



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103999350 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 20

(21) 申请号 201280060854. 8

代理人 陈松涛 韩宏

(22) 申请日 2012. 11. 21

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H02P 9/10(2006.01)

13/301, 481 2011. 11. 21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 06. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/066247 2012. 11. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/078304 EN 2013. 05. 30

(71) 申请人 康明斯发电 IP 公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 J·R·彭德雷 P·M·皮尔兹

B·K·帕尔默 A·基钦

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

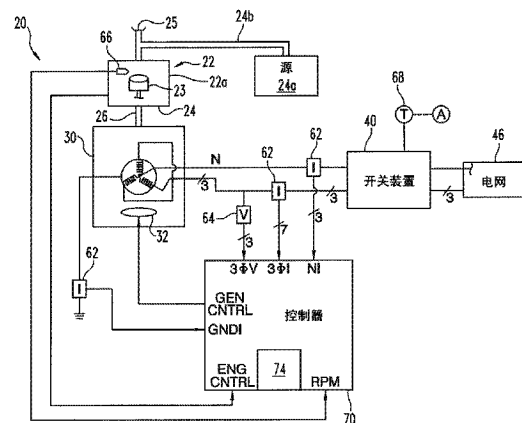
权利要求书4页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

用以处理连接到其的电网的瞬变的发动机驱动的发电机的控制

(57) 摘要

一种用于向公用电网提供电力的技术包括以火花点火或直接喷射内燃发动机驱动耦合到电网的交流发电机;确定交流发电机的电加载的变化;响应于变化,调整发动机和/或发电机的参数,以调整由发动机提供的功率。在这一技术的一个进一步的形式中,调整发动机的参数包括延迟火花定时和/或中断火花点火;减小或延迟直接喷射定时或燃料量和/或中断直接喷射;和/或发电机的参数调整包括增大交流发电机的场或增加电负载。



1. 一种方法,包括:
向公用电网提供电力,这包括以火花点火内燃发动机驱动耦合到所述电网的场可调交流发电机;
检测所述公用电网的低电压状况;
响应于所述低电压状况;
改变所述发动机的火花点火;以及
调整由所述交流发电机产生的场。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述场的调整包括改变为所述交流发电机的满场状态。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括响应于所述低电压状况,制动所述交流发电机和所述发动机中的至少之一。
4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中,所述制动包括应用排气制动器。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括响应于所述低电压状况,接通阻抗电路,以增大所述交流发电机上的电负载。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述火花点火的改变包括延迟火花点火定时。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述场的调整包括响应于场控制电压,调整到满场状态。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,包括:
作为以控制器调节的发电机组操作所述交流发电机和所述发动机;
根据以所述控制器执行的操作指令,来执行所述火花点火定时的改变和所述场的调整;
通过以一个或多个传感器感测电压来执行所述低电压状况的检测;以及
以气体型燃料为所述发动机供应燃料。
9. 一种装置,包括:
构造为耦合到电网的发电机;
用以驱动所述发电机的火花点火的内燃发动机;
感测设备;以及
响应于所述感测设备而调节所述发电机和所述发动机的操作的控制器,所述控制器构造为确定所述电网的低电压状况并响应于所述低电压状况而提供一个或多个输出信号,以改变所述发动机的火花点火并调整所述发电机的场。
10. 根据权利要求 9 所述的装置,其中,所述控制器执行编程,所述编程可操作以通过增大到所述发电机的满场状态来调整所述场。
11. 根据权利要求 10 所述的装置,其中,所述控制器构造为生成所述一个或多个输出信号,以通过延迟所述发动机的火花点火定时来改变所述火花点火。
12. 根据权利要求 11 所述的装置,其中,提供所述发电机、所述发动机、所述感测设备和所述控制器作为发电机组,并且所述控制器包括发动机控制模块和一个或多个其他控制设备。
13. 根据权利要求 12 所述的装置,其中,所述发动机是多气缸、往复式活塞型的。
14. 根据权利要求 13 所述的装置,进一步包括燃料源,所述燃料源包含用于所述发动

机的气体燃料。

15. 一种装置,包括:

发电机组,所述发电机组包括可调场交流发电机和用于驱动所述交流发电机的火花点火的内燃发动机,所述发电机组可操作以与公用电网连接并包括控制器,所述控制器包括:

