

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.05.92.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 12.11.93 Bulletin 93/45.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Organisation Intergouvernementale: AGENCE SPATIALE EUROPEENNE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Perol Philippe Alfred.

⑦3 Titulaire(s) :

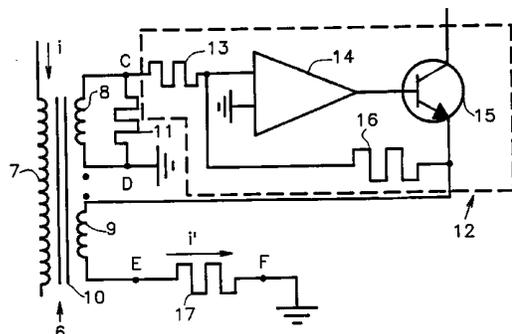
⑦4 Mandataire : Cabinet Ores.

⑤4 Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, dispositif de mesure d'intensité, convertisseur de courant continu-continu et radar mettant en œuvre un tel détecteur.

⑤7 L'invention se rapporte principalement à un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel, notamment de courant pulsé, à isolement galvanique, à un dispositif de mesure d'intensité, à un convertisseur de courant continu-continu et à un radar mettant en œuvre au moins un tel détecteur.

L'invention a pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique comportant un transformateur d'isolement et une résistance aux bornes de laquelle on mesure une différence de potentiel qui est une fonction de l'intensité du courant à mesurer, caractérisé en ce que le transformateur d'isolement (6) comporte deux enroulements secondaires (8, 9) à couplage serré, en ce qu'entre les bornes (C, D) d'un premier (8) desdits enroulements secondaires est connectée une première résistance (11), en ce qu'il comporte un amplificateur (14) pour amplifier le courant circulant dans la première résistance (11) et en ce que la sortie de l'amplificateur (14) est connectée en série à un second (9) desdits enroulements secondaires et à une seconde résistance (17) de manière à ce que la différence de potentiel  $V_{EF}$  aux bornes de cette résistance soit une fonction univoque du courant à mesurer.

L'invention s'applique principalement à la réalisation de convertisseur de courant continu-continu ainsi qu'à la mesure des impulsions radar.



**DETECTEUR D'INTENSITE DE COURANT UNIDIRECTIONNEL A  
ISOLEMENT GALVANIQUE, DISPOSITIF DE MESURE D'INTENSITE,  
CONVERTISSEUR DE COURANT CONTINU-CONTINU ET RADAR  
METTANT EN OEUVRE UN TEL DETECTEUR**

5 L'invention se rapporte principalement à un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel, notamment de courant pulsé, à isolement galvanique, à un dispositif de mesure d'intensité, à un convertisseur de courant continu-continu et à un radar mettant en oeuvre au moins un tel détecteur.

10 Les détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique trouvent de nombreuses applications en électrotechnique et électronique dans les domaines aussi variés que les convertisseurs de courant continu-continu ou la mesure d'impulsion émise par un émetteur radar.

15 Bien que de nombreux types de détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique ont été proposés, comme indiqué dans le premier paragraphe de l'introduction de "DC current sensor of PWM converters" A.W. KELLEY et J.E. TITUS 1991 PESC Conference IEEE., il n'existe pas de tels détecteurs donnant satisfaction.

20 Le Brevet français 87 17313 publié sous le N° 2 624 617 au nom de la Demanderesse décrit un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique comportant une sonde à effet Hall insérée dans un entrefer d'un circuit magnétique d'un transformateur dont le bobinage secondaire est court-circuité par une résistance de faible valeur. Les  
25 sorties de la sonde à effet Hall et du bobinage secondaire amplifiés sont réunies. Ce montage effectue une compensation du flux magnétique prélevé par la sonde à effet Hall. Toutefois, cette réalisation ne donne pas entièrement satisfaction.

30 Le Brevet US-3 916 310 décrit, en référence à la figure 4, un appareil de mesure de courant alternatif à isolement galvanique comportant un transformateur dont les deux bobinages secondaires sont connectés en série par l'intermédiaire d'un amplificateur opérationnel ayant un gain infini. Un flux apparaissant dans le circuit magnétique du transformateur induit une tension dans un des bobinages qui, amplifiée par l'amplificateur opérationnel,  
35 provoque une injection de courant dans le second bobinage annulant ce flux.

Ce dispositif ne peut fonctionner qu'en courant alternatif basse fréquence.

Il est à noter que les performances des convertisseurs de courant continu-continu sont affectées par l'utilisation de détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique de type connu qui ne donnent pas entièrement satisfaction.

5 C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique susceptible de mesurer un courant pulsé dans une large bande de fréquence.

C'est aussi un but de la présente invention d'offrir un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique ayant un  
10 encombrement et une masse réduits.

C'est également un but de la présente invention d'offrir un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique de haute précision.

C'est aussi un but de la présente invention d'offrir un détecteur  
15 d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique de construction simple.

C'est également un but de la présente invention d'offrir un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique ayant une faible consommation d'électricité.

20 C'est également un but de la présente invention d'offrir un convertisseur de courant continu-continu amélioré.

L'invention a principalement pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique comportant un transformateur d'isolement et une résistance aux bornes de laquelle on  
25 mesure une différence de potentiel qui est une fonction de l'intensité du courant à mesurer, caractérisé en ce que le transformateur d'isolement comporte deux enroulements secondaires à couplage serré, en ce qu'entre les bornes d'un premier desdits enroulements secondaires est connectée une première résistance, en ce qu'il comporte un amplificateur pour amplifier le  
30 courant circulant dans la première résistance et en ce que la sortie de l'amplificateur est connectée en série à un second desdits enroulements secondaires et à une seconde résistance de manière à ce que la différence de potentiel  $V_{EF}$  aux bornes de cette résistance soit une fonction univoque du courant à mesurer.

35 L'invention a également pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, caractérisé en ce que

l'amplificateur est un amplificateur à haut gain supérieur à 100 et une grande bande passante.

