



MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

N° 894.883

Classif. Internat. :

B21B/605D

Mis en lecture le :

29-04-1983

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention ;

Vu la Convention d'Union pour la Protection de la Propriété Industrielle ;

Vu le procès-verbal dressé le 29 octobre 1982 à 15 h. 35

au Service de la Propriété industrielle ;

ARRÊTE :

Article 1. — *Il est délivré à la Sté dite : WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION,*
Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh
Pennsylvania 15222 (Etats-Unis d'Amérique),

repr. par l'Office Kirkpatrick-G.C. Plucker à Bruxelles,

un brevet d'invention pour : Système de compensation de la vitesse d'un dévidoir,

qu'elle déclare avoir fait l'objet d'une demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 2 novembre 1981 n° 317.098 au nom de J.J. Connors dont elle est l'ayant cause.

Article 2. — *Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.*

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 29 avril 1983

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE :

Le Directeur

L. SALPETEUR

894883

MÉMOIRE DESCRIPTIF

DÉPOSÉ A L'APPUI D'UNE DEMANDE

DE

BREVET D'INVENTION

FORMÉE PAR

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

p o u r

Système de compensation de la vitesse d'un dévidoir.

Demande de brevet aux Etats-Unis d'Amérique n° 317098
du 2 novembre 1981 en faveur de J.J. CONNORS

La présente invention se rapporte en général au domaine des laminoirs et en particulier aux laminoirs dans lesquels le serrage des cylindres dans les cages est réalisé hydrauliquement plutôt que électriquement.

Toute modification de l'emprise de laminage de la première cage d'un laminoir affecte la tension en retour du feuillard entre le dévidoir et la première cage. L'interaction est telle que, lorsque la force de lami-

nage est accrue, la tension en retour du feuillard diminue et, au contraire, elle augmente si la force de laminage est diminuée. Ceci se produit aussi bien avec des cages commandées par des dispositifs de serrage électriques qu'avec celles commandées par des dispositifs de serrage hydrauliques. Cependant, l'effet de tension en retour est beaucoup plus marqué avec des dispositifs de serrage hydrauliques parce que le réglage de l'emprise de laminage est beaucoup plus rapide. Cela étant, une première modification d'épaisseur du feuillard par réglage hydraulique de l'emprise de laminage provoque un effet indésirable par suite de l'interaction avec la tension en retour du feuillard. Ceci peut se produire dans une cage unique ou dans des laminaires à froid à cages disposées en tandem, entre le dévidoir et la première cage. Cette interaction est bien connue. Voir par exemple les articles de F.A. Witt, "Comparison Between Theoretical and Experimental Cold Rolling Forces" dans Iron and Steel Engineer, volume 42, No. 6, pages 121 à 128 de juin 1965 et de Will L. Roberts "A Simplified Cold Rolling Model" dans Iron and Steel Engineer d'octobre 1965, volume 42, No. 10, pages 75 à 87.

Le premier effet naturel d'une réduction rapide de l'emprise de laminage est d'augmenter la force de laminage lorsque l'emprise diminue. Cela étant, la tension en retour diminue de sorte que la force de laminage augmente encore davantage, temporairement. Cette réduction de tension doit être suivie d'une réduction de la vitesse de dévidage du feuillard du dévidoir afin de maintenir la tension constante. Comme le dévidoir est équipé d'un dispositif de commande automatique du moteur à courant continu qui l'entraîne opérant par régulation d'intensité, le moteur tend à ralentir, abaissant la vitesse pour rétablir la tension requise. Cependant,

pendant cette opération, deux choses peuvent affecter son déroulement. En premier lieu la tension peut devenir trop faible. En fait, du mou peut apparaître dans le feuillard à certains moments si la réduction de l'emprise de laminage a été suffisamment importante. En deuxième lieu, cette perte de tension du feuillard affecte défavorablement la régulation d'épaisseur. Le feuillard perd son épaisseur nominale, au moins jusqu'à ce que le dévidoir ait pu ralentir jusqu'à une vitesse propre à rétablir la tension.

Ceci ne se produirait pas si le réglage de vitesse du moteur du dévidoir s'effectuait en même temps que la modification de l'emprise de laminage.

L'invention vise à corriger la vitesse du dévidoir alimentant la première cage d'un laminoir afin de compenser une variation de la force de laminage appliquée au feuillard au niveau de la première cage.

