



# [12] 发明专利说明书

[21] 专利号 ZI 91 1 02393

[51]Int.Cl<sup>3</sup>

H01Q 3 / 34

[45]授权公告日 1993年5月19日

[24]颁证日 93.3.19

[21]申请号 91 1 02393.3

[22]申请日 91.4.13

[30]优先权

[32]90.4.14 [33]DE [31]P4012101.1

[32]90.5.4 [33]DE [31]P4014320.1

[73]专利权人 阿尔卡塔尔劳伦茨标准电器股份公司

地址 联邦德国斯图加特

[72]发明人 比德·库尔茨

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利代理部

代理人 邹光新

G01S 1 / 08

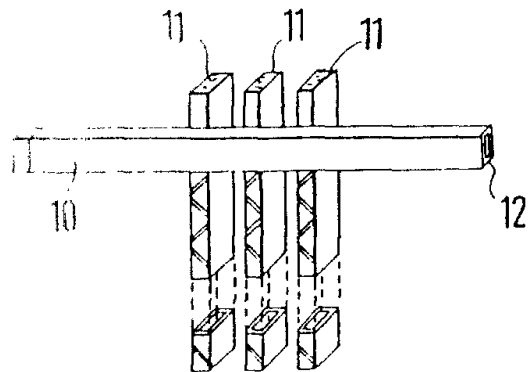
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 自动校正相控阵天线的方法和设备

[57]摘要

采用相控阵天线的着陆辅助系统必须细微予以校正。常规的方法是将探针插入到阵列天线的各个独立的辐射元。对于6比特移相器，此方法不够精确。按本发明所公开的方法和设备，阵列天线的口径照射可由集成波导的输出信号求取并将其与要求的口径照射进行比较。利用一个自适应控制系统对实际值和要求值之差进行迭代补偿。



437

# 权 利 要 求 书

1. 一种迭代法, 用来校正一个由移相器控制的阵列天线, 具体地说这种天线可用于: 微波着陆系统(MLS), 其中相应于阵列天线的远场的第一信号是由集成波导取得的, 而对其中相应天线的口径照射的第二信号进行积分变换, 其特征在于:

将第二信号与贮存在存贮装置的第三信号进行比较, 及产生一个相应于第二信号对第三信号偏差的差信号, 并将此差信号送到控制器, 而控制器的输出则作用于阵列天线相连的移相器上。

2. 如权利要求~~1~~所述的方法, 其特征在于:

第一、第二和第三信号均是离散信号。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法, 其特征在于:

口径照射是通过付氏变换(FFT)求取的。

4. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于:

控制器是一个微处理机。

5. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于:

控制器是一个个人计算机(PC)。

6. 用于校正由多个辐射元组成的相控阵天线的设备, 具体地说用于微波着陆系统(MLS)的设备, 所述辐射元通过电控制移~~器~~

相

相加有射频能量,上述设备包括一个集成波导和使用付氏变换方法将集成波导的输出信号转变成为阵列天线的口径照射的第一装置,其特征还在于还包括:

用于存储要求的口径照射存储装置,用来对要求的口径照射与阵列天线的口径照射进行比较的比较装置,及用来根据在要求的口径照射与天线的口径照射间的偏差对各电子移相器施加影响的控制装置。

7. 如权利要求 6 所述的设备,其特征还在于:

所述控制装置和比较装置是由微处理机实现的。

8. 如权利要求 6 所述的设备,其特征还在于:

控制和比较装置是由个人计算机实现的。

9. 用对来自一个集成监测波导(10)的复时变信号进行付氏变换来求取一相控阵天线的复口径照射的方法,其特征还在于采用下列步骤:

1. 零差检测集成监测波导输出信号的实部;

2. 通过希尔伯特变换计算上述同一信号的虚部。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征还在于采用离散希尔伯特变换。

