(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 849 263**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **03 14819**

(51) Int Cl[7] : **H 01 F 7/18,** F 02 D 41/20

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 17.12.03.

(30) **Priorité :** 18.12.02 JP 02366060.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 25.06.04 Bulletin 04/26.

(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) :** *DENSO CORPORATION* — JP.

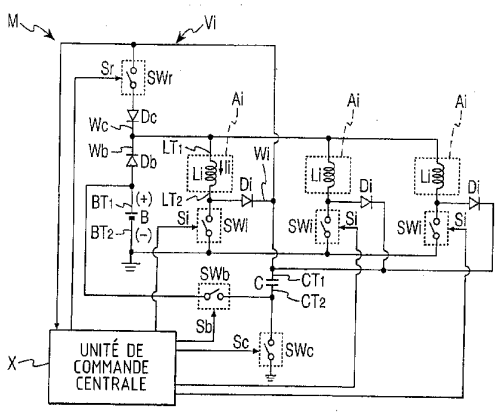
(72) **Inventeur(s) :** TOJO SENTA, YODA TOSHIYUKI et KATO KEIICHI.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** CABINET PLASSERAUD.

(54) DISPOSITIF D'ENTRAINEMENT DE CHARGE ELECTROMAGNETIQUE.

(57) Dispositif d'entraînement (M) fournissant de l'électricité à un électroaimant (Li) d'une charge inductive (Ai) à partir d'une batterie (B) et d'un condensateur (C) afin d'améliorer la réponse de la charge. Le dispositif d'entraînement comprend des commutateurs (SWb, SWc) pour basculer entre un premier état dans lequel un côté négatif de la batterie est connecté à un côté positif de la batterie, et un second état dans lequel le côté négatif du condensateur est connecté au côté négatif de la batterie. Lorsque la charge est en marche, la tension appliquée à l'électroaimant est accrue par la tension de la batterie, ce qui constitue le premier état, de façon que le courant entrant dans l'électroaimant augmente brusquement afin d'améliorer la réponse de la charge. Lorsqu'il faut arrêter le fonctionnement de la charge, l'électricité fournie à l'électroaimant est interrompue et l'énergie accumulée dans l'électroaimant est récupérée par le condensateur, ce qui constitue le second état.



FR 2 849 263 - A1

DISPOSITIF D'ENTRAINEMENT DE CHARGE ELECTROMAGNETIQUE

La présente invention est relative à un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique.

Dans la pratique, on utilise divers actionneurs servant à produire une force d'entraînement en faisant entrer un courant électrique dans un élément inducteur tel qu'un électroaimant et en faisant varier l'état électromagnétique. Dans un moteur à combustion interne, par exemple, un tel actionneur est monté sur un injecteur qui injecte du carburant et entraîne la soupape de l'injecteur.

Un dispositif d'entraînement servant à entraîner la charge électromagnétique ayant l'élément inducteur comprend un condensateur comme élément capacitif en plus d'une batterie qui constitue une source de courant continu à basse tension. Dans ce dispositif, l'énergie accumulée dans l'élément inducteur du fait de l'alimentation électrique est récupérée par l'élément capacitif en générant une force contre-électromotrice au moment où cesse le fonctionnement de la charge électromagnétique (EP 0548 915A1, JP 2 598 595).

Dans ce dispositif, l'électricité est fournie à l'élément inducteur depuis l'élément capacitif jusqu'à ce que la tension aux bornes de l'élément capacitif devienne égale à la tension aux bornes de la source de courant à basse tension. Ensuite, l'électricité est fournie depuis la source de courant à basse tension.

L'actionneur utilisant l'élément inducteur est très apprécié pour ses caractéristiques de réponse lorsque le courant fourni à l'élément inducteur augmente rapidement. L'augmentation du courant fourni à l'élément inducteur varie à peu près proportionnellement à la tension appliquée à l'élément inducteur.

Lorsqu'on souhaite accroître la tension appliquée à l'élément inducteur, la capacité de l'élément capacitif peut être réduite pour élever la tension aux bornes de l'élément capacitif après la récupération de l'énergie. Cependant, du fait de la tension de claquage de l'élément capacitif, il n'est pas autorisé d'accroître la tension aux bornes de l'élément capacitif.

En outre, à mesure que la source de courant passe à la source de courant à basse tension, il n'y a presque aucun changement dans le courant électrique entrant dans l'élément inducteur. En l'occurrence, l'énergie accumulée dans l'élément inducteur n'augmente pas tellement. Toute l'énergie qui avait été retenue avant l'opération n'est pas récupérée par l'élément capacitif. Par conséquent, l'énergie

perdue doit être récupérée avant l'opération suivante. Cependant, l'énergie ne peut pas être suffisamment récupérée si l'intervalle est court jusqu'à l'opération suivante de l'actionneur. Par exemple, si le même injecteur est actionné consécutivement dans des délais courts comme dans le cas de l'injection en plusieurs étapes dans un moteur à combustion interne, la réponse chute vers les opérations ultérieures.

La présente invention vise à réaliser un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique qui permette dans une mesure suffisante une réponse rapide.

Selon la présente invention, lors du fonctionnement d'un élément inducteur, la tension appliquée devient égale à la somme d'une tension aux bornes d'une source de courant à basse tension et d'une tension aux bornes d'un élément capacitif. Par conséquent, l'augmentation du courant entrant dans l'élément inducteur devient marquée du fait de la tension aux bornes de la source de courant à basse tension.

Par ailleurs, l'élément inducteur accumule l'énergie en quantité plus grande, par la tension aux bornes de la source de courant à basse tension, que celle de l'énergie contenue par l'élément capacitif au début du fonctionnement de l'élément inducteur, et évite une forte baisse de la quantité d'énergie récupérée par l'élément capacitif en comparaison de la valeur au début du fonctionnement de la charge électromagnétique. Par conséquent, la réponse ne diminue pas même si l'intervalle est court jusqu'au fonctionnement suivant de la charge électromagnétique. Si le fonctionnement de l'élément inducteur est discontinu, le potentiel de l'élément capacitif devient proche de la tension de référence en comparaison de celui existant pendant le fonctionnement, et de l'énergie peut facilement être récupérée à partir de l'élément inducteur.

De préférence, même si on emploie un élément capacitif d'une faible capacité pour élever la tension aux bornes, le courant électrique peut être fourni suffisamment en utilisant un élément capacitif d'appoint même après une chute marquée de la tension aux bornes de l'élément capacitif. De la sorte, de l'énergie s'accumule en quantité suffisante dans l'élément inducteur et la tension aux bornes de l'élément capacitif après la récupération de l'énergie peut facilement être rétablie au niveau d'une tension au début du fonctionnement de la charge électromagnétique.

L'invention a ainsi pour objet un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique ayant un élément inducteur, le dispositif comprenant : une

source de courant continu à basse tension ; et un élément capacitif servant de source d'électricité pour fournir de l'électricité à l'élément inducteur au moment de l'actionnement de la charge électromagnétique, et récupérer de l'énergie accumulée dans l'élément inducteur du fait de l'alimentation électrique, l'énergie étant récupérée par l'élément capacitif au moment de l'arrêt de l'actionnement de la charge électromagnétique, et qui se caractérise par un premier moyen de commutation servant à réaliser une commutation entre un premier état dans lequel une borne de l'élément capacitif du côté du potentiel de référence est connectée à une borne de la source d'alimentation à basse tension sur un côté opposé à la borne du côté à potentiel de référence et un second état dans lequel la borne de l'élément capacitif du côté à potentiel de référence est connectée à une borne de la source d'électricité à basse tension sur le côté à potentiel de référence, et un moyen de commande servant à commander le premier moyen de commutation pour sélectionner le premier état lorsque la charge électromagnétique est en marche de façon que l'électricité soit appliquée à l'élément inducteur depuis l'élément capacitif et la source d'alimentation à basse tension qui sont montés en série, et servant à sélectionner le second état lorsque le fonctionnement de la charge électromagnétique est arrêté.

Le dispositif ci-dessus et de préférence en outre :

- un élément capacitif d'appoint qui est un autre élément capacitif en parallèle avec l'élément capacitif servant à fournir de l'électricité à l'élément inducteur, l'élément capacitif d'appoint étant chargé électriquement par la source de courant à basse tension dans le second état, ainsi, avec rigoureusement qu'une ligne de charge servant à charger électriquement l'élément capacitif d'appoint depuis la source d'électricité à basse tension et ayant une diode qui établit, comme sens direct, un sens dans lequel le courant de charge passe de la source d'électricité à basse tension à l'élément capacitif d'appoint.

Le dispositif peut avantageusement avoir en outre l'une et/ou l'autre des caractéristiques suivantes :

- une ligne de récupération servant à récupérer l'énergie accumulée dans l'élément inducteur par l'élément capacitif et ayant une diode qui établit, comme sens direct, une direction dans laquelle un courant de récupération passe de l'élément inducteur à l'élément capacitif.

- une ligne d'alimentation pour la source d'électricité à basse tension servant à fournir l'électricité de la source d'électricité à basse tension à l'élément inducteur et ayant une diode qui établit, comme sens direct, un sens dans

lequel un courant d'alimentation passe de la source d'électricité à basse tension à l'élément inducteur.

- une ligne d'alimentation pour l'élément capacitif servant à fournir de l'électricité à l'élément inducteur depuis l'élément capacitif et ayant une diode qui établit, comme sens direct, un sens dans lequel le courant d'alimentation passe de l'élément capacitif à l'élément inducteur.