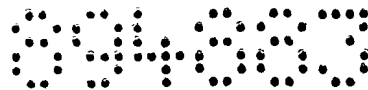
Suivant l'invention, le système d'entraînement à moteur qui entraîne le dévidoir est modifié en combinaison par:

un premier moyen réagissant à une variation de la force de laminage appliquée à la première cage d'un laminoir pour dériver un premier signal;

un deuxième moyen pour produire une fonction représentative de la relation entre une variation de la tension du feuillard entre le dévidoir et la première cage et la variation requise de la vitesse du dévidoir pour maintenir la tension du feuillard et

un moyen intervenant avec le premier et avec le deuxième moyen pour transformer le premier signal en un second signal représentatif d'une variation de vitesse correspondante du dévidoir,

le système d'entraînement à moteur étant commandé par le second signal pour accepter cette variation de vitesse correspondante du dévidoir.



Le dessin annexé est un schéma synoptique du système de compensation de la vitesse du dévidoir conforme à l'invention.

L'invention sera décrite ci-après dans le cadre d'un laminoir dont les cages sont équipées d'un mécanisme de serrage à commande hydraulique.

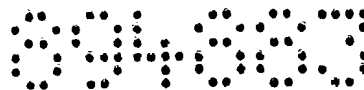
Comme la commande hydraulique est beaucoup plus rapide que la commande électrique, l'interaction sur la tension du feuillard des réglages de la force de laminage est plus nette. Cela étant, il est nécessaire d'empêcher toute variation soudaine de la tension du feuillard qui se produit lorsque l'emprise de laminage est modifiée ainsi que la variation d'épaisseur transitoire simultanée qui pourrait amener le feuillard à perdre son épaisseur nominale.

La solution proposée consiste à surveiller la variation de position imposée lorsque le vérin est commandé et à utiliser ces variations de position pour modifier la vitesse du moteur du dévidoir et pour compenser toute variation de tension résultante.

Comme toutes les variations de position du vérin provoquent des variations de la vitesse du moteur du dévidoir, la difficulté est de compenser la vitesse du dévidoir pour chaque variation de l'emprise de laminage d'une manière telle que la tension du feuillard ne se modifie pas. En d'autres termes, la variation de la tension du feuillard provoquée par une modification de l'emprise de laminage est anticipée par la variation de vitesse du dévidoir.

La compensation correcte est dérivée de la relation suivante entre la vitesse périphérique du dévidoir et la variation de tension:

$$\frac{\Delta s}{\Delta v_m - \Delta v_r} = \frac{\frac{AE'}{v_r}}{1 + p \frac{LE'}{v_r E}} \quad (1)$$



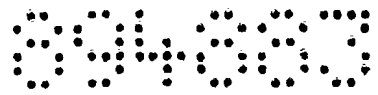
où L est la distance entre le dévidoir UR (Fig. 1) et la première cage; T_t est la constante de temps de transport $= LE/v_r E'$; p est l'opérateur Heaviside; r est le rayon du dévidoir comprenant la bobine en cours de dévidage; E est le module d'élasticité; E' est le module "apparent" d'élasticité; A est la section transversale du feuillard; s est la tension du feuillard entre le dévidoir et la première cage; v_m est la vitesse périphérique du cylindre de laminage; v_r est la vitesse périphérique du dévidoir.

L'équation (1) a été décrite dans AIEE Transactions, Industry Applications, volume de mai 1959, pages 59 à 67. "The Use of Frequency-Response Tests in the Analysis of a Foil Mill Automatic Gage Control" par S. J. Jones et R. M. Sills.

Comme la vitesse du laminoir est constante $\Delta v_m = 0$. L'équation peut être simplifiée de la manière suivante:

$$\frac{\Delta s}{\Delta v_r} = \frac{AE'}{v_r} \frac{1}{1 + pT_t} \quad (2)$$

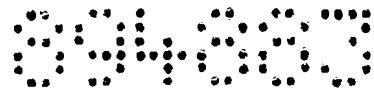
Dans cette forme, l'équation peut être interprétée comme signifiant que le signal Δv_r qui doit être transmis au système de commande du dévidoir pour produire une variation de tension Δs qui ait un effet compensateur, est soumis à l'action de la réciproque du côté droit du signe d'égalité dans l'équation (2). Cette fonction de compensation comprend la section transversale A et la vitesse périphérique v_r du dévidoir. Les autres facteurs sont fixés pour une configuration donnée du laminoir. On peut obtenir la vitesse périphérique du laminoir à partir d'un tachymètre entraîné par le feuillard. La section transversale A du feuillard est le produit de l'épaisseur et de la largeur. La figure 1 illustre comment ces deux signaux peuvent être dérivés



et appliqués dans un système d'entraînement de moteur de dévidoir classique en vue d'une compensation automatique de tout réglage de la force de laminage dans la première cage.

