[19]中华人民共和国专利局

[11] 授权公告号 CN 1031425C

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92114689.2

[51]Int.Cl[6]
G01S 13/50

[45]授权公告日 1996 年 3 月 27 日

[24]颁证日 95.12.23
[21]申请号 92114689.2
[22]申请日 92.12.18
[30]优先权
[32]91.12.19[33]NL[31]9102125

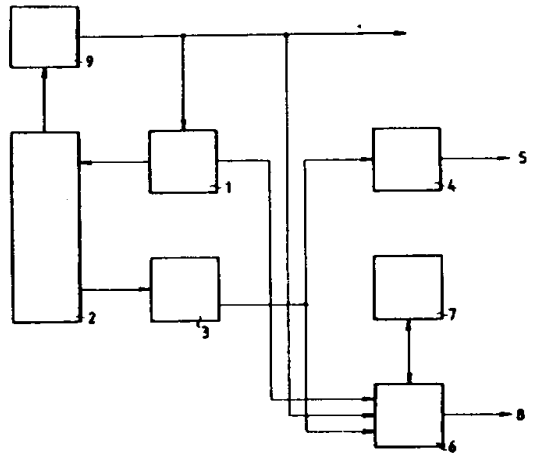
[73]专利权人 荷兰塞纳拉帕拉塔公司 地址 荷兰亨格洛
[72]发明人 威尔茨·詹·汉德里克·梅杰尔
彼德鲁斯·尼古拉斯·科尔奈利斯·努伊 G01S 7/02
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 姜 华

权利要求书 0.5 页 说明书 3.5 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 备有相干杂波图的雷达装置

[57]摘要

雷达装置设有发射装置（1）、转动天线装置（2）和接收装置（3），用以发射每个脉冲串并在视频处理器中处理雷达回波信号。视频处理器包括装有多普勒滤波组件如 FFT 处理器的活动目标检测单元（4）和备有相干杂波图的缓动目标检测单元（6），一个图对应于使用的每个雷达发射频率。相干杂波图也用于通过从雷达回波信号中减去存于杂波图中的相干杂波强度来降低加在活动目标检测单元（4）上的雷达回波信号的杂波强度。



权利要求书

1.雷达装置，包括天线装置、与该天线装置相连用以产生和发射脉冲的发射装置、与该天线装置相连用以按照每个发射脉冲接收雷达回波信号的接收装置，与该接收装置相连的视频处理器，其包含备有划分成距离-方位区格的杂波图的缓动目标检测单元，和用于将所接收的每一距离-方位区格的雷达回波信号与存储在所述杂波图中的相干杂波强度进行比较的比较电路；其特征在于所述天线装置设有方位值发生装置，用以与发射装置相连；所述发射装置用以以预定的天线方位值产生发射脉冲；并且所述杂波强度作为复合值存储，所述比较电路将所接收的复合雷达回波信号与复合杂波强度相比较。

2.如权利要求 1 所述雷达装置，其特征在于产生多组 N 个相干发射脉冲，使得一组脉冲基本上与一个方位区格相重合。

3.如权利要求 2 所述雷达装置，其特征在于控制装置能产生具有 M（M＝1、2、3…）个不同雷达频率的相继的成组信号。

4.如权利要求 3 所述雷达装置，其特征在于缓动目标检测装置备有 M 个相干杂波图，每个图在一对一的基础上加在每个雷达发射频率上。

5.如权利要求 4 所述雷达装置，其特征在于对于每个雷达发射频率，距离一方位区格内至少含有一个复合杂波强度和一个分散模量。

6.如权利要求 5 所述雷达装置，其特征在于视频处理器设有适用于读入、修改和存储杂波强度的第一滤波器，这种修改包括从先已存储的杂波强度来确定新的杂波强度来确定由一脉冲串产生的雷达回波信号的加权和。

7.如权利要求 6 所述雷达装置，其特征在于视频处理器设有适用于读入、修改和存储分散模量的第二滤波器，这种修改包括从先已存储的分散模量、杂波强度和由一脉冲串产生的雷达回波的加权和来确定新的分散模量。

