



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02828878.5

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100423396C

[22] 申请日 2002.5.2 [21] 申请号 02828878.5

[86] 国际申请 PCT/SG2002/000077 2002.5.2

[87] 国际公布 WO2003/098771 英 2003.11.27

[85] 进入国家阶段日期 2004.11.1

[73] 专利权人 SP 系统公司

地址 新加坡新加坡

[72] 发明人 李宏群 许伯健 苏寿昌

[56] 参考文献

US5610501A 1997.3.11

US6118676A 2000.9.12

WO01/82443A1 2001.11.1

US5883796A 1999.3.16

US5329222A 1994.7.12

CN1149776A 1997.5.14

审查员 王 喆

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
代理人 韩 宏

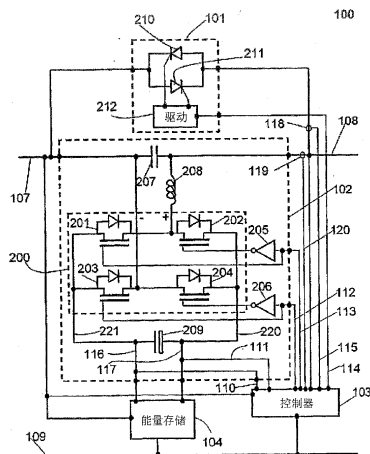
权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 6 页

## [54] 发明名称

带有电流共享静态开关的动态串联电压补偿器

## [57] 摘要

本发明涉及一种动态串联电压补偿器，包括：能量存储单元，以直流电压的形式存储能量；电流共享静态开关，连接在动态电压补偿器的输入和输出终端之间；串联输入逆变器，与电流共享静态开关并联连接，转换来自于能量存储单元的直流电压到交流电压；以及系统控制器；其中，没有检测到电压骤降时，在流经所述电流共享静态开关的电流交零之后，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关在一个预定的时间内为非导电状态，在此之后维持所述电流共享静态开关为导电状态，直到流经所述电流共享静态开关的所述电流再次交零。



1. 一个动态串联电压补偿器，用于在交流电电力系统中补偿电压骤降，所述动态串联电压补偿器包括：

一个能量存储单元，用来以直流电压的形式存储能量；

一个电流共享静态开关，连接在所述动态串联电压补偿器的输入和输出终端之间，用来选择连接所述输入和输出终端；

一个串联输入逆变器，与所述电流共享静态开关并联连接，用来转换来自于所述能量存储单元的所述直流电压到交流电压；以及

一个系统控制器，用来检测在所述输入终端上的电压骤降和控制所述电流共享静态开关和所述串联输入逆变器，

其中，没有检测到电压骤降时，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关为导电状态，上述导电状态持续流经所述电流共享静态开关的电流的周期的一部分，并控制所述串联输入逆变器传导一部分流经所述电流共享静态开关的电流到所述输出终端，并且一旦所述系统控制器检测到一个电压骤降，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关为非导电状态，并控制所述串联输入逆变器在所述输入和输出终端之间输入一个电压信号，以补偿所述电压骤降；

其中，没有检测到电压骤降时，在流经所述电流共享静态开关的电流交零之后，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关在一段预定时间内为非导电状态，在此之后维持所述电流共享静态开关为导电状态，直到流经所述电流共享静态开关的电流再次交零。

2. 根据权利要求 1 所述的动态串联电压补偿器，其中所述电流共享静态开关包括：

反平行连接的晶闸管；以及

一个晶闸管驱动电路，用来从所述系统控制器接收一个控制信号，用来向所述反平行连接的晶闸管提供放电信号以响应所述控制信号，其中，没有检测到电压骤降时，所述系统控制器控制所述晶闸管驱动电路在流经所述电流共享静态开关的电流交零之后的所述预定时间之后，提供所述放电信号。

3. 根据权利要求 2 所述的动态串联电压补偿器，其中，由所述串联输入逆变器提供到所述输出终端的所述电流的所述部分，通过控制所述预定时间来控制。

4. 根据权利要求 1 所述的动态串联电压补偿器，其中，所述串联输入逆变器包括转换设备的一个全桥。

5. 根据权利要求 4 所述的动态串联电压补偿器，其中，当所述电流共享静态开关被控制为导电时，所述转换设备被转换使得在所述输入和输出终端之间不输入任何电压信号。

6. 根据权利要求 4 所述的动态串联电压补偿器，其中，所述全桥包括 4 个具有反平行连接的续流二极管的绝缘栅双极型晶体管。

7. 根据权利要求 4 所述的动态串联电压补偿器，其中，所述串联输入逆变器进一步包括一个转换谐波滤波器，所述转换谐波滤波器包括一个电容器和一个电感器，上述转换谐波滤波器连接在转换设备的全桥输出终端之间。

8. 根据权利要求 1 所述的动态串联电压补偿器，其中，所述系统控制器包括一个参考信号表，该表用来存储代表没有检测到电压骤降时的所述输入终端上的电压的值，所述系统控制器使用所述参考信号

表中的所述值来检测所述电压骤降并控制由所述串联输入逆变器输入的所述电压信号。

9. 根据权利要求 8 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 当所述输入终端上的电压和所述参考信号表中存储的一个对应值之间的差异超过一个预定值时, 所述系统控制器检测到电压骤降。

10. 根据权利要求 9 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 只有当所述参考信号表中的所述对应值超过存储在所述参考信号表中的峰值 30% 时, 所述系统控制器才执行电压骤降检测。

11. 根据权利要求 8 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 当检测到电压骤降时, 所述参考信号表被冻结。

12. 根据权利要求 8 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 所述输入终端上的电压和所述参考信号表中存储的一个对应值之间的一个差异被用于生成一个脉冲宽度调制控制信号到所述串联输入逆变器。

13. 根据权利要求 1 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 所述系统控制器进一步监控流经所述串联输入逆变器的电流和流经所述电流共享静态开关的电流, 来检测一个过流状态。

14. 根据权利要求 13 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 所述系统控制器一检测到流经所述电流共享静态开关的所述电流或流经所述串联输入逆变器的所述电流中的至少一个高于所述串联输入逆变器的转换设备的容量时, 所述系统控制器控制所述电流共享静态开关为导电的, 持续一个完整的电流周期。