- un second moyen de commutation servant à ouvrir et fermer la ligne d'alimentation pour la source d'électricité à basse tension, le moyen de commande commandant le second moyen de commutation de façon que le second moyen de commutation soit fermé et ouvert au moment où l'énergie est récupérée par l'élément capacitif à partir de l'élément inducteur, et transfère l'énergie accumulée dans l'élément inducteur pendant une période de fermeture du second moyen de commutation vers l'élément capacitif pendant une période d'ouverture du second moyen de commutation, et cesse de provoquer la fermeture et l'ouverture du second moyen de commutation lorsque la tension aux bornes de l'élément capacitif prend une valeur de tension finale prédéterminée ; auquel cas il est avantageux que le moyen le concernant établisse la tension finale de façon qu'une somme d'une tension aux bornes de la source de courant à basse tension et de la tension finale prenne une valeur prédéterminée. Dans ce cas, il est en outre préférable que le moyen le concernant établisse la tension finale de façon qu'une somme de la tension aux bornes de la source de courant à basse tension et de la tension finale prenne une valeur prédéterminée établie d'après la tension aux bornes de la source d'électricité à basse tension, et établit la valeur prédéterminée à une valeur qui augmente à mesure que diminue la tension aux bornes de la source d'électricité à basse tension. Enfin, le dispositif peut comprendre en outre : un moyen de sélection servant à sélectionner l'un quelconque d'une pluralité d'éléments inducteur ; et une ligne de récupération par l'intermédiaire de laquelle l'énergie accumulée dans l'élément inducteur est récupérée par l'élément capacitif d'une manière correspondant à chacun des éléments inducteur.

Les objectifs, caractéristiques et avantages ci-dessus et d'autres de la présente invention apparaîtront plus clairement dans la description détaillée ci-après faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

la Fig. 1 est un schéma de circuit d'un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon une première forme de réalisation de la présente invention ;

la Fig. 2 est un chronogramme illustrant le fonctionnement de la première forme de réalisation ;

la Fig. 3 est un schéma de circuit d'un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon une deuxième forme de réalisation de l'invention ;

la Fig. 4 est un graphique illustrant le fonctionnement de la seconde forme de réalisation ;

la Fig. 5 est un schéma de circuit d'un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon une troisième forme de réalisation de l'invention ;

la Fig. 6 est un graphique illustrant le fonctionnement de la troisième forme de réalisation ;

la Fig. 7 est un graphique comparant les dispositifs d'entraînement de charge électromagnétique selon les première à troisième formes de réalisation ;

la Fig. 8 est un schéma de circuit d'un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon une quatrième forme de réalisation de l'invention ;

la Fig. 9 est un premier chronogramme illustrant le fonctionnement de la quatrième forme de réalisation ;

la Fig. 10 est un second chronogramme illustrant le fonctionnement de la quatrième forme de réalisation ; et

la Fig. 11 est un graphique comparant les dispositifs d'entraînement de charge électromagnétique selon la première et la quatrième formes de réalisation.

(Première forme de réalisation)

Considérant tout d'abord la Fig. 1 qui illustre un dispositif d'entraînement de charge électromagnétique, un dispositif d'entraînement M de charge électromagnétique est commun à une pluralité de charges électromagnétiques Ai et entraîne de manière sélective les charges électromagnétiques Ai. Il peut s'agir par exemple d'un injecteur de carburant d'un système d'injection multipoint de carburant utilisé dans des moteurs à combustion interne. En l'occurrence, dans le moteur à combustion interne, un injecteur qui constitue une charge électromagnétique servant à injecter du carburant est prévu pour chacun des cylindres, et un électroaimant qui constitue un élément inducteur présent dans l'injecteur fait passer la soupape insérée dans la buse de l'injecteur entre un état dans lequel elle repose contre un siège et un état levé au moment de la permutation de la

force d'attraction électromagnétique permettant de permuter de ce fait l'injection de carburant et l'interruption de l'injection. Dans la première forme de réalisation, trois charges électromagnétiques Ai sont prévues pour un moteur à combustion interne à trois cylindres.

Les charges électromagnétiques Ai comportent des électroaimants Li correspondant individuellement à chacune des charges électromagnétiques Ai. Chaque électroaimant Li est pourvu de lignes d'alimentation Wb et Wc. La ligne d'alimentation Wb devient une seule ligne à une extrémité de base, et le courant électrique est fourni depuis une batterie B qui est une source commune d'électricité à basse tension via une diode Db prévue pour la ligne d'alimentation Wb. La diode Db est connectée à une borne BT1 (borne BT1 du côté positif de la batterie B) du côté positif de la batterie B, qui est une borne du côté opposé à une borne BT2 du côté du potentiel de référence. La borne BT2 (borne BT2 du côté négatif de la batterie B) du côté négatif de la batterie B est une borne du côté du potentiel de référence destinée à servir de partie à potentiel de référence. La diode Db comporte l'anode connectée à la borne du côté positif BT1 de la batterie B. Le sens dans lequel le courant est fourni à l'électroaimant Li depuis la batterie B est le sens direct. Par conséquent, le courant n'a pas la possibilité de circuler dans un sens inverse à la fourniture de courant, pour protéger la batterie B.

La ligne d'alimentation Wc est prévue pour un condensateur C qui est un élément capacitif servant de source pour fournir de l'électricité à l'électroaimant Li. Le condensateur C a une première borne CT1 connectée à la diode Db par un commutateur SWr et une diode Dc. L'anode de la diode Dc est connectée à une première borne CT1 du condensateur C par l'intermédiaire du commutateur SWr. Le sens dans lequel le courant est fourni du condensateur C à l'électroaimant Li est le sens direct. Un circuit résonnant est constitué par le condensateur C et l'électroaimant Li. Le courant a tendance à circuler dans un sens opposé au sens dans lequel est fourni le courant. Cependant, le courant est empêché de circuler dans le sens inverse au sens dans lequel le courant est fourni, et le courant est empêché d'entrer dans l'électroaimant Li dans le sens opposé à l'écoulement normal du courant. Cela empêche la survenance d'une action électromagnétique dans l'électroaimant Li dans le sens opposé au sens normal.

Un commutateur SWi, qui sert de moyen de commutation et de moyen de sélection, est disposé entre la borne BT2 (côté négatif de la batterie B) et une borne LT2 (borne du côté négatif) du côté opposé à la borne (borne du côté

positif) LT1 de l'électroaimant Li qui est connectée à la borne BT1 du côté positif de la batterie B par l'intermédiaire de la diode Db, pour ainsi permuter l'alimentation et l'interruption de courant depuis la batterie B et le condensateur C. Cela sélectionne la charge électromagnétique Ai à faire fonctionner et définit le temps de fonctionnement de celle-ci, c'est-à-dire sélectionne le cylindre dans lequel le carburant doit être injecté et définit la durée d'injection dans le cas d'un moteur à combustion interne. Comme on le décrira plus loin, en outre, le commutateur SW1 sert à commander la tension Vc aux bornes du condensateur C.

L'autre borne CT2 du côté du potentiel de référence du condensateur C est mise à la terre par l'intermédiaire d'un commutateur SWc qui est un moyen de commutation, et prend un potentiel de référence lorsque le commutateur SWc est en position de marche. Une première borne CT1 constitue la borne du côté positif et l'autre borne CT2 constitue la borne du côté négatif. La borne CT2 est en outre connectée à la borne BT1 du côté positif de la batterie B par un commutateur SWb qui est un moyen de commutation. Au moment du basculement des commutateurs SWb et SWc, il est possible de permuter la connexion entre la batterie B et le condensateur C. Ainsi, lorsque le commutateur SWb est en position de marche et le commutateur SWc en position d'arrêt, la borne BT1 du côté positif de la batterie B est rendue conductrice vers la borne CT2 du côté négatif du condensateur C, grâce à quoi la tension appliquée à l'électroaimant Li devient égale à la somme de la tension Vb (tension aux bornes de la batterie) aux bornes de la batterie B et de la tension Vc (tension aux bornes du condensateur) aux bornes du condensateur C à condition que les interrupteurs SWi et SWr soient en position de marche (premier état).

Lorsque le commutateur SWb est en position d'arrêt et le commutateur SWc en position de marche, en revanche, la borne CT2 du côté négatif du condensateur C est connectée à la borne BT2 du côté négatif de la batterie B (deuxième état). Comme décrit plus loin, l'énergie peut être récupérée par le condensateur C à partir de l'électroaimant Li à condition que l'interrupteur SWi soit en position de marche.

Une ligne de récupération Wi est présente entre la borne LT2 du côté négatif de l'électroaimant Li et la borne CT1 du côté positif du condensateur C, correspondant individuellement à l'électroaimant Li pour récupérer dans le condensateur C l'énergie accumulée dans l'électroaimant Li. Une diode Di est présente dans la ligne de récupération Wi de telle sorte que le sens dans lequel le

courant est récupéré par le condensateur C depuis l'électroaimant Li est le sens direct, c'est-à-dire d'une manière telle que l'anode est connectée à l'électroaimant Li.

La diode Di empêche le passage de courant dans un sens opposé au sens du courant de récupération. Par conséquent, il n'y a pas de récupération de courant par le condensateur C1 à partir de l'électroaimant Li. Lorsque la totalité de l'énergie présente dans l'électroaimant Li pénètre dans le condensateur C1, la récupération d'énergie est terminée sans comporter la manœuvre de commutation. Par ailleurs, la borne CT1 du côté positif du condensateur C ne peut pas être mise à la terre lorsque le commutateur SWi est en position de marche comme la charge électromagnétique Ai en marche.

Les commutateurs SWi, SWb, SWc et SWr sont constitués par des transistors de puissance MOSFET et sont commandés par une unité de commande centrale X. L'unité de commande centrale X est constituée par un micro-ordinateur ou analogue, envoie des signaux de commande Si, Sb, Sc et Sr aux commutateurs SWi, SWb, SWc et SWr pour mettre en position de marche et d'arrêt les commutateurs SWi, SWb, SWc et SWr. Par ailleurs, l'unité de commande centrale X reçoit un potentiel (potentiel de condensateur) de la borne CT1 du côté positif du condensateur C et un potentiel (tension Vb aux bornes de la batterie B) de la borne BT1 du côté positif de la batterie B, et calcule le cadencement pour produire les signaux de commande Si, Sb, Sc et Sr d'après les signaux de commande d'entrée.