11. 如权利要求 6 或 10 所述的方法,其特征还在于采用离散付氏变换。

12. 用于求取一个相控阵天线的复口径照射的设备,包括一个

集成监测波导(10),波导(10)的输出提供一个相应于天线辐射方向图的复第一信号,一个以载频  $f_0$  激励相控阵天线的射频信号源(33),一个将射频能量分配给辐射元的网络(14),用于将第一信号与第二信号相乘的装置,及一个置于相乘装置之后的低通滤波器,其特征在于:

第二信号的频率为  $f_0$ 。

13. 如权利要求 12 所述的设备,其特征在于:

在低通滤波器之后模拟一数字转换器(45)将低通滤波器的输出信号数字化。

14. 如权利要求 12 或 13 所述的设备,其特征在于:

在模拟一数字转换器之后的信号处理机(46)对模拟一数字转换器的输出信号实行希尔伯特变换。

自动校正相控阵天线的  
方法和设备

本发明涉及自动校正相控阵天线的方法和设备，具体地说，涉及用于微波着陆系统的阵列天线。

飞机着陆设备，具体说微波着陆系统，必需满足很严格的精度要求。为此，对所用天线必须予以很好的校正。无论是方位天线（A Z 天线）和俯仰天线（E L 天线）都应如此。美国专利 4, 520, 361 公开了一种校正具有 4 比特相位分辨力的相控阵 A E 天线，在该天线阵中，将探针插入到各个独立的波导辐射器中。然而业已发现，在具有 6 比特分辨力的相控阵天线中，借助探针进行测量的复验性并不使人满意。如果能知道天线口径的幅度和相位照射，则可更好地对天线进行校正。为了求得相控阵天线的口径照射，可采用集成监测波导。来自每个辐射元的信号分量在其发射前不久或在紧接着发射后通过耦合孔被耦合到一个集成监测波导。该监测波导的输出相应于对该天线的远场方向图的一级近似。远场方向图和天线口径照射之间有一付利叶变换关系。因此天线的复数口径照射可由集成监测波导的输出求得。常规是采用正交法（I/Q 变换器）进行此项工作的。在该方法中，本地振荡器的输出信号与集成监测波导的输出信号混频两次，其中一次是在本振输出信号被

移相 $0^\circ$ 之后而另一次则被移相 $90^\circ$ 之后进行混频的。移相 $0^\circ$ 后的混频得到集成监测波导输出信号的实部，而移相 $90^\circ$ 的混频得到虚部。继之对输出信号的实部和虚部进行付利叶变换可得到天线的口径照射。此方法的缺点是要使用两个混频器。本发明的目的是为了提供一种可复验地并具有符合安全标准的精度的校正相控阵天线的方法和设备。为达此目的，本发明采用如下的方法和设备。其方法是将第二信号与存贮在存贮器装置中的第三信号相比较，产生一个相应于第二信号与第三信号偏差的差信号并将其馈入到一控制器，其输出信号作用于与阵列天线相连的移相器；其设备有用来存贮要求的口径照射的存贮装置，有用于对要求的口径照射与阵列天线的口径照射进行比较的比较装置，及还有根据在要求的口径照射和天线的口径照射之间的偏差对电子移相器施加作用的控制装置。

本发明的方法和设备的优点之一是在工作期间仍可对天线进行校正。另一个优点是因为选择了希尔伯特(Hilber)变换来获取口径照射，因为只需要一个混频器，由此改进了有用信号的信号/噪声比。

下面参照附图来更详细地介绍本发明的实施例。

图1示出了带有一个集成监测波导的阵列天线的原理图；

图2示出了一个I/Q变换器；

图3示出了零差测量系统的基本设计；

图4示出了相控阵天线的监测设施；及

图5示出了用于校正一个相控阵天线的自动控制系统。

图 1 示出了一个相控阵天线的一部分。图中 1 1 表示为天线的辐射元。1 0 是集成监测波导，来自各辐射元的信号分量通过耦合孔耦合到此波导中。在集成监测波导中，各信号分量组合成为一个复时变信号。耦合到集成监测波导中的信号分量既可以是在发射前不久的信号分量（在方位天线情形时）也可以是在紧接在发射之后的信号分量（在俯仰天线情形时）。出现在集成监测波导 1 0 的输出端 1 2 的信号相应于天线远场方向图的一级近似。由于在天线口径照射和远场方向图之间的付利叶变换系统，因而可由集成监测波导的输出信号计算复口径照射。