用于确定所述公用电网的低电压状况的模块;

用于响应于所述低电压状况的模块,包括:用于增大发动机负载的模块和用于减小发动机转速的模块。

16. 根据权利要求 15 所述的装置,其中,减小模块包括用于延迟所述发动机的火花点火定时的模块,并且增大模块包括用于将所述交流发电机的场增大到满场状态的模块。

17. 根据权利要求 15 所述的装置,其中,所述发动机是气体燃料供应、多气缸、且往复活塞型的。

18. 一种方法,包括:

以火花点火的内燃发动机驱动发电机来向公用电网提供电力;

确定所述公用电网的低电压状况;以及

响应于所述低电压状况,改变所述发动机的火花点火以控制发动机转速。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,包括响应于所述低电压状况,调整由所述发电机产生的电磁场。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述发动机是多气缸、往复活塞型的,并且火花点火的改变包括延迟所述发动机的火花点火定时。

21. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述发动机是多气缸、往复活塞型的,并且火花点火的改变包括禁止所述发动机的至少一个气缸的点火。

22. 根据权利要求 18 所述的方法,包括:

响应于所述低电压状况,将由所述发电机输出的电流从小电阻通路传送到大电阻通路,以吸收过多能量;以及

在所述低电压状况停止后,将所述电流的输出返回到所述小电阻通路。

23. 根据权利要求 18 所述的方法,包括向所述发动机提供天然气燃料。

24. 根据权利要求 18 所述的方法,包括响应于所述低电压状况,制动所述发动机和所述发电机中的至少之一的旋转。

25. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述发动机是多气缸、往复活塞型,所述发电机具有可调场,所述发电机和所述发动机属于发电机组,所述发电机组包括控制器,所述电力是三相 AC 型的,并且所述方法包括:

以气体燃料为所述发动机供应燃料;

以所述控制器执行所述低电压状况的确定;以及

由控制器如下响应于所述低电压状况:

增大所述发电机产生的所述场;以及

延迟火花点火定时,以提供所述火花点火的改变。

26. 根据权利要求 25 所述的方法,其中,根据由所述控制器执行的编程,来执行所述低电压状况的确定。

27. 一种方法,包括:

向公用电网提供电力,这包括以具有燃料喷射的压缩点火内燃发动机驱动耦合到所述电网的场可调交流发电机;

检测所述公用电网的低电压状况;以及

响应于所述低电压状况,改变所述发动机的所述燃料喷射的定时。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,进一步包括响应于所述低电压状况,增大由所述交流发电机产生的场。

29. 根据权利要求 27 所述的方法,其中,增大所述场包括改变为所述交流发电机的满场状态。

30. 根据权利要求 27 所述的方法,进一步包括响应于所述低电压状况,制动所述交流发电机和所述发动机中的至少之一。

31. 根据权利要求 27 所述的方法,其中,改变所述燃料喷射的定时包括延迟所述燃料喷射的定时。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,包括响应于所述低电压状况,增大所述交流发电机的场。

33. 一种装置,包括:

构造为耦合到电网的发电机;

用于驱动所述发电机的压缩点火内燃发动机,所述发动机包括一个或多个气缸,每一个气缸具有燃料喷射;

感测设备;以及

控制器,响应于所述感测设备,以调节所述发电机和所述发动机的操作,所述控制器构造为确定所述电网的低电压状况并响应于低电压状况而提供一个或多个输出信号,以改变所述发动机的燃料喷射的定时。

34. 根据权利要求 33 所述的装置,其中,所述控制器执行编程,所述编程可操作以增大所述发电机的场。

35. 根据权利要求 33 所述的装置,其中,所述控制器构造为产生所述一个或多个输出信号,以延迟所述燃料喷射的定时。

36. 一种方法,包括:

向公用电网提供电力,包括以具有燃料喷射的直接喷射压缩点火内燃发动机驱动耦合到所述电网的场可调交流发电机;

检测所述公用电网的低电压状况;以及

响应于所述低电压状况:

通过改变所述燃料喷射来改变所述发动机的点火;以及

调整由所述交流发电机产生的场。

37. 根据权利要求 36 所述的方法,其中,调整所述场包括改变为所述交流发电机的满场状态。

38. 根据权利要求 36 所述的方法,改变点火包括延迟所述燃料喷射的定时和减小喷射的燃料量中的至少之一。

39. 根据权利要求 38 所述的方法,其中,喷射的燃料量的减小包括抑制来自所述发动

机的气缸的燃料。

40. 一种装置,包括:

构造为耦合到电网的发电机;

用于驱动所述发电机的压缩点火内燃发动机,所述发动机包括具有燃料喷射的一个或多个气缸;

感测设备;以及

控制器,响应于所述感测设备,以调节所述发电机和所述发动机的操作,所述控制器构造为确定所述电网的低电压状况并响应于所述低电压状况而提供一个或多个输出信号,以改变所述燃料喷射来改变发动机点火并调整所述发电机的场。

41. 根据权利要求 40 所述的装置,其中,所述控制器执行编程,所述编程可操作以通过延迟所述燃料喷射来提供对于所述燃料喷射的改变,并通过增大到所述发电机的满场状态来调整所述场。

用以处理连接到其的电网的瞬变的发动机驱动的发电机的控制

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求于 2011 年 11 月 21 日提交的美国专利申请 No. 13/301,481 的优先权，其由此通过参考在整体上并就各方面而言并入本文中。

技术领域

[0003] 本申请涉及发电，更具体但非排他性地，涉及用以处理电网中断、故障和负载瞬变的技术。

背景技术

[0004] 在电网中断期间，电网的电压会迅速波动。在某些条件下，会期望在电网电压下降时保持发动机/发电机组（发电机组）的电网连接一定名为低电压穿越（LVRT）。在低电压事件期间，由于发动机不能对较低功率输出要求做出迅速响应，发电机会失去与电网的同步，具有由于当前过高的发动机功率输出的相位角偏差过冲。在一些情况下，当电网电压恢复，且发动机失去同步时，可以由相应的磁极滑动感应电流引起发动机受损。

[0005] 此外，当负载变化或瞬时电气故障导致电网电压下降时，发动机可以通过增大其速度来尝试加以补偿。这个速度中的增大可以导致输出电压的频率和/或相位角偏差的不可接受的增大。这个情形尤其涉及公用并行应用。

[0006] 此外，线路故障事件会在短于传统发动机和发电机组控制系统可以反应的时间期间中，将电压抑制到零，并随后允许其恢复。这个情形会导致发电机相位角显著不同于恢复的电网电压相位角，因为发电机组控制仍对初始故障做出反应，有可能造成发电设备的损害。在某些条件下，具有在汽缸的上游混合燃料与空气的火花点火（SI）发电机组发动机的发电机组特别易受损害。尽管可以在负载变化的最初征兆时减小提供的燃料量以改善这个结果，但已经存在的燃料运送可以引起问题。柴油燃料发电机组发动机类似地易受损害—即使那些具有直接或进气口燃料喷射的柴油发动机在 LVRT 事件期间也会不按照期望地运行，不管在进气道中没有存在较早形成的燃料运送的情况下改变燃料运送的能力如何。

[0007] 用以处理电网波动的一个尝试包括通过增大发电机组飞轮的尺寸/重量和/或发电机组的另一个旋转质量来增大发电机组的转动惯量。尽管增大转动惯量的这个方案可以部分地处理该问题，但典型地它不足以提供期望的性能。

[0008] 因而在该技术领域中需要进一步的贡献。

发明内容

[0009] 本发明的一个实施例是一种独特的发电技术。其他实施例包括独特的方法、系统、设备和装置，涉及相对于独特的发电技术低电压穿越操作的发电机组操作。依据在此提供的附图和说明，本发明进一步的实施例、形式、目标、方面、益处和优点会变得显而易见。

附图说明

- [0010] 图 1 是包括具有发电机和内燃发动机的发电机组的发电系统的图示。
- [0011] 图 2 是包括并行发电机组的另一发电系统的图示。
- [0012] 图 3 是包括用于处理电网中断的电路的示意图。
- [0013] 图 4 是示出图 3 的电路的操作的曲线图。
- [0014] 图 5 是示出用于多个国家的电网故障容限要求的曲线图。
- [0015] 图 6 是示出相对于图 5 所示的故障容限要求的本申请的一个实施例的某些性能方面的曲线图。
- [0016] 图 7 是示出相对于时间的 AC 正弦波形的某些特性的曲线图。

