(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 287 405**
B1

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet: **31.10.90**

(51) Int. Cl.[5]: **B08B 3/10**, B08B 9/02, E03F 9/00

(21) Numéro de dépôt: **88400506.7**

(22) Date de dépôt: **03.03.88**

(54) **Procédé et dispositif de débouchage à distance d'une tuyauterie remplie de liquide.**

(30) Priorité: **04.03.87 FR 8702933**

(43) Date de publication de la demande:
19.10.88 Bulletin 88/42

(45) Mention de la délivrance du brevet:
31.10.90 Bulletin 90/44

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

(56) Documents cités:
CH-A- 567 887
DE-A- 3 018 872
DE-C- 893 595
GB-A- 686 842
US-A- 2 351 163

(73) Titulaire: **COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES (COGEMA), 2, rue Paul Dautier B.P. 4, F-78141 Velizy-Villacoublay Cédex(FR)**

(72) Inventeur: **Simon, Jacques, Hameau Mauger Les Moitiers d'Allonne, F-50270 Barneville(FR)**

(74) Mandataire: **Mongrédien, André et al, c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris(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).

EP 0 287 405 B1

Description

L'invention concerne un procédé permettant de déboucher à distance une tuyauterie remplie de liquide, ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Dans de nombreuses installations industrielles, notamment dans les industries chimiques et nucléaires, on trouve des tuyauteries dans lesquelles circulent des liquides contenant des particules solides. Ces particules créent des dépôts sur les parois des tuyauteries et conduisent fréquemment à la formation de bouchons.

Lorsque le bouchon se forme dans une partie accessible de la tuyauterie, la désagrégation de ce bouchon peut se faire en introduisant dans la tuyauterie un organe mécanique généralement appelé furet. Cependant, cette technique n'est pas utilisable lorsque le bouchon est formé dans une partie inaccessible. De plus, dans l'industrie nucléaire, elle n'est pas satisfaisante car elle conduit à un contact direct entre l'organe de débouchage et les produits généralement radioactifs contenus dans la tuyauterie.

Une autre technique de débouchage connue consiste à mettre sous pression la partie bouchée de la tuyauterie, en raccordant celle-ci directement sur l'orifice de refoulement d'une pompe d'épreuve. Si cette technique ne présente pas les inconvénients du débouchage mécanique, elle conduit parfois à l'inverse du résultat recherché. En effet, dans certains cas, la mise sous pression de la tuyauterie a pour effet de tasser le bouchon, ce qui rend son débouchage par les méthodes connues pratiquement impossible.

La présente invention a précisément pour objet un procédé nouveau permettant de déboucher à distance une tuyauterie remplie de liquide, quel que soit l'endroit où s'est formé le bouchon et sans aucun risque de tasser celui-ci.

A cet effet et conformément à l'invention, il est proposé un procédé de débouchage à distance d'une tuyauterie remplie de liquide, caractérisé en ce qu'on applique à une extrémité de la tuyauterie des ondes de pression longitudinales riches en harmoniques, à une fréquence d'excitation f_e égale à la fréquence propre (harmonique 1) du mode incompressible du système liquide-tuyauterie, après avoir réglé la complianace de ce système de telle sorte que l'harmonique n de cette fréquence soit à la fréquence propre (harmonique 1) du mode compressible du système, n étant un entier au moins égal à 1.

De préférence, les ondes de pression utilisées sont formées par des trains d'impulsions riches en harmoniques, périodiques et de basse fréquence (de préférence inférieure à 20 Hz).

On règle alors la compliance du système de telle sorte que l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode incompressible ait un harmonique de fréquence égale à la fréquence de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode compressible.

Dans ce cas, on ajuste le rapport entre la durée I d'une impulsion et sa période T à une valeur pour laquelle le coefficient de l'harmonique 1, 2 ou 3 du développement en série de Fourier du train d'impulsions est maximum.

L'invention a également pour objet un dispositif permettant de mettre en oeuvre le procédé de débouchage à distance tel qu'il vient d'être défini.

Selon l'invention, ce dispositif comprend un vérin de débouchage dont une chambre peut être raccordée sur la tuyauterie, ce vérin comportant un piston animé d'un mouvement de va et vient qui lui est communiqué par un vérin moteur, par l'intermédiaire d'une liaison mécanique, ce mouvement ayant pour effet d'engendrer dans le système des ondes de pression, le vérin moteur étant alimenté par une source de pression hydraulique, par l'intermédiaire d'une servo-valve commandée par un régulateur sensible aux signaux de sortie délivrés par au moins un capteur lié au vérin moteur et à des signaux d'entrée délivrés par un générateur de signaux, pour donner aux ondes de pression dans la chambre du vérin de débouchage la forme d'ondes riches en harmoniques.

