

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 81 19807

⑤4 Système régulateur avec dispositif de simulation de l'état du moyen de régulation.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.³). G 05 B 17/02, 15/00.

⑫② Date de dépôt..... 22 octobre 1981.

⑫③ ⑫② ⑫① Priorité revendiquée :

⑫④ Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 29-4-1983.

⑫⑦ Déposant : SEREG, société anonyme. — FR.

⑫⑧ Invention de : Gérard Crochet.

⑫⑨ Titulaire : *Idem* ⑫⑦

⑫⑩ Mandataire : Michel Colombe, Giers Schlumberger, service brevets,
BP 121, 92124 Montrouge cedex.

- 1 -

1 SYSTEME REGULATEUR AVEC DISPOSITIF DE SIMULATION DE
 L'ETAT DU MOYEN DE REGULATION.

5 L'invention concerne un système régulateur
 comportant un dispositif de simulation de l'état du
 moyen de régulation.

10 On connaît un système régulateur agissant par un
 servo-moteur sur une vanne apte à modifier le
 déroulement d'un procédé industriel, et dans lequel
 le signal d'erreur résultant de la différence entre
15 une valeur de consigne affichée par l'utilisateur et
 une grandeur caractéristique du procédé comme par
 exemple la température, est utilisé par un
 calculateur pour obtenir la grandeur de commande du
 servo-moteur, le signe et l'amplitude de cette
20 grandeur étant tels que la position de l'opercule de
 la vanne est modifiée pour que la grandeur
 caractéristique reste aussi proche que possible de
 la consigne.

25 Lorsqu'un changement de l'état de la vanne
 n'entraîne qu'une modification lente du déroulement
 du procédé, c'est-à-dire lorsque celui-ci possède
 une grande inertie, on sait relier le servo-moteur
 au curseur d'un potentiomètre alimenté sous tension
30 constante de manière que la tension de sortie du
 potentiomètre représente l'état de la vanne et

35

- 2 -

1 puisse être pris en compte immédiatement par le
système, sans attendre que l'effet de la vanne sur
le procédé se manifeste. C'est alors la différence
entre la tension de sortie du potentiomètre et la
5 grandeur de commande qui sert de grandeur d'entrée
au servo-moteur.

Cette solution, si elle évite le pompage du système,
10 nécessite néanmoins une liaison mécanique entre le
potentiomètre de recopie et le servo-moteur, ce qui
augmente la complexité et le volume de celui-ci, et
requiert un calage manuel préalable du curseur par
rapport à la position de l'opercule de la vanne.

15

L'invention a donc pour objet l'obtention d'un
système régulateur du type précédent, utilisable
aussi bien avec des procédés industriels à grande
20 inertie qu'avec des procédés industriels à faible
inertie, mais dans lequel le potentiomètre de
recopie est supprimé.

25 Le système régulateur suivant l'invention est
caractérisé en ce qu'il comporte un intégrateur dont
les entrées d'intégration respectivement croissante
et décroissante sont alimentées de manière identique
aux entrées de rotation dans un sens et dans le sens
30 opposé du servo-moteur, et dont la sortie est alors
susceptible de représentée l'état de ce dernier.

35

1 On évite ainsi toute liaison mécanique entre le
servo-moteur et le moyen représentant électriquement
son état.

5 Selon une caractéristique importante de l'invention,
on prévoit un moyen de commande de remise à zéro de
l'intégrateur et un moyen de commande de remise à
10 zéro du calculateur, aptes à être rendus opératoires
simultanément lorsque la valeur de sortie de
l'intégrateur atteint l'une ou l'autre de deux
valeurs limites respectivement positive et négative
détectées par des comparateurs à seuil,
15 l'alimentation du servo-moteur étant interrompue
pendant les remises à zéro.

De manière surprenante, il est alors inutile de
prévoir un réglage du niveau de la sortie de
20 l'intégrateur en fonction de la position de la
vanne, ce réglage se faisant de lui-même au cours de
la régulation quelle que soit la différence pouvant
exister au début de cette dernière entre les états
de l'intégrateur et de la vanne. De plus, toute
25 dérive parasite de l'intégrateur se trouve compensée.

Selon l'invention également le calculateur comporte
au moins une voie d'intégration, et sa remise à zéro
30 est alors obtenue en appliquant à l'entrée de cette
voie la tension servant à commander le servo-moteur.

35

1 En variante, lorsque le régulateur peut fonctionner
soit en boucle fermée soit en commande manuelle
directe du servo-moteur, et comporte un moyen de
transition sans à-coup d'un mode de fonctionnement à
5 l'autre par calage initial à zéro du calculateur,
l'invention prévoit d'utiliser ce moyen lors de la
remise à zéro de l'intégrateur de recopie.

