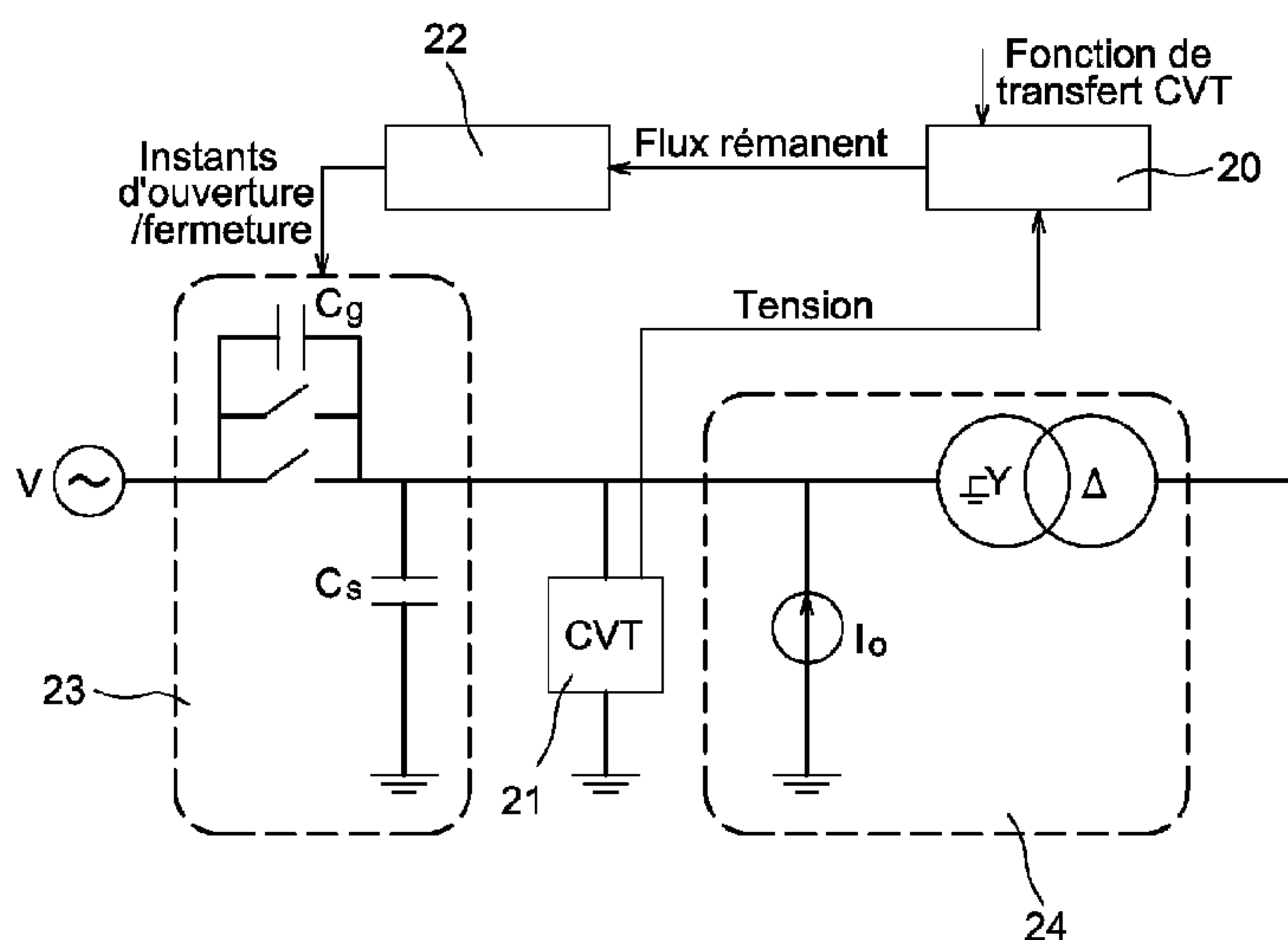




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/04/30
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2012/11/08
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2019/08/06
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2013/10/11
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2012/057933
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2012/150225
(30) Priorité/Priority: 2011/05/03 (FR1153779)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H02H 9/00* (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
JUNG, THIERRY, FR;
LIU, TIAN, FR;
SIGUERDIDJANE, HOURIA, FR;
PETIT, MARC, FR
(73) Propriétaire/Owner:
GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH, CH
(74) Agent: CRAIG WILSON AND COMPANY

(54) Titre : PROCÉDE DE COMMANDE D'UN APPAREIL D'INTERRUPTION DE COURANT DANS UN RESEAU ELECTRIQUE HAUTE TENSION
(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A CURRENT-INTERRUPTING DEVICE IN A HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL NETWORK



(57) **Abrégé/Abstract:**

L' invention concerne un procédé de commande d'un appareil d'interruption de courant pour réaliser l'estimation de la valeur du flux rémanent d'un transformateur de puissance pendant sa mise hors tension dans un réseau électrique haute tension à partir de mesures de tension délivrées par un transformateur capacitif de tension en réalisant une correction de la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension, et dans lequel on délivre cette valeur à un contrôleur qui détermine l'instant optimum de commutation de l'appareil d'interruption de courant.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
8 novembre 2012 (08.11.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/150225 A1(51) Classification internationale des brevets :
H02H 9/00 (2006.01)

PETIT, Marc [FR/FR]; 47 Avenue du Maréchal Joffre, F-91400 Orsay (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/057933

(74) Mandataires : ILGART, Jean-Christophe et al.; Brevalex, 95 rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (FR).

(22) Date de dépôt international :
30 avril 2012 (30.04.2012)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1153779 3 mai 2011 (03.05.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : JUNG, Thierry [FR/FR]; 44 rue de Condé, F-69002 Lyon (FR). LIU, Tian [FR/FR]; 18 rue du Professeur Weill, F-69006 Lyon (FR). SIGUERDIDJANE, Houria [FR/FR]; 9 rue du Président Kennedy, F-91440 Bures-sur-Yvette (FR).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CONTROLLING A CURRENT-INTERRUPTING DEVICE IN A HIGH-VOLTAGE ELECTRICAL NETWORK

