



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101657945 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 28

(21) 申请号 200880005599. 0

(22) 申请日 2008. 02. 14

(30) 优先权数据

60/890, 669 2007. 02. 20 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 08. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/NZ2008/000027 2008. 02. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02008/103059 EN 2008. 08. 28

(73) 专利权人 ABB 有限公司

地址 新西兰奥克兰

(72) 发明人 S · J · 沃尔顿

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张雪梅 王忠忠

(51) Int. Cl.

H02H 7/00(2006. 01)

H02J 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1190501 A, 1998. 08. 12, 全文.

CN 1759529 A, 2006. 04. 12, 全文.

US 5610501 A, 1997. 03. 11, 全文.

EP 0476618 A2, 1992. 03. 25, 全文.

审查员 丁小汀

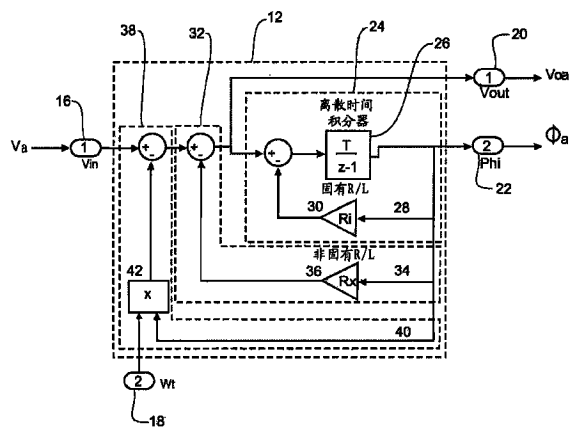
权利要求书 5 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于有源电压调节的通量控制系统

(57) 摘要

一种用于三相有源电压调节器的通量控制系统(10),所述三相有源电压调节器利用注入变压器来向市电电源施加计算的补偿电压。通量控制系统(10)被布置成修正将要施加到注入变压器的初级端子的补偿电压(Va、Vb),以避免注入变压器的磁饱和。通量控制系统(10)包括:磁通量模型模块(24),被布置成计算注入变压器的(一个或多个)芯通量级;通量偏移模块(32),被布置成对补偿电压施加第一修正,以逐渐减小注入变压器中的任何通量偏移;以及峰值通量模块(38),被布置成对补偿电压施加第二修正,以防止(一个或多个)芯通量级移出预置的范围。



1. 一种用于三相有源电压调节器的通量控制系统,所述三相有源电压调节器利用注入变压器来向市电电源施加计算的一个或多个补偿电压,对每个相位施加一个计算的补偿电压,所述通量控制系统被布置成修正将要施加到注入变压器的初级端子的一个或多个补偿电压,以避免注入变压器的磁饱和,所述通量控制系统包括:

一个或多个磁通量模型模块,被布置成基于一个或多个补偿电压和注入变压器特有的固有时间常数项来计算注入变压器的一个或多个芯通量级;

一个或多个通量偏移模块,被布置成基于由所述一个或多个磁通量模型模块计算的一个或多个芯通量级和非固有时间常数项来对一个或多个补偿电压施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何一个或多个通量偏移;以及

一个或多个峰值通量模块,被布置成对一个或多个补偿电压施加第二修正,以防止一个或多个芯通量级移出预置的范围。

2. 根据权利要求 1 所述的通量控制系统,其中所述磁通量模型模块或每个磁通量模型模块包括积分器,所述积分器被布置成对一个或多个补偿电压积分并输出一个或多个芯通量级,所述一个或多个芯通量级经由负反馈回路反馈回到所述积分器的输入,所述负反馈回路包括放大器,所述放大器被布置成根据固有的时间常数项放大一个或多个芯通量级。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的通量控制系统,其中所述固有时间常数项表示实际注入变压器电阻除以所述注入变压器的磁化电感。

4. 根据权利要求 2 所述的通量控制系统,其中所述积分器是在 Z 域中建模的离散时间积分器。

5. 根据前述权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中所述通量偏移模块或每个通量偏移模块被布置成经由负反馈回路将所计算的一个或多个芯通量级反馈回到一个或多个补偿电压中,所述负反馈回路包括放大器,所述放大器被布置成根据非固有时间常数项放大一个或多个芯通量级。

6. 根据权利要求 5 所述的通量控制系统,其中所述非固有时间常数项被计算以在注入变压器的初级端子两端产生具有合适的相位和幅度的小的电压,以随着时间的推移逐渐将注入变压器中的任何通量偏移重置成基本为零。

7. 根据前述权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中所述峰值通量模块或每个峰值通量模块包括:死区修正器和放大器,所述死区修正器被布置成:如果所计算的一个或多个芯通量级处于在 0 和预置的正通量阈值之间限定的范围内,则产生基本为零的限制器项,或者可替换地产生非零限制器项,所述非零限制器项的幅度取决于所计算的一个或多个芯通量级在所述范围之外的量;所述放大器被布置成:根据预置标量放大限制器项并输出放大的限制器项,所述峰值通量模块被布置成经由负反馈回路将一个或多个芯通量级反馈回到一个或多个补偿电压中,所述负反馈回路包括乘法器,所述乘法器被布置成将一个或多个芯通量级乘以放大的限制器项。

8. 根据权利要求 7 所述的通量控制系统,其中所述非零限制器项的幅度根据所计算的一个或多个芯通量级处于所述范围之外的量线性增加。

9. 根据前述权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中在静态参考坐标系中共同表示一个或多个三相补偿电压和一个或多个通量级。

10. 根据权利要求 9 所述的通量控制系统,其中所述一个或多个三相补偿电压和一个

或多个通量级在静态参考坐标系中以笛卡尔坐标表示为 α 和 β 项。

11. 根据权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中用旋转参考坐标系来表示一个或多个三相补偿电压和一个或多个通量级。

12. 根据权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中在时域中单独地表示一个或多个三相补偿电压和一个或多个通量级。

13. 根据前述权利要求 1-2 中任一项所述的通量控制系统,其中所述有源电压调节器用于调节三相市电电源。

14. 根据前述权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中注入变压器的初级端子连接到三相逆变器的输出,所计算的一个或多个补偿电压被用于产生相应的脉宽调制 (PWM) 信号,所述脉宽调制 (PWM) 信号用于驱动逆变器以产生施加到注入变压器的初级端子的适当的补偿电压。

15. 根据前述权利要求 1-2 中的任一项所述的通量控制系统,其中所述有源电压调节器是在线的,使得它持续监控市电电源电压并经由注入变压器持续施加一个或多个补偿电压以调整电压供给。

16. 一种用于控制注入变压器的一个或多个芯通量级以避免三相有源电压调节器中的磁饱和的方法,所述三相有源电压调节器利用注入变压器来向市电电源施加计算的一个或多个补偿电压,对每个相位施加一个计算的补偿电压,所述方法包括以下步骤:

接收一个或多个补偿电压:

基于一个或多个补偿电压和注入变压器特有的固有时间常数项来计算注入变压器的一个或多个芯通量级;

基于所计算的一个或多个芯通量级和非固有时间常数项来对一个或多个补偿电压施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何一个或多个通量偏移;以及

对一个或多个补偿电压施加第二修正,以防止一个或多个芯通量级移出预置的范围。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其中计算一个或多个注入变压器芯通量级的步骤包括以下步骤:对一个或多个补偿电压积分以产生一个或多个芯通量级;根据固有的时间常数项放大一个或多个芯通量级;以及将放大的一个或多个芯通量级经由负反馈回路反馈回到一个或多个补偿电压中。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的方法,其中所述固有的时间常数项表示实际注入变压器电阻除以注入变压器的磁化电感。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述对一个或多个补偿电压积分以产生一个或多个芯通量级的步骤包括操作在 Z 域中建模的离散时间积分器的步骤。

20. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法,其中对一个或多个补偿电压施加第一修正的步骤包括以下步骤:根据非固有时间常数项放大所计算的一个或多个芯通量级;以及经由负反馈回路将所放大的一个或多个芯通量级反馈回到一个或多个补偿电压中。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中计算所述非固有时间常数项以在注入变压器的初级端子两端产生具有合适的相位和幅度的小的电压,以随着时间的推移逐渐将注入变压器中的任何通量偏移重置成基本为零。

22. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法,其中对一个或多个补偿电压施加第

二修正的步骤包括以下步骤：如果所计算的一个或多个芯通量级处于在 0 和预置的正通量阈值之间限定的范围内，则产生基本为零的限制器项，或者可替换地产生非零限制器项，所述非零限制器项的幅度取决于所计算的一个或多个芯通量级处于所述范围之外的量；根据预置的标量放大限制器项；将所计算的一个或多个芯通量级乘以放大的限制器项；以及经由负反馈回路将乘得的一个或多个芯通量级反馈回到一个或多个补偿电压中。

23. 根据权利要求 22 所述的方法，其中产生非零限制器项的步骤包括根据所计算的一个或多个芯通量级处于所述范围之外的量而线性增加所述限制器项的步骤，其中所述非零限制器项的幅度取决于所计算的一个或多个芯通量级处于所述范围之外的量。

24. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法，其中在静态参考坐标系中共同表示一个或多个三相补偿电压和一个或多个通量级。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其中所述一个或多个补偿电压和一个或多个通量级在静态参考坐标系中以笛卡尔坐标表示为 α 和 β 项。

26. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法，其中用旋转参考坐标系来表示一个或多个三相补偿电压和一个或多个通量级。

27. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法，其中在时域中单独地表示一个或多个三相补偿电压和一个或多个通量级。

28. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法，其中所述有源电压调节器用于调节三相市电电源。

29. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法，其中注入变压器的初级端子连接到三相逆变器的输出，所计算的一个或多个补偿电压被用于产生相应的脉宽调制 (PWM) 信号，所述脉宽调制 (PWM) 信号用于驱动逆变器以产生施加到注入变压器的初级端子的适当的补偿电压。

30. 根据权利要求 16-17 中的任一项所述的方法，其中所述有源电压调节器是在线的，使得它持续监控市电电源电压并经由注入变压器持续施加一个或多个补偿电压以调整电压供给。

31. 一种用于三相有源电压调节器的通量控制系统，所述三相有源电压调节器基于在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项而利用注入变压器来向市电电源施加补偿电压，所述通量控制系统被布置成修正 α 和 β 项以避免注入变压器的磁饱和，所述通量控制系统包括：

α 和 β 通量控制子系统，被布置成分别接收 α 和 β 电压补偿项，并输出修正的补偿项，每个子系统包括：

通量模型模块，被布置成基于 α 或 β 电压补偿项和注入变压器特有的固有时间常数项来产生 α 或 β 通量项；以及

通量偏移模块，被布置成基于由所述通量模型模块产生的 α 或 β 通量项和非固有时间常数项来对 α 或 β 电压补偿项施加第一修正，所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何通量偏移；以及

峰值通量限制器，被布置成基于来自 α 和 β 通量控制子系统的 α 和 β 通量项来计算注入变压器的峰值通量级表示，并基于所计算的峰值通量级表示与预置的正通量阈值的比较产生限制器项，所述 α 和 β 通量控制子系统中的一个进一步包括：

峰值通量模块,被布置成基于由所述通量模型模块产生的 α 或 β 通量项和由所述峰值通量限制器产生的限制器项来对 α 或 β 电压补偿项施加第二修正,以防止注入变压器中的峰值通量级表示超出正通量阈值。

32. 根据权利要求 31 所述的通量控制系统,其中每个通量模型模块包括积分器,所述积分器被布置成对 α 或 β 电压补偿项积分并输出 α 或 β 通量项,所述 α 或 β 通量项经由负反馈回路反馈回到所述积分器的输入,所述负反馈回路包括放大器,所述放大器被布置成根据固有的时间常数项放大 α 或 β 通量项。

33. 根据权利要求 31 或 32 所述的通量控制系统,其中每个通量偏移模块被布置成经由负反馈回路将 α 或 β 通量项反馈回到 α 或 β 电压补偿项中,所述负反馈回路包括放大器,所述放大器被布置成根据非固有时间常数项放大 α 或 β 通量项。

34. 根据权利要求 31-32 中的任一项所述的通量控制系统,其中所述峰值通量限制器包括:峰值通量级模块、死区修正器和放大器,所述峰值通量级模块被布置成基于来自 α 和 β 通量控制子系统的 α 和 β 通量项计算注入变压器的峰值通量级表示;所述死区修正器接收所计算的峰值通量级表示并被布置成:如果峰值通量级表示处于在 0 和预置的正通量阈值之间的范围内,则产生基本为零的限制器项,或者可替换地产生非零限制器项,所述非零限制器项的幅度取决于所计算的峰值通量级表示超过所述正通量阈值的量;所述放大器被布置成根据预置的比例放大限制器项并输出放大的限制器项。

35. 根据权利要求 34 所述的通量控制系统,其中每个峰值通量模块被布置成经由负反馈回路将 α 或 β 通量项反馈回到 α 或 β 电压补偿项中,所述负反馈回路包括乘法器,所述乘法器被布置成将 α 或 β 通量项乘以来自所述峰值通量限制器的放大的限制器项。

36. 根据权利要求 31-32 中的任一项所述的通量控制系统,其中所述有源电压调节器用于调节三相市电电源。

37. 根据权利要求 31-32 中的任一项所述的通量控制系统,其中注入变压器的初级端子连接到三相逆变器的输出,在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项被用于产生相应的脉宽调制 (PWM) 信号,所述脉宽调制 (PWM) 信号用于驱动逆变器以产生施加到注入变压器的初级端子的适当的补偿电压。

38. 根据权利要求 31-32 中的任一项所述的通量控制系统,其中所述有源电压调节器是在线的,使得它持续监控市电电源电压并经由注入变压器持续施加补偿电压以调整电压供给。