10 Il est ainsi possible d'utiliser les circuits
existants dans les calculateurs de la technique
antérieure pour mettre en oeuvre de manière très
simple l'invention.

15 Cette dernière sera mieux comprise à la lecture de
la description faite ci-dessous à titre d'exemple
seulement en se référant au dessin, dans lequel :

20 - la figure 1 est un schéma bloc du système de
régulation selon l'invention,

- la figure 2 est le schéma électrique plus détaillé
d'une partie du système selon la figure 1,

25 - et les figures 3 et 4 sont des schémas de
variation en fonction du temps de certaines
grandeurs électriques présentes dans le système
selon l'invention.

30 Le système régulateur comporte (fig. 1) un
calculateur 11 à entrée 12 et sortie 13, cette

35

1 dernière étant appliquée à la première entrée 14
d'un circuit 15 à seconde entrée 16 et sortie 17, le
signal présent sur cette dernière étant égal à la
différence des signaux S et S' présents aux entrées
5 14 et 16 respectivement.

La sortie 17 est reliée d'une part à l'entrée 18
d'un circuit à seuil positif 19, et d'autre part,
10 par l'intermédiaire d'un inverseur 21 à l'entrée 22
d'un second circuit à seuil positif 23, similaire au
circuit à seuil 19, les sorties respectives 24, 25
de ces derniers étant appliquées respectivement à
l'entrée de commande de rotation dans un premier
15 sens 26, et dans le sens opposé 27, d'un
servo-moteur 28 dont l'arbre de sortie 29 agit sur
l'opercule d'une vanne 31 apte à influencer le
déroulement d'un procédé industriel 32.

20 Une sonde de mesure 33 capte une grandeur
caractéristique du procédé, comme par exemple la
température, et le signal M résultant de la mesure
est transmis à la première entrée 34 d'un circuit 35
25 à la seconde entrée 36 duquel est appliqué un signal
de consigne C obtenu par un générateur 37 sur lequel
peut agir l'utilisateur du système, la sortie 38 du
circuit 35 sur laquelle est présent le signal E égal
à la différence des signaux présents aux entrées 34
30 et 36 respectivement, étant appliquée à l'entrée 12
du calculateur 11.

1 Dans la technique antérieure, le servo-moteur 28
était relié par une liaison mécanique 41 au curseur
42 d'un potentiomètre 43 alimenté sous tension
constante, la tension de sortie du potentiomètre
5 étant transmise selon la ligne figurée en pointillé
44, à l'entrée 16 du circuit 15, de manière que
l'action du système régulateur sur la vanne puisse
être immédiatement prise en compte sans attendre la
réaction du procédé qui peut être relativement lente.

10

Selon l'invention, le potentiomètre 43, la liaison
mécanique 41 et la liaison 44, sont remplacés par
les moyens électriques suivants :

15

Les sorties 24 et 25 des circuits à seuil 19 et 23
sont appliquées aux entrées 51, 52 d'un moyen 53 de
commutation dont la sortie 54 est reliée à l'entrée
20 55 d'un intégrateur 56 à la sortie 57 duquel se
retrouve le signal S' appliqué à l'entrée 16 du
circuit 15.

25 Ce signal est également appliqué aux entrées 58, 59
d'un comparateur à seuil positif 61 et d'un
comparateur à seuil négatif 62 dont les sorties 63,
64 sont appliquées respectivement d'une part aux
entrées 65, 66 d'un moyen de commande 67 de remise à
30 zéro de l'intégrateur 56, et d'autre part aux
entrées 68, 69 d'un moyen 71 de commande de remise à
zéro du calculateur 11. A leur tour, les sorties 72,
73 des moyens de commande de remise à zéro 67, 71

35

1 sont respectivement reliées à l'intégrateur 56 et au
calculateur 11.

5 Ce dernier comporte (fig. 2) une voie
proportionnelle et une voie d'intégration, la
première étant constituée par un amplificateur 81
placé entre l'entrée 12 et l'entrée 82 d'un
sommateur 83, et la seconde étant constituée par une
10 résistance 84 placée entre l'entrée 12 du
calculateur et l'entrée 85 d'un amplificateur
opérationnel 86, la sortie de ce dernier étant
appliquée à la seconde entrée 87 du sommateur 83, un
condensateur 88 bouclant la sortie de
15 l'amplificateur 86 à son entrée 85 de manière à
faire jouer à ce dernier le rôle d'un intégrateur.
La sortie du sommateur 83 forme la sortie 13 du
calculateur 11.