Le vérin hydraulique HC qui applique la force de laminage à la première cage est commandé par une servo-valve SV sous la commande d'un régulateur de courant de valve VCC et d'un régulateur de position de vérin hydraulique HPC. Le régulateur de courant de valve est bâti autour d'un amplificateur opérationnel à faible gain OA_1 qui envoie une surintensité à la bobine d'excitation EC par l'intermédiaire de la ligne de sortie 1 à partir de la jonction J_0 à l'entrée de OA_1 . Le régulateur de position HPC réagit à la différence entre une position de référence sur la ligne 4 et un signal de réaction de position sur la ligne 3 à l'entrée d'un amplificateur opérationnel OA_2 fonctionnant comme régulateur pour produire un signal d'erreur à la jonction J_0 .

Si l'on ne considère pour l'instant que le système d'entraînement à moteur de dévidoir classique à la partie inférieure du dessin, le dévidoir UR est commandé par un moteur à courant continu M dont le courant d'induit est commandé par un dispositif d'alimentation de courant à thyristors 28. Le courant d'induit est réglé en fonction du réglage par l'opérateur d'un potentiomètre P_1 qui, par la ligne 25, ouvre un trajet comprenant la ligne 25, la jonction J_3 , l'amplificateur opérationnel sommateur OA_7 , la ligne 26, un régulateur de courant de moteur bâti autour d'un amplificateur opérationnel OA_8 et la ligne 27 pour commander le passage du courant à travers les thyristors dans l'alimentation de courant 28. A la jonction J_3 , la ligne 24 ajoute une boucle de correction de compensation d'inertie dérivée de la ligne 19 et du shunt SH dans la ligne 18 de la bobine de champ de shunt FLD du moteur. La ligne 19



applique le signal représentatif du champ de shunt I_F à un générateur de fonctions 20 qui produit un signal représentatif du flux qui est proportionné au diamètre de la bobine. Le signal produit sur la ligne 21 est lui-même modifié par la fonction de transfert d'un générateur de fonctions 22 produisant, sur la ligne 23, un signal correcteur représentatif de l'inertie de la bobine. La compensation de l'inertie comprend aussi le taux de variation de la vitesse du feuillard. Cela étant, sur la ligne 13 est appliqué un signal représentatif de la vitesse qui est différencié par un amplificateur opérationnel différentiateur OA_5 et le signal produit sur la ligne 14 est normalement combiné avec le signal compensateur d'inertie de bobine de la ligne 23 dans un multiplicateur 17 produisant, sur la ligne 24, un signal de correction combiné pour le point de sommation J_3 à l'entrée du sommateur OA_7 .

Suivant l'invention, à un point de jonction J_2 à l'entrée d'un amplificateur opérationnel sommateur OA_6 , le signal de la ligne 14 est sommé avec le signal compensateur de tension dérivé par l'intermédiaire d'un trajet partant de la jonction J_0 à la sortie du régulateur de position OA_2 comme expliqué ci-après.

Si l'on considère l'équation (2), l'inverse du côté droit de l'expression est:

$$\frac{v_r}{AE'} \quad 1 + p \quad \frac{LE'}{E \times v_R} = \frac{1}{AE'} \quad v_R + p \quad \frac{LE'}{E} \quad (3)$$

Il ressort de l'équation (3) que la correction à appliquer au signal de position en J_0 comprend les termes:

$$1) \frac{1}{AE'}, \quad 2) v_R, \quad \text{et} \quad 3) p \frac{LE'}{E}.$$

Cela étant, 1) à partir de la ligne 5, le signal de commande de position est appliqué à un diviseur 6 dans

lequel en 32 la section transversale A est appliquée en tant que dénominateur; 2) par la ligne 7, la sortie du diviseur 6 est appliquée à un multiplicateur 9 qui reçoit sur la ligne 31 un signal représentant v_R , tandis que 3) par la ligne 8, la sortie du diviseur 6 est appliquée à un différentiateur bâti autour de l'amplificateur opérationnel OA_3 . La ligne 10 porte donc un signal représentatif de

$$J_0 \times \frac{1}{AE'} \times v_R,$$

et la ligne 11 porte un signal représentatif de

$$J_0 \times \frac{1}{AE'} \times \frac{LE}{E}.$$

Ces deux signaux sont sommés à la jonction J_1 à l'entrée d'un sommateur bâti autour de l'amplificateur opérationnel OA_4 . Le signal de correction résultant, souhaité conformément à l'invention, est appliqué à la jonction J_2 à l'entrée du sommateur bâti autour de l'amplificateur opérationnel OA_6 pour fournir, sur la ligne 16, un signal de commande qui est compensé pour la variation de tension.

