



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92109797.2

[51]Int.Cl⁶

[45]授权公告日 1995 年 8 月 16 日

H03H 7/06

[24]颁证日 95.6.4

[21]申请号 92109797.2

[22]申请日 92.8.29

[30]优先权

[32]91.8.30 [33]US[31]07 / 753,050

[73]专利权人 BBA加拿大有限公司

地址 加拿大安大略省

[72]发明人 帕特里克 E·伯克 诺伯特·皮尤尼

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

H01F 27/00

代理人 何培硕

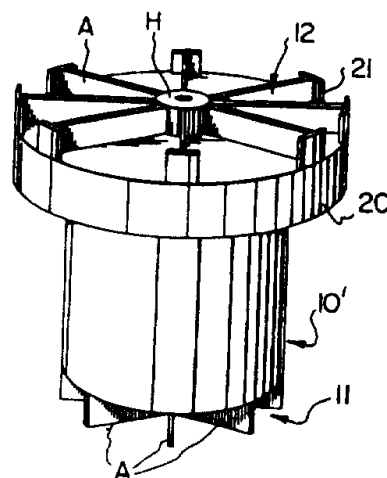
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 高功率耗散谐波滤波电抗器

[57]摘要

一种空气芯电抗器 (10)，它具有一个安装在上面的选下的特性材料的带圈 (20)，仅提供电磁耦合的电阻，该电阻反馈回用作滤波的电抗器的绕组。



权 利 要 求 书

1、用于交流电力传输系统的装置，其中，该装置包含至少具有一个圆柱形线圈绕组 (L A 1) 的空气芯电抗器单元 (1 0)，其特征在于，用于所说的电抗器的电阻 (R^{12} 、 R^{12})，只通过对其电磁耦合来工作，所说的电阻与所说的电抗器的线圈绕组电绝缘、并且设置成与所说的线圈绕组的磁耦合中的金属元件 (2 0，2 0 D)，将所说的金属元件安装在所说的电抗器上的装置 (2 1，2 2) 且彼此留有一空的空间间隔，为的是从所说的金属元件上散发大量的热，同时并不损害所说的电抗器，所说的金属元件对电磁场敏感，该电磁场是由所说的电抗器的线圈绕组感应产生的，在使用过程中，在选定的频率下，或者在高于电力传输系统的电力频率的频带下， I^2R 反馈回所说的绕组，导致所说的电抗器的品质因数Q在所选定的较高频率下降低。

2、按照权利要求1的装置，其特征在于，所说的金属元件 (2 0，2 0 D) 是安装在所说的电抗器单元上的一个闭环薄带圈。

3、按照权利要求2的装置，所说的空气芯电抗器在其每一端具有一个辐射片 (1 1)，所说的辐射片包括一个轴 (H)，它具有多个向外辐射出的臂A，其特征在于，所说的带圈安装在所说的臂的外端。

4、一个用于电力分配系统的空气芯电抗器单元 (1 0)，其具有一个线圈绕组 (L A 1，L A 2，L A 3) 的电抗器单元，其特征在于，该空气芯电感器单元还具有电阻元件 (R^{11} 、 R^{12})，在一个预先确定的频率范围下，它耗散能量并降低所说的线圈绕组的品质因数

Q，该预先确定的频率范围大于电力分配系统预先确定的运行频率，所说的电阻元件在径向朝外地与所说的线圈绕组有一定的间隔；绝缘体（21），用于使所说的电阻元件与所说的线圈绕组之间电绝缘，所说的电阻元件仅通过感应的方式与所说的线圈绕组电连接，由所说的线圈绕组所产生的电磁场直接电磁耦合到所说的电阻元件，在所说的电阻元件中，通过所说的电磁耦合感应出电流，以在所说的预先确定的频率范围中，在所说的电阻元件中产生 I^2R 损耗，所说的损耗感应地与所说的线圈绕组相耦合。

5、按照权利要求4的改进的空气芯电抗器单元，其特征在于，所说的电阻元件包括一个扁带圈（20，20D），它由具有温度稳定性的电阻材料制成。

6、按照权利要求5的改进的空气芯电抗器单元，所说的线圈绕组是圆柱形的，并具有一个纵轴，由此定义一个纵向，其特征在于，所说的扁带圈是一连续的层状材料制成的带圈，其纵向的长度显著地大于所说的带圈在垂直于所说的纵向的方向上的厚度。

7、一种具有电力系统运行频率的、用于电力传输系统的滤波器结构，包括一个LC电路，其特征在于，所说的LC电路的电感器是一个具有电阻元件的空气芯电抗器，该电阻元件只在与所说的电抗器的线圈绕组的直接的电磁耦合下工作，以在选定的频率下，或者在高于所说的电力系统运行频率的频带下降低电抗器的品质因数Q，其中，所说的电阻元件与电感器是电绝缘的。