20 La sortie 17 du circuit 15 est appliquée à l'entrée
91 d'un amplificateur 92 dont le gain variable est
commandé à partir de son entrée 93, et dont la
sortie 94 est appliquée à la borne d'entrée 95 d'un
25 commutateur 96 dont la première borne de sortie 97
est rebouclée sur l'entrée 93 et est également
appliquée à l'entrée 18 du circuit à seuil 19 et à
l'inverseur 21, et dont la seconde sortie 98 est
reliée par une résistance 99 à l'entrée 85 de
30 l'amplificateur 86.

Les circuits de commutation 53 et de commande de
remise à zéro 67 sont réalisés sous la forme d'un
35

1 relais 101 à quatre interrupteurs 102, 103, 104 et
105, qui sont dans leur état ouvert lorsqu'aucun
signal n'est présent respectivement aux entrées 51,
52, 66, et 65 de commande du relais 101, et qui sont
5 dans leur état fermé ou passant lorsqu'au contraire
un signal est présent à ces entrées.

Une tension continue constante $-V$ est appliquée sur
10 la première borne de l'interrupteur 102, une tension
opposée $+V$ est appliquée sur la première borne de
l'interrupteur 103, et les bornes de sortie de ces
interrupteurs sont reliées entre elles par deux
résistances identiques 104', 105' dont le point
15 commun forme la sortie 54 du moyen de commutation
53, elle-même reliée d'une part par une résistance
106 à l'entrée 55 de l'intégrateur 56, et d'autre
part à la masse par l'intermédiaire d'une résistance
107.

20

Les premières bornes d'entrée des interrupteurs 104,
105 sont reliées respectivement aux sources de
tension $+V$ et $-V$ et leurs secondes bornes sont mises
25 en commun et reliées à la sortie 72 du moyen de
commande de remise à zéro 67, elle-même reliée par
une résistance 108 à l'entrée 55 de l'intégrateur 56.

30 Ce dernier est constitué par un amplificateur
opérationnel 111 dont la borne d'entrée non
inverseuse est reliée à une tension d'alimentation
éventuellement réglable v , et dont la borne d'entrée
inverseuse est reliée à l'entrée 55, un condensateur

35

1 112 bouclant celle-ci à la sortie de l'amplificateur
opérationnel 111, qui constitue la sortie 57 de
l'intégrateur 56.

5

Le comparateur 61 est constitué par un amplificateur
opérationnel 121 dont l'entrée non inverseuse
constitue avec interposition d'une résistance 120
l'entrée 58 du comparateur 61, dont l'entrée
10 inverseuse est reliée à une source de tension
positive constante $+V'$, et dont la sortie, qui
constitue la sortie 63 du comparateur, est reliée à
l'entrée non inverseuse par une résistance 122.

15

De manière similaire, le comparateur 62 a son entrée
59 reliée à l'entrée inverseuse d'un amplificateur
opérationnel 123 dont l'entrée non inverseuse est
reliée avec interposition d'une résistance 125 à une
20 source de tension négative continue $-V'$, et dont la
sortie, qui constitue la sortie 64 du comparateur,
est reliée à l'entrée non inverseuse par une
résistance 124.

25

Le moyen de commande de remise à zéro 71 est
constitué par un circuit logique de type OU 131 dont
les entrées forment les entrées du circuit de
commande et dont la sortie est identique à la sortie
30 73 de ce dernier.

Le fonctionnement du système qui vient d'être décrit
est le suivant :

35

1 La différence $E = M - C$ entre le signal de mesure
 présent à la sortie de la sonde de mesure 33 et le
 signal de consigne C réglé par l'utilisateur est
 appliquée à l'entrée 12 du calculateur 11, à la
 5 sortie 13 duquel se retrouve un signal S qui, pour
 le calculateur proportionnel intégral décrit est de
 la forme :

$$10 \quad S = S_0 + kE + 1/T_i \int dE/dt,$$

les deux premiers termes étant dus à la voie
 proportionnelle, le dernier à la voie d'intégration.

15

Un ou plusieurs autres termes supplémentaires, comme
 par exemple un terme proportionnel à la dérivée du
 signal d'erreur peuvent être ajoutés au signal S par
 20 des circuits appropriés, sans que le fonctionnement
 du système de copie suivant l'invention s'en
 trouve affecté.

