



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103620933 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201280008254. 7

(72) 发明人 胡立华

(22) 申请日 2012. 02. 07

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(30) 优先权数据

代理人 徐予红 王忠忠

11000984. 2 2011. 02. 08 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2013. 08. 08

H02M 3/158(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/EP2012/052003 2012. 02. 07

US 2008/0122412 A1, 2008. 05. 29,

(87) PCT国际申请的公布数据

TW 200608707 A, 2006. 03. 01,

W02012/107423 EN 2012. 08. 16

US 2004/0257271 A1, 2004. 12. 23,

CN 101753022 A, 2010. 06. 23,

(73) 专利权人 通用电气能源能量变换技术有限公司

审查员 汤场

地址 英国沃里克郡

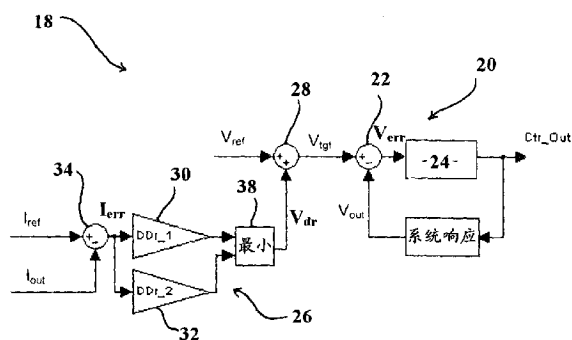
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

用于调节连接到多源 dc 系统的 dc 源功率变换器的输出电压的控制装置和方法

(57) 摘要

一种用于调节将 ac 系统 (6) 连接到 HVDC 系统的 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压以使得从 ac 系统 (6) 能够向 HVDC 系统供应 dc 电功率的变换器控制布置 (18、48) 包括动态下降控制器件 (26), 动态下降控制器件 (26) 包括第一和第二下降控制器 (30、32), 其中第二下降控制器 (32) 的下降率大于第一下降控制器 (30) 的下降率。变换器控制布置 (18、48) 包括电压调节器 (20) 以用于通过将输出电压值 (V_{out}) 与目标电压值 (V_{tgt}) 进行比较来调节 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压, 所述目标电压值 (V_{tgt}) 通过将基准电压值 (V_{ref} ; V''_{ref}) 与动态下降控制器件 (26) 提供的下降电压值 (V_{dr}) 组合得到。在 dc 源功率变换器 (16) 的输出电流值 (I_{out}) 小于基准电流值 (I_{ref}) 时, 第一下降控制器 (30) 控制下降电压值 (V_{dr})。在输出电流值 (I_{out}) 大于基准电流值 (I_{ref}) 时, 第二下降控制器 (32) 控制下降电压值 (V_{dr})。基准电流值 (I_{ref}) 是 dc 源功率变换器 (16) 的期望输出电流值 (I_{out}) 并且结合基准电压值 (V_{ref} ; V''_{ref}) 来定义目标操作点 (36)。



1. 一种用于调节 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压的变换器控制装置 (18、48), 所述变换器控制装置包括:

动态下降控制器件 (26), 包括第一和第二下降控制器 (30、32), 所述第一和第二下降控制器各自具有关联的下降率, 所述第二下降控制器 (32) 的下降率大于所述第一下降控制器 (30) 的下降率;

电压调节器 (20), 用于基于功率变换器 (16) 的输出电压值 (V_{out}) 与目标电压值 (V_{tgt}) 的比较来调节所述 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压, 所述目标电压值 (V_{tgt}) 通过将基准电压值 (V_{ref} ; V_{ref}^n) 与所述动态下降控制器件 (26) 提供的下降电压值 (V_{dr}) 组合来得到, 其中:

所述第一下降控制器 (30) 可操作成在所述 dc 源功率变换器 (16) 的输出电流值 (I_{out}) 小于基准电流值 (I_{ref}) 时控制所述动态下降控制器件 (26) 提供的下降电压值 (V_{dr}), 并且所述第二下降控制器 (32) 可操作成在所述 dc 源功率变换器 (16) 的输出电流值 (I_{out}) 大于所述基准电流值 (I_{ref}) 时控制所述动态下降控制器件 (26) 提供的下降电压值 (V_{dr});

其中, 所述基准电流值 (I_{ref}) 是所述 dc 源功率变换器 (16) 的期望输出电流值 (I_{out}) 并且结合所述基准电压值 (V_{ref} ; V_{ref}^n) 来定义目标操作点 (36)。

2. 如权利要求 1 所述的变换器控制装置, 其中, 所述电压调节器 (20) 包括用于将所述输出电压值 (V_{out}) 与所述目标电压值 (V_{tgt}) 进行比较的电压比较器 (22) 以及用于控制所述 dc 源功率变换器 (16) 的操作以调节所述输出电压值 (V_{out}) 的电压控制器 (24)。

3. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的变换器控制装置, 其中, 所述第一和第二下降控制器 (30、32) 具有固定的下降率。

4. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的变换器控制装置, 其中, 所述动态下降控制器件 (26) 包括电流比较器 (34), 所述电流比较器 (34) 用于将所述 dc 源功率变换器 (16) 的所述输出电流值 (I_{out}) 与所述基准电流值 (I_{ref}) 进行比较以生成用于所述第一和第二下降控制器 (30、32) 的电流误差值信号 (I_{err})。

5. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的变换器控制装置, 其中, 所述变换器控制装置包括加法器 (46), 所述加法器 (46) 可操作成将所述基准电压值 (V_{ref}) 与系统下降特性相加以提供修改的基准电压值 (V_{ref}^n) 用于与所述下降电压值 (V_{dr}) 组合以使得能够得出所述目标电压值 (V_{tgt})。

6. 如权利要求 5 所述的变换器控制装置, 其中, 所述动态下降控制器件 (26) 包括第三下降控制器 (44), 所述第三下降控制器 (44) 可操作成生成作为所述基准电流值 (I_{ref}) 的函数的所述系统下降特性。

