

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102890254 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 23

(21) 申请号 201210253717. 8

G01R 33/561 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 07. 20

G01R 33/36 (2006. 01)

(30) 优先权数据

102011079490. 5 2011. 07. 20 DE

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 E. 埃伯莱因 R. 金林根 H. 兰兹

F. 施米特

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 谢强

(51) Int. Cl.

G01R 33/385 (2006. 01)

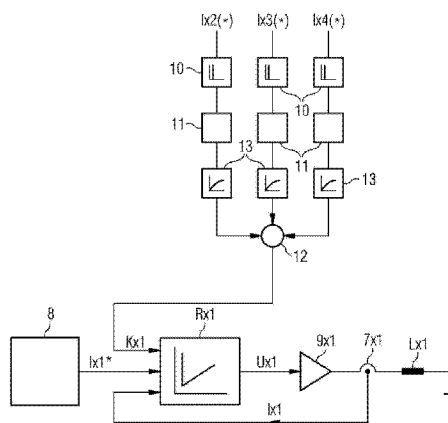
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

在考虑电感性耦合的情况下控制梯度线圈

(57) 摘要

梯度脉冲发生器(8)产生用于多个梯度线圈(L_{ij})的额定电流信号(I_{ij}*),并且将其分别输送到相关联的控制器(R_{ij})。分别向各自的控制器(R_{ij})输送实际电流信号(I_{ij})。所述控制器(R_{ij})分别产生控制信号(U_{ij})并且控制相关联的梯度功率放大器(9_{ij})。分别向所述控制器(R_{ij})输送至少一个其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})或者其时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')。所述控制器(R_{ij})产生其各自的控制信号(U_{ij})。其它梯度线圈(L_{mn})的向控制器(R_{ij})输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')或者其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向控制器(R_{ij})输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')包含在各自的控制信号(U_{ij})的产生中。



1. 一种用于磁共振设备的梯度线圈系统(2)的多个梯度线圈(L_{ij})的控制方法,
 - 其中由梯度脉冲发生器(8)产生用于所述梯度线圈(L_{ij})的额定电流信号(I_{ij}*),
 - 其中所述额定电流信号(I_{ij}*)分别被输送到与所述梯度线圈(L_{ij})中的一个相关联的控制器(R_{ij}),
 - 其中分别向各自的控制器(R_{ij})输送实际电流信号(I_{ij}),该实际电流信号对于流过各自的梯度线圈(L_{ij})的电流是特有的,
 - 其中所述控制器(R_{ij})分别产生控制信号(U_{ij})并且根据所产生的控制信号(U_{ij})控制与各自的梯度线圈(L_{ij})相关联的梯度功率放大器(9_{ij}),
 - 其中所述梯度功率放大器(9_{ij})根据所产生的控制信号(U_{ij})将电流施加到分别与其相关联的梯度线圈(L_{ij}),
 其特征在于,
 - 分别向所述控制器(R_{ij})输送至少一个其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})或者其时间导数(I_{mn}*', I_{mn}'),
 - 根据其各自的额定电流信号(I_{ij}*)、其各自的实际电流信号(I_{ij})、以及所述其它梯度线圈(L_{mn})的向其输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')或者所述其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向其输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}'),所述控制器(R_{ij})产生其各自的控制信号(U_{ij}),和
 - 相应于与各自的控制器(R_{ij})相关联的梯度线圈(L_{ij})与各个其它梯度线圈(L_{mn})的电感性耦合,其它梯度线圈(L_{mn})的向控制器(R_{ij})输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')或者其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向控制器(R_{ij})输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')包含在各自的控制信号(U_{ij})的产生中。
2. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,
 - 所述梯度线圈系统(2)对于笛卡尔坐标系的三个正交轴(x, y, z)分别具有多个梯度线圈(L_{ij}),和
 - 分别向所述控制器(R_{ij})输送如相应的梯度线圈(L_{ij})那样与相同的轴(x, y, z)相关联的梯度线圈(L_{in})的额定或实际电流信号(I_{in}*, I_{in})或者其时间导数(I_{in}*', I_{in}')。
3. 根据权利要求2所述的控制方法,其特征在于,不向所述控制器(R_{ij})分别输送和与各自的梯度线圈(L_{ij})不同的轴(x, y, z)相关联的梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})或者其时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')。
4. 根据权利要求2所述的控制方法,其特征在于,也向所述控制器(R_{ij})分别输送和与各自的梯度线圈(L_{ij})不同的轴(x, y, z)相关联的梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})或者其时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的控制方法,其特征在于,
 - 根据其它梯度线圈(L_{mn})的向其输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的通过相应的电感性耦合加权的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')的和、或者其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向其输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}'),所述控制器(R_{ij})产生各自的校正信号(K_{ij}),
 - 根据其各自的额定电流信号(I_{ij}*)和其各自的实际电流信号(I_{ij}),所述控制器

(R_{ij}) 产生各自的控制器输出信号(V_{ij}), 并且

- 各自的控制器(R_{ij}) 的控制信号(U_{ij}) 相应于各自的控制器输出信号(V_{ij}) 与各自的校正信号(K_{ij}) 的和。

6. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的控制方法, 其特征在于,

- 根据其它梯度线圈(L_{mn}) 的向其输送的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的通过相应的电感性耦合加权的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}) 的和、或者其它梯度线圈(L_{mn}) 的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的向其输送的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}), 所述控制器(R_{ij}) 产生各自的校正信号(K_{ij}),

- 根据各自的校正信号(K_{ij})、其各自的额定电流信号(I_{ij*}) 和其各自的实际电流信号(I_{ij}), 所述控制器(R_{ij}) 确定各自的控制器输入信号(δ I_{ij}) 并且根据所述各自的控制器输入信号(δ I_{ij}) 产生其各自的控制信号(V_{ij})。

7. 根据上述权利要求中任一项所述的控制方法, 其特征在于, 以各自的延迟来延迟其它梯度线圈(L_{mn}) 的向所述控制器(R_{ij}) 输送的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}) 或者其它梯度线圈(L_{mn}) 的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的向该控制器(R_{ij}) 输送的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'})。

