

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

E21B 44/00

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 91101054.8

[45]授权公告日 2000 年 2 月 23 日

[11]授权公告号 CN 1049718C

[22]申请日 1991.2.20 [24]颁证日 1999.12.3

[21]申请号 91101054.8

[30]优先权

[32]1990.2.20 [33]GB [31]9003759.9

[73]专利权人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

[72]发明人 罗伯特·尼古拉斯·沃莱尔

伊沃·彼特鲁斯·朱塞·玛丽娅·

斯塔利梅杰尔 朱汉·迪尔克·詹森

巴索罗姆斯·杰拉尔德斯·古斯维努斯

·范·瓦尔斯丁

[56]参考文献

SU1488448A 1989. 6.23 E21B44/00

SU909139 1982. 2.28 E21B44/00

US4206389 1980. 1. 3 H02P5/00

审查员 26 12

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

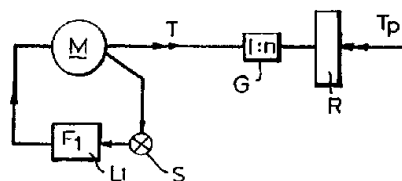
代理人 王以平

权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 控制钻孔设备振动的方法和系统

[57]摘要

控制钻孔设备振动的方法和系统,该设备包括一管状钻柱和相关联的驱动系统。将流经钻孔设备的能流定义为“截面”变量与“贯通”变量的乘积来对钻孔设备振动进行控制,对一变量的波动进行测定,通过调节另一变量对上述变量的波动作出响应来控制此能流。用于定义能流的合适变量是:电动驱动装置的电压乘以电流,液压驱动装置的压力乘以流量,转动驱动装置的转矩乘以角速度。从而形成廉价、耐用的控制钻柱振动的方法和系统。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种控制钻孔设备振动的方法,该设备包括延伸到地层内所成钻孔的一个细长体以及驱动该细长体的相应驱动系统,该方法的特征在于包括:当驱动系统驱动此细长体时对流经钻孔设备的能流进行控制,其能流可定义为截面变量和贯通变量的乘积,能流控制是通过测定其中至少一个变量的波动,并通过对至少一个变量所测得的波动进行响应来调节至少另一个变量而进行的。

2.权利要求1的方法,其中钻孔设备是一个包含着其上端与转动驱动装置相连的转动钻柱的钻柱组合,此钻柱组合内的扭转振动通过将转动驱动装置传往钻柱的能流保持在选定的极限值之间来得到阻尼。

3.权利要求2的方法,其中钻柱是由电动机驱动的,将电机电流选为所述贯通变量,将电动机电压选为所述截面变量,并且通过测定其中至少一个变量的波动,并对所测得的波动进行响应而至少使得另一个变量以预定方式产生波动,从而把电动机输出轴的能流维持在选定的极限值之间。

4.权利要求2的方法,其中钻柱由液压电动机驱动,将电动机的液体流量选为贯通变量,而将液压电动机内的液压选为截面变量。

5.权利要求2的方法,其中,将该钻柱组合转动部分中的转速选为截面变量,而将此转动部分所传送出的转矩选为贯通变量。

6.权利要求1的方法,其中,该细长体选自钻管的细长钻柱,

套管以及驱动柱塞式提升系的活塞杆，并且，钻柱内的纵向振动通过控制该钻柱的能流而得到控制。

7.权利要求6的方法，其中，钻柱包括一个轴向阻尼装置，将此阻尼装置加在钻柱上的力选为所述贯通变量，将部分钻柱的轴向速度选为所述的截面变量。

8.权利要求6的方法，其中，钻柱包括一个轴向液压阻尼装置，将通过此装置的液体流量选为所述的贯通变量，将此装置的液体压力选为所述的截面变量。

9.权利要求6的方法，其中，钻柱由绕在电动机驱动的绞盘车上的钢索悬挂着，将电动机供电电压选为所述的截面变量，将通过电动机的电流选为所述的贯通变量。

10.权利要求1的方法，其中，钻孔设备包括一管式钻柱，流经此钻柱的液体是由泵抽吸来的，对于泵产生的压力脉冲而导致的管式钻柱内的液体振动可以通过选择此钻柱内液体流量为贯通变量，钻柱内的液体压力为截面变量而进行阻尼。

11.一个控制钻孔设备振动的系统，该设备包括延伸到地层内所成钻孔的一个细长体以及驱动该细长体的相关驱动系统，所述控制振动的系统的特征在于包括：当驱动系统驱动此细长体时对流经钻孔设备的能流进行控制的装置，其能流可定义为截面变量与贯通变量的乘积，所述能流控制装置包括测定其中至少一个变量的波动的装置，以及对该至少一个变量所测得的波动作出响应来调节至少另一个变量的装置。