15. 根据权利要求 1 所述的动态串联电压补偿器, 其中, 所述能量存储单元包括一个或多个超高电容, 一个飞轮系统和一个电池单元。

## 带有电流共享静态开关的动态串联电压补偿器

### 技术领域

本发明涉及交流电（AC）电力系统和电力转换系统的领域，特别地，涉及用于在向一个负载提供电力的一个电力线路中补偿电压骤降情况的一个系统。

### 背景技术

在一个电力系统中，一般是由一个发电机产生电力，并且通过一个传输和配电网路输送到客户地点，在该处所述电力被馈送入负载。通常，被供给的电力应该符合一些要求。这些要求包括所述电压应该是正弦曲线的，根据不同的国家，所述频率应该是 50 或 60Hz，并且，所述电压的振幅应该是额定值，偏差应该在正常的规定之内。

所述电力供应的电压背离于所述要求的偏差会导致所述负载的运行故障。特别地，一个这样的偏差，就是电压骤降，经常会导致设备故障，以及大型生产厂，或其他工业和商业系统的停工。电压骤降是电力供应的电压的一个突然的、瞬间的减少，典型地，由电力系统的故障引起。电压骤降还可能由所述电力系统上的一个负载引起，该负载从所述电力系统中提取一个高电流，在所述电力系统的阻抗上产生电压下降。这个电压下降，以一个电压骤降出现在负载上。在一个三

相电力系统中，虽然，所述电压骤降的持续时间基本上相同，但是所述电压骤降的量级，一般在三相的每一个电压都不同。

一些电力转换和控制方法或电压补偿器被研制出来，以补偿电压骤降。Gyugyi 等人的美国专利号 5, 329, 222 公开了一种用于补偿电压骤降的技术。这个专利描述了一个装置和方法，用一个串联输入电压，来补偿市电线路暂态，该串联输入电压由带有普通直流（DC）总线的一个三相逆变器生成，并通过一个耦合输入变压器与所述三相电力线路耦合。然而，如果应用在一个低电压电力系统中，使用所述带有普通直流总线的三相逆变器和输入变压器就不合适了。这是因为所述耦合输入变压器的费用高，而且所述输入变压器很沉重，并且其占用面积很大。而且，所述输入变压器可能有内在的阻抗，这会在正常工作中，导致在所述输入变压器上的额外的电压下降。这个电压下降可以进行克服，即，通过设定所述逆变器来输出一个电压以补偿在正常工作期间的电压下降，但是，这导致所公开的装置的工作效率下降。

Cheng 等人的美国专利号 5, 883, 796 公开了补偿电压骤降的另一个技术。这个专利描述了一个装置和方法，使用带有普通 DC 总线的一个三相逆变器和一个耦合输入变压器来修复电压骤降。因此，这个设备和方法与在美国专利号 5, 329, 222 中描述的具有相似的局限性，因为高的工作效率和在所述输入变压器上的低的电压下降，不能同时得到。

SP System 的国际申请公开号 PCT/SG00/00057 公开了另一种补偿电压骤降的技术。其公开了一种装置和方法，适用于在低电压电力系

统，补偿电压骤降。在这种方法中，独立的逆变器被直接连接到负载的电力线路的每一相上。由于不使用耦合输入变压器，所以，所述补偿器的费用，重量和占用面积都可以减到最小。

Divan 等人的美国专利号 6, 118, 676 公开了补偿电压骤降的另一个技术。这个专利描述了装置和方法，使用源自于在所述电压骤降过程中所述电力线路的剩余电压的能量来补偿电压骤降。然而，当在所述电压骤降过程中，所述电力线路的剩余电压的能量很低，或者所述电压骤降的深度高，这个方法很难得到足够的能量来实现所述补偿。而且，在电压骤降和骤降恢复中，暂态电流可能从所述电力供应中提取。这个专利的所述电力转换方法使用半桥逆变器，对于相同量的输出电压，半桥逆变器需要比全桥逆变器更高的 DC 总线电压。

除了上述的电压补偿器，不间断电源（UPS）被用于补偿电压骤降和电压暂态，电压骤升和下降。但是，UPS 通常包括更多的转换设备，昂贵的控制器和巨大的能量存储单元，使得 UPS 更加昂贵。这样的 UPS 具有进一步的局限性，在于它一般工作效率更低。

因此，当前技术没有能够提供一个轻的，便宜的和高效率的设备来补偿可能造成工业和商业系统故障或关闭的电压骤降。

## 发明内容

本发明的一个目的是基本上克服，或至少改善，现有设备的一个或多个缺点。



根据本发明的一个方面，提供一种动态串联电压补偿器，用来在一个交流电电力系统中补偿电压骤降，所述动态串联电压补偿器包括：

一个能量存储单元，用于以直流电压的形式存储能量；

一个电流共享静态开关，被连接在所述动态串联电压补偿器的输入和输出终端之间，用于有选择地连接所述输入和输出终端；

一个串联输入逆变器，与所述电流共享静态开关并联连接，用来转换来自于所述能量存储单元的所述直流电压到交流电压；以及

一个系统控制器，用来检测在所述输入终端上的电压骤降，控制所述电流共享静态开关和所述串联输入逆变器，

其中，没有检测到电压骤降时，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关为导电状态，上述导电状态持续电流周期的一部分，并控制所述串联输入逆变器传导一部分所述流经电流共享静态开关的电流到所述输出终端，并且一旦所述系统控制器检测到一个电压骤降，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关为非导电状态，并控制所述串联输入逆变器在所述输入和输出终端之间输入一个电压信号，以补偿所述电压骤降；

其中，没有检测到电压骤降时，在流经所述电流共享静态开关的电流交零之后，所述系统控制器控制所述电流共享静态开关在一个预定的时间内为非导电状态，在此之后维持所述电流共享静态开关为导电状态，直到流经所述电流共享静态开关的所述电流再次交零。

优选地，所述电流共享静态开关包括：

反平行连接的晶闸管；以及

一个晶闸管驱动电路，用来从所述系统控制器接收一个控制信号，用来向所述反平行连接的晶闸管提供放电信号以响应所述控制信号，其中，没有检测到电压骤降时，所述系统控制器控制所述晶闸管驱动电路在流经所述电流共享静态开关的电流交零之后的一段预定时间之后，提供所述放电信号。