8.如权利要求 6 或 7 所述雷达装置，其特征在于视频处理器包括设有多普勒滤波器组的活动目标检测单元，用以处理每一组雷达回波信号。

9.如权利要求 8 所述雷达装置，其特征在于第一滤波器和第二滤波器设有禁止输入端，与活动目标检测单元的输出端相连。

10.如权利要求 9 所述雷达装置，其特征在于视频处理器设有与活动目标检测单元的输入端相连的减法电路，以便用从杂波图得到的相干杂波信号来减低加在活动目标检测单元上的雷达回波。

本发明涉及一种雷达装置，该雷达装置包括天线装置，与天线装置相连用以产生并发射脉冲的发射装置，与天线装置相连用以接收所发射的每个脉冲的雷达回波信号的接收装置，与接收装置相连的视频处理器；该视频处理器包含一个备有划分成距离一方位区格的相干杂波图的缓动目标检测单元。

所谓缓动目标是指其径向速度如此之慢以致根据它们的速度无法与杂波分辨开来的目标。所谓相干杂波图是指杂波信息以代表复合杂波强度的复值形式存入其中的杂波图。

这种装置见于 1985 年 11 月加拿大渥太华通讯研究中心的 J.S.Bird 的报告“地面杂波中弱多普勒效应目标的检测”(“Low Doppler target detection in ground clutter”)。根据该报告，相干杂波图只有在用于诸如级扫相控阵天线之类的非活动天线时才会发挥作用。

本发明克服了这个缺点，并且特征在于天线装置可装设成能绕轴转动的形式。

这是基于这样一种发明思想，能够将发射装置设计成一次又一次扫描都严格地沿相同的方向进行雷达发射。为此，本发明的特征还在于天线装置设有可与发射装置相连的方位值发生装置。而其，其特征还在于发射装置设有方位值接收控制装置，用以按预定的方位值产生发射脉冲。

本发明的一个较佳实施例的特征在于能够产生多组 N 个相干发射脉冲，使得一组脉冲基本上与一个方位区格相重合。这可使雷达装置适合于采用装有多普勒滤波器组的活动目标检测单元，例如 FFT（快速付氏变换）单元。

本发明的另一个较佳实施例的特征在于控制装置可产生具有 M（M＝1、2、3…）个不同雷达频率的相继的成组脉冲。但是，这样就要求配有带有 M 个相干杂波图的缓动目标检测单元，每个图在一对一的基础上加在每个雷达发射频率上。

如果雷达装置包括装有多普勒滤波器组的活动

目标检测装置，包含在杂波图中的信息可以以全新的方式用来基本消除本行业所熟知的在相邻的滤波器中的零速滤波器的泄漏。本发明的特征还在于视频处理器装有与活动目标检测单元的输入端相连的减法电路，以求用取自杂波图的相干杂波信号来降低加在活动目标检测单元上的雷达回波。

本发明将参照下列附图作进一步说明，其中：

图 1A 表示相干杂波矢量 A 和分散模量 r 在复平面中的矢量表达；

图 1B 表示相干杂波矢量 A 加上目标矢量 B 在复平面中的矢量表达；

图 2 表示根据本发明所述的雷达装置的框图；

图 3 表示根据本发明所述缓动目标检测单元的框图；

图 4 表示根据本发明所述雷达装置的一个特定优选实施例的框图，相干杂波图也为活动目标检测单元所使用。

雷达装置通常是设计用于观察活动目标如飞机等。为此目的，它们配有活动目标检测单元，在此在每个距离标度上对源于相继的雷达发射脉冲的雷达回波信号进行比较。在有活动物体的情况下，在包含目标的距离标度中的回波信号的相位将连续变化。这些相位变化可实现物体的检测。先进的活动目标检测单元在多数情况下设计成以 90 度相移工作的多普勒滤波器组，其中可设有用于实际确定目标的多普勒频率的 FFT 单元。

在装有活动目标检测单元的雷达装置中，对于沿切向因而以零径向速度飞行的飞机有可能出现本行业所熟知的问题。没有任何附加措施，这种飞机将从雷达显示中消失，因为相继的回波信号都具有相同的相位。在用现有方法制成的搜索雷达中，这些附加措施包括采用杂波图。这是一个划分成距离—方位区格的存储区，其中，对应于相应距离—方位区格的每个距离—方位值，在天线转动数次之后得到的平均雷达回波强度被存储起来。存入的这个平均值是一个标量，表示杂波强度。在其后每次天线转动中，这个杂波强度通过递归滤波来更新。如果某个距离—方位区格内有一切向飞行的目标，或有一悬停的直升机在某个距离—方位区格中，测得的雷达回波强度总体上会增强。通过连续比较测得的雷达回波强度和杂波强度，终究有可能检测出这种静止的或缓动的目标。