(54) Titre : PROCEDE DE COMMANDE D'UN APPAREIL D'INTERRUPTION DE COURANT DANS UN RESEAU ELECTRIQUE HAUTE TENSION

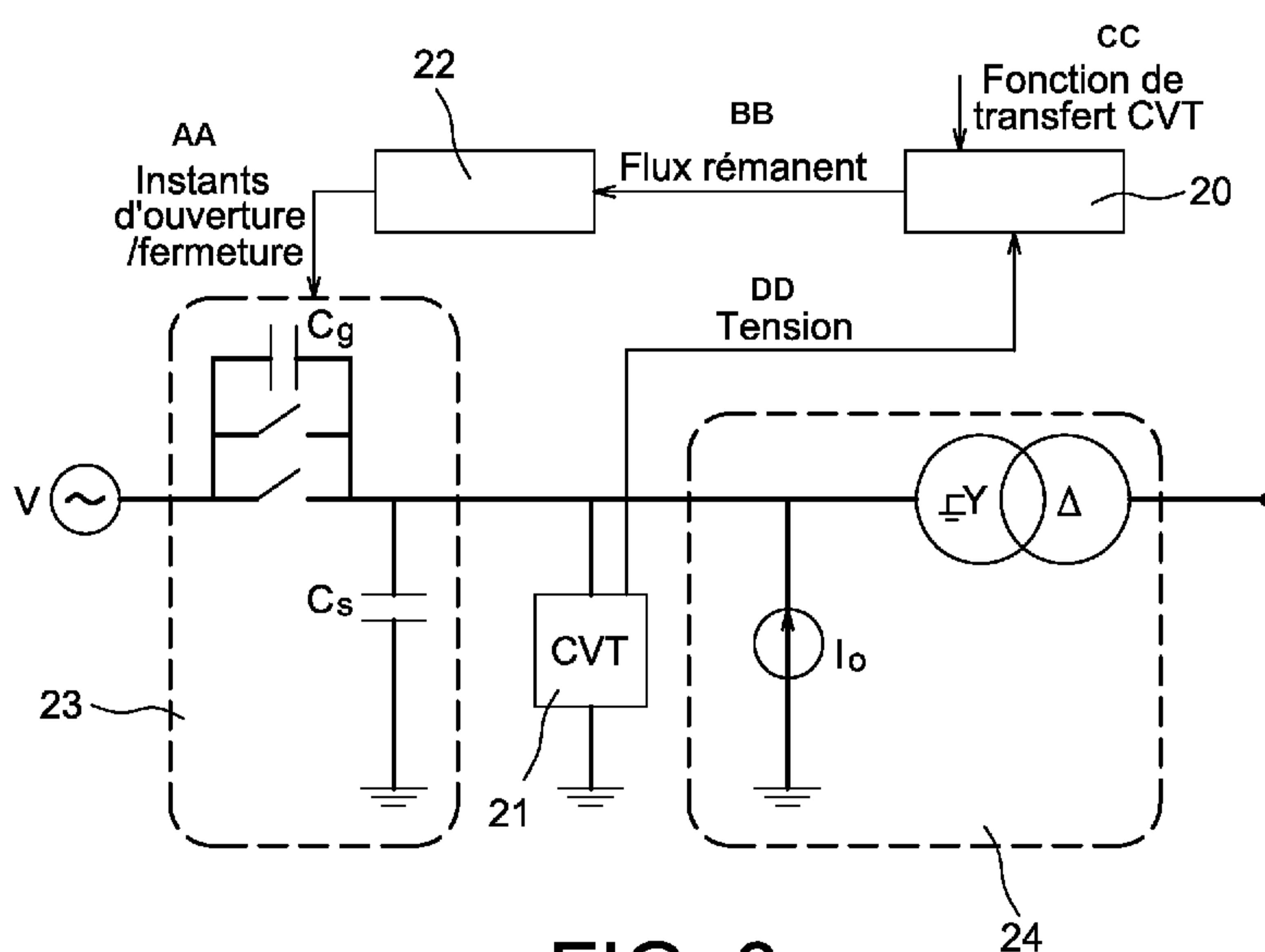


FIG. 8

(57) Abstract : The invention relates to a method for controlling a current-interrupting device to estimate the value of the residual flux of a power transformer when the latter is turned off in a high-voltage electrical network, said estimation being carried out from voltage measurements output by a capacitor voltage transformer by correcting the transfer function of the capacitor voltage transformer, wherein said value is output to a controller which determines the optimum time for switching the current-interrupting device.

(57) Abrégé : L' invention concerne un procédé de commande d'un appareil d'interruption de courant pour réaliser l'estimation de la valeur du flux rémanent d'un transformateur de puissance pendant sa mise hors tension dans un réseau électrique haute tension à partir de mesures de tension délivrées par un transformateur capacitif de tension en réalisant une correction de la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension, et dans lequel on délivre cette valeur à un contrôleur qui détermine l'instant optimum de commutation de l'appareil d'interruption de courant.

AA Opening/closing times
BB Residual flux
CC CVT transfer function
DD Voltage

WO 2012/150225 A1



MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, **Publiée :**
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)*

**PROCEDE DE COMMANDE D'UN APPAREIL D'INTERRUPTION DE
COURANT DANS UN RESEAU ELECTRIQUE HAUTE TENSION
DESCRIPTION**

DOMAINE TECHNIQUE

5 L'invention concerne un procédé de commande d'un appareil d'interruption de courant dans un réseau électrique haute tension.

Dans la suite, pour simplifier la description, on considère un appareil d'interruption de
10 courant de type disjoncteur.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

L'invention concerne un procédé de réduction des courants d'appel liés la manœuvre d'un
15 appareil d'interruption de courant du transformateur de puissance dans un réseau électrique haute tension, procédé permettant de déterminer de manière optimale les instants de commutation de cet appareil.

En effet, les manœuvres des appareils
20 d'interruption de courant, tels que les disjoncteurs, dans un réseau électrique haute tension sont sources de perturbations, telle que des surtensions et des courants d'appel. De tels phénomènes sont liés notamment à la complexité des réseaux de transport
25 d'énergie et de leurs interconnexions. Pour contrôler les transitoires liés à de telles manœuvres, il existe des solutions telles que l'utilisation de résistances et d'inductances de pré-insertion pour l'ouverture et/ou la fermeture de ces appareils mais la solution la
30 plus efficace est obtenue par une manœuvre dite

« contrôlée », qui permet de choisir un instant optimum d'ouverture ou de fermeture en fonction de la tension instantanée du réseau.

La mise hors tension d'un transformateur de puissance à vide génère peu de transitoires. Toutefois une fermeture non contrôlée peut générer des courants d'appel importants, susceptibles d'atteindre le niveau des courants de défaut des transformateurs. De tels courants contraignent l'enroulement, créent des tensions temporaires sévères qui dégradent la qualité de la fourniture électrique et provoquent des fonctionnements intempestifs par suite des déséquilibres du courant de neutre. De plus, les contraintes électrodynamiques exercées dans les enroulements du transformateur entraînent une réduction de la durée de vie de ces enroulements.

Pour résoudre un tel problème, une solution de l'art connu décrite dans le document référencé [1] en fin de description consiste en la mise en œuvre d'un algorithme calculant l'instant optimal de fermeture. Cet algorithme nécessite la connaissance du niveau du flux rémanent, via la connaissance des tensions aux bornes du transformateur. Les transformateurs de tension utilisés dans les postes à haute tension sont très souvent du type transformateur capacitif de tension, en raison de leur coût. Or, les performances en régime transitoire de tels transformateurs sont très peu adaptées à ce type d'application. C'est pourquoi les méthodes usuelles pour faire cette estimation du flux rémanent mettent en œuvre des transformateurs de tension spécifiques.

La valeur du flux magnétique est généralement obtenue en intégrant la tension aux bornes du transformateur de puissance. Le flux rémanent nécessite que cette intégration se poursuive au-delà de
5 l'instant de mise hors tension du transformateur de puissance, pendant un temps suffisamment long pour permettre au flux d'atteindre sa valeur d'équilibre, laquelle est généralement différente de celle qu'il avait à l'instant de coupure. Or, pendant cette durée,
10 la tension délivrée par le transformateur capacitif de tension va être profondément altérée par son propre régime transitoire. La difficulté consiste à éliminer l'influence de ce régime transitoire. Les méthodes de fermeture synchrone de l'art connu ne traitent pas ce
15 problème, et font appel à des capteurs de tension spécifiques.