具体实施方式

[0017] 为了促进对本发明原理的理解,现在将参考附图中所示的实施例,并使用特定术语来说明。但应理解,并非旨在借以限制本发明的范围。所述实施例中的任何变化和进一步的修改,及本文所述的本发明原理的任何进一步的应用都设想为本发明相关领域技术人员通常会想到的。

[0018] 本申请的一个实施例包括电力系统,具有包括发动机和发电机或交流发电机的发电机组。可以耦合发电机组以向公用电网提供电力。如果在电网上存在瞬态电压下降,系统就以任意数量的方式来响应。例如,系统可以通过暂时从发电机通过电阻电路发送过量电流来对低电压电网状况做出响应。可替换地或者另外地,系统可以作为响应通过调整发电机组发电机点火和 / 或供油的定时,和 / 或作为响应调整交流发电机的场控制来处理电气负载中的突发变化,其可以由电子线路故障(例如电网电压下降)引起。在火花点火发动机的情况下,这个定时调整可以包括延迟或禁止发电机组发动机的火花点火。在燃料喷射柴油发动机的情况下,或者是直喷式或者是进气口喷射式,这个定时调整可以包括减小喷射的燃料量,延迟燃料喷射和 / 或禁止燃料喷射。在涉及后者的一种形式中,响应于电网电压减小,增大交流发电机电压或者甚至使其最大(有时称为“满场”)以相应地升高交流发电机电流,以增大有效负载并更接近地平衡发动机转矩和交流发电机转矩。本领域技术人员会意识到,发电机组可以作为或不作为主发电机或备用发电机而运行,和 / 或可以与或不与一个或多个其他发电机组或电源并行运行。

[0019] 图 1 示出了本申请进一步的实施例的电力系统 20。电力系统 20 包括发电机组子系统 22。发电机组 22 包括内燃发动机 24 形式的原动机 22a 和交流发电机或发电机 30,用以提供三相交流电流(AC)、目标量值的电压和频率。在其他设置中,可以作为单相或者以此类其他结构作为提供电力,如同本领域技术人员会想到的。

[0020] 发动机 24 向具有旋转驱动机构 26 的发电机 30 提供旋转机械动力。机构 26 可以是直接驱动构件、提供非同式匝数比的设备、转矩变换器、变速箱和 / 或不同形式的旋转联动装置,如同本领域技术人员会想到的。在一个设置中,机构 26 是发动机 24 的曲轴的延长部的形式,其用作发电机 30 内的转子,从而发动机和发电机具有一对一匝数比。所示形式的发动机 24 包括在相应汽缸中的一个或多个往复式活塞 23,并构造用于火花点火(SI)燃烧。相应地,发动机 24 利用与 SI 相适应的燃料,诸如天然气、液化石油气、分子氢、不同的气态燃料;汽油;或其他与 SI 相适应的燃料类型。可替换地,发电机组发动机可以是压缩点

火 (CI) 类型 (例如柴油燃料的发动机), 利用与 CI 相适应的燃料, 例如柴油、JP8 或 JP5。燃料可以通过燃料喷射引入。在某些柴油发动机实施例中, 使用直接喷射或进气口喷射在每个汽缸的基础上喷射燃料—以致于每个汽缸都有一个燃料喷射器—有利于独立的逐汽缸燃料供应控制。系统 20 包括燃料源 24a, 由管道 24b 供应, 其耦合到发动机 24。来自源 24a 的燃料在活塞 23 上游与来自进气口 25 的空气混合, 以向活塞提供燃料运送。

[0021] 在其他形式中, 发动机 24、机构 26 和 / 或发电机 30 可以具有其他类型; 可以为发电机 24 交替地供应燃料, 和 / 或其可以具有不同燃烧模式或循环; 和 / 或作为对发动机 24 的替换或附加, 不同形式的基于发动机的原动机 22a 可以用于向发电机 30 提供机械动力, 除了其他的以外, 如 CI 发动机类型、气体涡轮发动机类型、两冲程发动机类型。不同形式的原动机 22a 进一步非限制性地包括风力涡轮机、水力涡轮机和 / 或蒸汽涡轮机。