12.权利要求11的系统，其中，钻孔设备包括一个由电动机驱动的转动钻柱，所述截面变量为电动机电压，所述贯通变量为电

电动机电流；并且，控制通过此钻孔设备的能流的装置包括一反馈回路，其输入端用以接收代表电动机电压波动的电信号，其输出端传送出代表着电动机电流调节的电信号，以对所测得的电动机电压波动作出响应。

13.权利要求 11 的系统，其中，钻孔设备包括电动机驱动的转动钻柱，所述截面变量为电动机电压，所述的贯通变量为电动机电流，并且，控制流经此钻孔设备的能流的装置包括一反馈回路，其输入端用以接收代表电动机电流波动的电信号，其输出端传送出代表着电动机电压调节的电信号以对所测得的电动机电流波动作出响应。

14.权利要求 11 的系统，其中，钻孔设备包括一个由功率驱动装置供电的电动机所驱动的转动钻柱，所述截面变量为电动机电压，所述贯通变量为电动机电流，并且，控制流经此钻孔设备的能流的装置包括：一反馈回路，其输入端用以接收代表电动机电压波动的电信号，其输出端传送出代表电动机电流调节的电信号以对所测得的电动机电压波动作出响应；具有两个输入端的第一个乘法器，其第一输入端连向此反馈回路的输出端，其第二输入端用来接收代表电动机电压的电信号；具有两个输入端的第二个乘法器，其第一输入端用来接收代表电动机电流的电信号，其第二输入端用来接收代表电动机电压的电信号；运算放大器，其第一输入端连向第一乘法器的输出端，其第二输入端连向第二乘法器的输出端，其输出端则连向功率驱动器的输入端。

说明书

控制钻孔设备振动的方法和系统

本发明涉及控制钻孔设备振动的方法和系统，该设备包括一管状钻柱和相关联的驱动系统。

在钻井及石油生产运行时，钻孔设备会出现多种振动。如果该设备包括一转动着的钻柱，则沿钻孔管壁的钻柱的交变滑动粘附运动，钻头与岩石相互作用力的波动以及泥浆泵在钻液中发生的压力脉动会引起扭转振动及纵向振动。

在多种情况中，要求阻尼这些振动以减小对设备的冲击负荷；但在某些情况中，会要求增大这些冲击负荷，例如，造成共振撞击使受粘附钻管变得自由。

在阻尼或增大钻孔设备的振动技术方面已知有多种设想。

美国专利 4,535,972 公开了一种借助联结在钻柱移动式滑轮及其顶部之间的液压缸来控制钻柱垂直运动的系统。虽然该已知系统的设计把钻头上的重量保持在要求限值以内，但它不是按反馈可控的阻尼器那样运行的。

Rogaland 研究所的 G.W.Halsay 等于 1988 年 10 月在美国、休斯敦举行的 SPE 年会上宣读了一篇题为“用来处理滑动粘附运动的反馈转矩”的论文（SPE18049），该论文描叙了一种根据转动平台的转矩的测量来适应钻柱组合的转动驱动装置的转速值的系统。该已知系统能实现与测得的转矩负值成正比的转速修

正。

然而，在实际钻探操作中，转动平台的扭矩测量既不方便又易出故障，因为它包括了诸如应变仪这种对振动和冲击负荷敏感的设备。

SU - 1488448 公开了一种控制延伸至钻孔内的钻柱的振动的方法。该方法包括测量钻柱振动水平、对于空载运行所要求的扭矩、转矩和轴向载荷的静态分量、钻头的钻进速度和旋转速度。从测量结果确定驱动装置的刚性和时间常数。这种已知方法的一个缺点是由于必须测量大量参数，每个被测参数都有一定的测量误差，所以精度相当低。

本发明的一个目的是提供一种改进的控制钻柱振动的方法，该方法廉价、耐用，克服了现有技术的缺点。

本发明提供了一种控制钻孔设备中钻柱振动的方法，该设备包括延伸到地层内所成钻孔中的一个细长体，以及驱动该细长体的相关驱动系统。本发明的方法，包括当该驱动系统驱动此细长体时对流经钻孔设备的能流进行控制，其能流可定义为截面变量和贯通变量的乘积，能流控制是通过测定其中至少一个变量的波动并响应对该至少一个变量的所测波动来调节至少另一个变量而进行的。

根据本发明的方法是基于这种理解：即物理系统的振动可以表示成通过该系统的能流的变量，并且此能流总能够利用两个变量来表示，诸如电压乘电流，压力乘流量，线速度乘力，转矩乘角速度，或者，概言之，“截面变量”乘“贯通变量”。