8、按照权利要求7的滤波器结构，其特征在于，所说的电阻元件是一个由选定的其电阻率基本上不受温度变化影响的材料制成的封闭环带圈。

9、按照权利要求8的滤波器结构，其特征在于，所说的材料是高电阻温度稳定性的镍合金材料。

10、按照权利要求7的滤波器结构，其特征在于，所说的电阻元件包括镍合金材料带圈，该带圈安装在所说的电抗器上的装置，所说的带圈环绕所说的电抗器，并且其位置与之在径向有一定的间距。

11、一种用于电力分配装置的滤波器系统，它包括一个一级并联的LC结构，与一个二级串联的LC结构相串联，其中的每一个都具有预先确定的容量，其特征在于，每一个LC结构的电感器是一个空气芯的具有电阻元件(20, 20D, R¹1 R¹2)的，电抗器(10, 10¹ L¹1 L¹2)电阻元件仅在与所说的电抗器的电磁耦合下工作，所说的电阻元件是电阻材料制的带圈，在径向与电感器有一定的间距，以散发预先确定的能量，所说的耦合对选定的预定频率敏感，在所说的预定频率下降低品质因数Q。

12、一种能够传送高功率水平的电滤波器，其包含：

刚性的两端开放的管式空气芯电抗器(10)，它具有相对的两端，至少有一个线圈绕组(LA1)开始于所说的相对端的一端，而终接于所说的相对端的另一端，其特征在于，该电滤波器还包含：至少一个由选定的电阻材料制成的带圈(20)，以闭环形式环绕在所说的管状电抗器的选定部分上，所说的每个带圈在管状电抗器的纵向方向上的宽度，显著地大于其总的厚度，其厚度与所说的纵向相垂直；装置(21, 22)，其设置成将所说的每个带圈支撑在某个位置，该位置与所说的电抗器在径向有一定的间隔，并且与所说的绕组电

绝缘，每个所说的材料带圈对电抗器提供电阻，并且只通过与每个所说的绕组的直接的电磁耦合而工作，从而在一个选定的频率下，或者在比电力分配系统所用的频率高的频带下降低电抗器的品质因数。

1 3 、按照权利要求1 2 的装置，其特征在于，所说的每个带圈由镍合金材料制成。

1 4 、按照权利要求1 2 的装置，其特征在于，所说的空气芯电抗器在其一端有一个多臂的导电辐射片（1 2 ），这里在所说的一端的每个所说线圈绕组，与所说的辐射片的选定的臂A 电连接，这里每个所说的带圈由所说的辐射片所支撑。

1 5 、一种电力分配系统中所用的，能够传送高功率的装置，它包括：空气芯开端圆柱形线圈单元，它具有多个由绝缘导体制成的螺旋形线圈绕组（L A 1 ， L A 2 ， L A 3 ），每个绕组开始于所说单元的一端，而终止于它的另一端；多臂辐射片单元（1 1 ， 1 2 ），它包括多个臂（A），从中心轴（H）向外辐射出，位于所说的圆柱形线圈单元的相对两端的至少一端上，在所说的一端上的所说的线圈绕组与辐射片单元的选定的臂相连接；其特征在于，该装置还包含：用于所说的线圈的电磁耦合的电阻元件（R¹1 R¹2），它包括至少一个电阻材料的带圈（2 0 ， 2 0 D），它与所说的线圈单元同轴，并且环绕所说的线圈单元的一部分，并且与之在径向有一定的间距；带圈安装装置（2 2 ），保持所说的带圈在固定的位置，该位置相对于所说的线圈单元在径向有一定的间距，其中，所说的电阻元件仅通过与所说的线圈绕组的电磁耦合而工作，在一个选定的频率下，或者在高于动力系统操作频率的频带上降低所说

的线圈单元的品质因数。

1 6、按照权利要求1 5 的装置，其特征在于，所说的至少一个带圈安装在辐射片的臂的径向外端，并与之电绝缘。

1 7、按照权利要求1 5 的装置，其特征在于，它包括两个或多个电阻材料制成的彼此有一定的间隔的带圈，其相对于所说的线圈单元有一定的间距。

1 8、按照权利要求1 7 的装置，其特征在于，所说的两个或多个带圈彼此同轴，且彼此之间与所说的圆柱形线圈单元之间，在径向有一定的间距。

1 9、按照权利要求1 5 的装置，其特征在于，所说的带圈靠近所说的圆柱形线圈单元的一端。

2 0、按照权利要求1 5 的装置，其特征在于，所说的电阻元件是镍合金材料的薄带圈。

高功率耗散谐波滤波电抗器

本发明一般地涉及一种用于电力传输系统的空气芯电抗器，更具体地，涉及一种与电阻性元件相结合的空气芯电抗器，该电阻性元件安装在电抗器上，并且与电抗器保持有一定的间隔，而且与电抗器是电绝缘的。该电阻性元件最好是带状的，并且最好是由高阻抗的，温度稳定性好的材料所制成。该电阻性元件只对由电抗器的线圈绕组所产生的电磁场感应。电阻性元件完成两个任务，其一是在滤波电路中作为电阻器，其二是作为散热器。