39. 一种用于控制注入变压器的芯通量以避免三相有源电压调节器中的磁饱和的方法,所述三相有源电压调节器基于在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项而利用注入变压器向市电电源施加补偿电压,所述方法包括以下步骤:

接收 α 和 β 电压补偿项;

分别基于 α 和 β 电压补偿项与注入变压器特有的固有时间常数项来对注入变压器通量建模并产生 α 和 β 通量项;

基于分别产生的 α 和 β 通量项与非固有时间常数项来对 α 和 β 电压补偿项施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何通量偏移;

基于 α 和 β 通量项计算注入变压器的峰值通量级表示,并基于所计算的峰值通量级表示与预置的正通量阈值的比较产生限制器项;以及

基于分别产生的 α 和 β 通量项与所产生的限制器项来对 α 和 β 电压补偿项施加第二修正,以防止注入变压器中的峰值通量级表示超出正通量阈值。

40. 根据权利要求 39 所述的方法,其中对注入变压器通量建模和产生 α 和 β 通量项的步骤包括以下步骤:对 α 和 β 电压补偿项积分以产生各自的 α 和 β 通量项;根据固有的时间常数项放大 α 和 β 通量项;以及经由负反馈回路将放大的 α 和 β 通量项反馈回到它们各自的 α 和 β 电压补偿项中。

41. 根据权利要求 39 或 40 所述的方法,其中对 α 和 β 电压补偿项施加第一修正的步骤包括以下步骤:根据非固有时间常数项放大 α 和 β 通量项;以及经由负反馈回路将放大的 α 和 β 通量项反馈回到它们各自的 α 和 β 电压补偿项中。

42. 根据权利要求 39-40 中的任一项所述的方法,其中基于所计算的峰值通量级表示与预置的正通量阈值的比较产生限制器项的步骤包括以下步骤:如果所计算的峰值通量级表示处于在 0 和预置的正通量阈值之间的范围内,则产生基本为零的限制器项,或者可替换地产生非零限制器项,所述非零限制器项的幅度取决于所计算的峰值通量级表示超过所述正通量阈值的量;以及根据预置的标量放大限制器项。

43. 根据权利要求 42 所述的方法,其中对 α 和 β 电压补偿项施加第二修正的步骤包括以下步骤:将 α 和 β 通量项乘以放大的限制器项;以及经由负反馈回路将乘得的 α 和 β 通量项反馈回到它们各自的 α 和 β 电压补偿项中。

44. 根据权利要求 39-40 中的任一项所述的方法,其中所述有源电压调节器用于调节三相市电电源。

45. 根据权利要求 39-40 中的任一项所述的方法,其中注入变压器的初级端子连接到三相逆变器的输出,在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项被用于产生相应的脉宽调制 (PWM) 信号,所述脉宽调制 (PWM) 信号用于驱动逆变器产生施加到注入变压器的初级端子的适当的补偿电压。

46. 根据权利要求 39-40 中的任一项所述的方法,其中所述有源电压调节器是在线的,使得它持续监控市电电源电压并经由注入变压器持续施加补偿电压以调整电压供给。

用于有源电压调节的通量控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及三相市电电源的有源电压调节。

背景技术

[0002] 对于依赖于工厂和办公自动化的电子设备的商业和工业用户来说,公用事业电源电压、市电电源电压中的扰动是主要问题。电压骤降(sag)已被认为是最常发生的扰动之一。足够大幅度的市电电压骤降会导致电力或电子设备故障或停机,这样的代价非常大,尤其在连续处理应用中。对此问题的一种公知解决方案是安装现场有源电压调节单元,其被布置成检测电源中的电压扰动或骤降,并将校正电压注入到电源中以补偿并确保可靠性。

[0003] 图1中示出了一种典型的有源电压调节器配置。有源电压调节器1连接到分配三相市电电源5的本地配电变压器3的输出。有源电压调节器1包括三相电压源逆变器7、旁路电路9以及串联连接在来自配电变压器3的输入市电电源和负载4之间的注入变压器8。有源电压调节器的控制系统监控输入电源电压,并且当输入市电电压偏离额定的电压电平时,有源电压调节器的控制系统利用逆变器7和串联的注入变压器8插入适当的补偿电压,从而将负载电压4调整为额定值,因而消除影响负载的来自市电电源的电压扰动。用于补偿电压的能量源自直接或者经由变压器或自耦变压器连接到输入电源的三相整流器,该三相整流器能够根据需从逆变器7供给或移去功率。整流器以这样的方式控制功率从配电变压器3流入输入电源和从其流出,使得保持逆变器7以恒值输入直流(DC)总线电源。这样,系统自动运作,以提供能量平衡,当需要时从输入电源抽取额外的功率或者如果电压校正导致过量再生能量则将其供回到输入电源。

[0004] 控制系统通常采用基于数字信号处理器(DSP)微处理器的系统,其被布置成计算与完美平衡且调整后的三相电源的任何向量电压差,然后用这些差来计算并生成适当的脉宽调制(PWM)波形,以控制逆变器7经由串联的注入变压器8在各个阶段(phase)插入相位和幅度二者均适当的补偿电压。具体地,DSP通常被布置成对输入市电电源采样并计算将通过注入变压器8施加的校正或补偿电压,以将输出恢复到调整后的、平衡的三相正弦电源,或者在系统的校正能力之内尽可能地接近调整后的、平衡的三相正弦电源。通常,实时测量市电电源的三相电压,然后将其转换成静态参考坐标系,这里它们被表示成 α (alpha)和 β (beta)项。这是本领域公知的标准向量控制原理的应用。然后,DSP计算将公用事业电源带回设定的额定电平所必需的 α 电压补偿项 V_a 和 β 电压补偿项 V_b 。接着,DSP利用 V_a 和 V_b 产生PWM波形,该PWM波形用于控制逆变器7产生适当的(一个或多个)补偿电压并将其施加到注入变压器8的初级端子。

[0005] 在US专利5,319,534、5,610,501和6,327,162中提出和描述了多种相似的有源电压调节配置,其通过引用结合于此。所有这些配置也采用将电源电压调整至负载的的逆变器反馈注入变压器拓扑。

[0006] 在这样的有源电压调节器的操作期间,当注入变压器的初级电压发生台阶式改变或突变时,变压器芯通量与所施加的电压成比例地调整,并且也存在正常的通量偏移。随后

的电压变化将增加或减去这个通量偏移,这会使得峰值芯通量级 (flux level) 更大或更小,取决于电压相位和幅度的改变。因而存在芯磁饱和的风险,芯磁饱和产生非常高的逆变器电流并可能丧失对系统的控制。这个问题降低了有源电压调节器的可靠性和效率。

[0007] 在本说明书中,参考了专利说明书、其他额外文件或者其他信息源,这总体是为了给论述本发明的特征提供背景。除非另外具体指出,否则对这些额外文件的参考不应被解释为承认这样的文件或这样的信息源以任何司法权的形式成为现有技术或构成本领域公知常识的一部分。