[0022] 发电机 30 包括激励场绕组 32, 可操作地耦合到控制器 70, 稍后进一步说明。发电机 30 的电力输出耦合到开关装置 40, 用以选择性地耦合和解耦往 / 来于公用电网 46 的发电机电力输出。在系统 20 专门用于向电网 46 提供电力的设置中, 开关装置 40 典型地是用于每一条电路线路的断路器的形式。可替换地, 对于系统 20 的备用或后备应用, 开关装置 40 典型地包括耦合到电网 46 的转换开关和本地电气负载 (未示出)。而且, 可以在开关装置 40 与到电网 46 的连接 (未示出) 之间提供一个或多个变压器。在一个非限制性实现方式中, 发电机组 22 包括多汽缸、往复式活塞、气态燃料供应的 SI 型形式的发动机 24 和具有转子的交流发电机形式的发电机 30, 可以在发动机曲轴的延长部 (未示出) 上提供转子。

[0023] 电力系统 20 进一步包括电压传感器 64, 用以监控在导体 34 上的由发电机 30 输出的电压的量值。传感器 64 可以是电路形式, 其采样横跨已知电阻等的电压降。电力系统 20 进一步包括电流传感器 62, 其监控与发电机 30 相关联的流过导体 34、中性点 (N) 和地 (GND) 的电流的量值。传感器 62 可以是标准电流变压器类型或者此类其他变型, 如本领域技术人员已知的。传感器 66 是标准类型的, 其提供表示发动机 24 的转速的传感器信号。在一些形式中, 传感器 66 的传感器信号表示发电机 30 的电力输出的频率; 但可以使用其他技术来确定电力输出的频率传感器 62、64 和 66 转换为数字形式, 以便使用标准技术进行处理。可替换地或另外地, 在其他实施例中, 可以使用模拟形式的传感器信号处理。

[0024] 电力系统 20 进一步包括控制器 70, 其耦合到传感器 62、64 和 66。可以为控制器 70 提供发电机 30, 作为发电机组 22 的部分, 并可以是用于发动机 24 和发电机 30 的一个控制设备的形式, 或者可以是两个或多个控制设备的形式, 例如专用发动机控制模块 (ECM), 与专用发动机 / 发电机组控制模块通信, 仅仅列举几个非限制性示例。在一个特定形式中, 作为集成设备提供发动机 24、发电机 30 和控制器 70。控制器 70 包括来自电流传感器 62 的输入, 对应于标明为“ $3\phi I$ ”的发电机 30 的三相电力输出, 标明为“NI”的任何检测到的中性电流, 标明为“GNDI”的任何检测到的地电流。传感器 64 提供对应于标明为“ $3\phi V$ ”的发电机 30 的三相电力输出的电压。来自传感器 66 的发动机转速输入标明为“RPM”。发动机 24 的操作响应于来自控制器 70 的信号由控制器 70 来调节。

[0025] 控制器 70 包括存储器 74。控制器 70 执行运算逻辑, 其定义多个控制、管理和 / 或调节功能。这个运算逻辑可以是诸如硬连线的状态机的专用硬件、编程指令的形式, 和 / 或不同形式, 如本领域技术人员会想到的。控制器 70 可以作为单个组件或可操作地耦合的组

件集合来提供；并可以由数字电路、模拟电路、软件或任意这些类型的混合组合来组成。控制器 70 可以包括多个处理单元，布置为独立地、以流水线处理设置、以并行处理设置、和 / 或此类不同设置运行，如本领域技术人员会想到的。当控制器 70 是多组件形式时，它可以具有相对彼此远程定位的一个或多个组件。在一个实施例中，控制器 70 是固态集成电路类型的可编程微处理设备，其包括一个或多个处理单元和存储器。在一个形式中，控制器 70 可以包括计算机网络接口，以利于使用一个或多个标准通信协议进行通信。这个接口可以用于报告系统状态信息、接收传感器 / 检测器输入、操作者输入 / 输出、传送在其运行中使用的其他数据、执行控制器 70 的远程调试或监控、和 / 或接收编程指令形式的运算逻辑更新等。应意识到，诸如键盘、指示器、开关等的一个或多个操作者输入控制；诸如显示器、报警、指示器等的一个或多个操作者输出可以包括在适当连接到控制器 70 的发电机组 22 中。