对于装有转动天线的雷达装置，杂波强度是作为一个标量存入的。作为一个复数存储虽能实现测得的雷达回波强度和杂波强度有 90 度相移的比较，但被认为工作得不能令人满意。天线的移动使被测物体各次扫描之间略有不同，以致杂波单元没有恒定的相位。幅度受此影响较小；通过确定杂波区格中测得的雷达回波强度的平均值，就有可能实现适用的系统。

尽管在前面提到的报告中的级扫相控阵天线的情况下，有可能对每个距离—方位区格以 90 度相移测量杂波强度。已经发现如此测得的杂波强度在较长时间内相当恒定。可能由高塔、楼群或岩层产生的特别强的回波极少时间变化。另一方面，树丛所产生的回波则表现出大得多的变化。一般说来，要有一个模型，其中距离—方位区格有一个被认为基本恒定的复合杂波强度和一个作为杂波强度稳定度量度的标量分散模量。这如图 1A 所示，其中复平面中的矢量 A 表示被认为实际上恒定的复合波强度，而分散模量 r 决定了复平面上杂波强度周围的一个圆盘型的分散区域。根据相继的测量值的和本领域所熟知的统计方法，分散模量 r 选定得能够预先估计出新测量值落入由 r 所决定的圆盘区域的机会。该事件不发生的概率对应于为雷达装置规定的每次测量的误报概率。

如果测量值表明在某个距离—方位区域中有一新物体出现，该物体产生由矢量 B 表示的回波，图 1B 表示合矢量 A+B 如何超出 r 所决定的圆盘型区域并最终实现检测。应当指出，在以标量杂波强度为基础的比较中，这个目标是本不会被检测出来的，因为 A+B 的模值没有超过 A 的模。事实上，复合杂波强度总能获得比标量杂波强度更好的结果，尽管对于具有低分散模量 r 的强杂波回波尤其如此。

图 2 表示根据本发明所述雷达装置的框图。发射装置 1 产生由转动天线装置 2 发射出去的发射脉冲。天线装置 2 接收到的发射脉冲的回波信号被送到接收装置 3，该装置将所接收到的数字化的回波信号加到活动目标检测单元 4。发射脉冲通常以由 N 个脉冲组成的脉冲串形式发射出去，活动目标检测单元包括一 FFT 处理器用以检测出较快的活动目标，检测结果可通过第一视频输出 5 得到以实现跟踪和显示功能。另外，回波还加在缓动目标检

测单元 6 上，它可将接收到的某个距离—方位区格内的回波强度与存于杂波图 7 中的杂波强度进行比较。超过阈值就可得到检测结果，并通过第二视频输出 8 来实现跟踪和显示功能。在一个脉冲串中的 N 个脉冲并不要求是相同的。只要它们的相干性就足够了，这样接收装置 3 就可以设置得使不同的发射脉冲能够在接收装置 3 的输出端产生本领域所知那种相同的雷达回波。

如本领域中已知的，天线装置 2 装有可产生供跟踪和显示之用的天线方位值的角度指示装置 9，以及用以对杂波图 7 进行寻址的缓动目标检测单元 6。在根据本发明所述雷达装置中，方位值也提供给发射装置 1。这些装置设计得能够按照预定的方位值来产生发射脉冲。例如在一个具体实施例中，雷达装置覆盖区域被划分成 360 个 1 度大小的方位扇面和 4096 个 160 米长的距离标度。方位值每次移动一度，可发射一个脉冲，从而得到缓动目标检测单元 6 所需的回波。

或者方位值每次移动一度，并可发射一串 N 个相干脉冲，例如 N 对应于活动目标检测单元 4 中 FFT 单元的点数。在这种情况下，缓动目标检测单元 6 将用于脉冲串处理。例如，每个距离标度的雷达回波信号可通过例如加权求和在一脉冲串内进行平均。这可得到可重复的相干回波强度、对活动物体的显著抑制以及信噪比的改善。