Afin de permettre le réglage de la compliance de la tuyauterie, ce dispositif comprend de plus un dispositif à compliance réglable communiquant avec la chambre du vérin de débouchage.

Selon un autre aspect de l'invention, afin d'éviter tout risque d'éclatement ou de rupture de la tuyauterie, des moyens de sécurité sont prévus pour couper l'alimentation du vérin moteur lorsqu'un détecteur sensible à la pression régnant dans la chambre du vérin de débouchage détecte la montée de cette pression au-dessus d'un seuil de pression déterminé, ainsi que lorsque la fréquence des ondes de pression, mesurée par le générateur de signaux, dépasse un seuil de fréquence déterminé.

Un mode de réalisation préféré de l'invention va maintenant être décrit à titre d'exemple nullement limitatif en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue représentant de façon schématique un dispositif de débouchage à distance conforme à l'invention, raccordé sur une tuyauterie à déboucher, les liaisons mécaniques d'appui n'étant pas représentées ;
- la figure 2 représente l'évolution de la pression P_2 au droit du bouchon formé dans la tuyauterie, en fonction de la fréquence d'excitation f du train d'impulsions ;
- la figure 3 représente l'évolution des fréquences propres f_p, désignées respectivement par f_i et f_c pour les modes incompressible et compressible du système, en fonction de la fréquence d'excitation f, l'évolution de la fréquence propre f_i du mode incompressible étant représentée pour trois valeurs X_1, X_2 et X_3 de la compliance de la capacité à compliance réglable du dispositif de la figure 1 ; et
- la figure 4 représente un exemple de train d'impulsions utilisable, c'est-à-dire l'évolution de l'amplitude de ce train d'impulsions en fonction du temps ;

Sur la figure 1, on a représenté une tuyauterie 10

remplie de liquide 12 et dans laquelle s'est formé un bouchon 14 que l'on désire éliminer.

A cet effet, on raccorde à l'extrémité de la tuyauterie 10 un dispositif de débouchage distance désigné de façon générale par la référence 16. Conformément à l'invention, ce dispositif 16 est conçu pour appliquer à l'extrémité de la tuyauterie des ondes de pression longitudinales riches en harmoniques.

Ce dispositif 16 comprend un vérin de débouchage 18 composé d'un piston 20 reçu de façon coulissante dans un cylindre 22, à l'intérieur duquel il définit une chambre 24. Le cylindre 22 est pourvu de moyens de raccordement de type classique (non représentés) par lesquels l'extrémité de la tuyauterie 10 communique directement avec la chambre 24.

Le vérin de débouchage 18 est muni d'une capacité à compliance réglable 28 communiquant avec la chambre 24 par une tuyauterie 30. A l'intérieur de la capacité 28, le liquide admis par la tuyauterie 30 est au contact d'une membrane élastique 32. Un ressort de compression 34 est interposé entre la face opposée de la membrane 32 et le fond de la capacité. Le diamètre intérieur de cette capacité et le ressort peuvent être modifiés. De cette manière, on peut régler la compliance du système formé par la tuyauterie 10 remplie de liquide 12. Le liquide 12 est donc présent à la fois dans la chambre 24, la capacité 28 sous la membrane 32 et la tuyauterie 10.

Le dispositif de débouchage 16 comprend de plus un vérin moteur 36 commandant le vérin de débouchage 18.

Plus précisément, le vérin moteur 36 est un vérin double effet classique, composé d'un piston 38 reçu de façon coulissante dans un cylindre 40 à l'intérieur duquel il définit une chambre avant 42 et une chambre arrière 44.

Une liaison mécanique, constituée dans l'exemple représenté par une tige rigide 46, relie les pistons 20 et 38 des vérins 18 et 36, qui sont à cet effet axialement alignés. Les pistons 20 et 38 sont ainsi solidarisés à distance, de sorte qu'ils se déplacent conjointement.

Les chambres avant 42 et arrière 44 du vérin moteur 36 communiquent alternativement par l'intermédiaire de deux tuyauteries 48, 50 avec une source de pression hydraulique. Cette source de pression est constituée par un groupe hydraulique classique 52.

L'alimentation en fluide sous pression des chambres 42 ou 44 du vérin moteur 36 s'effectue par l'intermédiaire d'une servo-valve 54. Cette servo-valve 54 est commandée par un régulateur 56 sensible aux signaux délivrés par un ou plusieurs capteurs 58 associés au vérin moteur 36.

