

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 417 263 B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de fascicule du brevet: **02.03.94** (51) Int. Cl.⁵: **E21B 44/00**, E21B 12/02,
E21B 47/00

(21) Numéro de dépôt: **90906252.3**

(22) Date de dépôt: **30.03.90**

(86) Numéro de dépôt internationale :
PCT/FR90/00220

(87) Numéro de publication internationale :
WO 90/12195 (18.10.90 90/24)

(54) **nispositif et procédé de contrôle d'un forage par analyse des vibrations.**

(30) Priorité: **31.03.89 FR 8904234**

(43) Date de publication de la demande:
20.03.91 Bulletin 91/12

(45) Mention de la délivrance du brevet:
02.03.94 Bulletin 94/09

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI LU NL SE

(56) Documents cités:
EP-A- 0 218 328 FR-A- 96 617
FR-A- 1 587 350 FR-A- 1 590 327
US-A- 4 150 568 US-E- 0 028 436

(73) Titulaire: **ELF AQUITAIN PRODUCTION**
Tour Elf
2 Place de la Coupole
La Défense 6
F-92400 Courbevoie(FR)

(72) Inventeur: **HENNEUSE, Henry**
10, rue Pasteur
F-64140 Billère(FR)

(74) Mandataire: **Timoney, Ian Charles Craig**
Elf Aquitaine Production
Département Propriété Industrielle
Tour Elf
Cédex 45
F-92078 Paris La Défense (FR)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un dispositif de représentation auditive des phénomènes mécaniques d'un forage et son utilisation dans un procédé de conduite du forage.

Il est connu par la demande de brevet français 1 587 350 un procédé de mesure des caractéristiques mécaniques des roches en cours de forage et un dispositif permettant la mise en oeuvre dudit procédé.

Un tel procédé permet de connaître les propriétés lithologiques des roches attaquées par l'outil de forage en prélevant à l'aide d'un accéléromètre la vitesse de rotation de la tige de forage et en prélevant à l'aide de jauges de déformation des signaux correspondant aux contraintes vibratoires auxquelles la tige est soumise. Par traitement de ces signaux dans des circuits analogiques on obtient un signal qui permet, par ce procédé, de connaître les propriétés lithologiques des roches attaquées par l'outil.

Par la demande de certificat d'addition 96 617 au brevet d'invention 1 590 327, il est également connu un procédé de mesure des caractéristiques lithologiques des roches en cours de forage, consistant à sélectionner les composantes d'un signal délivré par un capteur de pression mesurant la pression de la colonne de boues et à sélectionner ce signal dans une bande de fréquence centrée sur une fréquence égale au produit de rotation de l'outil par les nombres caractéristiques de la disposition des éléments actifs de l'outil.

Toutefois ces dispositifs ne permettent pas d'en déduire des informations concernant le déroulement du forage.

Un premier but de l'invention est de proposer un dispositif permettant, après traitement d'un signal, de déduire des informations concernant des phénomènes tels que la reprise de fond du trépan ou le coincement puis la relaxation par adhésion du trépan contre la paroi, ou la rupture de certaines dents du trépan ou enfin la non reprise de fond du trépan.

Ce but est atteint par le fait que le dispositif de représentation auditive des phénomènes mécaniques de l'interaction entre un outil de forage et la roche forée comporte des moyens de recueillir par un capteur accélérométrique en un point localisé sur la garniture de forage, un signal vibratoire représentatif de la vibration de l'outil sur le front de taille, des moyens (45, 31, 32) de filtrer le signal dans une bande de fréquence de 10 à 200 Hz, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens d'amplification pour le signal filtré propres à rendre ce signal audible à un opérateur pour en déduire des informations sur la conduite du forage.

Selon une autre particularité de l'invention, les moyens de filtrages sont constitués par des cellules identiques de filtre actif passe-haut du deuxième ordre mises sélectivement en série avec des cellules identiques à filtre actif passe-bas du deuxième ordre pour constituer les fréquences de coupure de la bande de fréquence.

Selon une particularité de l'invention, la bande de fréquence est de 20 à 200 Hz pour un moteur de fond.