[0008] 本发明的目的是提供一种用于降低有源电压调节器的注入变压器中的芯磁饱和和的风险的通量控制系统,或者至少为公众提供一种有用的选择。

发明内容

[0009] 在第一方面,本发明主要包括一种用于三相有源电压调节器的通量控制系统,该三相有源电压调节器利用注入变压器来向市电电源施加计算的(一个或多个)补偿电压,对每个相位施加一个计算的补偿电压,所述通量控制系统被布置成修正将要施加到注入变压器的初级端子的(一个或多个)补偿电压,以避免注入变压器的磁饱和,所述通量控制系统包括:

[0010] 一个或多个磁通量模型模块,被布置成基于(一个或多个)补偿电压和注入变压器特有的固有时间常数项来计算注入变压器的(一个或多个)芯通量级;

[0011] 一个或多个通量偏移模块,被布置成基于由所述一个或多个通量模型模块计算的(一个或多个)芯通量级和非固有时间常数项来对(一个或多个)补偿电压施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何(一个或多个)通量偏移;以及

[0012] 一个或多个峰值通量模块,被布置成对(一个或多个)补偿电压施加第二修正,以防止(一个或多个)芯通量级移出预置的范围。

[0013] 优选地,所述磁通量模型模块或每个磁通量模型模块包括积分器,该积分器被布置成对(一个或多个)补偿电压积分并输出(一个或多个)芯通量级,所述(一个或多个)芯通量级经由负反馈回路反馈到所述积分器的输入,所述负反馈回路包括放大器,该放大器被布置成根据固有的时间常数项放大(一个或多个)芯通量级。

[0014] 优选地,所述通量偏移模块或每个通量偏移模块被布置成经由负反馈回路将所计算的(一个或多个)芯通量级反馈到(一个或多个)补偿电压中,该负反馈回路包括放大器,该放大器被布置成根据非固有时间常数项放大(一个或多个)芯通量级。

[0015] 优选地,所述峰值通量模块或每个峰值通量模块包括死区修正器(modifier)和放大器,所述死区修正器被布置成:如果所计算的(一个或多个)芯通量级处于在0和预置的正通量阈值之间限定的范围内,则产生基本为零的限制器(limiter)项,或者可替换地产生非零限制器项,该非零限制器项的幅度取决于所计算的(一个或多个)芯通量级在所述范围之外的量;所述放大器被布置成:根据预置标量放大限制器项并输出放大器限制器项,所述峰值通量模块被布置成经由负反馈回路将(一个或多个)芯通量级反馈到(一个或多个)补偿电压中,该负反馈回路包括乘法器,该乘法器被布置成将(一个或多个)芯通量级乘以放大的限制器项。

[0016] 在一种形式中,在静态参考坐标系中共同表示三相补偿电压和(一个或多个)通量级。优选地,对于三线三相系统,补偿电压和(一个或多个)通量级在静态参考坐标系中以笛卡尔坐标表示为 α 和 β 项,或者可替换地表示为极坐标。在可替换形式中,可以用旋转参考坐标系来描述电压补偿和通量级项(DQ表示)。在另一个可替换形式中,可以使用相量(phase quantities)或其他非正交轴在时域中单独地表示三相补偿电压和(一个或多个)通量级。

[0017] 在第二方面,本发明主要包括一种方法,该方法控制注入变压器的(一个或多个)芯通量级以避免三相有源电压调节器中的磁饱和,所述三相有源电压调节器利用注入变压器来向市电电源施加计算的(一个或多个)补偿电压,对每个相位施加一个计算的补偿电压,所述方法包括以下步骤:

[0018] 接收(一个或多个)补偿电压:

[0019] 基于(一个或多个)补偿电压和注入变压器特有的固有时间常数项来计算注入变压器的(一个或多个)芯通量级;

[0020] 基于所计算的(一个或多个)芯通量级和非固有时间常数项来对(一个或多个)补偿电压施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何(一个或多个)通量偏移;以及

[0021] 对(一个或多个)补偿电压施加第二修正,以防止(一个或多个)芯通量级移出预置的范围。

[0022] 优选地,计算(一个或多个)注入变压器芯通量级的步骤包括以下步骤:对(一个或多个)补偿电压积分以产生(一个或多个)芯通量级;根据固有的时间常数项放大(一个或多个)芯通量级;以及将放大的(一个或多个)芯通量级经由负反馈回路反馈回到(一个或多个)补偿电压中。

[0023] 优选地,对(一个或多个)补偿电压施加第一修正的步骤包括以下步骤:根据非固有时间常数项放大所计算的(一个或多个)芯通量级;以及经由负反馈回路将所放大的(一个或多个)芯通量级反馈到(一个或多个)补偿电压中。

[0024] 优选地,对(一个或多个)补偿电压施加第二修正的步骤包括以下步骤:如果所计算的(一个或多个)芯通量级处于在0和预置的正通量阈值之间限定的范围内,则产生基本为零的限制器项,或者可替换地产生非零限制器项,该非零限制器项的幅度取决于所计算的(一个或多个)芯通量级处于所述范围之外的量;根据预置的标量放大限制器项;将所计算的(一个或多个)芯通量级乘以放大的限制器项;以及经由负反馈回路将乘得的(一个或多个)芯通量级反馈到(一个或多个)补偿电压中。

[0025] 在一种形式中,在静态参考坐标系中共同表示三相补偿电压和(一个或多个)通量级。优选地,对于三线三相系统,补偿电压和(一个或多个)通量级在静态参考坐标系中以笛卡尔坐标表示为 α 和 β 项,或者可替换地表示为极坐标。在可替换的形式中,可以用旋转参考坐标系来描述电压补偿和通量级项(DQ表示)。在另一个可替换的形式中,可以使用相量或其他非正交轴在时域中单独地表示三相补偿电压和(一个或多个)通量级。

[0026] 在第三方面,本发明主要包括一种用于三相有源电压调节器的通量控制系统,该三相有源电压调节器基于在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项而利用注入变压器来向市电电源施加补偿电压,所述通量控制系统被布置成修正 α 和 β 项以避免注入变

压器的磁饱和,所述通量控制系统包括:

[0027] α 和 β 通量控制子系统,被布置成分别接收 α 和 β 电压补偿项,并输出修正的补偿项,每个子系统包括:

[0028] 通量模型模块,被布置成基于 α 或 β 电压补偿项和注入变压器特有的固有时间常数项来产生 α 或 β 通量项;以及

[0029] 通量偏移模块,被布置成基于由所述通量模型模块产生的 α 或 β 通量项和非固有时间常数项来对 α 或 β 电压补偿项施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何通量偏移;以及

[0030] 峰值通量限制器,被布置成基于来自 α 和 β 通量控制子系统的 α 和 β 通量项来计算注入变压器的峰值通量级表示,并基于所计算的峰值通量级表示与预置的正通量阈值的比较来产生限制器项,所述 α 和 β 通量控制子系统中的一个进一步包括:

[0031] 峰值通量模块,被布置成基于由所述通量模型模块产生的 α 或 β 通量项和由所述峰值通量限制器产生的限制器项来对 α 或 β 电压补偿项施加第二修正,以防止注入变压器中的峰值通量级表示超出预置的正通量阈值。

[0032] 优选地,每个通量模型模块包括积分器,该积分器被布置成对 α 或 β 电压补偿项积分并输出 α 或 β 通量项,所述 α 或 β 通量项经由负反馈回路反馈回到所述积分器的输入,所述负反馈回路包括放大器,该放大器被布置成根据固有的时间常数项放大 α 或 β 通量项。

[0033] 优选地,每个通量偏移模块被布置成经由负反馈回路将 α 或 β 通量项反馈回到 α 或 β 电压补偿项中,该负反馈回路包括放大器,该放大器被布置成根据非固有时间常数项放大 α 或 β 通量项。

[0034] 优选地,峰值通量限制器包括峰值通量级模块、死区修正器和放大器,所述峰值通量级模块被布置成基于来自 α 和 β 通量控制子系统的 α 和 β 通量项计算注入变压器的峰值通量级表示;所述死区修正器接收所计算的峰值通量级表示并且所述死区修正器被布置成:如果峰值通量级表示处于在 0 和预置的正通量阈值之间的范围内,则产生基本为零的限制器项,或者可替换地产生非零限制器项,该非零限制器项的幅度取决于所计算的峰值通量级表示超过所述正通量阈值的量;所述放大器被布置成根据预置的标量放大限制器项并输出放大器限制器项。

[0035] 优选地,每个峰值通量模块被布置成经由负反馈回路将 α 或 β 通量项反馈回到 α 或 β 电压补偿项中,该负反馈回路包括乘法器,该乘法器被布置成将 α 或 β 通量项乘以来自所述峰值通量限制器的放大的限制器项。

[0036] 在第四方面,本发明主要包括一种用于控制注入变压器的芯通量以避免三相有源电压调节器中的磁饱和的方法,所述三相有源电压调节器基于在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项而利用注入变压器向市电电源施加补偿电压,所述方法包括以下步骤:

[0037] 接收 α 和 β 电压补偿项:

[0038] 分别基于 α 和 β 电压补偿项与注入变压器特有的固有时间常数项来对注入变压器通量建模 (modelling) 并产生 α 和 β 通量项;

[0039] 基于分别产生的 α 和 β 通量项与非固有时间常数项来对 α 和 β 电压补偿项施加第一修正,所述非固有时间常数项被计算以逐渐减小注入变压器中的任何通量偏移;

[0040] 基于 α 和 β 通量项计算注入变压器中的峰值通量级表示,并基于所计算的峰值通量级表示与预置的正通量阈值的比较产生限制器项;以及

[0041] 基于分别产生的 α 和 β 通量项与所产生的限制器项来对 α 和 β 电压补偿项施加第二修正,以防止注入变压器中的峰值通量级表示超出预置的正通量阈值。

[0042] 优选地,对注入变压器通量建模和产生 α 和 β 通量项的步骤包括以下步骤:对 α 和 β 电压补偿项积分以产生各自的 α 和 β 通量项;根据固有时间常数项放大 α 和 β 通量项;以及经由负反馈回路将放大的 α 和 β 通量项反馈回到它们各自的 α 和 β 电压补偿项中。

[0043] 优选地,对 α 和 β 电压补偿项施加第一修正的步骤包括以下步骤:根据非固有时间常数项放大 α 和 β 通量项;以及经由负反馈回路将放大的 α 和 β 通量项反馈回到它们各自的 α 和 β 电压补偿项中。

[0044] 优选地,基于所计算的峰值通量级表示与预置的正通量阈值的比较而产生限制器项的步骤包括以下步骤:如果所计算的峰值通量级表示处于在 0 和预置的正通量阈值之间的范围内,则产生基本为零的限制器项,或者可替换地产生非零限制器项,该非零限制器项的幅度取决于所计算的峰值通量级表示超过正通量阈值的量;以及根据预置的标量放大限制器项。

[0045] 优选地,对 α 和 β 电压补偿项施加第二修正的步骤包括以下步骤:将 α 和 β 通量项乘以放大的限制器项;以及经由负反馈回路将乘得的 α 和 β 通量项反馈回到它们各自的 α 和 β 电压补偿项中。

[0046] 在第五方面,本发明主要包括一种计算机程序或计算机软件,其包括用于执行关于本发明的第一至第四方面中的任一方面所描述的系统或方法步骤的计算机指令。

[0047] 下面的特征可以应用于上面描述的本发明的第一至第五方面中的任一方面或多方面。

[0048] 通过示例的方式,有源电压调节器用于调节三相市电电源。优选地,注入变压器的初级端子直接或间接连接到三相逆变器的输出。更优选地,所计算的(一个或多个)补偿电压或在静态参考坐标系中计算的 α 和 β 电压补偿项被用于产生相应的脉宽调制(PWM)信号,该脉宽调制(PWM)信号用于驱动逆变器以产生施加到注入变压器的初级端子的适当的补偿电压。

[0049] 优选地,有源电压调节器是在线的,使得它持续监控市电电源电压并经由注入变压器持续施加补偿电压以调整电压供给。

[0050] 通过示例的方式,通量控制系统可以是有源电压调节器的整体控制系统的子系统,或者可替换地可以为单独的控制模块。应该理解的是,通量控制系统及相关的方法可以以硬件、软件或硬件和软件的结合来实施。通过示例的方式,通量控制系统及相关方法可以在用于微处理器、微控制器或者任何其他可编程器件的计算机软件中实施。

[0051] 术语“ α ”和“ β ”意旨在静态参考坐标系中表示例如电压和通量级这样的三相特性的笛卡尔坐标。

[0052] 在本说明书及权利要求书中使用的术语“包括”指“至少部分包括”。当解释包括有术语“包括”的本说明书和权利要求书中的每段陈述时,也可能存在不同于所列出的(preface)的那个或那些特征的特征。相关的术语例如“包括”应以相同的方式解释。

[0053] 本发明包含前面的内容,并且也设想仅由示例给出的以下解释。

附图说明

[0054] 将参照附图仅以示例的方式描述本发明的优选实施例,其中:

[0055] 图 1 是用于调整三相市电电源的公知的有源电压调节器配置的示意图;

[0056] 图 2 是本发明的优选形式的通量控制系统的示意图,更具体地示出了 α 和 β 通量控制子系统和峰值通量限制器;

[0057] 图 3 示出了通量控制系统的 α 通量控制子系统的示意图;以及

[0058] 图 4 示出了通量控制系统的峰值通量限制器的示意图。

具体实施方式

[0059] 优选形式的通量控制系统及相关方法用于在线三相有源电压调节器,在线三相有源电压调节器采用注入变压器以先前描述的方式向市电电源施加补偿电压。具体地,应用通量控制系统来修改所计算的将被施加到注入变压器的初级端子的校正或补偿电压,从而在调整市电电源中实现最佳性能,而且还确保注入变压器的芯通量得到控制和限制,以避免在会导致系统控制的损耗和不可靠的电压调节的操作期间的磁饱和。