Les capteurs 58 comprennent par exemple un capteur mesurant le déplacement du piston 38 du vérin moteur 36 et un capteur mesurant la pression dans les deux chambres 42 et 44 de ce vérin.

Le régulateur 56 compare les signaux délivrés par les capteurs 58 à des signaux de commande émis par un générateur électronique d'impulsions 60, ces derniers signaux étant représentatifs de la forme du train d'impulsions à obtenir, afin de commander l'ouverture et la fermeture de la servo-valve 52 de la manière souhaitée.

Conformément à l'invention et pour des raisons qui apparaîtront plus clairement dans la suite de la description, on excite le vérin moteur 36, donc le vérin de débouchage 18, par des ondes de pression riches en harmoniques, constituées en pratique par des trains d'impulsions.

La sécurité de fonctionnement est assurée par un capteur de pression 62, sensible à la pression régnant dans la chambre 24 du vérin de débouchage 18 pour émettre un signal d'arrêt lorsque cette pression atteint ou dépasse un seuil déterminé. De même, le générateur d'impulsions 60 comprend un dispositif de mesure de la fréquence des impulsions, émettant également un signal d'arrêt lorsque la fréquence excède un seuil donné. Lorsque sont atteints l'un ou l'autre, ou les deux seuils de pression et de fréquence préréglés, le générateur 60 envoie un signal coupant l'alimentation du vérin moteur 36. Ainsi, tout éclatement ou rupture intempestifs sont évités.

Des mesures expérimentales ont permis, en faisant varier la fréquence d'excitation f de manière monotone de 0 à 15 Hz, de relever les variations de la pression P_2 au niveau du bouchon 14. Le graphe correspondant est représenté sur la figure 2.

Ce graphe présente deux maxima correspondant à des pics de résonance dont les fréquences sont désignées respectivement par f_i et f_c sur la figure 2.

L'analyse théorique de ce résultat montre que la fréquence propre f_i la plus basse relevée sur le graphe de la figure 2 correspond un mode incompressible des ondes de compression longitudinales appliquées à la colonne de liquide 12. Suivant ce mode, le liquide 12 se comporte comme un milieu incompressible, c'est-à-dire que la colonne de liquide est indéformable. La pression selon ce mode est donc la même en tout point de la colonne.

Le deuxième pic de résonance du graphe de la figure 2, qui correspond à la fréquence propre f_c, est un mode compressible dans lequel le liquide 12 contenu dans la tuyauterie 10 se comporte comme un milieu compressible. Dans ce mode, la colonne de liquide est déformable et la pression varie tout le long de la tuyauterie.

En réalité, l'expérience montre qu'il existe des couplages entre les modes compressible et incompressible. En effet, si en statique la pression est identique en tous les points de la colonne liquide, dès les basses fréquences de l'ordre de 1 Hz, les effets de la compressibilité se font sentir et l'on conçoit que ces effets sont d'autant plus grands que la fréquence d'excitation f est plus élevée. Comme la compressibilité introduit une élasticité supplémentaire, les fréquences propres du mode incompressible f_i et du mode compressible f_c ont toutes deux tendance à décroître avec la fréquence d'excitation f.

Cette analyse théorique est confirmée par la figure 3 qui représente les variations des fréquences propres f_p en fonction de la fréquence d'excitation f. Plus précisément, cette figure représente les variations de la fréquence propre f_i du mode incompressible et de la fréquence propre f_c du mode compressible, en fonction de la fréquence d'excitation f.

Ce graphe peut être obtenu expérimentalement à l'aide d'un analyseur de spectre, au moyen duquel on effectue un balayage en fréquence, par exemple de 0 à 15 Hz. On stocke alors dans la mémoire de l'analyseur un certain nombre de spectres successifs. A partir des valeurs ainsi mises en mémoire, on peut connaître l'évolution des différents harmoniques des fréquences propres f_i et f_c. Des graphes ainsi trouvés, on déduit immédiatement les fréquences propres recherchées.

Lorsque la fréquence f_i ou f_c est égale à la fréquence f de l'excitation ou à la fréquence de l'un de ses harmoniques, il y a amplification du mouvement du liquide à l'intérieur de la tuyauterie. On est alors à la résonance. Cette circonstance se produit à l'intersection des graphes f_i et f_c avec les droites d_1 de pente 1, d_2 de pente 2, etc... sur la figure 3.