Selon une autre particularité de l'invention, la bande de fréquence est de 10 à 100 Hz pour un moteur de surface.

Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif simple, facilement transportable et utilisable sur un chantier de forage.

Ce but est atteint par le fait que le dispositif comporte des moyens d'alimentation autonome par batterie du capteur et des circuits de traitement.

Un dernier but de l'invention est de proposer une utilisation du dispositif dans un procédé de conduite d'un forage.

Ce but est atteint par le fait que l'utilisation consiste

- à filtrer le signal délivré par un capteur accélérométrique pour conserver le spectre compris dans la bande de fréquence de 10 à 200 Hz;
- à écouter ce signal filtré pour en déduire des informations sur la conduite du forage;
- à prendre les mesures correctives nécessaires déduites des informations obtenues à l'étape précédente.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après faite en références aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un schéma d'ensemble du dispositif monté sur un appareil de forage ;
- la figure 2 représente le schéma fonctionnel du circuit électronique de pré-amplification ;
- la figure 3 représente le schéma du circuit de filtrage de l'invention ;
- la figure 4 représente une vue de la face avant de l'appareil de l'invention.

Sur la figure 1 on a représenté en (1) un derrick de forage, en (2) la partie supérieure du derrick portant l'ensemble de poulies fixes (3). Cette série de poulies (3) est reliée au bloc portant l'ensemble de poulies mobiles (5) par un ensemble de câbles (4). A ce bloc (5) est fixé un crochet (6) qui supporte une tête d'injection (7). La partie supérieure de cette tête d'injection (7) est fixe alors que la partie inférieure est mobile en rotation par l'intermédiaire d'un système de roulement. Un flexible d'injection (8) est raccordé, d'une part à la tête d'injection (7) et, d'autre part à l'ensemble des

pompes à boues non représenté sur le dessin.

La tige d'entraînement en rotation (9) de la garniture de forage est représentée de forme carrée et dans la suite on l'appellera simplement tige carrée. Cette tige (9) est entraînée en rotation par la table de rotation (10) elle-même entraînée par un moteur non représenté.

La référence (11) représente schématiquement un puits de forage dans lequel pénètre la garniture de forage (12). Cette garniture de forage (12) est munie à sa partie inférieure d'un outil de forage (20).

Un dispositif de mesure (13) est intercalé entre la tête d'injection et la tige carrée. Dans une variante, ce dispositif (13) peut être fixé sur la tête d'injection (7). Ce dispositif de mesure (13) est relié par un câble (14) à l'appareil (45) permettant le traitement des grandeurs électriques.

Le dispositif de mesure est constitué d'un capteur accélérométrique (140) qui transforme les variations d'accélération de l'extrémité de la tige en un signal électrique analogique. Ce signal électrique analogique est traité par le dispositif de traitement (45) de la figure 4, constitué d'un circuit d'amplification, représenté à la figure 2, d'un circuit de filtrage représenté à la figure 3, à nouveau d'une préamplification (47, 470) du signal filtré pour ensuite sortir sur un amplificateur audio (46) classique permettant une écoute du signal ainsi obtenu.

Le signal délivré par le capteur (140) est envoyé à l'entrée d'un amplificateur dont la résistance de rebouclage de la sortie sur l'entrée peut être modifiée par un contact rotatif (40) qui permet de mettre sélectivement en relation une des résistances (400, 401, 402, 403) entre la sortie et l'entrée de l'amplificateur (404). A la sortie de cet amplificateur (404), un deuxième amplificateur (41) comporte dans son circuit de rebouclage une résistance variable (410) qui permet d'effectuer un réglage fin à l'intérieur de la plage d'amplification sélectionnée. Le signal de sortie de l'amplificateur (41) est envoyé, d'une part vers l'entrée du circuit de filtrage de la figure 3 et d'autre part, par l'intermédiaire d'un circuit détecteur de crête (420) à l'afficheur (42) de la figure 4. De plus le signal de sortie de l'amplificateur (41) est envoyé par l'intermédiaire d'un circuit redresseur (43) et d'un circuit intégrateur (44) vers une sortie (S2) de l'appareil de mesure. Le signal arrive à l'entrée (30) d'un ensemble de filtres constitué par deux cellules de filtres actifs passe-bas du deuxième ordre (31a, 31b) suivi de quatre cellules de filtres actifs passe-haut du deuxième ordre (32a, 32b, 32c, 32d) et de deux cellules de filtres actifs passe-bas du deuxième ordre (31c, 31d). Ces filtres peuvent être reliés en série les uns aux autres ou être court-circuités totalement ou en partie selon la position des boutons des contacts rotatifs (490, 491). La sortie (33)