L'invention a également pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, caractérisé en ce que la valeur  
5 de la première résistance connectée entre les bornes du premier enroulement secondaire est la valeur maximale permettant d'obtenir un haut gain de l'amplificateur.

L'invention a également pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, caractérisé en ce que  
10 l'amplificateur est susceptible de délivrer en sortie un courant dont la variation de l'intensité par rapport au temps est au moins égale à 100A/μs.

L'invention a également pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, caractérisé en ce que les enroulements secondaires du transformateur d'isolement sont constitués par  
15 un enroulement bifilaire.

L'invention a également pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, caractérisé en ce que le transformateur d'isolement est un transformateur toroïdal comportant un circuit magnétique comprenant un ruban enroulé.

L'invention a également pour objet un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, caractérisé en ce que le diamètre du circuit magnétique du transformateur d'isolement est le plus faible diamètre permettant de faire passer le fil conduisant le courant à mesurer et sa gaine, pour avoir un couplage optimum.

L'invention a également pour objet un dispositif de mesure de la somme des intensités de courant, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications précédentes dont les seconds enroulements secondaires sont reliés à une même résistance  
25 30 assurant la sommation des intensités de courant de compensation du flux magnétique permettant de déterminer la somme des intensités à mesurer.

L'invention a également pour objet un convertisseur de courant continu-continu, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon  
35 l'invention ou au moins à un dispositif de mesure d'intensité de courant selon l'invention.

L'invention a également pour objet un convertisseur, caractérisé en ce qu'il comporte une diode et un interrupteur, en ce qu'un enroulement primaire d'un premier détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention est connecté en série  
5 avec l'interrupteur pour mesurer l'intensité du courant à travers ledit interrupteur et en ce qu'un enroulement primaire d'un second détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique est connecté en série avec la diode pour mesurer l'intensité du courant circulant dans la diode, en ce que les sorties du second enroulement secondaire des transformateurs  
10 d'isolement des deux détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique sont reliées en un même point d'une même résistance, ce point étant relié à un circuit de commande du convertisseur de courant.

L'invention a également pour objet un radar comportant des moyens pour générer des impulsions à émettre et des moyens de réception  
15 des échos renvoyés par des cibles ainsi que des moyens de mesure d'intensité du courant électrique des impulsions émises, caractérisé en ce que les moyens de mesure d'intensité du courant électrique des impulsions émises comportent au moins un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description  
20 ci-après et des figures annexées données comme des exemples non limitatifs et sur lesquelles :

- la figure 1 est un schéma d'un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique classique ;
- 25 - la figure 2 est un schéma d'un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention ;
- les figures 3 à 5 sont des représentations d'un écran d'oscilloscope illustrant les performances du détecteur selon l'invention ;
- la figure 6 est un schéma d'un premier exemple de  
30 réalisation d'un convertisseur de courant continu-continu selon l'invention ;
- la figure 7 est un schéma d'un dispositif, selon l'invention, de mesure de la somme des intensités de courant circulant dans une pluralité de conducteurs électriques ;
- la figure 8 est un schéma d'un deuxième exemple de  
35 réalisation d'un convertisseur de courant continu-continu selon l'invention.

Sur les figures 2 et 8, on a utilisé les mêmes références pour désigner les mêmes éléments.

Sur la figure 1, on peut voir un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique de type connu comportant un transformateur d'isolement 1 dont l'enroulement primaire 2 est inséré dans le circuit électrique dans lequel l'on veut mesurer l'intensité  $i$  du courant électrique. L'enroulement primaire 2 et un enroulement secondaire 3 du transformateur d'isolement 1 sont couplés par un circuit magnétique 4. Des bornes A et B de l'enroulement secondaire 3 sont reliées par une résistance 5 aux bornes de laquelle apparaît une tension qui, en l'absence de saturation du circuit magnétique 4, est proportionnelle au courant  $i$ . En l'absence de courant continu dans l'enroulement primaire 2 du transformateur 1, pour des signaux carrés, la saturation du circuit magnétique 4 apparaît pour un champ magnétique  $B_{MAX}$  exprimé en Tesla donné par la formule :

$$B_{MAX} = 10^4 V_{AB} / (4 nAt) \text{ où}$$

$V_{AB}$  est la différence de potentiel entre les points A et B ;

$n$  est le nombre de spires de l'enroulement secondaire 3 ;

$t$  est la durée des impulsions ;

$A$  est la section magnétique exprimée en  $\text{cm}^2$ .

La fidélité de mesure de l'intensité de courant pulsé est affectée par une chute de la différence de potentiel  $V_{AB}$ . Cette chute est fonction de l'inductance  $L_m$  magnétisant le circuit magnétique 4 et de la somme de résistance  $R_W$  de l'enroulement secondaire et de la valeur  $R_5$  de la résistance 5 et est donnée par la formule :

$$\text{Chute} = t / (L_m / (R_W + R_5)).$$

Ainsi, le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique de la figure 1 ne permet de mesurer l'intensité d'un courant pulsé que pour des facteurs de forme pour lesquels le courant polarisant le circuit magnétique 4 est suffisamment amorti après chaque impulsion pour éviter la saturation du circuit magnétique 4. Les impulsions longues par rapport à la période de récurrence d'un train d'impulsion récurrent ne peuvent pas être mesurées avec ce type de détecteurs d'intensité.

L'amortissement du courant polarisant est normalement exponentiel avec une constante de temps égale à  $L_m / R_5$ .