25 Le signal $S - S'$ est transmis par le circuit 15 à
 l'amplificateur 92, et, lors du fonctionnement
 normal du système, c'est-à-dire tant que la sortie
 de l'intégrateur 56 reste dans les limites définies
 par les comparateurs 61 et 62, le commutateur 96
 30 relie les bornes 95 et 97, si bien que le signal de
 sortie 94 de l'amplificateur 92 est appliqué à
 l'entrée 93 de l'amplificateur 92, et que le gain
 d'amplification de ce dernier prend sa valeur
 minimale A_1 ; le signal de sortie 94 prend ainsi la
 35 valeur $A_1 (S - S')$ et est transmis au circuit à
 seuil 19 et après inversion, au circuit à seuil 23.

- 11 -

1 Dès que ce signal A_1 ($S - S'$) est soit supérieur
au seuil défini par le circuit 19, soit inférieur au
seuil négatif défini par l'inverseur 21 et le
circuit 23, l'une ou l'autre des sorties 24 ou 25
5 prend une valeur logique 1. Lorsque par exemple
c'est la sortie 24 qui prend cette valeur, d'une
part le servo-moteur 28 entraîne son arbre de sortie
29 dans un premier sens, de manière à agir sur
l'opercule de la vanne 31, et d'autre part
10 l'interrupteur 103 se ferme, la tension +V étant
alors appliquée par l'intermédiaire du diviseur
formé par les résistances 105', 107, et de la
résistance 106, à l'entrée 55 de l'intégrateur 56
dont la sortie 57 croît alors linéairement en
15 fonction du temps, entre une limite négative -V'
définie par le comparateur 62, et qui représente une
première position extrême de la vanne, et une limite
positive V' qui représente l'autre position extrême
de la vanne.

20

De manière avantageuse, la pente d'intégration de
l'intégrateur 56 est choisie de manière que le
passage de la sortie 57 de la tension -V' à la
25 tension +V', sous l'action de la sortie 24, se fasse
en un intervalle de temps T similaire à celui qui
est nécessaire au servo-moteur 28 pour entraîner
l'opercule de la vanne de sa première position
extrême à sa seconde position extrême. Cependant,
30 une pente d'intégration plus élevée peut également
être choisie, sa seule influence étant d'accroître

35

1 le nombre de recalages de la sortie 57 de
l'intégrateur 56 rendus nécessaires lorsque la
tension 57 atteint l'une ou l'autre des valeurs +V'
ou -V'.

5

En effet, cette tension ne correspond pas toujours
nécessairement exactement à la position de
l'opercule de la vanne, par exemple lors du
10 démarrage du système lorsqu'elle est nulle alors que
la position de la vanne est a priori quelconque, ou
bien parce que l'intégrateur 56 a légèrement dérivé
par rapport à son fonctionnement idéal.

15

Ainsi, dès que cette tension en 57 atteint par
exemple le seuil +V', la sortie 63 du comparateur 61
passe à l'état logique 1, si bien que d'une part la
sortie 73 du circuit logique OU 131 passe également
20 à l'état logique 1 ce qui fait basculer
l'interrupteur 96 de sa position dans laquelle il
relie les bornes 95 et 97 à sa position dans
laquelle il relie les bornes 95 et 98, et d'autre
part fait également basculer l'interrupteur 105.

25

Le changement d'état de l'interrupteur 96 a pour
effet d'une part de faire chuter la tension présente
à l'entrée 93 de l'amplificateur 92, faisant adopter
30 à celui-ci son gain A_2 de valeur nettement
supérieure au gain A_1 , et de reboucler la sortie
94 de cet amplificateur sur l'entrée 85 de
l'intégrateur du calculateur 11, par l'intermédiaire

35

1 d'une résistance 99 de valeur très inférieure à
celle de la résistance 84. La sortie 87 de cet
intégrateur varie alors linéairement de manière que
le signal S suive la valeur du signal S' et tende
5 vers zéro, quelle que soit la valeur de la tension E
présente à l'entrée 12 du calculateur 11, le signal
S restant à sa valeur nulle lorsqu'il l'a atteinte,
tant que le commutateur 96 ne change pas d'état.

10 Simultanément, la fermeture de l'interrupteur 105 a
pour effet d'appliquer une tension négative à
l'entrée 55 de l'intégrateur 56, ce qui fait
décroître la sortie S' de celui-ci à partir de la
15 valeur +V' vers la valeur nulle, cette décroissance
étant, compte tenu des valeurs des différentes
résistances, capacités, et du gain A_2 ,
relativement plus lente pour permettre à S de
décroître à la même vitesse, et d'une durée totale
20 par exemple de l'ordre de deux secondes.

