



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202034965 U

(45) 授权公告日 2011. 11. 09

(21) 申请号 201020645731. 9

(22) 申请日 2010. 11. 30

(30) 优先权数据

12/627, 472 2009. 11. 30 US

(73) 专利权人 洛克威尔自动控制技术股份有限公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 拉塞尔·J·克尔克曼
卡洛斯·丹尼尔·罗德里格斯-瓦尔
德斯

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 杨林森 陈炜

(51) Int. Cl.

H03L 7/085 (2006. 01)

H02J 3/01 (2006. 01)

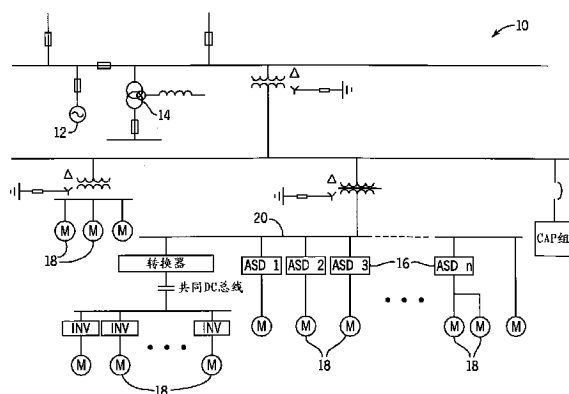
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 实用新型名称

锁相环和相角生成器

(57) 摘要

公开了一种具有用于同步电网的跟踪滤波器的锁相环。提供用于同步具有失衡电压的电网的方法和系统。可以在配置成即使在电压失衡时仍然可以维持电网的同步操作的锁相环中同步电压矢量。例如，锁相环可以耦接到设计成估计电压误差信号扰动的一个或者多个跟踪滤波器。可以在锁相环确定对电网频率的估计之前从误差信号去除估计的扰动。因此，可以减轻电压失衡的不利影响，比如异常电流表现。



1. 一种锁相环 (PLL), 包括 :
电路, 配置成接收电网格的电压、确定所述电网格电压的相角并且输出具有所确定的所述电网格电压的相角的电压 ; 以及
跟踪滤波器, 配置成确定所述电网格电压的扰动频率。
2. 根据权利要求 1 所述的 PLL, 其中所述 PLL 被配置成接收所述电网格的一个或者多个失衡电压。
3. 根据权利要求 1 所述的 PLL, 其中所述电路包括配置成接收所述电网格电压和所确定的所述电网格电压的相角的变换电路。
4. 根据权利要求 1 所述的 PLL, 其中所述电路包括配置成基于所述电网格电压的频率来确定所述电网格电压的相角的积分器。
5. 根据权利要求 1 所述的 PLL, 包括多于一个跟踪滤波器。
6. 根据权利要求 5 所述的 PLL, 其中所述多于一个跟踪滤波器中的各跟踪滤波器被配置成确定谐波扰动、直流分量或者对所述电网格电压的电压失衡起作用的任何其它扰动中的一个或者多个。
7. 根据权利要求 1 所述的 PLL, 包括配置成从所述电网格电压去除所述扰动频率的电路。
8. 一种相角生成器, 包括 :
锁相环 (PLL), 配置成接收电网格电压、生成所述电网格电压的相角并且基于所述电网格电压来输出所述电网格电压的所述相角 ; 以及
跟踪滤波器, 配置成估计所述电网格电压的扰动频率以及去除所述扰动频率。
9. 根据权利要求 8 所述的相角生成器, 其中所述 PLL 被配置成接收一个或者多个失衡电网格电压。
10. 根据权利要求 8 所述的相角生成器, 其中所述跟踪滤波器被配置成基于接收的所述电网格电压来估计谐波失真或者直流分量或者由所述 PLL 生成的误差信号的频率中的一个或者多个所引起的一个或者多个扰动频率。

锁相环和相角生成器

技术领域

[0001] 本实用新型主要地涉及电网络并且更具体地涉及同步向电网络中的输入信号的方法。

[0002] 背景技术

[0003] 可以在网络中连接或者组织电设备以实现向设备发送电力或者在设备之间通信。这样的互连设备网络可以称为网格。例如,电网格可以是用于从一个或者多个发电机向连接设备(电业公司的客户)送电的互连网络。电力网格可以按照同步频率、幅度和/或相角发送 AC 电力以高效地连接大量发电机和设备。网格或者网格部分的同步操作可以实现分担发电以及分担负载以获得更低运营成本。

[0004] 尽管发送同步 AC 电力可以有利于高效输电和/或配电,但是诸多因素可能扰动网格同步。例如,主要扰动可以包括电压失衡、角频率变化和电压谐波失真。具体而言,电压失衡可能在电力网格中普遍存在,因为网格的单相负载可能并未均匀地分布于供应电力的相之间并且可能被持续地连接和断开。另外,典型电力系统的配置可能固有地不对称。

[0005] 美国国家标准协会(ANSI)推荐在发电机无负载工作时失衡不多于 3%。然而,在两个并行电压之间的任何幅度、频率和/或相角差异可能在网格内引起异常电流循环。在一些电力网格中,至少少量电压失衡也可能造成大量电流失衡。失衡电流可能使网格设备(比如 AC-DC 转换器、周波变换器、有源滤波器、电感电动机和工作用以转换电力和/或通过网格向连接的电设备传送电力的其它储能系统)受压。失衡电流也可能使网格链路电感器和电容器受压,并且在网格的一个终端设备中的失衡电流可能引起经过网格的转矩脉动。减少电压和/或失衡影响的方法可以改进网格的性能和同步操作。

[0006] 实用新型内容

[0007] 一个实施例涉及一种用于与电网格同步的方法。该方法包括接收网格的相电压并且使用一个或者多个跟踪滤波器来确定相电压的扰动频率。该方法还包括去除扰动频率以产生干净相电压并且对干净相电压进行锁相环操作以确定网格的相电压的相角。

[0008] 另一实施例涉及一种包括电路和跟踪滤波器的锁相环。该电路被配置成从电网格接收一个或者多个输入电压矢量并且确定电网格电压的相角和频率。该跟踪滤波器可以确定电网格电压的扰动频率,该扰动可能在网格中引起电压失衡。在一个实施例中,跟踪滤波器也可以去除扰动频率。电路然后可以使用扰动频率被去除的网格电压来确定网格电压的相角。