Sur la figure 2, on peut voir un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention comportant un

transformateur d'isolement 6 comprenant un enroulement primaire 7 et deux enroulements secondaires 8 et 9 bobinés avec un couplage serré, les enroulements 7 à 9 étant couplés par un circuit magnétique 10. Des bornes C et D de l'enroulement secondaire 8 sont reliées par une résistance 11 de valeur  $R_{11}$  avantageusement élevée, par exemple égale à 500  $\Omega$ . Le point D est relié à la masse, tandis que le point C est relié à l'entrée d'un générateur de courant 12. Le générateur de courant 12 comporte une résistance 13 reliant le point C à une première entrée d'un amplificateur 14 à haut gain G, par exemple égal à 100 ou à 200, et dont une seconde entrée est reliée à la masse. La sortie de l'amplificateur 14 est reliée à la base d'un transistor 15, dont le collecteur est relié à une tension de référence d'une alimentation électrique, par exemple égale à 5 V, non représentée et dont l'émetteur est relié d'une part à la sortie du générateur de courant 12 et, d'autre part, par l'intermédiaire d'une résistance 16 à l'entrée de l'amplificateur 14 reliée à la résistance 13. La sortie du générateur de courant est reliée à travers l'enroulement secondaire 9 et une résistance 17 à la masse.

La valeur  $R_{11}$  de la résistance 11 est avantageusement la plus haute possible compatible avec le gain de l'amplificateur 14 pour avoir une erreur de mesure minimale et un amortissement de courant magnétisant maximal.

Avantageusement, le transformateur d'isolement 6 est un transformateur bifilaire au niveau des enroulements secondaires 8 et 9. Autrement dit, les fils des enroulements secondaires 8 et 9 sont bobinés simultanément sensiblement parallèlement sur une même armature.

Un courant  $i$  passant dans l'enroulement primaire 7 du transformateur d'isolement 6 génère un flux magnétique dans le circuit magnétique 10. L'établissement du flux dans le circuit magnétique 10 génère une différence de potentiel  $V_{CD}$  entre les points C et D, aux bornes de l'enroulement secondaire 8 et de la résistance 11. La différence de potentiel provoque une génération d'un courant de rétroaction  $i'$  dans l'enroulement secondaire 9 et dans la résistance 17 par le générateur de courant 12 jusqu'à l'obtention de l'annulation du flux dans le circuit magnétique 10. On opère ainsi en boucle fermée. Une valeur élevée de la résistance 11 et un grand gain de l'amplificateur 14 permettent de réduire l'erreur statique et dans le cas de courant pulsé favorise un amortissement rapide du courant polarisant le

circuit magnétique 10 après la fin de chaque impulsion, évitant ainsi sa saturation.

Le courant  $i'$  assurant la compensation du flux magnétique dans le circuit magnétique 10 induit, entre des points E et F aux bornes de la résistance 17, une différence de potentiel  $V_{EF} = f(i)$ , fonction  
5 avantageusement linéaire, du courant  $i$  circulant dans l'enroulement primaire 7 du transformateur d'isolement 6.

La mesure directe, c'est-à-dire sans isolation galvanique de la différence de potentiel  $V_{EF}$ , permet de déterminer l'intensité du courant  $i'$  de  
10 rétroaction avec une bande passante quasi infinie, ce qui permet de déterminer l'intensité du courant  $i$  circulant dans l'enroulement primaire 7 pour une très large bande passante.

L'intensité du courant  $i$  à mesurer est donnée par la formule :

$$i = nV_{EF}/R_{17}$$

15  $n$  étant le nombre de spires de chacun des enroulements secondaires 8 et 9, et

$R_{17}$  étant la valeur de la résistance 17.

Pour un choix approprié des composants mis en oeuvre, on arrive à une erreur statique  $\Delta i/i$  faible. En effet,

$$\begin{aligned} \Delta i/i &= \Delta V_{EF}/V_{EF} \\ &= -R_{17}/(GR_{11}). \end{aligned}$$

20

Pour minimiser l'erreur statique, il suffit de rendre le produit  $GR_{11}$  grand par rapport à  $R_{17}$ , ce qui, de plus, permet, en choisissant une valeur importante pour  $R_{11}$ , d'obtenir un amortissement rapide à la fin de  
25 chaque impulsion du courant polarisant le circuit magnétique 10 dont la constante de temps est égale à  $Lm/R_{11}$ . La valeur du gain  $G$  et de la résistance  $R_{17}$  détermine la différence de potentiel  $V_{CD}$  aux bornes de la résistance 11. La longueur des impulsions, susceptibles d'être mesurées, est plus grande pour des valeurs faibles de la différence de potentiel  $V_{CD}$ .

30 Avantageusement, la résistance de l'enroulement secondaire 9 est faible par rapport à  $R_{17}$ . Il en résulte que la tension en sortie de l'amplificateur 14 est sensiblement égale à  $V_{EF}$  et  $V_{CD}$  est sensiblement égale à  $V_{EF}/G$ . Par exemple,  $V_{EF}$  est égale à quelques volts, alors que  $V_{CD}$  est égale à quelques dixièmes de milli volts. Dans un exemple de réalisation,  
35 du détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, on a mis en oeuvre les composants suivants :

$$R_{11} = 500 \Omega,$$

$$R_{17} = 20 \Omega,$$

$$G = 200,$$

le transformateur d'isolement 6 : transformateur toroïdal  
 5 comportant un enroulement bifilaire de 100 spires formant des enroulements secondaires 8 et 9 et un circuit magnétique 10 constitué par un enroulement d'un ruban sensiblement cylindrique de 1,5 cm de diamètre,

amplificateur 14 : circuit intégré LM 118.

Pour un courant  $i$  de 10A, on obtient :

10  $i' = 0,1 \text{ A}$  et

$$V_{CD} = 0,01 \text{ volts},$$

ce qui correspond à une incertitude statique  $\Delta i$  :

$$\Delta i = (\Delta i/i) i$$

$$= R_{17}/(GR_{11})i$$

15  $= 20/(200 \cdot 500)10$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$= 2 \text{ mA}$$

ce qui correspond à 0,02 %, ce qui est excellent.

Avantageusement, le produit  $G$  par la bande passante de  
 20 l'amplificateur 14 est important. Par exemple,  $di/dt$  est sensiblement égal à 100A/ $\mu$ s.