为此，在先有技术的设备中，集成监测波导的输出信号用图 2 所示的方式进行处理。混频器 2 0 和 2 1 加有来自混合接头 2 2 和 2 3 的信号。混合接头 2 2 例如是一个 3 分贝  $0^\circ$  的混合接头，而混合接头 2 3 则是一个 3 分贝  $0^\circ$  的混合接头。混合接头 2 3 从其输入端 2 4 加上一个来自本地振荡器的信号。而混合接头 2 2 则由其输入端 2 5 加入集成监测波导的输出信号。图 2 6 和 2 7 表示射频端接负载，也称之为“射频吸收器”，用来以无反射的方式端接射频分量。混频器 2 0 的输出提供了加到输入端 2 5 的信号的实部，而混频器 2 1 的输出则提供了相应信号的虚部。上述电路称之为“ $I/Q$  变换器”，而将两个混频器的输出称之为“正交分量”。下一步，通过付氏变换可求得天线的口径照射。上述电路要求用两个混频器来分别表示集成监测波导的复输出信号。

图 3 示出了零差测量系统的基本配置。通过线 3 5 和 3 6 将信号加到混频器 3 0，混频器 3 0 的输出信号送至低通滤波器 3 1，

由此从输出端 3 7 得所需的信号。图中参考数字 3 2 表示一个发射元，其复传递函数要由所示的电路求取。射频发生器 3 3 的输出信号通过线 3 6 耦合到混频器 3 0。发生器 3 3 的输出也通过耦合器 3 4 耦合到发射元 3 2。这种配置的目的是为了在输出端 3 7 获得发射元的复传递函数的实部。假设在输入端 3 5 的信号幅度大大小于输入端 3 6 的信号幅度，即混频器 3 0 是工作于线性区，则有如下结果：

当信号  $\underline{A}_m$  和  $\underline{A}_R$  通过线 3 5 和 3 6 加到混频器后，在输出端 3 7 的电压  $U$  为

$$U \sim |\underline{A}_m(t)| \cos(\psi_m - \psi_R) \\ \sim |\underline{A}_m(t)| \cos(\Delta\alpha + \psi(t))$$

其中

$$\psi = \omega_0 t + \alpha_m + \phi(t) = \text{监测信号相位}$$

$$\psi = \omega_0 t + \alpha_R = \text{参考信号相位}$$

$$\phi(t) = \text{系统 3 2 总相位函数}$$

$$\Delta\alpha = \alpha_m - \alpha_R$$

如上所述，发射元 3 2 的复传递函数的实部可从输出端 3 7 得到。

复因果时间函数的频谱的实部和虚部由与一个所谓希尔伯特变换相关联。因此，只需测量该函数的实部即可，其虚部则可利用希尔伯特变换求得。

图 4 示出了微波着陆系统 (MLS) 的天线，该系统采用图 3 的零差拍测量法以获得天线口径照射。在图 4 中，与前图中相同的

数字表示同一单元。图 4 中包括如图 3 所示的混频器 3 0，低通滤波器 3 1，射频信号源 3 3 及耦合器 3 4。单元 4 0 是一个采用例如象在图 1 中的单元 1 0 那样的监测器。网络 4 1 将来自射频信号源 3 3 的电能通过移相器 4 2 分配给阵列天线的诸辐射元 4 3。