[0009] 在另一实施方式中,呈现一种相角生成器。该相角生成器可以包括配置成接收电网格电压并且确定电压的相角和/或频率的锁相环。相角生成器也可以包括配置成估计电网格电压的扰动频率的跟踪滤波器并且可以去除扰动频率。锁相环可以输出用于与电网格同步的电网格电压的相角。

附图说明

[0010] 本实用新型的这些和其它特征、方面及优点在参照附图阅读下文详细描述时将变

得更好理解,在这些附图中,相似标号通篇地代表附图中的相似部分,其中:

[0011] 图 1 是图示了根据本实用新型一个实施例的典型工业电力网络的框图;

[0012] 图 2 是代表锁相环如何可以估计电网格电压的相角的框图;

[0013] 图 3 是代表配置成在电压输入失衡时输出同步电压的锁相环的框图;

[0014] 图 4A 和图 4B 是描绘了具有三相的电网格电流中的电流失衡的曲线图;

[0015] 图 5 是描绘了在电网格电压失衡时的参考频率、从无扰动跟踪的锁相环输出的频率估计和从有扰动跟踪的锁相环输出的频率估计的曲线图;并且

[0016] 图 6 是描绘了在电网格电压失衡时的参考频率和从有扰动跟踪和去除扰动跟踪的锁相环输出的频率估计。

具体实施方式

[0017] 网格可以是指可以互连以实现在负载之间通信和/或向负载发送电力的负载(电动机和设备等)网络。网格的一个例子是电力网格,该电力网格可以是发电机、配电器和客户网络。一个或者多个电厂可以生成可以转换并且向电业公司的客户配送的电力。在更小规模上,工业网格可以是如下网格的另一例子,其中发电机可以生成将向经由网格来供电的各种电动机或者其它设备配送的电力。

[0018] 电网格(例如电力网格或者工业网格)可以包括并行操作的交流(AC)功率源。可以在频率、幅度和/相角上同步各种源生成和配送的电力。AC 电力的同步可以获得高效输电和/或配电。然而,比如电压失衡、角频率变化和/或电压谐波失真这样的扰动可能破坏 AC 输电的同步。具体而言,电压失衡可能在电力网格中普遍存在,因为网格的单相负载可能并未均匀地分布于供应电力的相之间并且可以被持续地连接和断开。另外,典型电力系统的配置可能固有地不对称。

[0019] 可以在图 1 中图示电网格 10 的一个例子,其中发电机 12 可以通过网格 10 向不同设备的电动机 18 递送电力。通常,电网格 10 可以用三相 AC 功率源操作。因此,网格 10 可以包括三相变压器 14,该变压器 14 可以控制典型电力递送网格中使用的三个相电压的值。另外,由于各设备可以按不同速度操作,所以网格 10 也可以包括配置成对用于各设备的电动机 18 的操作速度进行调节的调速驱动(ASD)16。

[0020] 典型电网格可能并不对称,因为负载(例如连接到电动机 18 的设备)可能并未均匀地分布于相之间。任何设备 18 的连接或者断开也可能影响发电机 12 和三相变压器 14 配送的三相信号。另外,在一个电动机 18 上的电压失衡可能影响耦接到失衡电动机 18 的其它电动机 18 的同步。例如在共同耦接点 20,在耦接到 ASD1 的电动机 18 上的电压失衡也可能在耦接到 ASD2 或者 ASD3 的电动机 18 造成电压失衡,因为在电动机 18 之间无阻抗从而防止电压失衡通过网格 10 的共同耦接电动机 18 传播。如讨论的那样,两个耦接电压的这样的失衡(即幅度、频率和/或相角差异)可能引起大量电流失衡,该失衡可能损坏两个系统。

[0021] 典型地,锁相环(PLL)技术可以用来通过调节来控制网格的相同步以使 PLL 输出 δ' 与两个测量输入 $A \sin \delta$ 与 $A \cos \delta$ 的相位 δ 之差为零。图 2 可以图示使用 PLL 22 的同步技术的一个示例。尽管网格通常供应三相电压,但是这三相可以描绘为针对图 2 的例子等效的两相。三相电压可以平衡为相互异相 120° 。两相电压输入可以是在稳态中并

且按照网格电压的频率旋转的异相 90° 的正弦波形。

[0022] 与相电压 10 等效的矢量的瞬间角位置 δ 可以调节成如下反馈环,该反馈环将 d 轴电压 (V_d 30) 或者经由加法器 28 的输入之和理想地调节成参考信号频率的值 (例如在这一情况下为零)。取而代之,在一些实施例中,如果考虑按照单位的值,则反馈环可以将 q 轴电压调节成参考值一。以 d 轴调节为例,电压矢量 V_d 30 的检测到的 d 分量也可以称为误差信号。可以向补偿器 32 发送 V_d 30,该补偿器确定网格电压的频率估计 ω'_e 。频率估计 ω'_e 。然后可以由积分器 34 积分以确定网格电压的相角估计 δ' 。相角 δ' 可以由另一变换 36 用来输出正弦和余弦 38,该正弦和余弦可以被反馈并且与原输入 $A \sin \delta$ 和 $A \cos \delta$ (描绘为在增益 68 的归一化之后具有幅度 1) 相乘以在相减时生成新误差信号 V_d 30。

[0023] 理想地,当不存在谐波失真或者电压失衡时,高带宽 PLL 可以检测电压矢量的相角和幅度以维持网格同步。当存在谐波失真 (例如电压因高阶谐波而失真) 时,可以减少 PLL 的带宽以抑制和消除谐波对输出的影响。然而,带宽减少可能并未消除失衡网格电压。因此,如先前讨论的那样,电压失衡可能引起异常电流条件,这些条件可能损坏连接到电力网络的功率源和 / 或设备。

