



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101897109 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 31

(21) 申请号 200780101921. 5

(22) 申请日 2007. 10. 10

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2010. 06. 09

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2007/060763 2007. 10. 10

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02009/046762 EN 2009. 04. 16

(73) 专利权人 沙夫纳 EMV 股份公司  
地址 瑞士卢特巴赫

(72) 发明人 A·C·特克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 李湘 李家麟

(51) Int. Cl.  
H02M 1/12(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2006/008322 A2, 2006. 01. 26, 说明书第  
4 页至第 10 页、图 1 - 9.

US 5397927 A, 1995. 03. 14, 全文.

EP 1619768 A1, 2006. 01. 25, 全文.

审查员 李航

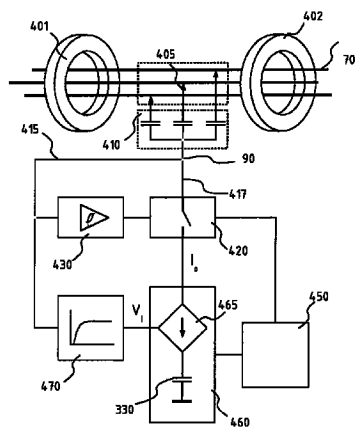
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

EMC 滤波器

(57) 摘要

一种能够总是一直维持低漏地电流的 EMC 有源滤波器, 因此与 RCD 器件兼容。本发明的滤波器具有特别简单的感应器结构, 其中典型地电源导体直接通过滤波器而无需缠绕, 并且多数部件可以被实施在模块化的分流电路内。优选地, 通过由 IDC 器件将分流模块连接到相导体、或者直接将分流模块连接到线和负载接线端来实现滤波器, 因此避免了切断并接合高电流电缆。滤波器的特定保护电路在接通电源时防止涌入电流, 并且甚至在线故障的情况下限制漏地电流。



1. EMC 滤波器,用于滤去电源线(700)上的噪音分量,包括:

至少一个在所述电源线上的感应器(401),

分流模块(800),用于至少在给定的频率段内将所述电源线上的所述噪音分量分流到地,包括提供表示所述电源线上的噪音分量的噪音信号( $V_i$ )的高通滤波器(470),以及响应于所述噪音信号( $V_i$ )将受所述噪音信号( $V_i$ )控制的电流分流到地的受控源(460);

开关单元(420),其被插入在所述受控源和由电容器网络(410)提供的星点之间且被布置为检测故障情况并且在这个事件中将所述受控源(460)从所述电源线隔离开,其中,所述电容器网络(410)连接到电源线,所述电源线是三相线。

2. 根据前述权利要求所述的 EMC 滤波器,其中所述受控源被连接在所述星点(90)和地电势之间,并且所述高通滤波器(470)的输入被连接到所述星点(90)。

3. 根据权利要求 2 所述的 EMC 滤波器,进一步包括响应于在所述星点(90)的电势,被布置为在所述星点(90)的电势超过设定极限时检测故障情况,并且在这个事件中将所述受控源(460)从电源线隔离开的电压鉴别器(430)。

4. 根据前述权利要求所述的 EMC 滤波器,进一步包括错误输出,以用信号通知通过电压鉴别器(430)所检测的所述故障情况。

5. 根据权利要求 3 所述的 EMC 滤波器,其中所述开关单元包括固态继电器。

6. 根据权利要求 3 所述的 EMC 滤波器,其中所述开关单元被布置为将所述受控源(460)在接通电源时从电源线隔离开,以防止涌入电流。

7. 根据权利要求 4 所述的 EMC 滤波器,包括单独的到所述高通滤波器(470)的输入的感测导线(415)。

8. 根据权利要求 4 所述的 EMC 滤波器,包括负反馈回路,其倾向于至少在频率段内,稳定在恒定值的输入电势。

9. 根据权利要求 4 所述的 EMC 滤波器,包括到电源线(700)的绝缘位移连接器(405)。

10. 根据权利要求 4 所述的 EMC 滤波器,至少包括线接线端(409a)和负载接线端(409b),所述滤波器包括至少一个虚拟分流节点,而所述分流模块通过所述虚拟分流节点被直接连接到所述线接线端或所述负载接线端。

11. 一种用于至少在给定频率段内,将电源线上的噪音分量分流到地的有源分流模块(800),其包括:

提供表示所述电源线上的噪音分量的噪音信号( $V_i$ )的高通滤波器(470),以及响应于所述噪音信号( $V_i$ )将受所述噪音信号( $V_i$ )控制的电流分流到地的受控源(460);以及

开关单元(420),其被插入在所述受控源和由电容器网络(410)提供的星点之间且被布置为检测故障情况并且在这个事件中将所述受控源(460)从所述电源线隔离开,其中,所述电容器网络(410)连接到电源线,所述电源线是三相线。

12. 根据前述权利要求所述的有源分流模块,其中所述受控电流源被连接在所述星点(90)和所述地电势之间,并且所述高通滤波器(470)的输入被连接到所述星点(90),以及被布置为检测故障情况并且在这个事件中将所述受控源(460)与电源线隔开的开关单元(420)。

## EMC 滤波器

### 技术领域

[0001] 本专利申请涉及用于从电气 (electrical) 或电子 (electronic) 电路或线过滤掉不需要的噪音分量的电气滤波器,并且尤其但不是排他性地涉及,用于在主频率处的主线或配电线的电磁兼容滤波器。

### 背景技术

[0002] 当前在电气和电子行业,电磁兼容性 (EMC) 是越来越关键的因素。存在大量电气电路和设备,其易于生成不需要的电气噪音、或者易于遭受到其它电路或设备生成的噪音。

[0003] 一般通过在噪音生成装置或在噪音敏感装置的主供应线上插入低通 LC 滤波器来处理所传导的噪音和干扰。这种滤波器将不需要的频率分量衰减到无害的水平。可以采用许多滤波器拓扑,包括典型的“L”、“T”以及“Pi”滤波器拓扑。

[0004] 欧洲专利申请 EP1069673 给出了包括无源元件的三相噪音抑制滤波器的例子。

[0005] 已经在许多应用中证明无源 EMC 滤波器有效。然而,这个技术的缺点是为了达到所需要的衰减水平,为这个应用必需高位值的电容器和电感。所产生的滤波器的大小和成本主要由这些大部件来确定,尤其在需要高度衰减共模噪音时。此外,泄漏电流直接与滤波器电容器的电容成正比。