du circuit de filtrage est envoyée sur l'entrée d'un deuxième circuit de préamplification (47, 470, 48) du même type que celui décrit à la figure 2. Ce deuxième circuit de préamplification envoie son signal de sortie fourni par la sortie de l'amplificateur (470) vers un circuit d'amplification audio (46) de constitution classique bien connue pour l'homme de métier pour délivrer sur une prise d'écouteur le signal résultant du traitement de l'invention et permettant de suivre l'évolution du forage.

Chaque cellule de filtre passe-bas du deuxième ordre est constituée de la même façon que la cellule (31a) et comporte deux résistances (310, 311) reliées en série à l'entrée négative d'un amplificateur différentiel (313) dont l'entrée positive est branchée par une résistance (312) à la masse.

Le point commun aux deux résistances (310, 311) est relié d'une part par le condensateur (316) à la masse et, d'autre part par une résistance (315) à la sortie de l'amplificateur (313). La sortie de l'amplificateur (313) se trouve également reliée par un condensateur (314) à l'entrée négative de cet amplificateur (313).

Chaque cellule de filtre passe-haut est constituée de la même façon que la cellule (32a) et comporte deux condensateurs (320, 321) montés en série et reliés à l'entrée négative d'un amplificateur différentiel (323) dont l'entrée positive est reliée par une résistance (322) à la masse.

Le point commun aux deux condensateurs (320, 321) est relié, d'une part par une résistance (326) à la masse, et d'autre part par un condensateur (325) à la sortie de l'amplificateur (323).

La sortie de l'amplificateur (323) se trouve également reliée par une résistance (324) à l'entrée de l'amplificateur différentiel (323).

Le filtre ainsi constitué par une succession de cellules (31a à 31d) et (32a à 32d) permet de filtrer le signal délivré par le préampli dans la bande de fréquence de 10 à 200 Hz selon les positions prises par les boutons des contacts rotatifs (490, 491).

Ainsi, lorsque le bouton (490) est sur la position (490d, fig 4) le contact (490 D, fig 3) correspondant est fermé et relie l'entrée de la cellule (32a) à la sortie de la cellule (32d), court-circuitant ainsi l'ensemble des cellules passe-haut (32a à 32d).

Lorsque le bouton (490) est sur la position (490c, fig 4), le contact correspondant (490 C) est fermé et relie l'entrée de la cellule (32a) à la sortie de la cellule (32c), court-circuitant ainsi les cellules (32a à 32c) et maintenant ainsi le filtre passe-haut (32d) dans le circuit. Ce filtre (32d) a ses éléments résistifs et capacitifs calculés pour établir la fréquence de coupure à 10 Hz.

Lorsque le bouton (490, fig 4) est sur la position (490b, fig 4) le contact correspondant (490B,

fig 3) est fermé et relie l'entrée de la cellule (32a) à la sortie de la cellule (32b) court-circuitant ainsi les cellules (32a) et (32b). Les éléments résistifs et capacitifs de la cellule (32c) sont calculés pour que les deux cellules (32c, 32d) mises en série aient une fréquence de coupure de 20 Hz.

Lorsque le bouton (490) est sur la position (490a, fig 4) le contact correspondant (490A) relie l'entrée de la cellule (32a) à sa sortie. Les cellules (32b) à (32d) sont en série et les éléments résistifs et capacitifs de la cellule (32b) sont calculés pour établir la fréquence de coupure de l'ensemble des trois cellules en série à 30 Hz.