4 3' 代表全体辐射元和移相器。信号由辐射元耦合到集成监测波导 4 0。集成监测波导的输出被馈入到混频器 3 0，同时混频器 3 0 还经耦合器 3 4 被加上射频信号。在低通滤波器 3 1 的输出端可获得如描述图 3 时所述的电压  $U$ 。该电压  $U$  是集成监测波导 4 0 的输出信号的实部。在低通滤波器 3 1 的输出端产生的电压  $U$  利用取样-保持电路 4 4 和模-数转换器 4 5 实行数字化。于是，在模-数转换器 4 5 的输出端获得了一个时间离散数值信号。由此时间离散数值信号借助于信号处理器 4 6 通过离散希尔伯特变换可以计算出集成监测波导 4 0 的输出信号的虚部。在此操作后就得到了相控阵天线的整个复远场信号。然后，利用离散付氏变换 (DFT) 或快速付氏变换 (FFT) 可得到天线口径照射的反变换。

至于离散希尔伯特变换或离散付氏变换和快速付氏变换的实施，熟悉信号处理技术的人们可参阅到大量有关该课题的著作，例如可参阅题为“Quadrature Sampling With High Dynamic Range”一文 (IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-18, No. 4, November 1982, Pages 736 to 739)。

图 5 更详细地说明了图 4 中的相控阵天线是如何校正的。图 5 中与前述图中一样单元采用一样的参考数字。图 5 中方框 4 3 表示具有辐射元 4 3 的相控阵天线。在集成监测波导 4 0 的输出端出现

的信号 5 0 相当于天线的远场。在计算单元 4 6' 中，对信号 5 0 进行积分变换以获得天线的口径照射。计算装置 4 6' 的输出信号被送到控制器 5 1。经线 5 2 将用于移相器 4 2 进行相位设定的所需值送到综合点 5 3。经线 5 4 加到综合点 5 3 的控制器 5 1 的输出信号与该所需值相减。于是移相器被加上了在线 5 2 上的所需值与在线 5 4 上的控制器 5 1 的输出信号之差。上述计算装置 4 6'，控制器 5 1，综合点 5 3 及载送所需值 5 2 的线也可在信号处理器中，例如在图 4 的信号处理器中，制成软件。由此可见，图 5 中的自动控制系统与相控阵天线的各辐射元 4 3 相关联。为对天线进行校正，第一步要对口径照射的要求值和实际值进行比较。同时，由控制器产生修正值。如果此修正值还不能达到在要求值和实际值之间的完全一致，则改变控制参数（自适应控制系统）并重复上述过程。此过程一直到口径照射的要求值和实际值之差在预定允许范围内时才结束。在处理的过程中，监测信号的取样速率要高得使在重建的照射函数中的混淆效应小到可忽略，即要求取样速率比奈奎斯特速率足够高。