[0024] 可以在图 3 的框图 40 中描绘本实用新型的一个实施例,该实施例使用配置成确定网格电压的相角、补偿相失衡并且与网格同步的锁相环。锁相环可能具有可能相位和 / 或幅度失衡的失衡输入。例如,锁相环 40 可能具有如具有不同电压幅度 A 和 B 的电压矢量 $A \sin \delta$ 和 $B \cos \delta$ 描绘的失衡输入。如将讨论的那样,增益 68 对用于 $A \sin \delta$ 和 $B \cos \delta$ 的系数的归一化可以实现量值为 1。两个输入 $A \sin \delta$ 和 $B \cos \delta$ 可以由乘法器 24 和 28 变换以获得 V_d 30 或者对网格 10 的电压矢量中的失衡的估计。

[0025] 可以配置用于失衡电压输入的锁相环 40 可以向一个或者多个跟踪滤波器 44 和 46 发送 V_d 30。当网格 10 均衡时, V_d 30 可以是直流 (DC)。当网格 10 失衡时, V_d 30 可以是具有复频谱的非 DC 信号,该信号具有网格 10 的主导二阶谐波。跟踪滤波器 44 可以被配置成确定 V_d 30 中的扰动 50,该扰动可以代表误差信号 V_d 30 的两倍基频或者输入信号 $A \sin \delta$ 和 $B \cos \delta$ 中的电压失衡。确定扰动 50 可以基于从补偿器 32 向跟踪滤波器 44 和 46 的输入,该补偿器输出网格电压的频率估计 ω'_e 。跟踪滤波器 44 的输出可以是对 V_d 30 的两倍基频的估计。在一个实施例中,跟踪滤波器 44 可以包括基于频率估计 ω'_e (来自补偿器 32 的输入) 的电流和时间延迟样本以及基于以下关系来跟踪正弦参考 (这里为 V_d 30) 频率的硬件、软件或者二者的组合:

$$[0026] \quad \begin{bmatrix} x_1(KT) \\ x_2(KT) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x_1(K-1)T \\ x_2(K-1)T \end{bmatrix} + B[u(KT) + u(K-1)T] \text{ 等式 (1)}$$

[0027] 其中 K 代表电流样本, T 代表采样时间, $x_1(KT)$ 代表对误差信号 V_d 30 的频率的当前估计,而 $x_1(K-1)$ 代表对误差信号 V_d 30 的频率的先前估计。可以通过将从补偿器 32 输入的同步频率估计 ω_e 的时间延迟样本相加来获得关系 $u(KT) + u(K-1)T$ 。矩阵 A 可以是 2×2 矩阵,而矩阵 B 可以是 2×1 矩阵,二者定义如下:

[0028]

$$A = \frac{1}{1 + \frac{T}{2}a + \left(\frac{T}{2}\omega_0(KT)\right)^2} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{T}{2}\omega_0(KT) \\ \frac{T}{2}\omega_0(KT) & 1 + \frac{T}{2}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - \frac{T}{2}a & -\frac{T}{2}\omega_0(K-1)T \\ \frac{T}{2}\omega_0(K-1)T & 1 \end{bmatrix}$$

[0029]

等式 (3)

$$B = \frac{1}{1 + \frac{2}{aT} + \frac{T}{2a}(\omega_0(KT))^2} \left[\frac{T}{2}\omega_0(KT) \right] \text{等式 (4)}$$

[0031] 本实用新型的锁相环 40 也可以包括用于跟踪任何其它可以在 V_d 30 中并且引起电压失衡的频率分量的另一跟踪滤波器 46。例如,跟踪滤波器 46 可以如 $nX\omega_e$ 所示为可调,其中 n 可以设置成估计谐波扰动或者信号 V_d 30 的交流 (AC) 分量的值。例如,PLL 可以包括设置成二阶谐波扰动的跟踪滤波器、设置成三阶谐波的跟踪滤波器等。跟踪滤波器 44 和 46 的输出可以包括对误差信号 V_d 30 和 / 或引起电压失衡的任何其它扰动 (例如三阶谐波、五阶谐波、直流分量等) 的频率估计并且可以在加法器 48 中相加以生成扰动 50。由于实施例可以具有一个或者多个跟踪滤波器 (例如跟踪滤波器 40 和 / 或 46), 所以第二跟踪滤波器 46 和加法器 48 由虚线代表。

[0032] 可以在加法器 - 减法器 52 中将信号 V_d 30 减去跟踪的扰动 50, 从而可以向补偿器 32 发送“干净”电压信号 54。因此,干净信号 54 可以是跟踪的扰动 50 已经被去除 (例如在加法器 - 减法器 52 减去) 的信号 V_d 30。补偿器 32 可以包括如下放大器和积分器系统,该系统可以基于对网格电压的频率估计 ω' 来确定相角 δ' 。例如,积分器 34 可以输出相角 δ' , 该相角可以是对网格 10 的相角 δ 的估计。另外,如讨论的那样,补偿器 32 也可以向跟踪滤波器 44 和 46 输出频率估计 ω' , 从而跟踪滤波器可以应用一个或者多个算法以基于对网格相电压的当前和时间延迟频率估计 ω' 来估计扰动 50。补偿器 32 输出的估计相角 δ' 可以在它被输出回到 PLL 40 中的乘法器 24 和 26 之前由 36 变换。

[0033] 频率估计 ω' 和 / 或相角 δ' 也可以被输出回到网格 10。频率估计 ω' 可以先由脉宽调制器 56 调制, 而调制的信号 58 (该信号可以是用于网格 10 的控制信号) 可以由可以连接到网格 10 的转换器 60 用来控制网格 10 中的能量流动。如图所示,转换器可以连接到网格 10 的发电机 12 (如图 1 中那样)。变换的测量电压 (归一化的 V_q 和 V_d) 62 可以由滤波器 64 过滤, 该滤波器可以例如包括用于滤除可以包括更高频率分量的任何其余噪声分量的低通模拟滤波器 64。经过滤波的信号 66 (该信号现在可以与网格 10 的工作频率同步) 还可以由增益 68 归一化以完成锁相环 40。

[0034] 因此,本实用新型的 PLL 40 可以被配置成即使在电压失衡时仍然维持与网格同步。减轻电压失衡的影响可以使网格能够同步操作并且也可以保护由网格 10 供电的设备免受电流失衡的不利影响。本实用新型实施例的跟踪和 / 或去除扰动的配置并不限于图 3 的 PLL 40 中所示配置。例如,补偿器 32 可以向 PLL 40 外部的设备输出估计的相角 δ' , 或者估计的相角 δ' 还可以在它被返回到网格 10 之前被进一步处理和 / 或滤波。另外,积分器可以与补偿器 32 分离或者耦接到补偿器 32。