Enfin, lorsque le bouton (490) est sur la position (490e) aucun contact n'est fermé et les quatre cellules (32a à 32d) sont en série. Les éléments résistifs et capacitifs de la cellule (32a) sont calculés pour que la fréquence de coupure de l'ensemble des quatre cellules mises en série soit de 40 Hz.

De même, par action sur le bouton (491) il est possible de sélectionner les cellules de filtre passe-bas introduites dans le circuit de filtrage. Lorsque le bouton (491) est sur la position (491abc) les cellules (31a) et (31b) sont court-circuitées par le contact fermé (491 AB) reliant l'entrée de la cellule (31a) à la sortie de (31b) et la cellule (31c) est également court-circuitée par le contact fermé (491C) reliant l'entrée de (31c) à sa sortie. Les éléments résistifs et capacitifs de la cellule (31d) sont calculés pour établir la fréquence de coupure à 200 Hz.

Lorsque le bouton (491) est sur la position (491ab), les cellules (31a) et (31b) sont court-circuitées par le contact (491AB). Les éléments résistifs et capacitifs de la cellule (31c) sont calculés pour que la fréquence de coupure de l'ensemble formé par les deux cellules (31c) et (31d) mises en série soit de 150 Hz.

Lorsque le bouton (491) est sur la position (491a), le contact (491A) est fermé et relie l'entrée de la cellule (31a) directement à sa sortie. Les éléments de (31b) sont calculés pour que le filtre constitué par l'association en série des 3 cellules (31b, 31c, 31d) aient une fréquence de coupure de 100 Hz.

Lorsque le bouton (491) est sur la position (491e) aucune cellule (31a à 31d) n'est court-circuitée et l'ensemble de ces cellules a une fréquence de coupure de 50 Hz.

Enfin, lorsque le bouton (491) est sur la position (491abcd) les contacts (491AB) et (491CD) sont fermés et l'ensemble des cellules (31a) à (31d) est court-circuité.

Le signal ainsi filtré est ensuite transmis à un deuxième préampli et à un amplificateur audio permettant de délivrer un signal audio à une prise de casque haut-parleur. Le dispositif d'écoute ou

de visualisation est pourvu d'une alimentation autonome par batterie. Le signal délivré dans la bande de fréquence de 10 à 200 Hz permet de détecter par l'écoute les anomalies qui peuvent se produire lors du forage. De façon surprenante on a constaté que le signal ainsi filtré éliminait tous les autres bruits dûs au forage, tels que par exemple les bruits de boues, et conservait uniquement les bruits correspondant au contact du trépan avec le forage. De cette façon un homme expérimenté peut prendre les mesures correctives adéquates en fonction des observations effectuées. En particulier on peut ainsi déterminer la reprise de fond de l'outil, ou déterminer si l'outil comporte une dissymétrie suite à une rupture de dent, ou si l'outil a rencontré un obstacle lors de sa descente sans pour autant avoir atteint le fond du forage, ou encore le coincement puis la relaxation par adhésion du trépan contre la paroi.

Pour un moteur installé au fond du forage on a constaté que la bande de fréquence de 20 à 200 Hz donnait les meilleurs résultats. Par contre, pour un moteur de surface il est préférable de travailler dans une plage de fréquence de 10 à 100 Hz. La sélection des plages de fréquence se fait à l'aide des boutons (490, 491, fig 4).

Revendications

1. Dispositif de représentation auditive des phénomènes mécaniques de l'interaction entre un outil de forage et la roche forée, comportant des moyens de recueillir par un capteur accélérométrique en un point localisé sur la garniture de forage, un signal vibratoire représentatif de la vibration de l'outil sur le front de taille, des moyens (45, 31, 32) de filtrer le signal dans une bande de fréquence de 10 à 200 Hz, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens d'amplification pour le signal filtré propres à rendre ce signal audible à un opérateur pour en déduire des informations sur la conduite du forage.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la bande de fréquence des moyens de filter est de 20 à 200 Hz pour un moteur de fond.
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la bande de fréquence des moyens de filtrer est de 10 à 100 Hz pour un moteur de surface.
4. Dispositif selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'alimentation autonomes par batterie du capteur et des circuits de traitement (40 à 49).