优选地，所述串联输入逆变器包括转换设备的一个全桥，并且当所述电流共享静态开关被控制为导电时，所述转换设备被转换使得在所述输入和输出终端之间不输入任何电压信号。

#### 附图说明

本发明的实施例将结合附图进行详细说明，其中：

图 1 显示了一个带有电流共享静态开关的一个动态串联电压补偿器的单相实施例和所述动态串联电压补偿器在一个应用电路中的连接方式的示意框图；

图 2 显示了所述的动态串联电压补偿器的详细示意图；

图 3 显示了所述动态串联电压补偿器的一个系统控制器的详细示意图；

图 4 显示了带有电流共享静态开关的一个动态串联电压补偿器的三相实施例的示意框图；

图 5A 显示了所述 AC 电源的一个典型的电压骤降的示波图；

图 5B 显示了在图 5A 所示的电压骤降期间，所述单相动态串联电压补偿器的输出电压的示波图；

图 6A 显示了来自于三相 AC 电源的一个典型的电压骤降的示波图；

图 6B 显示了在图 6A 所示的电压骤降期间，所述的三相动态串联电压补偿器的输出电压的示波图。

### 具体实施方式

在任何一个或多个附图中提到的特征，具有相同附图标记的，在描述中就具有相同的功能或操作，除非出现相反的意图。

图 1 显示了一个动态串联电压补偿器 100 的单相实施例的示意图，所述补偿器 100 被连接在一个 AC 电源 105 和一个 AC 负载 106 之间。所述动态串联电压补偿器 100 可以补偿所述 AC 电源 105 的供应电压的电压骤降。一个典型的电压骤降的波形 121 也被显示出。所述动态串联电压补偿器 100 也可以在多相系统中使用来补偿这样一个多相系统的各个供应相的供应电压的电压骤降。所述动态串联电压补偿器 100 的三相实施例被显示，并且结合图 4 进行描述。

参考图 1，该优选实施例的所述动态串联电压补偿器 100 包括一个电流共享静态开关 101，一个串联输入逆变器 102，一个系统控制器 103，用来控制所述电流共享静态开关 101 和所述串联输入逆变器 102，以及一个能量存储单元 104，该单元用来向所述串联输入逆变器 102 以直流（DC）电压的形式提供能量。所述能量存储单元 104 可以由一个超高电容，一个飞轮系统，一个电池或其他任何能够以 DC 电压的形式提供能量的装置构成。

所述的电流共享静态开关 101 与所述的串联输入逆变器 102 并联地连接，并且它们都分别通过电线 107 和 108 连接在所述 AC 电源 105 和负载 106 之间。一条中线 109 充当了回路。所述能量存储单元 104 通过电线 116 和 117 向所述串联输入逆变器 102 提供 DC 电压。所述系统控制器 103 以及能量存储单元 104 也连接到所述中线 109，从那里获得一个参考电压。

所述系统控制器 103 从电线 107 得到向所述动态串联电压补偿器 100 的一个输入电压信号；从电线 108 得到所述动态电压补偿器 100 的一个输出电压信号；通过所述电流的信号线 115，得到一个电流信号，其通过所述电流共享静态开关 101 被一个电流传感器 118 测量；通过所述电流的信号线 120，得到一个电流信号，其通过所述串联输入逆变器 102，被一个电流传感器 119 测量；并且，通过信号线 110 和信号线 111，得到串联输入逆变器 102 的 DC 总线电压。所述系统控制器 103，通过控制线 114，控制所述电流共享静态开关 101，通过控制线 112 和 113 控制所述串联输入逆变器 102。

在正常工作情况下，即，当所述电源 105 在预定的界限内提供一个电压时，所述系统控制器 103 控制所述电流共享静态开关 101 和所述串联输入逆变器 102，使得到所述负载 106 的电流被所述电流共享静态开关 101 和所述串联输入逆变器 102 共享。在下文中，正常工作情况也指所述电流共享模式。

当所述系统控制器 103 检测到来自于所述 AC 电源 105 的电压骤降超过所述预定界限，这通过测量线路 107 上的电压进行检测，所述系统控制器 103 控制所述电流共享静态开关 101 打开，并且所述串联

输入逆变器 102，在终端 107 和 108 之间输入能量，使得处于或接近于所述额定电压水平的 AC 电源被提供到负载 106。这样，所述动态串联电压补偿器 100，以及特别是所述串联输入逆变器 102，就在电线 107 和 108 之间输入电压，使得所述负载 106 接收一个没有骤降的电源供应，如波形 122 所示。

图 2 显示了比图 1 更详细的动态串联电压补偿器 100 的示意图，并结合图 2 进行描述。特别地，更详细地示出了所述电流共享静态开关 101 和所述串联输入逆变器 102。还显示了所述系统控制器 103 和所述能量存储单元 104 的连接。

所述电流共享静态开关 101 包括反平行连接的晶闸管 210 和 211，以及一个晶闸管驱动电路 212。所述晶闸管驱动电路 212，通过控制线 114 从控制器 103 接收一个控制信号。当控制线 114 上的所述控制信号是“高”，所述晶闸管驱动电路 212 向晶闸管 210 和 211 提供开始放电信号，使得当各自合适的电压极性被施加时，晶闸管 210 和 211 中的每一个成为导电的。相反，当控制线 114 上的所述控制信号是“低”，所述晶闸管驱动电路 212 不向晶闸管 210 和 211 提供开始放电信号，当通过晶闸管 210 和 211 的各自的电流到达“0”时，所述的晶闸管 210 和 211 形成一个断开的电路。

所述串联输入逆变器 102 包括一个转换设备 200 的全桥，桥驱动单元 205 和 206，一个转换谐波滤波器，以及 DC 总线电容器 209，其在 DC 供应电压之上被连接，通过线路 116 和 117，由所述能量存储单元 104 供给。转换设备 200 的全桥包括 4 个带有被反平行连接的续流二极管的绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 201，202，203 和 204。所述转换

谐波滤波器，包括串联的电感器 208 和电容器 207，并且被连接在转换设备 200 的全桥的输出终端之间，所述电感器 208 被连接在正的输出终端“+”，所述电容器 207 被连接在负的输出终端“-”。所述电感器 208 和所述电容器 207 之间的连接点，被连接到电线 108，来构成所述串联输入逆变器的输出终端，而转换设备 200 的全桥的负的输出终端，被连接到电线 107，构成所述串联输入逆变器的输入终端。

所述串联输入逆变器 102，在控制线 112 和 113 上，从所述系统控制器 103 接收控制信号。当控制线 112 上的所述控制信号是“高”，IGBT203 处于导电模式，并且，由于控制线 112 上的所述控制信号被桥驱动单元 206 逆转，所以 IGBT204 处于断开模式，并且反之亦然。相似地，当控制线 113 上的所述控制信号是“高”，IGBT201 处于导电模式，并且，由于控制线 113 上的所述控制信号被桥驱动单元 205 逆转，所以 IGBT202 处于断开模式，并且反之亦然。