En conséquence, les fréquences de résonance relatives à l'harmonique 1 sont les fréquences des points K et L sur la figure 3 et les fréquences de résonance relatives à l'harmonique 2 sont les fréquences des points M et N.

D'autre part, la fréquence propre f_i du mode incompressible est assimilable à un système à masse-ressort. Cette fréquence propre f_i est donc donnée par la relation

$$f_i = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

dans laquelle m correspond à la mass du liquide en mouvement, k étant la raideur, qui dépend à la fois du tarage de la capacité compliante 28 du dispositif et des caractéristiques élastiques du liquide 12 telles que son module volumique. Le réglage du tarage de la capacité 28 permet donc de faire varier à volonté la fréquence f_i du mode incompressible.

Cette caractéristique est également illustrée par la figure 3 sur laquelle sont représentés trois graphes différents de l'évolution de la fréquence f_i en fonction de la fréquence d'excitation f, ces trois graphes correspondant à trois valeurs différentes de la compliance X de la capacité compliante 28. Ces trois valeurs sont désignées par les références X_1, X_2 et X_3 sur la figure 3.

Comme on l'a représenté en trait plein sur la figure 3, il existe donc une valeur X_2 de la compliance de la capacité 28, pour laquelle, le système étant excité à la fréquence f_e égale à la fréquence de résonance du mode incompressible du système liquide 12-tuyauterie 10, l'harmonique 2 de cette fréquence a pour fréquence la fréquence de résonance du mode compressible. La résonance du mode incompressible est obtenue au point K de la figure 3, celle du mode compressible au point N de la même figure. En excitant la colonne de liquide à cette fréquence particulière, désignée par f_e sur la figure 3, des ondes de pression efficaces peuvent être obtenues.

En outre, ces effets d'amplification sont obtenus à une fréquence d'excitation f_e relativement basse et notamment inférieure à la fréquence d'excitation de l'harmonique 1 correspondant à la résonance du mode compressible (fréquence du point L sur la figure 3). Cette solution présente l'avantage de réduire les problèmes de tenue mécanique de la tuyauterie qui s'aggravent lorsque la fréquence augmente.

L'invention n'est toutefois pas limitée à la superposition de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode incompressible et de l'harmonique 2 de la fréquence de résonance du mode compressible illustrée sur la figure 3. Ainsi, un effet comparable, bien que d'efficacité plus limitée, serait obtenu en réglant la compliance X de la capacité 28 sur la figure 1 de telle sorte que la fréquence des harmoniques 1 ou 3 de la fréquence de résonance du mode incompressible soit égale à la fréquence de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode compressible.

Par ailleurs, il est clair que l'effet recherché varie dans le même sens que la richesse en harmoniques des ondes de pression longitudinales. C'est pourquoi le dispositif de débouchage 16 selon l'invention est conçu pour créer un train d'impulsions riche en harmoniques.

Dans ce mode de réalisation préféré de l'invention selon lequel l'excitation de la colonne de liquide contenue dans la tuyauterie à déboucher est obtenue en créant dans le dispositif 16 de la figure 1 un train d'impulsions adéquat, la décomposition en série de Fourier de ce train d'impulsions montre que l'importance des différents harmoniques varie selon la valeur du rapport entre la durée I de chaque impulsion et la période T du train d'impulsions (figure 4). Selon un aspect intéressant de l'invention, on choisira de préférence ce rapport I/T afin que l'harmonique n de la fréquence de résonance du mode incompressible qui se trouve superposé à l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode compressible soit aussi prépondérant que possible.

A titre d'exemple, le cas représenté sur la figure 2 (n=2) conduit, pour un train d'impulsions rectangulaire, à choisir le rapport I/T dans l'intervalle compris entre 0,20 et 0,30 ou compris entre 0,7 et 0,8.

Au contraire, dans le cas où n=3 et toujours pour un train d'impulsions rectangulaires, le rapport I/T est choisi de préférence dans l'intervalle compris entre 0,45 et 0,55 ou à défaut entre 0,12 et 0,22 ou 0,78 et 0,88.

