



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2001/03/28

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2001/09/30

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2008/02/12

(30) Priorités/Priorities: 2000/03/31 (FR00 04 160);
2000/06/15 (FR00 07 646)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G08C 19/02* (2006.01),
B61L 23/00 (2006.01)

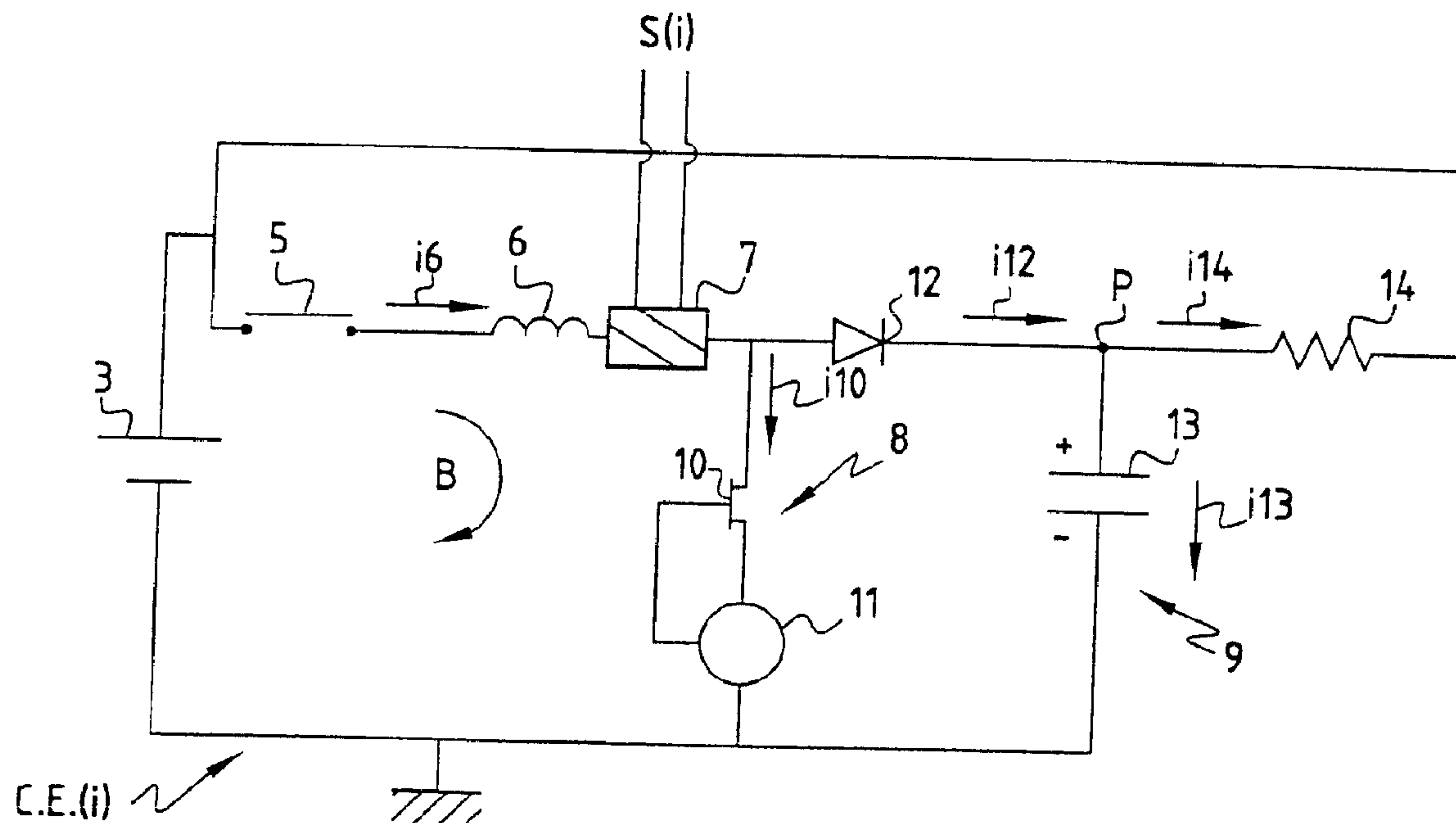
(72) Inventeurs/Inventors:
BERT, MICHEL, FR;
PRINCE, LADIMIR, FR

(73) Propriétaire/Owner:
ALSTOM, FR

(74) Agent: ROBIC

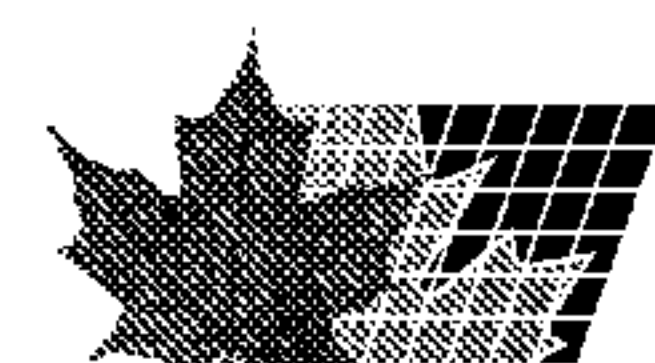
(54) Titre : CIRCUIT ELECTRIQUE POUR LA TRANSMISSION D'UNE INFORMATION D'ETAT, NOTAMMENT D'UN ORGANE DE MATERIEL FERROVIAIRE ROULANT, ET SYSTEME ELECTRIQUE INCORPORANT UN TEL CIRCUIT

(54) Title: ELECTRICAL CIRCUIT FOR TRANSMITTING CONDITION INFORMATION, NAMELY FROM A UNIT OF RAILWAY ROLLING STOCK, AND ELECTRICAL SYSTEM CONTAINING THE AFORESAID CIRCUIT



(57) Abrégé/Abstract:

Circuit électrique (CE(i)) pour la transmission d'une information relative à l'état d'un paramètre ou d'un équipement, notamment pour une application dans le domaine ferroviaire. Il comporte des moyens pour réguler l'intensité du courant dans un interrupteur (5), comportant des moyens de commutation (10,11,12 ;11') des connexions et comportant des moyens d'emmagasinement selfiques (6) et des moyens d'emmagasinement capacitifs (13) qui forment, en régime établi, chacun alternativement moyens de stockage et moyens de restitution d'une partie de l'énergie dudit circuit électrique (CE(i)) selon l'état alternatif desdites connexions, défini par les moyens de commutation. Système électrique (1) incorporant un tel circuit (CE(i)).



ABREGE DU CONTENU TECHNIQUE DE L'INVENTION

Circuit électrique (CE(i)) pour la transmission d'une information relative à l'état d'un paramètre ou d'un équipement, notamment pour une application dans le domaine ferroviaire.

Il comporte des moyens pour réguler l'intensité du courant dans un interrupteur (5), comportant des moyens de commutation (10,11,12 ;11') des connexions et comportant des moyens d'emmagasinement selfiques (6) et des moyens d'emmagasinement capacitifs (13) qui forment, en régime établi, chacun alternativement moyens de stockage et moyens de restitution d'une partie de l'énergie dudit circuit électrique (CE(i)) selon l'état alternatif desdites connexions, défini par les moyens de commutation.

Système électrique (1) incorporant un tel circuit (CE(i)).

CIRCUIT ÉLECTRIQUE POUR LA TRANSMISSION D'UNE INFORMATION
D'ÉTAT, NOTAMMENT D'UN ORGANE DE MATÉRIEL FERROVIAIRE
ROULANT, ET SYSTÈME ÉLECTRIQUE INCORPORANT UN TEL CIRCUIT

L'invention concerne un circuit électrique pour l'acheminement d'informations de type tout ou rien, notamment pour une application dans le domaine ferroviaire.

10 Dans un train, de nombreux signaux de type tout ou rien indiquant l'état d'un paramètre ou d'un équipement sont acheminés par exemple jusqu'à un circuit électronique de commande d'automates ou jusqu'à un tableau de contrôle et de signalisation.

Par exemple, ces signaux sont représentatifs de l'état d'un disjoncteur ou de la position ouverte ou fermée d'une porte d'accès à une voiture.

Les signaux sont destinés à être acheminés avec un degré élevé de sécurité et de disponibilité, ce qui rend inadaptée l'utilisation de liaisons de faible énergie de type informatique.

20 Une solution actuellement utilisée consiste à brancher aux deux bornes d'un accumulateur un circuit électrique en boucle fermée, qui comporte en série au moins un interrupteur lié à l'état de l'organe à contrôler, une résistance, et une liaison à isolation galvanique reliée au dispositif destinataire de l'information contenue dans le signal, par exemple le circuit électronique de commande d'automate ou le tableau de contrôle et de signalisation.

30 La position ouverte ou fermée de l'interrupteur est représentative de l'état d'un paramètre ou d'un équipement. Lorsque l'interrupteur est fermé, un courant, dont l'intensité est limitée par la résistance, circule dans le circuit. Lorsqu'il est ouvert, aucun courant ne passe. La présence ou l'absence de ce courant est transformée par la liaison à isolation galvanique en une information tout ou rien communiquée au circuit électronique.

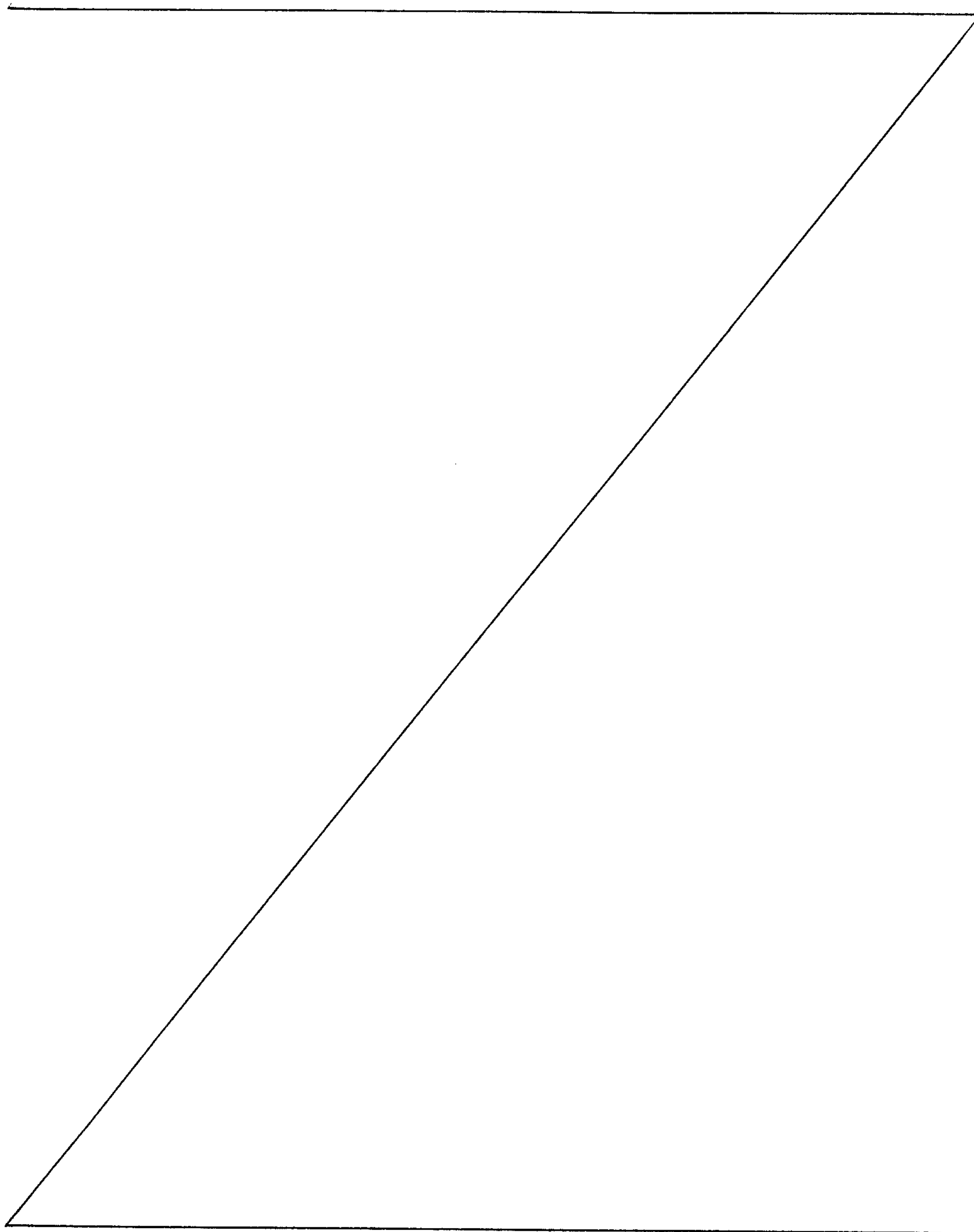
Généralement, un train comporte une pluralité de tels circuits

1a

connectés aux bornes d'un même accumulateur.