[0035] 在图 4A-图 6 中图示了与在向 PLL 40 中的电压输入失衡时对 PLL 40 的一个实施例的效果的一个例子仿真对应的数据。在图 4A 中,曲线图 70 代表失衡输入电流。如理解

的那样,失衡电流可以与用于这一仿真的失衡电压类似地表现。曲线图 70 示出了电流矢量 i_u 、 i_v 和 i_w 在时域中的三相。图 4B 的曲线图图示了电流矢量 i_u 、 i_v 和 i_w 在频域中的三相的量值 74。将失衡输入电流的频率响应表示为电流矢量 i_u 、 i_v 和 i_w 在 50Hz 处的电流幅度中的尖峰 76。

[0036] 图 5 的曲线图 78 可以描绘应用典型 PLL 并且应用本技术以同步具有失衡电压的网格的效果。曲线图 78 描绘了参考角频率 ω_{ref} 84 (代表网格电压的角频率) 和对 PLL ω_e 的输出角频率估计 86 随时间 80 变化的角速度 (弧度 / 秒) 82。输出角频率估计 ω_e 86 可以在已经在这一数据中设置成 31416 弧度 / 秒 (50Hz) 的参考角频率 ω_{ref} 84 周围波动。如曲线图 78 中所见,输出估计 ω_e 86 可以在曲线图的标为“禁用”的近似从 0 至 2.6 秒的部分中明显波动。一旦启用使用跟踪滤波器的 PLL,输出估计 ω_e 86 可以如曲线图的标为“启用”的近似从 2.6 至 4.5 秒的部分中所示更少波动。其余波动可以归因于在跟踪滤波器的带宽以外的其它谐波。因此,尽管典型 PLL 的输出估计 ω_e 86 可能在电压输入失衡时并不适合于与网格同步,但是使用本技术,频率估计 ω_e 86 可以明显更接近参考角频率 ω_{ref} 84。

[0037] 本技术或者用 PLL 40 实现跟踪滤波器的一个实施例可以输出与网格电压的频率 (参考角频率 ω_{ref}) 同步的角频率估计 ω_e 。图 6 的曲线图 88 显示了典型 PLL 的参考角频率 ω_{ref} 84 和输出 $\omega_{e前}$ 92 以及适合于在电压失衡时同步的 PLL 40 的输出 $\omega_{e后}$ 94。随频率 (Hz) 72 显示了 ω_{ref} 84、 $\omega_{e前}$ 92 和 $\omega_{e后}$ 94 的角频率 (弧度 / 秒) 90。如曲线图 88 中所见,典型 PLL 的输出 (在应用本技术之前) 可能在二阶谐波扰动的基频 50Hz 的两倍处造成波动 (在 100Hz 的尖峰)。然而,在 $\omega_{e后}$ 94 看见 PLL 40 在应用本跟踪技术之后的输出,该输出示出了在 100Hz 处无明显波动,因为如图 3 中的 PLL 40 的一个实施例中所见通过跟踪和去除扰动频率已经去除二阶谐波扰动频率。

[0038] 如讨论的那样,PLL 40 可以包括跟踪滤波器 (例如跟踪滤波器 44 和跟踪滤波器 46) 的任何组合或者配置。尽管图 4- 图 6 中的曲线图 70、78 和 88 中所示数据描绘了去除二阶谐波扰动,但是 PLL 40 可以包括跟踪其它扰动的附加跟踪滤波器。其它跟踪的扰动可以在 PLL 40 中都被去除以在同步网格之时补偿电压。另外,尽管曲线图 78、80 和 88 按照角频率 90 显示了本技术,但是应当注意确定角频率 ω_e 和 / 或相角 δ' 可以使 PLL 40 能够在存在电压失衡时同步网格。

[0039] 尽管这里已经图示和描述本实用新型的仅仅某些特征,但是本领域技术人员将想到许多修改和改变。因此将理解所附权利要求旨在于包括如落在本实用新型的真实精神实质内的所有这样的修改和改变。

[0040] 通过上面对本实用新型的实施例的描述可知,本实用新型涵盖的技术方案包括但不限于如下的内容:

[0041] 附记 1. 一种用于同步电网格的方法,包括:

[0042] 接收所述电网格的相电压;

[0043] 经由一个或者多个跟踪滤波器确定所述相电压的扰动频率;

[0044] 在锁相环 (PLL) 内去除所述扰动频率以产生干净频率;以及

[0045] 对所述干净频率进行 PLL 操作以确定所述频率的相角。

[0046] 附记 2. 根据附记 1 所述的方法,包括向所述电网格输出所述频率,其中所述相角

与所述电网的相电压的相角同步。

[0047] 附记 3. 根据附记 1 所述的方法,其中所述相电压包括多相交流源。

[0048] 附记 4. 根据附记 1 所述的方法,其中所述相电压包括三相交流源。

[0049] 附记 5. 根据附记 1 所述的方法,其中所述一个或者多个跟踪滤波器包括配置成去除谐波扰动的跟踪滤波器、配置成去除在所述相电压的两倍基频处的扰动的跟踪滤波器和配置成去除所述相电压的直流 (DC) 分量的跟踪滤波器中的一个或者多个。

[0050] 附记 6. 根据附记 1 所述的方法,其中所述扰动频率包括所述相电压的谐波扰动、电压失衡和直流分量中的一个或者多个。

[0051] 附记 7. 根据附记 1 所述的方法,其中进行所述 PLL 操作包括接收对所述电网的相电压的相角的反馈。

[0052] 附记 8. 根据附记 7 所述的方法,其中进行所述 PLL 操作还包括:

[0053] 对所述反馈和所述电网的相电压进行变换以生成变换的值;以及

[0054] 基于所述变换的值来导出所述电网的估计相电压频率。

[0055] 附记 9. 根据附记 8 所述的方法,其中进行所述 PLL 操作还包括:

[0056] 基于所述变换的值来导出所述电网的估计相电压频率的估计相角;以及

[0057] 锁定于所述估计相角。

[0058] 附记 10. 一种锁相环 (PLL),包括:

[0059] 电路,配置成接收电网的电压、确定所述电网电压的相角并且输出具有所确定的所述电网电压的相角的电压;以及

[0060] 跟踪滤波器,配置成确定所述电网电压的扰动频率。

[0061] 附记 11. 根据附记 10 所述的 PLL,其中所述 PLL 被配置成接收所述电网的一个或者多个失衡电压。

[0062] 附记 12. 根据附记 10 所述的 PLL,其中所述电路包括配置成接收所述电网电压和所确定的所述电网电压的相角的变换电路。

[0063] 附记 13. 根据附记 10 所述的 PLL,其中所述电路包括配置成基于所述电网电压的频率来确定所述电网电压的相角的积分器。

[0064] 附记 14. 根据附记 10 所述的 PLL,包括多于一个的跟踪滤波器。

[0065] 附记 15. 根据附记 14 所述的 PLL,其中所述多于一个的跟踪滤波器中的各跟踪滤波器被配置成确定谐波扰动、直流分量或者对所述电网电压的电压失衡起作用的任何其它扰动中的一个或者多个。

[0066] 附记 16. 根据附记 10 所述的 PLL,包括配置成从所述电网电压去除所述扰动频率的电路。

[0067] 附记 17. 根据附记 10 所述的 PLL,其中所述电网为三相电网,并且其中所述电网电压包括三相。

[0068] 附记 18. 一种相角生成器,包括:

[0069] 锁相环 (PLL),配置成接收电网电压、生成所述电网电压的相角并且基于所述电网电压来输出所述电网电压的所述相角;以及

[0070] 跟踪滤波器,配置成估计所述电网电压的扰动频率以及去除所述扰动频率。

[0071] 附记 19. 根据附记 18 所述的相角生成器,其中所述 PLL 被配置成接收一个或者多

个失衡电网格电压。

[0072] 附记 20. 根据附记 18 所述的相角生成器,其中所述跟踪滤波器被配置成基于接收的所述电网格电压来估计谐波失真或者直流分量或者由所述 PLL 生成的误差信号的频率中的一个或者多个所引起的一个或者多个扰动频率。