8. 一种磁共振设备的梯度线圈系统,

- 其中所述梯度线圈系统具有多个梯度线圈(L_{ij}),

- 其中所述梯度线圈系统具有梯度脉冲发生器(8), 借助该梯度脉冲发生器产生用于所述梯度线圈(L_{ij}) 的额定电流信号(I_{ij*}),

- 其中所述梯度线圈系统具有与所述梯度线圈(L_{ij}) 相关联的控制器(R_{ij}), 向该控制器输送各自的额定电流信号(I_{ij*}),

- 其中分别向各自的控制器(R_{ij}) 输送实际电流信号(I_{ij}), 该实际电流信号对于流过各自的梯度线圈(L_{ij}) 的电流是特有的,

- 其中所述控制器(R_{ij}) 分别产生控制信号(U_{ij}),

- 其中所述梯度线圈系统具有与所述梯度线圈(L_{ij}) 相关联的梯度功率放大器(9_{ij}), 该梯度功率放大器由所述控制器(R_{ij}) 根据各个产生的控制信号(U_{ij}) 来控制,

- 其中所述梯度功率放大器(9_{ij}) 根据产生的控制信号(U_{ij}) 将电流施加到分别与其相关联的梯度线圈(L_{ij}),

其特征在于,

- 分别向所述控制器(R_{ij}) 输送至少一个其它梯度线圈(L_{mn}) 的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 或者其时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}),

- 根据其各自的额定电流信号(I_{ij*})、其各自的实际电流信号(I_{ij})、以及所述其它梯度线圈(L_{mn}) 的向其输送的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}) 或者所述其它梯度线圈(L_{mn}) 的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的向其输送的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}), 所述控制器(R_{ij}) 产生其各自的控制信号(U_{ij}), 和

- 相应于与各自的控制器(R_{ij}) 相关联的梯度线圈(L_{ij}) 与各个其它梯度线圈(L_{mn}) 的电感性耦合, 其它梯度线圈(L_{mn}) 的向控制器(R_{ij}) 输送的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}) 或者其它梯度线圈(L_{mn}) 的额定或实际电流信号(I_{mn*}, I_{mn}) 的向控制器(R_{ij}) 输送的时间导数(I_{mn*'}, I_{mn'}) 包含在各自的控制信号(U_{ij}) 的

产生中。

9. 根据权利要求 8 所述的梯度线圈系统,其特征在于,

- 所述梯度线圈系统(2)对于笛卡尔坐标系的三个正交轴(x, y, z)分别具有多个梯度线圈(L_{ij}),和

- 分别向所述控制器(R_{ij})输送如相应的梯度线圈(L_{ij})那样与相同的轴(x, y, z)相关联的梯度线圈(L_{in})的额定或实际电流信号(I_{in}*, I_{in})或者其时间导数(I_{in}*', I_{in}')。

10. 根据权利要求 9 所述的梯度线圈系统,其特征在于,不向所述控制器(R_{ij})分别输送和与各自的梯度线圈(L_{ij})不同的轴(x, y, z)相关联的梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})或者其时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')。

11. 根据权利要求 9 所述的梯度线圈系统,其特征在于,也向所述控制器(R_{ij})分别输送和与各自的梯度线圈(L_{ij})不同的轴(x, y, z)相关联的梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})或者其时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')。

12. 根据权利要求 8 至 11 中任一项所述的梯度线圈系统,其特征在于,

- 根据其它梯度线圈(L_{mn})的向其输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的通过相应的电感性耦合加权的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')的和、或者其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向其输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}'),所述控制器(R_{ij})产生各自的校正信号(K_{ij}),

- 根据其各自的额定电流信号(I_{ij}*)和其各自的实际电流信号(I_{ij}),所述控制器(R_{ij})产生各自的控制器输出信号(V_{ij}),

- 各自的控制器(R_{ij})的控制信号(U_{ij})相应于各自的控制器输出信号(V_{ij})与各自的校正信号(K_{ij})的和。

13. 根据权利要求 8 至 11 中任一项所述的梯度线圈系统,其特征在于,

- 根据其它梯度线圈(L_{mn})的向其输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的通过相应的电感性耦合加权的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')的和、或者其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向其输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}'),所述控制器(R_{ij})产生各自的校正信号(K_{ij}),以及

- 根据各自的校正信号(K_{ij})、其各自的额定电流信号(I_{ij}*)和其各自的实际电流信号(I_{ij}),所述控制器(R_{ij})确定各自的控制器输入信号(δI_{ij})并且根据所述各自的控制器输入信号(δI_{ij})产生其各自的控制信号(V_{ij})。

14. 根据权利要求 8 至 13 中任一项所述的梯度线圈系统,其特征在于,以各自的延迟来延迟其它梯度线圈(L_{mn})的向控制器(R_{ij})输送的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')或者其它梯度线圈(L_{mn})的额定或实际电流信号(I_{mn}*, I_{mn})的向控制器(R_{ij})输送的时间导数(I_{mn}*', I_{mn}')。

15. 一种磁共振装置,其中所述磁共振装置包括基本磁体(1)、梯度线圈系统(2)和至少一个高频系统(3),其特征在于,所述梯度线圈系统(2)被构造为根据权利要求 8 至 14 中任一项所述的梯度线圈系统(2)。

在考虑电感性耦合的情况下控制梯度线圈

技术领域

- [0001] 本发明涉及一种用于磁共振设备的梯度线圈系统的多个梯度线圈的控制方法，
- [0002] - 其中由梯度脉冲发生器产生用于梯度线圈的额定电流信号，
- [0003] - 其中额定电流信号分别被输送到与梯度线圈中的一个相关联的控制器，
- [0004] - 其中分别向各自的控制器输送实际电流信号，该实际电流信号对于流过各自的梯度线圈的电流是特有的，
- [0005] - 其中控制器分别产生控制信号并且根据产生的控制信号来控制与各自的梯度线圈相关联的梯度功率放大器，
- [0006] - 其中梯度功率放大器根据产生的控制信号将电流施加到分别与其相关联的梯度线圈。
- [0007] 本发明还涉及一种磁共振设备的梯度线圈系统，
- [0008] - 其中梯度线圈系统具有多个梯度线圈，
- [0009] - 其中梯度线圈系统具有梯度脉冲发生器，借助该梯度脉冲发生器产生用于梯度线圈的额定电流信号，
- [0010] - 其中梯度线圈系统具有与梯度线圈相关联的控制器，向该控制器输送各自的额定电流信号，
- [0011] - 其中分别向各自的控制器输送实际电流信号，该实际电流信号对于流过各自的梯度线圈的电流是特有的，
- [0012] - 其中控制器分别产生控制信号，
- [0013] - 其中梯度线圈系统具有与梯度线圈相关联的梯度功率放大器，该梯度功率放大器由控制器根据各个产生的控制信号来控制，
- [0014] - 其中梯度功率放大器根据产生的控制信号将电流施加到分别与其相关联的梯度线圈。
- [0015] 本发明还涉及一种磁共振设备，其中磁共振设备包括基本磁体、梯度线圈系统和至少一个高频系统。