可以观察到，上述 SPE 论文中公开的系统响应所测得的转矩

变动来改变转动平台的角速度，但是，该已知系统并没有公开，通过控制转矩与角速度乘积，换言之，控制能流来改变角速度的方法。

根据本发明的见解，钻孔设备中各种振动可以用一种精确方式加以控制。一种控制着通过钻孔设备的能流的有效方法包括对通过该驱动系统的能流的控制，此处，所谓通过该驱动系统的能流可以定义为上述截面变量和贯通变量的乘积。

例如，倘若该钻孔设备是一个包括其上端与转动驱动装置相连的转动钻柱的钻柱组合，则在此钻柱组合内的扭转振动可以通过将转动驱动装置传往钻柱的能流保持在选定的极限值之间而得到阻尼。换言之，将通过钻柱向上传播的振动传到转动驱动装置并进而传到它的动力供应源，而不是使其反射回钻柱的上端。

如果钻柱是由电动机驱动的，则可将电机电流选为贯通变量，而将电机电压选为截面变量。

如果钻柱是由液压马达驱动，则可将液压马达的流量选为贯通变量，而将马达的液压选为截面变量。

对于利用任何一类电动的，液压的或机械的转动驱动装置，都可把上述钻柱组合的转动部分角速度选为截面变量，而把由转动驱动装置所发出的转矩选定为贯通变量，同时，可使穿过此钻柱组合的能流保持在选定的极限值之间，其方法是测定角速度的波动，并响应测得的（角）速度波动而使转动驱动装置所产生的转矩发生变化。

按照本发明，控制着钻孔设备中的振动的系统（该设备包括延伸到地层内所成钻孔的一个细长体以及驱动此细长体的相关驱

动系统)。包括当该驱动系统驱动此细长体时对流经该钻孔设备的能流进行控制的装置,其能流可定义成截面变量与贯通变量的乘积,该能流控制装置包括测定其中至少一个变量的波动的装置,以及对该至少一个变量的所测变量的波动作出响应来调节至少另一个变量的装置。

以下,参照附图对本发明作更加详尽的描述,其中:

图1是一转动钻柱组合的示意图,它装备有一个本发明的旨在控制扭转振动的系统;

图2表示图1所示系统所用的电路图;

图3示意地给出了一个转动钻柱组合,它装备有本发明另一个旨在控制扭转振动的系统的实施例;

图4表示出用于图3所示系统的电路图;

图5给出了用于按照本发明的系统的电路图的细节;

图6示出了本发明另一个旨在控制扭转振动的实施例。

图1示意地给出了一转动钻柱的驱动装置,该装置包括具有转动惯量 J_t 的旋转平台 R ,具有齿轮传动比 $1:n$ 的齿轮箱 G 以及具有转动惯量 J_r 的并激电动机 M ,此电动机备有按本发明的振动控制系统。

此控制系统包括一个将实际转速 Ω 与额定转速 Ω_r 作比较的减法器 S ,一个使用电动机电压 V 的波动作为输入截面变量的反馈回路 $L1$,并且,此系统以这样方式控制着电动机电流 I ,即,使得电动机产生的转矩 T 以预定的方式响应电动机转速 Ω 的波动而变化,以便控制通过钻柱的能流,使其保持在选定的极限值之间。

上述并激电动机的特性是 T 正比于 I ，并且 Ω 正比于 V 。

在图 1 中， T_p 代表钻管的扭矩。

在图 1 的有效阻尼系统中，测得的截面变量 V 和受控的贯通变量 I 之间的关系，即它们的乘积 $V \cdot I$ 保持在选定的极限值之间，是借助某一反馈函数来定义的。此反馈函数强烈地影响着系统的阻尼量。使用合适的反馈函数可以将系统的阻尼特性最优化。此反馈函数可以由以下的计算程序推导出来。