[0073] 附记 21. 根据附记 18 所述的相角生成器,其中所述 PLL 被配置成向所述电网格输出同步电压。

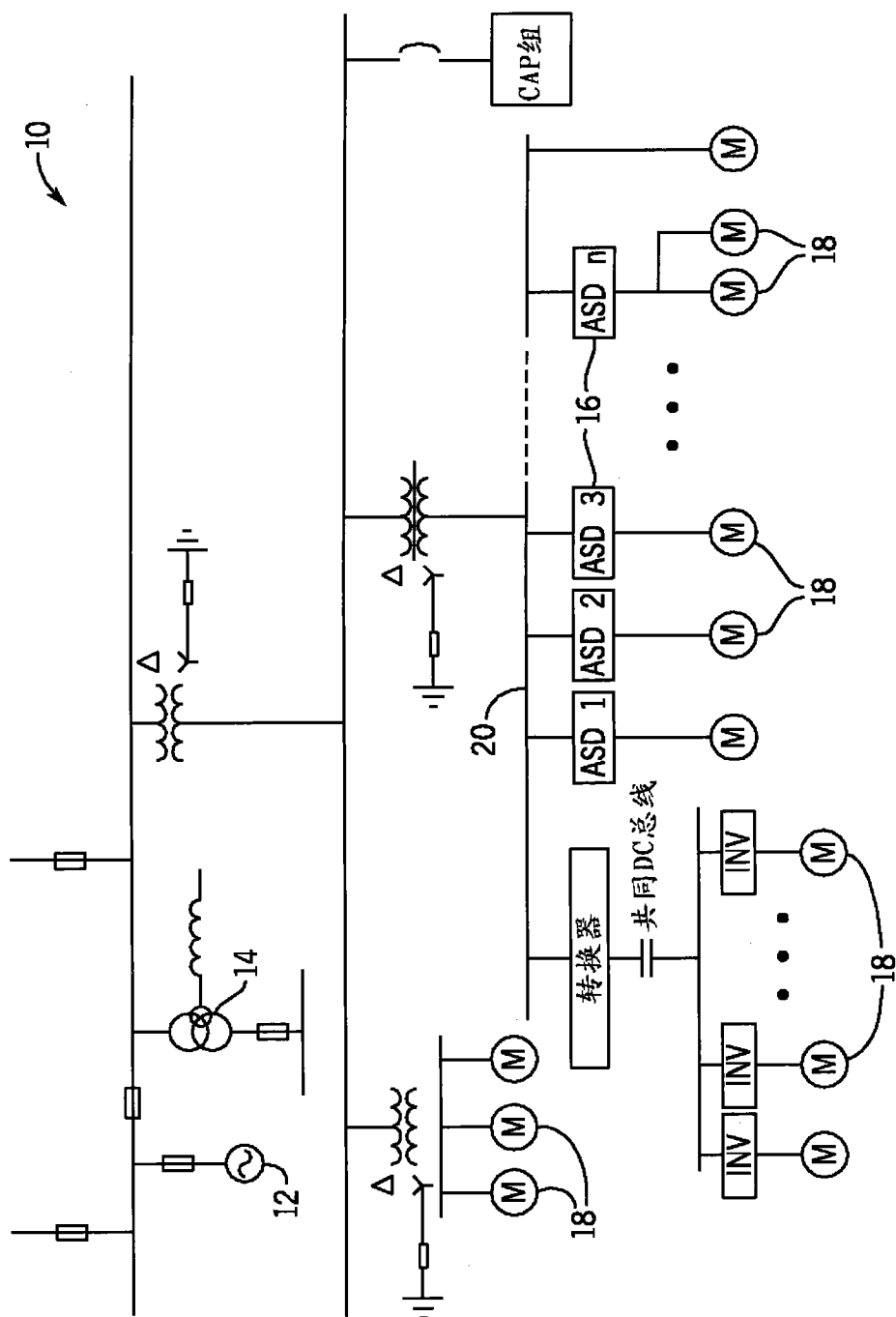


图 1

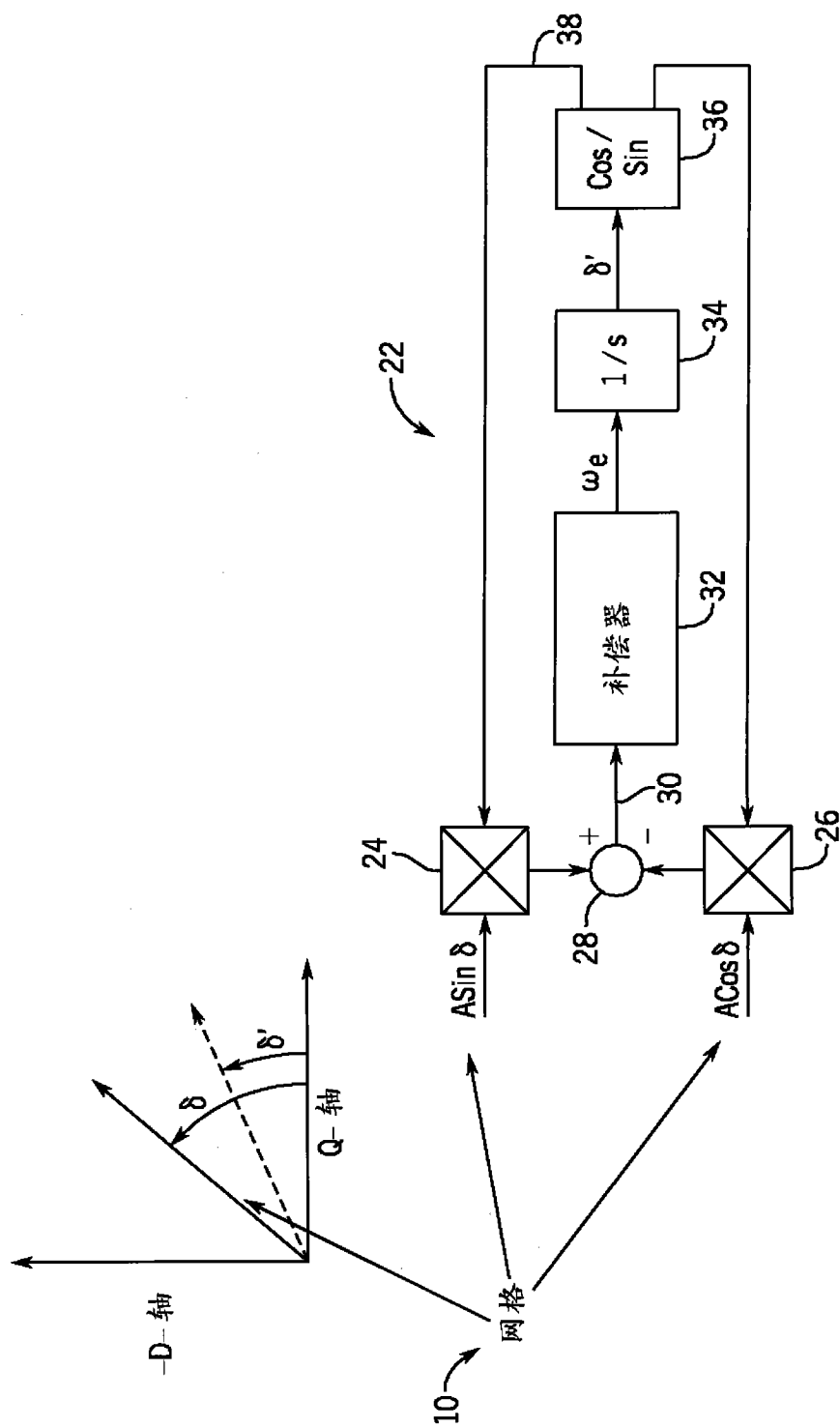