Le document référencé [2] en fin de description décrit la manœuvre contrôlée de transformateurs de puissance tenant compte du flux
20 magnétique rémanent. Cette manœuvre contrôlée, consiste à choisir l'instant approprié de mise sous tension de chacune des phases du transformateur en tenant compte du flux rémanent. Ce document impose d'utiliser des capteurs spécifiques, qui présentent un coût
25 supplémentaire. Par ailleurs, certains types de transformateurs de puissance ne peuvent pas être équipés de tels capteurs.

La présente invention a pour l'objet de résoudre ces problèmes en proposant un procédé
30 permettant l'estimation du flux rémanent d'un transformateur de puissance à partir de la mesure de

tension délivrée par un transformateur capacitif de tension.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

5 Selon un aspect englobant, l'invention vise un procédé de commande d'un appareil d'interruption de courant pour réaliser une mise hors tension d'un transformateur de puissance dans un réseau électrique haute tension, dans lequel une valeur du flux rémanent
10 de ce transformateur de puissance est estimée à partir de mesures de tension délivrées par au moins un transformateur capacitif de tension connecté entre une sortie de l'appareil d'interruption de courant et une entrée du transformateur de puissance en réalisant une
15 correction d'une fonction de transfert de cet au moins un transformateur capacitif de tension, le procédé comprenant : les étapes préliminaires suivantes : détermination de la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension ; et détermination
20 d'une fonction de transfert pseudo-inverse de ce transformateur capacitif de tension, la fonction de transfert pseudo-inverse du transformateur capacitif de tension étant déterminée par insertion d'un filtre passe-bas, et ensuite, en temps réel, mise hors tension
25 du transformateur de puissance par : mesure d'une tension de sortie du transformateur capacitif de tension sur une courte fenêtre temporelle entourant l'instant de mise hors tension ; mémorisation de la tension de sortie mesurée du transformateur capacitif
30 de tension ; traitement numérique de la tension de sortie mesurée via la fonction de transfert pseudo-

inverse pour fournir un signal corrigé ; intégration du signal corrigé pour obtenir la valeur du flux rémanent ; et fourniture du flux rémanent à un contrôleur qui détermine un instant optimum de
5 commutation pour l'appareil d'interruption de courant.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 représente un schéma illustrant, dans un système de l'art connu, les
10 manœuvres contrôlées d'un disjoncteur dans un réseau haute tension,

Les figures 2 et 3 illustrent des circuits équivalents d'un transformateur capacitif de tension monophasé avec un circuit anti-ferrorésonance,

15 La figure 4 illustre la procédure de reconstitution du signal d'entrée d'un transformateur capacitif de tension,

La figure 5 illustre le signal de tension reconstitué après un traitement par pseudo-fonction de
20 transfert inverse, selon l'invention.

La figure 6 illustre la correction géométrique du signal de tension ainsi reconstitué de la figure 5 par rapport à la tension réelle.

25 La figure 7 illustre le flux réel (trait plein) et le flux estimé (pointillés) à la mise hors tension du transformateur de puissance.

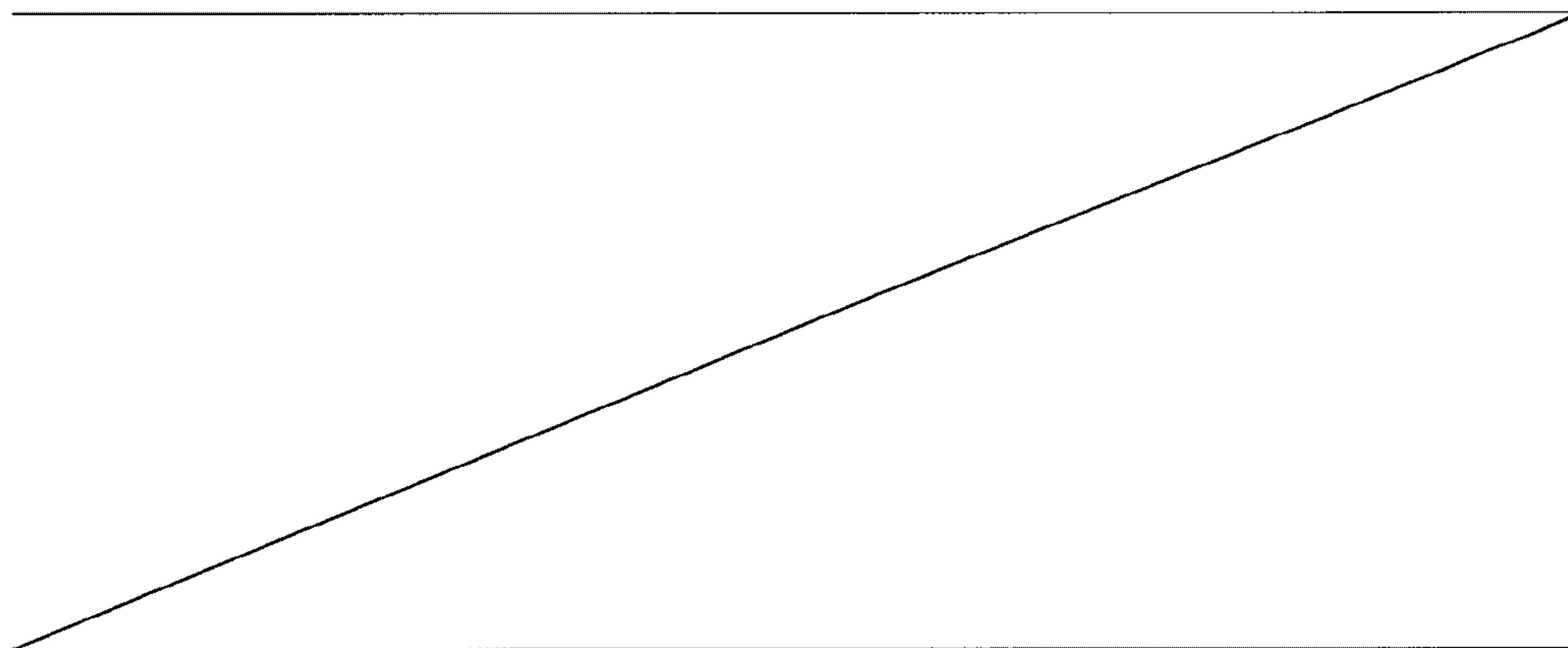
La figure 8 illustre le schéma électrique d'un système mettant en œuvre le procédé de l'invention.

30

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Des variantes, exemples et réalisations préférées de l'invention sont décrites ci-dessous. La figure 1 représente un schéma illustrant, dans un système de l'art connu, les manœuvres contrôlées d'un disjoncteur 10 à l'aide d'un contrôleur 11 qui reçoit différentes informations :

- des informations réseau 12, telles que :
 - tension référence,
 - courant,
 - mise à la terre,
- des informations de réglage 13, telles que :
 - applications,
 - durées,
 - compensation,
- des informations 14 relatives au disjoncteur 10, telles que :
 - température,
 - pression,
 - tension auxiliaire,



- pression auxiliaire,

et qui est relié à une commande de contrôle 15, en lui envoyant des signaux d'alarme, et en recevant de celle-ci des ordres d'ouverture/de fermeture (O/F) de ce
5 disjoncteur 10.