Revendications

1. Procédé de débouchage à distance d'une tuyauterie (10) remplie de liquide (12), caractérisé en ce qu'on applique à une extrémité de la tuyauterie des ondes de pression longitudinales riches en harmoniques, à une fréquence d'excitation f_e égale à la fréquence de résonance de l'harmonique 1 d'un mode incompressible du système formé par la tuyauterie remplie de liquide, après avoir réglé la compliance de ce système de telle sorte que l'harmonique n de cette fréquence d'excitation f_e à soit la fréquence de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance d'un mode compressible du système, n étant un entire au moins égal à 1.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on applique à l'extrémité de la tuyauterie

(10) des ondes de pression formées par un train d'impulsions riches en harmoniques.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on règle la compliance du système de telle sorte que l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode incompressible ait un harmonique 1 de fréquence égale à la fréquence de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode compressible et en ce qu'on ajuste le rapport entre la durée I d'une impulsion et la période T des ondes de pression à une valeur pour laquelle le coefficient de l'harmonique 1 du développement en série de Fourier du train d'impulsions est maximum.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on règle la compliance du système de telle sorte que l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode incompressible ait un harmonique 2 de fréquence égale à la fréquence de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode compressible et en ce qu'on ajuste le rapport entre la durée I d'une impulsion et la période T des ondes de pression à une valeur pour laquelle le coefficient de l'harmonique 2 du développement en série de Fourier du train d'impulsions est maximum.

5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on règle la compliance du système de telle sorte que l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode incompressible ait un harmonique 3 de fréquence égale à la fréquence de l'harmonique 1 de la fréquence de résonance du mode compressible et en ce qu'on ajuste le rapport entre la durée I d'une impulsion et la période T des ondes de pression à une valeur pour laquelle le coefficient de l'harmonique 3 du développement en série de Fourier du train d'impulsions est maximum.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la fréquence d'excitation à la résonance f est inférieure à 20 Hz.

7. Dispositif pour le débouchage distance d'une tuyauterie (10) remplie de liquide (12) selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ce dispositif (16) comprend un vérin de débouchage (18) dont une chambre (24) peut être raccordée sur la tuyauterie (10), ce vérin comportant un piston (20) animé d'un mouvement de va et vient qui lui est communiqué par un vérin moteur (36), par l'intermédiaire d'une liaison mécanique (46), ce mouvement ayant pour effet d'engendrer dans le système des ondes de pression, le vérin moteur (36) étant alimenté par une source de pression hydraulique (52), par l'intermédiaire d'une servovalve (54) commandée par un régulateur (56) sensible aux signaux de sortie délivrés par au moins un capteur (58) lié au vérin moteur (36) et à des signaux d'entrée délivrés par un générateur de signaux (60), pour donner aux ondes de pression dans la chambre (24) du vérin de débouchage (18) la forme d'ondes riches en harmoniques.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend de plus un dispositif (28) à compliance réglable communiquant avec la chambre (24) du vérin de débouchage (18).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que le régulateur (56) est sensible aux signaux de sortie délivrés par un capteur de pression et un capteur de déplacement du piston (38) du vérin moteur (36).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que des moyens de sécurité sont prévus pour couper l'alimentation du vérin moteur (36) lorsqu'un détecteur (62) sensible à la pression régnant dans la chambre (24) du vérin de débouchage (18) détecte la montée de cette pression au-dessus d'un seuil de pression déterminé, ainsi que lorsque la fréquence des ondes de pression, mesurée par le générateur de signaux (60), dépasse un seuil de fréquence déterminé.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le détecteur sensible à la pression est un capteur de pression (62).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beseitigung von Verstopfungen durch Fernbedeinung in mit Flüssigkeit (12) gefüllten Rohrleitungen (10), dadurch gekennzeichnet, daß man an ein Ende der Rohrleitungen longitudilale Druckwellen, die reich an Harmonischen sind, mit einer Anregungsfrequenz f_e anlegt, die gleich der Resonanzfrequenz der Harmonischen 1 eines inkompressiblen Modus des Systems aus mit Flüssigkeit gefüllten Rohrleitungen ist, nachdem man die Steifigkeit dieses Systems so eingeregelt hat, daß die Harmonische n dieser Anregungsfrequenz f_e bei der Frequenz der Harmonischen 1 der Resonanzfrequenz eines kompressiblen Modus des Systems liegt, wobei n eine ganze Zahl größer gleich 1 ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man an das Ende der Rohrleitungen (10) Druckwellen anlegt, die von einer Folge von an Harmonischen reichen Pulsen gebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die Steifigkeit des Systems so regelt, daß dle Harmonische 1 der Resonanzfrequenz des inkompressiblen Modus eine Harmonische 1 mit einer Frequenz gleich der Frequenz der Harmonischen 1 der Resonanzfrequenz des kompressiblen Modus hat, und daß man das Verhältnis zwischen der Dauer 1 eines Pulses und der Periode T der Druckwellen auf einen Wert einregelt, für den der Koeffizient der Harmonischen 1 der Fourierreihnentwicklung der Impulsreihe maximal ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die Steifigkeit des Systems so regelt, daß die Harmonische 1 der Resonanzfrequenz des Inkompressiblen Modus eine Harmonische 2 mit einer Frequenz gleich der Frequenz der Harmonischen 1 der Resonanzfrequenz des kompressibien Modus hat, und daß man das Verhältnis zwischen der Dauer 1 eines Pulses und der Periode T der Druckwellen auf einen Wert einregelt, für den der Koeffizient der Harmonischen 2 der Fourierreihenentwicklung der Impulsreihe maximal ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die Steifigkeit des Systems so regelt, daß die Harmonische 1 der Resonanzfrequenz des inkompressiblen Modus elne Harmonische 3 mit einer Frequenz gleich der Frequenz der Harmonischen 1 der Resonanzfrequenz des kompressiblen