On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique. La Fig. 2 illustre l'état de fonctionnement de chacune des parties du dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique en supposant que le commutateur SWc est ouvert à l'instant T0 avant le début du fonctionnement de la charge électromagnétique Ai, puis que les commutateurs SWb et SWr sont fermés à l'instant T1. Il s'agit du premier état dans lequel le potentiel Vi du condensateur augmente à partir de la tension Vc aux bornes du condensateur C jusqu'à la somme (Vc + Vb) de la tension Vb aux bornes de la batterie B et de la tension Vc aux bornes du condensateur C. Par ailleurs, comme le commutateur SWr est fermé, la borne CT1 du côté positif du condensateur C est conductrice jusqu'à un point où les diodes Db et Dc sont connectées l'une à l'autre. A ce stade, la diode Dc est polarisée en sens direct mais la diode Db est polarisée à l'inverse.

Ensuite, au début (instant T2) du fonctionnement de la charge électromagnétique Ai en réponse au signal Si, le commutateur SWi est fermé, ce qui

correspond à l'une quelconque des trois charges électromagnétiques Ai à faire fonctionner. La tension Vc + Vb est alors appliquée à l'électroaimant Li et un courant Ii commence à entrer dans l'électroaimant Li. A ce moment, l'augmentation du courant Ii, c'est-à-dire l'état d'augmentation du courant Ii, est proportionnelle à la tension Vc + Vb appliquée à l'électroaimant Li. La tension Vc aux bornes du condensateur et la tension Vi du condensateur diminuent à mesure que passe le courant Ii de l'électroaimant.

Lorsque le potentiel Vi du condensateur devient égal à la tension Vb aux bornes de la batterie B à l'instant T3, la diode Db est polarisée en sens direct. Ensuite, la tension appliquée à l'électroaimant Li devient la tension Vb aux bornes de la batterie B. Le courant Ii de l'électroaimant augmente plus lentement qu'auparavant.

Le fonctionnement de la charge électromagnétique Ai est arrêté ou interrompu de la manière décrite ci-après. Tout d'abord, le commutateur SWr est mis en position ouverte avant l'arrêt du fonctionnement de la charge électromagnétique Ai à l'instant T4. Comme décrit plus loin, cela permet d'empêcher le courant de rentrer dans l'électroaimant Li depuis le condensateur C via la diode Dc, car la tension Vc du condensateur augmente à mesure que l'énergie est récupérée par le condensateur C à partir de l'électroaimant Li.

A l'instant T4, les commutateurs SWi et SWb sont ouverts et le commutateur SWc est fermé. Il s'agit du second état. Le commutateur SWi est ensuite fermé et ouvert. Pendant la période d'ouverture (T4 à T5) du commutateur SWi, une force contre-électromotrice est produite dans l'électroaimant Li, la diode Di est polarisée en sens direct et un courant de récupération suit un trajet solénoïde Li – diode Di – condensateur C, et l'énergie accumulée dans l'électroaimant Li est récupérée par le condensateur C. Par conséquent, la tension Vc aux bornes du condensateur C augmente et le potentiel Vi du condensateur est rétabli vers le potentiel Vc de condensateur existant avant la mise en marche.

Pendant la période de fermeture (T5 à T6) de l'interrupteur SWi, un courant suit à nouveau le trajet batterie B – diode Db – électroaimant Li – interrupteur SWi – batterie B, et l'énergie s'accumule dans l'électroaimant Li. Pendant la période d'ouverture suivante (T6 à T7), un courant de récupération suit le trajet électroaimant Li – diode Di – condensateur C, et l'énergie accumulée dans l'électroaimant Li est récupérée par le condensateur C.

L'unité de commande centrale X fixe le commutateur SWi en position ouverte à mesure que le potentiel Vi de condensateur ou la tension Vc aux

bornes du condensateur prend une tension finale préétablie (T7). Ainsi, les charges électromagnétiques sélectionnées Ai sont successivement commandées.

Dans la forme de réalisation illustrée, la période de fermeture et la période d'ouverture sont établies de façon à avoir la même durée. Cependant, la forme de réalisation ne se limite nullement à cela. La période de fermeture peut par exemple être établie à une durée prédéterminée et le courant pénétrant dans l'électroaimant Li peut être contrôlé de façon que la période d'ouverture puisse être interrompue, c'est-à-dire que la période de fermeture puisse débuter chaque fois que le courant contrôlé devient 0. La première période d'ouverture (T4 à T5) du commutateur SWi est évidemment suffisamment longue pour que le courant Ii de l'électroaimant diminue jusqu'à une valeur à laquelle la charge électromagnétique Ai cesse de fonctionner.

Dans le dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique, au début du fonctionnement de la charge électromagnétique Ai, la tension appliquée à l'électroaimant Li devient la somme (Vc + Vb) de la tension Vc aux bornes du condensateur C et de la tension Vb aux bornes de la batterie B. Par conséquent, le courant qui entre dans l'électroaimant Li augmente d'une façon correspondante et la réponse de la charge électromagnétique Ai est améliorée.

Au début du fonctionnement de la charge électromagnétique Ai, par ailleurs, l'électroaimant Li accumule davantage d'énergie, dans une mesure correspondant à la tension Vb aux bornes de la batterie B, que le condensateur C ne contient d'énergie. Il est évité que l'énergie récupérée pour le condensateur C ne diminue fortement en comparaison de celle du début du fonctionnement de la charge électromagnétique Ai. Par conséquent, le potentiel Vi du condensateur est récupéré à hauteur de la tension au début du fonctionnement par un petit nombre de manœuvres de fermeture/ouverture du commutateur SWi. Par conséquent, la réponse ne chute pas bien que l'intervalle soit court avant l'actionnement suivant de la charge électromagnétique Ai. Lorsque le fonctionnement de l'électroaimant Li est interrompu, le potentiel du condensateur C devient proche du potentiel de référence par la tension Vb aux bornes de la batterie en comparaison de celle existant pendant le fonctionnement, et l'énergie peut facilement être récupérée à partir de l'électroaimant Li.

(Deuxième forme de réalisation)

Comme représenté sur la Fig. 3, un dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique selon une deuxième forme de réalisation est construit

d'une manière similaire à la première forme de réalisation. Dans la première forme de réalisation, la récupération d'énergie lorsque le fonctionnement est arrêté est terminée dés que la tension Vc aux bornes du condensateur C devient égale à la tension finale prédéterminée. Cependant, dans la deuxième forme de réalisation, les caractéristiques de fonctionnement de la charge électromagnétique Ai peuvent être encore améliorées.

L'unité de commande centrale X reçoit le potentiel Vi de condensateur ainsi que le potentiel du côté positif (= tension Vb aux bornes de la batterie) de la batterie B et établit un laps de temps pour terminer la charge du condensateur C d'après le potentiel Vi de condensateur et la tension Vb aux bornes de la batterie B.

Ainsi, l'unité de commande centrale X établit la tension finale du potentiel Vi (= tension Vc aux bornes du condensateur) du condensateur de façon que la tension finale ne devienne pas constante mais que la somme (Vb + Vc) de la tension Vb aux bornes de la batterie et de la tension Vc aux bornes du condensateur C devienne constante (Vk). Ainsi, la tension finale est donnée par (Vk – Vb).

Par conséquent, à mesure que la tension Vb aux bornes de la batterie B varie selon les états d'autres charges supportées par la batterie B, la tension finale varie d'une manière correspondante. Si la tension Vb aux bornes de la batterie B diminue de Vb2 à Vb1 comme représenté sur la Fig. 4, la tension finale s'élève de Vc2 (= Vk – Vb2) à Vc1 (= Vk – Vb1 > Vc2).

Par conséquent, même si la tension Vb aux bornes de la batterie B varie, la tension appliquée à l'électroaimant Li peut être établie de manière à être constante au moment de la mise en marche. L'augmentation du courant Ii de l'électroaimant peut être établie de façon à être constante au moment de la mise en marche.

(Troisième forme de réalisation)

Comme représenté sur la Fig. 5, un dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique selon une troisième forme de réalisation est construit d'une manière similaire à la seconde forme de réalisation.

Dans la troisième forme de réalisation, l'unité de commande centrale X établit le cadencement pour terminer la charge du condensateur C d'après le potentiel Vi de condensateur et la tension Vb aux bornes de la batterie B.

Ainsi, l'unité de commande centrale X établit la tension finale du potentiel Vi de condensateur (= tension Vc aux bornes du condensateur C) de façon

que la somme (Vb + Vc) de la tension Vb aux bornes de la batterie B et de la tension Vc aux bornes du condensateur C prenne une valeur prédéterminée Vs.

Ainsi, l'unité de commande centrale X établit la tension finale du potentiel Vi (= tension Vc aux bornes du condensateur C) de condensateur de façon que la somme (Vb + Vc) de la tension Vb aux bornes de la batterie B et de la tension Vc aux bornes du condensateur C prenne la valeur prédéterminée Vs. Cependant, à ce stade, la valeur prédéterminée Vs varie en fonction de la tension Vb aux bornes de la batterie B. De la sorte, la valeur prédéterminée Vs augmente à mesure que diminue la tension Vb aux bornes de la batterie B.

Par conséquent, comme représenté sur la Fig. 6, à mesure que la tension Vb aux bornes de la batterie B diminue de Vb2 à Vb1, la valeur prédéterminée Vs augmente de Vs2 à Vs1 et la tension finale augmente de Vc2 (= Vs2 – Vb2) à Vc1 (= Vs1 – Vb1 > Vc2). Comme, dans la présente forme de réalisation, Vs2 < Vs1, la tension finale du potentiel Vi (= tension Vc aux bornes du condensateur C) de condensateur augmente jusqu'à être supérieure à celle de la seconde forme de réalisation lorsque la tension Vb aux bornes de la batterie B diminue.