De nombreuses applications nécessitent de connaître la valeur du flux rémanent du transformateur de puissance, spécialement dans le cas d'une commutation contrôlée d'un transformateur de puissance
10 non chargé. L'incertitude concernant le flux rémanent peut réduire de manière significative la performance de commutation contrôlée. L'invention met en évidence l'importance d'identifier le flux rémanent par son influence sur les formes d'onde afin d'éviter toute
15 dégradation de l'instant de fermeture. Le flux rémanent dépend de l'hystérésis du matériau magnétique, de l'instant de désexcitation et des conditions de fonctionnement du système de puissance à cet instant. Il ne peut être obtenu directement par une mesure, mais
20 doit être dérivé à partir d'un signal plus facilement accessible tel que la tension aux bornes du transformateur. La mesure de cette tension et son intégration sont réalisées sur une courte fenêtre temporelle entourant l'instant de désexcitation. Les
25 transformateurs capacitifs de tension (CVT), qui sont utilisés comme capteurs de tension, introduisent des erreurs transitoires importantes qui doivent être prise en compte. La plupart des études de commutation contrôlées du transformateur de puissance négligent les
30 erreurs intrinsèques de ces transformateurs capacitifs de tension.

En utilisant la tension secondaire d'un transformateur capacitif de tension, on doit reconstituer la forme d'onde de la tension primaire et en considérant le flux rémanent, fixer une valeur dans
5 l'algorithme en charge d'évaluer l'instant de fermeture optimal.

Les caractéristiques d'un transformateur capacitif de tension sont illustrées sur la figure 2, avec un transformateur de type inductif abaisseur 17.
10 L'interaction des capacités C_1 , C_2 utilisées comme diviseur capacitif, avec l'inductance d'ajustement L_f et la branche de l'inductance de magnétisation non linéaire du transformateur L_n peut générer un phénomène particulier appelé ferro-résonance. Pour surmonter ce
15 phénomène, les fabricants associent au transformateur capacitif de tension un circuit oscillant CAF (circuit anti-ferrorésonance) qui est connecté à l'enroulement secondaire du transformateur. Ce modèle ainsi illustré sur la figure 2 peut être simplifié comme illustré sur
20 la figure 3. La capacité équivalente C est égale à la somme des capacités C_1 et de C_2 . L'inductance L est la somme de l'inductance d'ajustement L_f et des inductances d'enroulement du transformateur inductif. La résistance R est la résistance du primaire.
25 L'inductance de magnétisation L_μ est alors située en zone linéaire, en considérant les niveaux de tension du transformateur. Elle peut être négligée par rapport aux autres composants du transformateur capacitif de tension. Le transformateur capacitif de tension peut
30 être considéré comme un filtre passe bande avec une fonction de transfert du type :

$$H_{cvt} = \frac{V_2(p)}{V_1(p)} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i p^i}{\sum_{i=0}^m b_i p^i} \text{ avec } m \geq 2, n \geq 1, m-n \geq 1$$

La figure 4 représente la procédure globale de la méthode de reconstitution du signal de tension à l'entrée du transformateur capacitif de tension. On considère la tension du côté du transformateur de puissance à l'ouverture comme signal d'entrée V_{input} . La mesure réalisée est sur une courte fenêtre entourant l'instant de mise hors tension. Le traitement est différé en « pseudo-temps réel ». Le signal de sortie V_{output} du transformateur capacitif de tension est mesuré (V probe) et traité par la pseudo-fonction de transfert inverse H_{cvt}^{-1} pour obtenir le signal $V_{reconstitue}$.

$$H_{cvt}^{-1} = \frac{T(p)}{H_{cvt}} = \frac{\sum_{i=0}^m a_i p^i}{\sum_{i=1}^m b_i p^i} \text{ où } T(p) \text{ désigne un filtre passe-bas}$$

d'ordre $m-n$

On ne peut pas effectuer une inversion directe du fait que le degré relatif de la fonction de transfert H_{cvt} est supérieur ou égal à 1. Le filtre passe-bas ainsi réalisé est sélectionné en fonction de la bande passante du transformateur capacitif de tension. La fréquence de coupure de ce filtre est largement plus grande que la borne supérieure de la bande passante du transformateur capacitif de tension et le gain du filtre est à 1.

La figure 5 illustre le signal de tension reconstitué s après le traitement par pseudo-fonction

de transfert inverse H_{CVT}^{-1} . Mais, la présence de décalages (offset) dans la fenêtre de mesure peut entraîner une divergence du signal reconstitué à cause de l'intégrateur en basse fréquence $\frac{a_0}{b_1 p}$.

5 La figure 6 illustre le signal de tension reconstitué et corrigé en pointillés avec la tension transformateur réelle en trait continu. En utilisant une compensation géométrique à l'aide d'une rampe, cette divergence peut être facilement corrigée et le
10 signal obtenu correspond finalement au signal de tension du côté du transformateur de puissance avec une très grande exactitude.

La figure 7 illustre le flux à la mise hors tension du transformateur de puissance, avec le flux
15 réel (trait continu) et le flux estimé (pointillés).

On intègre alors le signal reconstitué et corrigé pour obtenir le signal flux à l'ouverture du transformateur de puissance.

La figure 8 illustre un système mettant en
20 œuvre le procédé de l'invention. Ce système comprend un calculateur 20 qui reçoit une tension d'un transformateur capacitif de tension 21 et la fonction de transfert de ce transformateur capacitif de tension, et qui délivre la valeur du flux rémanent à un
25 contrôleur 22 qui détermine l'instant d'ouverture/fermeture d'un disjoncteur 23. Le transformateur capacitif de tension est connecté entre à la sortie du disjoncteur 23 et l'entrée d'un transformateur de puissance 24. V représente la source

ou le réseau. Le procédé de l'invention réalise ainsi successivement :

- la détermination de la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension :

5 • à partir du circuit électrique de ce transformateur capacitif de tension, si celui-ci est fourni ;

 • ou par identification des pôles et des zéros en utilisant la réponse indicielle d'un filtre
10 équivalent ;

- la détermination de la fonction de transfert pseudo-inverse : L'inversion de cette fonction de transfert n'est pas directe. Pour respecter les conditions de stabilité imposées par l'opération
15 d'inversion, il faut insérer un filtre passe-bas, dont le choix est fait de façon à ce qu'il ne contribue pas à la réponse transitoire équivalente du transformateur capacitif de tension.

- puis, en temps réel, à la mise hors
20 tension du transformateur de puissance, avec :

 • mémorisation de la tension de sortie du transformateur capacitif de tension,

 • traitement numérique via une fonction de transfert pseudo inverse,

25 • intégration du signal corrigé pour avoir la valeur du flux rémanent.

Le temps de calcul est compatible avec le temps de cycle de réenclenchement. Il s'agit donc bien de calculs « en temps réel ».

Références

(1) « Manœuvre contrôlée de transformateurs à vide de
5 Esteban Portales et André Mercier (Electra, n°212,
Février 2004).

(2) « Manœuvre contrôlée de transformateur tenant
compte du flux magnétique rémanent - étude de cas
10 réel » de A. Mercier, E. Portales, Y. Filion, et A.
Salibi (cigré, 13-201, session 2002).