7. 如权利要求 6 所述的变换器控制装置, 其中, 所述第三下降控制器 (44) 具有固定的下降率。

8. 一种用于调节 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压的控制方法, 所述 dc 源功率变换器 (16) 包括变换器控制装置 (18、48), 所述变换器控制装置 (18、48) 包括动态下降控制器件 (26), 所述动态下降控制器件 (26) 包括第一和第二下降控制器 (30、32), 所述第一和第二下降控制器各自具有关联的下降率, 所述第二下降控制器 (32) 的下降率大于所述第一下降控制器 (30) 的下降率, 所述方法包括:

将所述 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压值 (V_{out}) 与目标电压值 (V_{tgt}) 进行比较以使得能够调节所述 dc 源功率变换器 (16) 的输出电压, 所述目标电压值 (V_{tgt}) 通过将基准电压值 (V_{ref} ; V_{ref}'') 与所述动态下降控制器件 (26) 提供的下降电压值 (V_{dr}) 组合来得到; 以及

将所述 dc 源功率变换器 (16) 的输出电流值 (I_{out}) 与基准电流值 (I_{ref}) 进行比较, 其中:

在所述输出电流值 (I_{out}) 小于所述基准电流值 (I_{ref}) 时, 所述动态下降控制器件 (26) 提供的所述下降电压值 (V_{dr}) 由所述第一下降控制器 (30) 来控制, 并且在所述输出电流值 (I_{out}) 大于所述基准电流值 (I_{ref}) 时, 所述动态下降控制器件 (26) 提供的所述下降电压值 (V_{dr}) 由所述第二下降控制器 (32) 来控制;

其中, 所述基准电流值 (I_{ref}) 是所述 dc 源功率变换器 (16) 的期望输出电流值 (I_{out}) 并且结合所述基准电压值 (V_{ref} ; V_{ref}'') 来定义目标操作点 (36)。

9. 如权利要求 8 所述的控制方法, 其中, 所述方法包括控制所述 dc 源功率变换器 (16) 的操作以将所述输出电压值 (V_{out}) 调节到与所述目标电压值 (V_{tgt}) 一致的值。

10. 如权利要求 8 或权利要求 9 所述的控制方法, 其中, 将所述基准电压值 (V_{ref} ; V_{ref}'') 与所述下降电压值 (V_{dr}) 组合的步骤包括对相应的电压值求和。

11. 如权利要求 8 或权利要求 9 所述的控制方法, 其中, 所述方法包括将所述 dc 源功率变换器 (16) 的所述输出电流值 (I_{out}) 与所述基准电流值 (I_{ref}) 进行比较以生成用于所述第一和第二下降控制器 (30、32) 的电流误差值信号 (I_{err})。

12. 如权利要求 8 或权利要求 9 所述的控制方法, 其中, 所述方法包括将所述基准电压值 (V_{ref}) 与系统下降特性组合以提供修改的基准电压值 (V_{ref}'') 用于与所述下降电压值 (V_{dr}) 组合以使得能够得出所述目标电压值 (V_{tgt})。

13. 如权利要求 12 所述的控制方法, 其中, 将所述基准电压值 (V_{ref}) 与所述系统下降特性组合的步骤包括将所述基准电压值 (V_{ref}) 与所述系统下降特性相加。

14. 如权利要求 12 所述的控制方法, 其中, 所述系统下降特性是所述基准电流值 (I_{ref}) 和第三下降控制器 (44) 确定的下降率的函数。

15. 如权利要求 14 所述的控制方法, 其中, 所述第一、第二和第三下降控制器 (30、32、44) 各自具有相应的固定下降率。

用于调节连接到多源 dc 系统的 dc 源功率变换器的输出电压的控制装置和方法

技术领域

[0001] 本发明一般涉及用于调节将 ac 系统连接到多源 dc 系统的 dc 源功率变换器的输出电压的变换器控制布置和 / 或涉及用于调节将 ac 系统连接到多源 dc 系统的 dc 源功率变换器的输出电压的方法。本发明的实施例特别但非专有地适合于调节将诸如电力发电机的 ac 系统连接到诸如多个单独 ac 电力发电机并行连接到的 HVDC 输电网的多源 dc 系统的 dc 源功率变换器的输出电压。每个 ac 电力发电机可与诸如风力涡轮机的可再生能涡轮机关联以使得能够将生成的电功率供应给 HVDC 输电网并且经由其来传输。

背景技术

[0002] 在许多国家中使用可再生能源来为电力网生成电正变得越来越普遍。通过使用涡轮机直接地或借助于齿轮箱来驱动交流 (ac) 电力发电机的转子将诸如风力、波浪、潮汐能或水流流动的可再生能转换成电能是可行的。在发电机的定子端子产生的 ac 频率直接正比于转子的旋转速度。发电机端子的电压也根据速度而变化并且依赖于发电机的特定类型以及依赖于通量级 (flux level)。

[0003] 在一些情形中,与更常规的 ac 输电网相反,能有利的是通过高压直流 (HVDC) 输电网来传输可再生能涡轮机生成的电功率。采用发电机桥的形式并且操作为有源整流器的 dc 源功率变换器将可再生能涡轮机的 ac 电力发电机连接到 HVDC 输电网。可再生能涡轮机及其关联的 ac 电力发电机和 dc 源功率变换器因此一起操作为向 HVDC 输电网供应 dc 电功率的单独 dc 源。将理解的是,大量此类 dc 源通常并行连接到 HVDC 输电网以向该网络供应需要数量的 dc 电功率并且确保稳定的网络操作。