对集成监测波导进行希尔伯特变换可以求得口径照射。

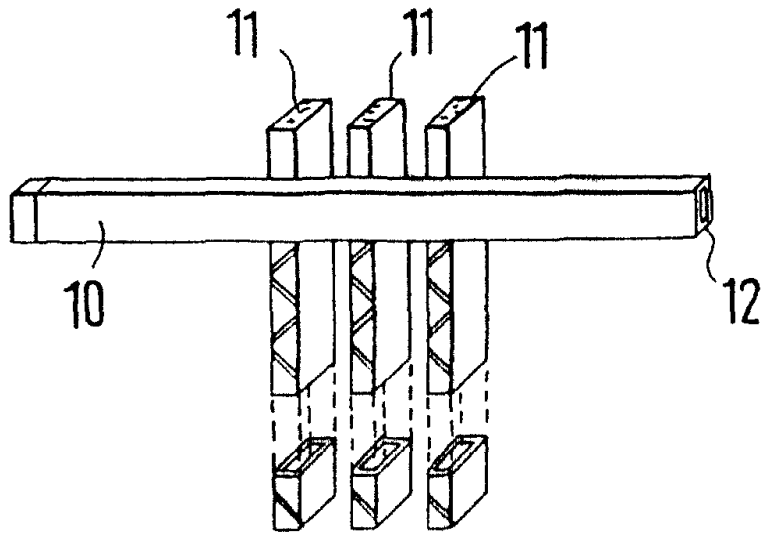


图. 1