所述系统控制器 103，通过连接到线路 116 和 117 的线路 110 和 111，测量由所述能量存储单元 104 提供到所述串联输入逆变器 102 的所述 DC 总线电压。

图 3 是所述动态串联电压补偿器 100 的所述系统控制器 103 的一个更详细的示意图。虽然图 3 的所述示意图，显示了所述系统控制器 103 的一个数字电路实施例，所述系统控制器 103 还可以以一个模拟电路或以数字电路和模拟电路组合的形式实现。

如结合图 1 和图 2 描述的，所述系统控制器 103 接收 5 个输入，它们是：

从电线 107 得到的，到所述动态电压补偿器 100 的所述输入电压信号；

从电线 108 得到的，所述动态电压补偿器 100 的所述输出电压信号；

通过所述电流共享静态开关 101，被电流传感器 118 测量的，并通过信号线 115 被提供的所述电流；

通过所述串联输入逆变器 102，被电流传感器 119 测量的，并通过信号线 120 被提供给所述系统控制器 103 的所述电流；以及

所述串联输入逆变器 102 的所述 DC 总线电压，它是通过信号线 110 和信号线 111 接收的电压的差异，该电压通过传递通过信号线 110 和信号线 111，并且通过一个差分衰减电路 306 接收的电压而得到。

这些输入中的每一个是模拟的形式，分别通过模拟数字（A/D）转换器 301、302、305 和 304，被转换到数字形式。另外，到所述动态串联电压补偿器 100 的所述输入电压信号的数字信号，被数字滤波器 307 进行预处理。

所述系统控制器 103 的输出有对 IGBT201 和 IGBT202 的控制信号，通过控制线 113 输出，有对 IGBT203 和 IGBT204 的控制信号，通过控制线 112 输出，有对所述电流共享静态开关 101 的所述晶闸管驱动电路 212 的控制信号，通过控制线 114 输出。所述中线 109 被连接到所述系统控制器 103 的内部接地，在图 3 中以 327 指示出。

一个过流检测部件 314，接收通过所述电流共享静态开关 101 的所述电流的数字形式作为输入，并接收通过所述串联输入逆变器 102 的所述电流的数字形式作为输入，并且确定过流情况是否存在。当所述

过流检测部件 314, 确定通过所述电流共享静态开关 101 (图 2) 的所述电流, 或者通过所述串联输入逆变器 102 的所述电流, 是否高于转换设备 200 的全桥的所述 IGBT 的容量时, 所述过流检测部件 314, 通过信号线 360, 输出一个“低”信号。信号线 360 上的信号通常是“高”。信号线 360 上的“低”信号, 通过与非门 321, 保持所述电流共享静态开关 101 的“开”状态或开启它; 通过与门 324a 和 324b, 向控制线 112 和 113 馈送一个“低”信号, 来关闭 IGBT201 和 IGBT203, 开启 IGBT202 和 IGBT204。因此, 在这种过流情况下, 当所述串联输入逆变器 102 不在电线 107 和电线 108 之间输入任何能量时, 所述电流共享静态开关 101 被强行进入导电模式。所述动态串联电压补偿器 100, 在所述过流情况下, 不补偿电压骤降。

在操作中, 到所述动态串联电压补偿器 100 的所述输入电压的被滤波的数字信号, 被送到一个参考表格更新部件 308。所述参考表格更新部件 308, 被信号线 345 上的信号控制。当信号线 345 上的信号是“低”时, 这是在正常工作情况或电流共享模式, 所述参考表格更新部件 308 连续地更新一个参考信号表格, 它存储着电线 107 上的输入电压的数字表示。当信号线 345 上的信号是“高”时, 这是在检测到一个电压骤降的情况, 所述参考表格更新部件 308 冻结所述可用的参考信号表。所述参考表格更新部件 308 生成一个参考信号, 该信号通过信号线 362, 被馈送入骤降检测部件 309, 用来检测电压骤降情况, 还通过信号线 341, 被馈送到减法器 310 和 311, 用来生成一个输入电压信号。



减法器 310 计算信号线 341 上的参考信号和通过信号线 340 的电线 107 上的输入电压的被滤波的数字信号之间的差异。减法器 311 计算信号线 341 上的参考信号和信号线 342 上的输出电压的数字信号之间的差异，然后通过脉冲输入 (PI) 控制 312 进行调整。由加法器 313 计算的，减法器 310 和 PI 控制 312 的输出的和，就被作为输入提供到脉冲宽度调制 (PWM) 发生器 318。而且，所述 PWM 发生器 318 使用从 A/D 转换器 304 来的，所述串联输入逆变器 102 的所述 DC 总线电压，以在信号线 343 和信号线 344 上，生成 PWM 转换信号。

所述骤降检测部件 309，接收以下信号作为输入：通过信号线 340，接收电线 107 上的所述输入电压的被滤波的数字信号，接收来自于所述参考表格更新部件 308 的所述参考信号，通过信号线 342，接收电线 108 上的所述输出电压的所述数字信号，经由信号线 346，接收流经所述电流共享静态开关 101 的电流的数字形式；并且从这些输入确定是否发生了电压骤降，应该应用哪种强制整流，以及所述的强制整流是否完成。所述的骤降检测部件 309 生成一个导通角控制信号作为输出，在信号线 353 上，通过与非门 326 和与非门 321，提供给所述电流共享静态开关 101，还生成一个两位的信号作为输出，通过信号线 351 和 352，提供给部件 315。在优选实施例中，所述骤降检测部件 309，只有当来自于所述参考表格更新部件 308 的所述参考信号的瞬时值比存储的峰值高出 30% 时，才确定是否发生了电压骤降。

在一个预定的延迟消失在该所述电流的每一个零交叉之后，线路 353 上的所述导通角控制信号被设为“高”。在该所述电流的下一个零交叉之前，所述导通角控制信号又被设为“低”。当所述电流共享静态开

关的所述导通角被设定为 180 电相角时，在所述电流的每一个零交叉之后的所述延迟被设为零。在这种情况下，信号线 353 上的所述导通角控制信号总是设为“高”。

部件 315 将从所述骤降检测部件 309 接收的所述两位信号解码成四个信号，被提供到信号线 350, 349, 348 和 347 上。当所述两位信号是“00”，在信号线 350 上的信号被设为“高”；其他三个信号被设为“低”。当所述两位信号是“01”，在信号线 349 上的信号被设为“高”；其他三个信号被设为“低”。当所述两位信号是“10”，在信号线 348 上的信号被设为“高”；其他三个信号被设为“低”。最后，当所述两位信号是“11”，在信号线 347 上的信号被设为“高”；其他三个信号被设为“低”。