[0004] 单独的 dc 源能在电压控制调节下操作来将电功率以目标或基准电压值 V_{ref} 供应给 HVDC 输电网和 / 或在电流控制调节下将电功率以目标或基准电流值 I_{ref} 供应给 HVDC 输电网,其中电压控制调节和电流控制调节的组合更有利。在故障条件期间,在 HVDC 输电网中或在并行连接的 dc 源的一个或多个中,在单独的 dc 源功率变换器中一个或多个 dc 源功率变换器的变换器端子的输出电压或由单独的 dc 源功率变换器中一个或多个 dc 源功率变换器供应的输出电流能增加到 dc 系统不能忍受的水平。这能引起由多个并行连接的 dc 源生成的电功率的冲突。

[0005] 因此,对于 dc 源功率变换器,需要能防止例如由于并行连接到诸如 HVDC 输电网的 dc 系统而引起的并行操作的多个 dc 源所生成的电功率的冲突的变换器控制布置和关联的控制方法。更特别地,需要能够提供 dc 源功率变换器的输出电压的可靠且有效的调节来将由在变换器端子的过量输出电压或过量输出电流引起的尤其在故障条件期间的破坏减少到最小的变换器控制布置和关联的控制方法。

[0006] US2008 / 122412A1 参照图 4 描述了特别为诸如微处理器的高性能集成电路而设计的电压调节器,其具有带有两个不同负载线电阻 (即,下降率) 的负载线。电压调节器控制处理器电压使得当测量电流低于较低处理器电流电平 (I_{ccLo}) 时处理器的操作点在具

有较低负载线电阻的轻负载线上,并且使得当测量电流大于较低处理器电流电平 (I_{ccLo}) 时处理器的操作点在具有较高负载线电阻的重负载线上。处理器的操作点并没有通过电压调节器来预定义,而是根据负载电平(即,测量电流)沿着图4中所示的两个固定负载线移动。

发明内容

[0007] 根据本发明的第一方面,提供用于调节 dc 源功率变换器的输出电压的变换器控制布置,变换器控制布置包括:

[0008] 动态下降控制器件,包括第一和第二下降控制器,每个下降控制器具有关联的下降率,第二下降控制器的下降率大于第一下降控制器的下降率;

[0009] 电压调节器,用于通过将功率变换器的输出电压值 (V_{out}) 与目标电压值 (V_{tgt}) 进行比较来调节 dc 源功率变换器的输出电压,所述目标电压值 (V_{tgt}) 通过将基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 与动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 组合来得到,其中:

[0010] 第一下降控制器可操作成在 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 小于基准电流值 (I_{ref}) 时控制由动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}),以及第二下降控制器可操作成在 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 大于基准电流值 (I_{ref}) 时控制由动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr})。

[0011] 本发明的实施例提供用于电功率生成的电布置,所述电布置包括并行连接到 dc 系统的至少两个 dc 源并且每个 dc 源具有 dc 源功率变换器,dc 源功率变换器中的至少一个包括根据本发明的第一方面的变换器控制布置。通常,dc 源功率变换器中的每个包括根据本发明的第一方面的变换器控制布置。

[0012] 根据本发明的第二方面,提供用于调节包括变换器控制布置的 dc 源功率变换器的输出电压的方法,所述变换器控制布置包括动态下降控制器件,所述动态下降控制器件包括第一和第二下降控制器并且每个下降控制器具有关联的下降率,第二下降控制器的下降率大于第一下降控制器的下降率,所述方法包括:

[0013] 将 dc 源功率变换器的输出电压值 (V_{out}) 与目标电压值 (V_{tgt}) 进行比较以使得能够调节功率变换器的输出电压,所述目标电压值 (V_{tgt}) 通过将基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 与动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 进行组合来得到;以及

[0014] 将 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 与基准电流值 (I_{ref}) 进行比较,其中:

[0015] 在输出电流值 (I_{out}) 小于基准电流值 (I_{ref}) 时,动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 由第一下降控制器来控制,以及在输出电流值 (I_{out}) 大于基准电流值 (I_{ref}) 时,动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 由第二下降控制器来控制。

[0016] 基准电流值 (I_{ref}) 是 dc 源功率变换器的期望输出电流值 (I_{out}) 并且结合基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 来定义目标操作点。

[0017] 根据本发明的方面的变换器控制布置和方法使得能够基于电压控制调节和电流控制调节的组合来有效调节 dc 源功率变换器的输出电压,在故障条件期间更是如此,电流控制调节通过 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 与基准电流值 (I_{ref}) 的比较来实现。

[0018] 仅在测量输出电流值 (I_{out}) 不同于期望基准电流值 (I_{ref}) 时,换言之仅在测量负载电流不同于目标负载电流时,动态下降控制器件才是操作的。因此,动态下降控制器件

提供的下降特性仅在动态操作条件期间（即，在输出电流值 (I_{out}) 不同于基准电流值 (I_{ref}) 时，并且因此在 dc 源功率变换器离开由基准电流值 (I_{ref}) 和基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 确定的目标操作点操作时）而非在稳态操作条件期间（即，在输出电流值 (I_{out}) 等于基准电流值 (I_{ref}) 时，并且因此在 dc 源功率变换器在由基准电流值 (I_{ref}) 和基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 确定的目标操作点操作时）才有效果。

[0019] 在实践中，dc 系统中的负载条件持续变化，这意味着输出电流值 (I_{out}) 可不总等于预定义期望基准电流值 (I_{ref})。本发明的实施例仅在输出电流值 (I_{out}) 不同于基准电流值 (I_{ref}) 时基于测量输出电流值 (I_{out}) 与基准电流值 (I_{ref}) 之间的差，引入动态下降特性。在这些情形中，操作点沿着由第一或第二下降控制器提供的动态下降线远离目标操作点移动。当操作在此类动态条件下时，变换器控制布置调节 dc 源功率变换器的输出电压以将操作点恢复到目标操作点。