图 2

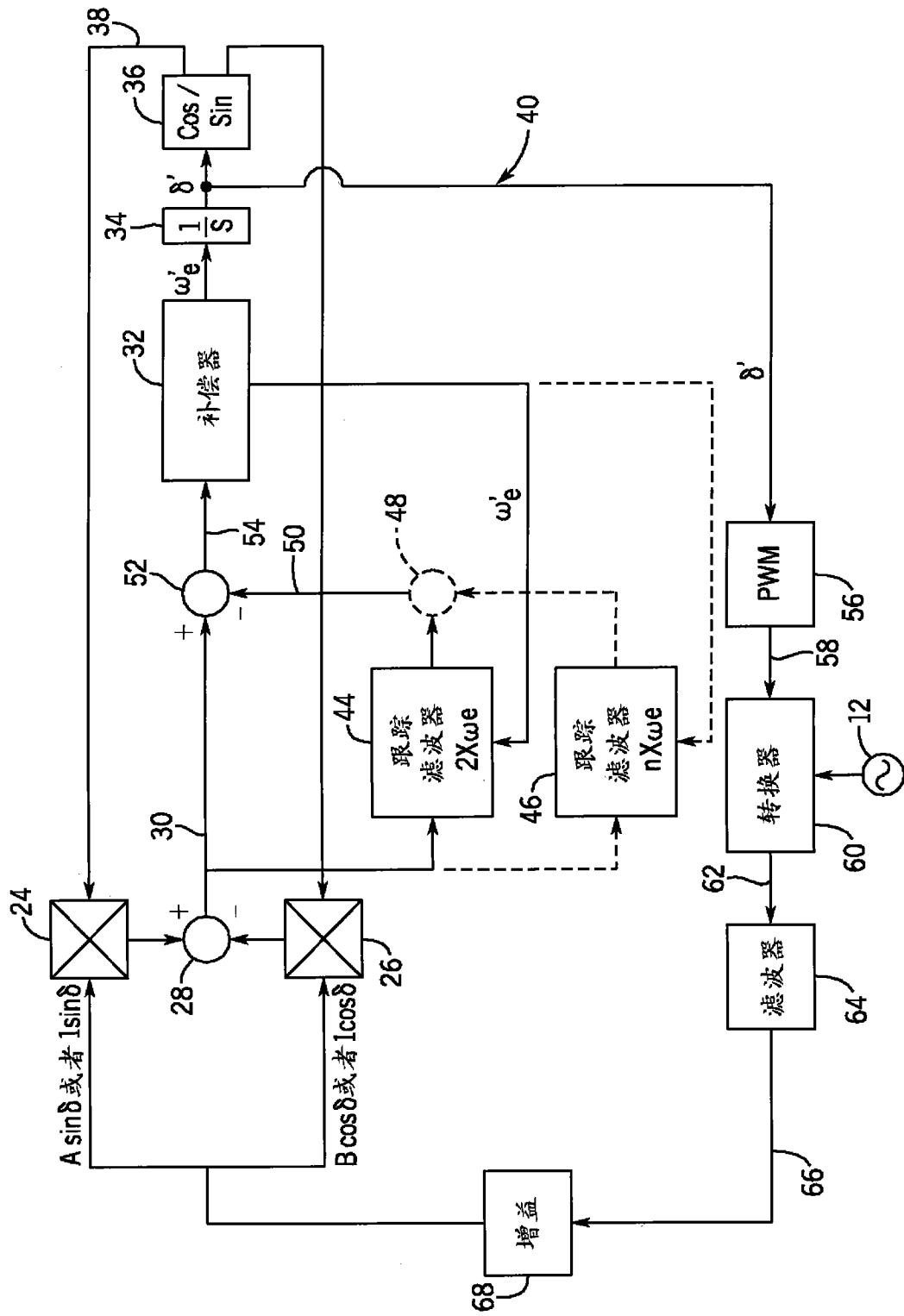


图 3

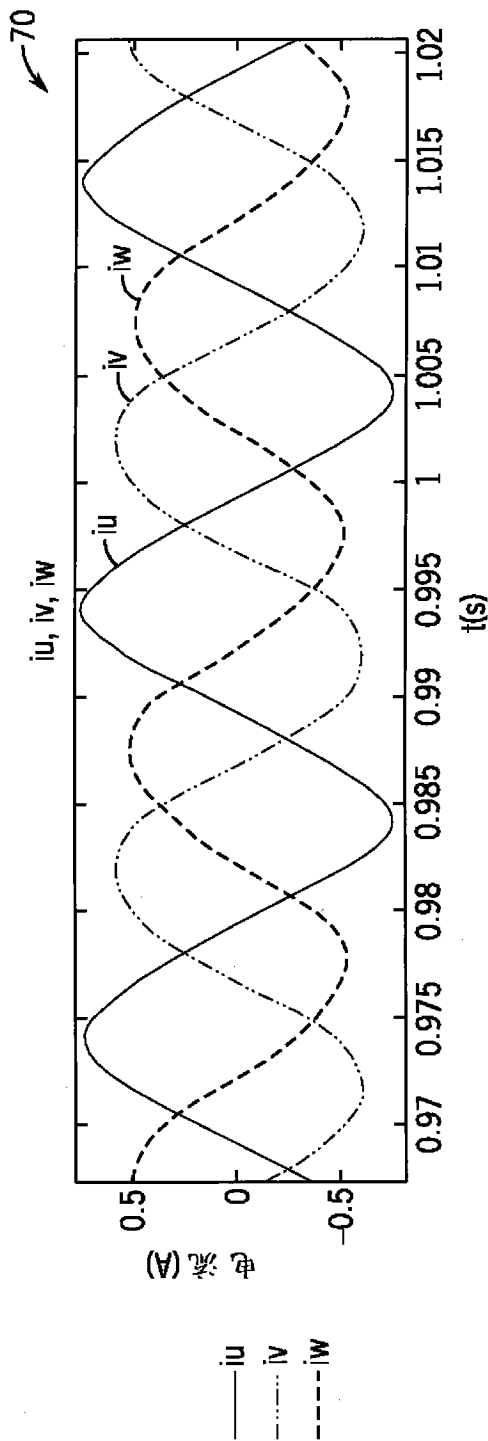


图 4A