Dès que la valeur de S' est suffisamment proche de
zéro pour faire basculer à nouveau en sens contraire
25 le comparateur 61, la sortie 63 de ce dernier
retourne à la valeur logique nulle, ce qui bloque le
circuit logique OU, la sortie 73 de ce dernier
reprenant la valeur logique nulle, ce qui a pour
effet de faire basculer à nouveau le commutateur 96
30 dans sa position initiale, l'interrupteur 105
s'ouvrant également à nouveau.

Le servo-moteur 28 n'ayant pas été alimenté pendant
35 tout le recalage, l'opercule de la vanne n'a pas

1 changé de position pendant ce dernier, si bien que
la régulation peut reprendre maintenant de manière
identique à celle qui aurait eu lieu sans recalage,
seules les valeurs S et S' ayant été replacées au
5 centre de la bande de fonctionnement comprise entre
les tensions +V' et -V'.

A titre d'exemple, on a illustré sur les figures 3
10 et 4 les variations des différents signaux C, M, E,
S et S', au cas où à l'instant initial la valeur de
consigne C est modifiée brusquement.

15 On a également fait figurer les variations des
termes constitutifs du signal S, en supposant que ce
dernier comporte un terme directement proportionnel
au signal d'erreur, un terme proportionnel à
l'intégrale de ce signal et un troisième terme
20 proportionnel à la dérivée du signal d'erreur, et on
a supposé que les seuils définis par les circuits 19
et 23 sont suffisamment faibles pour que, à
l'échelle de la figure, le signal S' soit confondu
avec le signal S.

25

La figure 3 illustre le cas où le procédé à
commander a une inertie suffisamment faible pour que
la valeur de l'erreur E n'oscille pas autour de zéro
30 lors de son retour à cette valeur d'équilibre, et on
a supposé que dans le cas de la figure les valeurs
initiales des signaux S et S' étaient suffisamment
basses pour que, lors de leur variation, le seuil V'

35

- 15 -

1 ne soit pas atteint : au cours du fonctionnement du système, tel qu'illustré, aucune remise à zéro des signaux S et S' ne s'avère donc nécessaire.

5

Dans le cas de la figure 4 au contraire, on a supposé d'une part que la réaction du système était plus lente que dans le cas précédent, si bien que la grandeur E oscille une fois autour de sa valeur d'équilibre avant de s'y stabiliser, et d'autre part qu'initialement la valeur du signal S était suffisamment élevée pour qu'au cours de sa variation ce signal atteigne le seul V'. A l'instant t_1 correspondant, le basculement du comparateur 61 a pour effet de faire tendre la valeur du signal S' vers zéro, le signal S suivant cette décroissance tant que $S - S'$ reste différent de zéro. A l'instant t_2 le signal S', et donc également le signal S, s'annule, et à partir de cet instant, la variation des signaux S et S' se poursuit, identique à une translation près à celle, figurée en pointillé, qui aurait eu lieu si la valeur V' n'avait pas été atteinte.

25

Lorsque le système régulateur comporte deux bornes d'alimentation manuelle du servo-moteur et un moyen permettant un passage sans à-coup du fonctionnement en mode manuel au fonctionnement en boucle fermée du système, il est possible de rendre ce moyen opératoire par l'intermédiaire de la commande 71 qui n'agit plus ainsi directement sur le commutateur 96.

35

1

REVENDEICATIONS

1. Système régulateur du déroulement d'un procédé
5 industriel, comportant un calculateur (11) recevant
un signal d'erreur (E) et dont le signal de sortie
(S) est apte à commander un servo-moteur (28) après
soustraction d'un signal (S') représentant l'état du
10 moyen entraîné par le servo-moteur, caractérisé en
ce qu'il comporte un intégrateur (56) dont les
entrées d'intégration respectivement croissante (51)
et décroissante (52) sont alimentées de manière
identique aux entrées de rotation dans un sens (26)
et dans le sens opposé (27) du servo-moteur, et dont
15 la sortie est alors susceptible de représenter
l'état de ce dernier.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en
20 ce qu'il comporte un moyen de commande de remise à
zéro (67) de l'intégrateur et un moyen de commande
de remise à zéro (71) du calculateur, aptes à être
rendus opératoires simultanément lorsque la valeur
de sortie de l'intégrateur atteint l'une ou l'autre
25 de deux valeurs limites (V' , $-V'$) détectées par des
comparateurs à seuil (61,62) l'alimentation du
servo-moteur étant interrompue pendant les remises à
zéro.