5. Dispositif selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de filtre sont constitués par des cellules identiques de filtre actif passe-haut (32a à 32d) du deuxième ordre mises sélectivement en série avec des cellules identiques de filtre actif passe-bas (31a à 31d) du deuxième ordre pour constituer les fréquences de coupure de la bande de fréquence. 5
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les cellules de filtre passe-haut et de filtre passe-bas sont mises sélectivement en série par un contact rotatif (490), respectivement (491). 10
7. Utilisation du dispositif selon une des revendications précédentes dans un procédé de conduite d'un forage caractérisé en ce qu'il consiste 15
- à filtrer le signal délivré par un capteur accélérométrique pour conserver le spectre compris dans la bande de fréquence 10 à 200 Hz,
 - à écouter ce signal filtré pour en déduire des informations sur la conduite du forage, 25
 - à prendre les mesures correctives nécessaires déduites des informations obtenues à l'étape précédente. 30

Claims

1. Device for the auditory representation of mechanical phenomena of the interaction between a drilling tool and the rock drilled, comprising means for collecting a vibratory signal representative of the vibration of the tool on the working face by means of an accelerometric pick-up at a point located on the drilling gear, and means (45, 31, 32) for filtering the signal in a frequency band of from 10 to 200 Hz, characterised in that the device comprises means for amplifying the filtered signal, the means being suitable for making the signal audible to an operator in order to deduce therefrom information regarding the conduct of the drilling. 35
2. Device according to Claim 1, characterised in that the frequency band of the filter means is from 20 to 200 Hz for a downhole motor. 40
3. Device according to Claim 1, characterised in that the frequency band of the filter means is from 10 to 100 Hz for a motor on the surface. 45

4. Device according to any one of Claims 1 to 3, characterised in that it comprises means for supplying the pick-up and the processing circuits (40 to 49) independently by battery. 5
5. Device according to any one of Claims 1 to 3, characterised in that the filter means are constituted by identical, second-order, high-pass, active filter cells (32a to 32d) which are put selectively in series with identical second-order, low-pass, active filter cells (31a to 31d) in order to establish the cut-off frequencies of the frequency band. 10
6. Device according to Claim 5, characterised in that the high-pass and low-pass filter cells are put in series selectively by respective rotary switches (490, 491). 15
7. Use of the device according to any one of the preceding claims in a method for carrying out drilling, characterised in that it consists of: 20
- filtering the signal supplied by an accelerometric pick-up in order to retain the spectrum within the frequency band from 10 to 200 Hz;
 - listening to the filtered signal in order to deduce therefrom information regarding the conduct of the drilling;
 - taking necessary corrective measures deduced from the information obtained in the previous step. 25