REVENDEICATIONS

1. Procédé de commande d'un appareil d'interruption de courant pour réaliser une mise hors tension d'un transformateur de puissance dans un réseau électrique haute tension, dans lequel une valeur du flux rémanent de ce transformateur de puissance est estimée à partir de mesures de tension délivrées par au moins un transformateur capacitif de tension connecté entre une sortie de l'appareil d'interruption de courant et une entrée du transformateur de puissance en réalisant une correction d'une fonction de transfert de cet au moins un transformateur capacitif de tension, le procédé comprenant :
- les étapes préliminaires suivantes :
- détermination de la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension ; et
 - détermination d'une fonction de transfert pseudo-inverse de ce transformateur capacitif de tension, la fonction de transfert pseudo-inverse du transformateur capacitif de tension étant déterminée par insertion d'un filtre passe-bas,
- et ensuite, en temps réel, mise hors tension du transformateur de puissance par :
- mesure d'une tension de sortie du transformateur capacitif de tension sur une courte fenêtre temporelle entourant l'instant de mise hors tension ;
 - mémorisation de la tension de sortie mesurée du transformateur capacitif de tension ;
 - traitement numérique de la tension de sortie mesurée via la fonction de transfert pseudo-inverse pour fournir un signal corrigé ;

- intégration du signal corrigé pour obtenir la valeur du flux rémanent ; et

- fourniture du flux rémanent à un contrôleur qui détermine un instant optimum de commutation pour l'appareil d'interruption de courant.

5

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension est déterminée à partir du circuit électrique du transformateur.

10

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fonction de transfert du transformateur capacitif de tension est déterminée par identification des pôles et des zéros en utilisant la réponse indicielle d'un filtre équivalent.