当被信号线 362 提供的所述参考信号和被信号线 340 提供的所述输入电压的被滤波的数字信号之间的差异大于一个预先的设定，并且通过所述电流共享静态开关 101 的所述电流的数字形式为负时，骤降检测部件 309 生成所述的两为信号“00”。所述两位信号“00”表明需要一个正的强制整流（正 FC）。

当被信号线 362 提供的所述参考信号和被信号线 340 提供的所述输入电压的被滤波的数字信号之间的差异大于一个预先的设定，并且通过所述电流共享静态开关 101 的所述电流的数字形式为正时，骤降检测部件 309 生成所述的两为信号“01”。所述两位信号“01”表明需要一个负的强制整流（负 FC）。

当被信号线 362 提供的所述参考信号和被信号线 340 提供的所述输入电压的被滤波的数字信号之间的差异大于所述预先的设定，并且检

测到通过所述电流共享静态开关 101 的所述电流的数字形式的零交叉时，所述骤降检测部件 309 生成所述的两位信号“11”。所述两位信号“11”表明强制整流已经完成，以及串联电压输入可以开始。这个状态一般地跟着上述生成两位信号“00”或“01”的两个状态。

在正常工作中，即，当被信号线 362 提供的所述参考信号和被信号线 340 提供的所述输入电压的被滤波的数字信号之间的差异小于所述预先的设定，骤降检测部件 309 生成所述的两位信号“10”，表明不需要骤降补偿，并被称为触发态。在信号线 348 上的信号被设为“高”；其他三个信号被部件 315 设为“低”，使得或门 316 的输出为“低”。在这个情况下，信号线 345 上的所述信号还是“低”，并且所述的参考表更新部件 308 连续地更新一个参考信号表格。或门 316 的输出，在被与线路 353 上的所述导通角控制信号一起馈送入所述与门 326 之前，被反相门 325 反相。在这种正常工作情况下，被信号线 361 提供的所述反相门 325 的输出是“高”。不是过流的情况下，线路 114 上的所述信号的状态将是信号线 353 上的所述导通角信号的状态。这样，在不是过流的情况下，当电流的相位角在所述导通角之内（信号线 353 上的信号为“高”），控制线 114 上被强制为“高”，并且所述晶闸管驱动电路 212 向晶闸管 210 和 211 提供放电信号。

当信号线 350, 349 或 347 上任何一个信号是高时，这发生在骤降检测部件 309 检测到一个电压骤降，并分别生成所述两位信号“00”，“01”或“11”，或门 316 的所述输出是“高”，信号线 361 上的信号是“低”。在不是过流的情况下，当检测到一个电压骤降时，控制线 114 被强制为“低”，而与信号线 353 上的所述导通角控

制信号的所述状态无关，并且所述晶闸管驱动电路 212 不向晶闸管 210 和 211 提供放电信号。并且，信号线 345 上的所述信号是“高”，并且所述参考表更新部件 308 冻结所述可用的参考信号表。

因此，由上可知，当检测到一个电压骤降并且通过所述电流共享静态开关 101 的电流交零，所述电流共享静态开关 101 被关闭。当检测到一个过流情况；或当不需要骤降补偿以及电流的所述相位在所述导通相位角之内时，所述电流共享静态开关 101 被开启或保持开启状态。在电流共享模式，只有当电流的所述相位在所述导通相位角之内时，所述电流共享静态开关 101 被开启。

如上所述，当需要正的强制整流并且所述两位信号是“00”时，信号线 350 上的所述信号被设为“高”。在或门 322 之后，信号线 358 上的信号也是“高”。在不是过流的情况下，与门 324a 的所述输出是“高”，这使得控制线 112 是“高”，并且 IGBT203 被开启，而 IGBT204 被关闭。信号线 347 和 348 上的信号为“低”时，分别由信号线 354，356 和 367 提供的与门 319，320a 和 320b 上的所述输出为“低”，并且信号线 349 上的信号也是“低”时，被信号线 359 提供的或门 323 的所述输出也是“低”。与门 324b 的所述输出是“低”，这使得控制线 113 为“低”，并且 IGBT202 被开启，而 IGBT201 被关闭。

相似地，当需要负的强制整流以及所述两位信号是“01”时，信号线 349 上的所述信号被设为“高”，导致或门 323 之后的信号线 359 上的所述信号为“高”。在不是过流的情况下，与门 324b 的所述输出是“高”，这导致控制线 113 为“高”，并且 IGBT201 被开启，而

IGBT202 被关闭。信号线 347 和 348 上的信号为“低”时，与门 320a 和 319 上的所述输出为“低”，并且信号线 350 上的信号是“低”时，或门 322 之后的，线路 358 上的所述信号也是“低”。线路 112 上的所述信号被与门 324a 强制为“低”，并且 IGBT204 被开启，而 IGBT203 被关闭。

在所述负的或正的强制整流之后（分别对应于两位信号“00”和“01”），当检测到通过所述电流共享静态开关 101 的所述电流的所述数字形式的零交叉时，对于骤降补偿的所述两位信号是“11”。信号线 347 上的所述信号被设为“高”，部件 315 上的其他 3 个输出信号被设为低。信号线 343 和 344 上的，由 PWM 发生器 318 生成的所述 PWM 转换信号被分别转换到控制线 112 和 113。转换设备 200（图 2）的所述全桥的所述 IGBT201，202，203 和 204 被所述 PWM 转换信号控制，来生成一个 PWM 输出，这个输出在被电感器 208 和电容器 207 提供所述滤波之后，形成一个需要的正弦信号，该信号使得线路 108 上的所述动态电压补偿器的所述输出电压不受骤降影响。

最后，当不需要骤降补偿时，所述触发状态，所述两位信号是“10”，以及信号线 348 上的所述信号被设为“高”。信号线 348 上的所述信号为“高”，由部件 317 提供作为与门 319 的输入的一个触发信号时，由信号线 354 提供的与门 319 的所述输出是所述触发信号的状态。或门 322 和 323 的所述输出也和所述触发信号触发。在不是过流的情况下，与门 324a 和 324b 的所述输出也触发，它反过来触发控制线 112 和 113。当部件 317 的所述触发信号是“高”时，IGBT201 和 203 被开启，而 IGBT202 和 204 被关闭。当部件 317 的所述触发信号