30

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en
ce que le calculateur comporte au moins une voie
d'intégration (86, 88).

35

1 4. Calculateur selon la revendication 3, caractérisé
en ce qu'il comporte un commutateur (96) apte à
appliquer la tension servant à commander le
servo-moteur à l'entrée de ladite voie d'intégration
5 de manière à obtenir la remise à zéro du calculateur.

5. Système selon l'une quelconque des revendications
précédentes, comportant une commande manuelle
10 directe du servo-moteur et un moyen de transition
sans à-coup du mode de fonctionnement en boucle
fermée au mode de fonctionnement manuel, caractérisé
en ce que ledit moyen est utilisé pour la remise à
zéro du calculateur.

15

6. Système selon la revendication 2, caractérisé en
ce que les deux comparateurs (61, 62) sont suivis
d'un circuit logique du type OU (131).

20

7. Système selon la revendication 2, caractérisé en
ce que le moyen de commande de remise à zéro de
l'intégrateur (67) est constitué par un relais (101)
25 comportant au moins deux interrupteurs (104, 105).

8. Système selon la revendication 7, caractérisé en
ce que ledit relais comporte également deux autres
30 interrupteurs (102, 103) formant le moyen de
commutation du sens d'intégration (53) de
l'intégrateur (56).

35

1 9. Système selon la revendication 4, caractérisé en
ce que la liaison reliant la voie d'intégration (86,
88) au commutateur (96) comporte une résistance (99)
dont la valeur est nettement inférieure à la valeur
5 de la résistance (84) de la voie d'intégration.

10. Système selon la revendication 4, caractérisé en
ce que le signal servant à commander le servo-moteur
10 est amplifié par un amplificateur à gain variable
(92), qui assume un gain élevé lors de la remise à
zéro du calculateur, et un gain plus faible en
fonctionnement normal.