对于有些雷达应用，要求或建议使用不同的雷达发射频率。这种情况有人会想到本行业所熟知的例如在速度分辨率不清晰时，或者想到在有阻塞或干扰情况下改变频率。对于相干杂波图，频率的跳变是灾难性的，因为存储值不再有多少或根本没有意义。这可以通过对于每个雷达发射频率建立一个相干杂波图来解决。为此，雷达装置应包括一个链路，使得发射装置 1 能够与缓动目标检测单元 6 连通，给后者提供雷达发射频率。该链路还可以用于传送被发射的每个雷达脉冲的同步信号。

图 3 表示缓动目标检测单元 6 和杂波图 7 的框图，后者有可能包含子杂波图 7.1、7.2、…7.M，每个雷达发射频率使用一个。在某个方位区格内接收到的并来源于一个脉冲串的雷达回波在具有加权功能例如哈明（Hamming）加权功能的求和及加权单元 10 中在每个距离区格中求和。为此，求和及加权单元 10 除雷达回波之外还接收用于建立脉冲串起始的方位信息和发射的每个脉冲的同步信号。在每个距离—方位区格中如此确定的回波强度加在比较电路 11 上，其上还加有对应于与相应发射频率 i 相关的杂波 7.i 的杂波强度和分散模量。对于每个距离—方位区格，比较电路 11 从雷达回波强度中减去杂波强度，确定差值的模，而且，如果这个差值超过分散模量加上为实现预定的误报概率而设的可能的附加阈值时，就通过链路 8 产生检测结果。

由求和及加权单元 10 确定的复回波强度同相应的复合波强度及分散模量一起还加在滤波电路 12 上。根据所加的值，滤波电路 12 可在递归过程中确定杂波强率和分散模量的新值，而后存入杂波图 7.1 中。对于相干杂波强度，可按下式使用滤波器：

$$A_{N+1}=\alpha A_N+\beta S_{N+1} \quad (1)$$

其中：A_N 为由杂波图产生的杂波强度；

A_{N+1} 为将存入杂波图的新的杂波强度；

S_{N+1} 为由求和及加权单元 10 确定的回波强度；

$\alpha.\beta$ 为滤波系数（通常 $\alpha+\beta=1$）。

根据不同的系统参数，标量滤波系数 α、β 要选择得一方面使滤波转换时间总是较短从而杂波图在相对较短的时间期间内包含有相关的数据，另一方面使在一个距离标度内驻留了某段时间的静止物体不会过快被当作杂波。

类似地，对于分散模量，可按下式使用滤波器：

$$\gamma_{N+1}=\alpha'\gamma_N^2+\beta'|S_{N+1}-A_N|^2 \quad (2)$$

其中：γ_N 为由杂波图产生的分散模量；

γ_{N+1} 为将存入杂波图的新的分散模量；

α'，β'为滤波系数（通常 $\alpha'+\beta'=1$）。

根据不同的系统参数，标量滤波系数 α'，β'也要再次以这种方式选定：一方面使滤波转换时间总是较短，另一方面偶然的急剧变化的测量值不会过于严重地破坏分散模量。

为对杂波图 7 进行寻址，地址发生器 13 接收来自角度指示器 9 的方位信息、同步信号及当前所用的发射装置 1 的雷达发射频率。

在使用多个雷达发射频率因而使用多个复合杂波图的情况下，对每个频率有规律地使用每个距离—方位区格从而使杂波强度和分散模量得到更新，

是雷达装置正常工作的先决条件。测量结果已表明，在标准条件下由地面定点雷达装置测得的杂波强度和分散模量可保持有效至少五分钟。在此期间对于所有频率的所有距离—方位区格都必须要更新，亦即要被使用。

在求和及加权单元 10 中根据雷达回波确定的加权和给出了对活动目标一定程度的抑制。无论如何还要求有附加措施来防止活动目标通过求和及加权单元 10 窜入滤波电器 12 从而改变杂波图的内容。这些附加措施包括装设在滤波电路 12 上的禁止输入端 14，它与活动目标检测单元 4 的输出端 5 相连。这可防止经活动目标修改的杂波强度存入杂波图中。