En résumé, le régulateur de position HPC ne présente un signal de sortie sur J_0 que lorsqu'une erreur de position existe entre les lignes 3 et 4. La sortie du régulateur HPC force le vérin HC à changer de position et la force de laminage du feuillard à se modifier. Les polarités indiquées en différents endroits sur le dessin sont celles qui impliquent une augmentation de la force de laminage. La sortie du régulateur de position en J_0 est connectée au diviseur de section transversale de feuillard 6. La sortie du diviseur 6 est connectée en deux endroits: par la ligne 7 au multiplicateur 9 de la vitesse du dévidoir; par la ligne 8 au différentiateur OA_3 . Ceux-ci sont connectés à leur tour en J_1 au sommateur compensateur de vitesse OA_4 . La

sortie du régulateur de position en J_0 est soumise à l'action du diviseur 6, du multiplicateur 9 et du différentiateur OA_3 . Le signal de taux de vitesse à la sortie de OA_5 est modifié en J_2 par le signal compensateur de vitesse de la ligne 12. Le sommateur compensateur de vitesse produit un signal de commande qui est multiplié par l'inertie (J) du dévidoir afin de fournir le signal de référence de courant pour le régulateur de courant du dévidoir. Ce signal compensateur d'inertie provoque un réglage de modification de vitesse du moteur du dévidoir.

L'action de commande exercée par la ligne 26 par-dessus le régulateur de courant de moteur OA_8 , par l'intermédiaire de la ligne 27 sur l'alimentation de courant 28 a pour effet de diminuer la vitesse du dévidoir lorsque l'emprise de laminage est réduite et au contraire de l'augmenter lorsque l'emprise de laminage est accrue. A la suite de la variation de tension anticipée qui est compensée par une variation de vitesse, la tension du feuillard est inchangée pendant que la vitesse du dévidoir subit une modification.

R E V E N D I C A T I O N S

1 - Système de compensation de vitesse pour un moteur de dévidoir coopérant avec un laminoir comportant un dispositif d'entraînement à moteur de dévidoir et une première cage de laminage comportant un dispositif modifiant la force de laminage et placé à une distance L du dévidoir, caractérisé en ce qu'il comprend:

un premier moyen réagissant à une variation de la force de laminage exercée sur la première cage pour dériver un premier signal,

un deuxième moyen pour produire une fonction représentative d'une relation entre une variation de la tension du feuillard entre le dévidoir et la première cage et une modification requise de la vitesse du dévidoir pour maintenir la tension du feuillard, et

un moyen coopérant avec le premier moyen et avec le deuxième moyen pour transformer le premier signal en un second signal représentatif de la modification souhaitée de la vitesse du dévidoir,

le dispositif d'entraînement à moteur étant commandé par le deuxième signal pour provoquer une modification de vitesse correspondante du dévidoir.

2 - Système suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la relation de la variation de tension à la variation de la vitesse du dévidoir est la suivante:

$$\frac{\Delta s}{\Delta v_r} = \frac{AE'}{v_r} \frac{1}{1 + p T_t}$$

où Δs est la variation de tension anticipée; Δv_r est la variation requise de la vitesse du dévidoir; v_r est la vitesse périphérique du dévidoir; A est la section transversale du feuillard dévidé du dévidoir; T_t est le temps de transport du feuillard du dévidoir jusqu'à la première cage; E' est le module d'élasticité "apparent"; p est l'opérateur Heaviside; le temps de

transport étant

$$T_t = \frac{LE}{v_r E'} ,$$

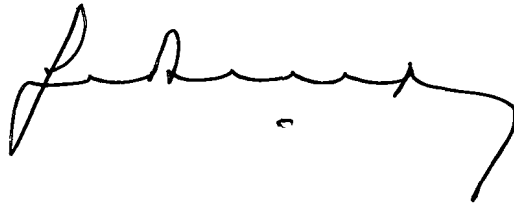
où L est la distance entre le dévidoir et la première cage; E est le module d'élasticité.