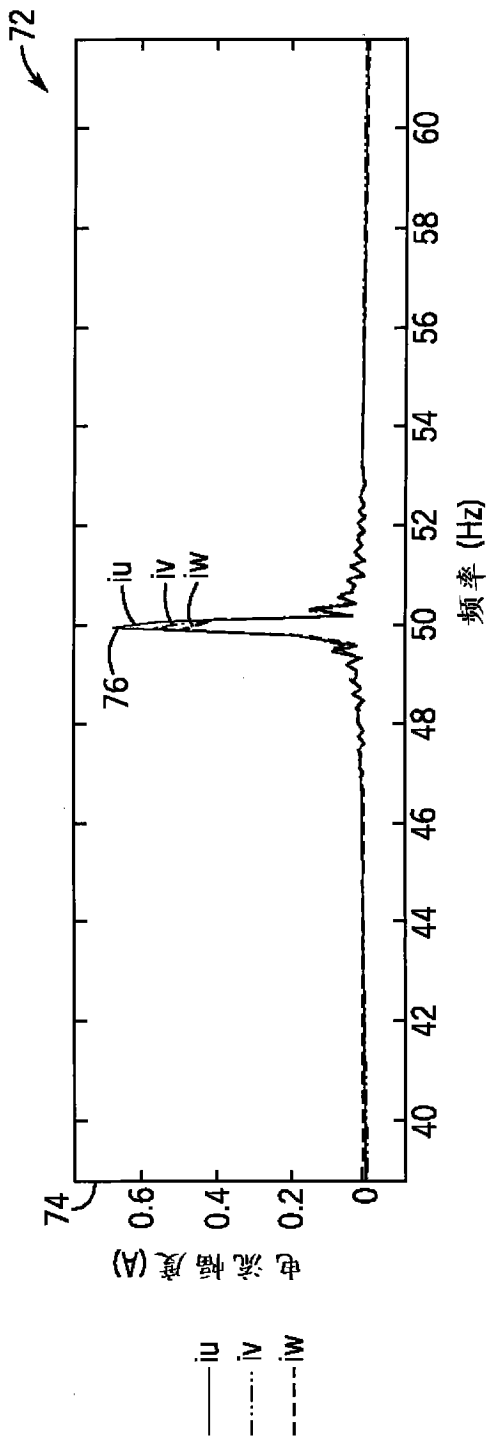


图 4B

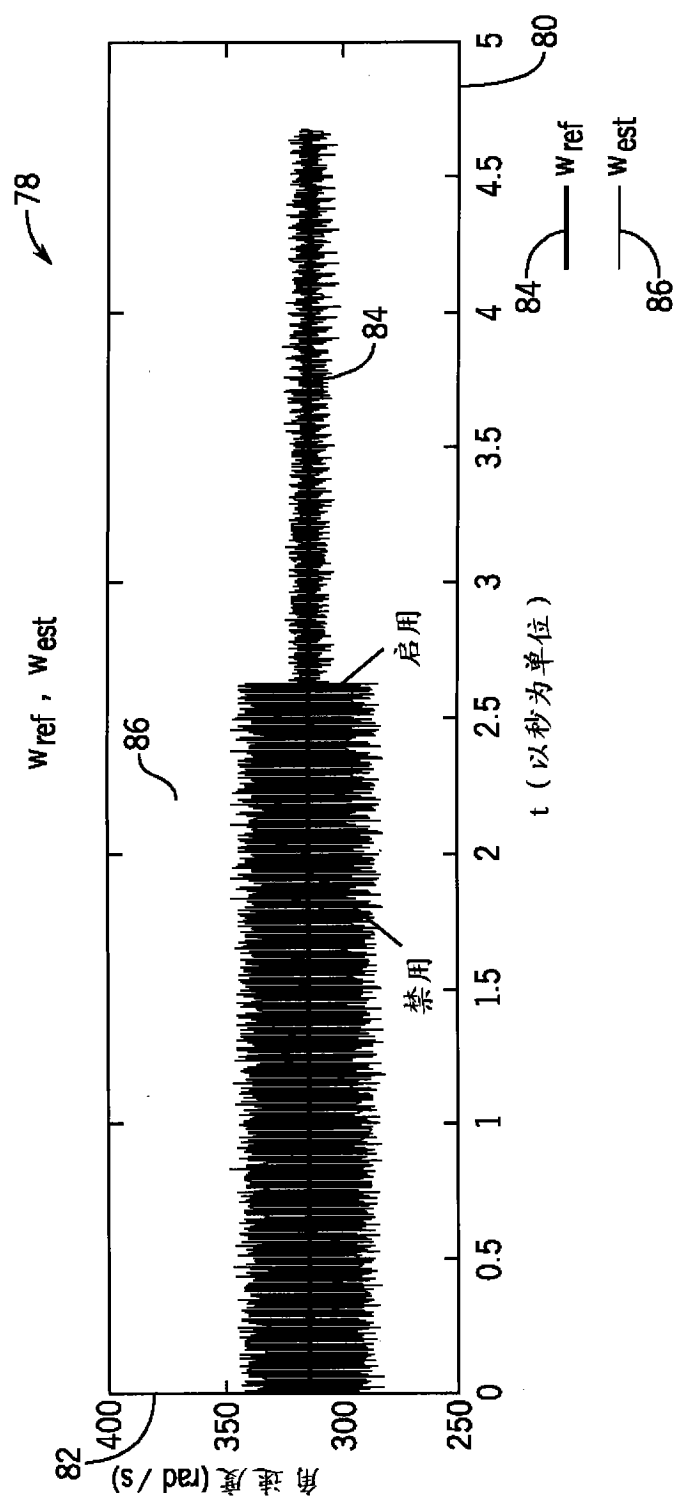


图 5

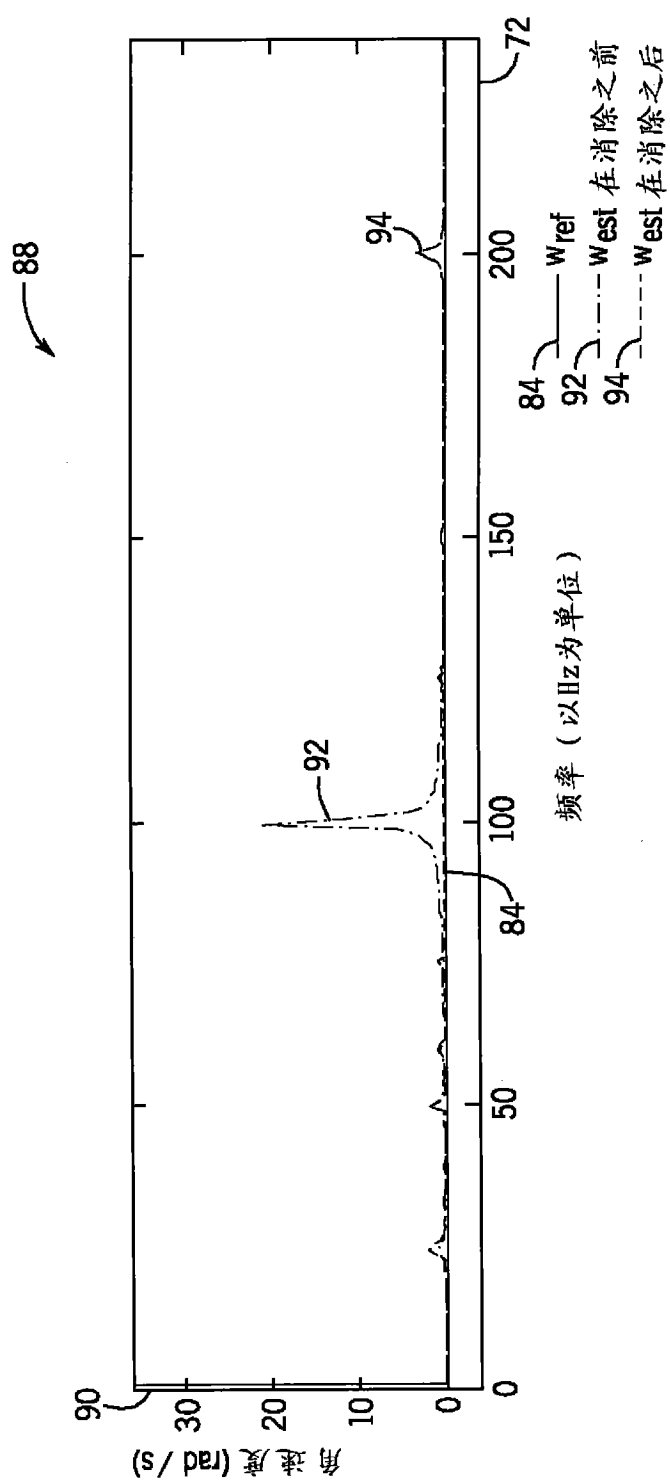


图 6