活动目标检测单元对每个距离标度应用多普勒滤波过程如一个 N 点 FFT 来处理一串回波。滤波器 $-N/2$，…，-1，$+1$，…，$N/2-1$ 的输出信号在多普勒滤波器组的输出端作阈值判定，并且超过阈值即产生检测结果。零速滤波器的输出产生杂波信号，因而不被使用。本领域熟知的一个问题是极强的杂波回波有可能由于多普勒滤波器通常非理想的性能而无意地在其它滤波器之一中出现超过阈值的现象。根据本发明所述雷达装置的一个最佳实施例通过使用存入杂波图中的相干杂波强度而避免了这个问题。图 4 表示一串接收到的数字化回波信号是如何加在减法电路 15 上的，一个距离标度上的每个回波信号是如何用为那个距离标度和所用的雷达发射频率而存入的复合杂波强度来减低的。经如此修改的回波信号加给活动目标检测单元 4。在多普勒滤波之前减去已知的强杂波回波可以防止上述无意中超过阈值现象的发生。所用的阈值甚至可以显著降低，从而使雷达装置的灵敏度提高。

说　明　书　附　图

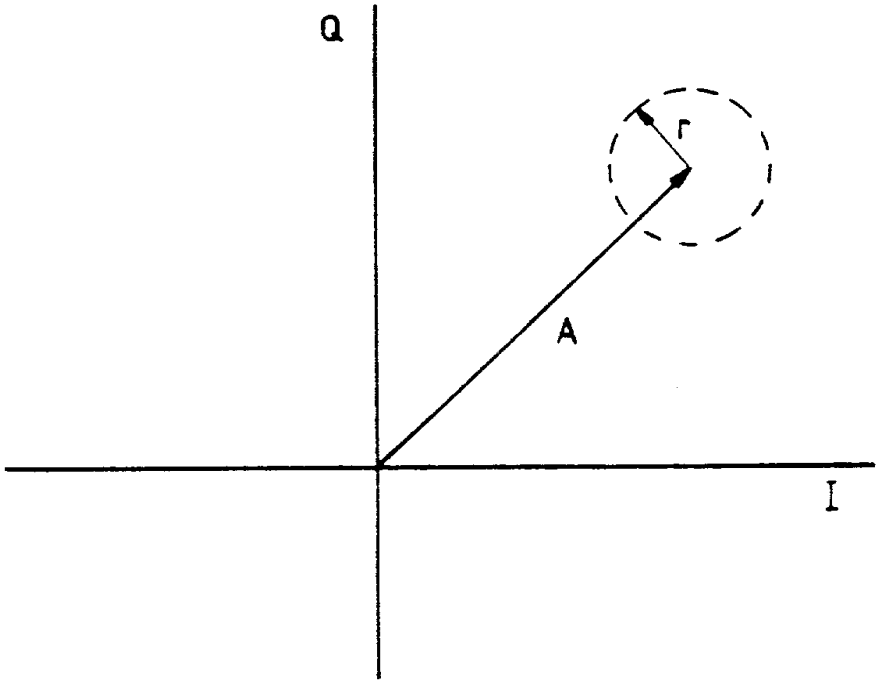


图 1A

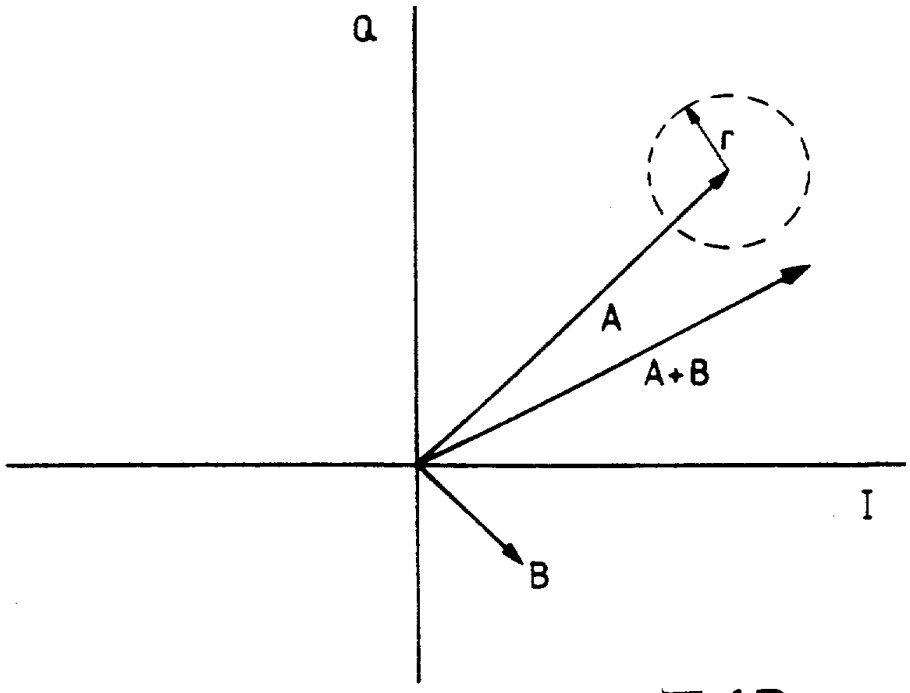