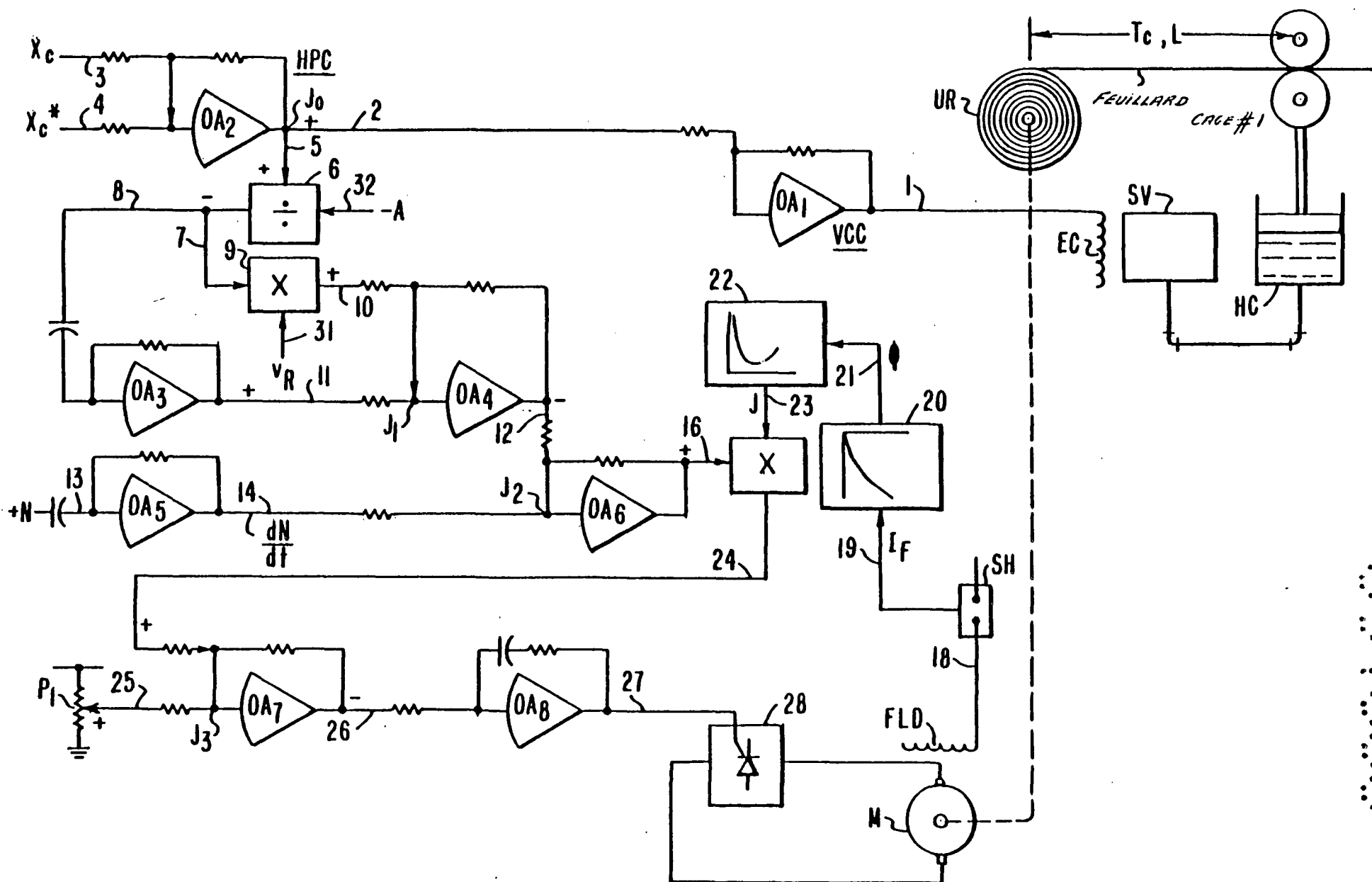
Bruxelles, le 29 octobre 1982

P.Pon. de: WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

OFFICE KIRKPATRICK

G.C. PLUCKER





Bruxelles, le 29 octobre 1982
P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION
OFFICE KIRKPATRICK ~~P~~ G.C. ~~P~~ LUCKER.