[0020] 特别地，在输出电流值 (I_{out}) 小于期望基准电流值 (I_{ref}) 时（这通常在 dc 源功率变换器的输出电压值 (V_{out}) 大于基准电压值时发生），具有其较低的下降率的第一下降控制器操作以最小化在 dc 源功率变换器的变换器端子处的输出电压值 (V_{out}) 的上升。第一下降控制器的较低下降率因此提供接近恒定的电压控制特性。另一方面，在输出电流值 (I_{out}) 大于期望基准电流值 (I_{ref}) 时（这通常在 dc 源功率变换器的输出电压值 (V_{out}) 小于基准电压值时发生），具有其较高的下降率的第二下降控制器操作以最小化输出电流值 (I_{out}) 的上升。第二下降控制器的较高下降率因此提供接近恒定的电流控制特性。

[0021] 第一下降控制器提供的接近恒定的电压控制特性和第二下降控制器提供的接近恒定的电流控制特性特别适合于 HVDC 系统控制。

[0022] dc 源功率变换器通常将 ac 系统连接到 dc 系统以实现向 dc 系统供应 dc 电功率。ac 系统和关联的 dc 源功率变换器一起形成单独的 dc 源。ac 系统通常包括诸如与可再生能源涡轮机关联的 ac 电力发电机。在此类情形中，dc 系统通常包括诸如 HVDC 电功率输送网的 HVDC 系统。如以上指示的，多个单独的 dc 源通常并行连接到诸如 HVDC 电功率输送网的 dc 系统以形成根据本发明的第二方面的电布置。

[0023] 电压调节器可包括用于将 dc 源功率变换器的输出电压值 (V_{out}) 与目标电压值 (V_{tgt}) 进行比较的电压比较器并且可包括电压控制器以用于控制 dc 源功率变换器的操作以便调节输出电压值 (V_{out}) 以实现期望输出电压值 (V_{out})，即与目标电压值 (V_{tgt}) 一致的值。电压控制器通常输出控制信号 ($Ctrl_out$) 以控制 dc 源功率变换器的操作。

[0024] 变换器控制布置可包括电压加法器以用于将基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 与下降电压值 (V_{dr}) 相加来从而得出目标电压值 (V_{tgt})。在 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 等于期望基准电流值 (I_{ref}) 时，基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 通常是对于目标电压值 (V_{tgt}) 的期望的值并且因此是 dc 源功率变换器的输出电压值 (V_{out})。如以上指示的，基准电流值 (I_{ref}) 和基准电压值 ($V_{ref}; V''_{ref}$) 一起定义 dc 源功率变换器的目标操作点。

[0025] 第一和第二下降控制器可具有固定的下降率。如以上指示的，第二下降控制器的下降率大于第一下降控制器的下降率。通常，下降率选择成提供用于变换器控制布置的有效操作的适当的灵敏度水平。

[0026] 动态下降控制器件可包括电流比较器以用于将 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 与基准电流值 (I_{ref}) 进行比较以生成用于第一和第二下降控制器的电流误差值信号

(I_{err})。

[0027] 在一些实施例中,变换器控制布置可包括加法器,所述加法器可操作成将基准电压值 (V_{ref}) 与系统下降特性相加以提供用于与下降电压值 (V_{dr}) 组合的修改的基准电压值 (V''_{ref})。在此类实施例中,通过将修改的基准电压值 (V''_{ref}) 与动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 组合来得出目标电压值 (V_{tgt})。

[0028] 动态下降控制器件可包括第三下降控制器,所述第三下降控制器可操作成生成通常作为基准电流值 (I_{ref}) 的函数的系统下降特性。第三下降控制器通常具有有助于系统下降特性的确定的固定下降率。

[0029] 基于第三下降控制器生成的系统下降特性而得出的并且具有比 dc 系统电压值 (V_{sys}) 更大的量值的修改的基准电压值 (V''_{ref}) 补偿通常将 dc 源功率变换器连接到可以是 HVDC 输电网的 dc 系统的输电线内的电压降。此类电压降通常由于输电线内的电阻而发生。

[0030] dc 源功率变换器的操作通常作为根据本发明的第二方面的控制方法的部分被调整,以便使得能够调节输出电压值 (V_{out}),即调节到与目标电压值 (V_{tgt}) 一致的值。

[0031] 控制方法可包括将 dc 源功率变换器的输出电流值 (I_{out}) 与基准电流值 (I_{ref}) 进行比较以生成用于第一和第二下降控制器的电流误差值信号 (I_{err})。

[0032] 控制方法可包括将电流误差值信号 (I_{err}) 乘以第一和第二下降控制器中每个下降控制器的第一和第二下降率以提供相应的第一和第二下降电压信号。所述方法可包括检测第一和第二下降电压信号中哪一个具有最小值并且将下降电压值 (V_{dr}) 设置成等于所述最小值。在输出电流值 (I_{out}) 小于基准电流值 (I_{ref}) 时,第一下降电压信号总具有最小值,使得动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 由第一下降控制器来控制。在输出电流值 (I_{out}) 大于基准电流值 (I_{ref}) 时,第二下降电压信号总具有最小值,使得动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 由第二下降控制器来控制。

[0033] 控制方法的备选实施例可包括取决于电流误差值信号 (I_{err}) 是正还是负来将电流误差值信号 (I_{err}) 乘以第一和第二下降控制器中仅适当的一个下降控制器的下降率。特别地,在电流误差值信号 (I_{err}) 是正时 (指示输出电流值 (I_{out}) 小于基准电流值 (I_{ref})), 电流误差值信号 (I_{err}) 可乘以第一下降控制器的下降率以确保动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 由第一下降控制器来控制。另一方面,在电流误差值信号 (I_{err}) 是负时 (指示输出电流值 (I_{out}) 大于基准电流值 (I_{ref})), 电流误差值信号 (I_{err}) 可乘以第二下降控制器的较高下降率以确保动态下降控制器件提供的下降电压值 (V_{dr}) 由第二下降控制器来控制。