Comme les interrupteurs ont tendance à s'oxyder, une intensité minimale de courant, de l'ordre de quelques dizaines de milliampères, doit traverser chacun de ces interrupteurs pour les nettoyer.

Ce courant est consommé à perte dans la résistance.



De plus, la puissance dissipée dans la résistance par effet Joule produit de la chaleur, qui doit être évacuée.

Une solution consisterait à utiliser des ventilateurs.

Cependant, à l'heure actuelle, on évite, voire on s'interdit,
5 d'utiliser de tels ventilateurs comme mode de refroidissement des circuits électroniques embarqués dans les trains pour des raisons de fiabilité, un ventilateur comportant des composants mécaniques susceptibles de se coincer, de se gripper et, de manière générale, de provoquer une panne.

La fiabilité des composants électriques et électroniques diminuant
10 fortement lorsque la température ambiante augmente, on cherche à produire le moins de chaleur possible.

Par ailleurs, l'accumulateur alimentant généralement plusieurs circuits, et d'autres équipements, la tension qu'il délivre varie dans le temps avec le niveau de la charge à ses bornes.

15 L'intensité du courant dans le circuit varie donc elle aussi, proportionnellement à l'état de charge de l'accumulateur.

Par conséquent, pour obtenir l'intensité minimale requise pour le nettoyage des interrupteurs, il faut consentir à consommer un important surcroît de courant et donc de puissance, pendant certaines périodes au cours
20 du fonctionnement du circuit. La production supplémentaire de chaleur qui l'accompagne accroît le problème de l'évacuation de cette chaleur.

La quantité de chaleur dissipée augmente avec le nombre d'interrupteurs et d'informations à transmettre.

L'invention vise à réduire les inconvénients susmentionnés de
25 l'art antérieur.

L'invention a donc pour but de réaliser l'acheminement d'une information de type tout ou rien avec un degré élevé de fiabilité et de disponibilité, tout en réduisant la puissance dissipée par effet Joule.

Elle a donc pour objet un circuit électrique de transmission de
30 l'état d'un paramètre ou d'un équipement, destiné à être branché aux bornes d'un accumulateur d'alimentation et comportant :

- une liaison à isolation galvanique entre ledit circuit électrique et une sortie pour l'émission d'une information d'état, et

- un interrupteur dont la position ouverte ou fermée est représentative de l'information d'état et qui détermine le passage d'un courant dans ledit circuit électrique,

le circuit électrique assurant la transmission de l'information d'état de l'interrupteur vers la sortie, par l'intermédiaire de la liaison à isolation galvanique,

caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour réguler l'intensité du courant dans l'interrupteur, comportant des moyens de commutation des connexions entre les éléments constitutifs du circuit électrique et comportant des moyens d'emmagasinement selfiques en série avec l'interrupteur et des moyens d'emmagasinement capacitifs qui, en régime établi, forment chacun alternativement moyens de stockage et moyens de restitution d'une partie de l'énergie dudit circuit électrique, selon l'état alternatif desdites connexions entre les différents éléments du circuit électrique, déterminé par les moyens de commutation.

Suivant d'autres caractéristiques de ce circuit électrique :

- la liaison à isolation galvanique est connectée en série avec l'interrupteur ;
- les moyens pour réguler l'intensité du courant dans l'interrupteur comportent en outre des moyens de contrôle d'une grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique et de commande alternative des moyens de commutation des connexions entre les éléments constitutifs du circuit électrique en fonction de l'état dudit circuit électrique ;
- les moyens de commutation des connexions entre les éléments constitutifs du circuit électrique connectent alternativement au moins les moyens d'emmagasinement selfiques, l'interrupteur, l'accumulateur et les moyens d'emmagasinement capacitifs en série dans une boucle fermée lors d'une première phase, en régime établi, de restitution par les moyens d'emmagasinement selfiques d'une quantité d'énergie qui est stockée par les moyens d'emmagasinement capacitifs, et les moyens d'emmagasinement selfiques, l'interrupteur et les moyens d'emmagasinement capacitifs en série dans une boucle fermée lors d'une deuxième phase , en régime établi, de restitution par les moyens d'emmagasinement capacitifs d'une quantité d'énergie qui

est stockée par les moyens d'emmagasinement selfiques, la polarité des branchements entre les moyens d'emmagasinement selfiques et les moyens d'emmagasinement capacitifs étant inversés entre la première et la deuxième phase ;

- 5 - les moyens d'emmagasinement selfiques et les moyens d'emmagasinement capacitifs comportent respectivement une inductance en série avec l'interrupteur et une capacité, le circuit électrique comporte en série avec l'interrupteur et l'inductance, des première et deuxième branches en parallèle, et comporte une résistance en parallèle avec l'interrupteur et
10 l'inductance, et connectée à un point de la deuxième branche, la capacité étant connectée dans la deuxième branche, et les moyens de commutation des connexions comportent des moyens pour diriger alternativement dans les première et deuxième branches le courant passant dans l'interrupteur et l'inductance ;
- 15 - la liaison à isolation galvanique est connectée dans la première branche ;
 - la liaison à isolation galvanique est connectée en série avec le condensateur dans la deuxième branche ;
 - la liaison à isolation galvanique est connectée en série avec la
20 résistance ;
 - la période, durant laquelle le courant passant dans l'interrupteur et l'inductance circule successivement dans la première puis dans la deuxième branche, et le rapport cyclique, égal au temps de circulation de ce courant dans la première branche divisé par ladite période, sont respecti-
25 vement fixe et variable et déterminés par les moyens de contrôle de la grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique et de commande périodique des moyens de commutation ;
 - les moyens pour diriger alternativement dans les première et deuxième branches le courant passant dans l'interrupteur et l'inductance
30 comportent un interrupteur commandé connecté dans la première branche et une diode connectée dans la deuxième branche entre d'une part, l'une des deux jonctions des première et deuxième branches, et d'autre part, le point de connexion de la résistance sur la deuxième branche, la capacité se

trouvant entre d'une part l'autre de ces deux jonctions des première et deuxième branches, et d'autre part, le point de connexion de la résistance sur la deuxième branche ;

5 - la liaison à isolation galvanique est connectée en série avec la diode ;

 - la liaison à isolation galvanique consiste en un opto-coupleur ;

 - la liaison à isolation galvanique consiste en un transformateur ;

 - le primaire dudit transformateur forme également au moins une partie des moyens d'emmagasinement selfiques ;

10 - lesdits moyens de contrôle d'une grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique et de commande périodique des moyens de commutation forment également la liaison à isolation galvanique et sont, à cet effet, pourvus de ladite sortie pour l'émission de l'information d'une part, et aptes à émettre cette information à partir du traitement de ladite grandeur
15 caractéristique, notamment à partir du rapport cyclique, d'autre part ;

 - la valeur de crête, au cours d'une période, du courant passant dans l'interrupteur constitue ladite grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique ;

 - le potentiel au point de connexion de la résistance sur la
20 deuxième branche constitue ladite grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique ;

 - la tension aux bornes de la résistance constitue ladite grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique ;

 - il comporte en outre des moyens pour tester son fonctionnement correct, indépendamment de la position de l'interrupteur d'état ;
25

 - les moyens pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique comportent :

 • un interrupteur commandé de test et un accumulateur de test connectés dans un premier circuit série qui est à son tour connecté
30 en parallèle avec un deuxième circuit série comportant l'interrupteur d'état et un emplacement destiné au branchement de l'accumulateur d'alimentation, et

- une unité de test automatique, connectée à la borne de commande de l'interrupteur commandé de test et à la sortie pour l'émission d'une information d'état ;
 - les moyens pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique comportent :
 - un interrupteur commandé de test connecté en parallèle avec l'interrupteur d'état, l'ensemble étant connecté en série avec un emplacement pour le branchement de l'accumulateur d'alimentation destiné à assurer également la fonction d'un accumulateur de test ; et
- une unité de test automatique, connectée à la borne de commande de l'interrupteur commandé de test et à la sortie pour l'émission d'une information d'état ;
 - l'unité de test automatique, également connectée aux moyens de contrôle d'une grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique et de commande alternative des moyens de commutation des connexions, est apte à maintenir lesdits moyens de commutation dans au moins une position d'annulation du courant dans ledit circuit électrique ;
 - les moyens pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique comportent au moins une diode de protection connectée en série avec l'interrupteur d'état, pour bloquer un courant en provenance de l'interrupteur commandé de test ;
 - les moyens pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique comportent une autre diode de protection connectée en série avec l'interrupteur commandé de test, pour bloquer un courant en provenance de l'interrupteur d'état.

L'invention a également pour objet un système électrique destiné à transmettre une pluralité d'informations d'état, caractérisé en ce qu'il comporte un accumulateur et une pluralité de circuits électriques, tels que définis ci-dessus, destinés chacun à transmettre une information d'état et branchés en parallèles aux bornes dudit accumulateur.

Suivant d'autres caractéristiques de ce système électrique, celui-ci est embarqué dans un convoi ferroviaire, chaque interrupteur étant asso-

cié à un organe ou un équipement dudit convoi ferroviaire, pour en contrôler l'état ou la position.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux
5 dessins annexés, sur lesquels :

- la Fig.1 représente un système électrique selon une première variante de réalisation de l'invention pour la transmission d'une pluralité d'informations tout ou rien ;
- la Fig.2 représente un circuit électrique élémentaire du système
10 électrique de la figure 1 pour la transmission d'une information tout ou rien ;
- les graphes des figures 3a, 3b et 3c représentent les valeurs théoriques des courants en fonction du temps, respectivement dans trois branches du circuit de la figure 2 ;
- la Fig.4 représente un circuit élémentaire analogue à celui de la
15 figure 2 selon un exemple de réalisation de la première variante de réalisation de l'invention ;
- la Fig.5 représente un circuit élémentaire analogue à celui de la figure 2 selon une deuxième variante de réalisation de l'invention ;
- la Fig.6 représente un circuit élémentaire analogue à celui de la
20 figure 2 selon une troisième variante de réalisation de l'invention ; et
- la Fig. 7 représente un circuit élémentaire conforme à la première variante de réalisation de l'invention illustrée à la figure 2, ce circuit élémentaire comportant en outre des moyens pour tester automatiquement son fonctionnement correct.

25 Une première variante de réalisation d'un système électrique 1 selon l'invention est illustrée sur la figure 1.

Le système électrique 1 est apte à transmettre une pluralité d'informations tout ou rien à un circuit électronique 2 de commande d'automates.

30 Le système électrique 1 comporte une pluralité de circuits électriques élémentaires CE(i), ici au nombre de n, connectés en parallèle aux bornes d'un accumulateur d'alimentation 3. Comme cela sera expliqué par la suite, chaque circuit élémentaire CE(i) est apte à transmettre une informa-

tion tout ou rien représentative de l'état d'un organe ou d'un équipement à contrôler, notamment un équipement de véhicules ferroviaires.