La Fig. 7 illustre les résultats de la mesure du temps de réponse Tr de la soupape de l'injecteur tandis que varie la tension Vb aux bornes de la batterie B lorsque les dispositifs d'entraînement de charge électromagnétique selon les première à troisième formes de réalisation (#1 à #3) sont employés dans le dispositif d'injection de carburant d'un moteur à combustion interne. La réponse de la soupape est définie par le temps entre le début de l'application du courant à l'électroaimant Li pour l'opération d'injection de carburant jusqu'à ce que la soupape soit entièrement levée. Lorsque la tension Vc aux bornes du condensateur C est simplement chargée à hauteur de la tension finale prédéterminée comme dans la première forme de réalisation, la fluctuation de la tension Vb aux bornes de la batterie B se traduit directement par l'augmentation du courant Ii d'électroaimant à la mise en marche de la charge électromagnétique, et la réponse de la soupape varie de manière correspondante.

Cependant, selon la deuxième forme de réalisation, les vitesses d'augmentation des courants Ii d'électroaimant au moment de la mise en marche de la charge électromagnétique sont uniformisées, et la variation de la réponse de la soupape est améliorée. Selon la troisième forme de réalisation, par ailleurs, la

variation de la réponse de la soupape est davantage améliorée que celle de la seconde forme de réalisation.

En effet, parmi les tensions appliquées à l'électroaimant Li, la composante (Vb) de tension due à la batterie B prend une valeur presque constante après la mise en marche de la charge électromagnétique tandis que la composante (Vc) de tension due au condensateur C a tendance à diminuer lorsque le courant électrique est fourni à l'électroaimant Li. Ainsi, dans les deuxième et troisième formes de réalisation, à mesure que la tension Vb aux bornes de la batterie diminue, l'ampleur de la baisse est remplacée par la composante de tension due au condensateur C1 qui a tendance à diminuer lorsque le courant est fourni à l'électroaimant Li. Par conséquent, dans la deuxième forme de réalisation, même si les caractéristiques d'augmentation sont uniformisées juste après la mise en marche des charges électromagnétiques, les caractéristiques de montée dans un laps de temps prédéterminé (de T2 à T3 sur la Fig. 2) à la mise en marche des charges électromagnétiques diffèrent en fonction d'un rapport de la composante (Vb) de tension due à la batterie B à la composante (Vc) de tension due au condensateur C. En particulier, lorsque la tension Vb aux bornes de la batterie B chute et que la proportion de la composante (Vc) de tension due au condensateur C augmente, les caractéristiques d'augmentation ralentissent nettement dans la dernière moitié de la période prédéterminée au moment de la mise en marche de la charge électromagnétique.

Dans la troisième forme de réalisation, lorsque diminue la tension Vb aux bornes de la batterie B, le potentiel Vi du condensateur devient supérieur à celui (Vb + Vc = Vk (constante)) de la deuxième forme de réalisation. Par conséquent, les caractéristiques d'augmentation deviennent lentes dans la dernière moitié de la période prédéterminée au moment de la mise en marche de la charge électromagnétique, et la variation de la réponse de la soupape peut être supprimée.

Les injecteurs peuvent être imaginés avec diverses structures comme celle dans laquelle une soupape pour ouvrir et fermer l'orifice d'injection est directement entraînée par un électroaimant, et celle dans laquelle une soupape de commande est actionnée par un électroaimant. Quelle que soit la structure, le temps pendant lequel un courant entrant dans l'électroaimant atteint une intensité suffisante affecte fortement le délai de réponse jusqu'à ce qu'une force d'entraînement atteigne la pression permettant l'ouverture de la soupape entraînée par l'électroaimant ou

affecte fortement le temps avant la levée complète de la soupape. Par conséquent, la troisième forme de réalisation de l'invention peut être appliquée d'une manière particulièrement préférable au dispositif d'injection de carburant.

(Quatrième forme de réalisation)

Comme représenté sur la Fig. 8, un dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique selon une quatrième forme de réalisation est construit d'une manière similaire à la première forme de réalisation.

Le dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique est pourvu de deux condensateurs C1 et C2. Le condensateur C1 est un élément capacitif servant de source d'électricité. Le condensateur C2 est un élément capacitif d'appoint. Le condensateur C1 est sensiblement identique au condensateur C de la première forme de réalisation. Le condensateur C2 a une valeur de capacité supérieure à celle du condensateur C1. Le condensateur C1 est appelé petit condensateur C1 et le condensateur C2 est appelé grand condensateur C2. Le courant électrique peut être fourni à l'électroaimant Li depuis le petit condensateur C1 par l'intermédiaire d'une ligne d'alimentation Wc1 et le courant électrique peut être fourni à l'électroaimant Li depuis le grand condensateur C2 par l'intermédiaire d'une ligne d'alimentation Wc2. Le petit condensateur C1 et le grand condensateur C2 permettent d'alimenter électriquement en parallèle l'électroaimant Li.

Les lignes d'alimentation Wc1 et Wc2 sont réunies en une seule ligne par l'intermédiaire du commutateur SWr et sont pourvues de diodes Dc1 et Dc2. L'anode de la diode Dc1 est connectée à la borne C1T1 du côté positif du condensateur C1. Le sens dans lequel le courant est fourni du condensateur C1 à l'électroaimant L1 est le sens direct. L'anode de la diode Dc2 est connectée à la borne C2T1 du côté positif du condensateur C2. Le sens dans lequel le courant est fourni du condensateur C2 à l'électroaimant Li est le sens direct.

La diode Dc1 du côté du petit condensateur C1 fonctionne sensiblement de la même manière que la diode Dc de la première forme de réalisation. La diode Dc2 est insérée compte tenu de ce qu'un circuit résonnant est formé par le grand condensateur C2 et l'électroaimant Li, et qu'un courant a tendance à passer dans un sens opposé au courant d'alimentation. La diode Dc2 sert à empêcher le courant de circuler dans un sens opposé au courant d'alimentation et empêche le courant d'entrer dans l'électroaimant Li dans un sens opposé à celui du courant normal.

En outre, une borne du grand condensateur C2 du côté de la diode Dc2 est connectée à la borne BT1 du côté positif de la batterie par l'intermédiaire d'une ligne de charge Wa et le grand condensateur C2 peut être chargé électriquement depuis la batterie B. La ligne de charge Wa est pourvue d'une diode Da dont l'anode est du côté de la batterie B, et le sens dans lequel le courant de charge passe de la batterie B au grand condensateur C2 est le sens direct.

On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique. L'unité de commande centrale X présente dans le dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique exécute sensiblement la même opération de commande que celle de la première forme de réalisation. La Fig. 9 illustre l'état de fonctionnement de chacune des parties du dispositif M d'entraînement de charge électromagnétique. Les opérations de commande des interrupteurs SWc, SWb, SWr et SWi pour mettre en marche la charge électromagnétique Ai sont les mêmes que celles de la première forme de réalisation. Dans un état où le commutateur SWc est fermé et le commutateur SWb est ouvert, la diode Da est polarisée en sens direct et le grand condensateur C2 est chargé à la tension Vb aux bornes de la batterie B.

Par conséquent, lorsque le commutateur SWb bascule en position fermée à l'instant T1, le potentiel (potentiel de grand condensateur) Vi2 du grand condensateur C2 du côté de la diode Dc2 est accru par la tension Vb aux bornes de la batterie B comme le potentiel (potentiel de petit condensateur) Vi1 du petit condensateur C1 du côté de la diode Dc1. Par ailleurs, le petit condensateur C1 est chargé à une tension supérieure à la tension (= Vb) aux bornes du grand condensateur C2 à mesure que l'énergie est récupérée à partir de l'électroaimant Li, comme décrit plus loin. Par conséquent, le potentiel Vi2 de grand condensateur est inférieur au potentiel Vi1 de petit condensateur et la diode Dc2 est polarisée dans le sens opposé.

Lorsque l'électricité est fournie à l'électroaimant Li après l'instant T2, la diode D6 est polarisée dans le sens opposé comme décrit plus haut et l'électricité est fournie à l'électroaimant L1 à partir du petit condensateur C1.

Ensuite, à mesure que le potentiel Vi1 de petit condensateur diminue jusqu'au potentiel Vi2 (= 2Vb) de grand condensateur, l'électricité est alors fournie à la fois depuis le petit condensateur C1 et depuis le grand condensateur C2. Ensuite, comme on le comprend d'après la Fig. 9, le potentiel Vi1 (= potentiel Vi2 de grand condensateur) de petit condensateur qui est la tension appliquée à

l'électroaimant Li diminue plus lentement que le potentiel Vil de petit condensateur qui est la tension appliquée à l'électroaimant Li utilisé. Par conséquent, le courant Ii d'électroaimant augmente sans être fortement empêché de s'élever.

Le fonctionnement de la charge électromagnétique Ai est interrompu en ouvrant les commutateurs SWi et SWb et en fermant le commutateur SWc à l'instant T4 comme dans la première forme de réalisation. Cependant, dans la quatrième forme de réalisation, l'électricité est fournie à la fois depuis le petit condensateur C1 et depuis le grand condensateur C2, comme décrit plus haut. Par conséquent, la tension Vc1 aux bornes du petit condensateur peut être récupérée d'un seul coup jusqu'à la tension précédent la mise en marche en récupérant l'énergie uniquement pour le petit condensateur C1. Par conséquent, l'unité de commande centrale X ne charge pas le petit condensateur C1 en fermant et ouvrant le commutateur SWi. Cependant, l'unité de commande centrale X peut évidemment charger le petit condensateur C1 pour compenser la perte d'énergie résultant de l'écoulement du temps.