驱动系统的转矩阻抗 Z 可以定义成电动机转轴的转矩 T 与电动机所产生的转速 Ω 的比值：

$$Z = \frac{T}{\Omega} \quad (1)$$

如果利用一复反馈函数 $F_1(\beta) = -T/\Omega$ 使电动机提供的转矩 T 依赖于角速度 Ω ，则此电动机转轴的转矩阻抗为

$$Z = -F_1(\beta) \quad (2)$$

式中 β = 变量的变化频率。

按另一种方式，可以利用一复反馈函数 $F_2(\beta) = -\Omega/T$ 使角速度 Ω 依赖于转矩 T 。

转动平台的阻抗为

$$Z_{rt} = i\beta J_t + n^2 (i\beta J_r + Z) \quad (3)$$

式中 i = 虚数单位 $\sqrt{-1}$ ， n 为齿轮箱 G 的齿轮传动比。

此转动平台的等价转动惯量 J_t' 定义成：

$$J_t' = J_t + n^2 J_r \quad (4)$$

由式 (2) - (4) 可得

$$Z_{rt} = i \beta J t' - n^2 F_1(\beta) \quad (5)$$

为了对扭转振动进行阻尼对 Z_{rt} 给出一预先选定值 α ，对所要求的反馈函数可得

$$F_1(\beta) = (-\alpha + i \beta J t') / n^2 \quad (6)$$

此函数就是振动趋于出现的频段所要求的反馈函数。在极其低的频率，特别是对速率的静态分量，希望驱动装置的性能如同常规的刚性驱动装置，即 α 必须变得很大，足以使钻机能缓慢地改变钻柱组合的转速而不会使此速率的静态分量变成依赖于转矩（转矩的静态分量）。这一点可以用以下量值取代上式 (6) 中的 α 来达到，该值为：

$$\frac{i \beta \sigma + 1}{i \beta \sigma} \alpha$$

式中 σ 是一时间常数。

如果频率趋于零，则此阻抗变成无穷大，或者在高频段，此阻抗趋于 α 。转换频率，即阻抗绝对值增至为 $\sqrt{2}$ 的频率位于

$$f = \frac{1}{2\pi\sigma}.$$

代入上述式 (6) 的阻抗表达式可得到新的反馈函数：

$$F_1(\beta) = \left(-\alpha - \frac{\alpha}{i \beta \sigma} + i \beta J t' \right) / n^2 \quad (7)$$

图 2 示出了一合适的电路，用于根据上述反馈函数 $F_1(\beta)$ 响应钻柱顶部所测得的角速度波动来改变电动机的电流 I 和电动机的转矩 T 。

图 2 的电路包括三个运算放大器 A_1 、 A_2 和 A_3 ，每个放大器各有第一输入端和第二输入端，两个电容 C_1 和 C_2 ，以及七个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 、 R_6 和 R_7 。此电路的输入端 1 通过 R_1 与 A_1 的第一输入端相连， A_1 的第一输入端通过 R_2 和 C_2 与 A_1 的输出端相连。 A_1 的输出端通过 R_3 与 A_2 的第一输入端相连。此电路的输入端 1 也通过 R_7 和 C_1 与 A_2 的第一输入端相连。此电路的输入端 1 也通过 R_7 和 C_1 与 A_2 的第一输入端相连， A_2 的第一输入端通过 R_4 与 A_2 的输出端相连。 A_2 的输出端通过 R_5 与 A_3 的第一输入端相连， A_3 的第一输入端通过 R_6 与 A_3 的输出端及该电路的输出端 2 相连。每个放大器的第二输入端均接地。

在正常使用图 2 所示的电路时，在该电路的输出端 2 输出一电动机电流反馈信号给电动机 M 以响应在电动机轴上的转速表输出信号的变化，该转速表输出信号正比于电动机电压，并由此电路的输入端 1 传送进来。

注意到受控变量以及测得的变量都是以电压表示的。这些电压起信息载体的作用，不要把它们与定义待进行控制的能流的变量相混淆。

图 3 示意地给出了一转动钻柱的驱动装置，该装置包括：具有一质量转动惯量 J_t' 的旋转平台 R ，具有齿轮传动比 $1:n$ 的齿轮箱 G 以及具有质量转动惯量 J_r' 的并激电动机 M ，此电动机备有本发明的振动控制系统。

此控制系统包括一个将实际的转速 Ω 与额定转动速 Ω_r 作比较的减法器 S ，一个使用测得的电动机电流 I （作为输入的贯通变量）的波动的反馈回路 L_2 ，并且此系统以这样方式控制着电动机电压 V ，使得乘积 $V \cdot I$ ，换言之，使通过电动机的电能流保持在选定的极限值之间。

测得的贯通变量 I 与受控的截面变量 V 之间的关系，即它们的乘积保持在选定的极限值之间，也是借助于某一反馈函数 F_2 来定义的， F_2 是 F_1 的倒数。

图4示出了一合适的电路，按照该反馈函数 F_2 ，响应测得的电动机电流 I 的波动而改变电动机的电压 V 。

图4的电路包括两个运算放大器 A_4 和 A_5 ，每个放大器各有一个第一输入端和一个第二输入端；两个电容 C_3 和 C_4 ；以及四个电阻 R_8 ， R_9 ， R_{10} 和 R_{11} 。该电路的输入端3通过 R_8 与 A_4 的第一输入端相连， A_4 的输出端连向该电路的输出端4，并通过 C_3 与 A_4 的第一输入端相连，也通过 R_{11} 与 A_5 的第一输入端相连， A_5 的第一输入端通过 C_4 和 R_{10} 与 A_5 的输出端相连， A_5 的输出端通过 R_9 与 A_4 的第一输入端相连。