本发明的电抗器的特征在于，它在选定的频率，或频带下具有很低的品质因数，该频带高于电力系统的频率，并且在此频率或频带下需要吸收极大的能量。

电力系统电抗器通常用于与电阻器和电容器相结合以实现滤波功能、控制来自电容器组的激速流入和激速流出，等等。电抗器和电阻器的并联组合应用很广泛。这种组合的目的是改变电抗器在高于系统频率的频率下的固有特性，结果这种组合使得对这些频率有较低的品质因数，并且在这些频率下吸收大量的功率。

例如，电抗器和电阻器的并联组合，用于与一个电容器相串联以形成一个滤波器，该滤波器对电源频率呈现高阻抗，但是对谐波频带呈现低得多的阻抗。另一种方案是电容器也与线圈和电阻器相并联。后者的滤波电路对谐波频带呈现高阻抗，而对电源频率呈现低阻抗。

在这两种情形下，主要由电路的电感和电容来决定谐振频率，而主要由电阻来决定带宽。

由前述的两个方案相串联所组成的第三种组合形成一种滤波器，它对两个选定的频率均呈现低阻抗，这两个频率的建立是通过选择两部分滤波器的LC值来实现的。

所有上述三种组合常常用于滤除由电力系统上的大功率半导体开关器件产生的谐波，例如：直流到交流变换中的开关器件以及静态补偿系统中用来控制电抗器功率流量的开关器件。

电抗器和电阻器的并联组合也用于控制大电容器组与电力系统接通或断开时的，来自大电容器组的激速流入和激速流出。

通常，与电抗器并联的电阻器是分离式器件，而且在户外安装时，必须置于防水罩之中。分离式电阻器的主要优点是耗散只取决于电阻器上加的电压（即：电抗器上加的电压），且与频率无关。但是，使用分离式的并联电阻器用于耗散大量的能量，其成本很高，包括设备本身的成本和所需安装空间的成本。

1974年4月30日出版的美国专利US 3,808,562，公开了一种能够传送大功率的滤波器扼流圈，包括一个扼流线圈和与该扼流线圈相并联的一个有功电阻元件。该有功电阻元件是磁中性的，既不产生磁场以影响扼流线圈，也不显著地受该扼流线圈的磁场所影响。

本发明的主要目的是提供一种具有电阻性元件的空

气芯电抗器，在使用过程中，它只是电磁耦合，并且它能够耗散高功率。

本发明的一个方面是，提供一种用于交流电力传输系统的装置，它包括空气芯电抗器单元 10，其特征在于，所说的电抗器的电阻 (R^{11} , R^{12}) 只通过电磁耦合工作，所说的电阻包括金属元件 20, 20D，它与所说的电抗器的线圈绕组电绝缘，并且处于与所说的绕组的磁耦合的位置。装置 21, 22 将所说的金属元件安装在所说的电抗器上，且彼此留有一定的空间间隔，为的是从所说的金属元件上散发大量的热，而不损害所说的电抗器，所说的金属元件对电磁场感应，该电磁场是由所说的电抗器的线圈绕组感应产生的。在使用过程中，在选定的频率下，或者在高于电力传输系统的动力频率的频带下，反馈回所说的绕组的损耗 I^2R 导致所说的电抗器的品质因数 Q 在所选定的较高频率下降低。

本发明特别地涉及一种能够传送高功率的电抗器，它包括一个开口的管状空气芯电抗器，以及至少一个由选定的电阻性材料制成的带圈，以闭环形式环绕在所说的管状电抗器的选定部份上，并且与电抗器在径向留有一定的空间间隔，所说的带圈在管状电抗器的长度方向上的宽度大于其厚度，其厚度方向与管状电抗器的纵轴相垂直。支撑所说的带圈在所说的位置上的装置与电抗器在径向留有一定的间隔，使所说的带圈与所说的电抗器的绕组电绝缘，所说的电阻性材料的带圈只被由电抗器所产生的电磁场感应。