[0034] 将基准电压值与下降电压值 (V_{dr}) 组合的步骤通常包括对相应的电压值求和。

[0035] 在一些实施例中,控制方法可包括将基准电压值 (V_{ref}) 与系统下降特性组合以提供修改的基准电压值 (V''_{ref}) 以用于与下降电压值 (V_{dr}) 组合以使得能够得出目标电压值 (V_{tgt})。将基准电压值 (V_{ref}) 与系统下降特性组合的步骤可包括将基准电压值 (V_{ref}) 与系统下降特性相加。系统下降特性通常是基准电流值 (I_{ref}) 和第三下降控制器确定的下降率两者的函数。

附图说明

[0036] 图 1a 是并行连接到 dc 系统并且包括 dc 源功率变换器的多个 dc 源中之一的示意

性例示；

[0037] 图 1b 是并行连接到 HVDC 输电网并且包括 dc 源功率变换器的多个 ac 电力发电机中之一的示意性例示；

[0038] 图 2 根据本发明的第一个实施例的适合于控制图 1a 和图 1b 的 dc 源功率变换器的变换器控制布置的示意性例示；

[0039] 图 3 是对于由图 2 的变换器控制布置控制的 dc 源功率变换器的电压对比电流的图示；

[0040] 图 4 是根据本发明的第二个实施例的适合于控制图 1a 和图 1b 的 dc 源功率变换器的变换器控制布置的示意性例示；以及

[0041] 图 5 是对于由图 4 的变换器控制布置控制的 dc 源功率变换器的电压对比电流的图示。

具体实施方式

[0042] 现在将参考附图并且仅以示例的方式来描述本发明的实施例。

[0043] 图 1a 示出包括连接到 dc 系统 8 的 ac 系统 6 的电布置。ac 系统 6 通过调定 (set-up) 电压互感器 (transformer) 14 和作为有源整流器的 dc 源功率变换器 16 来连接到 dc 系统 8。ac 系统 6、调定互感器 14 和 dc 源功率变换器 16 共同操作为向 dc 系统供应 dc 电功率的 dc 源。

[0044] 现在参考图 1b, 在电布置的一个实现中, ac 系统包括由风力涡轮机 12 驱动的交流 (ac) 电力发电机 10, 而 dc 系统 8 包括高压直流 (HVDC) 输电网。在该特定电布置中, dc 源因此由 ac 电力发电机 10 和其关联的风力涡轮机 12、调定互感器 14 和作为发电机桥的 dc 源功率变换器 16 组成。将领会的是, 典型的风力场包括大量此类 dc 源并且这些 dc 源通常并行连接到 HVDC 网。

[0045] 如在本说明书中早先论述的, 并行连接的 dc 源生成的电功率中的冲突例如在故障条件期间能发生。为了降低能由此类冲突引起的潜在破坏效果, 本发明的实施例提供变换器控制布置 18、48, 所述变换器控制布置能用来调节诸如形成以上参考图 1a 和图 1b 描述的电布置的部分的 dc 源功率变换器 16 的 dc 源功率变换器的输出电压。当其中每个包括 dc 源功率变换器 16 的多个 dc 源并行连接时, 可行的是仅 dc 源功率变换器 16 中之一可包括根据本发明的实施例的变换器控制布置 18、48 以调节其输出电压。然而, 通常每个 dc 源的 dc 源功率变换器 16 包括根据本发明的实施例的变换器控制布置 18、48 以调节其输出电压。

[0046] 根据本发明的一个实施例的变换器控制布置 18 的示意性例示在图 2 中示出。变换器控制布置 18 包括电压调节器 20, 电压调节器 20 包括电压比较器 22 和电压控制器 24。电压比较器 22 从期望目标电压值 V_{tgt} 中减去 dc 源功率变换器 16 的测量输出电压值 V_{out} 。如果在这两个电压值之间存在以电压误差值信号 V_{err} 形式的任何偏差或误差, 则将该电压误差值信号 V_{err} 输入到电压控制器 24。电压控制器 24 然后输出控制信号 $Ctrl_out$ 以主动地控制 dc 源功率变换器 16 的操作以便调节输出电压值 V_{out} 使得其与目标电压值 V_{tgt} 一致。

[0047] 变换器控制布置 18 包括提供下降电压值 V_{dr} 的动态下降控制器件 26 以及电压加法器 28, 电压加法器 28 将下降电压值 V_{dr} 与基准电压值 V_{ref} 求和, 基准电压值 V_{ref} 是在输出

电流值 I_{out} 等于期望基准电流值 I_{ref} 时来自 dc 源功率变换器 16 的期望输出电压值 V_{out} 。因此将领会的是,目标电压值 V_{tgt} 通过在电压加法器 28 处将基准电压值 V_{ref} 与由动态下降控制器件 26 提供的下降电压值 V_{dr} 一起相加来得到。

[0048] 动态下降控制器件 26 包括第一和第二下降控制器 30、32。每个下降控制器 30、32 具有固定的下降率并且第二下降控制器 32 的下降率大于第一下降控制器 30 的下降率。动态下降控制器件 26 包括电流比较器 34, 电流比较器 34 从表示 dc 源功率变换器 16 的期望输出电流的期望基准电流值 I_{ref} 中减去 dc 源功率变换器 16 的测量输出电流值 I_{out} 。由该相减产生的电流比较器 34 的输出是电流误差值信号 I_{err} 。

[0049] 根据本发明,在测量输出电流值 I_{out} 小于期望基准电流值 I_{ref} 时,换言之在电流误差值信号 I_{err} 是正时,下降电压值 V_{dr} 通过具有较低的下降率的第一下降控制器 30 来控制。另一方面,在测量输出电流值 I_{out} 大于期望基准电流值 I_{ref} 时,换言之在电流误差值信号 I_{err} 是负时,下降电压值 V_{dr} 通过具有其较高的下降率的第二下降控制器 32 来控制。现在将参考图 3 来解释由动态下降控制器件 26 提供的依赖于在电流比较器 34 中 dc 源功率变换器 16 的测量输出电流值 I_{out} 与期望基准电流值 I_{ref} 的比較的结果的“双重控制”的重要性,图 3 是由图 2 中所示的变换器控制布置 18 控制的 dc 源功率变换器 16 的电压对比电流的曲线图。