Ainsi, l'opération suivante peut être effectuée sans charger séparément le petit condensateur C1, à la différence de la première forme de réalisation (période comprise entre T5 et T7). De la sorte, la forme de réalisation peut être adaptée de manière souhaitable même si l'intervalle est très court jusqu'à l'actionnement suivant de la charge électromagnétique Ai. On a besoin ni d'un convertisseur continu-continu pour obtenir une tension d'application nécessaire ni d'un grand condensateur électriquement chargé avec la tension de celui-ci, et le coût peut être réduit.

Au moment du basculement des commutateurs SWi, SWb et SWc à l'instant où le fonctionnement de la charge électromagnétique Ai est interrompu, la diode Da est polarisée en sens direct et le grand condensateur C2 est évidemment chargé électriquement depuis la batterie B par l'intermédiaire de la diode Da.

La Fig. 10 illustre un exemple dans lequel l'intervalle est court jusqu'à l'actionnement de la charge électromagnétique suivante Ai, et représente une injection en plusieurs étapes lors de l'injection de carburant, par exemple, dans un moteur à combustion interne. La tension Vc1 aux bornes du petit condensateur C1 peut être récupérée d'un seul coup à hauteur de la tension Vc existant avant la mise en marche. De ce fait, plusieurs charges électromagnétiques peuvent être actionnées successivement. En outre, les différentes charges électromagnétiques peuvent être

actionnées successivement à intervalles courts. Dans ce cas, le circuit d'entraînement n'est pas nécessaire pour chacune des charges électromagnétiques, et le coût peut être réduit.

La tension Vc1 aux bornes du petit condensateur, rétablie en récupérant l'énergie accumulée dans l'électroaimant Li, varie selon la capacité du grand condensateur C2 et peut donc être établie en tenant compte des caractéristiques d'augmentation du courant d'électroaimant nécessaire Ii, par exemple le courant Ii de l'électroaimant à l'instant T3.

La Fig. 11 compare la réponse Tr de la soupape de la première forme de réalisation (#1) sans le grand condensateur C2 à réponse Tr de soupape de la quatrième forme de réalisation (#4). On comprendra que la quatrième forme de réalisation présente une excellente réponse de soupape indépendamment de la tension Vb aux bornes de la batterie B.

La quatrième forme de réalisation qui comporte le grand condensateur C2 emploie le petit condensateur C1 dont la capacité est suffisamment faible pour améliorer les caractéristiques d'augmentation du courant Ii d'électroaimant. Par conséquent, si on appelle C1 et C2 les capacités des condensateurs C1 et C2, il est préférable que $C1 < C2$ comme dans la présente forme de réalisation. Le condensateur C2 doit suppléer au manque d'aptitude à l'alimentation électrique du condensateur C1 qui récupère l'énergie à partir de l'électroaimant Li. Selon l'ampleur du complément d'aptitude requise à l'alimentation électrique, le condensateur C2 peut cependant avoir une capacité inférieure à celle du condensateur C1.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (M) d'entraînement de charge électromagnétique (Ai) ayant un élément inducteur (Li), le dispositif (M) comprenant :

une source (B) de courant continu à basse tension ; et

un élément capacitif (C, C1) servant de source d'électricité pour fournir de l'électricité à l'élément inducteur au moment de l'actionnement de la charge électromagnétique, et récupérer de l'énergie accumulée dans l'élément inducteur du fait de l'alimentation électrique, l'énergie étant récupérée par l'élément capacitif au moment de l'arrêt de l'actionnement de la charge électromagnétique, caractérisé par

un premier moyen de commutation (SWb, SWc) servant à réaliser une commutation entre un premier état dans lequel une borne de l'élément capacitif du côté du potentiel de référence est connectée à une borne de la source d'alimentation à basse tension sur un côté opposé à la borne du côté à potentiel de référence et un second état dans lequel la borne de l'élément capacitif du côté à potentiel de référence est connectée à une borne de la source d'électricité à basse tension sur le côté à potentiel de référence, et

un moyen de commande (X) servant à commander le premier moyen de commutation pour sélectionner le premier état lorsque la charge électromagnétique est en marche de façon que l'électricité soit appliquée à l'élément inducteur depuis l'élément capacitif et la source d'alimentation à basse tension qui sont montés en série, et servant à sélectionner le second état lorsque le fonctionnement de la charge électromagnétique est arrêté.

2. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en outre par

un élément capacitif d'appoint (C2) qui est un autre élément capacitif en parallèle avec l'élément capacitif servant à fournir de l'électricité à l'élément inducteur, l'élément capacitif d'appoint étant chargé électriquement par la source de courant à basse tension dans le second état.

3. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon la revendication 2, caractérisé en outre par

une ligne de charge (Wa) servant à charger électriquement l'élément capacitif d'appoint depuis la source d'électricité à basse tension et ayant une diode (Da) qui établit, comme sens direct, un sens dans lequel le courant de charge passe de la source d'électricité à basse tension à l'élément capacitif d'appoint.

4. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en outre par

une ligne de récupération (Wi) servant à récupérer l'énergie accumulée dans l'élément inducteur par l'élément capacitif et ayant une diode (Di) qui établit, comme sens direct, une direction dans laquelle un courant de récupération passe de l'élément inducteur à l'élément capacitif.

5. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en outre par

une ligne d'alimentation (Wb) pour la source d'électricité à basse tension servant à fournir l'électricité de la source d'électricité à basse tension à l'élément inducteur et ayant une diode (Db) qui établit, comme sens direct, un sens dans lequel un courant d'alimentation passe de la source d'électricité à basse tension à l'élément inducteur.

6. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en outre par

une ligne d'alimentation (Wc, Wc1) pour l'élément capacitif servant à fournir de l'électricité à l'élément inducteur depuis l'élément capacitif et ayant une diode (Dc, Dc1) qui établit, comme sens direct, un sens dans lequel le courant d'alimentation passe de l'élément capacitif à l'élément inducteur.

7. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en outre par :

un second moyen de commutation (SWi) servant à ouvrir et fermer la ligne d'alimentation pour la source d'électricité à basse tension,

le moyen de commande (X) commandant le second moyen de commutation de façon que le second moyen de commutation soit fermé et ouvert au moment où l'énergie est récupérée par l'élément capacitif à partir de l'élément inducteur, et transfère l'énergie accumulée dans l'élément inducteur pendant une période de fermeture du second moyen de commutation vers l'élément capacitif pendant une période d'ouverture du second moyen de commutation, et cesse de

provoquer la fermeture et l'ouverture du second moyen de commutation lorsque la tension aux bornes de l'élément capacitif prend une valeur de tension finale prédéterminée.

8. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon la revendication 7, dans lequel le moyen de commande (X) établit la tension finale de façon qu'une somme d'une tension aux bornes de la source de courant à basse tension et de la tension finale prenne une valeur prédéterminée.

9. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon la revendication 7, dans lequel le moyen de commande (X) établit la tension finale de façon qu'une somme de la tension aux bornes de la source de courant à basse tension et de la tension finale prenne une valeur prédéterminée établie d'après la tension aux bornes de la source d'électricité à basse tension, et établit la valeur prédéterminée à une valeur qui augmente à mesure que diminue la tension aux bornes de la source d'électricité à basse tension.

10. Dispositif d'entraînement de charge électromagnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en outre par :

un moyen de sélection (SWi) servant à sélectionner l'un quelconque d'une pluralité d'éléments inducteur ; et

une ligne de récupération (Wi) par l'intermédiaire de laquelle l'énergie accumulée dans l'élément inducteur est récupérée par l'élément capacitif d'une manière correspondant à chacun des éléments inducteur.

FIG. 1

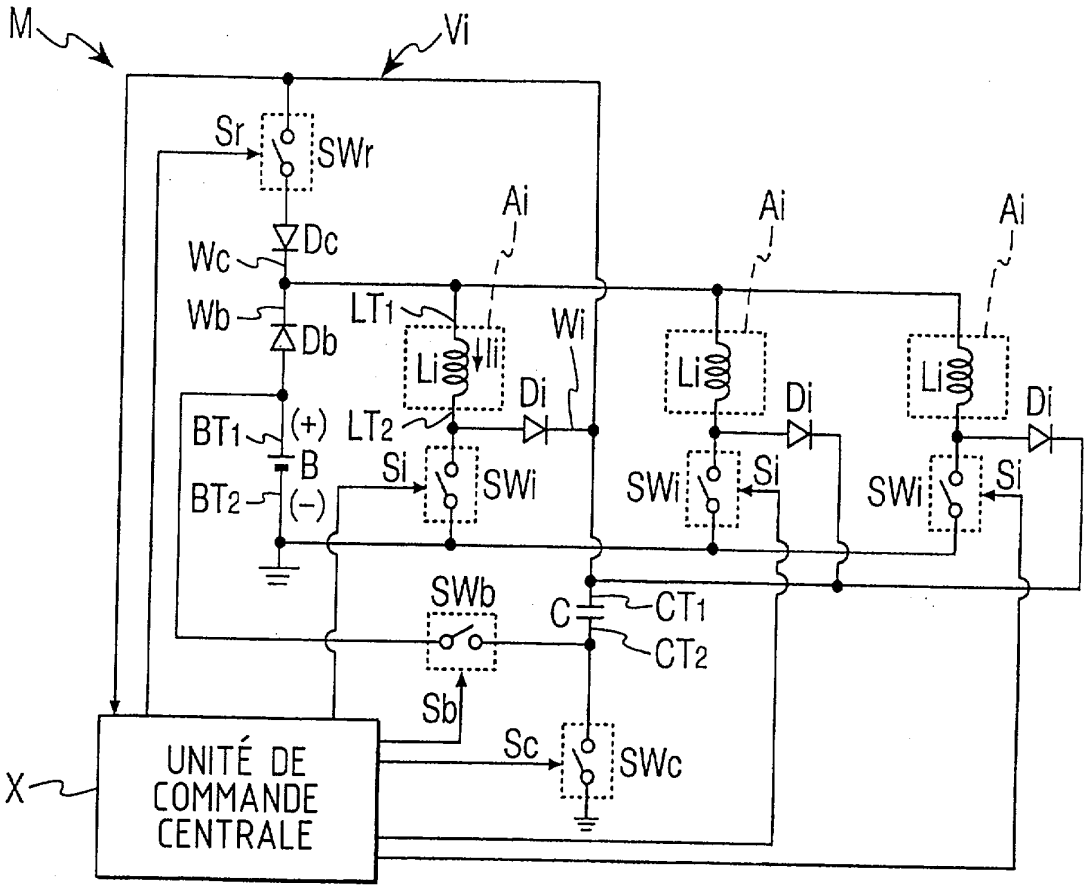

M
Vi
Sr
SWr
Dc
Wc
Wb
Db
BT1
(+)
B
(−)
BT2
LT1
LT2
Li
Ai
Wi
Di
Si
SWi
SWb
C
CT1
CT2
Sb
Sc
SWc
X
UNITÉ DE COMMANDE CENTRALE