15

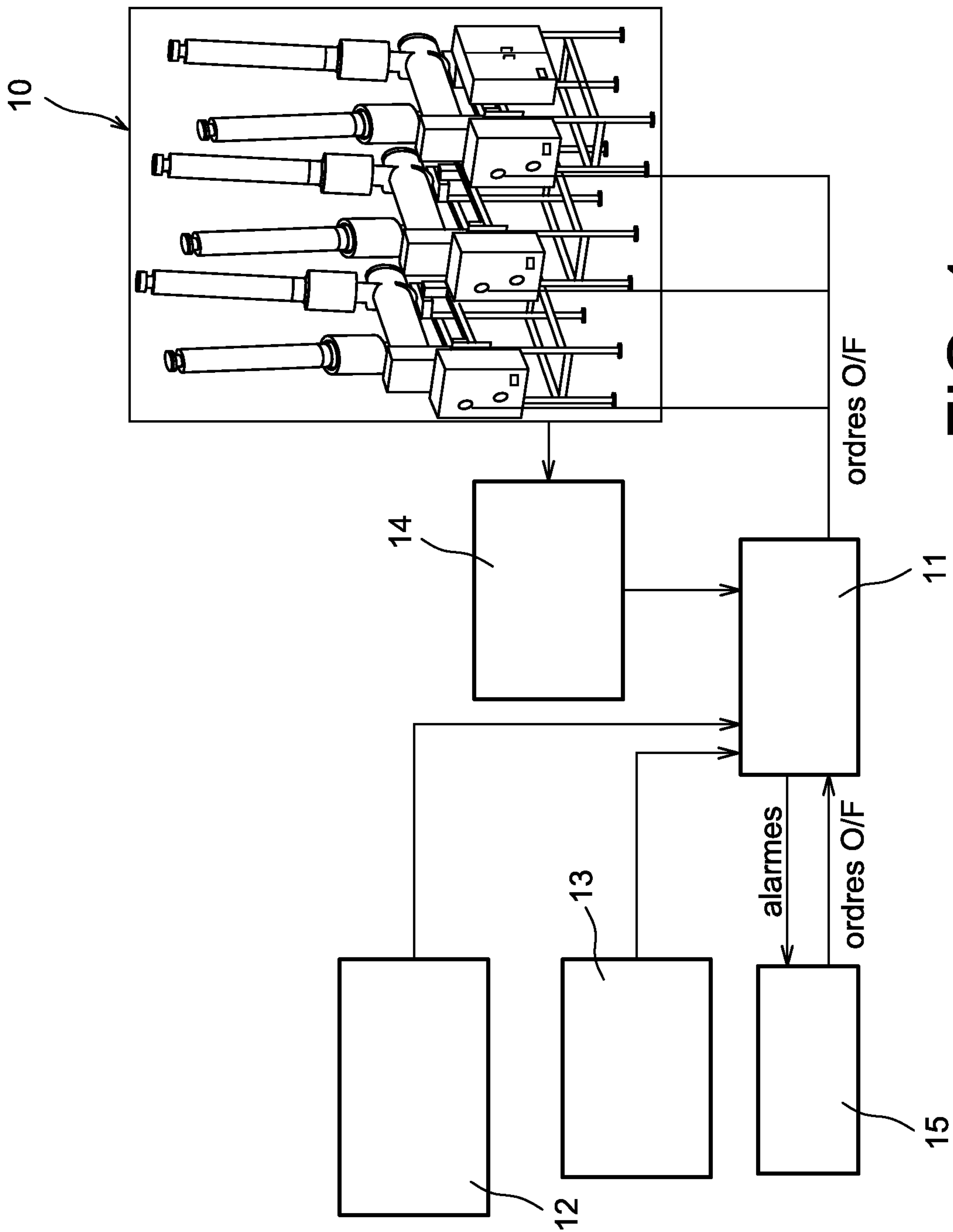


FIG. 1

2 / 4

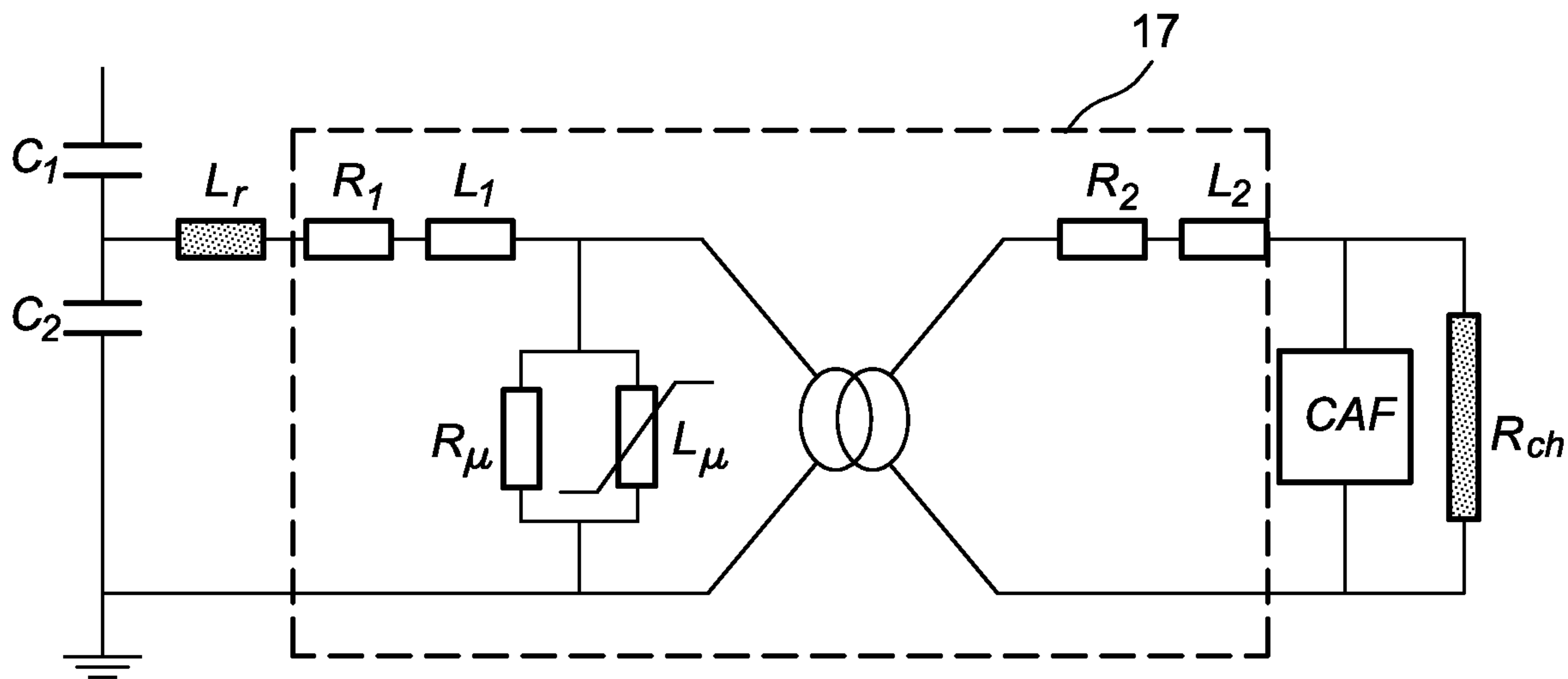


FIG. 2

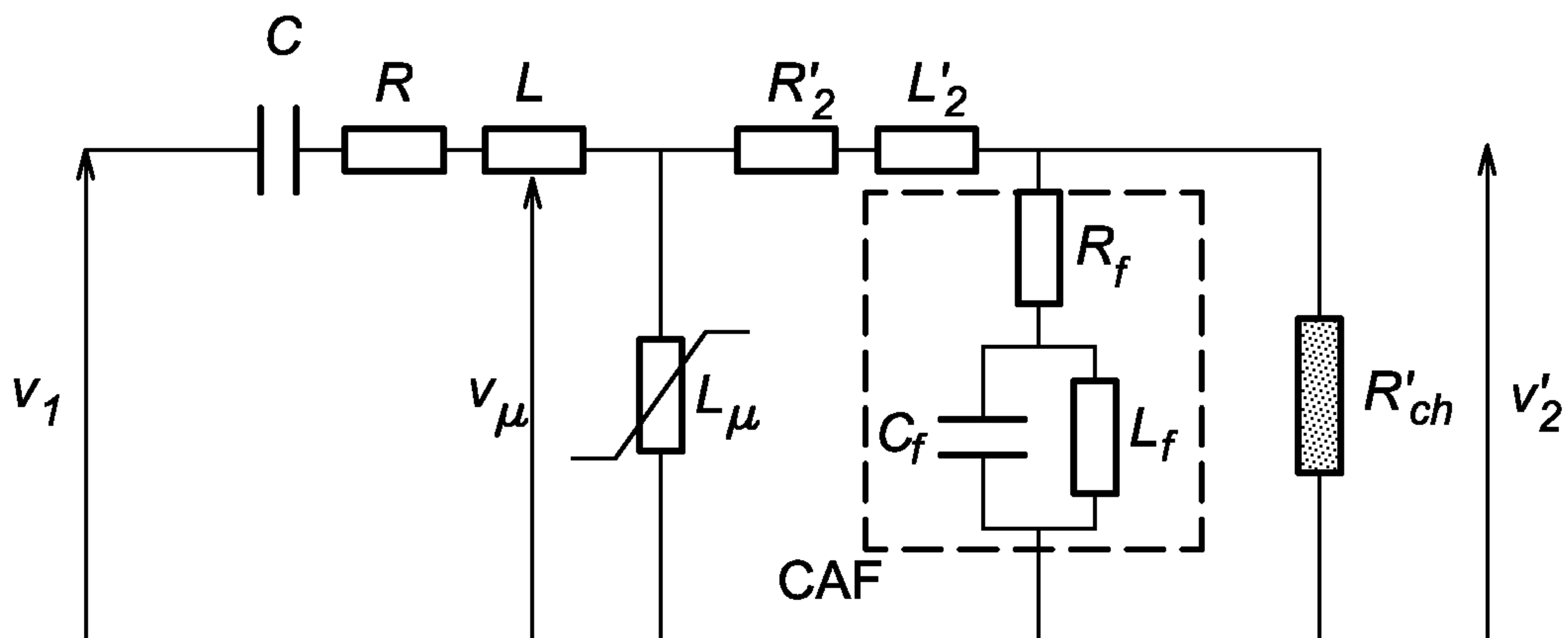