$V_{CD}$  étant très faible, égale à 10 mV, le courant de polarisation du circuit magnétique 10 est très faible. Il en résulte qu'il n'y a pratiquement aucune chute de la différence de potentiel.

25 Le dispositif selon la présente invention consomme une très faible puissance électrique. Par exemple, pour une intensité de courant  $i$  de 10 A et pour une tension d'alimentation égale à 5 V, la consommation est égale à 0,5 W. A titre de comparaison, la génération de 0,01 V à travers une résistance de mesure 5 de la figure 1 pour mesurer un courant d'intensité égal  
 30 à 10A, correspond à une consommation de 1 W dans la résistance 5.

Le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention utilise des tensions extrêmement faibles typiquement égales à des dizaines de milli volts, ce qui permet de mesurer  
 35 des impulsions très longues et/ou de réduire la taille et la masse du circuit magnétique 10. En effet, la saturation du circuit magnétique correspond au produit de la tension par le temps. Le circuit magnétique de 1,5 cm de

diamètre a permis de mesurer des impulsions de 10 ms. De plus, l'utilisation d'un circuit magnétique de taille réduite améliore le couplage des enroulements 7 à 9. Avantagement, l'on met en oeuvre un circuit magnétique 10 ayant le plus faible diamètre permettant de faire passer le fil  
5 conduisant le courant à mesurer et sa gaine, ce qui conduit à un couplage optimum.

De même, le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon la présente invention permet de mesurer des trains d'impulsions ayant un facteur de forme très élevé, par exemple égal  
10 à 0,98 (98 %), c'est-à-dire que l'amortissement du courant de polarisation est obtenu pendant au plus 2 % du temps de chaque récurrence. Pour  $V_{CD}$  égale à 10 mV, une tension de 0,490 V est nécessaire pour obtenir l'amortissement du courant de polarisation pendant les 2 % du temps de chaque récurrence. Cela est obtenu grâce à une valeur élevée de  $R_{11}$ , avec  
15 un circuit magnétique présentant une faible perméabilité magnétique  $\mu$ , ce qui minimise la valeur  $L_m$  et accélère l'amortissement.

De plus, le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention présente une faible sensibilité au bruit dans la mesure où la mesure de  $V_{EF}$  se fait à faible impédance directement  
20 aux bornes de la résistance 17.

Sur les figures 3 à 5, on a représenté les signaux présents sur un écran d'un oscilloscope. La trace inférieure correspond à une mesure de référence prise avec une sonde de laboratoire vendue sous la marque TEKTRONIX. La trace supérieure correspond à une mesure obtenue avec un  
25 détecteur de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention. L'affichage des deux traces correspond à 5 A par division. En ce qui concerne le détecteur de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention, cela correspond à une charge de 20  $\Omega$  et un calibre de l'oscilloscope de 1 V par division, le nombre  $n$  de spires étant égal à 100.

30 Sur la figure 3, on voit le comportement du détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention pour des impulsions longues pour lesquelles on a utilisé un calibre de 200  $\mu$ s par division.

35 Sur la figure 4, on peut voir le comportement du détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention pour des impulsions courtes. L'oscilloscope est calibré à 20  $\mu$ s par division.

Sur la figure 5, on peut voir le comportement d'un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique en présence d'impulsions présentant un facteur de forme élevé.

Sur la figure 6, l'on peut voir un premier exemple de  
5 convertisseur de courant continu-continu selon l'invention comportant une inductance 18 placée entre une alimentation en courant continu (non représentée) et une charge 20 à alimenter. Les bornes de la charge 20 sont reliées par un condensateur 21, tandis que les bornes de l'alimentation en courant continu sont reliées par une diode 22. Un interrupteur 23  
10 avantageusement du type transistor de puissance est disposé entre une des bornes de l'alimentation en courant continu et l'inductance 18.

Le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, selon l'invention, permet de mesurer le courant  $i$  circulant dans la  
15 branche du circuit comportant l'interrupteur 23 dans laquelle est inséré l'enroulement primaire 7 du transformateur d'isolement 6. Le point E est relié à un circuit de commande 24 assurant la mesure du courant  $i$ . Le circuit de commande 24 est relié à un dispositif de commande de l'interrupteur 23, à la grille du transistor dans l'exemple illustré sur la figure. Avantageusement, le circuit de commande est relié à un circuit 25 de protection électrique contre  
20 les court-circuits comportant, par exemple, un disjoncteur unipolaire ou, comme représenté sur la figure, bipolaire.

Comme il est usuel dans les convertisseurs continu-continu, le circuit de commande 24 mesure le courant  $i$  pour assurer l'ouverture  
25 sensiblement périodique du circuit par l'intermédiaire de l'interrupteur 23. Toutefois, la mesure étant beaucoup plus précise, les performances générales du convertisseur s'en trouvent améliorées. De même, l'encombrement et la masse du convertisseur sont réduits par le fait que le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention présente une faible masse et un faible encombrement. Cela est particulièrement important  
30 dans le cas de convertisseurs embarqués sur un véhicule spatial.

De plus, la capacité de mesurer des impulsions longues du  
détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention assure une protection particulièrement efficace du convertisseur  
contre les court-circuits provoqués par une défaillance de l'interrupteur 23. Par  
35 exemple, même 10 ms après l'établissement du court-circuit, le circuit de

commande dispose d'informations justes sur le courant circulant dans le convertisseur, ce qui permet de déclencher le circuit de protection 25.

Pour certaines applications, il peut être avantageux ou nécessaire de connaître la valeur de la somme des intensités de plusieurs courants électriques. Dans un tel cas, il est possible de mesurer chaque intensité avec un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique complet et d'effectuer la somme des valeurs obtenues. Toutefois, il est avantageux que la sommation des intensités soit effectuée par une résistance commune. On peut voir, sur la figure 7, un exemple d'un ensemble de tels détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique, la tension au point E ou la différence de potentiel  $V_{EF}$  entre le point E et le point F permettant de déterminer la somme des intensités de courant  $i_1$  à  $i_n$ .