空气芯电抗器最好包括同轴的，在轴向上同时延伸的圆柱形线圈，它埋入用玻璃纤维刚性增强的树脂材料例如环氧树脂中，还包括位于电抗器至少一端上的多臂辐射片，为的是以并联方式连接线圈绕组，并且允许不同绕组的分层绕制。与线圈电绝缘的电阻元件，只对使用过程中产生的电磁场感应，于是引起了 I^2R 损耗，它反馈回线圈，导致品质因数 Q 下降。电阻元件只对电磁场感应，因此它是一种电磁耦合电阻元件。该电阻元件包括一个或多个电阻性材料的同轴带，每个带圈都是闭环形式，与线圈同轴接近线圈，但与线圈在径向上留有一定的间隔。带圈是由带圈固定装置安装的，该装置保持相对于线圈的固定位置关系，并且与线圈电绝缘。每个带圈都是由其电阻不受温度变化的显著影响的、称之为温度稳定性材料制成的。例如，该材料可以是镍铬合金，诸如公知的商标为NICHROME的产品。使用不锈钢的效果也很好，与镍铬合金相比不锈钢更便宜，且更易制成宽度、厚度范围更大的带圈。

附图简要说明：

图1是一个斜视图，表示本发明所涉及的一种滤波器的结构；

图2是一个斜视图，表明图1所示的滤波器的电阻元件的一种改形；

图3是一个局部剖开的斜视图，更详细地表明了一个安装有高电阻材料的带圈的空气芯电抗器，以提供相应于本发明的传送高功率的滤波器；

图4是现有技术中的一个普通的用来通过11次和13次谐波的滤波器的说明性实施例的电路图；

图5是本发明的电路图，其设计参数与图4相同；

图6表明与图5和图6相应的输入阻抗曲线。

下面结合了附图和实施例阐述本发明：

图1和图3表示一个刚性两端开口的圆柱形线圈单元，它具有两个多臂辐射片，其中一个位于一端，另一个位于相对的另一端。根据需要，也可以只有位于线圈单元一端的多臂辐射片。

如图3所示的线圈单元10，包括多个刚性的圆柱形线圈，以10A，10B，10C，10D和10E来表示，且它们是同轴装配，间隔S使其在径向彼此间隔一定的间距，以在其间造成空气通道。位于相对两端的辐式片11和12，提供并联连接线圈的装置，并且还在不同的环形位置上局部地终接线圈绕组，即：本领域内所公知的分级绕制。这种一般构造及其变形的线圈和辐射片是公知的，参见美国专利US 3,902,147, 1975年8月26日出版；US 3,225,319, 1965年12月21日出版；US 3,264,540, 1966年8月2日出版；英国专利1,017,029, 1966年1月12日出版，以及英国专利1,007,569, 1962年5月29日出版；这些参考文献的内容合并于此作为参考。

位于线圈单元的相对两端的辐射片11和12，每个都具有一个中心轴H，从上面辐射出多个臂A。位于相对两端的辐射片用合适的连结杆（未示出）结合在一

起。线圈 **10A**, **10B**, **10C**, **10D**和 **10E**可以由一层或多层所组成（在径向并排），例如在图 **3**中标明为 **LA1**, **LA2**和 **LA3**, 它们由绝缘导体绕组所组成，每一个都在线圈单元的一端具有一起始端，终端在相对的另一端，这样相对的端分别与辐射片 **11**和 **12**相连结。如果需要的话，辐射片 **11**可以省略，并用电抗器安装装置和合适的连接装置来取代，为的是在这一端连接线圈绕组。每一层可以是一个或多个导体高（在线圈的轴向），所有的绕组都是螺旋状的，且是被绝缘的导体。

图 **1**以最简单的形式来表示本发明，它包括一个电磁耦合的电阻元件 **20**，形状是电阻材料的带圈，与线圈单元 **10'**同轴，且在径向与线圈单元有一定的间隔。线圈 **10'**最好是和上述的线圈单元 **10**基本上相同，但其最简单的形式可以是一个单独的圆柱形线圈（空气芯）。带圈 **20**是一个高电阻材料的薄带，高电阻材料例如是镍合金，如商标为 **NICHROME**的合金或类似的温度稳定性好的材料，形状是连续的闭环。例如用支架 **21**将带圈安装在电抗器上，支架 **21**装在辐射片的臂 **A**的外端。支架 **21**也可以是垫片，如图 **1**所示，直接安装在臂的一端，或者如图 **3**所示，用丁字支架 **22**相连接。图 **1**中所示的实施例中的带圈 **20**位于线圈单元的一端。但是，根据所要求的耦合因数，它可以沿线圈的轴向位于不同选定的位置上。在大多数情形下，希望是强耦合，如图 **1**中所示的位置，可以达到这样的结果。辐射片的