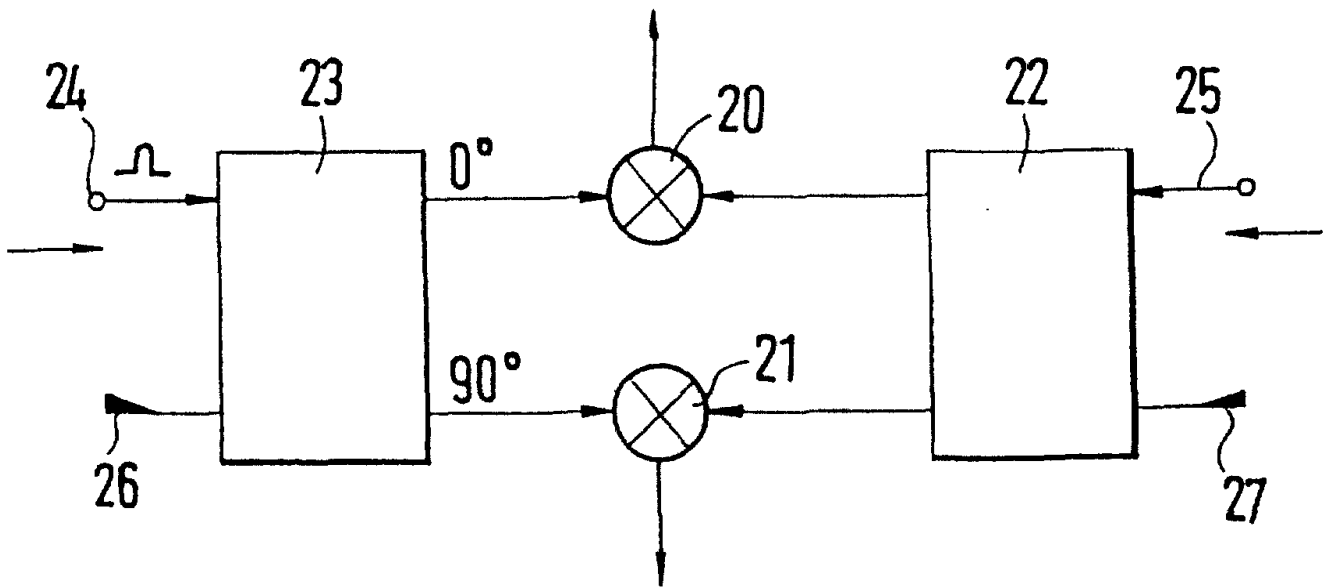


图. 2

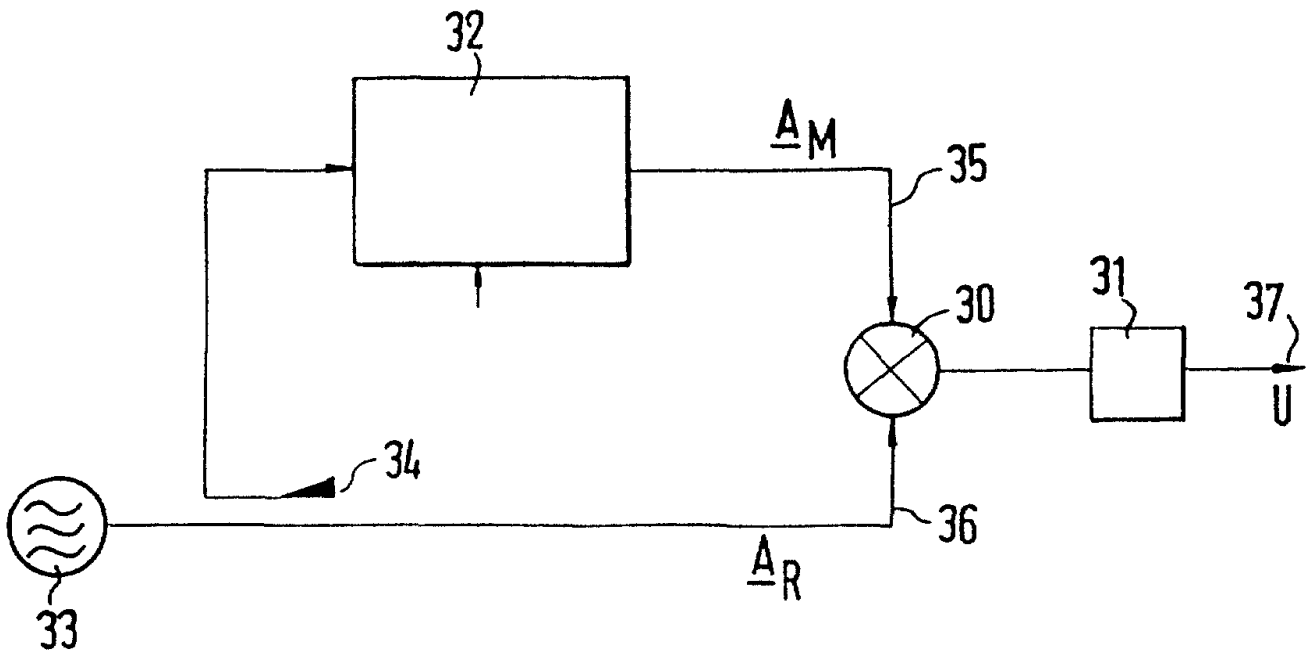


图. 3