Une application du dispositif de la figure 7 au convertisseur continu-continu est illustrée sur la figure 8. L'intensité du courant circulant dans l'inductance 18 est égale à la somme des intensités du courant passant par l'interrupteur 23 mesurée par un premier détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique et de l'intensité du courant passant par la diode 22 mesurée par un second détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique. Les sorties de générateur 12 des deux détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique sont reliées au point E d'une même résistance 17, ce point étant relié au circuit de commande 24. Il est bien entendu que le circuit de protection peut être déclenché aussi bien dans le cas d'un court-circuit dans la diode 22 que dans l'interrupteur 23.

D'autre part, le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique permet de mesurer avec une grande précision et une grande résolution temporelle l'intensité des impulsions émises par un émetteur radar. Grâce à la taille réduite du détecteur, un couplage excellent et une self de fuite minimum peuvent être obtenus. Le détecteur selon l'invention permet de mesurer les impulsions de courant telles qu'elles apparaissent par exemple dans un émetteur radar lors de la décharge d'une ligne à retard créant l'impulsion de contrôle d'un tube de type Klystron, magnétron, tube à onde progressive (TWT en terminologie anglo-saxonne) ou d'un transistor radiofréquence (RF en terminologie anglo-saxonne).

Le détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'invention permet de mesurer l'intensité du courant d'une impulsion aussi bien avant la compression, par exemple en vue de la mesure de la surface équivalente radar d'une cible ou après la compression de  
5 l'impulsion pour déterminer la position de cette cible. De même, la mesure de l'évolution de l'intensité d'une même impulsion permet d'affiner l'analyse d'un écho complexe afin de séparer des échos individuels d'une cible étendue.

L'invention s'applique principalement à la réalisation de convertisseur de courant continu-continu ainsi qu'à la mesure des impulsions  
10 radar.

## REVENDEICATIONS

1. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique comportant un transformateur d'isolement et une résistance aux bornes de laquelle on mesure une différence de potentiel qui est une fonction  
5 de l'intensité du courant à mesurer, caractérisé en ce que le transformateur d'isolement (6) comporte deux enroulements secondaires (8,9) à couplage serré, en ce qu'entre les bornes (C, D) d'un premier (8) desdits enroulements secondaires est connectée une première résistance (11), en ce qu'il comporte un amplificateur (14) pour amplifier le courant circulant dans la première  
10 résistance (11) et en ce que la sortie de l'amplificateur (14) est connectée en série à un second (9) desdits enroulements secondaires et à une seconde résistance (17) de manière à ce que la différence de potentiel  $V_{EF}$  aux bornes de cette résistance soit une fonction univoque du courant à mesurer.
2. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'amplificateur (14)  
15 est un amplificateur à haut gain supérieur à 100 et une grande bande passante.
3. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon la revendication 2, caractérisé en ce que la valeur ( $R_{11}$ ) de  
20 la première résistance (11) connectée entre les bornes (C,D) du premier enroulement secondaire (8) est la valeur maximale permettant d'obtenir un haut gain de l'amplificateur (14).
4. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que l'amplificateur  
25 (14) est susceptible de délivrer en sortie un courant dont la variation de l'intensité par rapport au temps est au moins égale à 100A/ $\mu$ s.
5. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les enroulements secondaires (8,9) du transformateur  
30 d'isolement (6) sont constitués par un enroulement bifilaire.
6. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le transformateur d'isolement (6) est un transformateur toroïdal comportant un circuit magnétique (10) comprenant un ruban enroulé.
- 35 7. Détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que le diamètre du circuit magnétique (10) du transformateur d'isolement (6) est le plus faible diamètre permettant de faire passer le fil conduisant le courant à mesurer et sa gaine, pour avoir un couplage optimum.

5                   8. Dispositif de mesure de la somme des intensités de courant, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications précédentes dont les seconds enroulements secondaires (9) sont reliés à une même résistance (17) assurant la  
10 sommation des intensités de courant de compensation du flux magnétique permettant de déterminer la somme des intensités à mesurer.

                  9. Convertisseur de courant continu-continu, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ou au  
15 moins à un dispositif de mesure d'intensité de courant selon la revendication 8.

                  10. Convertisseur selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte une diode (22) et un interrupteur (23), en ce qu'un enroulement primaire (7) d'un premier détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à  
20 isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 est connecté en série avec l'interrupteur (23) pour mesurer l'intensité du courant circulant à travers ledit interrupteur et en ce qu'un enroulement primaire (7) d'un second détecteur d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique est connecté en série avec la diode (22) pour mesurer l'intensité  
25 du courant circulant dans la diode (22), en ce que les sorties du second enroulement secondaire (9) des transformateurs d'isolement (6) des deux détecteurs d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique sont reliées en un même point (E) d'une même résistance (17), ce point étant relié à un circuit de commande (24) du convertisseur de courant.

30                   11. Radar comportant des moyens pour générer des impulsions à émettre et des moyens de réception des échos renvoyés par des cibles ainsi que des moyens de mesure d'intensité du courant électrique des impulsions émises, caractérisé en ce que les moyens de mesure d'intensité du courant électrique des impulsions émises comportent au moins un détecteur  
35 d'intensité de courant unidirectionnel à isolement galvanique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