[0060] 简言之,优选形式的通量控制系统被布置成基于所计算的将被施加到变压器的初级端子的补偿电压来持续地预测或评估注入变压器的芯的磁通量的幅度和角位置。然后,通量控制系统基于预测的通量幅度和角位置来修改所计算的补偿电压的幅度和相位,使得在不超过将导致芯的变压器的磁饱和的最大预置通量级或幅度的情况下将所施加的电压的应用最大化。

[0061] 如所描述的,有源电压调节器的控制系统通常在静态参考坐标系中计算对将三相市电电源带回设定的额定水平所必需的 α 电压补偿项 V_a 和 β 电压补偿项 V_b 。然后,控制系统利用 V_a 和 V_b 产生 PWM 波形,该 PWM 波形用于控制三相逆变器产生适当的(一个或多个)补偿电压并将该补偿电压施加到注入变压器的初级端子,以校正或调整各相位中的每一相位。

[0062] 简言之,优选形式的通量控制系统作为有源电压调节器的控制系统的子系统操作并被布置成基于 V_a 和 V_b 以及注入变压器特有的(一个或多个)固有特性例如固有时间常数项对注入变压器的芯通量级进行建模、预测或计算。然后,通量控制系统对 V_a 和 V_b 施加第一修正,以逐渐减小注入变压器的芯中的任何通量偏移,如果有必要,对 V_a 和 V_b 进行第二修正以确保峰值芯通量级保持在预定的正阈值之下。之后,修正后的 α 电压补偿项 V_{oa} 和 β 电压补偿项 V_{ob} 被控制系统的剩余部分(remainder)利用以产生 PWM 信号或波形,该 PWM 信号或波形用于控制逆变器将适当的补偿电压施加到注入变压器的初级端子,用于在不驱使注入变压器进入磁饱和的情况下调节和调整市电电源。

[0063] 参照图 2,优选形式的通量控制系统 10 接收作为输入的 α 电压补偿项 V_a 和 β 电压补偿项 V_b ,并输出修正后的 α 电压补偿项 V_{oa} 和 β 电压补偿项 V_{ob} 。 V_a 和 V_b 独立地被通量控制系统 10 的 α 通量控制子系统 12 和 β 通量控制子系统 14 分别修正。 α 通量控制子系统 12 和 β 通量控制子系统 14 在配置上是相同的,用图 3 的示例示出了 α 通量控制子系统 12,下面将对其进行更详细的描述。

[0064] α 通量控制子系统 12 在其输入端口 16 和 18 处分别接收 V_a 和来自通量控制系统的峰值通量限制器 13 的限制器项 W_t , 并在其输出端口 20 和 22 处分别输出 V_{oa} 和 α 通量项 ϕ_a 。 α 通量控制子系统 12 包括通量模型模块 24, 该通量模型模块 24 被布置成基于 α 电压补偿项 V_a 和注入变压器特性所特有的固有时间常数项来产生 α 通量项 ϕ_a 。具体地, 通量模型模块 24 包括积分器 26, 该积分器 26 被布置成对 V_a 和输出 ϕ_a 积分。此外, 通量模型模块 24 被布置成经由负反馈回路 28 将 ϕ_a 反馈回到积分器 26 的输入中, 该负反馈回路 28 包括放大器 30, 放大器 30 被布置成根据固有的时间常数项 R_i 放大 ϕ_a 。在优选形式中, 基于注入变压器的特性选择固有时间常数项 R_i , 具体地, 固有时间常数项 R_i 表示实际变压器电阻 R 除以磁化电感 (magnitising inductance) L 。例如, 积分器 26 可以是在 Z 域中模型化的离散时间积分器或者如果需要则可替换地使用任何其他积分模块。

[0065] α 通量控制子系统 12 还包括通量偏移模块 32, 该通量偏移模块 32 被布置成基于由通量模型模块 24 产生的 ϕ_a 和 (一个或多个) 非固有特性对 V_a 施加第一修正, 所述非固有特性例如被计算以逐渐减小注入变压器中的任何通量偏移的非固有时间常数项 R_x 。具体地, 通量偏移模块 32 被布置成经由负反馈回路 34 将 ϕ_a 反馈回到 V_a 中, 该负反馈回路 34 包括放大器 36, 放大器 36 被布置成经由非固有时间常数项 R_x 来放大 ϕ_a 。在优选形式中, 非固有时间常数项 R_x 并不对实际注入变压器建模, 而是在注入变压器的初级两端产生具有合适的相位和幅度的小的电压, 以随着时间的推移而逐渐将任何通量偏移重置成基本为零。在对有源电压调节器输出的补偿电压不产生显著失真的情况下, 调整通量模型模块 24 的固有时间常数项 R_i 以匹配实际注入变压器特性, 而调整通量偏移模块 32 的非固有时间常数项 R_x 以在合理的时间内重置任何通量偏移。

[0066] α 通量控制系统 12 还包括峰值通量模块 38, 该峰值通量模块 38 被布置成基于由通量模型模块 24 产生的 ϕ_a 和由峰值通量限制器 13 产生的限制器项 W_t 来对 V_a 施加第二修正, 以防止注入变压器的芯中的峰值通量级超过预置的正通量阈值。具体地, 峰值通量模块 38 被布置成经由负反馈回路 40 将 ϕ_a 反馈回到 V_a 中, 负反馈回路 40 包括乘法器 42, 该乘法器 42 被布置成将 ϕ_a 乘以来自峰值通量限制器 13 的 W_t 。

[0067] 参照图 4, 现在将更详细地描述通量控制系统的峰值通量限制器 13。峰值通量限制器 13 从 α 通量控制子系统 12 和 β 通量控制子系统 14 接收 ϕ_a 和 ϕ_b 作为输入。 ϕ_a 和 ϕ_b 表示静态参考坐标系中注入变压器的芯通量级。 ϕ_a 和 ϕ_b 经过峰值通量级模块 44, 该峰值通量级模块 44 被布置成计算值 ϕ_p , 该 ϕ_p 表示注入变压器的芯的峰值通量级或者是注入变压器的芯的峰值通量级的函数。在优选形式中, 由模块 44 计算出的值 ϕ_p 是注入变压器的芯的峰值通量级的平方。具体地, 模块 44 被布置成计算由 ϕ_a 和 ϕ_b 项通过传统的向量计算而产生的向量的幅度或范数 (norm) 的平方。应该理解的是, 向量幅度或范数涉及求正交向量 ϕ_a 和 ϕ_b 项的平方和的方根。在可替换的形式中, 模块 44 可以被布置成计算并输出值 ϕ_p , 该值 ϕ_p 表示峰值通量级自身的向量范数或幅度。然而, 在优选形式中, 对于如图 4 中所示的 ϕ_p , 使用峰值通量级的向量范数或幅度的平方, 计算强度更小。这也具有强调通量幅度的大偏差 (excursion) 的优点。还应理解的是, 如果需要, 则向量范数或幅度的任何其他非负非线性函数都可被计算并输出为值 ϕ_p 。