FIG. 2

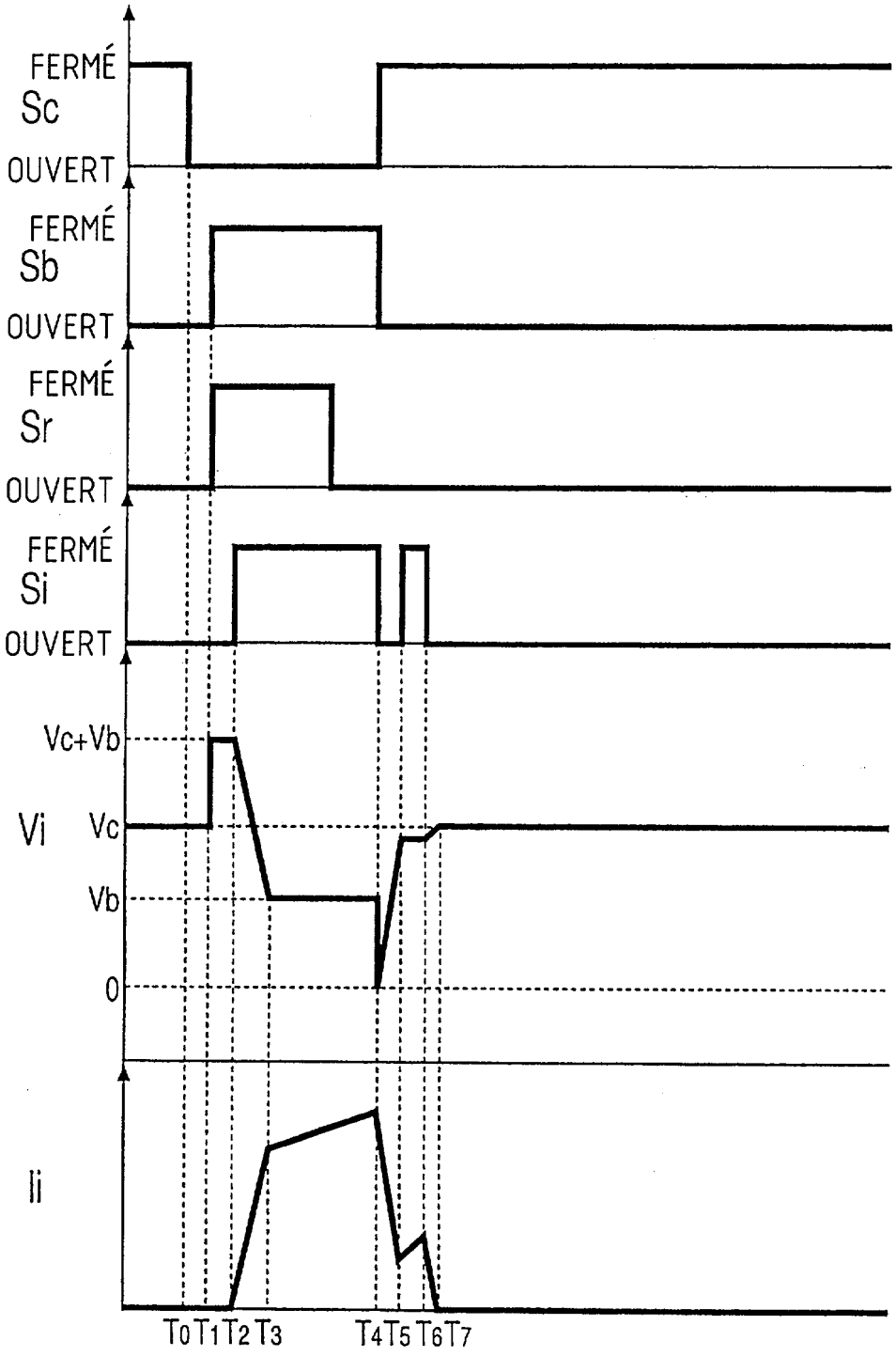

FERMÉ
Sc
OUVERT
FERMÉ
Sb
OUVERT
FERMÉ
Sr
OUVERT
FERMÉ
Si
OUVERT
Vc+Vb
Vi
Vc
Vb
0
Ii
T0 T1 T2 T3
T4 T5 T6 T7

FIG. 3

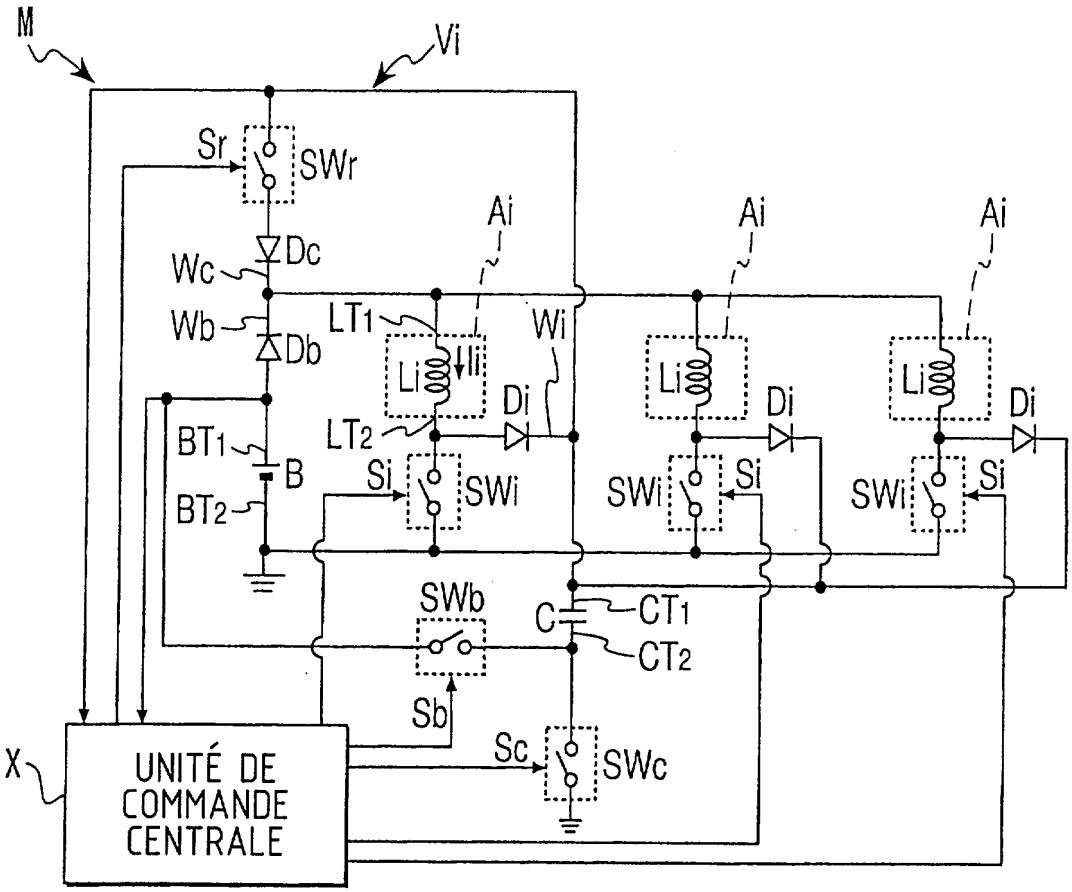

M
Vi
Sr
SWr
Dc
Wc
Wb
Db
LT1
Ai
Wi
Li
Ii
Di
LT2
BT1
B
BT2
Si
SWi
SWb
C
CT1
CT2
Sb
Sc
SWc
X
UNITÉ DE COMMANDE CENTRALE