[0050] 在 dc 源功率变换器 16 正常操作并且没有经历故障条件时(即,稳态操作),将理解的是测量输出电流值 I_{out} 将通常等于基准电流值 I_{ref} 。在这些情形中,由电流比较器 34 执行的输出电流值 I_{out} 与基准电流值 I_{ref} 的比較将产生零误差,换言之,电流误差值信号 I_{err} 将是零。因此,由于将不存在到第一和第二下降控制器 30、32 的输入,下降电压值 V_{dr} 也将是零,使得提供给电压比较器 22 的目标电压值 V_{tgt} 将等于基准电压值 V_{ref} 。假定电压控制器 24 充分调节 dc 源功率变换器 16 的输出电压值 V_{out} 使得其与目标电压值 V_{tgt} (并且因此基准电压值 V_{ref}) 一致,则 dc 源功率变换器 16 将正常操作在图 3 中所示的预定义目标操作点 36。因此将理解的是,基准电流值 I_{ref} 与基准电压值 V_{ref} 一起定义 dc 源功率变换器 16 的目标操作点 36。

[0051] 在 dc 源功率变换器 16 经历动态操作时(这可由故障条件引起),测量输出电流值 I_{out} 通常将不等于基准电流值 I_{ref} 。测量输出电流值 I_{out} 可例如依赖于故障条件的性质而大于或小于基准电流值 I_{ref} 。在这些情形中,由电流比较器 34 执行的输出电流值 I_{out} 与基准电流值 I_{ref} 的比較将产生非零误差使得将正的或负的电流误差值信号 I_{err} 供应给第一和第二下降控制器 30、32。因此,在电压加法器 28 处将基准电压值 V_{ref} 与下降电压值 V_{dr} 组合以提供用于 dc 源功率变换器 16 的期望目标电压值 V_{tgt} 。

[0052] 在变换器控制布置 18 的所示实施例中,将由电流比较器 34 确定的电流误差值信号 I_{err} 输入到第一和第二下降控制器 30、32 中并且将乘以相应的下降率以提供第一和第二下降电压信号。动态下降控制器件 26 包括控制块 38, 控制块 38 确定第一和第二下降电压信号中哪一个具有最小值并且然后将下降电压值 V_{dr} 设置成等于具有最小值的下降电压信号。

[0053] 在 dc 源功率变换器 16 的测量输出电流值 I_{out} 小于期望基准电流值 I_{ref} 时(这例如可指示 dc 源功率变换器 16 供应的电功率的部分正被拒绝),根据电流比较器 34 确定的结果电流误差值信号 I_{err} 将是正的。在这些情形中,最小的下降电压信号将总是由第一下

降控制器 30 提供的第一下降电压信号。这确保在输出电流值 I_{out} 小于基准电流值 I_{ref} 时下降电压值 V_{dr} 由第一下降控制器 30 来控制。

[0054] 在 dc 源功率变换器 16 的测量输出电流值 I_{out} 大于期望基准电流值 I_{ref} 时, 根据电流比较器 34 确定的结果电流误差值信号 I_{err} 将是负的。在这些情形中, 最小的下降电压信号将总是由第二下降控制器 32 提供的第二下降电压信号。这确保在输出电流值 I_{out} 大于基准电流值 I_{ref} 时下降电压值 V_{dr} 由第二下降控制器 32 来控制。

[0055] 在图 3 中能清楚看到由在电压加法器 28 处进行的基准电压值 V_{ref} 修改下降电压值 V_{dr} 所引起的目标电压值 V_{tgt} 的影响。在输出电流值 I_{out} 小于基准电流值 I_{ref} 时, 目标电压值在操作点 36 以上的具有其较低的下降率 DDr_1 的斜线 (即, 下降线) 40 上。在 dc 源功率变换器 16 的变换器端子的输出电压值 V_{out} 的上升因此随着输出电流值 I_{out} 的减小而被限制在可接受的水平。相反地, 在输出电流值 I_{out} 大于基准电流值 I_{ref} 时, 目标电压值在操作点 36 以下的具有其较高的下降率 DDr_2 的斜线 (即, 下降线) 42 上。因此, 在 dc 源功率变换器 16 的输出电压值 V_{out} 小于基准电压值 V_{ref} 的情形中, 输出电流值 I_{out} 的上升被限制在可接受的水平。

[0056] 第一和第二下降控制器 30、32 的下降率选择成给动态下降控制器件 26 提供适当的灵敏度水平以用于控制变换器控制布置 18 并且因此 dc 源功率变换器 16。将领会的是, 第二下降控制器 32 的下降率特别需要充分高使得在输出电压值 V_{out} 落入基准电压值 V_{ref} 以下的情形中将输出电流值 I_{out} 的上升最小化。因此能最小化稳态系统故障电流, 使得其接近基准电流值 I_{ref} 。

[0057] 现在参考图 4, 示出根据本发明的另一实施例的能用来调节诸如形成以上参考图 1a 和图 1b 描述的电布置的部分的 dc 源功率变换器 16 的 dc 源功率变换器的输出电压的变换器控制布置 48 的示意性例示。图 4 的变换器控制布置 48 类似于图 2 中所示的布置, 并且对应的附图标记和符号将因此标识对应的特征。