[0006] 也已知在噪音抑制滤波器中采用有源元件,例如如在欧洲专利申请 EP0995266 中。有源元件的使用允许使用较小的电感和电容器,从而提供了更紧凑的滤波器。但是,现有的惯用的有源滤波器具有可靠性比它们的传统无源相当物差的信誉,并且存在它们可能由于过电压或超温度击穿而失败,或者显示出不稳定及振荡的忧虑。电源线 EMC 滤波器在大多数情况中包括接地电容器 (capacitor to earth),所谓的 Y 电容,与适当的电感,以便实现共模衰减。其不可避免的不需要的后果是电流通过 Y 电容器流到地 - 所谓的漏地电流 (ELC)。在以单线的示意图形式示出了已知 EMC 滤波器的例子的图 1 中,通过标号 30 指示 Y 电容,36 是相应的电感,而 35 是漏地电流的路径。通常,Y 电容器的电容以及它两端的电压上升的越大,ELC 越强。

[0007] 在高电平时,这个 ELC 被认为危及到人员安全。除了危及到人员,过大的 ELC 可能干扰电气系统的可靠运行。尤其包括残余电流检测 (Residual Current Detection, RCD) 的装置将由于 RCD 器件的跳闸而被中断。因此,在设计 EMC 滤波器的时候,将漏地电流最小化被认为是良好的设计。

[0008] 对具有星形接地 (star grounded) 供应的电源系统 (即,欧洲的 TN 系统) 而言,接地泄漏可能是个问题,尽管由于在正常情况下系统被围绕地电势平衡,ELC 通常是适度的。然而,高 ELC 值可能在高功率滤波器内或者需要强共模衰减的地方出现。

[0009] 相似的问题存在,由于 IT 电源系统,如被应用于,尤其,在船和工厂。这里主电源通过高阻抗仅被对地松参考 (loosely referenced)。这样做使得在一个相对地短路的情况下,装置将相对安全地继续运行。然而,在这个短路模式中,电源系统是有效地“被角接地 (corner-earthed)”并且图 2 的星点 90 将看到快速的瞬变电压。如果使用了大的电容器,

那么高 ELC 将存在,其可能超过 Y 电容器的功率极限并且导致灾难性的故障,其可能进而迫使停电。这个故障链可能危及 IT 电源系统的可靠性。

[0010] 所以,存在对具有低 ELC 的噪音抑制滤波器的增长的需求。传统地为了限制 ELC,这样的滤波器已经被构造,在接地路径具有减小的电容。但是为了维持适当的衰减,滤波器电感必需相应地被增加以补偿所减小的电容,其可能使滤波器更大并且更贵。然而,即使增大电感值也不是完善的解决方案,并且具有小 Y 电容的滤波器对 EMC 噪音减低来说效率常常比具有较高 Y 电容的滤波器低。另外,这增大的电感可能导致增加的功率损耗,温度升高以及端到端的电压降,所有不利的情况。

### 发明内容

[0011] 所以存在对结合了在所有频率处的高衰减、低 ELC、以及紧凑大小的 EMC 抑制滤波器的需求。

[0012] 另外地,存在对能被容易地适用到不同应用、并且在正常和故障情况中都安全的 EMC 滤波器的需求。根据本发明,可以借助于所附的权利要求书中的主题来达成这些目标。

### 附图说明

[0013] 借助于通过示例方式所给出并通过图所示意的实施例的描述,将更好地理解本发明,其中:

[0014] 图 1 是单线的示意图。它以简化的示意的方式显示出已知类型的 EMC 滤波器和泄漏电流的路径。

[0015] 图 2 以简化的示意的方式显示出已知类型的三相 EMC 滤波器和泄漏电流的路径。

[0016] 图 3 以方块示意的方式示意了根据本发明的一个方面的有源 EMC 滤波器。

[0017] 图 4 更具体地示意了根据本发明的一个方面的 EMC 滤波器的例子。

[0018] 图 5 和图 6 示意性地示出了根据本发明的可能的滤波器组件。

[0019] 图 7 和图 8 示意性地示出了根据本发明的两个二阶滤波器。

### 具体实施方式

[0020] EMC 滤波器中的接地泄漏的问题和原因被示意在图 1 中。电源线 11,其可以是单或多相,借助于滤波器 20 被连接到器件 15,以便抑制可能的由器件 15 所生成并且沿线 11 所传输的干扰。在这个简单的实现中,滤波器包括被连接在相导体和接地导体之间的串联的电感 36 和“Y”电容器 30。跨“Y”电容器 30 两端看过去的任何电势将非常有助于漏地电流 35。

[0021] 但是在三相电源线的情况中,相同的情形被表示在图 2 中。在这个情况,已知滤波器使用与相导体 700 交叉连接的一排“X”电容器 331,其有助于降低差分模式噪音。另一方面,共模噪音被连接在星点 90 和地之间的电容器 330 抑制。如在所示出的被角接地 (corner-grounded) 的例子中,如果相位电势相对于地电势不平衡,“Y”电容器 330 显示出大的电势并且让相当大的漏地电流 35 流动。

[0022] 图 3 是用于 AC 电源线的低通 EMI 抑制滤波器的简化方块图。它包括两个电感 401 和 402,分别到线侧和负载侧,被到地的中心分流路径所分开,因此形成“T”滤波器。根

据未呈现出来的变化,滤波器具有“L”方案,只包括一个或者在线侧、或者在负载侧的感应器。为了分流到地的 RF 噪音电流,抽头单元 405 提供到电源电缆的电连接 (galvanic connection)。本发明包括用于实现该电连接的不同器件。然而,优选地,这通过绝缘位移连接器 (IDC) 来获得。IDC 技术节省了生产时间并且避免了切断和接合高电流相导体 700。它不需要额外的绝缘,如果相导体被暴露将需要绝缘,并且它提供对电源电缆的机械支持,其在大功率应用中可能非常大。