臂A是导电性的，于是所安装的支架21必须由绝缘材料制成（或者至少由绝缘装置安装在臂上），使带圈20与辐射片臂之间电绝缘。

不象图1中只有一个单独的带圈，也可使用两个或多个带圈，两个或多个带圈可以有各种各样的安排和位置。参见图2，一种安排是包括一组同轴的径向有间隔的带圈，图中画出了三个单独的带圈，标明为20A，20B，20C。这些带圈在径向有间隔，通过径向隔片23彼此连接。这些隔片是金属的，并且焊接即牢固地固定在圈上，使得多个带圈成为一个牢固的刚性整体。隔片不必用绝缘材料制成，因为它们不影响该装置的运行。但是，必须指出的是，带圈与辐射片臂的导电部份是电绝缘的，如前所述，辐射片臂用于并联连接多个线圈绕组，并且也用于提供绕组的分极绕制。隔片23的数目和位置可以有所变化，这取决于结构中所需的强度。带圈的数目和位置，以及安排也可以有所变化，这取决于所要求的物理和/或电性能。例如，可以只有两个带圈，其位置如图1所示。又例如，另一个带圈20D安装在辐射片11上，如图3中的虚线所示。当这些带圈安装在辐射片上时，它们也可以用其它装置安装在电抗器其它任何位置上，在图中没有表示。

当电抗器通以电流时，其磁场耦合了短路环，该短路环是由电阻材料的带圈在其中感应电流而产生的。因为带圈优选地是由高电阻材料制成的，其中引起了 I^2R 损耗，并且该损耗反馈回线圈，导致线圈的品质因数 Q

降低。

选择带圈的数目，制造带圈的材料，带圈的厚度，宽度，及其直径，以及带圈相对于线圈中间平面的位置以完成下列要求：

(1) 在设计频率下，带圈中的功率耗散，必须由滤波器设计所确定；

(2) 带圈的电阻应该足够的高，使得其中流动的电流实际上与感应电压同相，即，带圈在规定频率下的感应电抗应该大大小于带圈的电阻；

(3) 选择带圈的数目，以及它们在线圈轴向的宽度，使得耗散元件所呈现的表面积足够大，以确保其温升不会超过一个规定的最大值。例如，如果对耗散装置所规定的最大温升是 200°C ，于是所有带圈的总表面积应该足够地大，使得每平方厘米表面积的带圈的功率耗散不大于约 0.7 瓦。

耗散元件的设计必须和电抗器的设计成为一个整体。大多数用于滤波用途的电力电抗器由同心螺线管构成，该螺线管由辐射片装置并联在电抗器的顶部和底部。电抗器本身的设计非常复杂，因为所有的并联层是耦合的，且彼此相互作用。为了确保电流在电抗器不同的层之中适当地分流，在设计过程中必须考虑到这种耦合，并且选择精确的匝数和各层的匝数，以确保建立正常的电流平衡。

当耗散元件加到电抗器上时，所有的带圈与所有的电抗器的层进行耦合。当在耗散元件的带圈中感应出电

流时，这些电流与主线圈层相互作用，如果线圈是单独设计的，这会改变已建立的电流平衡，产生其中的新的电流平衡。于是，整个装置，线圈和耗散元件，必须在相互作用的基础上按一定的规划来设计，这会导致线圈的适当的感应，线圈的各层中电流的适当平衡，在设计频率下耗散元件的适当的总损耗，耗散元件的足够的表面积，以确保温升不会超过所规定的最大值，最后，耗散元件的带圈中流动的电流必须实际上与元件中的感应电压同相。这就意味着耗散元件的每个带圈的电阻，比在规定的工作频率下每个带圈的有效电抗大。

用于电力滤波的本申请人的耗散系统具有如下优点：

(1) 本系统能获得充分的耗散，异导致线圈的低品质因数，这远远超过了通过电抗器本身或周围结构中的涡流所达到的效果；

(2) 电抗器加上耗散元件的特性，可与电抗器与分开设计的电阻器相并联的情形相匹敌。但是，前者较后者便宜。

(3) 和次级绕在电抗器上，且电阻元件与电抗器相连接的系统相比较，本申请人的系统非常便宜；

(4) 本申请人的系统非常简单，而且较现有系统保持更为独立；

(5) 因为将一个耗散元件组合在电抗器的设计中，本申请人的系统较其它系统占据更小的空间，于是安装费用低。

(6) 本申请的系统可以设计用于非常高的 **BIL**

值，因为脉冲值主要取决于电抗器的设计，并且耗散元件不显著地改变电抗器的脉冲承受力。这和分开的电阻器的使用形成了对照，分开的电阻元件还必须设计成能够承受高脉冲值，这样则显著地影响了电阻元件的成本。