FIG. 3

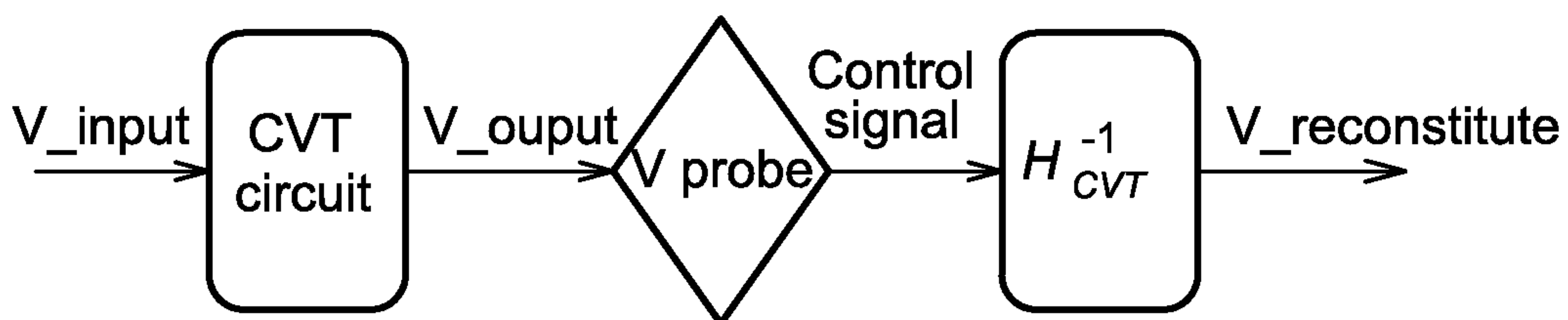


FIG. 4

3 / 4

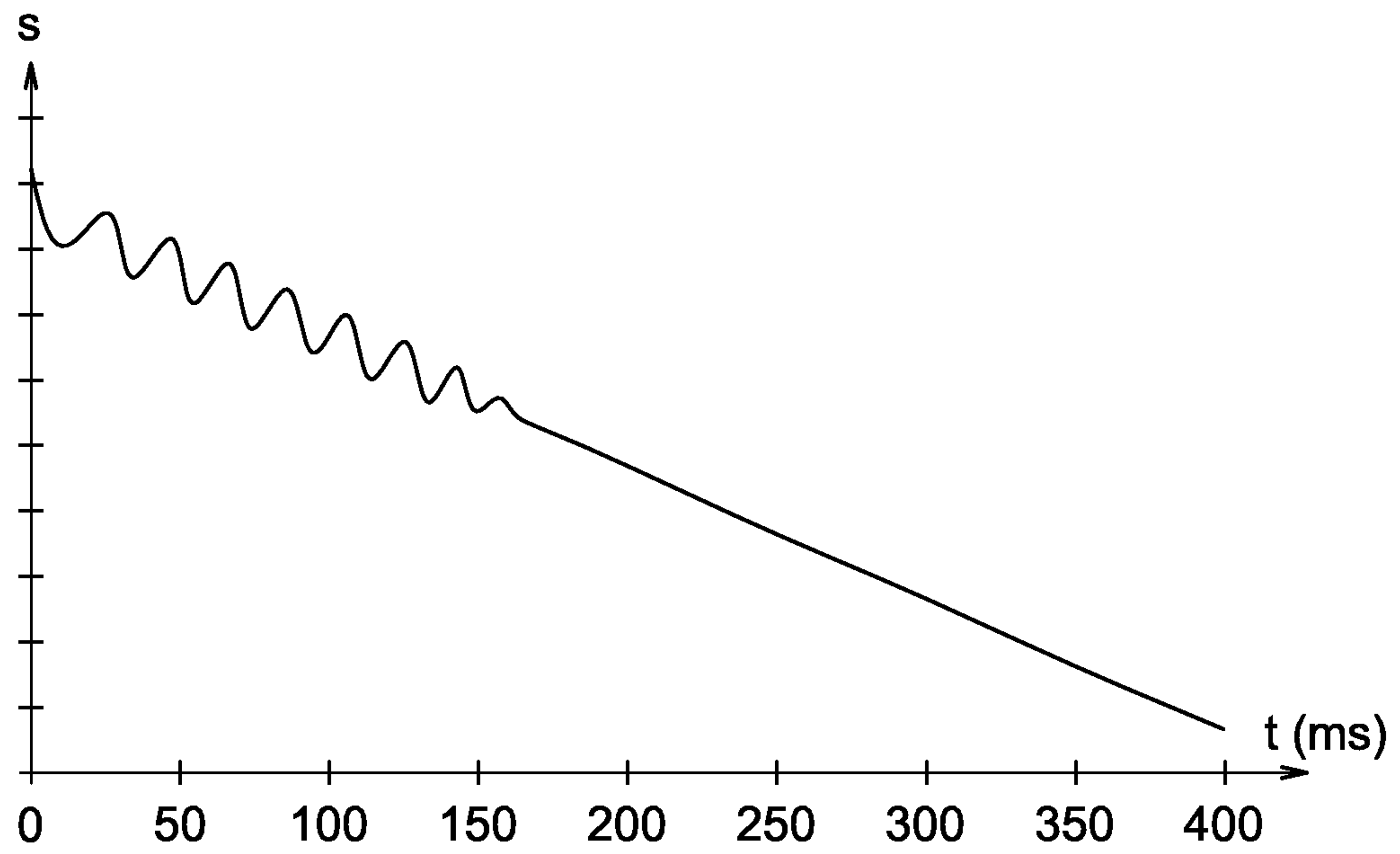


FIG. 5