FIG. 4

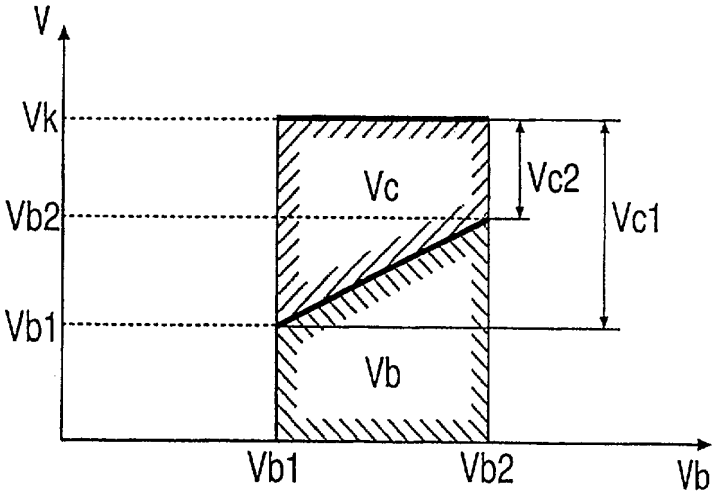

V
Vk
Vb2
Vb1
Vc
Vc2
Vc1
Vb
Vb1
Vb2
Vb

FIG. 5

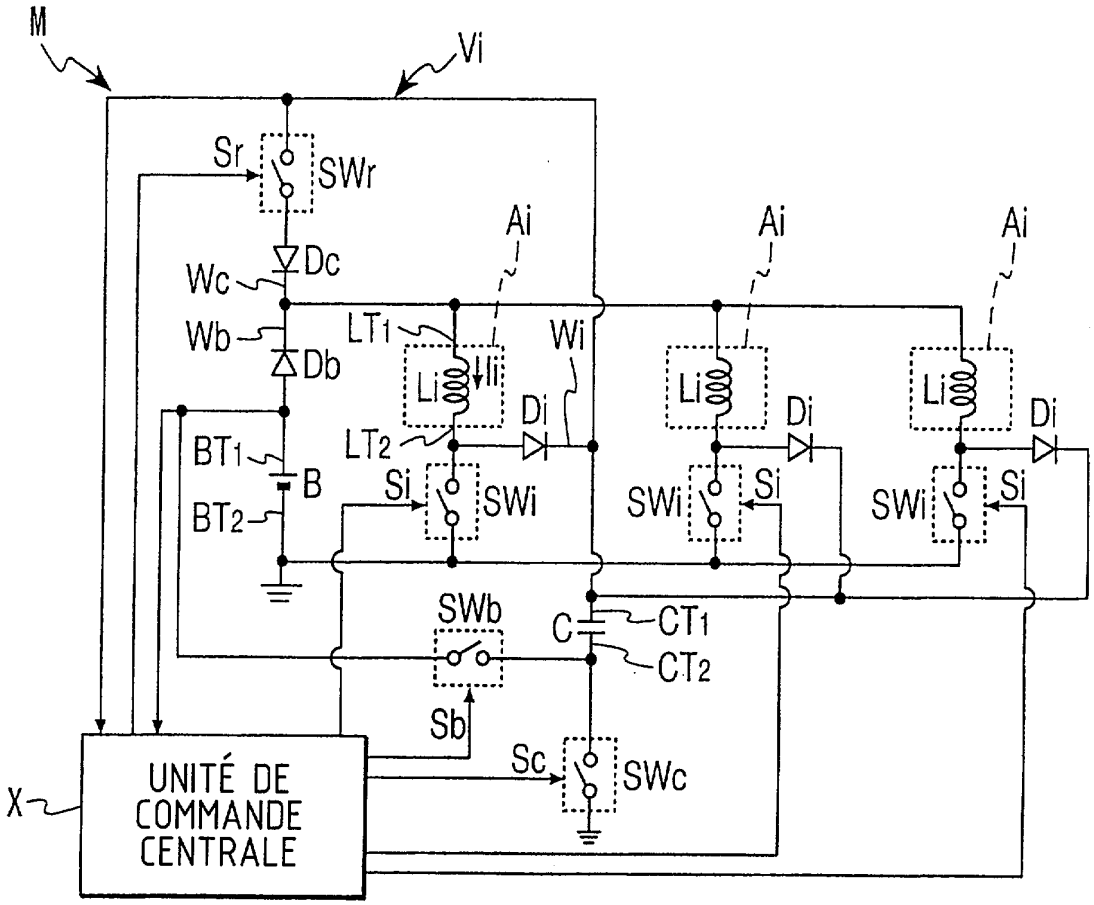

M
Vi
Sr
SWr
Dc
Wc
Wb
Db
Ai
Ai
Ai
LT1
Wi
Li
Ii
Di
BT1
LT2
B
BT2
Si
SWi
SWb
C
CT1
CT2
Sb
Sc
SWc
X
UNITÉ DE COMMANDE CENTRALE

FIG. 6

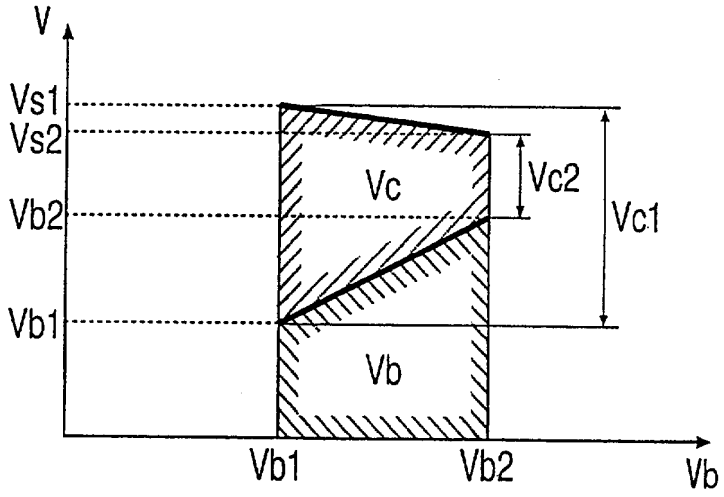

V
Vs1
Vs2
Vb2
Vb1
Vc
Vc2
Vc1
Vb
Vb1
Vb2
Vb

FIG. 7

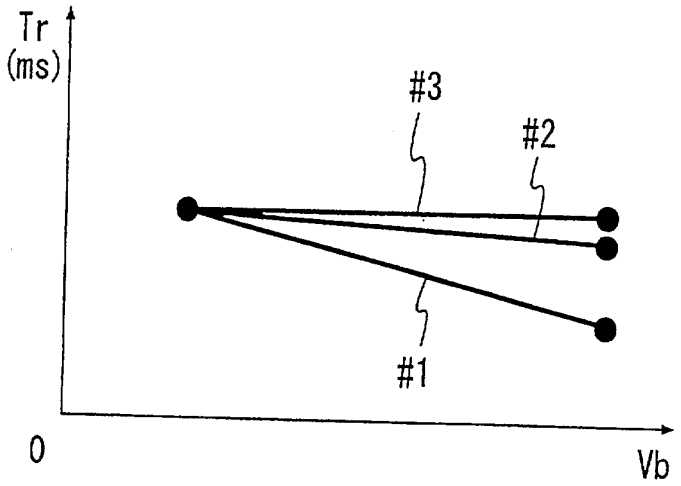

Tr
(ms)
#3
#2
#1
0
Vb

FIG. 8

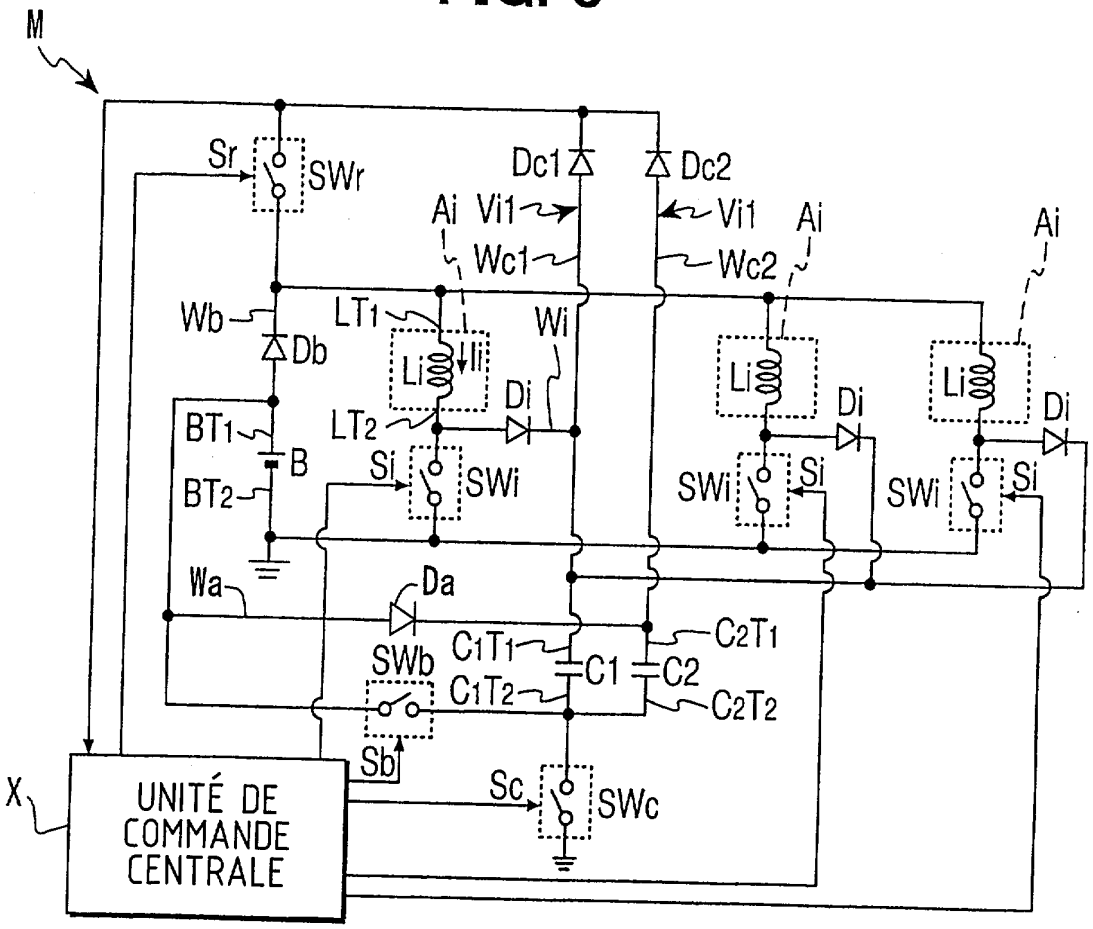

M
Sr
SWr
Dc1
Dc2
Ai
Vi1
Wc1
Wc2
Wb
Db
LT1
Li
Ii
Wi
Di
BT1
B
BT2
LT2
Si
SWi
Wa
Da
SWb
C1T1
C1T2
C1
C2
C2T1
C2T2
Sb
Sc
SWc
X
UNITÉ DE
COMMANDE
CENTRALE