[0023] 典型地, X 电容器网络 410 由 3 个以星形连接的电容器构建。这在三相电源系统的重要情况中是需要的,但例如在单相低电压系统中可以被省略。高值的泄露电阻 (bleed resistor) (此图未示出,但图 4 中可见) 通常与每一个电容器并行连接。X 电容器提供对称的模式衰减;对于非对称 RF 噪音它们还提供在每一个相位和电容器星点 90 之间的低阻抗。

[0024] 电平鉴别器块 430 监测相对于地电势的星点电压。当星点电压超过设定电平时,鉴别器 430 传送禁止信号给开关器件 420。可选地,电平鉴别器 430 可以包括某一信号积分 (未示出),以在快速瞬变情况下抑制禁止信号。可以相对于正常运行情况期间所期望的瞬变设置积分时间常数。可选地,可以让鉴别器 430 的输出在滤波器单元的外部可用,以用信号通知故障的出现。然后滤波器可以包括电气错误输出、或者光学错误输出 (即,故障 LED)。

[0025] 开关单元 420 被插入在星点 90 和放大器块 460 之间。优选地,开关单元是基于固态继电器器件 (SSR),但是也可以包括机电式继电器、或者任何适当的开关器件。开关单元 420 的目的是在线绝缘故障、或者过度不平衡、或者任何导致在星点 90 的电压升高到正常值以上的情况下,将电容器星点 90 与地隔离开。开关单元还接受来自辅助电源供应单元 450 的控制。

[0026] 禁止还导致开关单元在通过星点 90 相对于地的电势的升高所检测到的线故障的情况下打开。开关单元 420 提供额外的安全度并且确保 ELC 在所有情况中都保持在安全限以内,并且确保滤波器是容错的 (fault-tolerant)。例如,在 IT 系统中一个相位的绝缘故障的情况下,滤波器将有效地将自己切断,并且该系统能够继续运行但具有较高的噪音水平,直到故障被修复。

[0027] 辅助电源供应 450 是小的隔离电源 (isolated power source)。它可以被远程放置并且在滤波器的外部,或者集成到它内。它应当由贯穿 (run through) 滤波器的相同电源线供电并且,典型地,它将被放置在滤波器负载侧。系统的电源需求直接正比于供应单元的输出电压;因此选择适度的电压电平有附带的优点。典型地,48V DC 和 10W 连续输出功率是充足的。在接通处,没有来自电源供应单元 450 的电压,并且继电器在它的正常的打开位置。这避免了通过放大器块 460 到地的涌入电流 (inrush current)。

[0028] 放大器块 460 接收它的来自电源供应单元 450 的供应,并且包括被布置按照由滤波器 470 所提供电压输入  $V_i$  的函数形式而减弱 (sink) 电流  $I_0$  的受控源 465。优选地,如它在图中被示出的,受控源近似于受控电流源,但这不是本发明的必要或限定特征。滤波器 470 是被调整 (dimension) 为拒绝、或至少衰减电源频率,以及让无线电频率传送到放大器 460 的高通滤波器。滤波器角频率被设置在,例如,150kHz。

[0029] 放大器 460 被布置,例如,为与电压输入  $V_i$  成比例地减弱电流  $I_0$ 。在这种情况下,

传递函数

$$[0030] \quad G(f) = \frac{I_o(f)}{V_i(f)} \quad (1)$$

[0031] 具有逆阻抗 (inverse impedance) 的量纲 (dimension), 并且放大器 460 被称为跨导放大器 (transconductance amplifier)。然而, 注意这不是必要特征, 并且本发明的滤波器可以根据环境被修改为使用电流控制的电流源、或者任何其它适当的受控电流源。同样根据情况, 输入  $V_i$  可以是差分或者单端的。

[0032] 可以理解到, 电流  $I_o$  具有降低星节点 90 处电压的效果, 其依次通过感测导线 415 和高通滤波器 470 降低放大器 460 的驱动。滤波器具有倾向于稳定输入电势的负反馈, 在这个情况下, 星点 90 在恒定值的电势, 至少在噪音频率波段。这样星点 90 处在 RF 频率的阻抗非常低并且实现了有效的噪音分流。重要地, 输入  $V_i$  被通过感测导线 415 直接地测量, 其未承载显著的电流并且, 所以, 引入了可以忽略的电压误差。通过放大器 460 中的正向增益 (forward gain) 来补偿在开关单元 420 和连接电缆中的任何电压降。本发明的滤波器可以忍受开关 420 的“导通”状态中的残余阻抗, 并且不被开关 420 的“导通”状态中的残余阻抗 (residual impedance)、以及电缆 417 的长度所影响。放大器的正向增益还补偿地电容器 330 两端的电压降。

[0033] 放大器单元 460 包括高压额定 (rated) 的电容器 330, 例如额定 X2 的电容器, 以确保在任何情况下的对地绝缘, 例如在高电势或涌流 (surge) 测试期间。也在在鉴别器 430 和滤波器 470 中, 在合适的地方, 提供等同的绝缘, 但是相应的电容器未被画出, 以避免图杂乱。注意到电容器 330 的值必须以来自电源供应 450 的的供应电压的函数进行选择是重要的, 较小的电容器需要较大的摆幅 (swing) 以便让希望的电流通过。由于电容器 330 的相对小的值以及由于通过高通滤波器 470 的电源频率的强烈衰减, 本发明的滤波器中的 ELC 比相似性能的常规滤波器中的明显地小。

[0034] 图 4 示意了根据本发明的另一实施例的低通 EMI 噪音抑制滤波器的另一例子。在本申请的这个图和其它图中的相同标号指示相同的或等同的特征。

[0035] 本发明的这个实施例是“T”型滤波器, 包括两个对称的扼流圈, 线侧上的线扼流圈 401 以及负载侧上的负载扼流圈 402, 由到地的中心分流路径所分开, 该中心分流路径优选地通过绝缘位移连接器 (IDC) 405 来获得。

[0036] 线和负载扼流圈 401、402 在线内施加纵向不对称的阻抗。典型地, 将使用高磁导率的磁核材料。优选地, 非常少的旋转 (turn) 将被应用到该核。典型地, 电源电缆只穿过核一次。因此扼流圈像串在电源电缆上的珠子 (bead)。所以这些扼流圈易于生产, 尤其对高电流应用而言。它们成本低, 紧凑, 具有低温度上升, 低功耗以及到负载电压降的低压线 (lower line)。另外, 电源电缆可以保持绝缘所以扼流圈内的滞缓和间隙距离 (creeping and clearance distances) 不是问题。因为扼流圈小, 不需要树脂 (灌注混合物) 来固定扼流圈, 这进一步降低了成本和重量。没有树脂, 滤波器可能更容易被回收, 其已经变成了环境问题。然而, 在不脱离本发明范围的情况下, 扼流圈 401、402 可以被不同类型的电感元件替代, 例如绕线感应器 (wound inductor)。