1/5

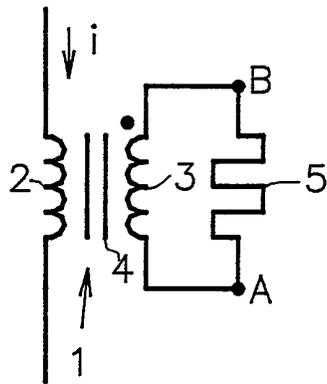


Fig. 1

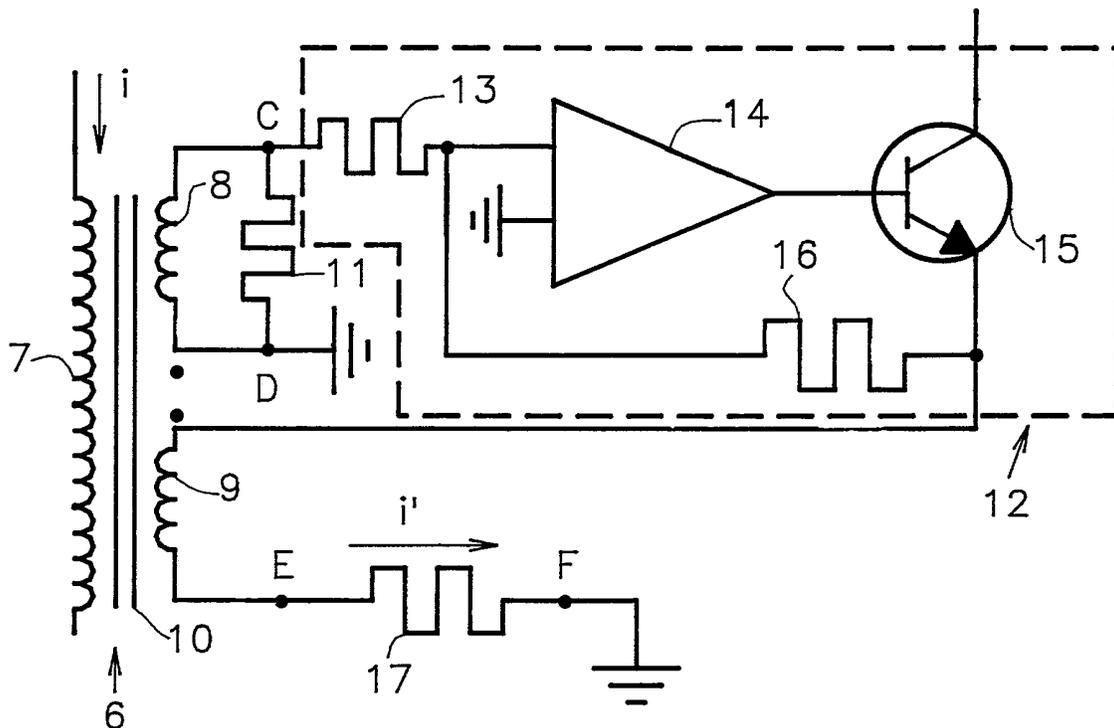


Fig. 2

2/5

Fig.3

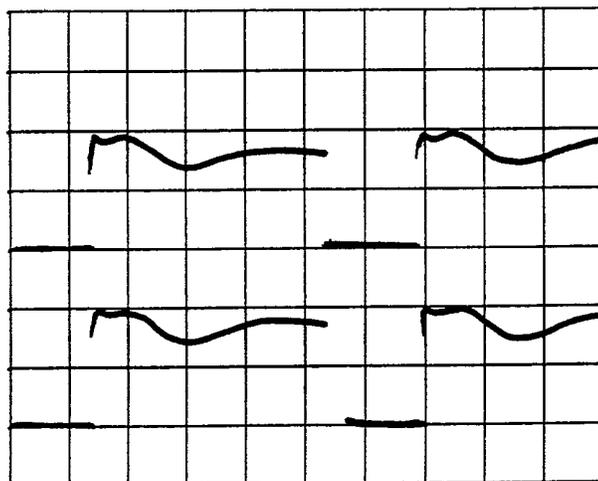