背景技术

[0016] 磁共振设备的梯度线圈系统的梯度线圈通常彼此电感性地耦合。这点特别适用于如下的情况，即，梯度线圈系统对于笛卡尔坐标系的三个正交轴分别具有多个梯度线圈。由于电感性的耦合，关于特定的梯度线圈得出为产生特定电流所需的电压与其它梯度线圈的控制状态的依赖关系。

[0017] 在现有技术中多次将控制器调谐到如下状态，在该状态下以相同的电流施加到特定梯度轴的所有线圈。对于这样的运行，用于找到并控制良好控制器参数的方法是公知的。

[0018] 如果梯度线圈的电流，就其在相同的方向上产生磁场梯度而言，实际上彼此相同，则现有技术的措施提供好的结果。相反，如果电流彼此不同，则控制仅次优地工作。这点会在图像重建时导致伪影。特别地如果电流比是随时间变化的，则会出现问题。

发明内容

[0019] 本发明要解决的技术问题在于,实现如下的可能性:如果电流和/或其比例彼此随时间变化,则借助该可能性,向梯度线圈系统的梯度线圈施加的电流也能最优地控制。

[0020] 上述技术问题通过控制方法来解决。

[0021] 按照本发明,如下地实施开头所述类型的控制方法,即

[0022] - 分别向控制器输送至少一个其它梯度线圈的额定或实际电流信号或者其时间导数,

[0023] - 根据其各自的额定电流信号、其各自的实际电流信号以及其它梯度线圈的向其输送的额定或实际电流信号的时间导数或者其它梯度线圈的额定或实际电流信号的向其输送的时间导数,控制器产生其各自的控制信号,和

[0024] - 相应于各自的控制器所分配的梯度线圈与各个其它梯度线圈的电感性耦合,其它梯度线圈的向控制器输送的额定或实际电流信号的时间导数或者其它梯度线圈的额定或实际电流信号的向控制器输送的时间导数包含在各自的控制信号的产生中。

[0025] 如已经提到的那样,梯度线圈系统对于笛卡尔坐标系的三个正交轴可以分别具有多个梯度线圈。在这种情况下,优选至少分别向控制器输送如相应的梯度线圈那样被分配给相同的轴的梯度线圈的额定或实际电流信号或者其时间导数。

[0026] 可以仅向控制器输送提到的电流信号或其时间导数,即不向控制器分别输送与各自的梯度线圈不同的轴所分配的梯度线圈的额定或实际电流信号或者其时间导数。替换地,也可以向控制器分别输送与各自的梯度线圈不同的轴所分配的梯度线圈的额定或实际电流信号或者其时间导数。

[0027] 由于电感性的耦合,在一个梯度线圈中的电流变化在另一个梯度线圈中产生电压。因此,根据其它梯度线圈的向其输送的额定或实际电流信号的通过相应的电感性耦合加权的时间导数的和、或者其它梯度线圈的额定或实际电流信号的向其输送的时间导数,控制器可以产生各自的校正信号。在唯一的时间导数的情况下,显然和随着其各个时间导数减少。

[0028] 根据其各自的额定电流信号和其各自的实际电流信号以及各自的校正信号,控制器确定其控制信号。在此有两个措施。一方面,根据其各自的额定电流信号和其各自的实际电流信号,控制器可以产生各自的控制器输出信号并且各自的控制器的控制信号相应于各自的控制器输出信号与各自的校正信号的和。替换地,根据各自的校正信号、其各自的额定电流信号和其各自的实际电流信号,控制器可以确定各自的控制器输入信号并且根据各自的控制器输入信号产生其各自的控制信号。

[0029] 按照单独情况,在一个梯度线圈中的电流变化的影响立即或时间延迟地对另一个梯度线圈产生影响。在延迟影响的情况下,控制器优选以各自的延迟来延迟其它梯度线圈的向控制器输送的额定或实际电流信号的时间导数或者其它梯度线圈的额定或实际电流信号的向控制器输送的时间导数。

[0030] 上述技术问题还通过梯度线圈系统来解决。

[0031] 按照本发明,如下地实施开头所述类型的梯度线圈系统,即

[0032] - 分别向控制器输送至少一个其它梯度线圈的额定或实际电流信号或者其时间导

数,

[0033] - 根据其各自的额定电流信号、其各自的实际电流信号以及其它梯度线圈的向其输送的额定或实际电流信号的时间导数或者其它梯度线圈的额定或实际电流信号的向其输送的时间导数,控制器产生其各自的控制信号,和

[0034] - 相应于与各自的控制器相关联的梯度线圈与各个其它梯度线圈的电感性耦合,其它梯度线圈的向控制器输送的额定或实际电流信号的时间导数或者其它梯度线圈的额定或实际电流信号的向控制器输送的时间导数包含在各自的控制信号的产生中。

[0035] 按照本发明的梯度线圈系统的优选的实施方式基本上与按照本发明的控制方法的优选的实施方式对应。

[0036] 上述技术问题还通过磁共振设备来解决。按照本发明,磁共振设备的梯度线圈系统如上述解释的那样构造。

附图说明

[0037] 上面描述的本发明的性能、特征和优点以及如其实现的那样的方式结合下面描述的实施例更清楚且更明显地理解,该实施例结合附图作进一步说明。附图中:

[0038] 图 1 示出了磁共振设备,

[0039] 图 2 示出了图 1 的磁共振设备的梯度线圈系统,

[0040] 图 3 和图 4 示出了图 2 的梯度线圈系统的各个单个的通道,和

[0041] 图 5 至图 7 各自示出了控制器的可能的实施方式。

具体实施方式

[0042] 按照图 1,磁共振设备具有基本磁体 1、梯度线圈系统 2 和至少一个高频系统 3。借助基本磁体 1 在磁共振设备的检查空间 4 中产生时间上静止的局部基本均匀的例如 1.5 特斯拉或 3 特斯拉的磁场 B。借助梯度线圈系统 2 稍微改变磁场 B,更确切地说,即(至少按照第一近似地)磁场 B 的方向虽然保持不变,但磁场 B 的大小线性地随着位置变化。梯度线圈系统 2 的相应的构造和功能对于专业人员是一般公知并信赖的。借助高频系统 3 可以激励被引入检查空间 4 中的检查对象 5 (例如人体)以用于发射磁共振信号。借助高频系统 3 (或在附图中未示出的其它高频系统)可以接收所激励的磁共振信号。同样,高频系统 3 的构造和功能对于专业人员是一般公知并信赖的。

[0043] 按照图 2,梯度线圈系统 2 具有多个梯度线圈 L_{ij} ($i = x, y, z; j = 1, 2, 3 \dots N$)。在最小情况下正好存在三个梯度线圈 L_{ij} ,也就是笛卡尔直角坐标系的每个轴 x, y, z 各具有一个梯度线圈 L_{ij} ($N = 1$)。按照图 2,对于每个轴 x, y, z 存在多个梯度线圈 L_{ij} 。但每个坐标轴 x, y, z 显示了数量为四的梯度线圈 L_{ij} ($N = 4$) 是纯示例性的。同样每个轴 x, y, z 可以存在两个、三个、五个、六个等梯度线圈 L_{ij} 。

[0044] 按照图 2,由磁共振设备的控制装置 6 向梯度线圈 L_{ij} 施加各自的电流。电流借助相应的传感器 7_{ij} 来采集。表征各自电流的相应的实际电流信号 I_{ij} 被输送到控制装置 6。

[0045] 该方式(通过该方式产生电流)根据原理对于所有梯度线圈 L_{ij} 是相同的。由此在图 3 中仅示出单一的梯度线圈 L_{ij} (也就是梯度线圈系统 2 的单一的通道)。纯示例性地

在此选取梯度线圈 L_{x1} 的通道。但下面结合图 3 和其它附图解释的情况对于所有梯度线圈 L_{ij} 同样适用。

[0046] 按照图 3, 梯度线圈系统 2 具有梯度脉冲发生器 8。梯度脉冲发生器 8 可以是控制装置 6 的部件。梯度脉冲发生器 8 可以软件技术地实现。该梯度脉冲发生器 8 对于所有梯度线圈 L_{ij} 通常统一地存在。借助梯度脉冲发生器 8 对于梯度线圈 L_{ij} 产生相应的额定电流信号 I_{ij}^* 。

[0047] 为每个梯度线圈 L_{ij} 分配了控制器 R_{ij} 。控制器 R_{ij} 同样可以软件技术地实现。替换地, 其可以实现为实际的硬件控制器。相应的额定电流信号 I_{ij}^* 和对应的实际电流信号 I_{ij} 被输送到控制器 R_{ij} 。控制器 R_{ij} 产生各自的控制信号 U_{ij} , 该控制信号 U_{ij} 被输送到各自的与相应的梯度线圈 L_{ij} 相关联的梯度功率放大器 9_{ij} 并且由此相应地控制相应的梯度功率放大器 9_{ij} 。因为是功率元件, 梯度功率放大器 9_{ij} 始终以硬件实现。该梯度功率放大器 9_{ij} 根据所产生的控制信号 U_{ij} 将相应的电流施加到分别与其相关联的梯度线圈 L_{ij} 。

[0048] 根据其各自的额定电流信号 I_{ij}^* 、其各自的实际电流信号 I_{ij} 和各自的校正信号 K_{ij} , 控制器 R_{ij} 产生其各自的控制信号 U_{ij} 。

[0049] 出于确定相应的校正信号 K_{ij} 的目的, 可以向相应的控制器 R_{ij} 输送至少一个其它梯度线圈 L_{mn} 的额定电流信号 I_{mn}^* ($mn \neq ij$) 或对应的实际电流信号 I_{mn} 。按照图 3, 至少向用于梯度线圈 L_{x1} 的控制器 R_{x1} 输送额定电流信号 I_{x2}^* 、 I_{x3}^* 、 I_{x4}^* 或者所有梯度线圈 L_{x2} 、 L_{x3} 、 L_{x4} 的相应的实际电流信号 I_{x2} 、 I_{x3} 、 I_{x4} , 这些梯度线圈如考察的梯度线圈 L_{x1} 那样与相同的轴 x 相关联。

[0050] 因为在本发明的范围内重要的是相应的电流信号 I_{x2}^* 、 I_{x3}^* 、 I_{x4}^* 、 I_{x2} 、 I_{x3} 、 I_{x4} 的时间导数 $I_{x2}^{*'}$ 、 $I_{x3}^{*'}$ 、 $I_{x4}^{*'}$ 、 I_{x2}' 、 I_{x3}' 、 I_{x4}' , 则在相应的微分元件 10 中形成时间导数 $I_{x2}^{*'}$ 、 $I_{x3}^{*'}$ 、 $I_{x4}^{*'}$ 、 I_{x2}' 、 I_{x3}' 、 I_{x4}' 。微分元件 10 可以是相应的控制器 R_{ij} 的部件。在这种情况下, 如前面解释的那样, 可以直接向控制器 R_{ij} 输送相应的电流信号 I_{mn}^* 或 I_{mn} 。替换地, 可以事先、即在相应的控制器 R_{ij} 外部确定时间导数 $I_{mn}^{*'}$ 、 I_{mn}' 。在这种情况下微分元件 10 被布置在相应的控制器 R_{ij} 外部, 并且向控制器 R_{ij} 输送相应的电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的时间导数 $I_{mn}^{*'}$ 、 I_{mn}' 。例如时间导数 $I_{mn}^{*'}$ 、 I_{mn}' 可以中央地通过控制装置 6 来确定并且提供给控制器 R_{ij} 。