(7) 在本申请的系统中，对耗散元件不需要有单独的外罩，而使用分开的电阻器的系统需要对这些电阻器进行遮蔽。

如图 4 至图 6 所示，通过实施例比较本滤波器结构和以前公知的结构。图 4 是一个用于滤波器的电路图，设计成用来在 50CPS 电力系统中，通过 11 次和 13 次谐波。如图所示的电路包括电容器 C_1 和 C_2 ，电感线圈 L_1 和 L_2 以及电阻器 R_1 。它们以串并联方式连接，如图所示。电阻器 R_1 的额定功率是 350KW。图 6 中的实线表明这种滤波器的输入阻抗 (OHMS) 曲线。虚线曲线示出根据本发明所构建的等效滤波器的输入阻抗，其中 320KW 的总的谐波功率耗散在电磁耦合的电阻器元件 R^{11} 和 R^{12} 上，如图 5 中的电路所示，电阻元件 R^{11} 和 R^{12} 附加在两个电抗器 L^{11} 和 L^{12} 上。电抗器 L^{11} 的耦合电阻器 R^{11} 包括六个同心的 NICHROME (商标名) 合金环，每个环都是 16 英寸高，0.085 英寸厚，且直径各为 91，93，95，97，99 和 101 英寸。该单元在 200°C 的温升中耗散 230KW 的能量。线圈 L^{12} 的耦合电阻元件包括三个同心的 NICHROME (商标名) 合金环，每个均为 8 英寸高，0.01 英寸厚，直径各为 80，82 和 84 英寸。该单元耗散 90KW 功

率。

进行成本比较，图4中的320KW的电阻器单元R1是约10,000.00美元，而电抗器L¹1和L¹2的耦合电阻器单元的总成本仅是约5,000.00美元。

在上述NICHROME合金使用中，对某些应用领域它是用作带圈的优选材料，但是它的高电阻使得它在另一些领域中不适合应用，必须根据应用来考虑材料的特性。重要的是，材料必须是温度稳定性好的。一些其它的被认为是合适的合金是镍铜和铬铝合金和不锈钢。

如果Q值（品质因数）低于某个值，滤波器的磁耦合带圈具有明显的缺点。测度表示，使Q值达到6，带圈中的电流就与电压不同相。显然，当频率升高时，在给定的电压下，功率就下降，在某些应用中，使用公知的具有硬导线电阻的滤波器结构可能会更为有效。