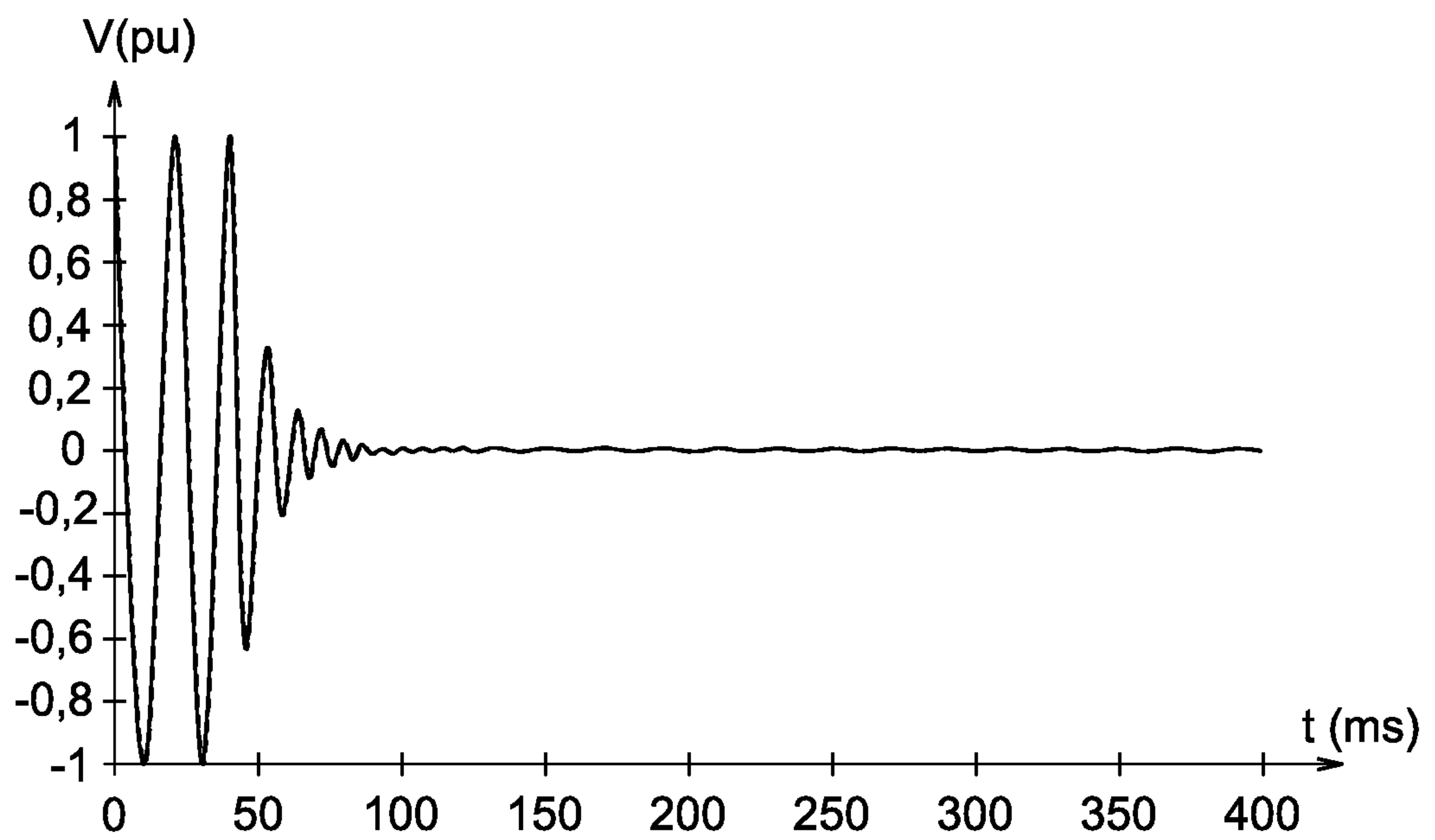


FIG. 6

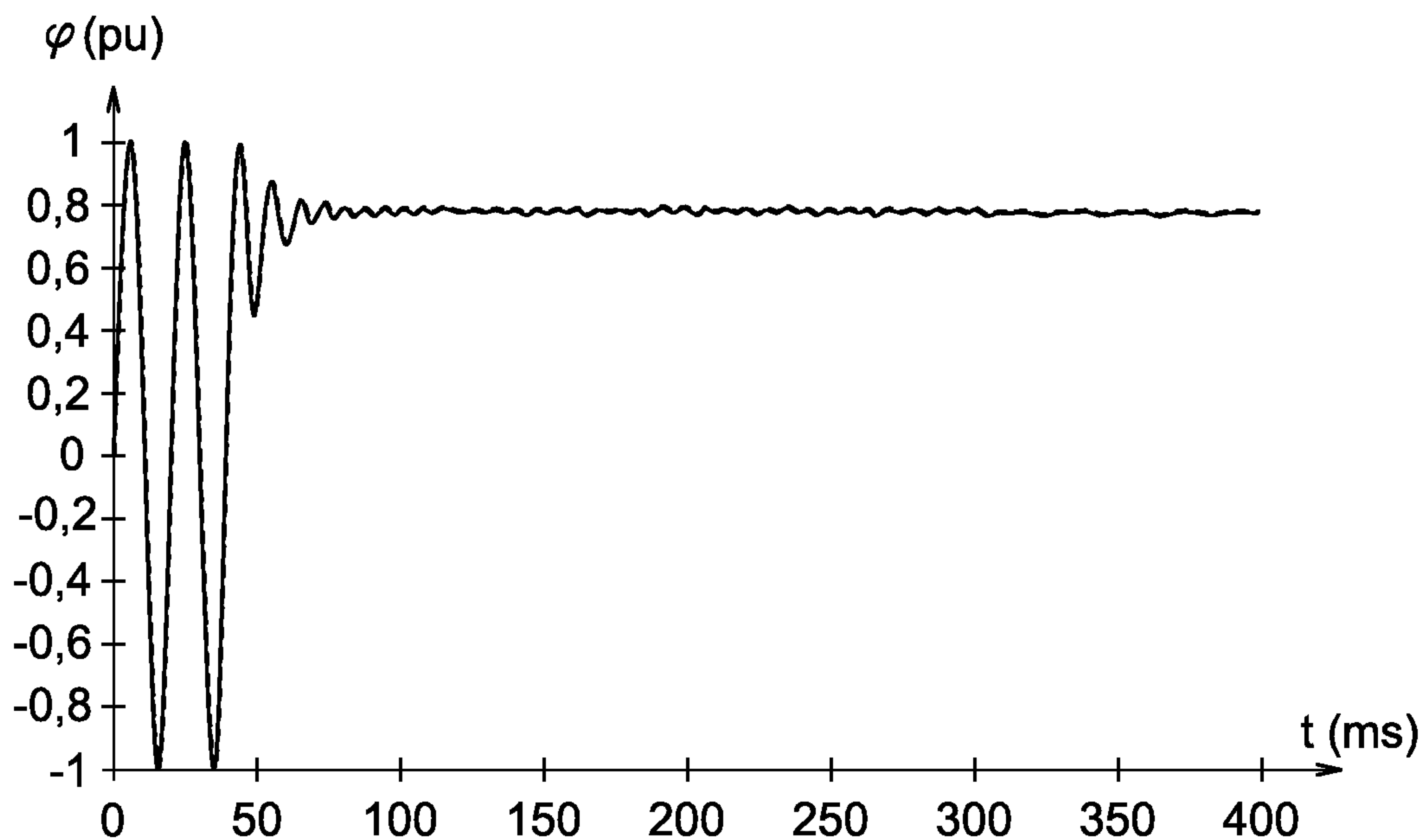


FIG. 7

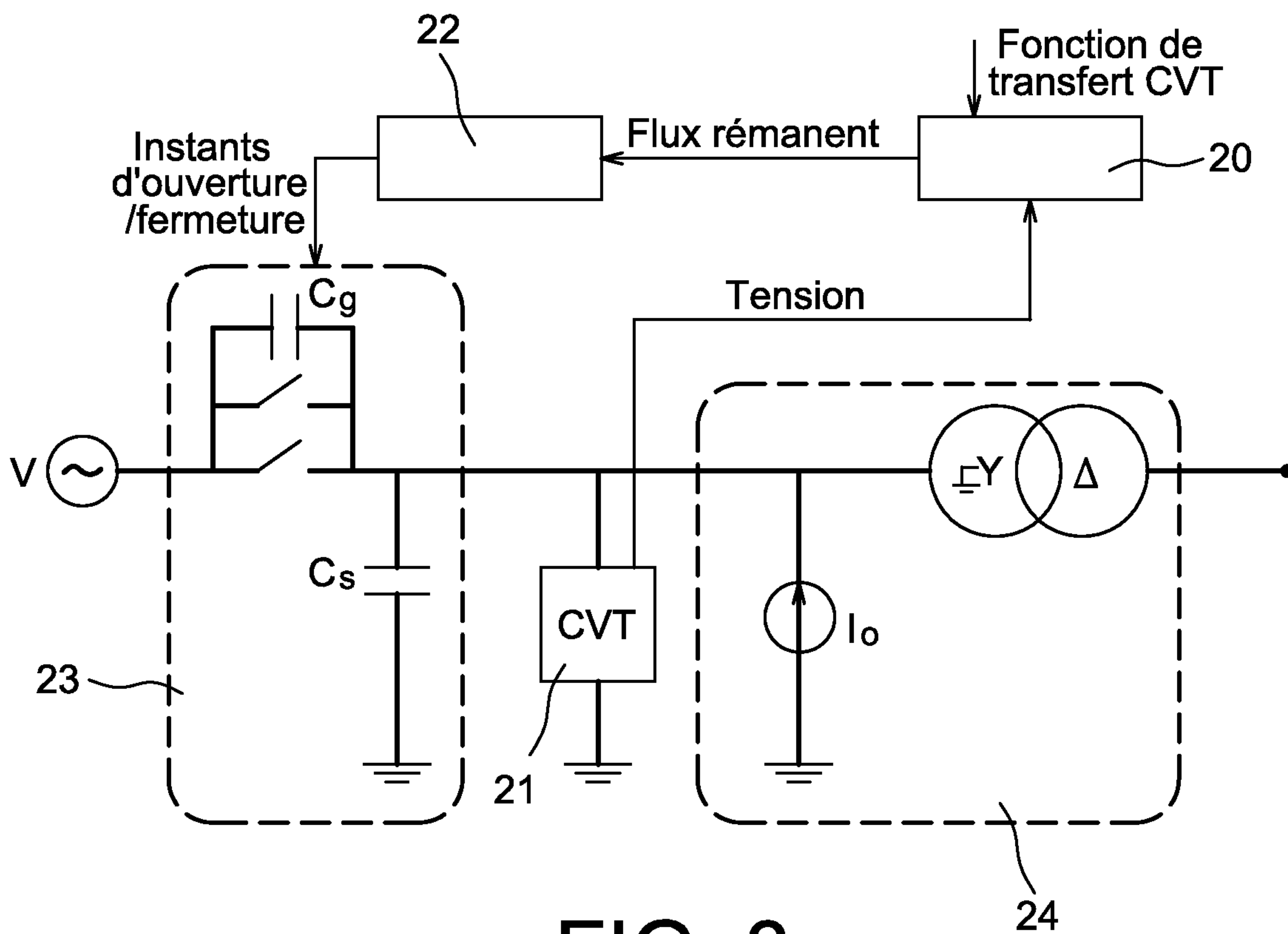


FIG. 8