在正常使用图4所示的电路时，在该电路的输出端4响应在该电路输入端3传送进来的、代表电动机电流变化的一个信号输出一电动机电压反馈信号给电动机 M 。此电动机电压反馈信号被传递到图3所示的减法器 S 。

如果驱动旋转平台的电机是一直流并激电动机，则在电动机电流和转矩之间有一简单的关系，在电动机电压与转速之间亦然。对于其他类型的电动机，诸如串激电动机或复激电动机，关

系变得更复杂些，原因是转矩和转速两者都是电动机电流和电动机电压的平方及它们交叉乘积的函数。

图 5 给出了一合适的电路，用来由电动机电流 I ，电动机电压 V 以及电动机转速 Ω 来确定电动机转矩 T 。该电路包括：一个具有第一输入端 8 及第二输入端 9 的乘法器 M_1 ；一个具有第一输入端 10 及第二输入端 11 的乘法器 M_2 ；以及运算放大器 A_6 。 M_1 的输出端连至 A_6 的第一输入端， M_2 的输出端连至 A_6 的第二输入端。 A_6 的输出端连至 M_2 的第一输入端。

在正常使用图 5 所示的电路时，把一个代表着电动机电压 V 的信号加到 M_1 的第一输入端 8，一个代表着电动机电流 I 的信号加到 M_1 的第二输入端 9，一个代表电动机转速 Ω 的信号加到 M_2 的第一输入端 10。该电路以下列方式进行自我调节：在放大器 A_6 的输出端可以得到一个代表转矩 T 的信号，因为 $V \cdot I = T \cdot \Omega$ 。

图 6 表示出了用于与上述其他类型电动机（如串激电动机或复激电动机）相联的一合适的控制系统。该控制系统包括：一个具有第一输入端 12 与第二输入端 13 的乘法器 M_3 ，一个具有第一输入端 14 与第二输入端 15 的乘法器 M_4 ，一个运算放大器 A_7 ，一个具有反馈函数 F_3 的反馈回路 L_3 ，一个功率驱动器 D 以及一个将实际电动机转速 Ω 与额定电动机转速 Ω_r 进行比较的减法器 S 。 M_3 的第一输入端 12 与 L_3 的输出端相连， M_3 的第二输入端 13 与电动机 M 转轴上的常规转速表（图上未表出）的输出端相连。 M_3 的输出连至 A_7 的输入端。 M_4 的第一输入端 14 连向 D 的第一输出端 16， M_4 的第二输入端 15 连向 D 的第二个输出端 17。 M_4 的输出端与 A_7 的另一个输入端相连。 A_7 的输出端连至功率驱动

器 D 的输入端 18。

在正常使用图 6 所示的控制系统时，由功率驱动器 D 在其输出端 16 传送出一代表着电动机电压的信号，功率驱动器 D 在其另一输出端 17 传送出一代表着电动机电流的信号。转速表把代表着电动机转速的信号传送到 M_3 的输入端 13。此系统以这样一种方式进行自我调节：在 M_3 的输入端 12 传送入一代表着电动机转矩的信号。参照图 2，利用该电路可以实现反馈函数 F_3 。

根据上面参照这些附图所作的说明可以清楚地了解，一实际系统的能流可以用一截面变量与一贯通变量的乘积来表示。对振动的有效阻尼要求根据对至少一个变量波动的测量来控制两个变量中的至少另一个。

以下的截面变量与贯通变量的组合特别适合用在本发明的系统来控制钻柱的扭转振动：

(1) 根据钻头和驱动装置（诸如钻管，转动平台，齿轮箱，驱动轴等）上的或处在它们之间的转动部分的角速度测量，对电动的、机械的或液压的转动驱动装置所传送出的转矩作出适配。

(2) 根据对流经电动机的电流测量，对电动转动驱动装置的供电电压进行适配，或反之。

(3) 根据对液压马达的流量测量，对液压转动驱动装置的压力进行适配，或反之。

可以看出，能用这样一种方法实现这些变量的适配：即有效的阻尼可以表现为转动驱动装置中的能流消耗的波动。另一种取得所要求适配的方法是，利用既能存贮又能够产生能量的附加装置。例如，将柴油机发生的转矩与转动平台相适配，可以借助于