Modus hat, und daß man das Verhältnis zwischen der Dauer 1 eines Pulses und der Periode T der Druckwellen auf einen Wert einregelt, für den der Koefflzient der Harmonischen 3 der Fourierreihenentwicklung der Impulsreihe maximal ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungsfrequenz bei der Resonanz f unter 20 Hz liegt.

7. Vorrichtung zur Beseitigung von Verstopfungen durch Fernbedienung in mit Flüssigkeit (12) gefüllten Rohrleitungen (10) nach dem Verfahren entsprechend eines der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (16) einen Zylinder (18) zur Beseitigung von Verstopfungen umfaßt, von dem eine Kammer (24) mit den Rohrleitungen (10) verbunden sein kann, wobei dieser Zylinder einen Kolben (20) umfaßt, der in einer Hin-und-Her-Bewegung bewegt wird, die ihm durch einen Zylindermotor (36) über eine mechanische Verbindung (46) übertragen wird, wobei diese Bewegung zur Folge hat, in dem System Druckwellen zu erzeugen, wobei der Zylindermotor (36) durch eine hydraulische Druckquelle (52) über ein Servoventil (54) versorgt wird, das von einem Regler (56) gesteuert wird, der auf die von wenigstens einem mit dem Zylindermotor (36) verbunden Aufnehmer (58) erzeugten Ausgangssignale und auf von einem Signalgenerator (60) erzeugte Eingangssignale reagiert, um den Druckwellen in der Kammer (24) des Zylinders (18) zur Beseitigung von Verstopfungen die an Harmonischen reiche Form zu geben

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem eine regelbare Steifigkeitsvorrichtung (28) umfaßt, die mit der Kammer (24) des Zylinders (18) zur Beseitigung von Verstopfungen verbunden ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (56) auf die Ausgangssignale reagiert, die von einem Druckwandler und von einem Wandler für die Bewegung des Kolbens (38) des Zylindermotors (36) erzeugt werden.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Sicherheitvorrichtungen vorgesehen sind, um die Versorgung des Zylindermotors (36) zu unterbrechen, wenn ein auf den Druck in der Kammer des Zylinders (18) zur Beseitigung von Verstopfungen empfindlicher Detektor (62) den Anstieg dieses Drucks über eine vorgegebene Druckschwelle feststellt, und ebenso, wie wenn die Frequenz der Druckwellen, die von dem Signalgenerator (60) gemessen wird, eine bestimmte Frequenzschwelle übersteigt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der für den Druck empfindliche Detektor ein Druckwandler (62) ist.

Claims

1. Process for the remote clearing of a pipe (10) filled with liquid (12), characterized in that to one end of the pipe are applied harmonicrich longitudinal pressure waves at an exciting frequency f_e equal to the resonant frequency of the harmonic 1 of an incompressible mode of the system formed by the liquid-filled pipe, after having regulated the compliance of said system in such a way that the harmonic n of said exciting frequency f_e is at the frequency of harmonic 1 of the resonant frequency of a compressible mode of the system, n being an integer at least equal to 1.

2. Process according to claim 1, characterized in that pressure waves formed by a harmonic-rich pulse train are applied to the end of pipe (10).

3. Process according to claim 2, characterized in that the compliance of the system is regulated in such a way that the harmonic 1 of the resonant frequency of the incompressible mode has a harmonic 1 of frequency equal to the frequency of harmonic 1 of the resonant frequency of the compressible mode and in that the ratio between the duration I of a pulse and the period T of the pressure waves is adjusted to a value for which the coefficient of harmonic 1 of the development in the Fourier series of the pulse train is at a maximum.