15

20

25

30

35

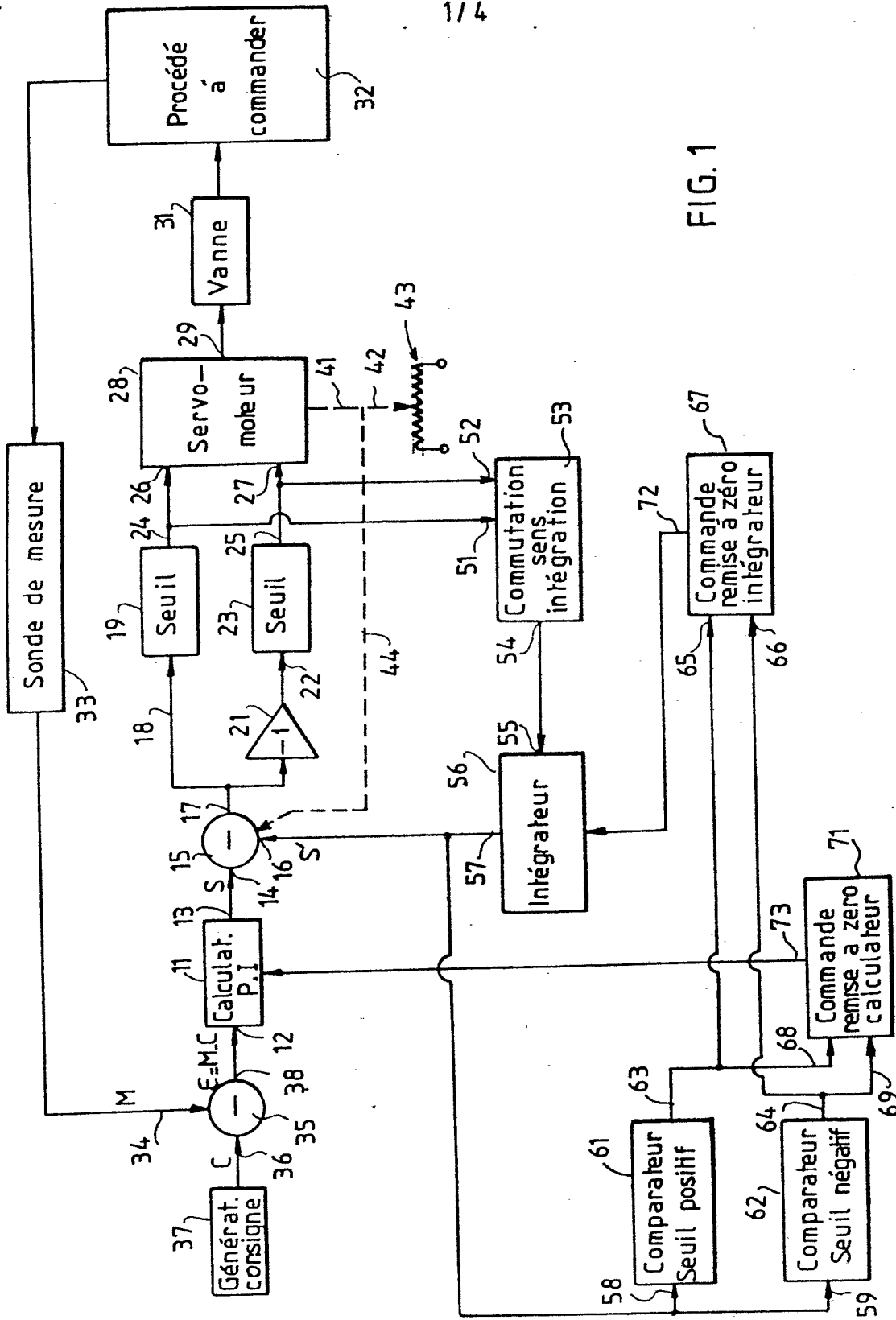


FIG. 1

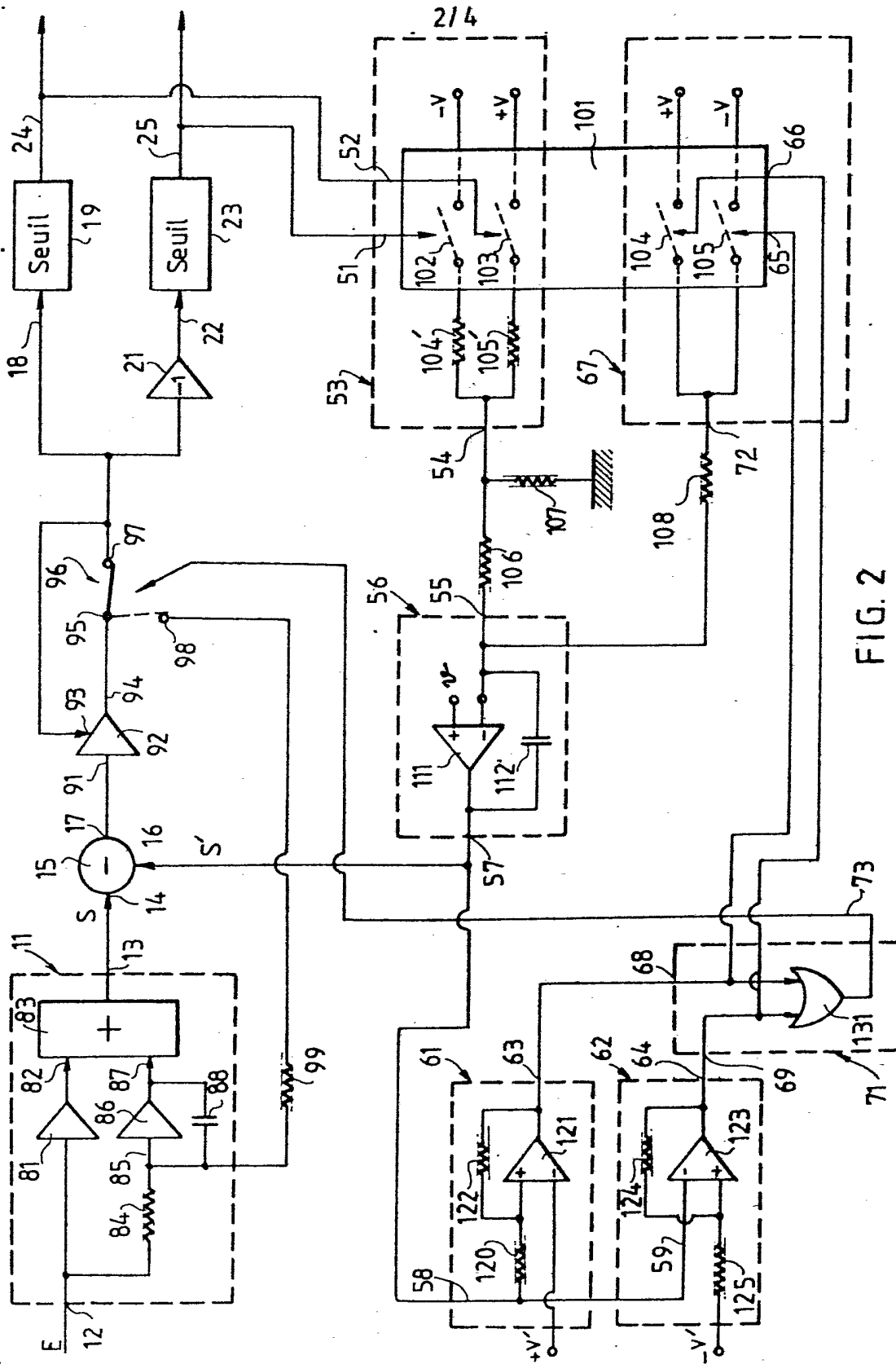