Patentansprüche

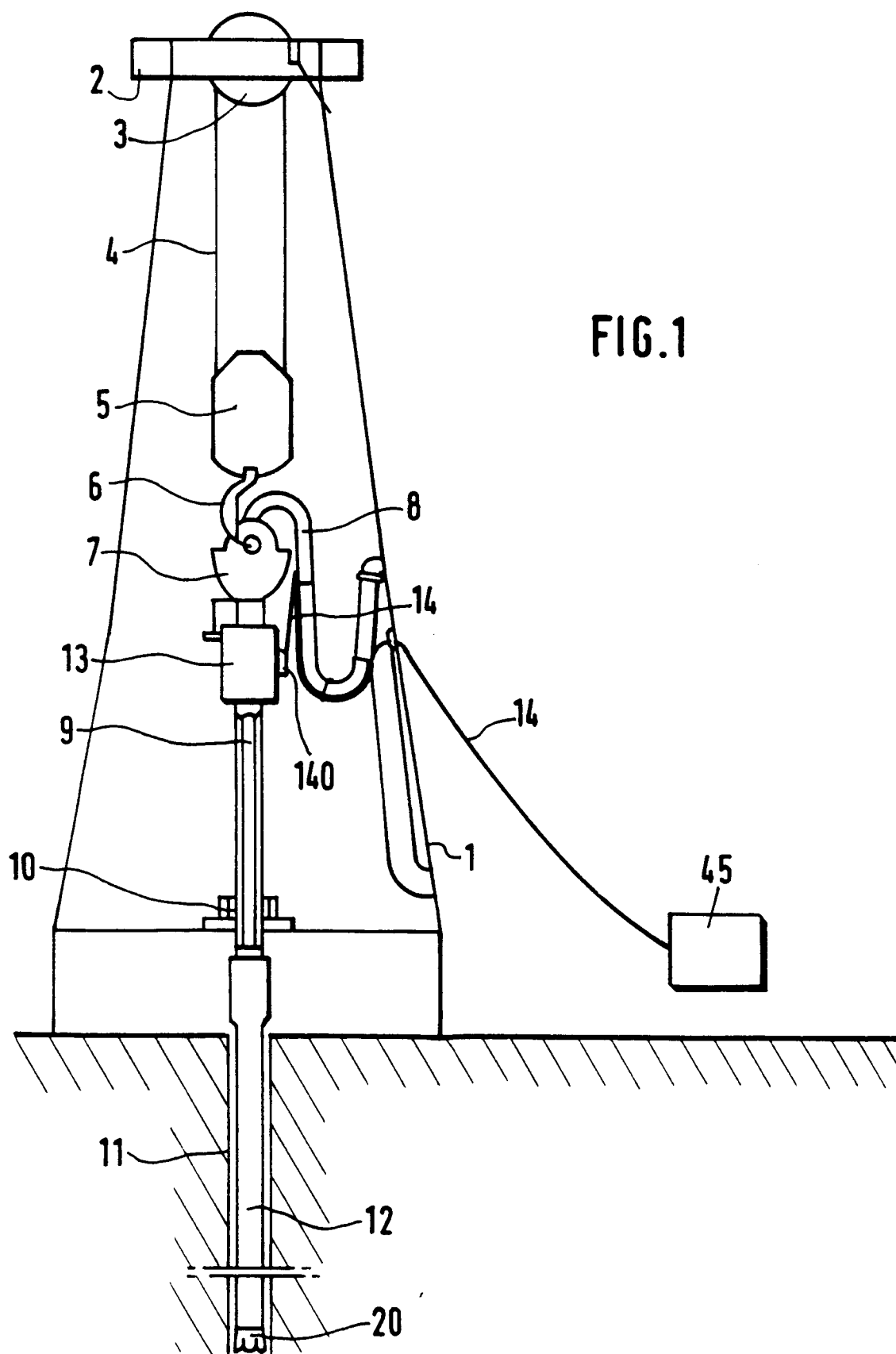
1. Vorrichtung zur auditiven Darstellung mechanischer Erscheinungen der Wechselwirkung zwischen einem Bohrwerkzeug und aufgebohrtem Gestein, mit Einrichtungen zur Aufnahme durch einen Beschleunigungsfühler in einem auf der Bohrausrüstung lokalisierten Punkt, ein für die Vibration des Werkzeugs auf der Stirnfläche repräsentatives Vibrationssignal, Einrichtungen (45, 31, 32) zum Filtern des Signals in einem Frequenzband von 10 bis 200 Hz, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung Einrichtungen zum Verstärken des gefilterten Signals aufweist, die dieses Signal für eine Bedienperson hörbar machen können, um daraus Informationen über den Bohrvorgang abzuleiten. 35
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzband der Einrichtungen zum Filtern bei einem unterirdisch angeordneten Motor 20 bis 200 Hz umfaßt. 40
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzband der Einrichtungen zum Filtern bei einem oberirdisch angeordneten Motor 10 bis 100 Hz umfaßt. 45

3. Vorrichtungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzband der Einrichtungen zum Filtern bei einem oberirdisch angeordneten Motor 10 bis 100 Hz umfaßt. 5
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie unabhängige Einrichtungen zur Batteriespeisung des Fühlers und der Verarbeitungsschaltungen (40 bis 49) aufweist. 10
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Filtern durch identische Hochpaßaktivfilterzellen (32a bis 32d) zweiten Grades gebildet werden, welche selektiv mit identischen Tiefpaßaktivfilterzellen (31a bis 31d) zweiten Grades in Reihe geschaltet werden, um die Grenzfrequenzen des Frequenzbandes zu bilden. 15
20
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochpaß- und Tiefpaßfilterzellen jeweils durch einen Rotationskontakt (490, 491) in Reihe geschaltet sind. 25
7. Verwendung der Vorrichtung in einem Bohrvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es darin besteht, 30
- das durch einen Beschleunigungsmesser abgegebene Signal zu filtern, um das in dem Frequenzband 10 bis 200 Hz enthaltene Spektrum zu erhalten,
 - dieses gefilterte Signal zu hören, um daraus Informationen über den Bohrvorgang abzuleiten, 35
 - die aus dem vorhergehenden Schritt abgeleiteten notwendigen korrigierenden Maßnahmen vorzunehmen. 40