[0026] 存储器 74 可以包括一个或多个类型，包括但不限于，半导体、磁性和 / 或光学种类，和 / 或可以是易失性和 / 或非易失性种类。在一个形式中，存储器 74 存储由控制器 70 执行的编程指令，以体现至少一部分其运算逻辑。可替换地或者另外地，存储器 74 存储数据，其由控制器 70 的运算逻辑处理。按照执行本申请中所述的各种控制、管理和调节操作的需要，控制器 70 可以包括信号调节器、调制器、解调器、算术逻辑单元 (ALU)、中央处理单元 (CPU)、振荡器、控制时钟、放大器、通信端口、延迟器件、信号格式转换器（例如模数和数模转换器）、限幅器、箝位器、滤波器、电源等。

[0027] 控制器 70 可以控制 / 监控发电机组 22 运行的多个方面，例如电气负载变化 / 瞬变、电子稳速器控制、自动稳压、调节的短路电流、发动机转速感测、发动机故障监控、过载 / 过流故障、中性电流故障、接地故障、短路故障、与其他 AC 电源的自动同步、与其他发电机的允许的并行、并行控制、过压 / 欠压故障、远程测量和控制、发电机启动控制、输出电力计算和显示、逆功率故障、在并行运行过程中的有效功率负载共享控制、在并行运行过程中的无功功率负载共享控制、内置自诊断、和用于外部诊断设备的供应，仅仅列举几个。两个常见的控制功能是：(1) 典型地通过调整发动机运行而执行的发电机输出波形的频率的调节，和 (2) 由发电机 30 产生的电压和 / 或电路的调节。

[0028] 已经说明了系统 20 及其组成部分的多个结构和相关方面，接下来说明运行系统 20 的多个模式。这些运行模式 / 过程在适用的情况下可以借助由控制器 70 执行的运算逻辑和 / 或使用此类其他技术来实施，如本领域技术人员会想到的。

[0029] 在可以根据由控制器 70 执行的运算逻辑的指示而执行的操作中的是电网 46 上的低电压状况的检测，其适合于 LVRT 并将它与其他类型的故障和失效区分开。本发明的某些应用针对具有标称恒定 AC 电压和频率的电网 46，具有三相或单相正弦波形特性。参考图 7，按照电压量值相对于时间示出了示例性的正弦 AC 波形，以帮助解释这些方面。具体地，图 7 示出了几个代表性过零 (Z_0) 事件，其中，电压量值的极性在正与负之间切换，即代表性正电压峰值 (V+) 和代表性负电压峰值 (V-)。

[0030] 对于此类应用，在一个实施例中，将 LVRT 状况确定为电网电压的两个单独但互补的方面的函数：电压过零的损失和在两次过零之间的低绝对电压峰值量。当电网电压低时，但仍存在时，可以使用“下跌 (sag)”检测模块。在一个形式中，这个下跌检测模块由以下例程来实施：(a) 以 >> 目标 AC 频率的采样频率对电压信号进行数字采样，并存储采样的最大绝对峰值，直至过零事件发生，(b) 当过零事件发生时，将采样的峰值与存储的阈值相比较，

及 (c) 如果采样的峰值小于阈值,就以信号通知低电压事件,否则就丢弃采样的峰值,并且例程重复。

[0031] 但如果在电网中存在完全短路或者向零驱动电网电压的其他事件,电压就有可能在延长的时间期间中为零或接近零,并且不会发生过零事件。结果,下跌检测模块可以继续采样并且绝不触发低电压事件。因此,对于某些应用,LVRT 的检测进一步包括过零检测模块的损失。在一个形式中,这个过零检测模块的损失由以下例程来实施:(a) 在每一次过零时复位计时器,及 (b) 如果这个计时器在没有被随后的过零复位的情况下超时,就以信号通知低电压或无过零故障。过零损失计时器具有超时值,其选择为大于 AC 目标正弦波形的半个周期,但小于整个周期。在一个实现方式中,选择目标正弦波形周期的 0.75 的超时值以排除电网频率中的较小变化,但仍迅速检测到完全短路,足以用于及时系统响应。