反馈可控的电动机发电机组或通过差动方式与驱动器转轴相连的液压马达/蓄压器组来达到。

进而还可以看到，某一变量的波动可以通过测定一派生变量的波动而间接地测定出来。例如，测量位移或加速度便能够观察到速度的波动。

进一步还可以看到，某一变量的控制也可以间接地完成。例如，通过控制电动机的电流可以控制电动机传送出来的转矩。

上述对钻柱振动有效阻尼的概念可以推广到钻柱轴向振动包括进来。在钻探时以及套管脱钩或运行时，轴向振动的阻尼具有重要意义。对于轴向振动的阻尼，可以使用美国专利 US Patent 4,535,972 公开的系统，借助连结在移动式滑轮与钻管之间的液压缸来控制钻柱的垂直运动。利用升降补偿系统也可以有效地对轴向振动进行阻尼，该系统由一个液压系统所组成，后者是设计用来补偿支持着钻机的液压缸的垂直运动的。另一种用于有效阻尼的可能的液压装置由一个带有有效受控的可变延伸部分的钻柱的套筒式部分所组成。这种装置可以位于该钻柱的任一部分上，也就是可以高于地面也可在地下。而且，通过起重绞车的反馈可控的操作，可以获得钻柱轴向振动的有效阻尼。利用液压设备，该阻尼系统可以在闲置线路（dead line）紧急制动器上起作用，或者，绞盘车驱动装置或绞盘车制动装置上发挥作用。有效阻尼系统的概念也可以用到活塞杆的运行以及驱动柱塞式提升泵的活塞杆的使用上。

以下将描述用于这种有效轴向阻尼系统的反馈控制系统的可能的截面变量和贯通变量。

(1) 根据钻头和阻尼装置上的、或处于它们之间的任一钻柱部分的速度测量，对由阻尼装置（即液压缸，升降补偿系统，驱动绞盘车的电动机等）施加的力进行适配，或反之。

(2) 根据在液压阻尼装置中流量的测量，对该装置的压力进行适配，或反之。

(3) 根据流经电动机的电流的测量，对驱动绞盘车的电动机的供电电压进行适配。

有效阻尼系统的另一应用可以是用在对由泵产生的压力脉中的阻尼上。通过控制泵的驱动装置或者使用与诸如主动可控液压缸的流体系统相连的附加装置，便可以办到这点。这样，根据流体系统内的压力测量，通过对该系统内的流量进行适配，或反之，便能达到有效阻尼。