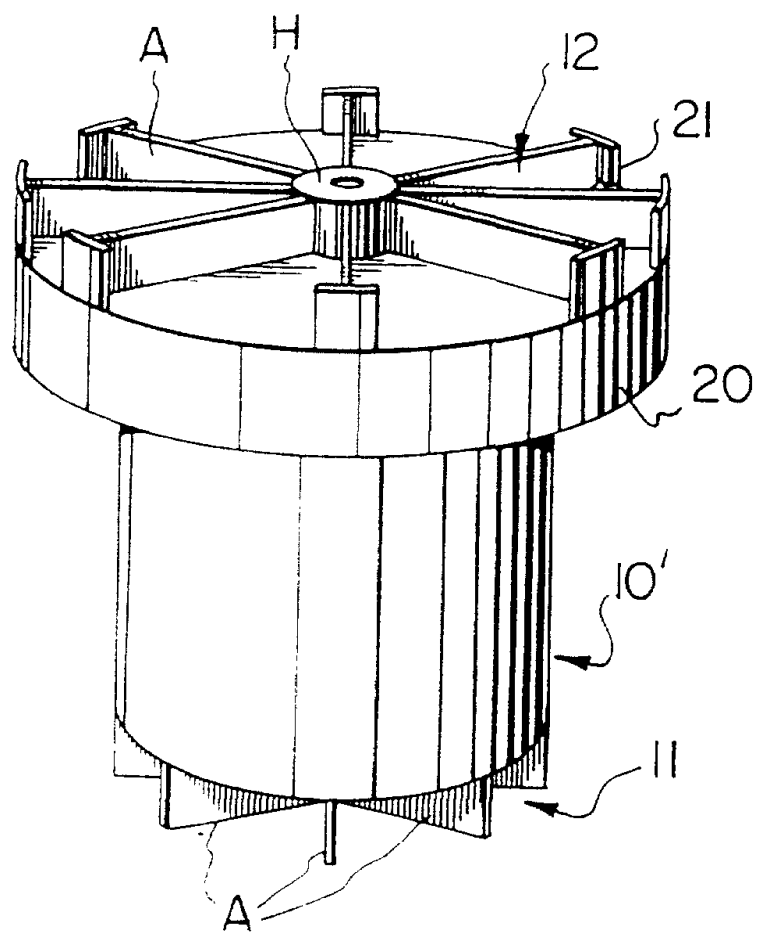


图1

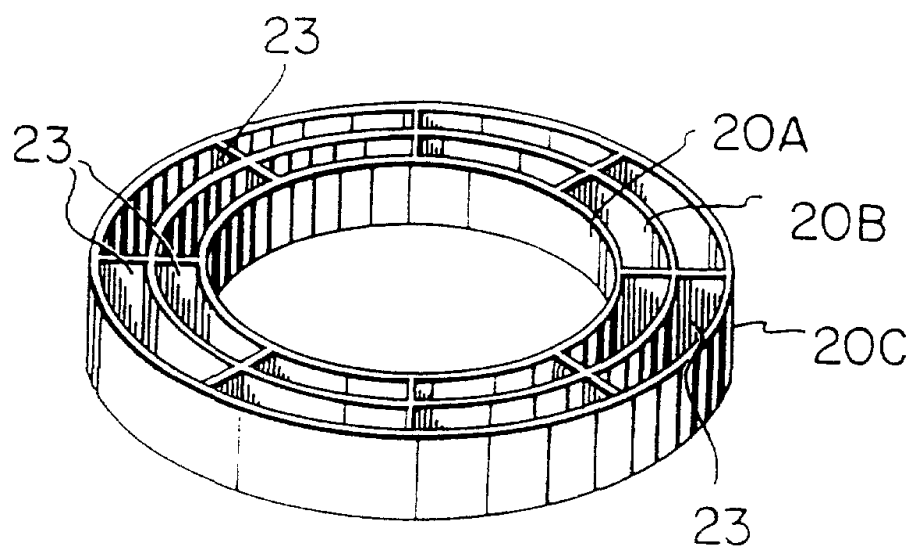


图2

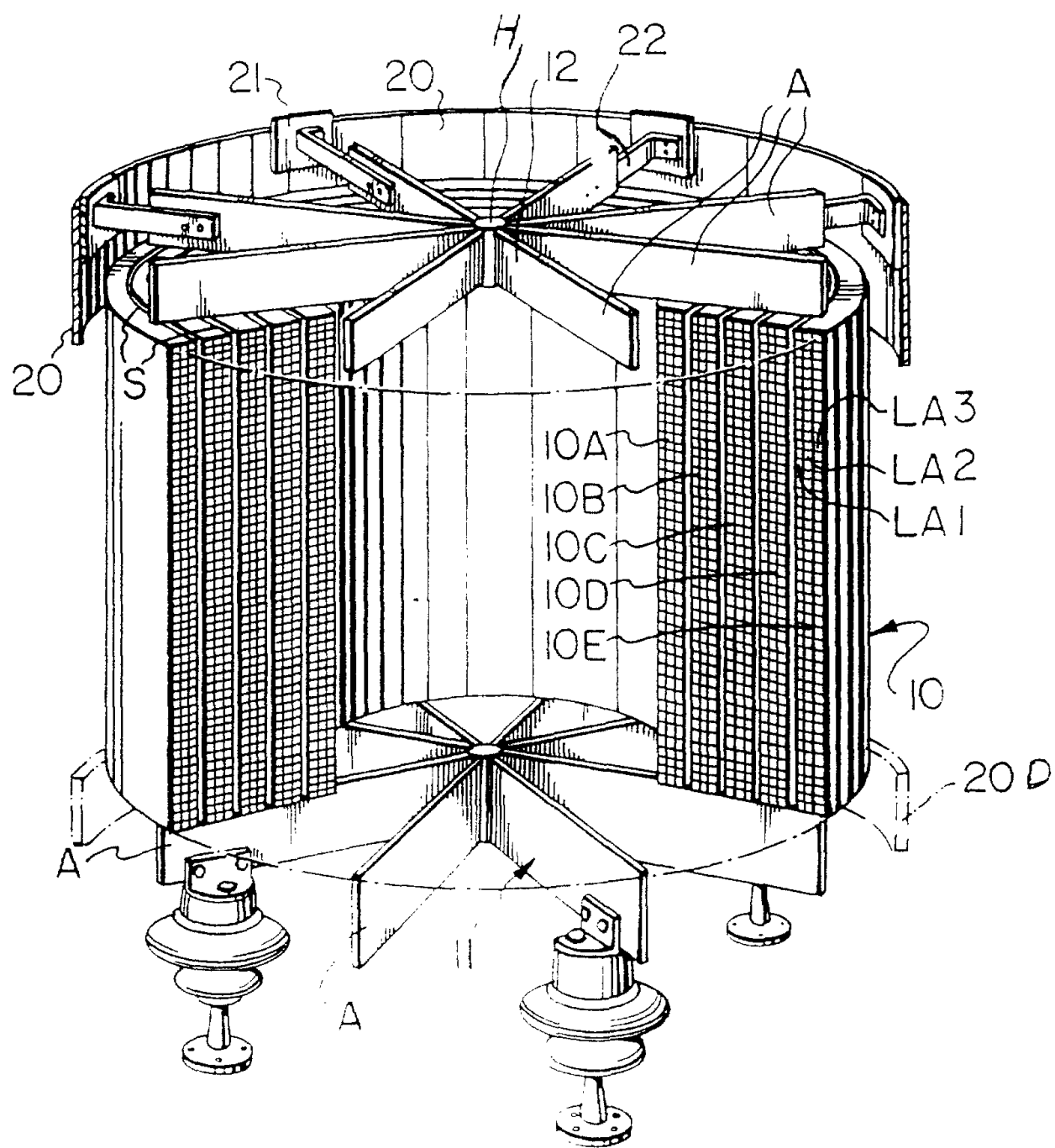


图3