4. Process according to claim 2, characterized in that the compliance of the system is regulated in such a way that the harmonic 1 of the resonant frequency of the incompressible mode has a harmonic 2 of frequency equal to the frequency of harmonic 1 of the resonant frequency of the compressible mode and in that the ratio between the duration I of a pulse and the period T of the pressure waves is adjusted to a value for which the coefficient of harmonic 2 of the development in the Fourier series of the pulse train is at a maxinum.

5. Process according to claim 2, characterized in that the compliance of the system is regulated in such a way that the harmonic 1 of the resonant frequency of the incompressible mode has a harmonic 3 of frequency equal to the frequency of harmonic 1 of the resonant frequency of the compressible mode and in that the ratio between the duration I of a pulse and the period T of the pressure waves is adjusted to a value for which the coefficient of harmonic 3 of the development in Fourier series of the pulse train is at a maximum.

6. Process according to any one of the claims 1 to 5, characterized in that the exciting frequency at resonance f is below 20 Hz.

7. Apparatus for remotely clearing a pipe (10) filled with liquid (12) according to the process of any one of the claim 1 to 6, characterized in that said apparatus (16) comprises a clearing jack (18), whereof one chamber (24) can be connected to the pipe (10), said jack having a piston (20) performing a reciprocating movement which is imparted thereto by a motor jack (36), via a mechanical link (46), said movement having the effect of producing pressure waves in the system, the motor jack (36) being supplied by a hydraulic pressure source (52), via a servovalve (54) controlled by a regulator (56) sensitive to the output signals supplied by at least one transducer (58) connected to the motor jack (36) and input signals supplied by a signal generator (60), in order to give the pressure waves in the chamber (24) of the clearing jack (18) the form of harmonic-rich waves.

8. Apparatus according to claim 7, characterized in that it also comprises a regulatable compliance device (28) comunicating with the chamber (24) of the clearing jack (18).

9. Apparatus according to either of the claims 7 and 8, characterized in that the regulator (56) is sensitive to the output signals supplied by a pressure transducer and a displacement transducer of the piston (38) of motor jack (36).

10. Apparatus according to any one of the claims 7 to 9, characterized in that security means are provided for cutting off the supply of motor jack (36) when a detector (62), which is sensitive to the pressure prevailing in chamber (24) of clearing jack (18), detects the rise of said pressure to above a given pressure threshold, as well as when the frequency of the pressure waves, measured by the signal generator (60), exceeds a given frequency threshold.