[0037] 电平鉴别器 430 由通过两个背靠背的齐纳二极管 431 实现, 并且通过额定 HV 电阻 432 适当地对地绝缘。它直接驱动开关单元 420 中的固态继电器的输入, 其被光绝缘。部件

421 是瞬变电压抑制器件,例如 MOV 压敏电阻、TranZorb® (成世 (Vishay) 的商标)、或者用于限制固态继电器两端的电压降的任何其它适当的部件,例如在涌流测试期间。为了同样的目的,相似的器件 469 被用在放大器单元 460 中。

[0038] 这个实现中的高通滤波器 470 是具有差分输出 461 的两级桥型滤波器。这具有降低可能导致谐振的过度相位偏移的好处。然而,其它实现也是可能的并且被包括在本发明的范围内。高通滤波器 470 被以地电势作为参考并且它被借助于高压额定电容器 472、462、和 463 与附近的级隔开。注意到本发明的滤波器中高压和涌流绝缘完全依赖无源 (passive) 绝缘方式是重要的。本发明的滤波器具有对从地的电源导体 700 的绝对绝缘 (positive insulation),其不能被有源部件的失灵所危及。

[0039] 图 5 和图 6 示意了滤波器和 IDC 连接器的组件。IDC 电缆夹 405 包括两个被紧固在电源电缆 700 上的半部 405a 和 405b。上部的夹子 405b 承载了三个绝缘位移器件 406,例如针或刀片,以便刺入电源电缆绝缘层并且提供与三个电源相位中的每一个的电连接。另外,电缆夹 405 优选地被固定到滤波器的罩 400 并且对在高电流应用中可以非常大的电源电缆提供机械支持。这节省了生产时间因为不需要为了进行电连接而从电缆移去绝缘层或者切开并且重新结合电缆。它还避免了曝露裸铜从而避免了另外的绝缘需求。根据本发明的未示意的变化,滤波器可以包括用于电源相位中每一个的单独的夹子。电缆夹 405 优选地用作对噪音滤波器剩余部件的支持,例如在装配 PCB 的模块 800 上,如它在图 5 上所显示的。

[0040] 根据本发明的另外一个方面,有源模块 800 可以被根据需要与最少数量的外部部件合并,以构成 EMC 滤波器。这样,本发明的 EMF 滤波器可以被常规地集成在主机装备内。优选地,模块 800 包括开关单元 420、跨导放大器 460、高通滤波器 470 以及鉴别器 430;根据需要辅助电源供应 450 和 X 网络 410 可以被包括在模块 800 中,或者分别提供。这样本发明的 EMF 滤波器可以被常规地集成在各种主机器件中。

[0041] 回到图 3,典型地,X 电容器网络 410 构造自三个适当绝缘类 (insulation class) 的电容器,例如根据 EN 132400 的额定 X1、X2、Y1、或 Y2 的电容器。高值的泄漏电阻 (bleed resistor) 与每一个电容器并行连接。这些电容器提供对称的模式衰减。它们还提供每一个相与电容器星点 90 之间的低阻抗路径用于不对称无线电频率噪音。

[0042] 在接通以及在故障的情况下,固态继电器 420 将电容器星点与地隔离。给固态继电器 420 提供两个控制输入,一个来自辅助电源供应 450 而禁止信号来自电平鉴别器 430。在接通时,没有来自辅助电源供应的输出电压所以继电器是开路电路。这避免了通过跨导放大器 460 到地的涌入电流。禁止输入使得继电器在线故障的情况下成为开路电路。这避免了电流从电容器星点 90 通过跨导放大器 460 流到地。固态继电器 420 具有可能妨碍 RF 电流的通态残余阻抗 (on-state residual impedance)。

[0043] 高通滤波器 470 制约电容器星点电压  $V_s$ 。它拒绝电源频率并且将无线电频率传送到跨导放大器的输入 461。跨导放大器 460 的传递函数被表示为  $B(f)$  并且具有,例如,在 150kHz 的断点 (break point)。

[0044] 跨导放大器 460 提供由差分电压输入  $V_i$  所控制的电流输出  $I_o$ 。它被表征为依赖频率的传递函数  $G(f)$ 。所以输出电流为

[0045]  $I_o(f) = G(f) \cdot V_i(f)$  (2)

[0046] 典型地可以用滞后-超前电路 (lag-lead circuit) 来修改  $G(f)$ , 以避免可以导致振荡和不稳定的过度的相位偏移, 如本领域内所知道的那样。提供过电流和过电压保护以在高电势测试期间保护跨导放大器 470 并且保护跨导放大器 470 免受线瞬变 (line transient)。通过内部反馈电阻提供 DC 偏置。跨导放大器 460 可以被电压放大器、或者任何其它有源分流器件替代, 如本领域内所知道的那样。

#### [0047] 从星点到地的阻抗

[0048] 根据以上等式, 星点和地之间依赖频率的阻抗是  $Z_s(f) = V_s/I_0 = 1/B(f) \cdot G(f)$ 。注意 SSR 通态残余阻抗与  $Z_s$  没有关系。

#### [0049] 高衰减中频段 (mid-band)

[0050] 分流路径在中频段 (在并且大于 HPF 断点) 提供从电容器星点 415 到地的低 RF 阻抗。典型地,  $Z_s$  将小于导致高不对称模式衰减的 1 欧姆中频段。  $Z_s$  矢量将具有实部因为  $B(f)$  和  $G(f)$  具有实部。在 HPF 断点,  $Z_s$  可能几乎是纯电阻。无源 LC 滤波器在他们地特征频率处显示欠阻尼振荡 (under-damped ringing)。此发明表现得更像 LR 滤波器并且因此避免了过度振荡。