说明书附图

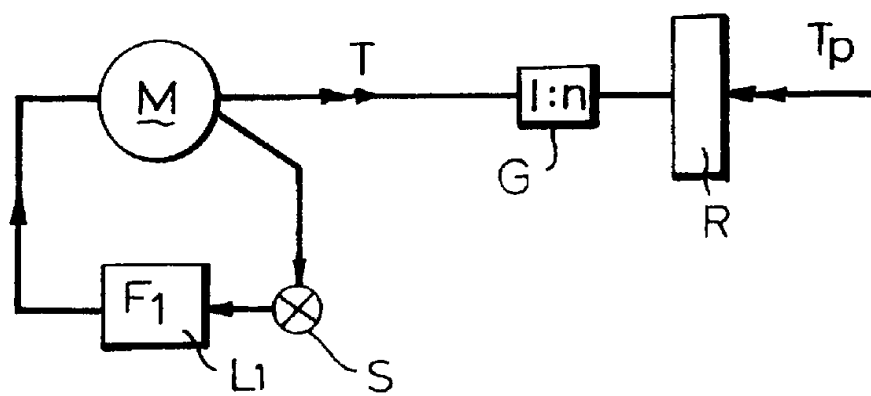


图. 1

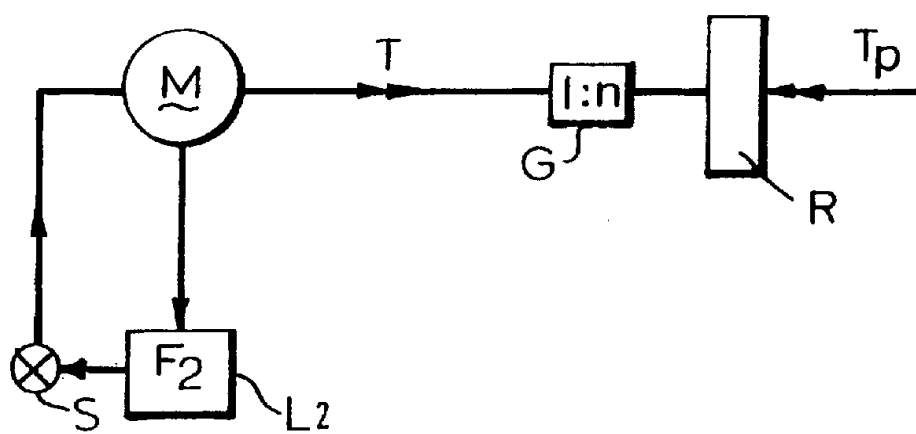
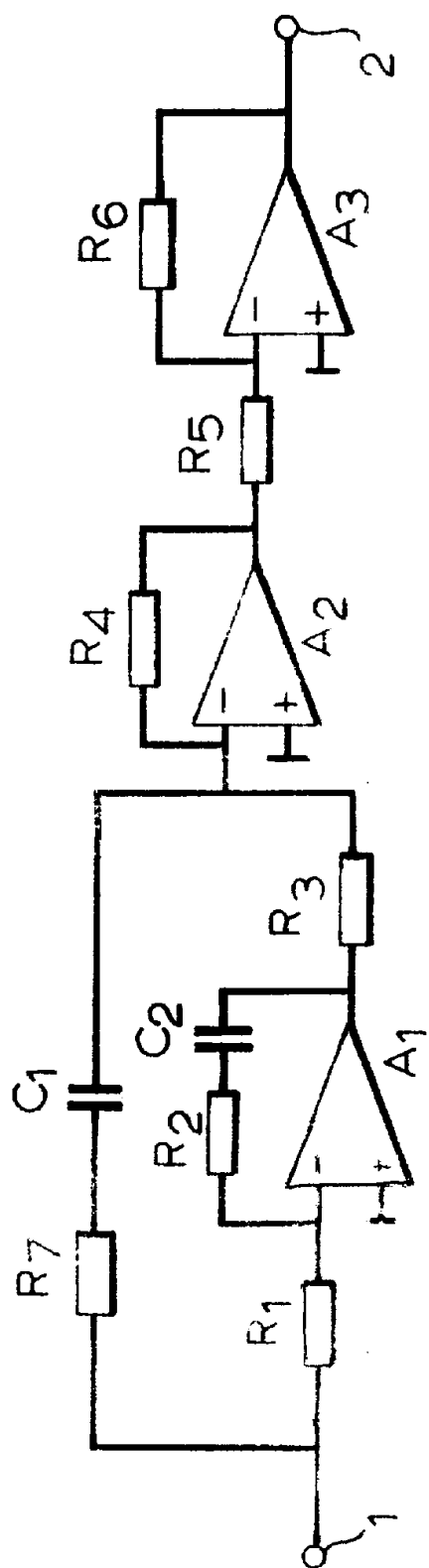