Une connexion $S(1)...S(i)...S(n)$ récupère en sortie de chaque circuit élémentaire $CE(i)$, l'information tout ou rien au moyen d'une liaison
5 qui sera décrite ci-après, pour la transmettre à l'un des ports d'entrée $P(1)...P(i)...P(n)$ du circuit électronique 2.

Le circuit électronique 2 comporte également des ports 4 de sortie par exemple pour la commande d'automates (non représentés).

Dans l'application principale visée, l'accumulateur d'alimentation
10 3, le système électrique 1 et le circuit électronique 2 sont destinés à être embarqués dans un train. Il va de soi que le circuit électronique 2 de commande d'automates peut être remplacé par un tableau de contrôle et de signalisation ou par tout dispositif susceptible de recevoir et de traiter une information tout ou rien.

15 Généralement, l'accumulateur d'alimentation 3 est la seule source de tension continue pour tout le train. Aussi, les divers équipements embarqués qui nécessitent une alimentation en courant continu sont alimentés par cet unique accumulateur 3. La tension qu'il délivre est donc susceptible de varier dans le temps, en fonction de la charge à ses bornes, entre
20 0,6 fois et 1,4 fois sa tension nominale.

Les accumulateurs 3 généralement utilisés à l'heure actuelle dans les trains, présentent des tensions nominales de 24 volts, 36 volts, 48 volts, 96 volts et 110 volts.

Par soucis de clarté, on a isolé sur la figure 2, un circuit électrique
25 élémentaire $CE(i)$ entrant dans la construction du système électrique 1. Ce circuit élémentaire $CE(i)$ comporte une boucle B alimentée par l'accumulateur 3 et qui comprend, disposés en série, un interrupteur d'état 5, une inductance 6, une liaison à isolation galvanique 7 qui peut par exemple être réalisée au moyen d'un opto-coupleur, et deux branches 8 et 9 en
30 parallèle.

Pour des raisons de commodité, la convention suivante est adoptée dans la suite de la description : le sens de circulation d'un courant dans

la boucle B de la borne + vers la borne - de l'accumulateur 3 définit une orientation positive de cette boucle B.

La branche 8 comporte, disposés en série, un transistor 10 et un dispositif de régulation 11 commandant ledit transistor 10. La polarisation du transistor 10 est telle qu'un courant circulant entre les deux électrodes principales, autres que celle de commande, du transistor est positif selon l'orientation conventionnelle de la boucle B adoptée précédemment.

Le dispositif de régulation 11 comporte des moyens de mesure de l'intensité du courant qui parcourt la branche 8, ainsi qu'une horloge (non représentée).

La deuxième branche 9 comporte une diode 12 et un condensateur 13 en série.

Une résistance 14 est disposée entre un point P de la branche 9 localisé entre la diode 12 et le condensateur 13, et la borne + de l'accumulateur 3.

La diode 12 est polarisée de manière à interdire la décharge du condensateur 13 ailleurs que par la résistance 14.

L'organe ou l'équipement dont on veut contrôler l'état actionne la fermeture et l'ouverture de l'interrupteur d'état 5.

Lorsque l'interrupteur 5 est ouvert, aucun courant ne passe dans la boucle B au travers de la liaison galvanique 7, qui, lorsqu'elle consiste en un opto-coupleur, ne délivre aucun courant de sortie sur la connexion S(i) ou sortie pour l'émission d'une information d'état.

La fréquence de commande du transistor 10 est fixée, par exemple autour de 240 kHz, par l'horloge du dispositif de régulation 11. Au cours d'une période T définie comme l'inverse de cette fréquence de commande du transistor 10, laquelle période est, dans l'exemple décrit fixe, mais qui peut être rendue variable dans d'autres réalisations, le transistor 10 est consécutivement rendu passant puis bloqué. Le rapport cyclique α , égal au temps durant lequel le transistor 10 est passant divisé par la période T, est variable. Il est déterminé par le dispositif de régulation 11 par comparaison de la valeur de crête du courant parcourant la branche 8 au cours d'une pé-

riode T à une valeur de consigne de l'ordre de 25 mA mémorisée dans le dispositif de régulation 11, afin de réguler le courant dans la boucle B.

Lorsque l'interrupteur 5 est ouvert, le courant dans la branche 8 est nul, et donc inférieur à la valeur de consigne du dispositif de régulation 11. Le rapport cyclique α est alors égal à 1 et le transistor 10 est passant d'une façon continue.

On notera également que, dans cette position de l'interrupteur 5, le potentiel V_p au point P est égal à la tension E aux bornes de l'accumulateur 3.

Lorsque l'interrupteur 5 est actionné de sa position ouverte vers sa position fermée, débute alors une phase transitoire. Le transistor 10 étant passant, l'inductance 6 de valeur L et de résistance propre r est soumise à la tension E délivrée par l'accumulateur 3. L'intensité i_6 du courant dans l'inductance 6 est déterminée par la relation :

$$E = L \frac{di_6}{dt} + ri_6$$

et croît exponentiellement en fonction du temps t dans le cas général et sensiblement linéairement lorsque la période de commande est très inférieure à la constante de temps de l'inductance 6 de valeur L/r .

Après une ou plusieurs périodes T , le courant i_6 est parvenu à une valeur telle que le rapport cyclique α commence à s'éloigner de sa valeur initiale égale à 1 et le transistor 10 se bloque.

L'inductance 6 se démagnétise par un courant i_{12} traversant la diode 12, en direction du point P. Ce courant i_{12} se divise en P en deux courants i_{13} et i_{14} qui parcourent respectivement le condensateur 13 et la résistance 14. Le courant i_{14} est initialement relativement faible, car l'essentiel du courant i_{12} en provenance de la diode 12 est appliqué au condensateur 13. Le courant i_{13} accroît la charge du condensateur 13 et le potentiel V_p au point P croît au-dessus de sa valeur initiale E .

En fin de période T , le transistor 10 est de nouveau passant et si l'interrupteur 5 est toujours fermé, le cycle qui vient d'être décrit se répète plusieurs fois de manière quasi-identique à cette différence près que le potentiel V_p au point P désormais augmente.

A chaque nouveau cycle, le potentiel V_p augmente progressivement pour tendre vers une valeur de stabilisation après la phase transitoire qui vient d'être décrite. La valeur de stabilisation de V_p est atteinte lorsque la moyenne de l'intensité du courant i_{14} , déterminée par la tension aux bornes de la résistance 14 et la valeur R de cette résistance 14 selon la relation

$$i_{14} = \frac{V_p - E}{R},$$

est égale à la valeur moyenne du courant i_{12} à travers la diode 12.

Désormais, le circuit élémentaire CE(i) est entré dans un régime sensiblement stabilisé. La valeur du potentiel V_p au point P est alors sensiblement constante.

Les figures 3a, 3b et 3c illustrent le fonctionnement du circuit élémentaire CE(i) une fois qu'il est entré dans ce régime sensiblement stabilisé où le courant circulant dans l'inductance n'est pas interrompu.

Plus précisément, la courbe 3a représente l'évolution du courant i_6 en fonction du temps dans l'inductance 6, et les courbes 3b et 3c représentent la contribution de ce courant i_6 dans les intensités respectivement du courant i_{10} passant dans le transistor 10 et du courant i_{12} passant dans la diode 12.

Lorsque le transistor 10 est passant en début de période T pendant une durée αT , le potentiel E de l'accumulateur 3 est appliqué à l'inductance 6. Le courant i_6 qui s'établit dans l'interrupteur 5, l'inductance 6, la liaison à isolation galvanique 7, et le transistor 10, est déterminé, en première approximation, si la période de commande est très inférieure à la constante de temps de l'inductance 6, par la relation :

$E = L \frac{di_6}{dt}$, ou encore, par la relation $i_6 = \frac{E}{L} t + i_{6m}$, dans lesquelles t est le temps et i_{6m} est la valeur minimale du courant i_6 à l'instant où le transistor 10 devient passant.

L'intensité du courant i_6 croît approximativement linéairement au cours du temps t avec une pente $\frac{E}{L}$, à partir d'une intensité minimale i_{6m} jusqu'à une intensité i_{6M} maximale.

Après une durée αT , le transistor 10 se bloque et ce, jusqu'en fin de période T . La tension aux bornes de l'inductance 6 est égale à $E - V_p$, le potentiel V_p au point P étant sensiblement constant et supérieur à E . L'intensité du courant i_6 qui traverse l'inductance 6 est en première approximation déterminée par la relation :

$$i_6 = \frac{E - V_p}{L} t + i_{6M}, \text{ et décroît linéairement de la valeur maximale } i_{6M}$$

jusqu'à la valeur minimale i_{6m} .

Ce courant i_6 à travers l'inductance 6 s'écoule pour une part dans la boucle fermée comprenant l'inductance 6, la diode 12, le condensateur 13, l'accumulateur 3 et l'interrupteur 5. L'autre part de ce courant i_6 circule dans la résistance 14 et parcourt la boucle fermée comportant l'inductance 6, la diode 12, la résistance 14 et l'interrupteur 5.

La part du courant i_6 qui passe dans le condensateur 13 lorsque le transistor 10 est bloqué et l'inductance 6 se décharge, entretient la charge de ce condensateur 13 et le potentiel V_p au point P .

En effet, le condensateur 13 se décharge par ailleurs durant le temps αT , pendant que la diode 12 est bloquée, d'une quantité qui doit être en moyenne égale à sa recharge par la diode 12, pendant le temps $(1-\alpha)T$, en régime établi.

Lorsqu'il se décharge, le condensateur 13 restitue une partie de son énergie au circuit en alimentant au moins l'interrupteur 5, l'inductance 6, la liaison à isolation galvanique 7 et le transistor 10, et éventuellement en alimentant également l'accumulateur 3.

D'un point de vue énergétique, en début de période T , pendant αT , le condensateur 13 se décharge, et une partie de son énergie est transférée à l'inductance 6 qui se magnétise, ce qui génère le courant i_6 dans l'interrupteur 5, l'inductance 6, la liaison à isolation galvanique et le transistor 10. En fin de période T , pendant $(1-\alpha)T$, l'inductance se démagnétise et une partie de son énergie est transférée au condensateur 13 qui se charge, ce qui génère le courant i_6 dans l'interrupteur 5, l'inductance 6 et la liaison à isolation galvanique 7.

Le courant i_6 est donc en partie la conséquence d'un transfert d'énergie du condensateur 13 vers l'inductance 6, puis de l'inductance 6 vers le condensateur 13. Il convient de noter qu'entre ces deux phases de transfert d'énergie, la polarité des branchements entre l'inductance 6 et le condensateur 13 sont inversés. L'accumulateur 13 entretient le niveau d'énergie du circuit en compensant les pertes notamment dans la résistance 14. L'accumulateur 3 a également pour fonction de fournir l'énergie initiale au circuit lors de la phase transitoire de démarrage commentée précédemment.

Le dispositif de régulation 11 détermine le rapport cyclique α de manière à réguler l'intensité du courant i_6 qui traverse l'inductance 6. Lorsque le transistor 10 est passant, le courant i_6 croît. Inversement, ce courant i_6 décroît quand le transistor 10 est bloqué. Le rapport cyclique α détermine donc les durées des phases de croissance et de décroissance du courant i_6 au cours d'une période T . En augmentant l'une desdites durées par rapport à l'autre, le dispositif de régulation 11 peut faire varier l'intensité du courant i_6 entre le début et la fin de la période T .

En régime stabilisé, le courant i_6 dans l'inductance 6 tel qu'illustré sur la figure 3a, sans être tout à fait continu, n'évolue que sur une plage réduite comprise entre i_{6m} et i_{6M} . Sa valeur moyenne est ajustée de manière à obtenir le passage du courant minimal requis pour assurer le nettoyage de l'interrupteur 5.

Or, le courant qui traverse l'inductance 6 s'écoule également dans la liaison à isolation galvanique 7.