[0058] 除了第一和第二下降控制器 30、32 之外, 动态下降控制器件 26 还包括具有固定下降率的第三下降控制器 44。第三下降控制器 44 生成作为基准电流值 I_{ref} 的函数的系统下降特性。更特别地, 将基准电流值 I_{ref} 乘以第三下降控制器 44 的固定下降率以提供系统下降特性。变换器控制布置 48 包括加法器 46, 在加法器 46 处将基准电压值 V_{ref} 修改并且更准确地说增加系统下降特性以提供修改的基准电压值 V''_{ref} 。将该修改的基准电压值 V''_{ref} 提供给电压加法器 28, 使得在该实施例中基于修改的基准电压值 V''_{ref} 与下降电压值 V_{dr} (其当然可等于零, 例如在非故障条件下, 在测量输出电流值 I_{out} 等于基准电流值 I_{ref} 时) 的组合来得到目标电压值 V_{tgt} 。

[0059] 将领会的是, 从第三下降控制器 44 生成的系统下降特性中得出的修改的基准电压值 V''_{ref} 补偿 dc 系统调节并且大于 dc 系统电压值 V_{sys} , 如图 5 中清楚所示的。修改的基准电压值 V''_{ref} 的比 dc 系统电压值 V_{sys} 更大的量值有利地补偿将 dc 源功率变换器 16 连接到 HVDC 输电网的输电线中的电压降。dc 系统电压 V_{sys} 通过操作为有源逆变器 (即, 网桥 (network bridge)) 并且形成 HVDC 输电网或其它 dc 系统 8 的部分的功率变换器来确定。第三下降控制器 44 的下降率通常对应于有源逆变器的下降率, 如图 5 中示出的。

[0060] 在所有其它方面中, 参考图 4 和图 5 描述并且示出的变换器控制布置 48 的操作与以上参考图 2 和图 3 描述并且示出的变换器控制布置 18 的操作相同。

