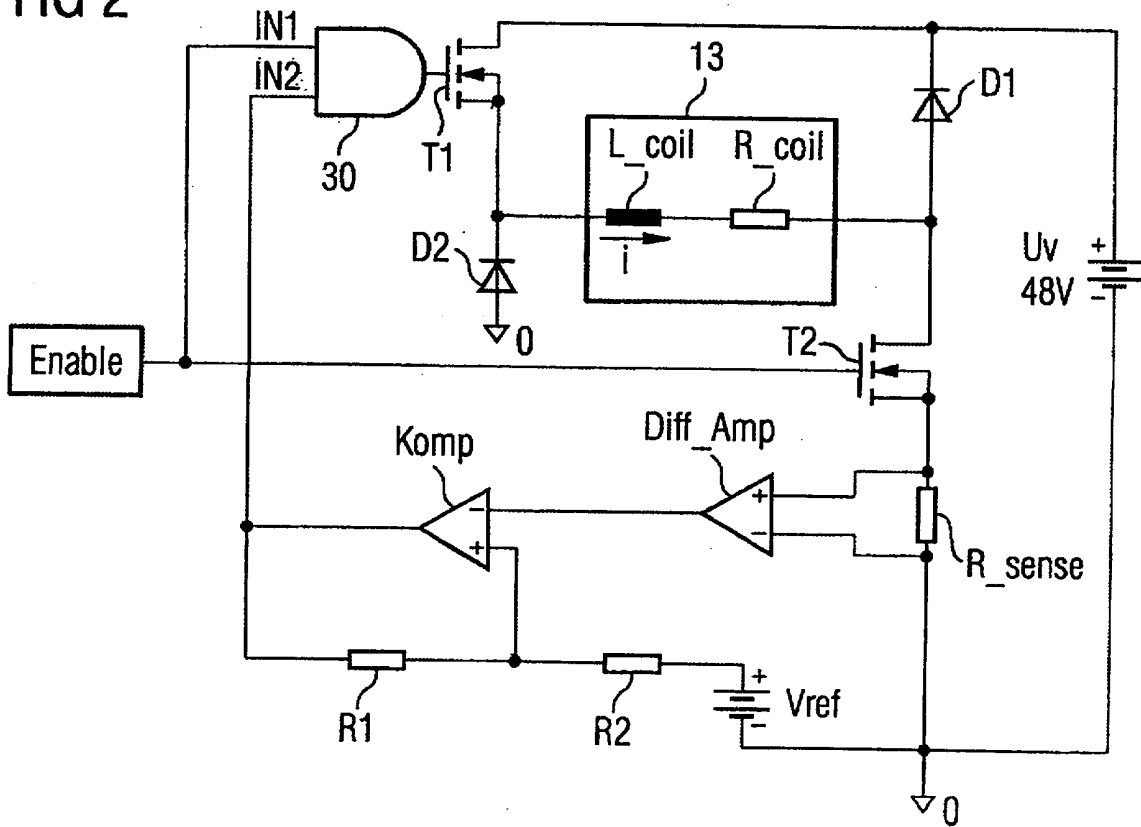


FIG 3

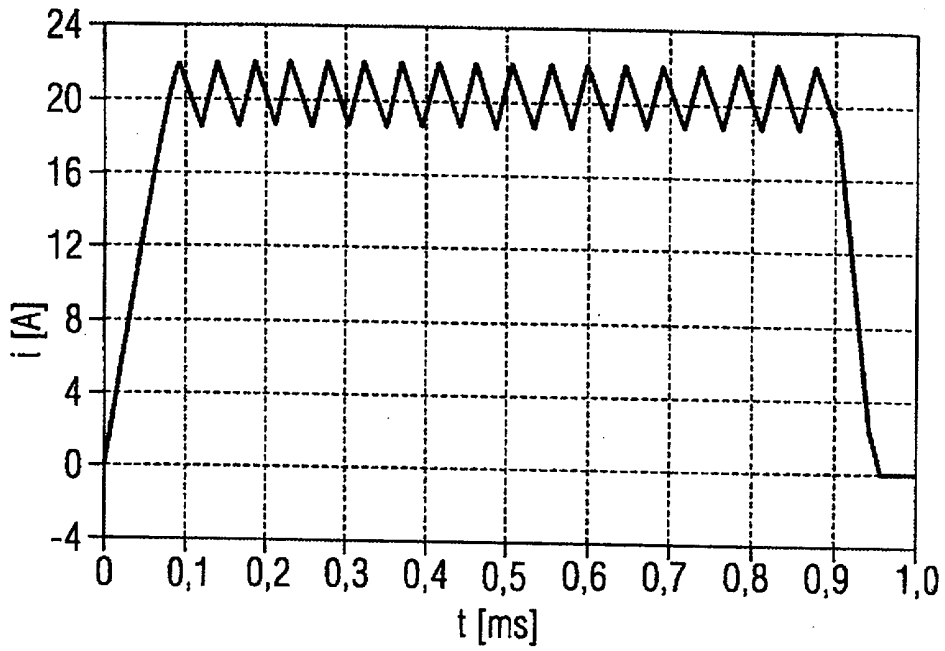


FIG 4