[0051] 相应于各个其它梯度线圈 L_{mn} 与考察的梯度线圈 L_{ij} 的各自的电感性耦合, 相应的电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的时间导数 $I_{mn}^{*'}$ 、 I_{mn}' 在定标器(**Skalierblöcke**) 11 中加权并且然后在节点 12 中相加。有关的校正信号 K_{ij} 由此相应于额定或实际电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的时间导数 $I_{mn}^{*'}$ 、 I_{mn}' 的加权和, 除了自身的额定电流信号 I_{ij}^* 和自身的实际电流信号 I_{ij} 之外附加地向各自的控制器 R_{ij} 输送所述额定或实际电流信号。定标器 11 的加权因数彼此相应于梯度线圈 L_{ij} 的各自的电感性的耦合。在各个梯度线圈 L_{ij} 之间的耦合因数例如可以测量技术地确定, 这些梯度线圈 L_{ij} 确定在定标器 11 中的定标。例如可以通过由磁共振设备的操作人员所实施的实验来进行测量技术的确定。替换地, 控制装置 6 可以在自动执行的测试运行(“预演(tuneup)”)中自动地确定加权因数。

[0052] 可以使用仅仅在梯度线圈 L_{in} 上起作用的电流信号 I_{in}^* 、 I_{in} ($n \neq j$) 的时间导数 $I_{in}^{*'}$ 、 I_{in}' , 这些梯度线圈 L_{in} 如考察的梯度线圈 L_{ij} 那样与相同的轴 i 相关联。图 3 示

出了该实施方式。在该实施方式中不向控制器 R_{ij} 输送如下梯度线圈 L_{mn} 的额定或实际电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} ，该梯度线圈 L_{mn} 和与考察的梯度线圈 L_{ij} 不同的轴 x 、 y 、 z 相关联。即，对于这些电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 成立 $m \neq i$ 。在这种情况下显然对于相应的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 也类似地成立。替换地，也可以向相应的控制器 R_{ij} 输送电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 或相应的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ ，其中相应的梯度线圈 L_{mn} 在另一轴 m 上起作用。图 4 示出了该实施方式。

[0053] 能够直接并立即地使用相应加权的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 。替换地，相应于图 3 和图 4 的示图，控制器 R_{ij} 可以具有延迟元件 13。借助延迟元件 13，其它梯度线圈 L_{mn} 的电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 被延迟了相应的单独确定的延迟。例如可以（类似于加权因数）自动或根据实验地确定各自的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 在延迟元件 13 中延迟了的延迟时间。

[0054] 为了在确定控制信号 U_{ij} 时考虑校正信号 K_{ij} ，按照图 5，相应的控制器 R_{ij} 首先根据各自的额定电流信号 I_{ij}^* 和相应的实际电流信号 I_{ij} 确定各自的控制器输入信号 δI_{ij} 并且根据控制器输入信号 δI_{ij} 产生各自的控制器输出信号 V_{ij} 。在这种情况下，控制信号 U_{ij} 相应于控制器输出信号 V_{ij} 与校正信号 K_{ij} 的和。替换地，相应于图 6 的示图，控制器 R_{ij} 首先根据各自的校正信号 K_{ij} 、其各自的额定电流信号 I_{ij}^* 及其各自的实际电流信号 I_{ij} 确定其各自的控制器输入信号 δI_{ij} 并且根据各自的控制器输入信号 δI_{ij} 产生其各自的控制信号 U_{ij} 。在这种情况下，控制器输出信号 V_{ij} 与控制信号 U_{ij} 相同。

[0055] 如果相应于图 7 的示图控制器 R_{ij} 具有微分部分，特别是被构造为 PID 控制器，还能够关于在各自的控制器 R_{ij} 的微分支范围内的要考虑的输入信号，将校正信号 K_{ij} 接入控制偏差 δI_{ij} ，而关于其它控制分支，特别是比例分支和积分分支，仅以各自的额定电流信号 I_{ij}^* 和实际电流信号 I_{ij} 的差来工作。

[0056] 概括地，本发明由此涉及如下主题：

[0057] 对于磁共振设备的梯度线圈系统 2 的多个梯度线圈 L_{ij} ，梯度脉冲发生器 8 产生额定电流信号 I_{ij}^* 并且将其分别输送到与梯度线圈 L_{ij} 相关联的控制器 R_{ij} 。还分别向各自的控制器 R_{ij} 输送实际电流信号 I_{ij} ，该实际电流信号 I_{ij} 对于流过各自的梯度线圈 L_{ij} 的电流是特有的。控制器 R_{ij} 分别产生控制信号 U_{ij} 并且相应地控制与各自的梯度线圈 L_{ij} 相关联的梯度功率放大器 9_{ij} 。根据产生的控制信号 U_{ij} ，梯度功率放大器 9_{ij} 向其相关联的梯度线圈 L_{ij} 施加电流。还向控制器 R_{ij} 分别输送至少一个其它梯度线圈 L_{mn} 的额定或实际电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 或者其时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 。根据其各自的额定电流信号 I_{ij}^* 、其各自的实际电流信号 I_{ij} 以及其它梯度线圈 L_{mn} 的向其输送的额定或实际电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 或者其它梯度线圈 L_{mn} 的额定或实际电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的向其输送的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ ，控制器 R_{ij} 产生其各自的控制信号 U_{ij} 。相应于各自的梯度线圈 L_{ij} 与各个其它梯度线圈 L_{mn} 的电感性耦合，其它梯度线圈 L_{mn} 的额定或实际电流信号 I_{mn}^* 、 I_{mn} 的时间导数 $I_{mn}^{*'}、I_{mn}'$ 包含在各自的控制信号 U_{ij} 的产生中。