Ainsi, lorsque l'interrupteur 5 est fermé, il s'établit un courant dans la liaison à isolation galvanique 7, laquelle produit en réponse un signal de sortie sur la connexion $S(i)$.

La position de la liaison à isolation galvanique 7 en série avec l'interrupteur 5 est avantageuse puisque le signal qu'elle génère en sortie est une image sensiblement fidèle du courant qui traverse cet interrupteur 5.

On notera que plus la capacité C du condensateur 13 est élevée, plus le potentiel V_p est stable.

En effet, la variation de tension aux bornes du condensateur 13 en raison d'une variation donnée de sa charge, est inversement proportionnelle à sa capacité C.

5 Toutefois, les durées des régimes transitoires à l'ouverture et à la fermeture de l'interrupteur 5 durant lesquels le condensateur 13 respectivement se charge et se décharge et que l'on souhaite les plus courtes possible, évoluent avec la capacité C de ce condensateur 13 et dans le même sens qu'elle. Aussi, la détermination de C réside dans un compromis.

10 Le courant en provenance du condensateur 13 ou courant sortant et qui traverse la résistance 14 est celui qui assure la décharge du condensateur 13. Or, en régime stabilisé, le courant moyen sortant du condensateur 13 est égal au courant i_6 en provenance de l'inductance 6 qui y entre. Ce dernier est fixé par le dispositif de régulation 11.

15 Par conséquent, le courant en provenance du condensateur 13 et qui traverse la résistance 14 est lui aussi déterminé par le dispositif de régulation 11. La différence de potentiel V_p-E aux bornes de la résistance 14 s'établit à une valeur proportionnelle à l'intensité de ce courant et inversement proportionnelle à la valeur R de cette résistance 14. Aussi, la valeur R de la résistance 14 permet de déterminer la différence de potentiel V_p-E , la
20 valeur du courant i_6 étant fixée par ailleurs.

Le fonctionnement de l'invention qui vient d'être exposé réduit l'énergie dissipée par effet Joule de deux manières.

Premièrement, l'accumulateur 3 entretient le niveau d'énergie dans le circuit, et seule la puissance qu'il libère à cet effet est consommée
25 par effet Joule. Le courant i_6 dans l'interrupteur 5 n'est pas uniquement limité par une résistance qui dissipe nécessairement de l'énergie par effet Joule comme dans l'art antérieur cité, mais aussi par le transfert alternatif d'une quantité d'énergie qui cause une croissance puis une décroissance de ce courant i_6 et permet sa régulation.

30 Deuxièmement, l'intensité du courant i_6 injectée dans le circuit est régulée par sa valeur maximale i_{6M} qui est indépendante de la tension E délivrée par l'accumulateur 3. Contrairement à ce qui est obtenu dans l'art an-

térieur, une variation de la tension E délivrée par l'accumulateur 3 n'introduit pas une variation du courant consommé par la résistance 14.

Sur la figure 4, la liaison à isolation galvanique consiste en un couplage magnétique réalisé par un transformateur 7', à entrefer dans le cas où la composante continue du courant traversant le primaire est importante, dont l'enroulement primaire forme également, au moins en partie, celui de l'inductance 6. Le secondaire est, pour sa part, relié à la connexion $S(i)$.

Le fonctionnement du circuit élémentaire $CE(i)$ reste inchangé. La variation du courant i_6 dans l'inductance 6 entre i_{6m} et i_{6M} , lorsque l'interrupteur 5 est fermé, produit en sortie une tension et/ou un courant aux bornes du secondaire du transformateur 7' qui constituent le signal de sortie après redressement par un redresseur non représenté.

Dans la variante de réalisation représentée sur la figure 5, la liaison à isolation galvanique 7 a été déplacée depuis une position en série avec l'inductance 6 vers une position en série avec le transistor 10, sur la branche 8. Le fonctionnement du circuit élémentaire $CE(i)$ demeure le même, le signal de sortie récupéré sur la connexion $S(i)$ étant intermittent comme le courant i_{10} qui traverse le transistor 10. Des moyens permettant de lisser ou de moyenniser ce signal de sortie peuvent être prévus sur le circuit de sortie associé à la connexion de sortie $S(i)$.

Dans la variante de réalisation de la figure 6, le dispositif de régulation 11 a été remplacé par un dispositif de régulation 11' qui comporte des moyens de mesure de la tension V_p aux bornes du condensateur 13.

Le dispositif de régulation 11' détermine le rapport cyclique α et commande le transistor 10 de manière à réguler la tension V_p aux bornes du condensateur 13 autour d'une valeur de consigne.

En effet, lorsque le rapport cyclique α augmente, l'intensité moyenne du courant i_6 dans l'inductance 6 augmente comme cela a été vu précédemment, ainsi que la part de ce courant i_6 qui s'écoule dans le condensateur 13 et le charge. Cela a pour effet de faire croître le potentiel V_p au point P.

En effet, en régime stabilisé, le courant moyen qui sort du condensateur 13 doit être égal au courant moyen en provenance de l'inductance 6 qui y entre. Or, ce courant qui sort du condensateur 13 et qui le décharge s'établit également dans la résistance 14 et est déterminé par la
5 différence de potentiel V_p-E aux bornes de cette résistance 14.

Dans le sens contraire, une diminution du rapport cyclique α permet de faire descendre la valeur du potentiel V_p au point P, ce qui traduit une diminution de l'intensité moyenne du courant i_6 circulant dans l'inductance 6. Le fonctionnement du circuit élémentaire CE(i) reste inchan-
10 gé par ailleurs.

Une variante de commande avantageuse utilise une mesure de la tension V_p-E aux bornes de la résistance 14 pour réguler le courant dans la résistance 14 par la relation $(V_p-E)/R$ et donc la puissance dissipée $(V_p-E)^2/R$, tout en maintenant un courant dans l'interrupteur 5 faiblement dé-
15 croissant en fonction de la tension de l'accumulateur 3.

L'invention ne se limite pas aux variantes de réalisation qui viennent d'être décrites. Notamment, la liaison à isolation galvanique peut être disposée sur l'une quelconque des branches du circuit élémentaire CE(i) par exemple en série avec la diode 12, le condensateur 13 ou avec la résis-
20 tance 14.

De même, le transistor 10 peut être remplacé par n'importe quel type d'interrupteur commandé.

Egalement, l'information de sortie peut être générée par le dispositif de régulation 11 ou 11', qui remplit alors la fonction de la liaison à isolation galvanique 7 ou 7', sur la base de la valeur du rapport cyclique α , laquelle est égale à 1 quand l'interrupteur 5 est ouvert et s'écarte de 1 quand il est fermé.
25

Par ailleurs, une panne par exemple consécutive à la défaillance d'un composant peut se produire, dans un circuit élémentaire CE(i) conforme à l'invention, sans être détectée ou du moins pas avant un temps qui peut être plus ou moins long, une telle possibilité nuisant à la fiabilité recherchée.
30

Dans la mesure où l'interrupteur d'état détermine le passage du courant dans ce circuit élémentaire CE(i), il peut être envisagé, dans un premier temps, de l'utiliser pour effectuer un test de fonctionnement dans lequel la réception effective du signal tout ou rien est vérifiée. Cependant, cet interrupteur d'état n'est pas toujours accessible et/ou actionnable facilement. Par exemple, il peut être disposé dans un endroit du train éloigné du lieu où la réception est testée.

Aussi, le circuit élémentaire CE(i) illustré à la figure 7 comporte des moyens 15 aptes à tester son fonctionnement correct, quelle que soit la position de l'interrupteur d'état.

Ce circuit élémentaire CE(i) possède une structure de base identique à celle de la première variante de réalisation de l'invention illustrée à la figure 2 et précédemment commentée, et comporte les mêmes éléments. Toutefois, l'interrupteur d'état et la liaison à isolation galvanique sont ici respectivement formés d'un inverseur de tension 5' et d'un opto-coupleur 7'', ce choix particulier étant uniquement destiné à illustrer certaines caractéristiques.

Les moyens 15 pour tester le fonctionnement correct du circuit élémentaire CE(i) comportent une diode de protection 16 disposée entre l'inverseur de tension 5' et l'inductance 6, et polarisée de manière à permettre le passage d'un courant positif selon l'orientation conventionnelle de la boucle B adoptée précédemment. Connecté en parallèle avec le circuit série comportant la diode de protection 16, l'inverseur de tension 5' et l'accumulateur d'alimentation 3, un autre circuit série comprend une autre diode de protection 17, un interrupteur commandé de test formé d'un transistor 18, et un accumulateur de test 19, qui appartiennent tous trois aux moyens 15. La diode de protection 17 et l'accumulateur de test 19 sont polarisés de manière à ce que ce dernier soit apte à alimenter le circuit élémentaire CE(i), à l'exception de l'inverseur de tension 5', en produisant un courant de sens identique à celui fourni par l'accumulateur d'alimentation 3, à la place de celui-ci.

Par rapport à ce courant émis par la borne positive de l'accumulateur de test 19, la diode de protection 17 est avantageusement

disposée en aval du transistor 18, lui-même disposé en aval de cet accumulateur de test 19.

Les moyens 15 pour tester le fonctionnement correct du circuit électrique CE(i) comportent encore une unité de test automatique 20, reliée au transistor 18 et avantageusement au dispositif de régulation 11, et recevant l'information d'état émise par l'opto-coupleur 7'' grâce à un branchement sur la connexion S(i).

Avantageusement, la diode de protection 16 est située d'un côté ou de l'autre de l'ensemble comportant l'inverseur de tension 5' et l'accumulateur d'alimentation 3 en série. Ainsi, des charges C(1)... C(j)... C(m) optionnelles mais représentées pour illustrer certaines particularités de fonctionnement, formées par exemple de relais, d'actionneurs, de bobines de fermeture de disjoncteurs et/ou de lampes témoins, et dont l'état, tout comme celui de l'opto-coupleur 7'', est destiné à être lié à la position ouverte ou fermée de l'inverseur de tension 5', sont disposées chacune en parallèle avec le circuit série comportant l'inverseur de tension 5' et l'accumulateur d'alimentation 3, à l'exception de la diode de protection 16.

Hors test, le fonctionnement de ce circuit électrique CE(i) reste identique à celui précédemment décrit, le courant à travers l'inverseur de tension 5' et l'inductance 6 traversant ici également la diode de protection 16.

L'unité de test automatique 20 est apte à conduire un test automatisé vérifiant que le circuit électrique CE(i) fonctionne correctement, ledit test étant déclenché par exemple par chaque nouveau démarrage du train.

Il convient de noter que l'inverseur de tension 5', dont l'actionnement peut être rendu fastidieux en raison du nombre important de tels interrupteurs, peut se trouver indifféremment dans une position ouverte ou fermée.

Lors d'une première étape du test, l'unité de test automatique 20 commande le transistor 18 à la fermeture, assurant ainsi la mise sous tension de la partie du circuit électrique CE(i) située en aval de la diode de protection 16. Cette unité 20 vérifie alors l'émission, dans la connexion S(i), d'une information représentative du passage d'un courant dans l'opto-

coupleur 7'', ce qui doit se produire lorsque cette partie du circuit CE(i), située en aval de la diode de protection 16, fonctionne correctement.

Comme la liaison à isolation galvanique est ici formée d'un opto-coupleur 7'', il convient de vérifier également que le phototransistor de cet
5 opto-coupleur, passant lorsqu'il reçoit l'information lumineuse en raison du passage d'un courant dans la diode photo-émettrice associée, retrouve son état bloqué, correspondant à un interrupteur ouvert, en l'absence de ce courant. Or, comme cela a été mentionné précédemment, l'inverseur de tension 5' peut se trouver dans un état quelconque. Aussi, dans une deuxième
10 étape du test, l'unité de test automatique 20 maintient, par l'intermédiaire du dispositif de régulation 11, le transistor 10 à l'état bloqué. Le courant qui traverse l'opto-coupleur 7'' s'annule progressivement du fait de l'énergie emmagasinée dans l'inductance 6, lors d'une période transitoire qui peut être estimée à 5 fois la constante de temps de cette inductance ($5 \times L/r$). En
15 effet, comme la tension aux bornes de l'accumulateur de test 19 est ici choisie pour être égale ou inférieure à celle aux bornes de l'accumulateur 3, le courant qui pourrait circuler à travers la résistance 14 de l'un vers l'autre de ces deux accumulateurs en raison de la différence de potentiel à leurs bornes est bloqué par la diode de protection 17. Après avoir attendu que la période transitoire se soit écoulée, l'unité de test automatique 20 vérifie que le signal qu'elle reçoit de la connexion S(i) correspond effectivement à un état bloqué du phototransistor de l'opto-coupleur 7''.