FIG. 2

3/4

FIG. 3

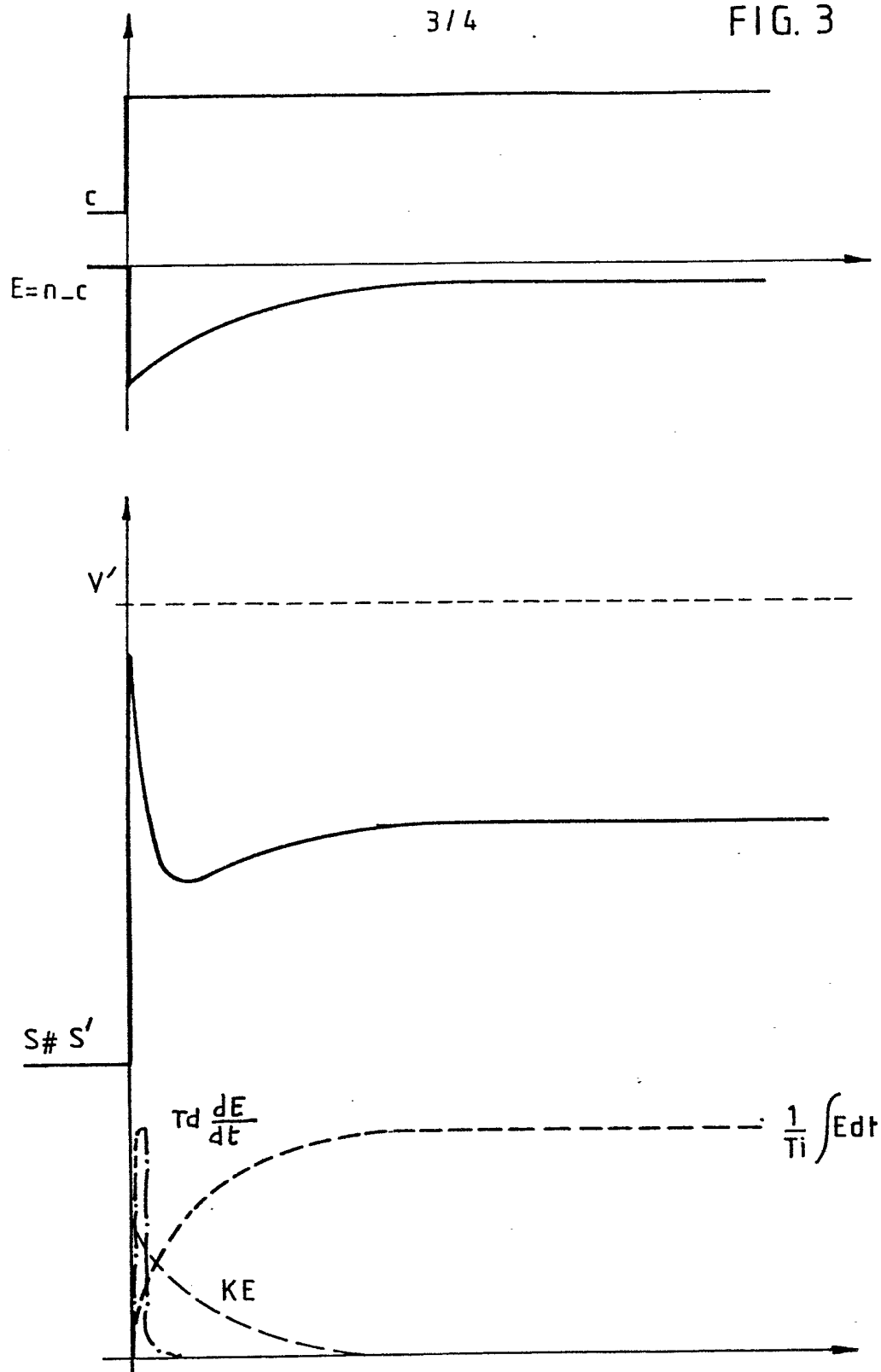


FIG. 4