[0058] 本发明提供多个优点。尤其能够对梯度线圈系统 2 的梯度线圈 L 执行几乎完整的退耦运行。由此得出在任意电流形状下几乎最优的控制特性。

[0059] 尽管本发明在细节上通过优选的实施例来详细解释和描述，但本不发明不限于公开

的示例并且由专业人员能够推导出其它变形,而不脱离本发明的保护范围。

[0060]	附图标记列表	
[0061]	1	基本磁体
[0062]	2	梯度线圈系统
[0063]	3	高频系统
[0064]	4	检查空间
[0065]	5	检查对象
[0066]	6	控制装置
[0067]	7ij	传感器
[0068]	8	梯度脉冲发生器
[0069]	9ij	梯度功率放大器
[0070]	10	微分元件
[0071]	11	定标器
[0072]	12	节点
[0073]	13	延迟元件
[0074]	B	磁场
[0075]	I_{ij}, I_{mn}, I_{in}	实际电流信号
[0076]	$I_{ij}^*, I_{mn}^*, I_{in}^*$	额定电流信号
[0077]	$I_{ij}', I_{mn}', I_{in}'$,	
[0078]	$I_{ij}^{*'}, I_{mn}^{*'}, I_{in}^{*}'$	时间导数
[0079]	K_{ij}	校正信号
[0080]	L_{ij}, L_{in}, L_{mn}	梯度线圈
[0081]	U_{ij}	控制信号
[0082]	V_{ij}	控制器输出信号
[0083]	x, y, z	轴
[0084]	δI_{ij}	控制器输入信号