[0061] 尽管在前面章节中已经描述了本发明的实施例,但是应该理解的是在不脱离随附权利要求的范围的情况下可对那些实施例做出各种修改。

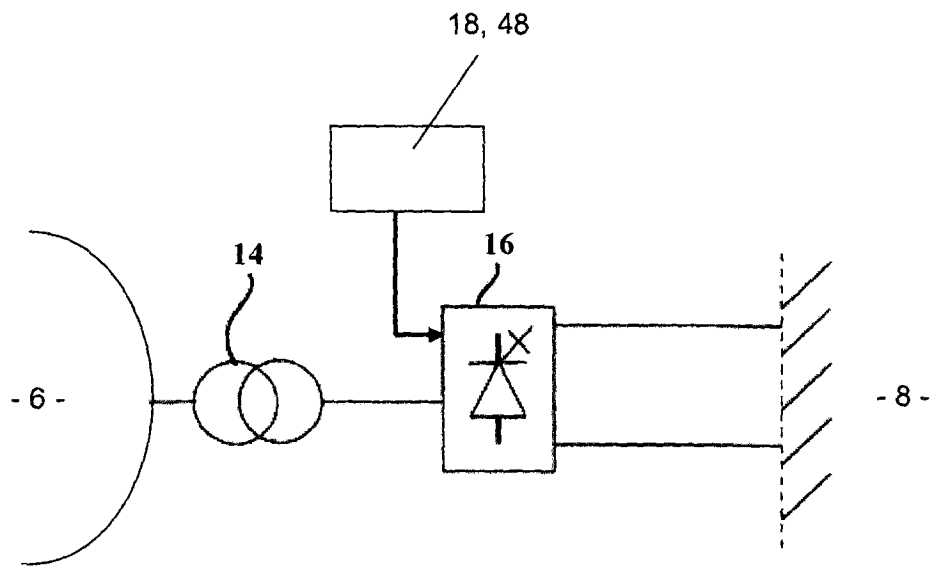


图 1a

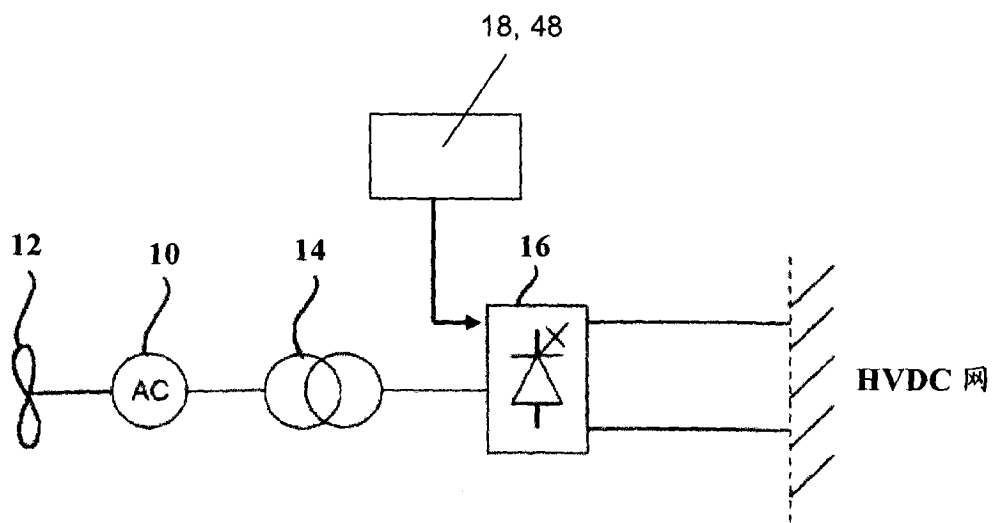


图 1b

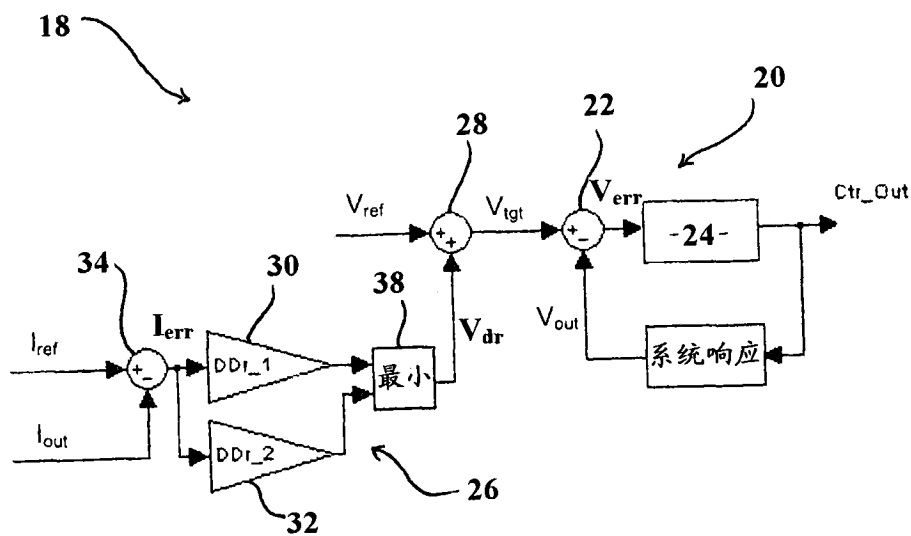


图 2

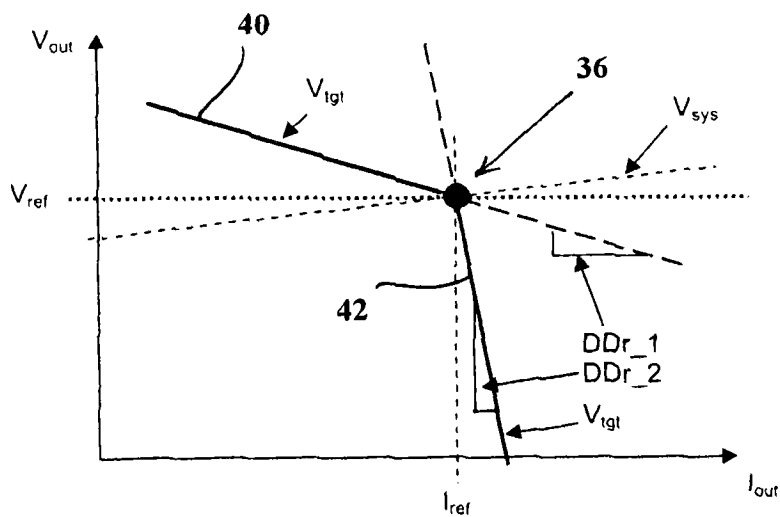


图 3

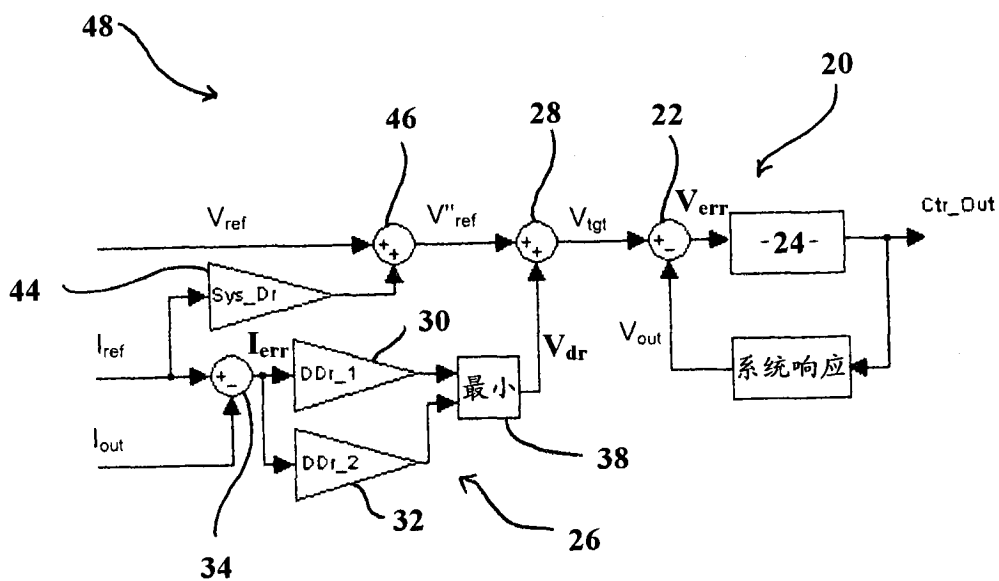


图 4

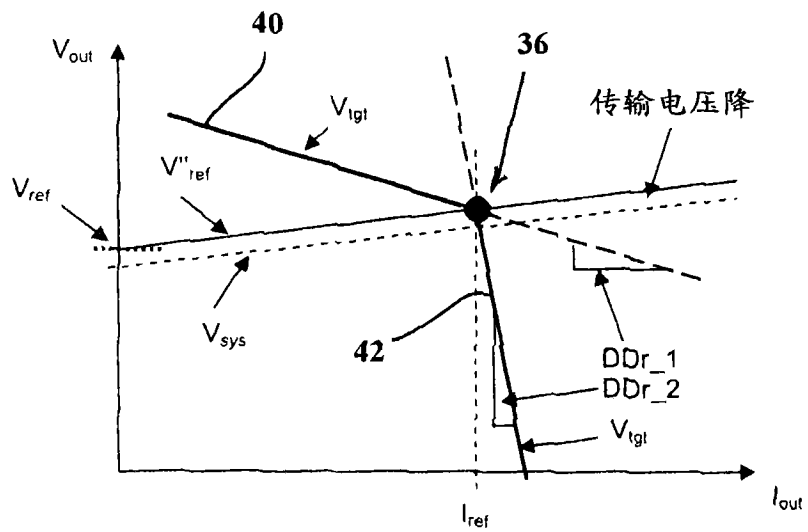


图 5