#### [0051] 低正常模式漏地电流

[0052] 在电源频率处, 高通滤波器 470 强烈衰减星点电压  $V_s$  所以  $V_i$  将接近 0。所以跨导放大器 460 在电源频率处实质上产生 0 电流并且漏地电流被最小化。在电源频率处,  $Z_s$  接近为开路电路。

#### [0053] 低接通漏地电流

[0054] 在接通时, 因为辅助电源供应 450 关掉, 所以固态继电器 420 是开路电路。所以星点电压  $V_s$  可以摇摆到峰值线电压并且将没有接地电流通过跨导放大器 460 流到地。因此涌入漏地电流将被最小化。相反, 高的涌入漏地电流对无源 LC 滤波器而言是普遍的。

#### [0055] 低故障模式漏地电流

[0056] 在正常情况下, 星点电压  $V_s$  将在电源频率处 (主要的基波和低次谐波) 变化。这是由于相位电压的任何不平衡以及由于相位负载的不平衡造成的。高达 20V rms 的电压是典型的。在这些情况下, 固态继电器 420 依然关闭。在故障情况下, 相对于地的星点电压降显著增大。在 TN 供应中, 电容器星点对于单个故障将增大到  $0.5 \cdot V_p$  和对于双故障将增大到  $V_p$ , 其中  $V_p$  是相位到中性 rms 的电压 (phase to neutral rms voltage)。在 IT 供应中, 对于单个故障星点电压将是  $V_p$ 。在所有这些情况下, 电平鉴别器 430 提供禁止信号并且打开固态继电器 420。这将出现在设定时间内, 该设定时间取决于电路的时间延迟以及所增加的任何集成部件的时间常数。因此故障期间无源 LC 滤波器所经历的高稳态 (steady-state) 都被避免。在 IT 系统中, 不是经常使用无源 LC 滤波器因为在故障情况下损坏滤波器风险以及不希望的系统跳闸。本发明中这个实施例的滤波器可以被合并到 IT 系统上而没有滤波器或系统的风险。

#### [0057] 高电压隔离策略

[0058] 参考图 4, 相位和对地相位之间的耐受电压 (voltage-withstand) 相当于常规无源 LC 滤波器。隔离部件为与相关的安全标准兼容的电容器和电阻。

[0059] 这意味着电容器优选地是自恢复涌流类型并且电阻是高阻抗的、高电压涌流类型。X 电容器网络提供相位之间的隔离, 其相当于无源 LC 滤波器。在这个发明中, 仅从星点

进行对地连接。有 5 个地连接点。在图上这些被标注“HV”。在这些点处使用的部件提供对地隔离。所有隔离部件的电路布局 (layout) 和集成必须包括适当的滞缓和间隙考虑。其它的隔离方案也是可能的。

**[0060] 对传导瞬变的不受影响**

**[0061]** 电路对所有形式的传导瞬变 (涌流, 突变以及 ESD) 不受影响。目前为止这些中最严重的是涌流。对称涌流以正常方式通过 X 电容器。有源电路已经被适用为耐受不对称涌流事件。涌流电流将从星点通过固态继电器 420 和跨导放大器 460。固态继电器 420 和跨导放大器 460 中的每一个电源半导体通过内部电流限制来防止过电流。跨导放大器 460 和固态继电器 420 每一个都通过并行的压敏电阻来防止过电压。这些在图 4 中被标注 S。

**[0062]** 以上所描述的高电压策略及瞬变保护措施防止有源电路在高电势测试期间损坏。这个实施例的滤波器可以经受如在相关滤波器标准中所要求的 DC 高电势测试。

**[0063]** 图 7 示出了根据本发明的一个方面, 使用两个相同的模块 800a/800b 的两级滤波器的实现的例子。每一个模块优选地被实现在 PCB 上并且包括跨导放大器 460a/460b、高通滤波器 470a/470b、SSR 开关 420a/420b、“X”电容器阵列 410a/410b 以及鉴别器 430a/430/b。辅助电源供应单元 450 是在模块之间共用的。重要地, 用于线侧模块 800a 的供应线在中心核 403 进行半圈旋转 (half-turn), 为了避免串扰。每一个模块 800a/800b 具有 IDC 器件 405a/405b 以接触相位导体 700。

**[0064]** 必须针对线导体 700 的每一个类型特别设计 IDC 连接器 405a/405b, 并且为每一种可以想到的电缆类型去做不实际, 或者如果相导体没有被绝缘。图 8 示意了本发明的可替换实施例: 提供与图 7 中的实现等同的没有 IDC 连接器且没有到在线侧电感 401 和负载侧电感 402 之间的相导体 700 的电连接的两级滤波器。这种情况中, 模块 800a/800b 分别连接到在线接线端 409a 处和负载接线端 409b 处的相导体。因为噪音导线 417a 和 417b 以及感测导线 415a 和 415b 分别在线侧扼流圈 401 和负载侧扼流圈 402 中通过, 在这些导线上所感应的电动势 (emf) 等于在线导体 700 中的总的 emf。感测导线 415a、415b 所感测的电压因此与在 X 网络被插入在扼流圈之间的情况的相同, 如在前面的例子中的一样。

**[0065]** 所以, 滤波器与图 7 中的一个电气地等同并且基本有相同的频率响应。在感应器 401、402 中通过感测导线 415a/415b 以及噪音导线 417a/417b, 一个产生等同于在感应器 401、402 之间的连接的虚拟分流节点 (VSN)。电缆长度的增加没有结果因为如已经看到的, 电缆的阻抗被放大器的增益补偿。