转换到“低”，IGBT201和203被关闭，而IGBT202和204被开启。在所述触发状态，转换设备200的所述全桥的所述输出终端“+”和“－”被同时从负的直流总线221转换到正的直流总线220，或者被同时从正的直流总线220转换到负的直流总线221。这些触发状态不会导致输入终端107和输出终端108之间的任何紊乱。在触发状态，在所述电流的每一个零交叉之后，并且在线路353上的所述导通角控制信号被设为“高”之前，所述电流共享静态开关101是不导电的，并且所述负载电流流经所述逆变器102，其处于短路模式。当在所述预定的延迟之后，线路353上的所述导通角控制信号被设为“高”，所述电流共享静态开关101是导电的，并且所述负载电流流经所述电流共享静态开关101。

一般地，电力补偿设备几个月甚至几年都在未检测到电压骤降的情况下工作。所述动态串联电压补偿器100检验了所述电流共享静态开关101和串联输入逆变器102的转换设备201，202，203和204在没有电压骤降期间的转换功能。特别地，所述电流共享静态开关101的所述转换功能通过所述导通角控制被检验，而所述转换设备201，202，203和204的所述转换功能通过所述触发转换被检验。所述触发转换的频率被部件317的所述信号的所述频率控制，其根据每隔多久需要检验所述转换设备201，202，203和204的所述转换功能而被确定。在一个优选的实施例中，所述触发频率是0.1Hz。

图4是一个示意框图，显示了一个具有一个电流共享静态开关的一个动态电压补偿器的三相实施例。实际上，图2中的具有电流共享静态开关的所述动态电压补偿器的三相实施例，被结合起来构成所述三相动

态电压补偿器。在图 4 中，没有显示出 b 相和 c 相的控制线，信号线，所述能量存储单元和串联输入逆变器。虽然在所述动态串联电压补偿器的所述三相实施例中可以使用三个独立的系统控制器，典型地，单一一个控制器被用来控制所述三个串联输入逆变器，并且所述三个电流共享静态开关使用结合图 3 描述的原理。

图 5A 显示了线路 107 上的来自于所述 AC 电源 105（图 1）的一个典型的电压骤降的示波图 501。图 5B 显示了，在图 5A 显示的电压骤降期间，线 108 上的所述单相动态串联电压补偿器 100 的所述输出电压的示波图 502。图 6A 显示了来自于一个三相 AC 电源 105 的一个典型的电压骤降的示波图 601，以及图 6B 显示了，在图 6A 显示的电压骤降期间，所述三相动态串联电压补偿器（图 4）的所述输出电压的示波图 602。在所述输入电压 501 和 602 出现的所述电压骤降被补偿，使得所述输出电压 502 和 602 不受骤降影响。

本发明的所述实施例有很多优点。一个优点是在所述电流共享模式或当从所述 AC 电源 105 没有电流骤降时，所述负载电流被所述电流共享静态开关 101 和所述串联输入逆变器 102 共享。由于所述负载电流的主要部分流经所述电流共享静态开关 101，开关 101 在导电模式的电压下降非常小（小于 1V），因此在所述动态串联电压补偿器 100 的所述输入和所述输出之间，没有明显的电压下降。

本发明的所述实施例的另一个优点是，在所述电流共享模式或当从所述 AC 电源 105 没有电压骤降时，只有一小部分的负载电流流经所述逆变器 102，使得所述逆变器 102 和所述滤波器（图 2 所示的电容器 207 和电感器 208）可以保持较小的尺寸。

本发明的所述实施例的一个进一步的优点是，在所述电流共享模式或当从所述 AC 电源 105 没有电压骤降时，所述逆变器 102 和所述电流共享静态开关 101 的所述转换设备 201，202，203，204，210 和 211 的所述转换功能通过触发转换和导通角控制连续地检验。