图. 3



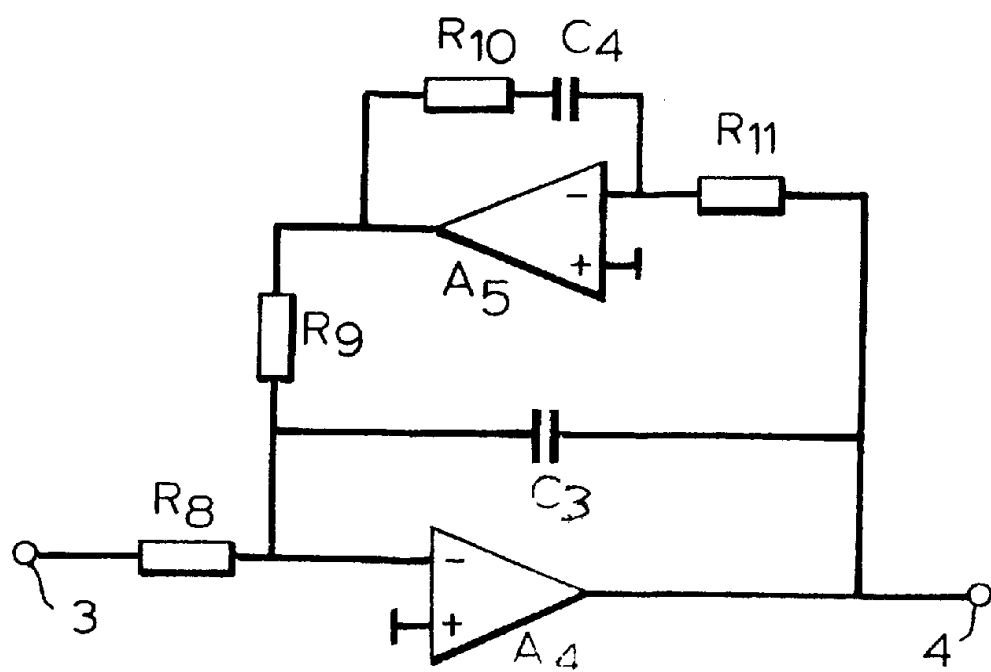


图 4

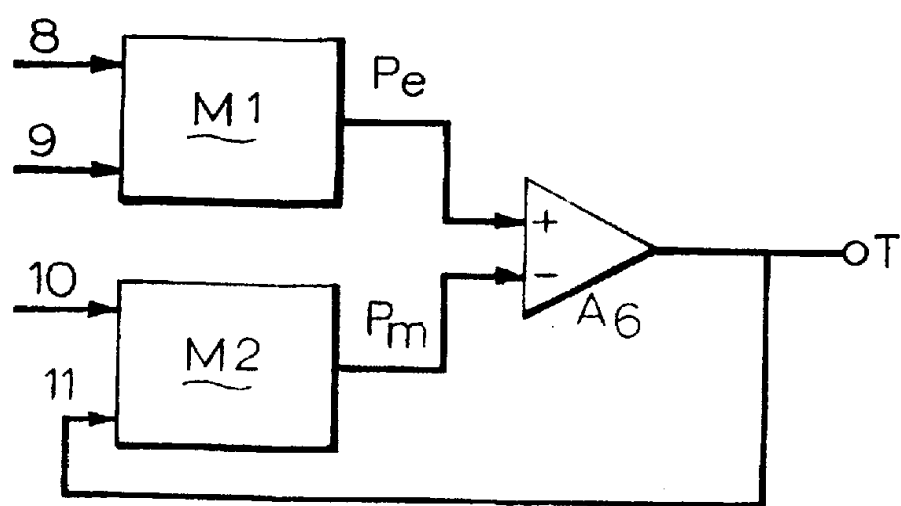


图 5

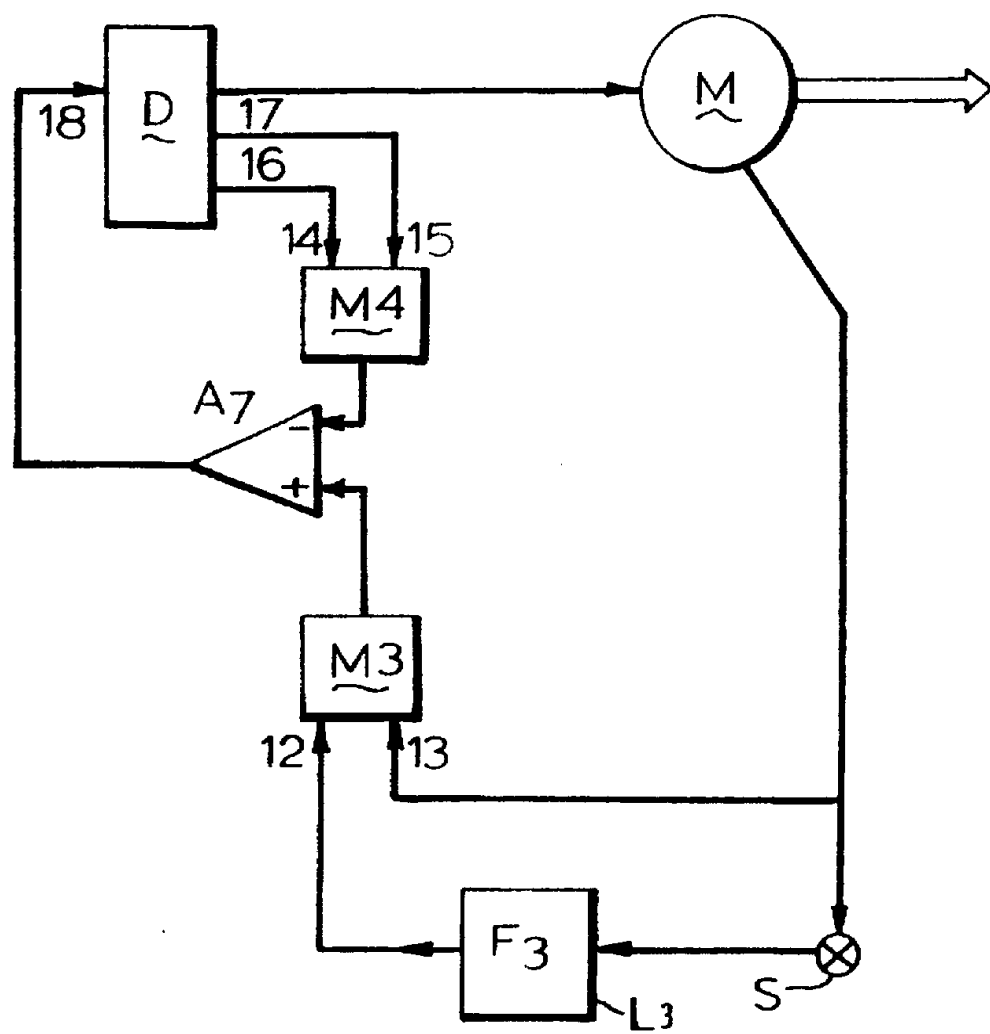


图 6