FIG. 9

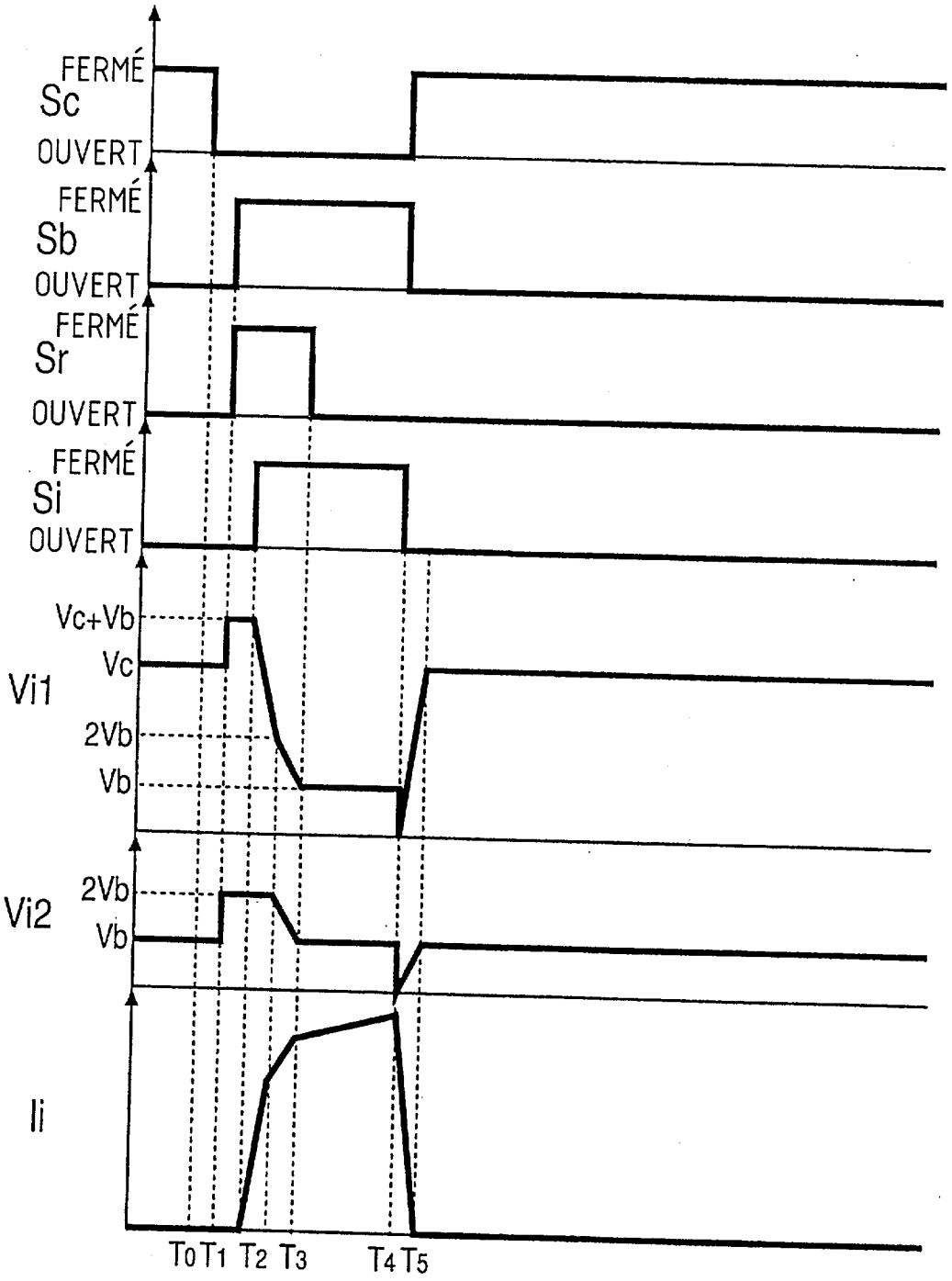

FERMÉ
Sc
OUVERT
FERMÉ
Sb
OUVERT
FERMÉ
Sr
OUVERT
FERMÉ
Si
OUVERT
Vc+Vb
Vc
Vi1
2Vb
Vb
2Vb
Vi2
Vb
Ii
T0 T1 T2 T3 T4 T5

FIG. 10

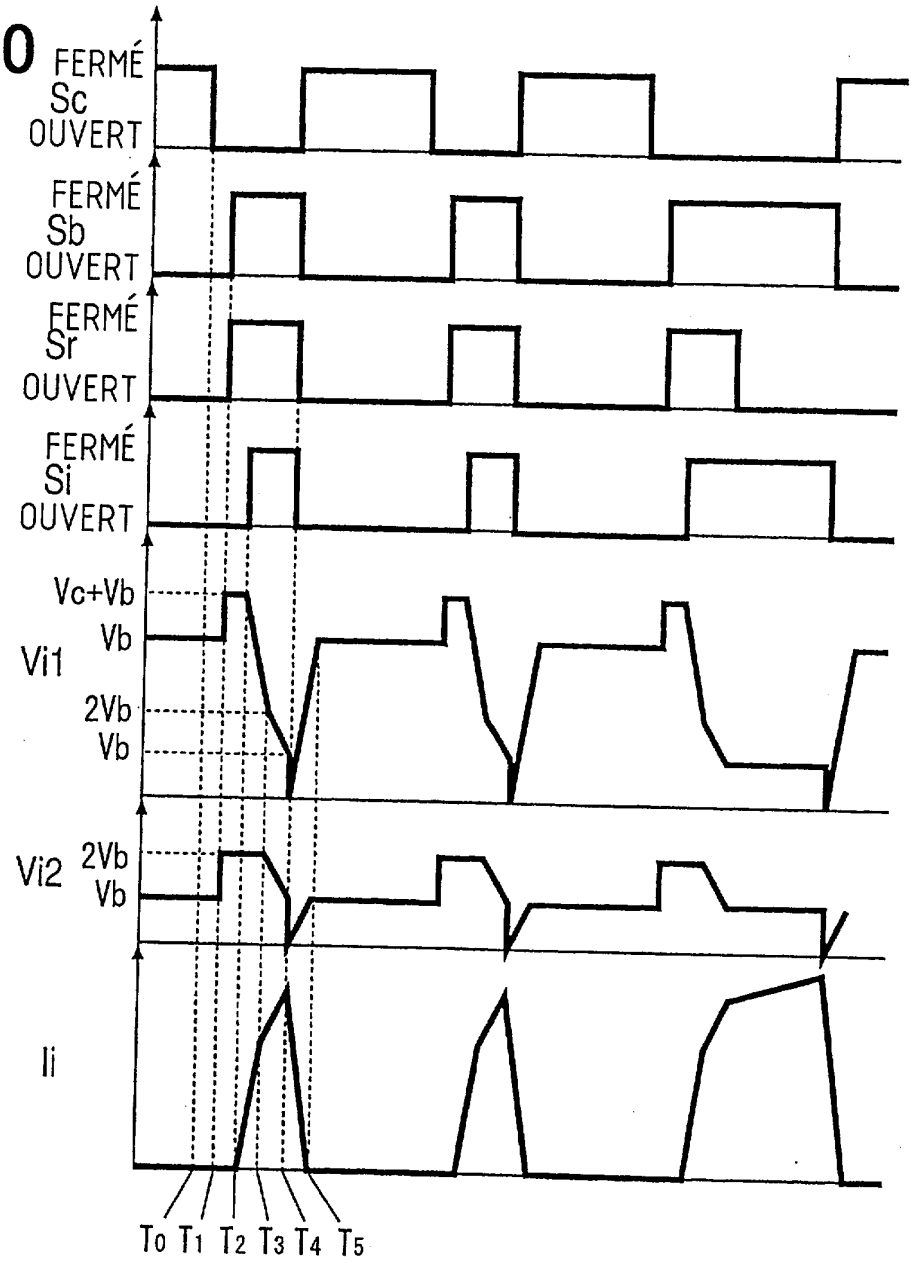
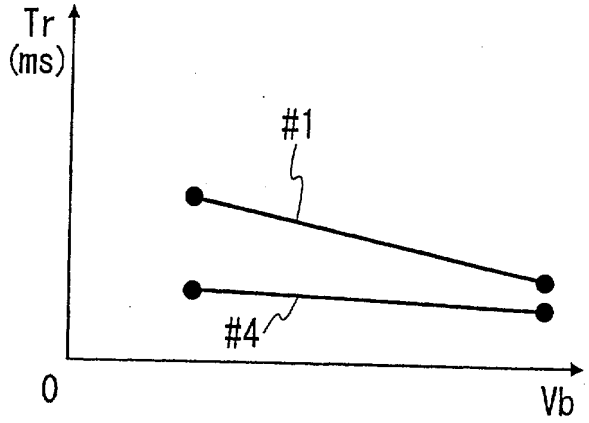

FERMÉ
Sc
OUVERT
FERMÉ
Sb
OUVERT
FERMÉ
Sr
OUVERT
FERMÉ
Si
OUVERT
Vc+Vb
Vb
Vi1
2Vb
Vb
Vi2
2Vb
Vb
Ii
T0 T1 T2 T3 T4 T5

FIG. 11


Tr
(ms)
#1
#4
0
Vb