以上只描述了本发明的一些实施例，在不背离本发明的范围和精神的情况下，可以做修改和/或改动，所述实施例是描述性的，没有限制性。





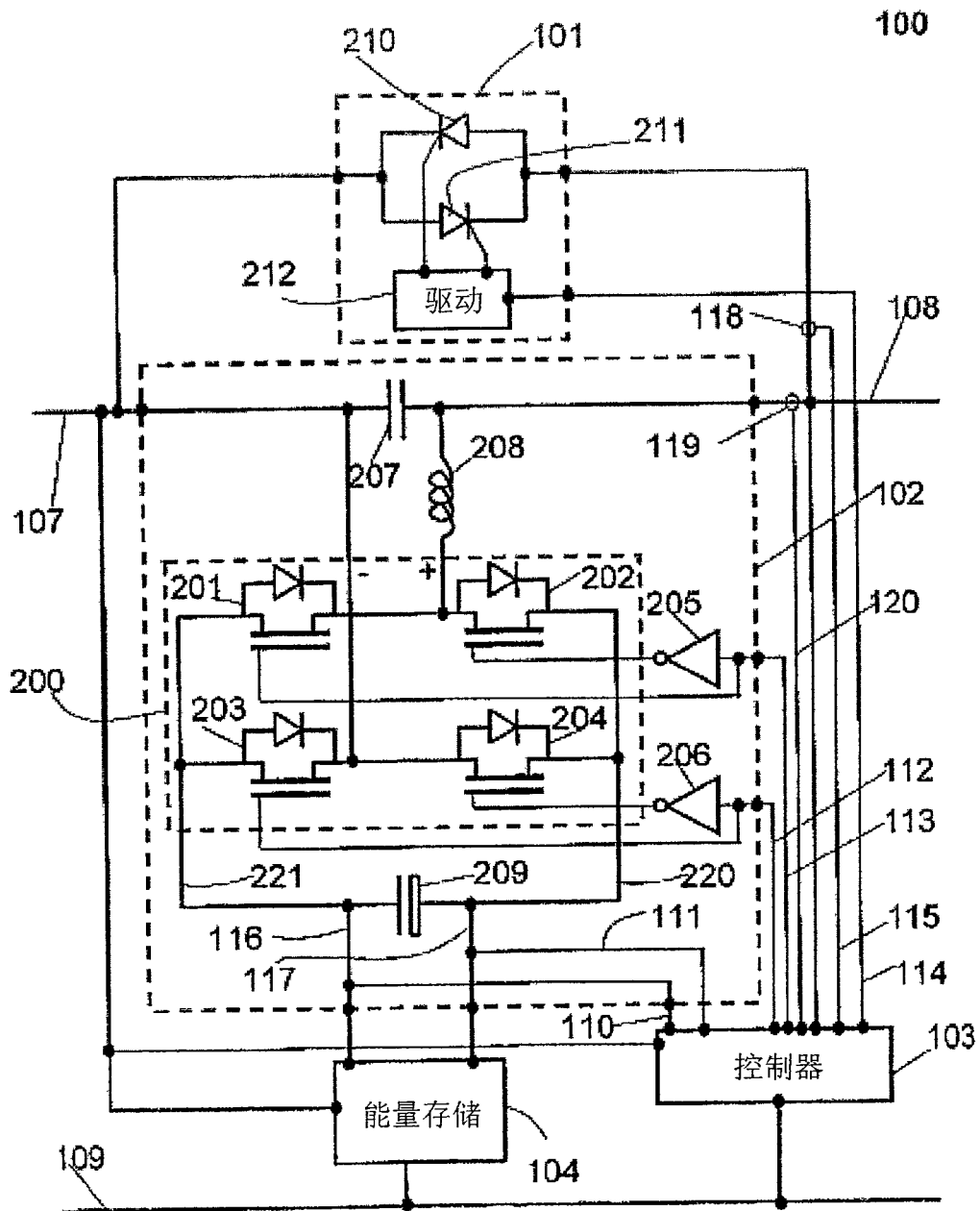


图 2

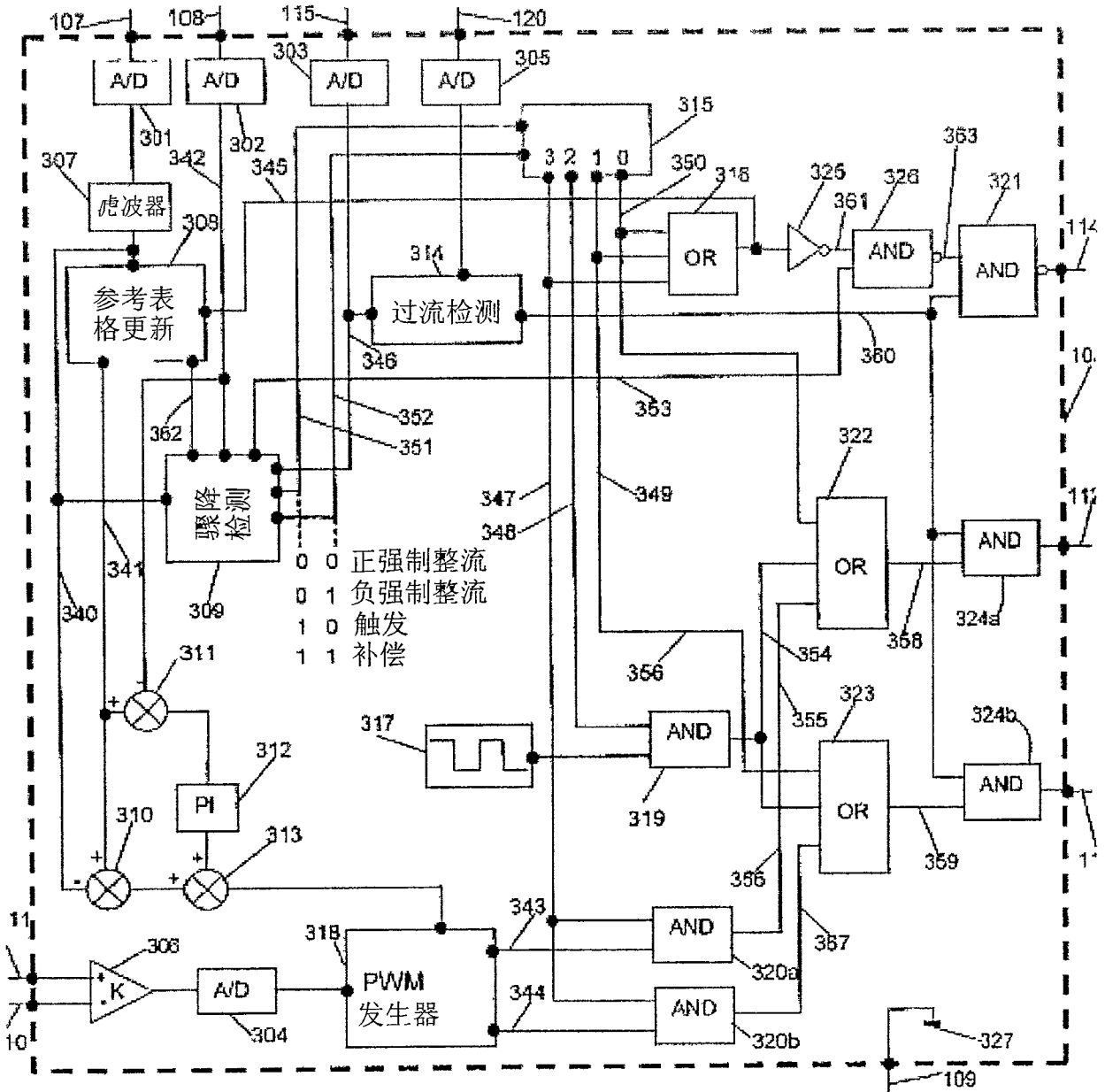


图 3

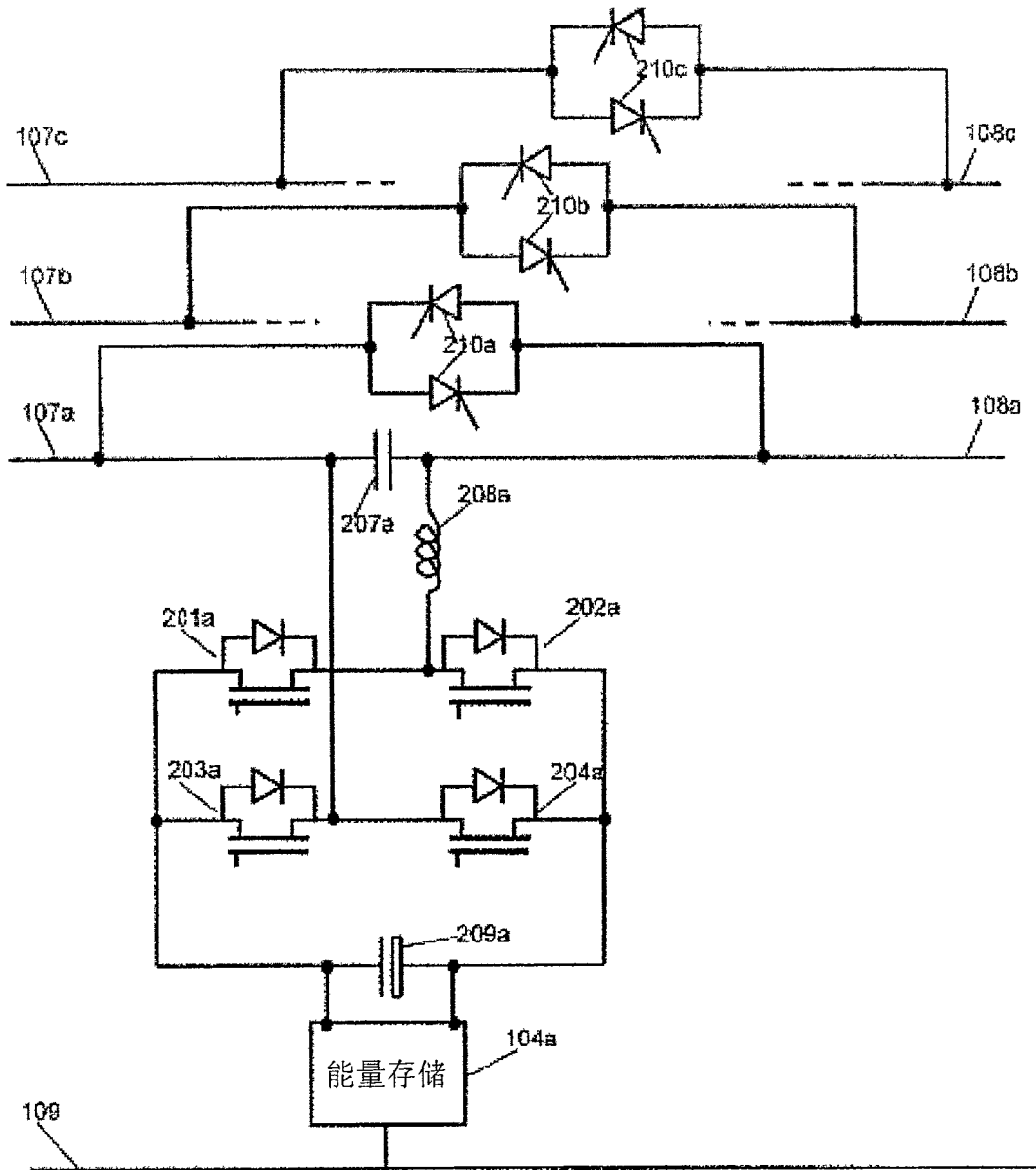