**[0066]** 本发明的滤波器的一个优点是它一直维持低漏地电流, 因此与 RCD 器件兼容。另一优点是简单的感应器结构, 其中典型地, 电源导体无需缠绕而直接通过滤波器。

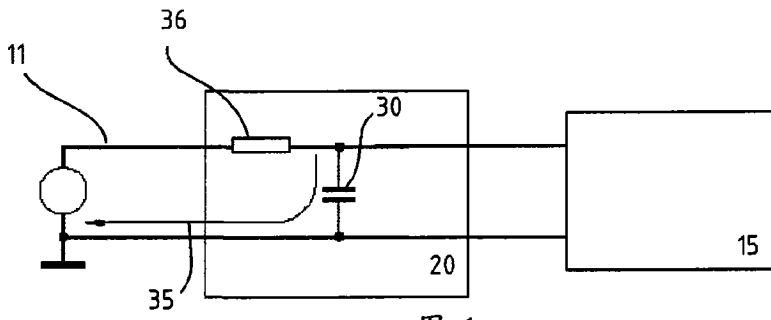


图 1

现有技术

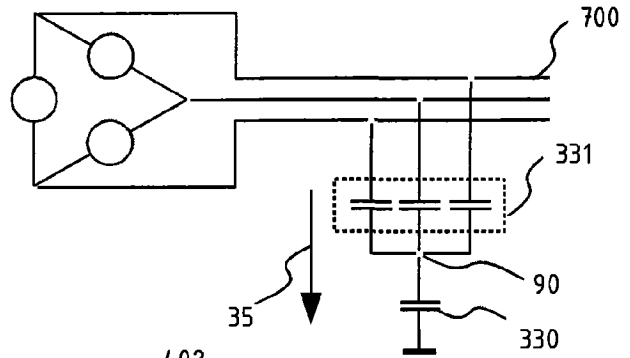


图 2

现有技术

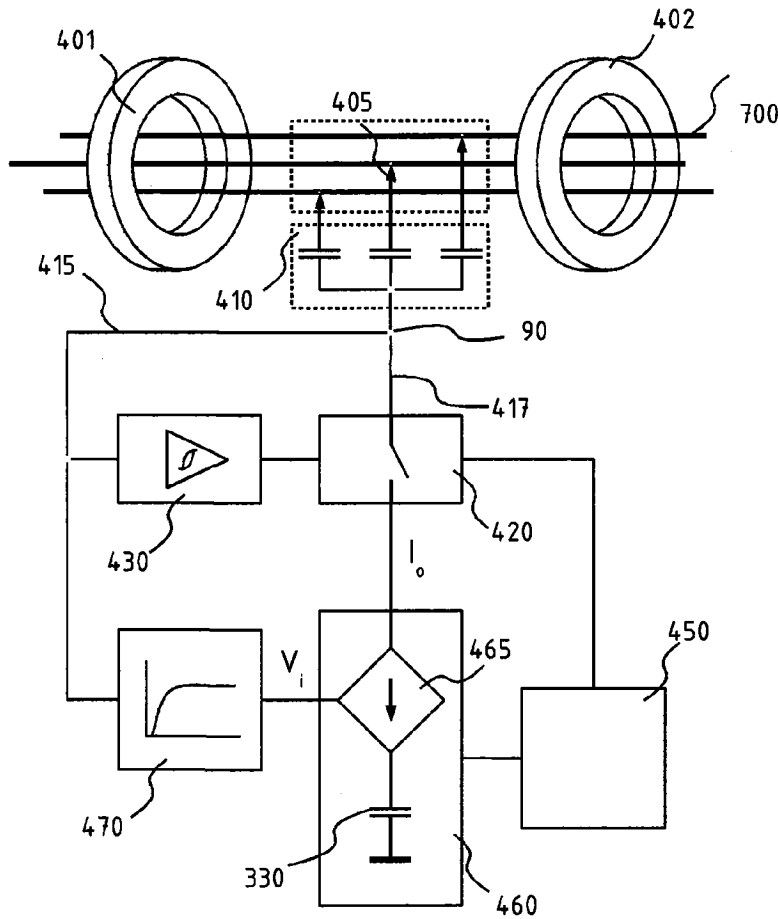


图 3

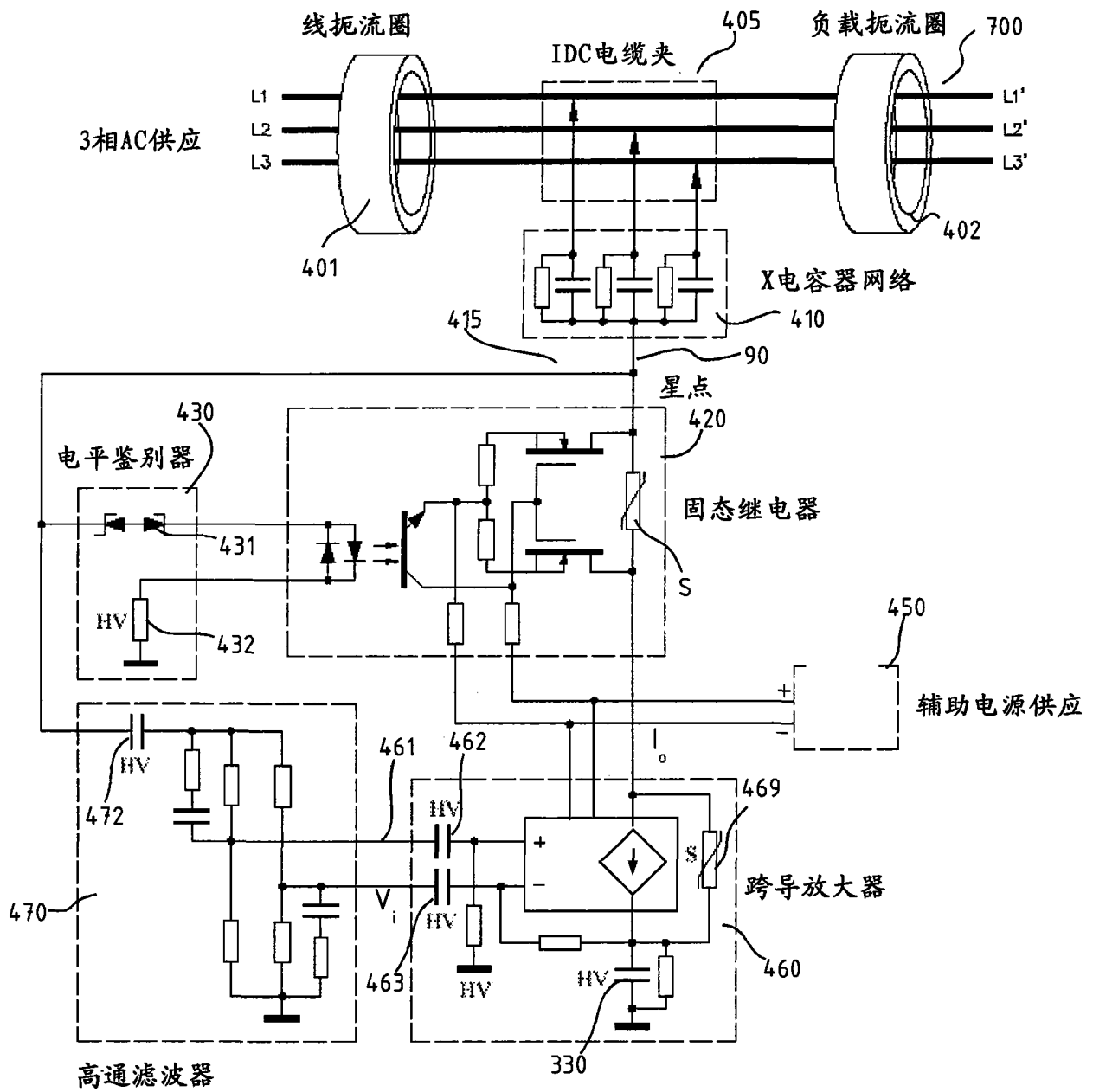


图 4

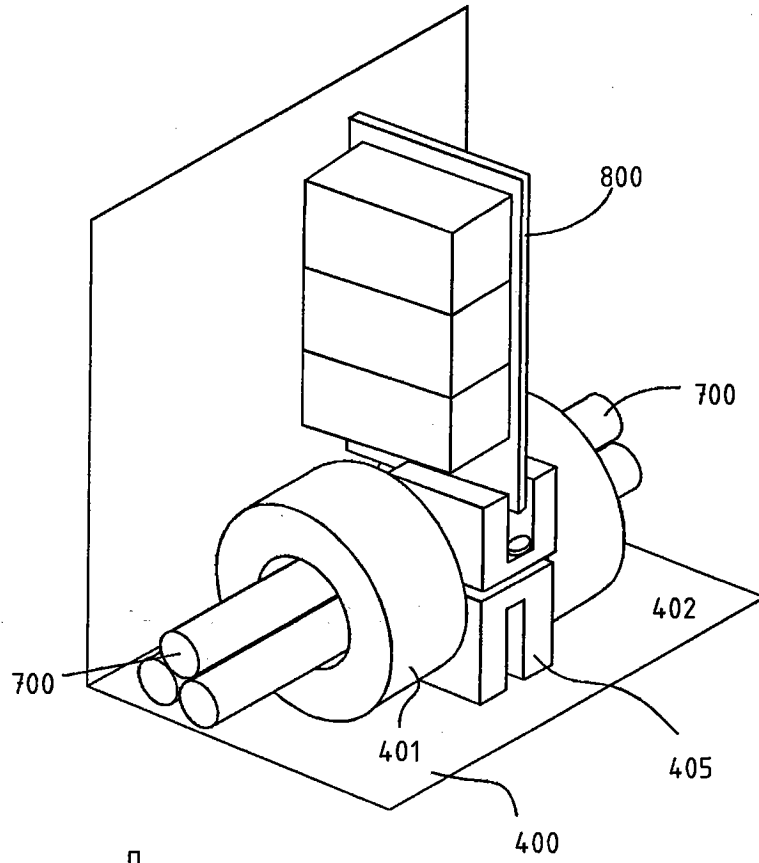