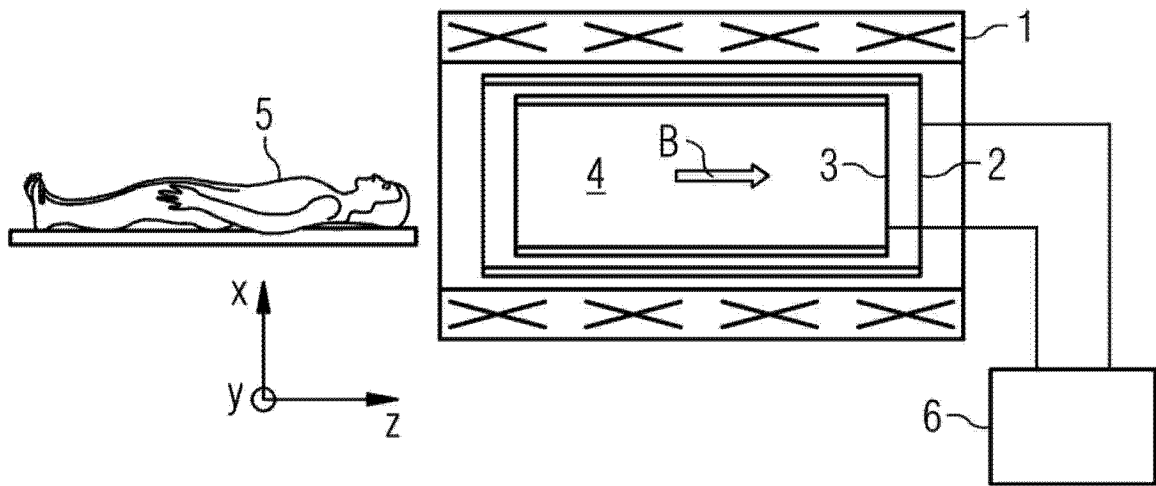


图 1

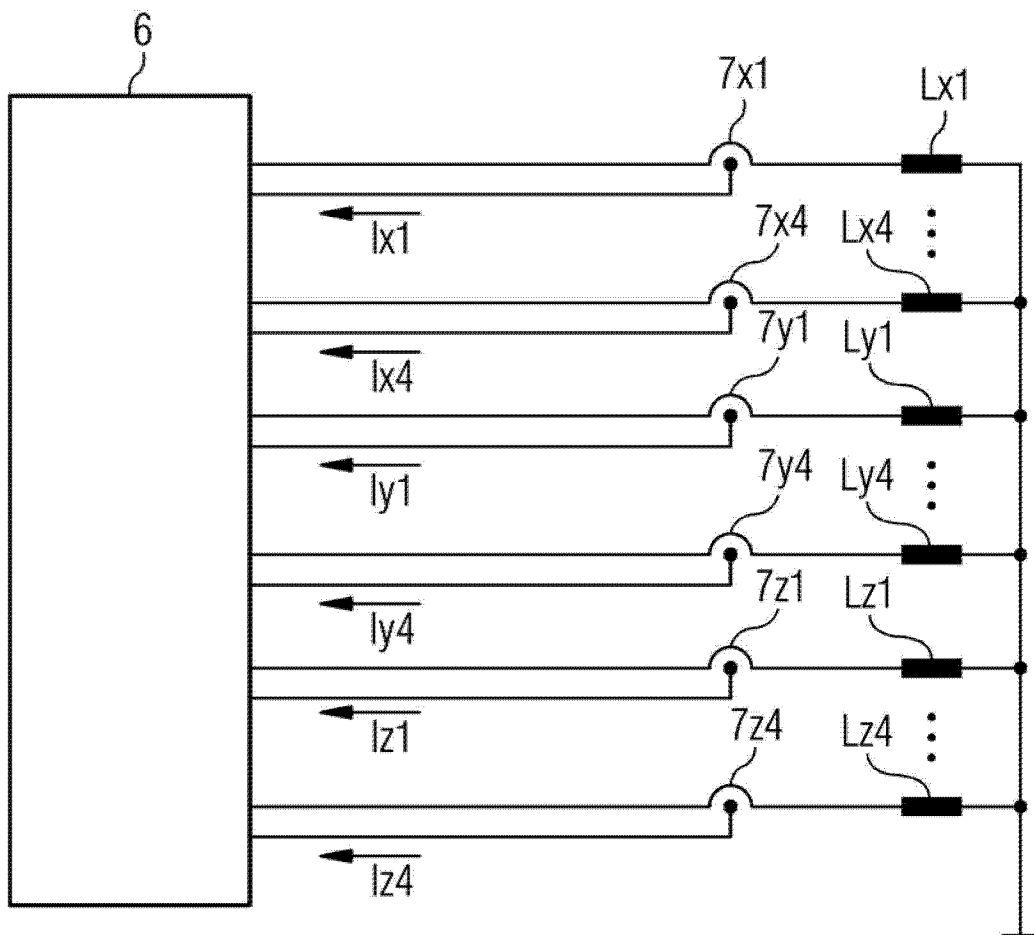


图 2

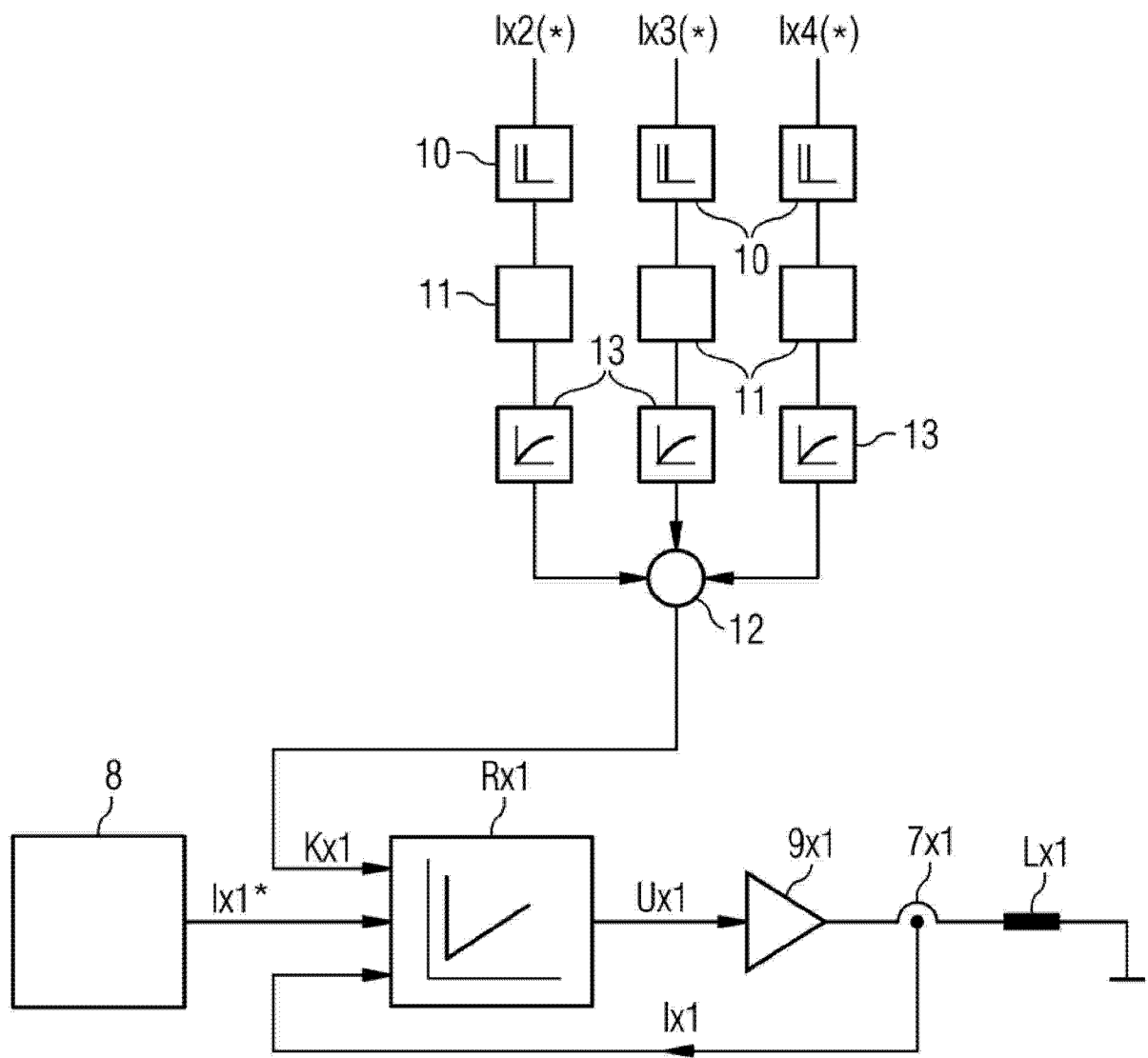


图 3

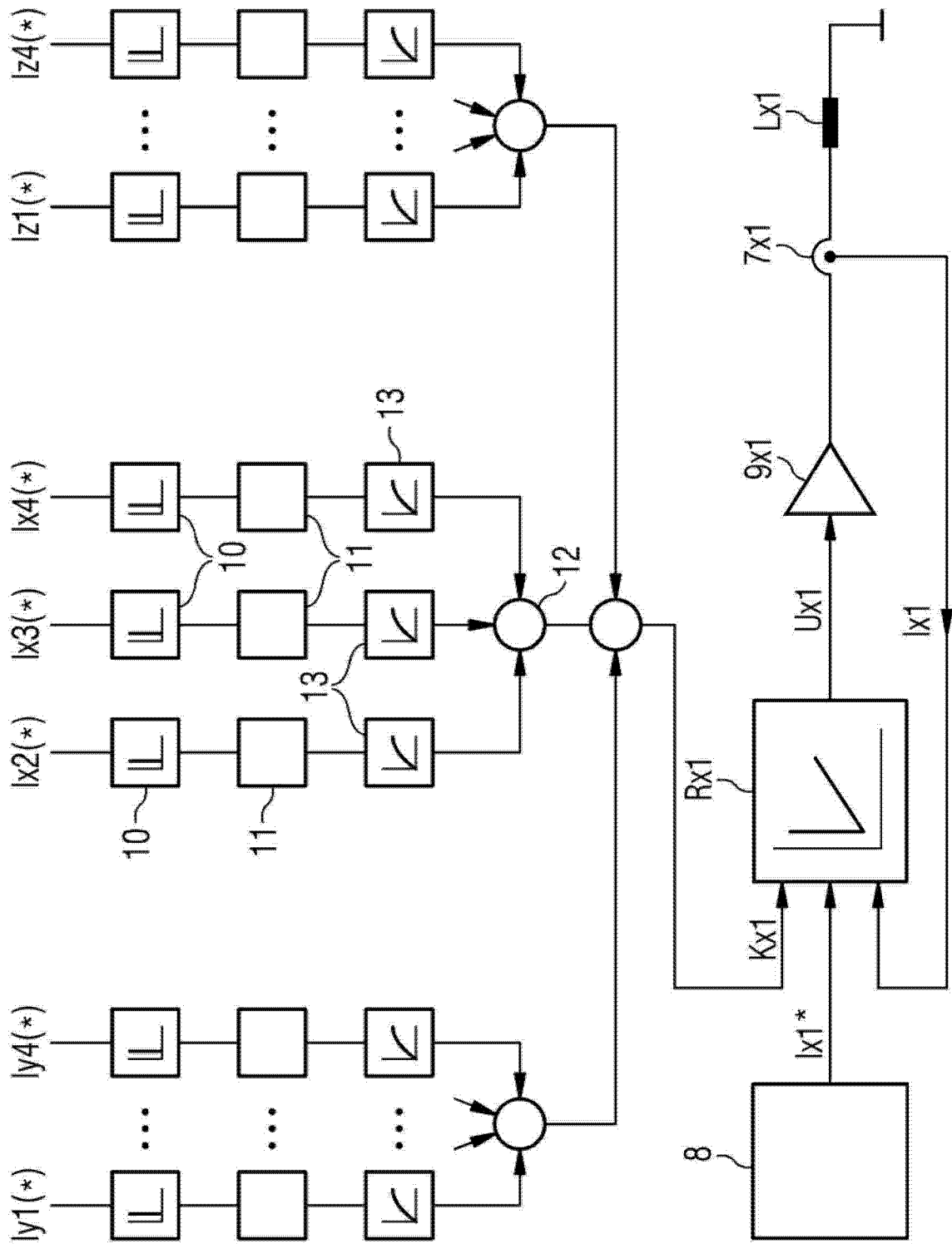