[0032] 在某些实施例值,一旦检测到低电压事件,控制器 70 就产生一个或多个信号,用以改变发动机 24 的火花点火定时。对于具有包括发电机组处理器和专用 ECM 的控制器 70 的实施例,发电机组处理器以信号通知 ECM,以例如延迟或禁止发动机定时。这个通信可以作为高优先级控域网 (CAN) 总线消息;从发电机组处理器的输出到 ECM 的处理器中断输入的专用硬连线线路;和 / 或使用此类其他技术来进行,如本领域技术人员会想到的。

[0033] 在以控制器 70 检测到如果不处理就有可能导致不期望出现的频率变化的瞬变负载情形(例如在电网上的低电压或者“短路”状况)时,一个创造性方案是使用火花点火 (SI) 发动机的发动机火花定时的迅速延迟,以显著减小发动机功率。延迟的火花定时显著延缓了燃烧事件,从而抑制了燃烧效率。在 CI 发动机代替 SI 发动机的另一个发明性方案中,迅速延迟压缩点火 (CI) 发动机的燃料喷射定时,以延缓燃烧事件并减小燃烧效率。可替换地,在没有燃料喷射定时改变的情况下,CI 发动机迅速减小喷射的燃料量,以减小发动机功率。对 SI 发动机的火花事件的改变,或者对 CI 发动机的燃料喷射事件的改变可以按照多汽缸发动机的一些或全部汽缸的顺序形式在逐周期的基础上进行,因此其可以响应于发电机组负载中的减小(例如电网电压的下降)提供几乎即时的发动机功率减小。

[0034] 在一个实施例中,使用“全有或全无”方案(或者所谓的“Bang-Bang”算法),低电压状况触发电火花定时的延迟,或者相对于标称的减小的直接喷射燃料供应。例如,在这个状况为真时,在发动机转速“n”超过指定上限阈值 (UT) 时,控制器 70 指示延迟的火花点火定时的最大程度一意识到 n 与由发电机 30 产生的 AC 电压和电流波形的频率 f 成比例或者一一对应。一旦 n 下降到指定下限阈值 (LT) 以下,控制器 70 就恢复标称火花点火定时。控制器 70 因而基于在低电压状况瞬变期间的发动机转速 n,在最大延迟火花点火定时与标称火花点火定时之间调整。速度 / 频率带 (LT 到 UT) 的选择取决于具体设备特性和期望的性能级别。在 CI 发动机类型的情况下,控制器可以指示燃料喷射定时的延迟和 / 或喷射的燃料量的减小。

[0035] 补充或可替换的方法例如是在短瞬变事件过程中按照多汽缸发动机的一些或全部汽缸的顺序形式更完全地中断或禁止点火事件,或者禁止全部气缸中的点火。类似地,在 CI 发动机实施例中,将燃料量减小为零或者以其他方式抑制或跳过燃料供应。如同对于 SI 发动机的延迟的火花定时(或者对于 CI 发动机,延迟的燃料喷射定时或减小的直接喷射的燃料量),这个方案也会产生几乎即时的响应。随着控制系统响应于较低的发电机组负载调整燃料系统设置,可以按照必要的调整火花定时或火花中断,或者直接喷射定时,直接喷射

中断,或者减小的直接喷射燃料供应,以恢复更为正常的设置。

[0036] 又一个实施例是使用火花定时、火花中断和 / 或直接喷射定时以在瞬态低电压事件后允许负载中随后的迅速增大,及发动机功率输出中相应的增大。例如,如果在这个相同的负载中断过程中,负载将会突然重现,如果如上建议地进行燃料供应,发动机转速就会显著下降。但通过保持在前高燃料供应状态,并将火花事件或直接喷射定时迅速恢复到更为正常的状态,就会迅速恢复发动机管理负载的能力。对于包括涡轮增压器的应用,应意识到,使用延迟的燃料喷射或延迟的火花点火可以通过相应地调整废气流和 / 或温度而保持或者甚至增大涡轮增压器转速,以使得随着涡轮增压器再次提高旋转,在负载恢复时发动机不会受到所谓的“涡轮滞后”。相反,由于轻负载或无负载条件下废气的相对低的流速和 / 或温度,标准涡轮增压器发动机系统趋向于经历这个滞后。