Lors de ce test considéré dans sa totalité, seule la diode 16 de protection n'est pas testée, et sera avantageusement surdimensionnée en
25 conséquence.

Lorsque la tension aux bornes de l'accumulateur d'alimentation 3 est supérieure à celle aux bornes de l'accumulateur de test 19, la diode de protection 17 évite qu'un courant s'instaure entre ces deux accumulateurs, si l'inverseur de tension 5' est fermé au moment où l'unité de test automatique
30 que 20 maintient le transistor 18 à l'état passant.

Avantageusement disposée en aval du transistor 18 par rapport à un courant émis par la borne positive de l'accumulateur de test 19, cette

diode de protection 17 protège en outre le transistor 18 des effets destructeurs d'une trop forte tension négative à ses bornes.

Pour sa part, la diode de protection 16 isole les accumulateurs 3 et 19 et évite un courant de l'un vers l'autre, lorsque la tension de test est supérieure à la tension d'alimentation, situation que l'on peut rencontrer lorsque la deuxième étape du test précité n'est pas prévue, par exemple parce que la liaison à isolation galvanique n'est pas un opto-coupleur.

Cette diode de protection 16 évite également qu'un courant de court-circuit émis par l'accumulateur de test 19 s'instaure quand l'inverseur de tension 5' est en position ouverte, c'est-à-dire lorsqu'il déconnecte le circuit élémentaire CE(i) de l'accumulateur d'alimentation 3 et impose une tension nulle aux bornes de ce circuit électrique CE(i), tandis que, parallèlement, le transistor 18 est passant. Bien entendu, cette situation que l'on cherche à éviter n'existe pas quand un interrupteur simple est disposé à la place de cet inverseur de tension 5'.

La diode de protection 16 évite aussi que ne soient alimentées par l'accumulateur de test 19, quand le transistor 18 est passant, les charges C(1)... C(j)... C(m), dont il convient de rappeler que l'état est destiné à être lié à celui de l'inverseur de tension 5'.

En variante, l'accumulateur d'alimentation 3, tout en conservant sa disposition à l'intérieur du circuit électrique CE(i), peut également être connecté de manière à remplacer l'accumulateur de test 19. Dans une telle disposition, l'accumulateur d'alimentation remplit successivement dans le temps deux fonctions distinctes, permettant ainsi de réaliser l'économie d'un accumulateur de test spécifique. Le transistor 18 est alors connecté directement en parallèle avec l'inverseur de tension 5'. La diode de protection 17 devient superflue. Quant à la diode de protection 16, seule la présence des charges C(1)... C(j)... C(m) ou l'utilisation d'un inverseur de tension 5' au lieu d'un simple interrupteur la rendent nécessaire.

Il va de soi que tout type d'interrupteur peut remplacer l'inverseur de tension 5', celui-ci n'ayant été choisi que pour illustrer le rôle particulier rempli par la diode de protection 16 dans le cas où il est employé.

L'opto-coupleur 7'' ayant été choisi pour des raisons similaires, lui aussi peut être remplacé par n'importe quel autre composant apte à réaliser une liaison à isolation galvanique. Certains d'entre eux, comme par exemple le transformateur précédemment évoqué, ne nécessitent pas de deuxième
5 phase de test, puisqu'ils ne peuvent générer seuls, c'est-à-dire en l'absence de tout courant les traversant, un signal de sortie sur la connexion S(i) correspondant à un tel courant. Dans ce cas, la connexion reliant l'unité de test automatique 20 au dispositif de régulation 11 n'est plus nécessaire.

Pour sa part, le transistor 18 peut être remplacé par tout compo-
10 sant remplissant la fonction d'interrupteur commandé.

Les moyens 15 pour tester le fonctionnement correct du circuit électrique CE(i) sont destinés à s'adapter à toute variante de réalisation de l'invention, par exemple à toutes celles qui ont précédemment décrites, bien que ces moyens 15 aient été présentés dans une combinaison particulière
15 avec une seule d'entre elles.

L'invention ne se limite pas à une application ferroviaire, mais concerne la transmission, dans tout domaine, d'une information tout ou rien.

Parmi les avantages de l'invention, on notera que la réduction de la puissance totale dissipée par effet Joule dans un circuit conforme à
20 l'invention permet de diminuer la taille des résistances, composants les plus encombrants, à température et à vitesse d'air de refroidissement identiques.

Cette diminution de taille permet de réduire l'encombrement d'une voie de lecture, et donc de ménager de la place à un plus grand nombre de circuits de lecture sur une surface de carte électronique identique,
25 malgré un nombre de composants plus importants.

Les moyens 15 pour tester automatiquement le fonctionnement du circuit électrique CE(i) présentent notamment l'avantage de se présenter sous la forme d'un circuit simple, utilisant peu de composants et, par conséquent, peu coûteux.

30 De plus, ces moyens 15 permettent de mettre en œuvre un test dont le taux de couverture est proche de 100%, seule la diode de protection 16 n'étant pas vérifiée.

Le surdimensionnement de cette diode de protection 16 limite notablement le risque de la voir provoquer une panne.

REVENDICATIONS

1. Circuit électrique (CE(i)) de transmission de l'état d'un paramètre ou d'un équipement, destiné à être branché aux bornes d'un accumulateur (3) d'alimentation et comportant :
 - 5 - une liaison à isolation galvanique (7 ; 7') entre ledit circuit électrique (CE(i)) et une sortie (S(i)) pour l'émission d'une information d'état, et
 - un interrupteur d'état (5 ; 5') dont la position ouverte ou fermée est représentative de l'information d'état et qui détermine le passage, hors test, d'un courant dans ledit circuit électrique (CE(i)) ,
 - 10 le circuit électrique (CE(i)) assurant la transmission de l'information d'état de l'interrupteur d'état (5 ; 5') vers la sortie S(i), par l'intermédiaire de la liaison à isolation galvanique (7 ; 7'),
 - caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour réguler l'intensité du courant dans l'interrupteur d'état (5 ; 5'), comportant des moyens de commutation (10,12) des connexions entre les éléments constitutifs du circuit électrique (CE(i)) et comportant des moyens d'emmagasinement selfiques (6) en série avec l'interrupteur d'état (5 ; 5') et des moyens d'emmagasinement capacitifs (13) qui, en régime établi, forment chacun alternativement moyens de stockage et moyens de restitution d'une partie de l'énergie dudit circuit électrique (CE(i)), selon l'état alternatif desdites connexions entre les différents éléments du circuit électrique (CE(i)), déterminé par les moyens de commutation.
 - 15 2. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7,7') est connectée en série avec
 - 20 l'interrupteur d'état (5 ; 5').
 3. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens pour réguler l'intensité du courant dans l'interrupteur d'état (5 ; 5') comportent en outre des moyens (11 ; 11') de contrôle d'une grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i))
 - 25 et de commande alternative des moyens de commutation (10,12) des connexions entre les éléments constitutifs du circuit électrique (CE(i)) en fonction de l'état dudit circuit électrique.

4. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de commutation (10,12) des connexions entre les éléments constitutifs du circuit électrique (CE(i)) connectent alternativement au moins:

10 - les moyens d'emmagasinement selfiques (6), l'interrupteur d'état (5 ; 5'), l'accumulateur (3) et les moyens d'emmagasinement capacitifs (13) en série dans une boucle fermée lors d'une première phase, en régime établi, de restitution par les moyens d'emmagasinement selfiques (6) d'une quantité d'énergie qui est stockée par les moyens d'emmagasinement capacitifs (13), et

- les moyens d'emmagasinement selfiques (6), l'interrupteur d'état (5 ; 5') et les moyens d'emmagasinement capacitifs (13) en série dans une boucle fermée lors d'une deuxième phase, en régime établi, de restitution par les moyens d'emmagasinement capacitifs (13) d'une quantité d'énergie qui est stockée par les moyens d'emmagasinement selfiques (6), la polarité des branchements entre les moyens d'emmagasinement selfiques (6) et les moyens d'emmagasinement capacitifs (13) étant inversés entre la première et la deuxième phase.

20 5. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'emmagasinement selfiques et les moyens d'emmagasinement capacitifs comportent respectivement une inductance (6) en série avec l'interrupteur d'état (5; 5') et une capacité (13), en ce que le circuit électrique (CE(i)) comporte en série avec l'interrupteur d'état (5; 5') et l'inductance (6), des première et deuxième branches (8,9) en parallèle, et comporte une résistance (14) en parallèle avec l'interrupteur d'état (5; 5') et l'inductance (6), et connectée à un point (P) de la deuxième branche (9), la capacité (13) étant connectée dans la deuxième branche (9), et en ce que les
30 moyens de commutation des connexions comportent des moyens (10,12) pour diriger alternativement dans les première et deuxième branches (8,9) le courant passant dans l'interrupteur d'état (5; 5') et l'inductance (6).

6. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7; 7') est connectée dans la première branche (8).

7. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7; 7') est connectée en série avec le condensateur (13) dans la deuxième branche (9).

8. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7; 7') est connectée en série avec la résistance (14).

10 9. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la période (T), durant laquelle le courant passant dans l'interrupteur d'état (5; 5') et l'inductance (6) circule successivement dans la première (8) puis dans la deuxième branche (9), et le rapport cyclique (α), égal au temps de circulation de ce courant dans la première branche (8) divisé par ladite période (T), sont respectivement fixe et variable et déterminés par les moyens (11; 11') de contrôle de la grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i)) et de commande périodique des moyens de commutation (10,12).

20 10. Circuit électrique (CE(i)) selon revendication 5, caractérisé en ce que les moyens (10) pour diriger alternativement dans les première et deuxième branches (8,9) le courant passant dans l'interrupteur d'état (5; 5') et l'inductance (6) comportent un interrupteur commandé (10) connecté dans la première branche (8) et une diode (12) connectée dans la deuxième branche (9) entre d'une part, l'une des deux jonctions des première et deuxième branches (8,9), et d'autre part, le point (P) de connexion de la résistance (14) sur la deuxième branche (9), la capacité (13) se trouvant entre d'une part l'autre de ces deux jonctions des première et deuxième branches (8,9), et d'autre part, le point (P) de connexion de la résistance (14) sur la deuxième branche (9).

11. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 10, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7; 7') est connectée en série avec la diode (12).

12. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7) consiste en un opto-coupleur.

13. Circuit électrique (CE(i)) selon revendication 1, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique consiste en un transformateur (7').

10 14. Circuit électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la liaison à isolation galvanique (7; 7') consiste en un transformateur (7') connecté en série avec l'interrupteur d'état (5; 5') et dont le primaire forme également au moins une partie des moyens d'emmagasinement selfiques.

15. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens (11; 11') de contrôle d'une grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i)) et de commande périodique des moyens de commutation (10,12) forment également la liaison à isolation galvanique (7; 7') et sont, à cet effet, pourvus de ladite sortie S(i) pour l'émission de l'information d'une part, et aptes à émettre cette information à partir du traitement de ladite grandeur caractéristique, notamment à partir du rapport
20 cyclique (α), d'autre part.

16. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 3, caractérisé en ce que la valeur de crête, au cours d'une période (T), du courant passant dans l'interrupteur d'état (5; 5') constitue ladite grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i)).

17. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 5, caractérisé en ce que le potentiel (Vp) au point (P) de connexion de la

résistance (14) sur la deuxième branche (9) constitue ladite grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i)).

18. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la tension (E-Vp) aux bornes de la résistance (14) constitue ladite grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i)).

19. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (15) pour tester son fonctionnement correct, indépendamment de la position de l'interrupteur d'état (5 ; 5').

10 20. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 19, caractérisé en ce que les moyens (15) pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique (CE(i)) comportent:

- un interrupteur commandé de test (18) et un accumulateur de test (19) connectés dans un premier circuit série qui est à son tour connecté en parallèle avec un deuxième circuit série comportant l'interrupteur d'état (5; 5') et un emplacement destiné au branchement de l'accumulateur d'alimentation (3), et

- une unité de test automatique (20), connectée à la borne de commande de l'interrupteur commandé de test (18) et à la sortie (S(i)) pour
20 l'émission d'une information d'état.

21. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 19, caractérisé en ce que les moyens (15) pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique (CE(i)) comportent:

- un interrupteur commandé de test (18) connecté en parallèle avec l'interrupteur d'état (5; 5'), l'ensemble étant connecté en série avec un emplacement pour le branchement de l'accumulateur d'alimentation (3) destiné à assurer également la fonction d'un accumulateur de test; et

– une unité de test automatique (20), connectée à la borne de commande de l'interrupteur commandé de test (18) et à la sortie (S(i)) pour l'émission d'une information d'état.

22. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 3, 20 ou 21, caractérisé en ce que l'unité de test automatique (20), également connectée aux moyens (11; 11') de contrôle d'une grandeur caractéristique de l'état du circuit électrique (CE(i)) et de commande alternative des moyens de commutation (10,12) des connexions, est apte à maintenir lesdits moyens de commutation (10,12) dans au moins une position d'annulation du courant dans ledit circuit électrique (CE(i)).

23. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens (15) pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique (CE(i)) comportent au moins une diode de protection (16) connectée en série avec l'interrupteur d'état (5; 5'), pour bloquer un courant en provenance de l'interrupteur commandé de test (18).

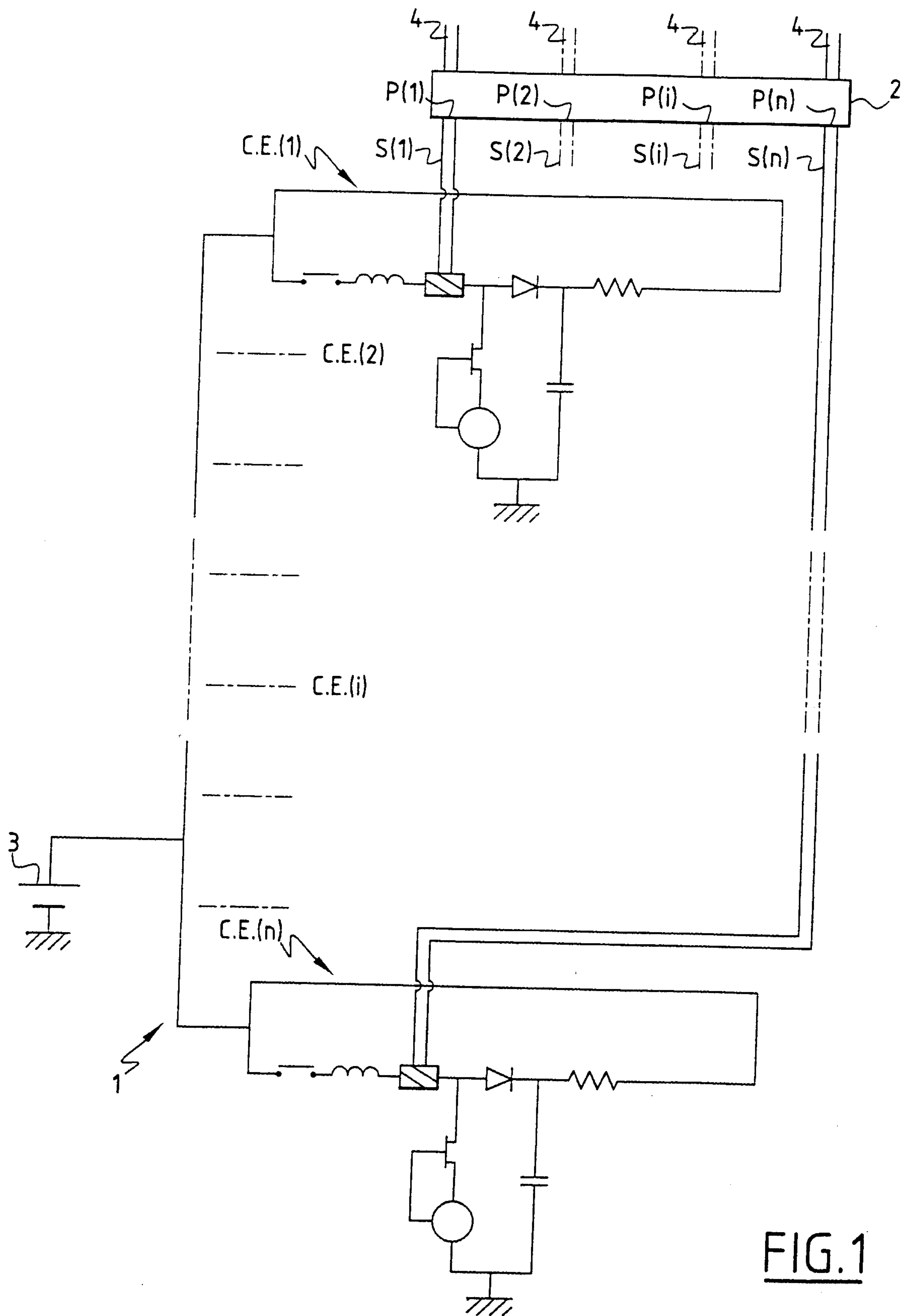
24. Circuit électrique (CE(i)) selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens (15) pour tester le fonctionnement correct de ce circuit électrique (CE(i)) comportent une autre diode de protection (17) connectée en série avec l'interrupteur commandé de test (18), pour bloquer un courant en provenance de l'interrupteur d'état (5; 5').

25. Système électrique (1) destiné à transmettre une pluralité d'informations d'état, caractérisé en ce qu'il comporte un accumulateur d'alimentation (3) et une pluralité de circuits électriques (CE(i)) selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, destinés chacun à transmettre une information d'état et branchés en parallèles aux bornes dudit accumulateur (3).

26. Système électrique (1) selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'il est embarqué dans un convoi ferroviaire, chaque interrupteur d'état

(5; 5') étant associé à un organe ou un équipement dudit convoi ferroviaire, pour en contrôler l'état ou la position.