图 4

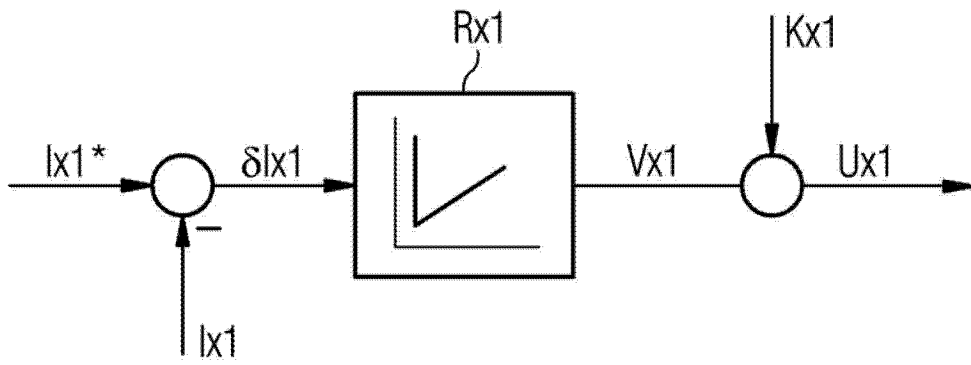


图 5

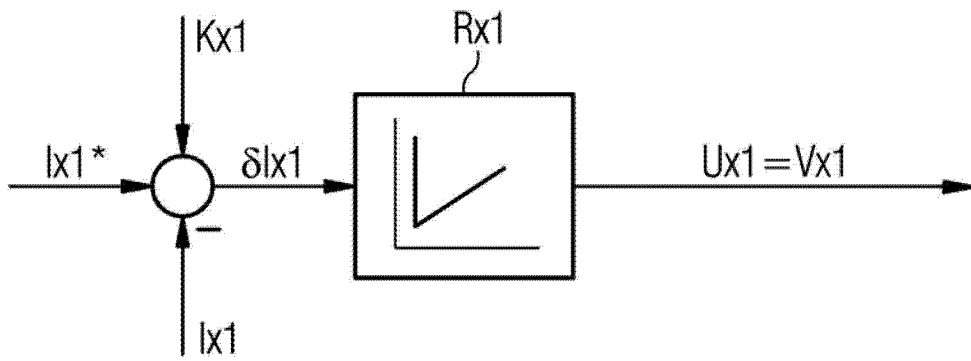


图 6

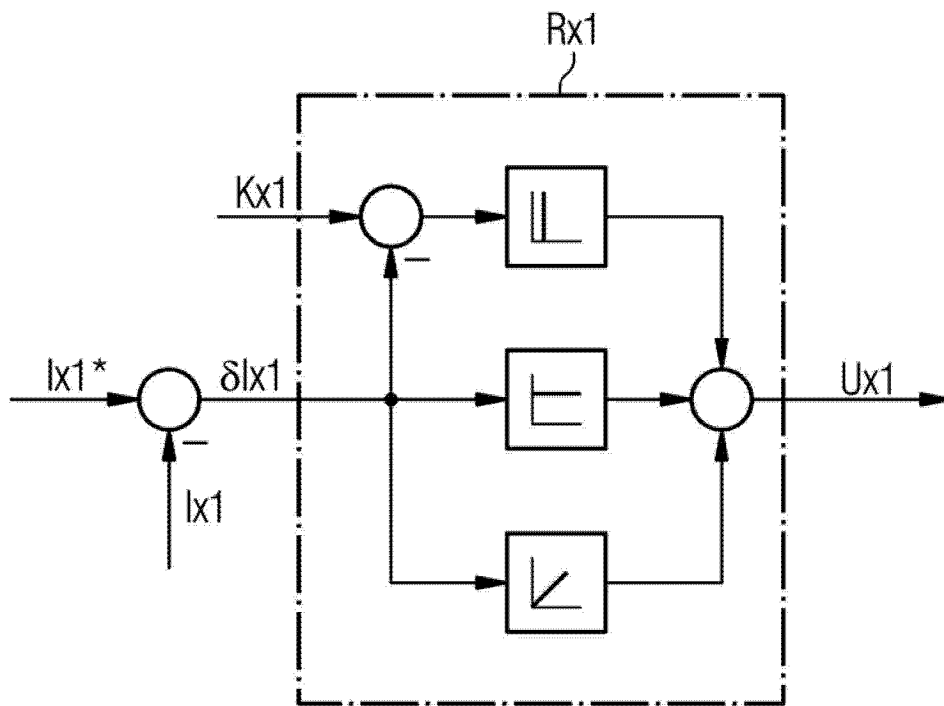


图 7