45

50

55



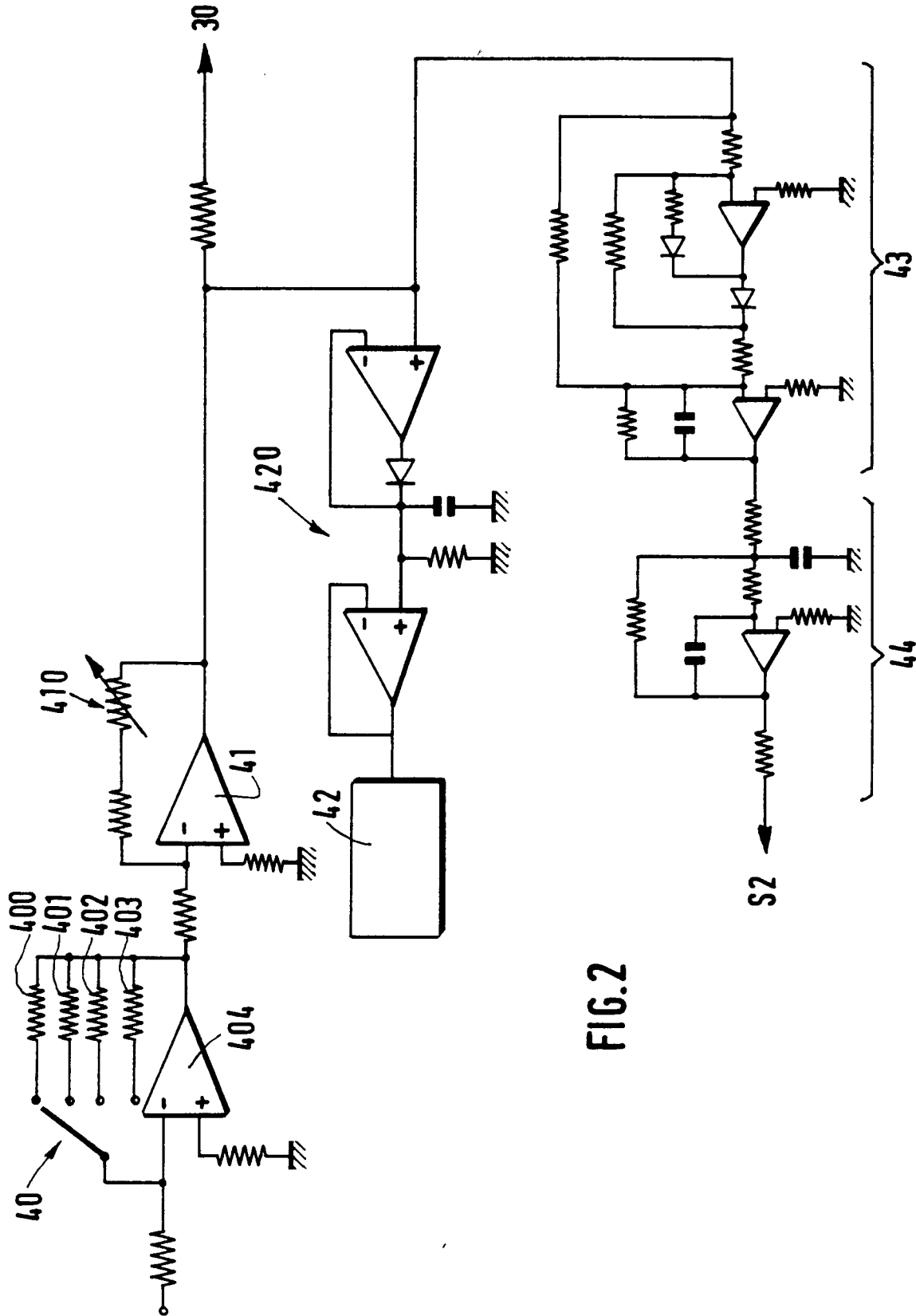


FIG. 2

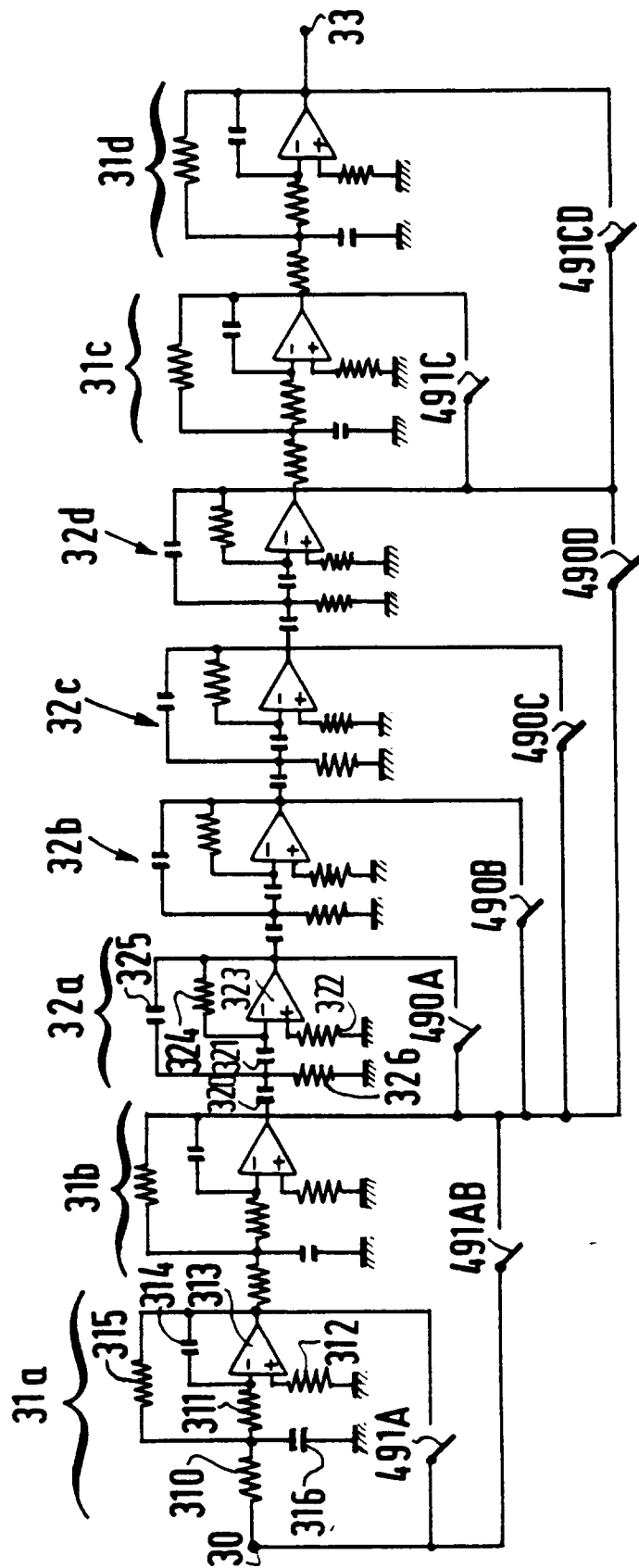


FIG. 3