1/5

FIG.1

2/5

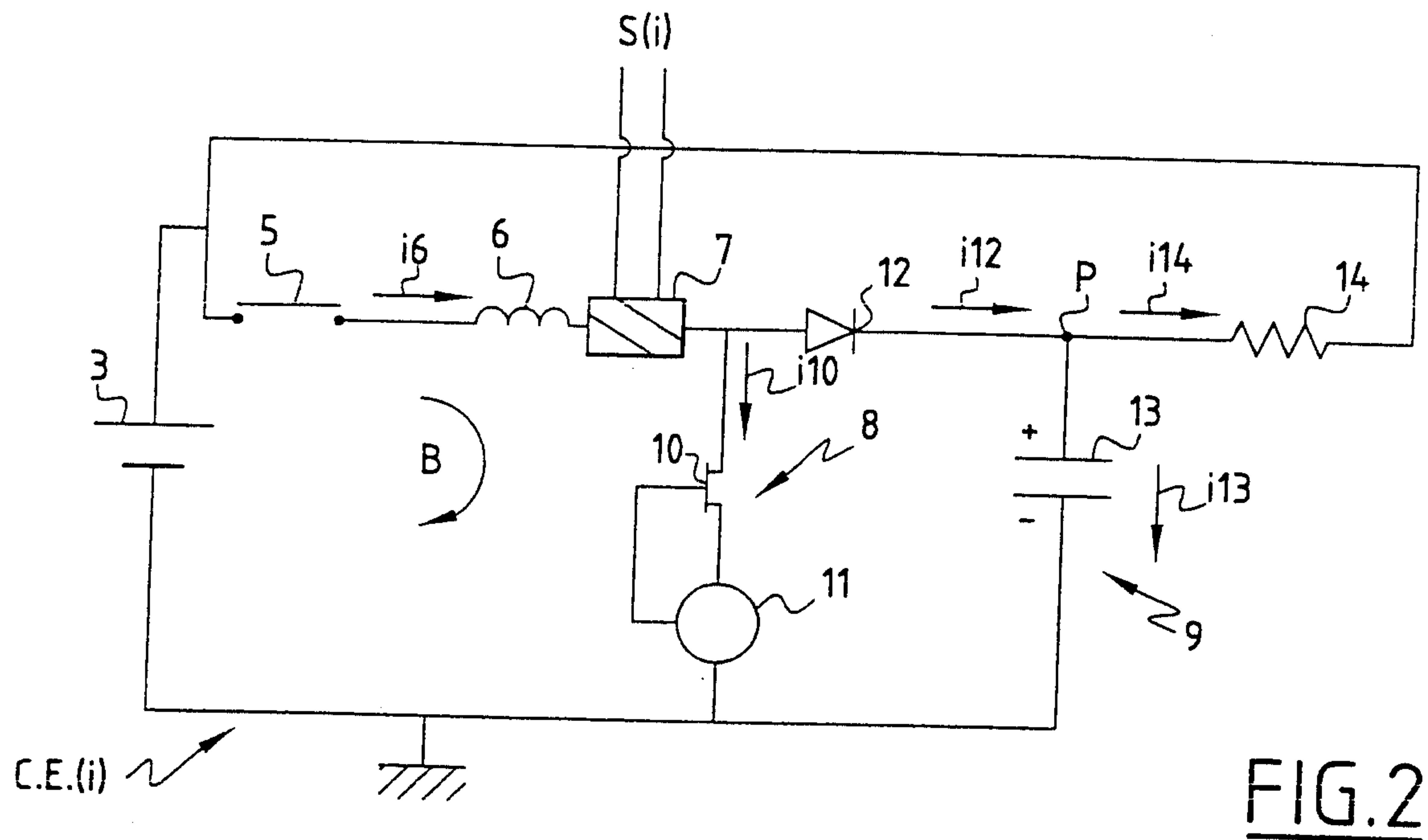


FIG. 2

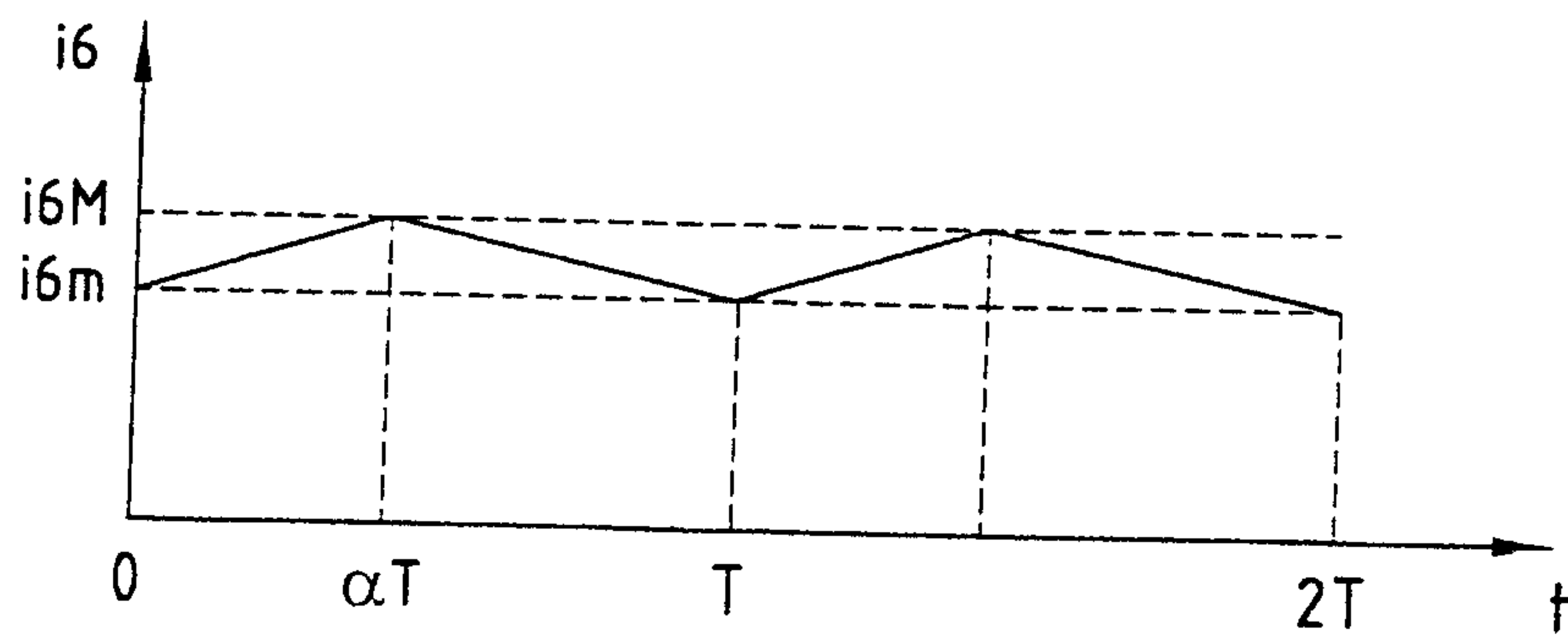


FIG. 3a

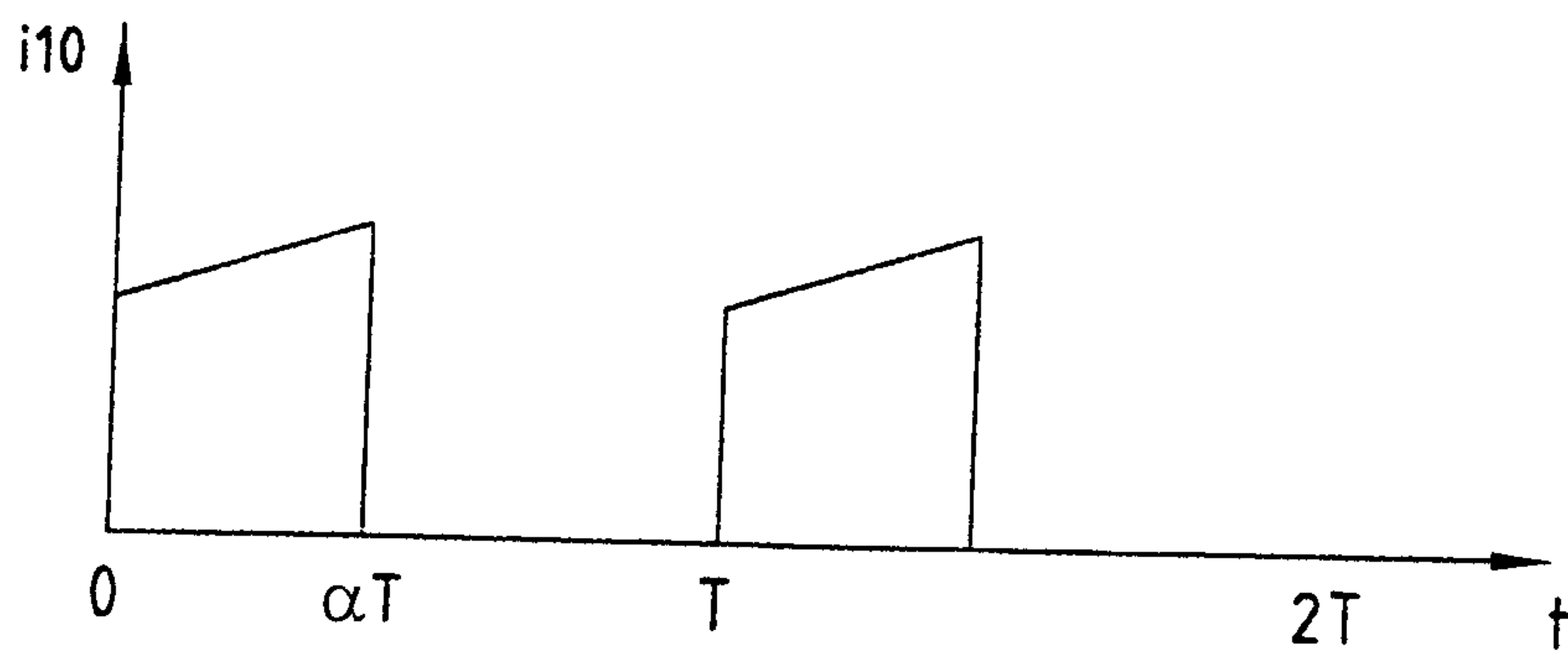


FIG. 3b

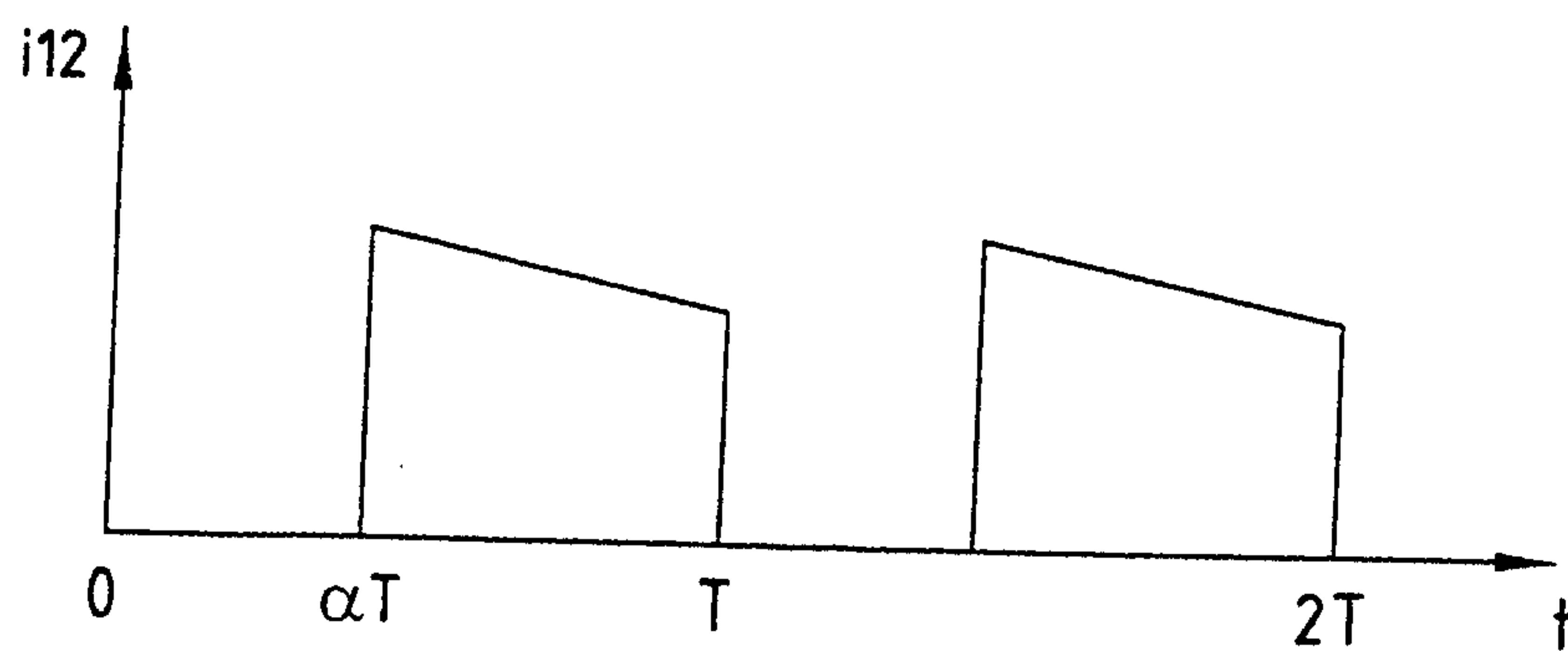