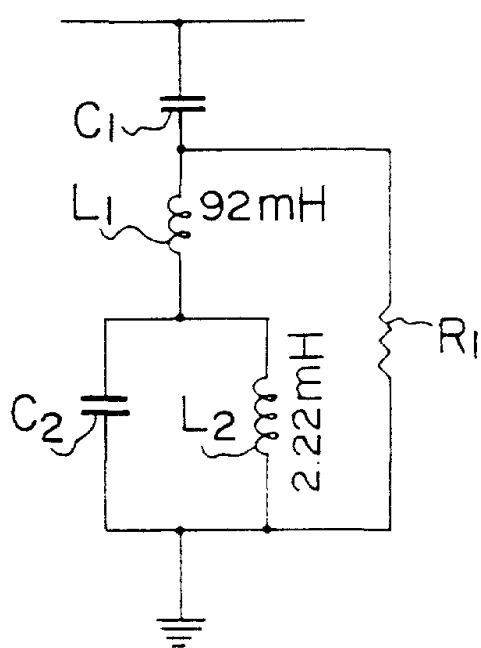


图 4

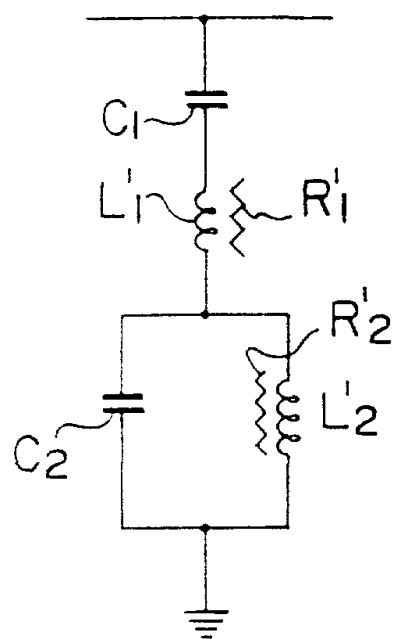


图 5

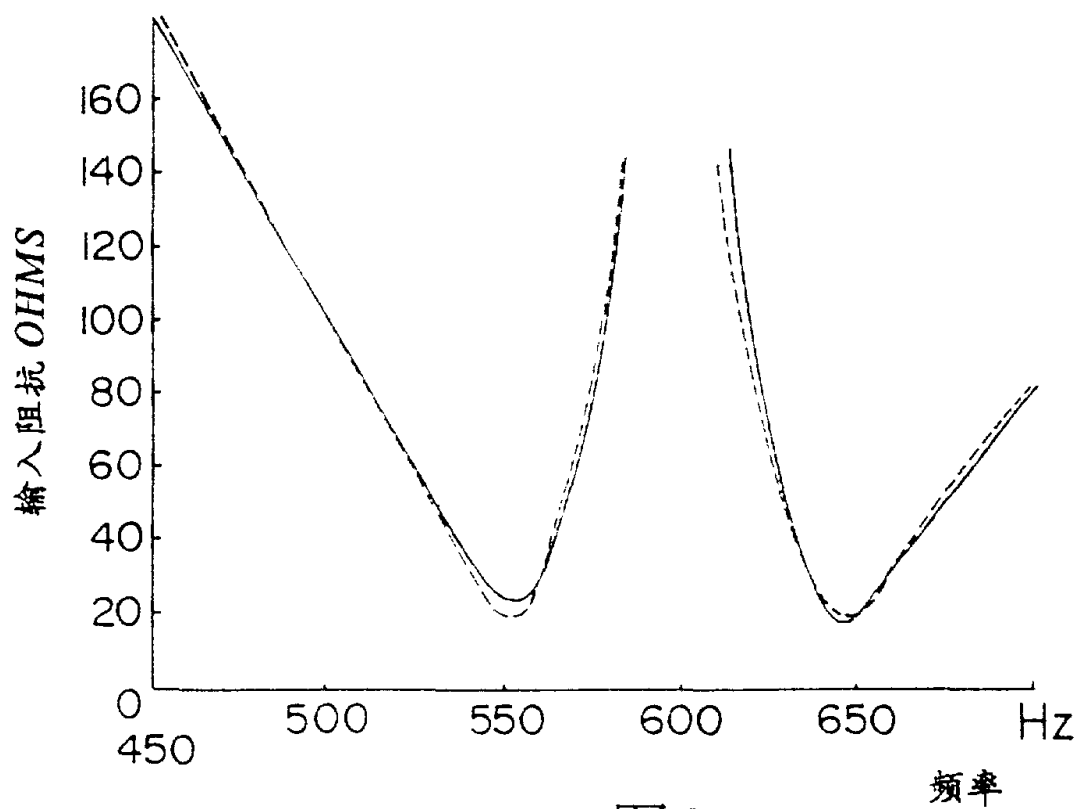


图 6