[0068] 峰值通量级模块 44 的输出 ϕ_p 被施加到死区修正器 46, 该死区修正器 46 被布置成: 如果 ϕ_p 处于在 0 和预置的正通量阈值之间限定的范围内, 则产生基本为零的限制器

项,或者可替换地产生非零限制器项,该非零限制器项的幅度取决于 ϕ_p 在所述范围之外的量,即 ϕ_p 超过正通量阈值的量。在优选形式中,限制器项根据 ϕ_p 位于所述范围之外的量而线性地增加。正阈值由注入变压器的特性和峰值通量级确定,超过所述峰值通量级将发生磁饱和。然后在放大器 48 处根据定标器 (scaler) K_s 放大限制器项,以产生限制器项输出 W_t 。

[0069] 总之,通量控制系统以这样的方式操作,使得在正常稳态操作情况下实时对注入变压器的通量建模,并通过施加合适比例 (scaled) 且校正的 (aligned) 电压偏移将任何通量偏移逐渐重置为零或接近于零 (第一修正)。此外,如果需要将导致峰值变压器通量超过死区限制中限定的级的电压补偿变化,则将产生偏移电压,该偏移电压限制逆变器产生的实际电压以防止显著的通量偏差 (第二修正)。这样,在线有源电压调节器将操作以在不导致有问题的注入变压器磁饱和的情况下产生所允许的最快电压调整。

[0070] 应该理解的是,通量控制系统可以实施为有源电压调节器的控制系统内的子系统。具体地,通量控制系统或 (一个或多个) 算法可以被实施为在作为控制系统一部分的微处理器、微控制器或其他可编程器件上运行的计算机软件或计算机程序。可替换地,通量控制系统可以是嵌入在硬件或类似物中的独立模块形式,并与控制系统协同操作。

[0071] 利用 α 和 β 项,在静态参考坐标系中执行优选形式的通量控制系统。时域中的三相表示与作为 α 和 β 项的静态参考坐标系中的表示之间的转换是本领域公知的。在静态参考坐标系中, α 和 β 项是笛卡尔坐标,并且应该理解的是,通量控制系统可以可替换地修改为在极坐标下操作或以任何其他合适的格式操作。此外,应该明白的是,可以在其他域中实施或执行通量控制系统。例如,应该理解的是,通量控制系统不需要必须在静态参考坐标系中实施,并且其可被修改成在旋转参考坐标系中操作,或者利用相量或其他非正交轴来操作。具体地,应该理解的是,对于每个单独的相位,通量控制系统可以被布置成:基于用于该相位的将被施加到初级端子的电压和变压器所特有的固有时间常数项来估计注入变压器中的芯通量级;基于所估计的通量级和非固有时间常数项来修正将要施加的电压,以将任何通量偏移逐渐减小到基本为零;以及修正将要施加的电压以防止峰值通量级移出预置的范围。实质上,对于三相来说,对注入变压器的芯中的通量级建模以及对将要施加到注入变压器的电压的修正 (通量偏移修正和峰值通量修正) 可以在任何合适的域和格式中执行,例如在共同的基础上 (静态参考坐标系) 执行或对逐相位单独执行。