图 1B

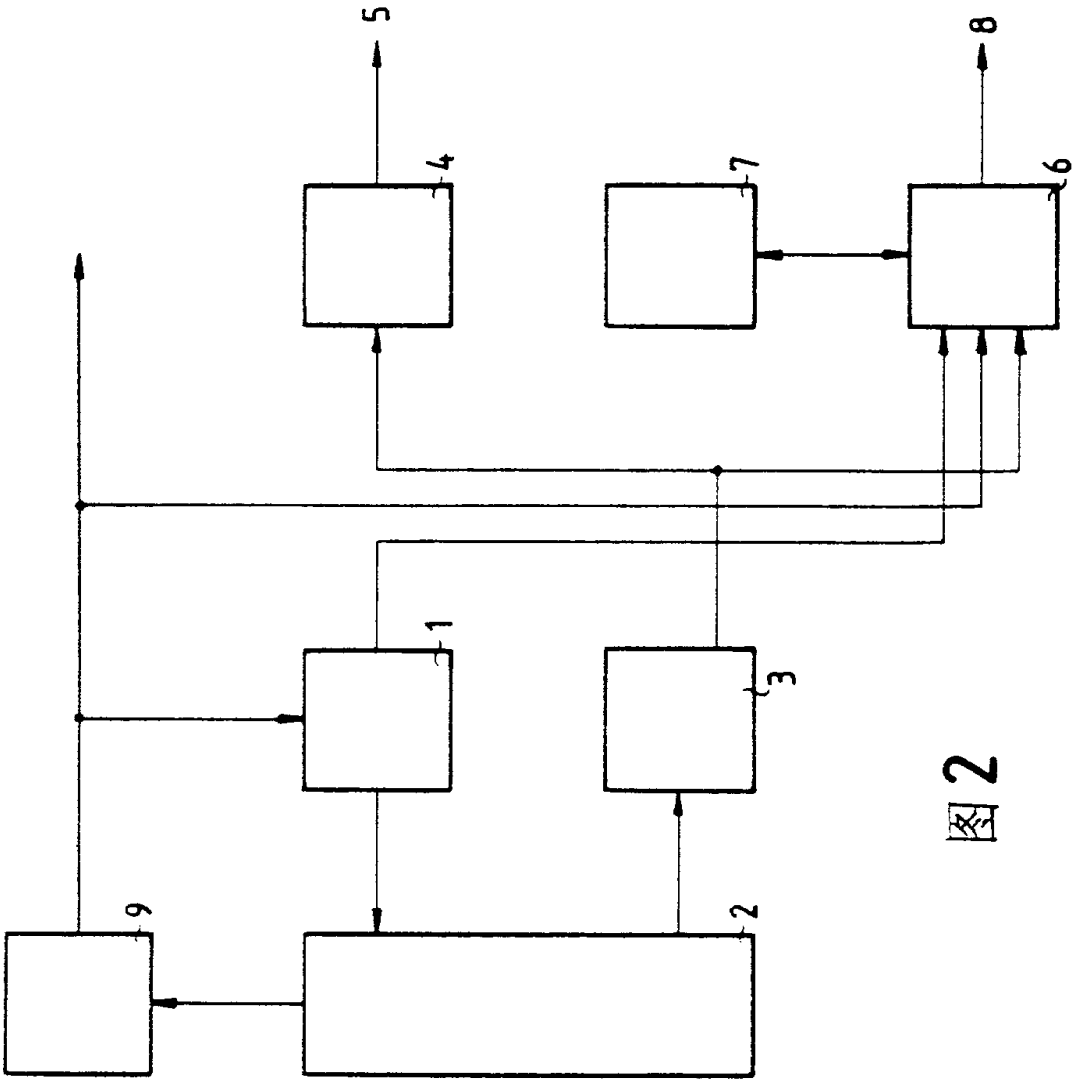


图 2

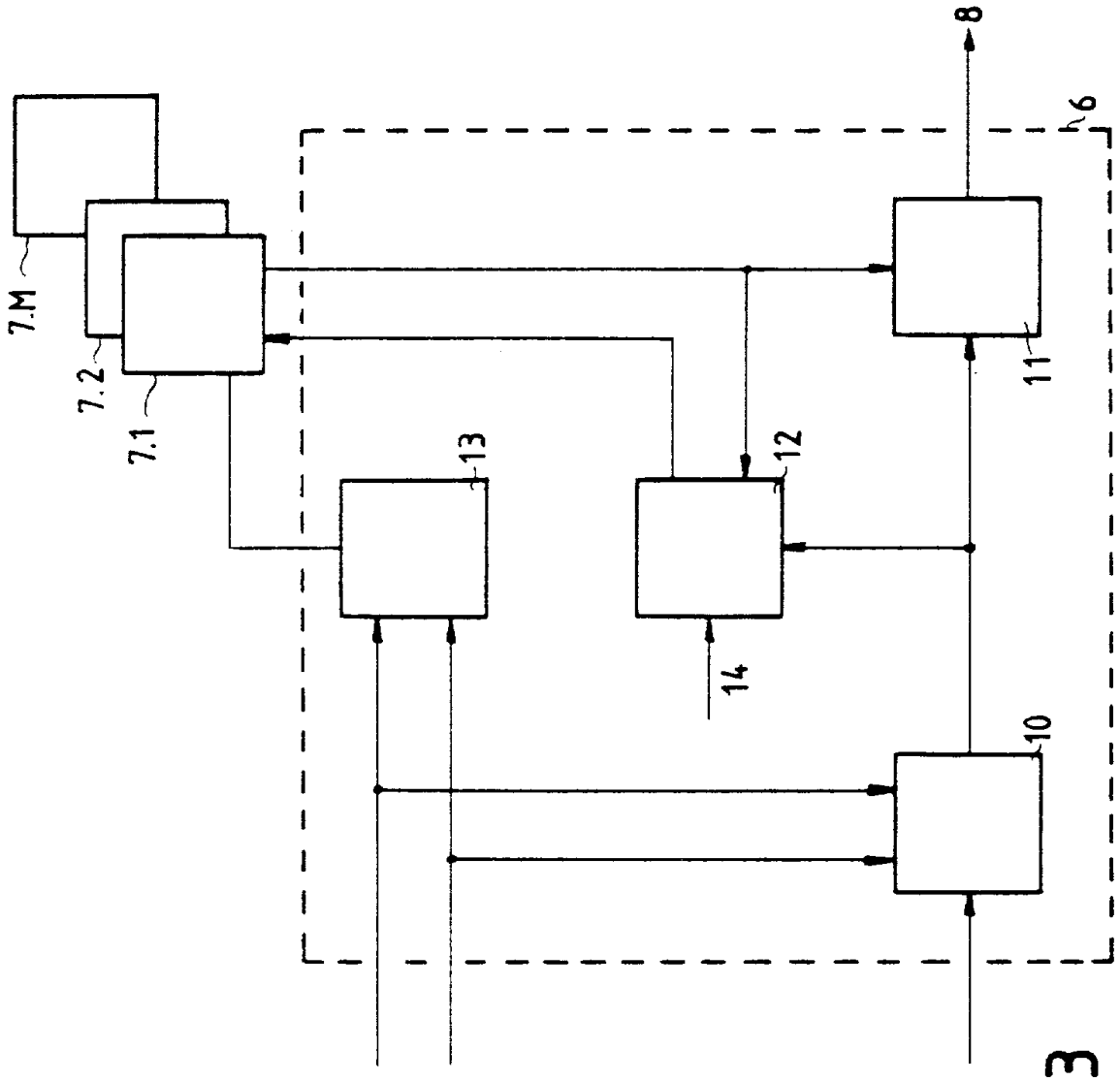


图 3

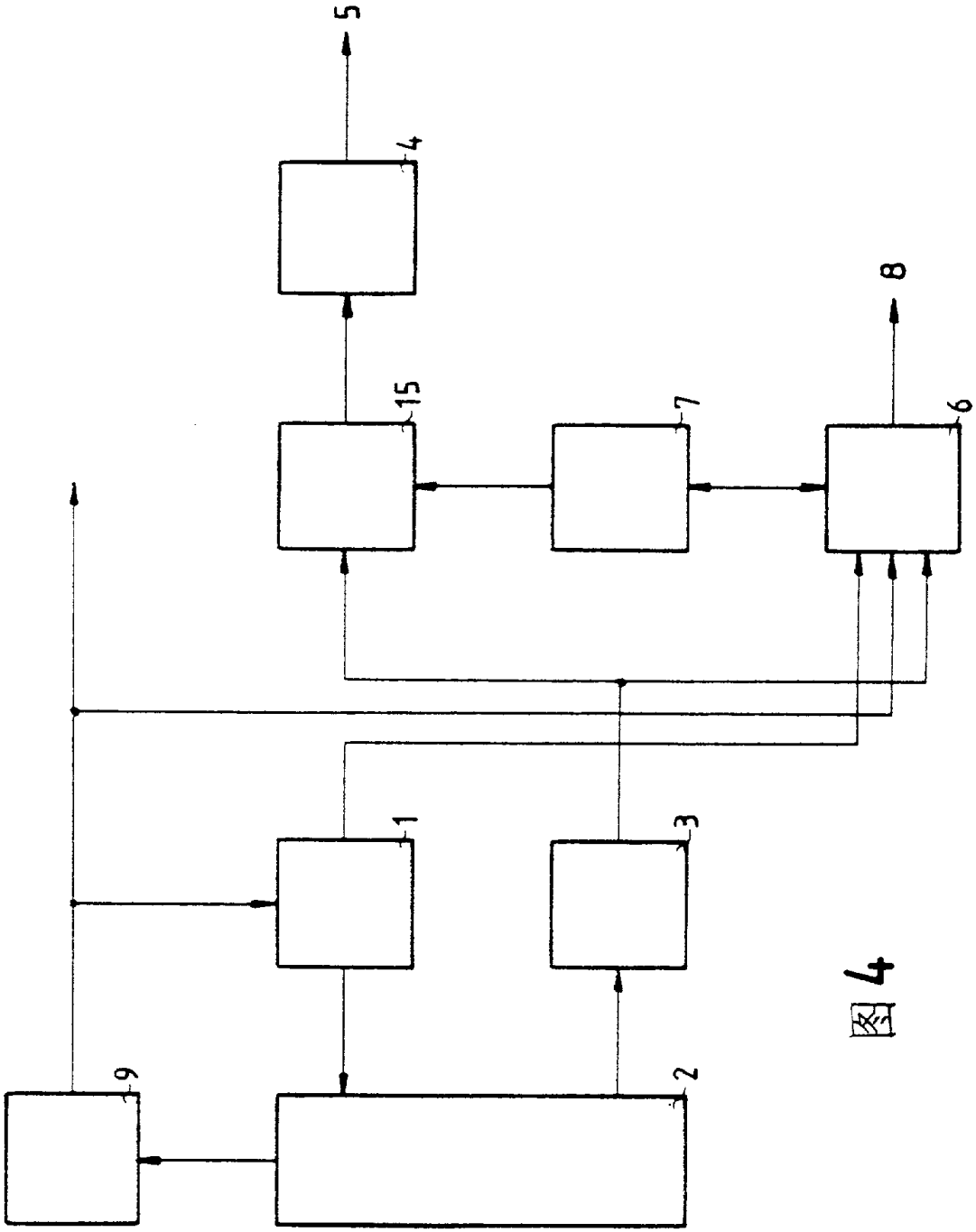


图4