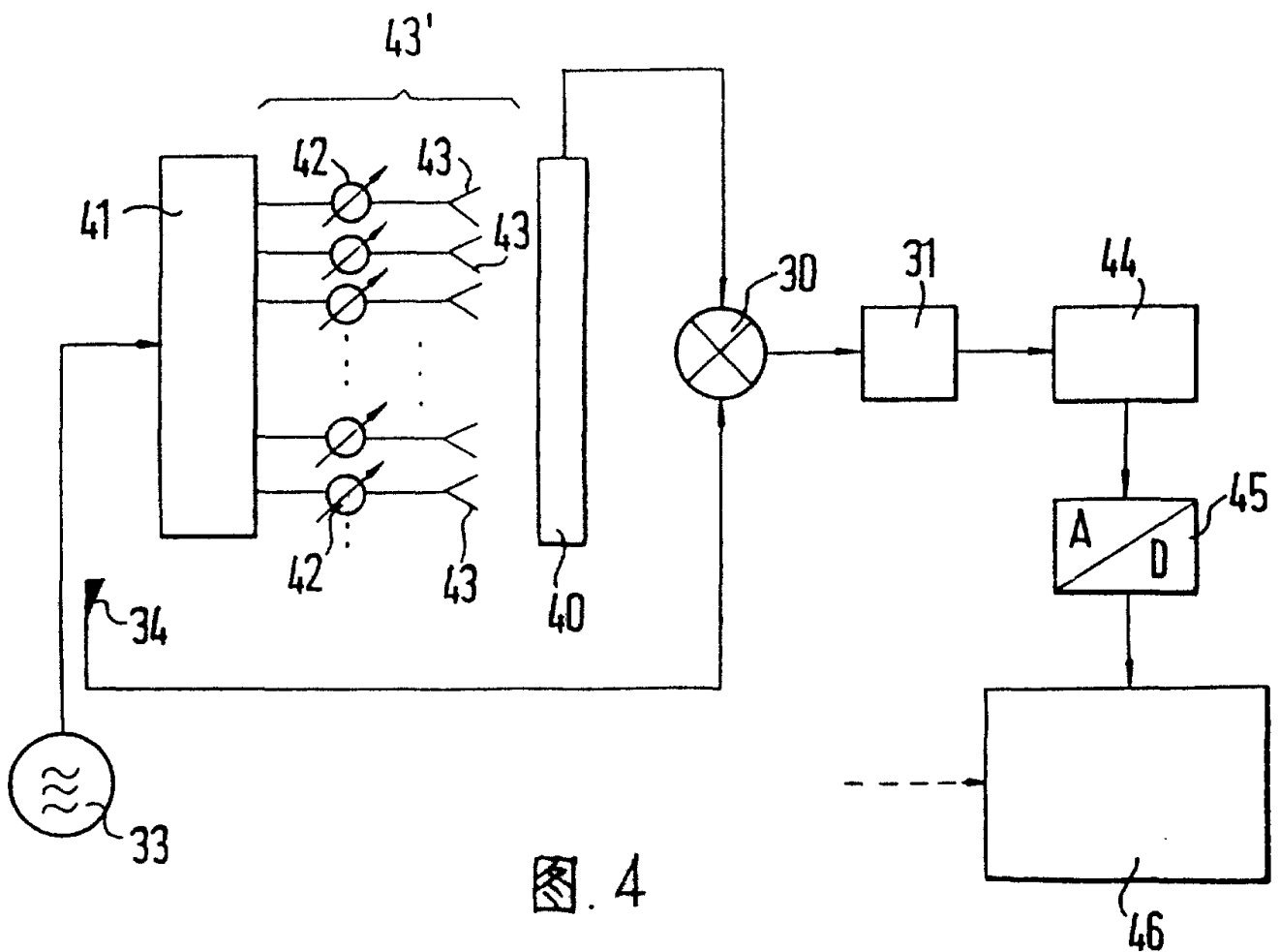


图. 4

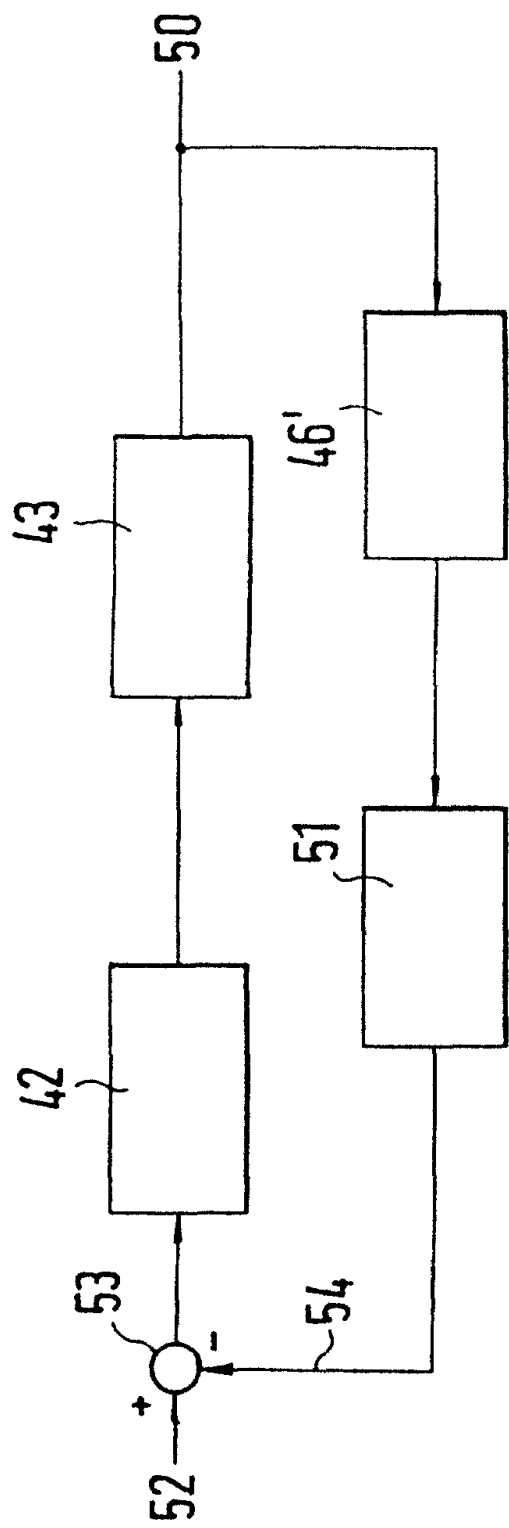


图.5