图4

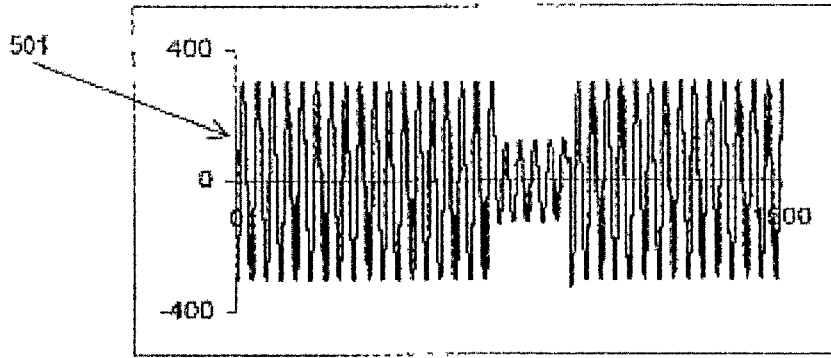


图 5A

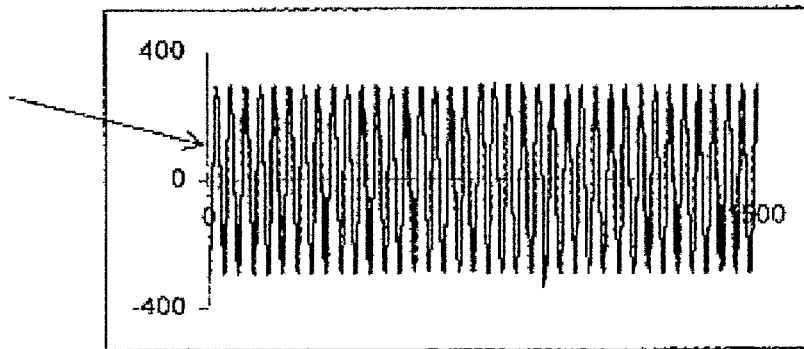


图 5B

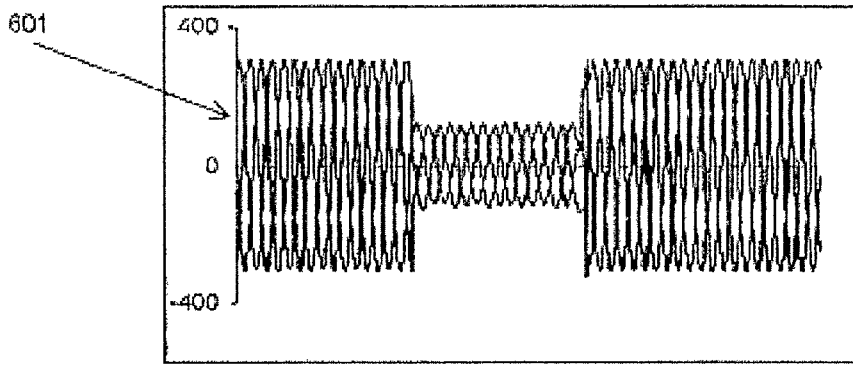


图 6A

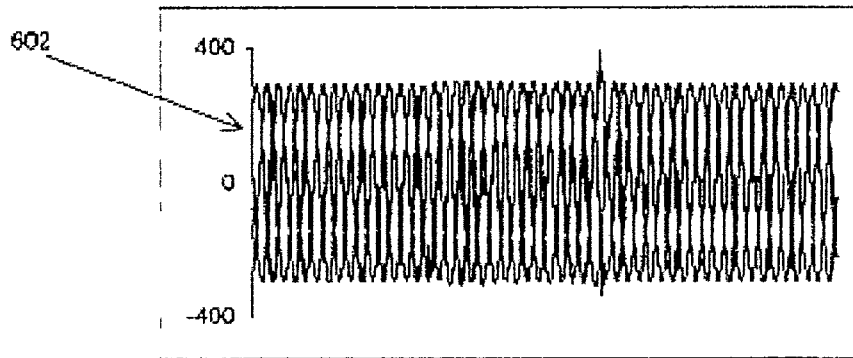


图 6B