11. Apparatus according to claim 10, characterized in that the pressuresensitive detector is a pressure transducer (62).

FIG. 1

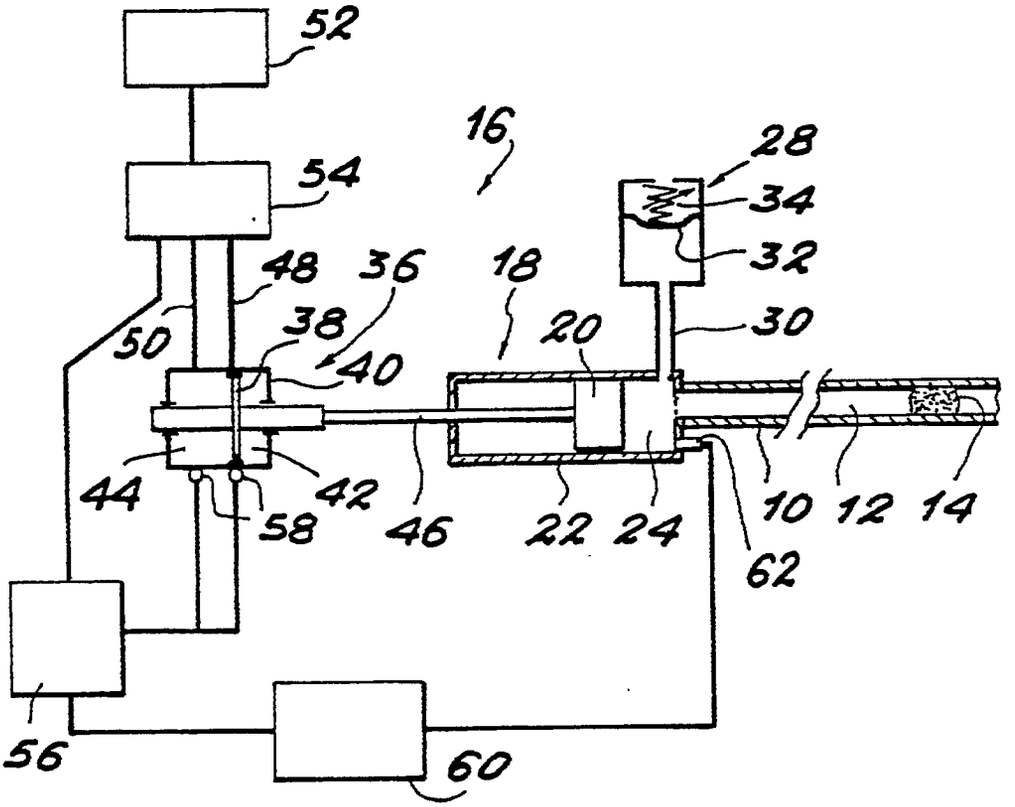

52
16
28
54
34
32
48
36
18
50
38
20
30
40
44
42
58
46
22
24
10
12
14
62
56
60

FIG. 2

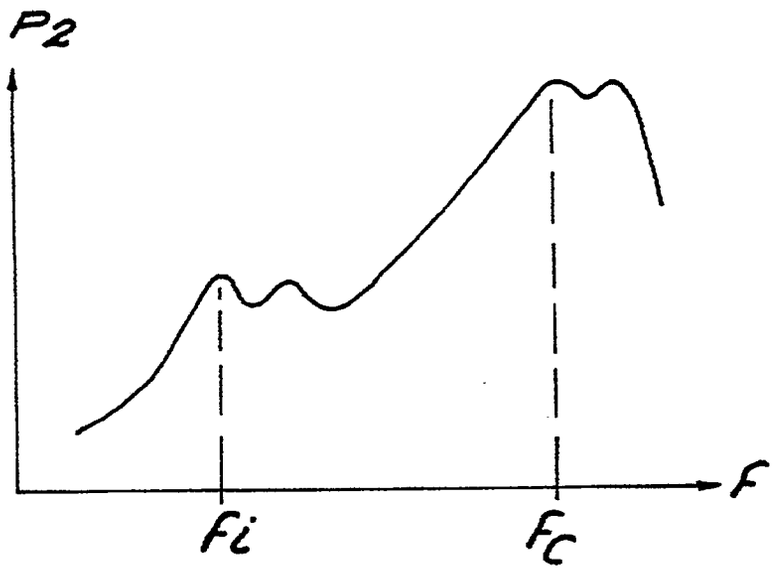

P2
f
fi
fc

FIG. 3

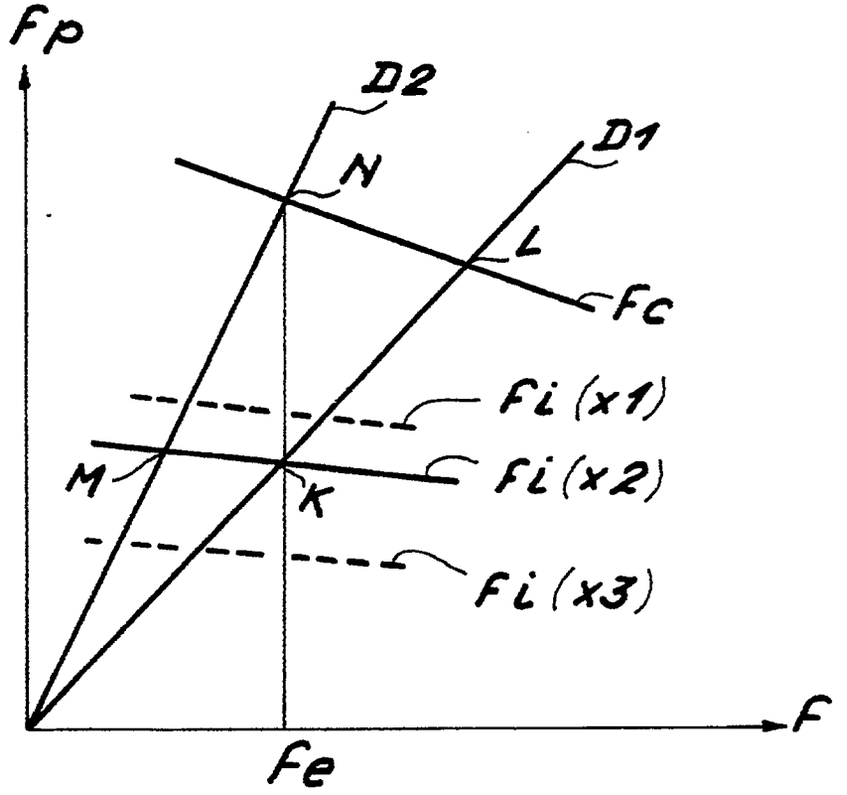


FIG. 4