[0072] 本发明的前面的描述包括本发明的优选形式。在不脱离由所附权利要求限定的本发明的范围的情况下,可以对本发明做出修改。

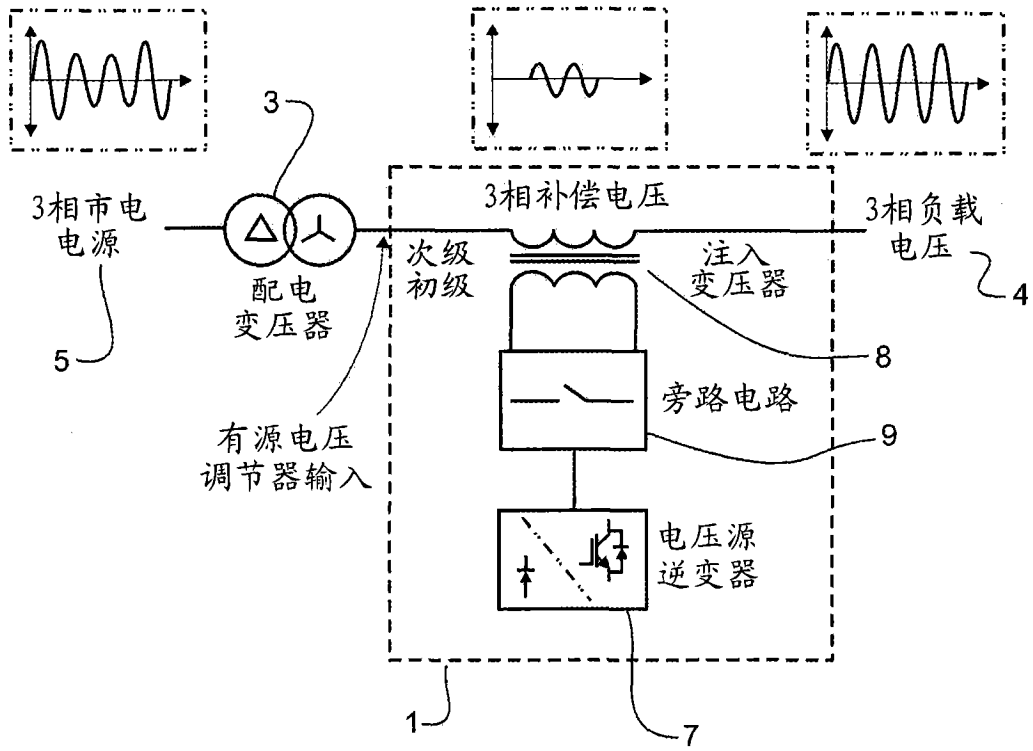


图1 现有技术

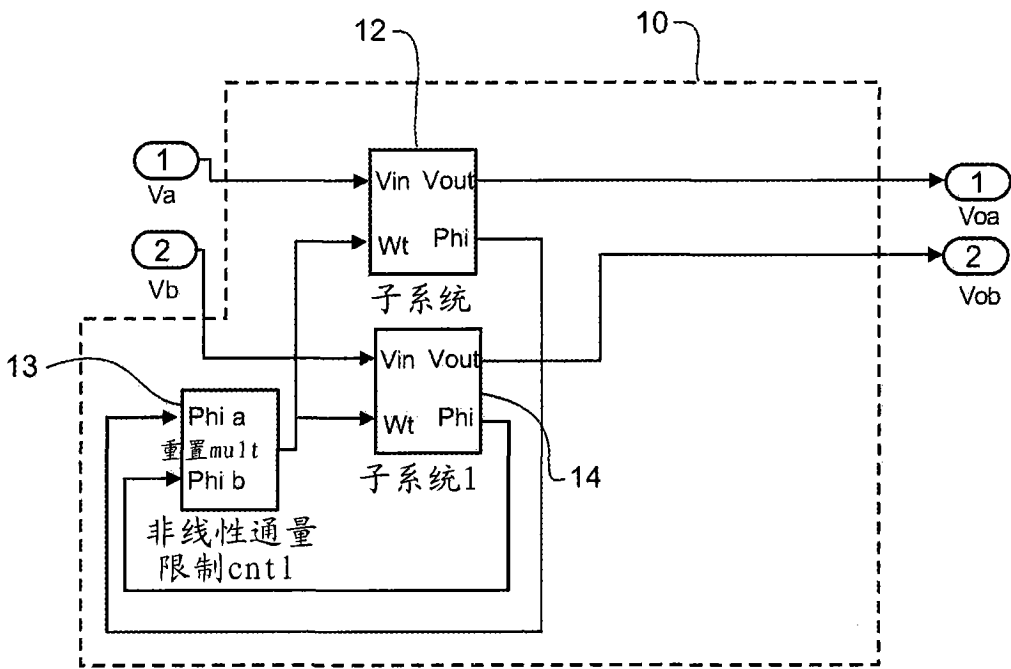


图2

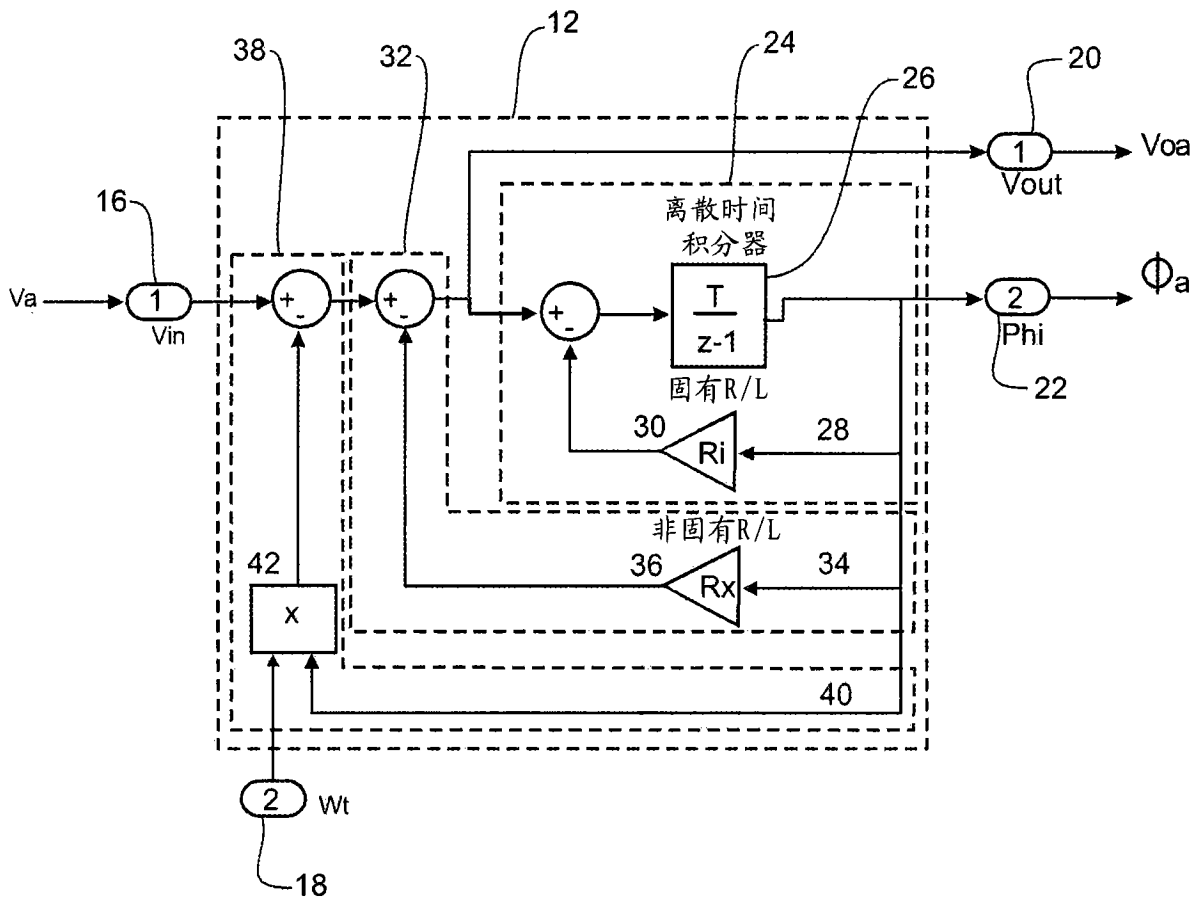


图 3

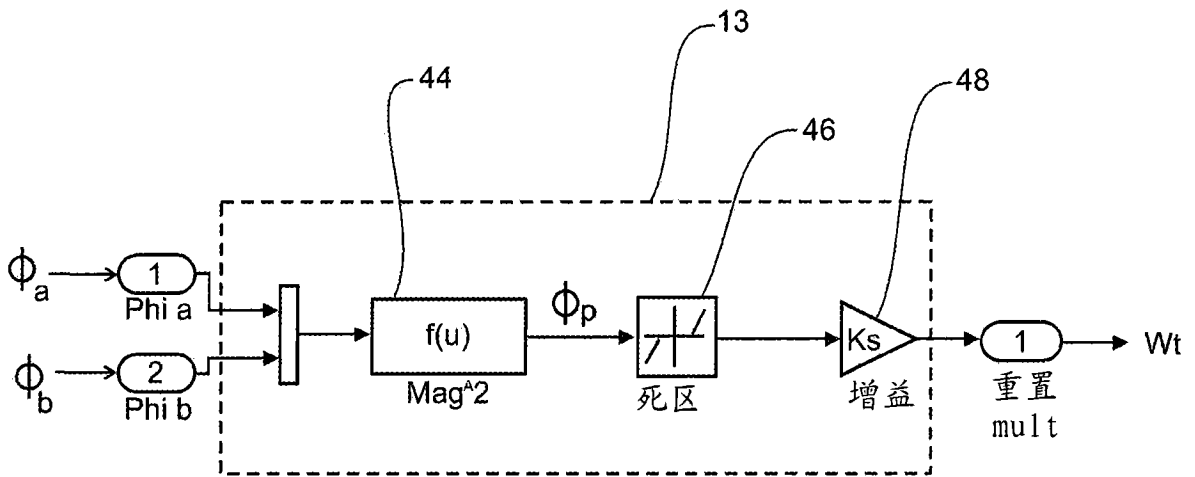


图 4