Fig.4

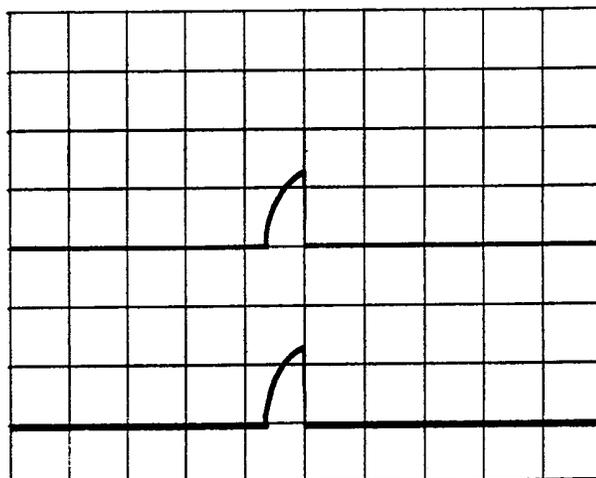


Fig.5

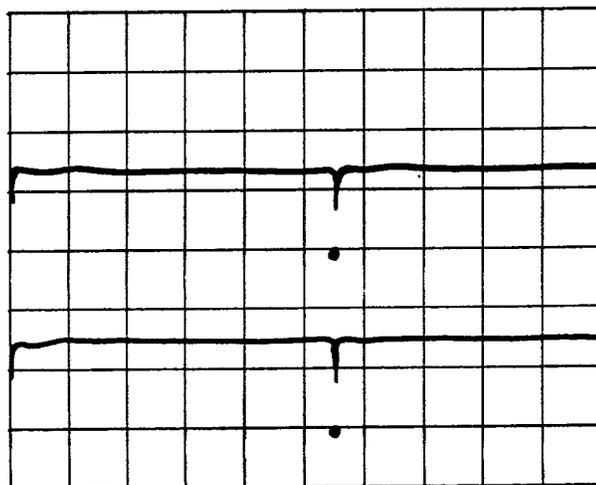
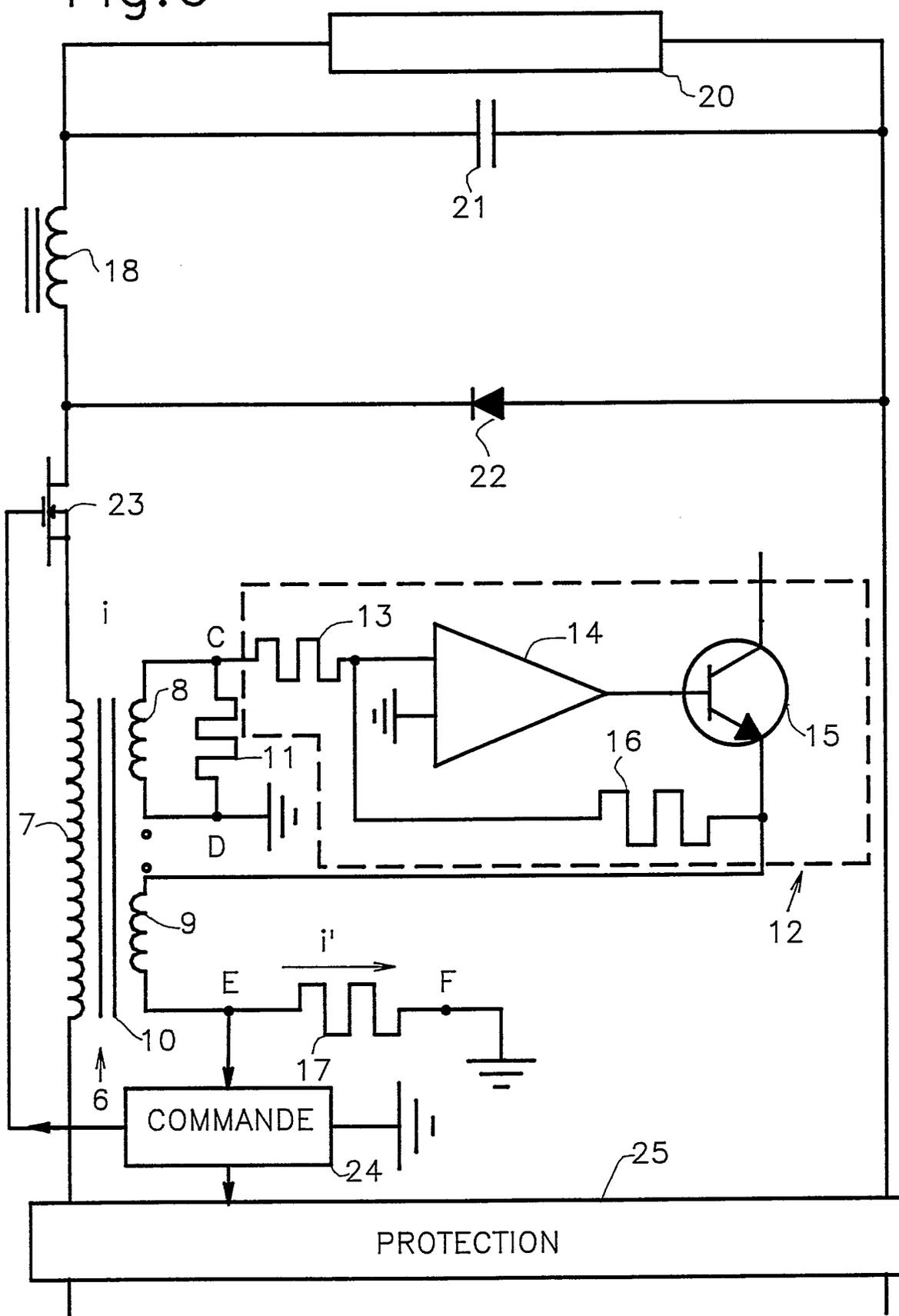