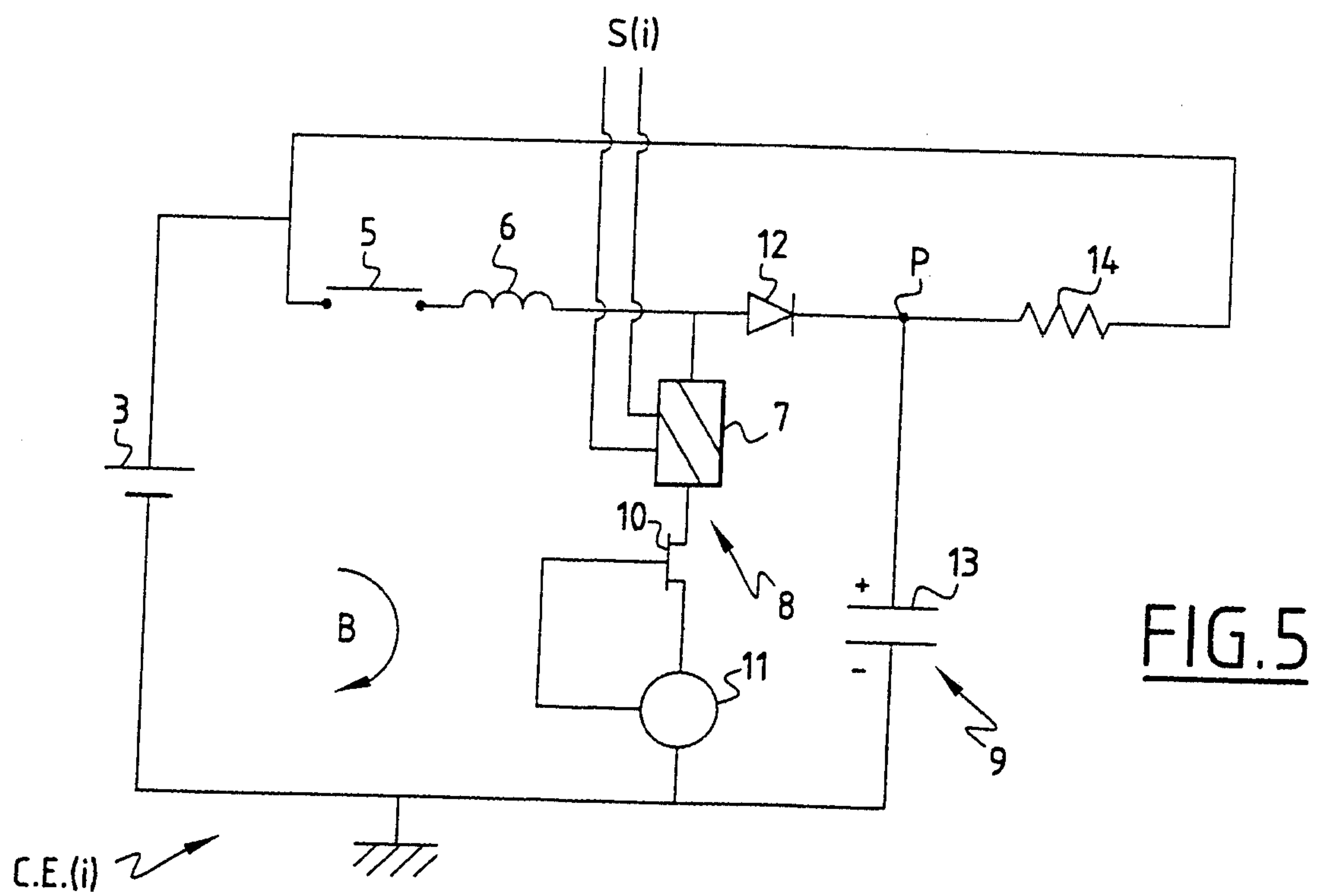
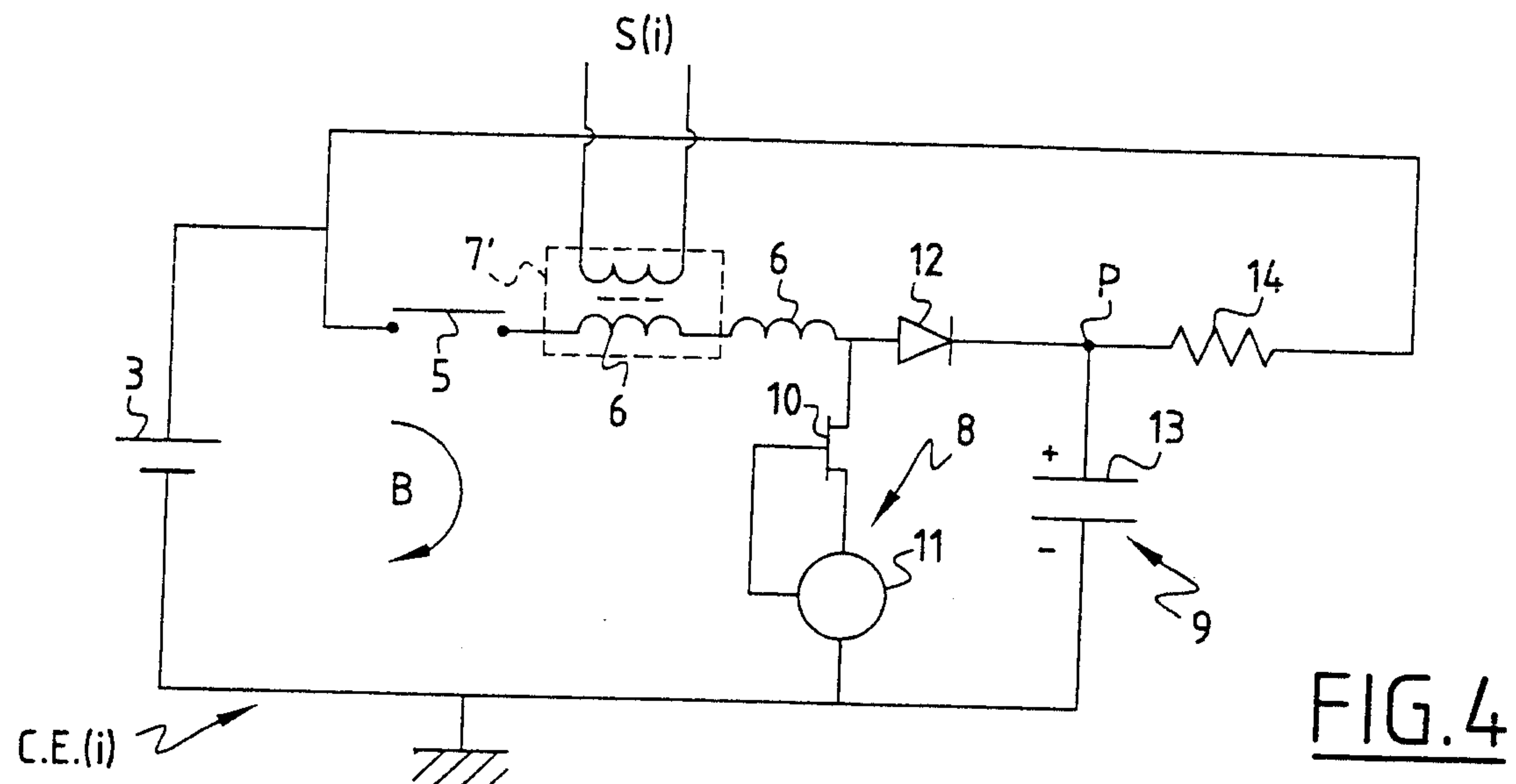
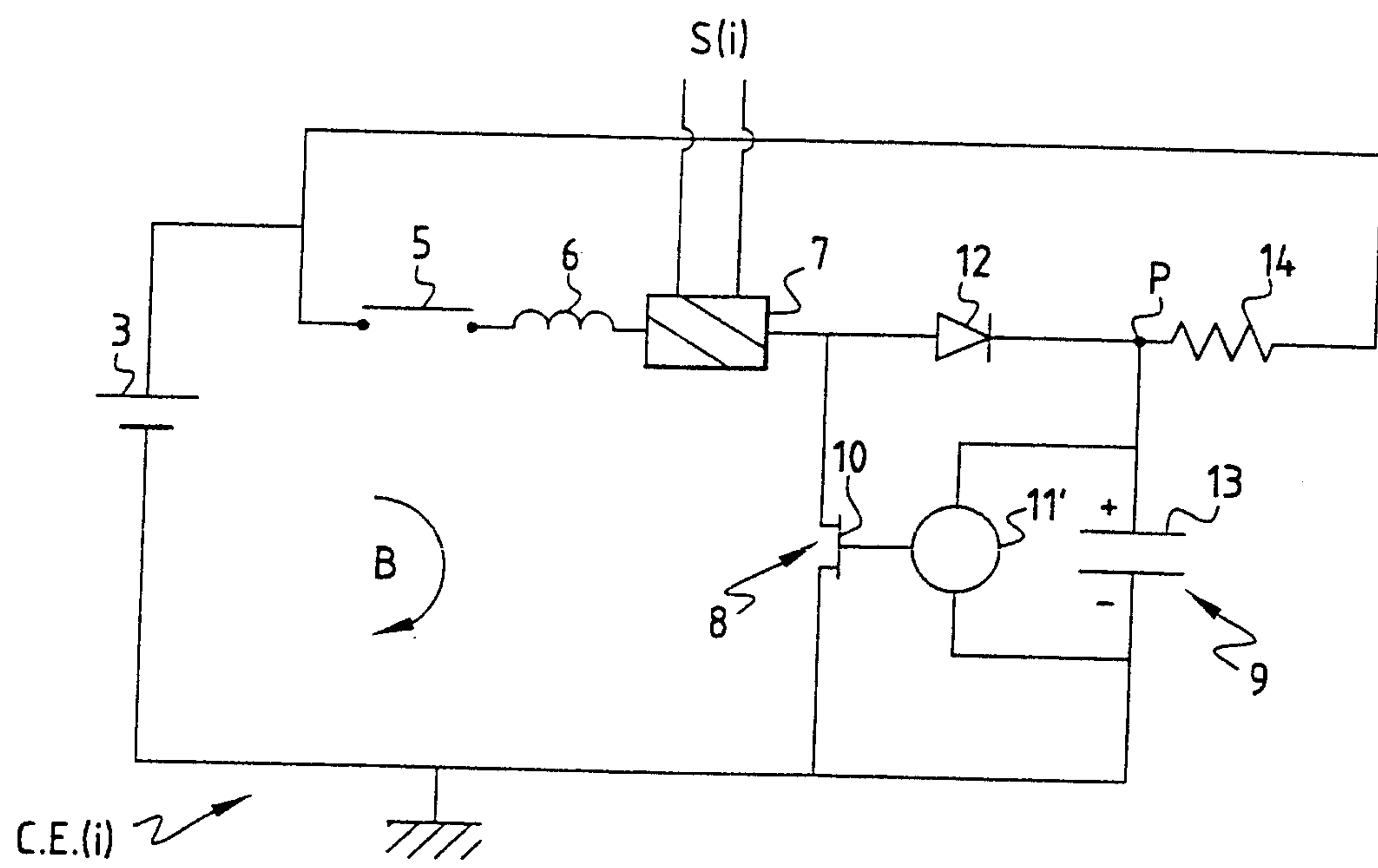


FIG. 3c

3/5



4/5

FIG.6

5/5

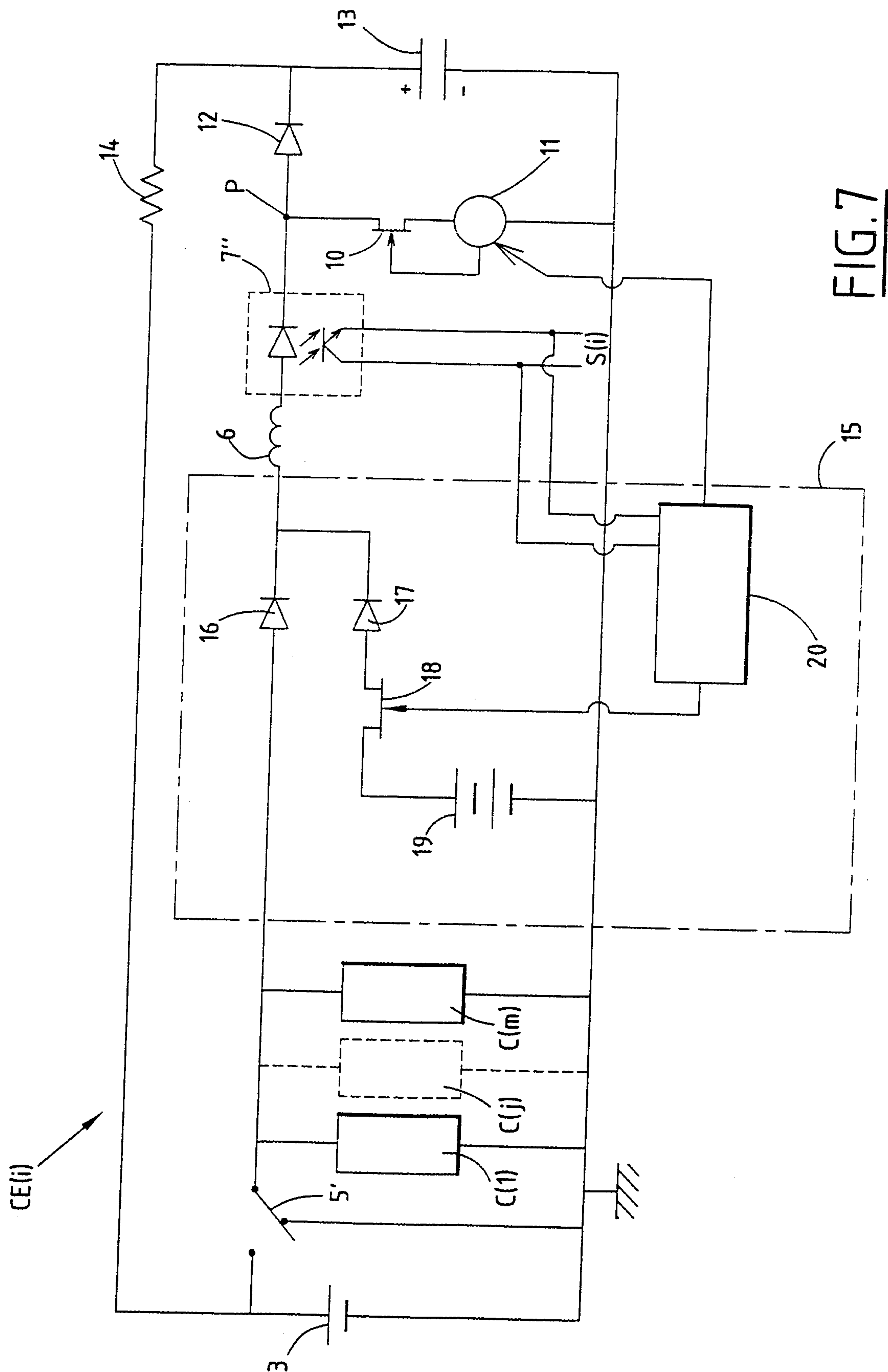


FIG. 7