图 5

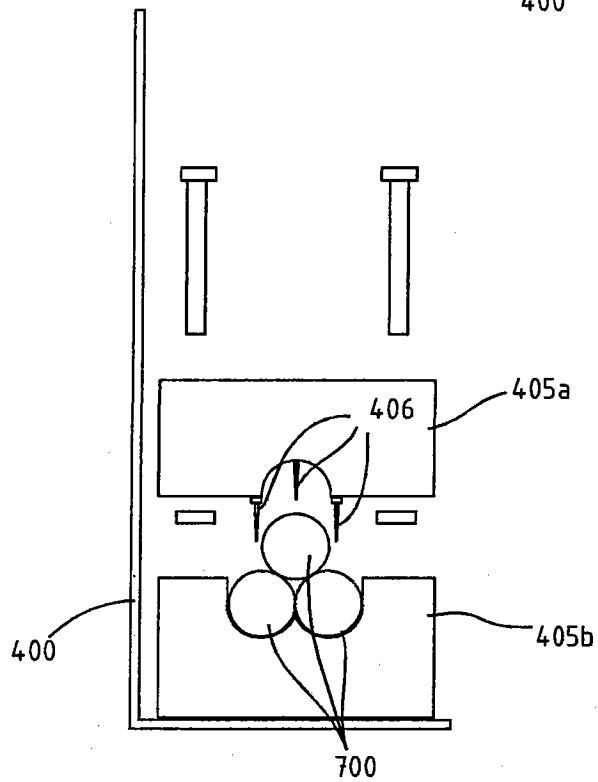


图 6

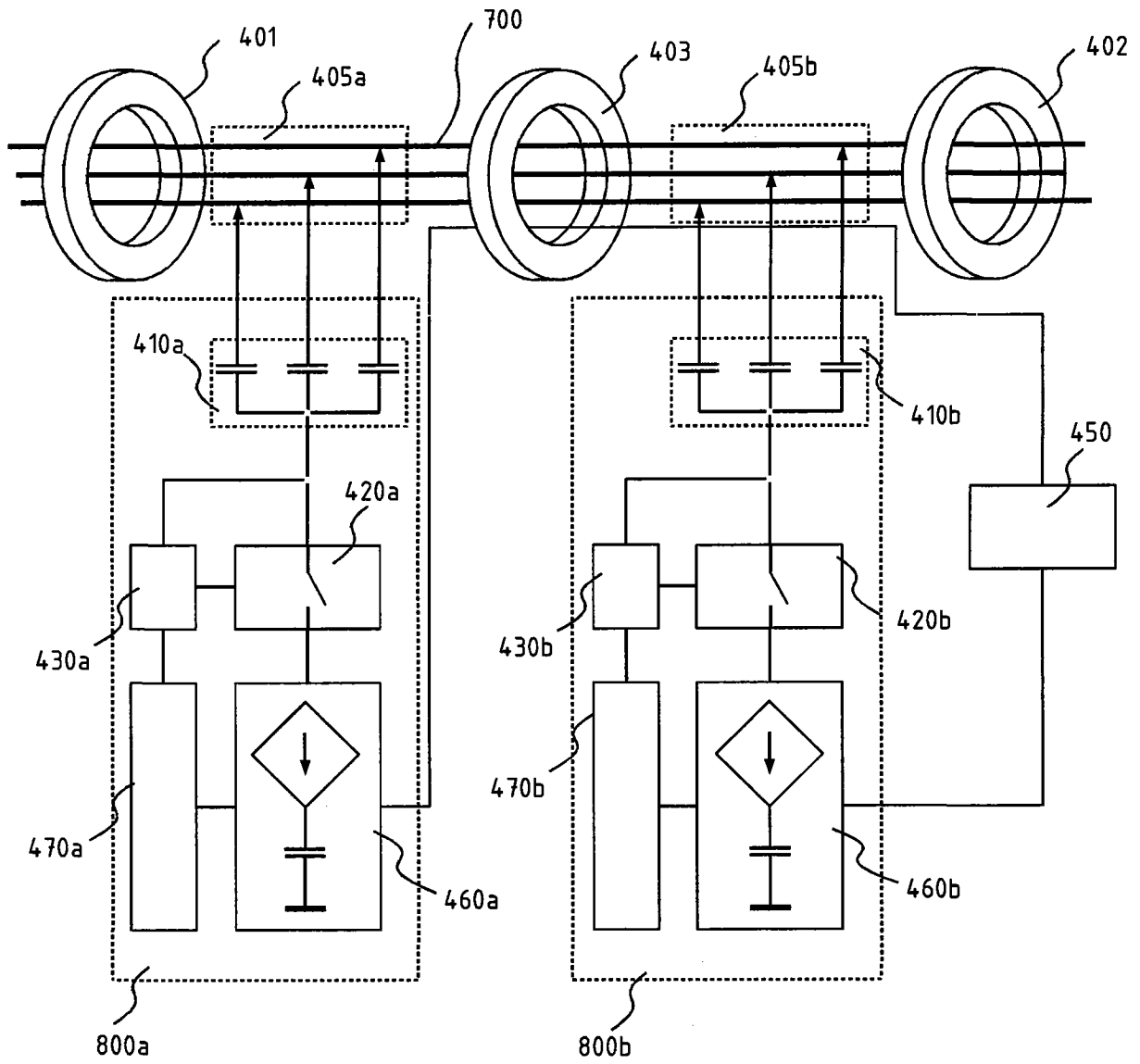


图 7

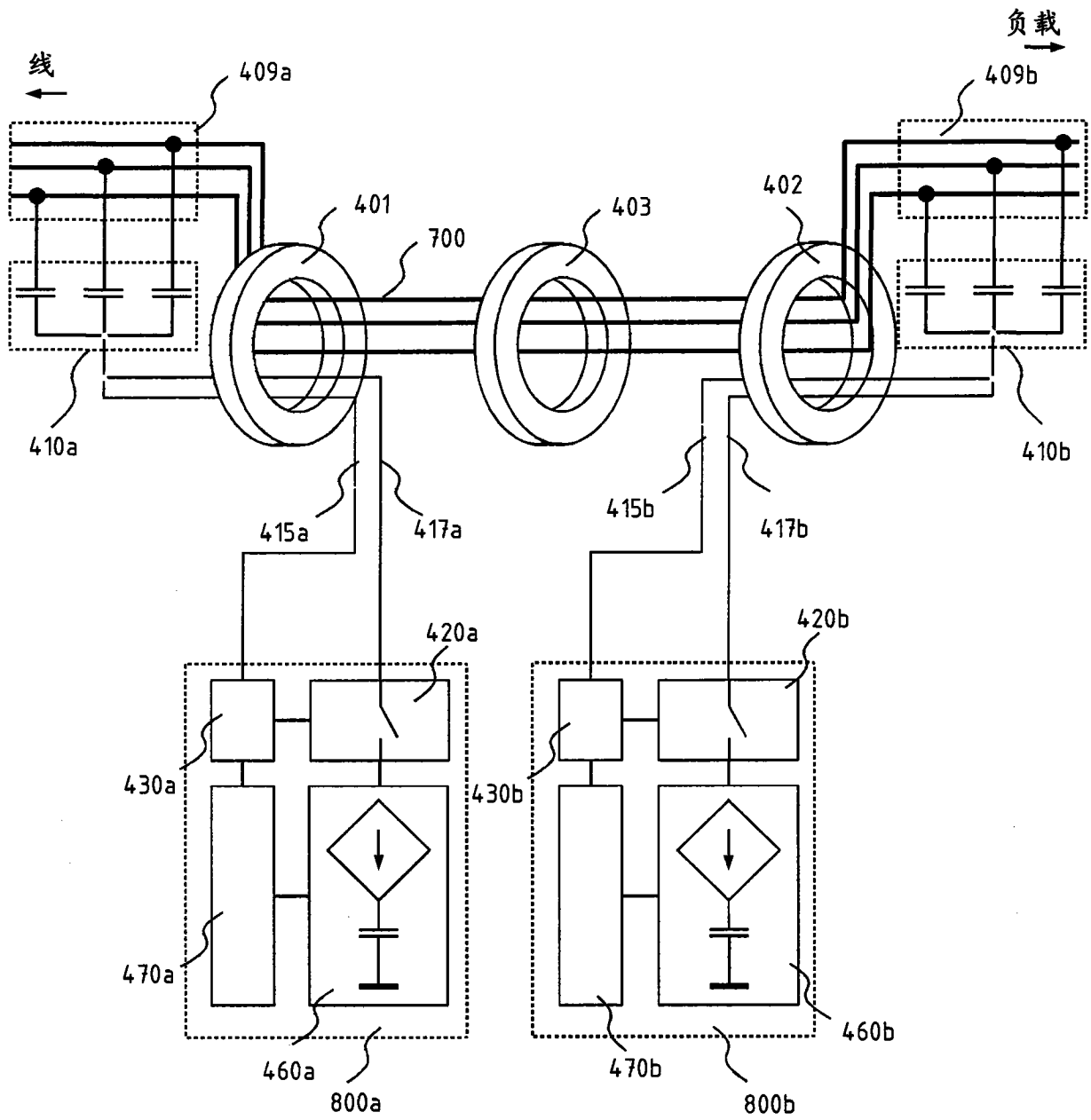


图 8