Fig.6



4/5

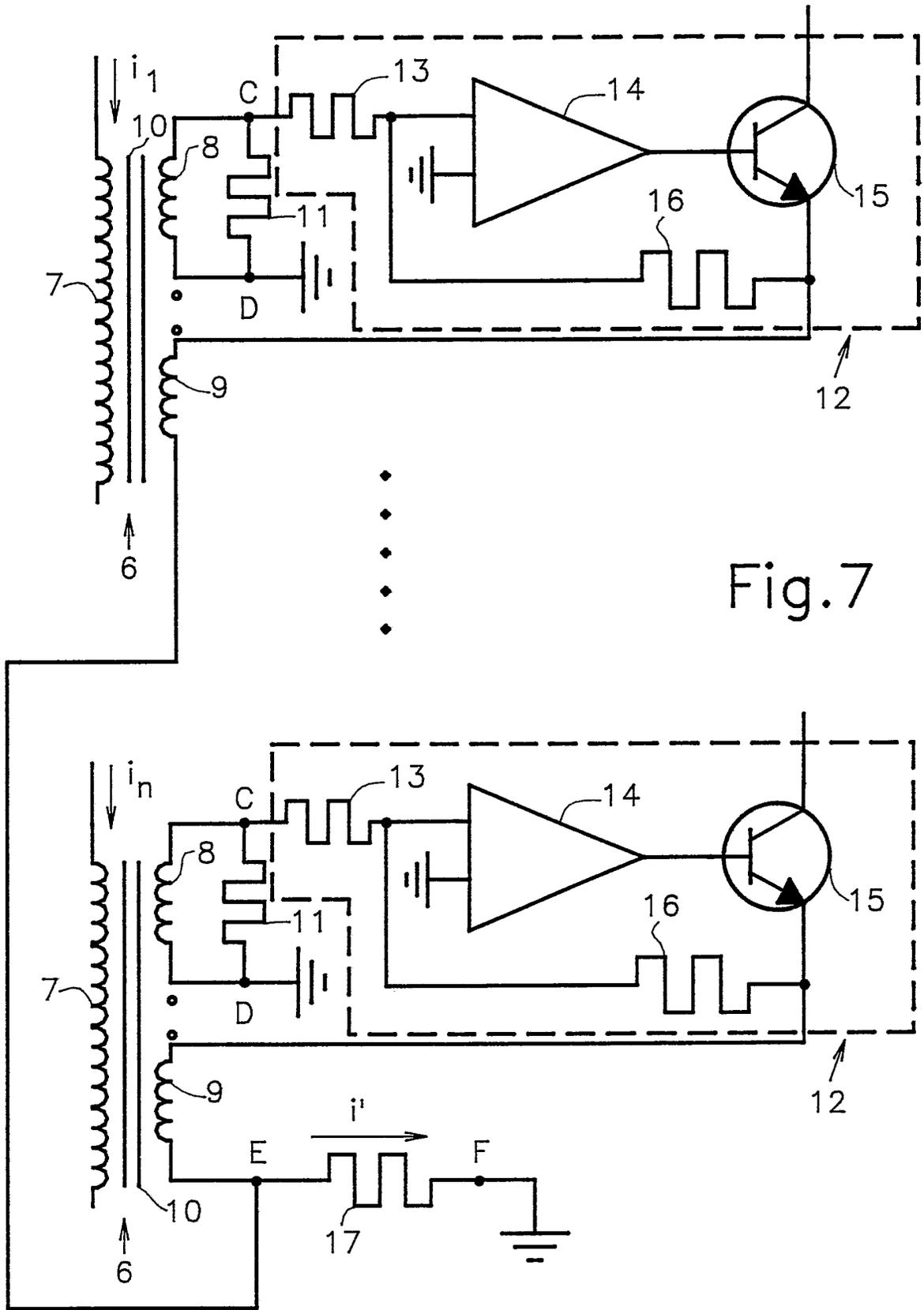
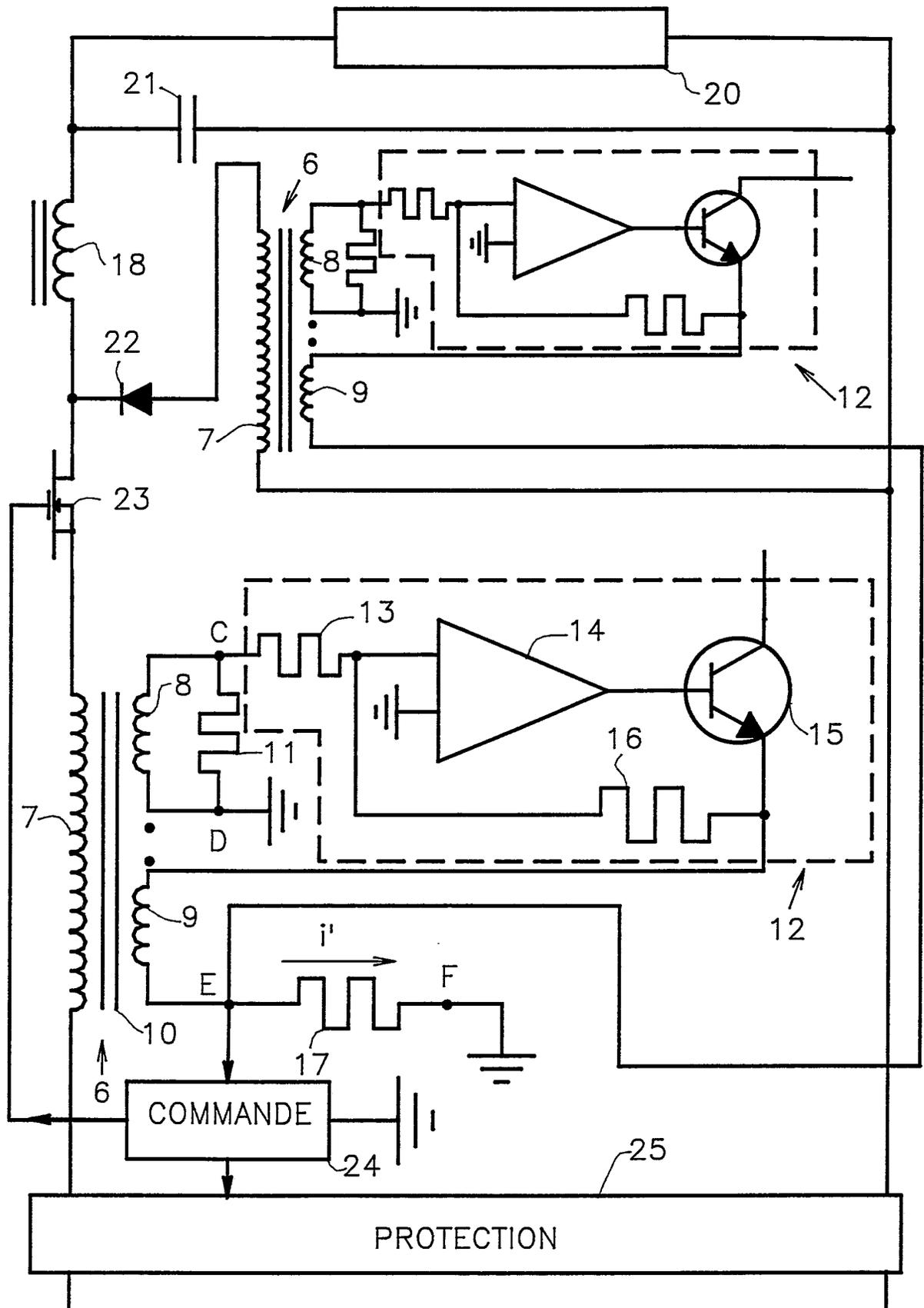


Fig.7

Fig.8 5/5



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9205585  
FA 476678

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP-A-0 284 472 (SANGAMO) * revendication 1; figure 1 * ---	1-3
X	FR-A-2 538 120 (ENERTEC) * figure 1 * ---	1-3
X	FR-A-2 172 323 (SIEMENS) * page 3 * ---	1-3
A	US-A-5 068 776 (POLIVKA) ---	9,10
A,D	US-A-3 916 310 (STARK ET AL.) ---	
A,D	FR-A-2 624 617 (AGENCE SPATIALE) -----	
		<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)</b>
		GOIR
Date d'achèvement de la recherche <b>12 JANVIER 1993</b>		Examineur <b>HOORNAERT W.</b>
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons  .....  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2

EPO FORM 1503 01.82 (P0413)