[0037] 如果系统不能在量值或持续时间中做出足够的响应,对发电机组的快速负载变化会导致对发动机转速不可接受的变化。可以在逐周期的基础上改变从每一个气缸产生的功率的发动机在这些偏移期间典型地具有产生可接受的输出的最佳机会。

[0038] 可以在逐周期的基础上或几乎逐周期的基础上改变单个气缸输出的发动机包括柴油机和进气口 / 直接喷射 SI 结构。因为通过在燃料喷射位置与气缸之间的进气道的输送延迟,在气缸上游(例如节流阀体或化油器)引入燃料的火花点火发动机不能影响负载中的这个快速变化。但由于燃料系统硬件的较低成本和和低压力喷射燃料的能力(例如管道天然气),在涡轮增压器上游汽化燃料是常见的。这种设置的不利方面可以是前述输送延迟,其导致在快速负载变化过程中较差的瞬态响应。

[0039] 应意识到,可以一起或交替地使用火花定时延迟、火花中断、直接喷射定时、燃料喷射中断或减小的喷射燃料供应,以处理负载瞬变事件。任一技术都可以响应于负载的突然变化(例如,电网电压下降),以期望的方式改变发动机功率。火花或直接燃料喷射定时改变(分别对于基于 SI 或 CI 发动机的系统)能够通过改变燃烧事件的定时及因此的燃烧过程的效率来迅速改变每个气缸的功率输出。例如,可以迅速感测发电机组负载中的显著减小(例如电网电压中的下降),并按照所需延迟火花或燃料喷射定时,以防止速度中有害的增大。在这个事件期间,燃料仍在气缸中燃烧,但可以可控地减小在膨胀过程中提取的功。通过在短时间段中消除所有火花或燃料喷射事件,或者按照必要的通过顺序中断气缸以迅速减小发动机功率来完成火花中断或燃料喷射中断。可以通过使用短持续时间的中断,通过跳过相邻气缸中的点火,和 / 或通过多种后处理技术来限制使用火花点火(SI)发动机的废气中未燃烧燃料的任何不期望出现的累积。

[0040] 而且,如果例如由于系统或电网上的断路器的快速断开和闭合而负载迅速波动,则可以在事件期间将燃料供应维持在较高设置;而同时,可以立即接通或断开对火花事件(定时和 / 或中断)的变化,以使发动机转速中不期望有的变化最小化。借助仍然就绪的以前的燃料供应,正常火花设置的迅速恢复会导致发动机负载中的迅速增大,因为由于在该事件期间,将视为要增加到发动机并在进气道中输送的空气 / 燃料混合比的燃料供应变化维持相同而不存在任何滞后时间。对于已经证明不是瞬变事件的,如果负载变化持续比预定时间段更长,控制系统可以将上游燃料供应和火花事件的控制恢复到其正常设置;将火花事件恢复到正常定时设置,并允许减小燃料供应,以减小功率输出。借助压缩点火(CI)发动机可以利用燃料喷射定时改变或喷射的燃料量减小来迅速减小功率并随负载恢复而

恢复功率。

[0041] 在这些瞬变事件过程中,控制器 70 监控频率偏差和持续时间,以确定总相位角偏差。对于每一个发动机气缸可控的火花点火或燃料喷射随后可以用于控制发动机转速 / 频率,以将相位角偏差调整回所需的标称值。即使有的话,也可以由控制器 70 确定燃料供应变化。

[0042] 在强制电压为零或接近零的事件过程中,控制器 70 可以基于最后测量的过零来产生虚拟过零,这在与另一个大电源同步运行时是有用的。这个虚拟过零可以用作相位角再同步的定时参考信号。可替换地,可以基于由另一个电源发送的信息来从外部提供过零参考信号。

[0043] 在一些实施例中,应意识到,标准发电机组负载和速度 / 频率控制的方面可以在瞬变事件过程中操作;但这些标准控制典型地服从如上所述应用的瞬变技术,直到瞬变事件结束。在又一个形式中,在某些实施例中,火花或燃料喷射控制回路可以集成到更传统的控制架构中。

[0044] 这些技术的一些或全部可以应用于并行发电机系统中,例如图 2 所示的电气系统 320;其中,相似的参考标记指代与前述相似的特征。系统 320 包括多个发电子系统 322,每一个发电子系统都分别具有前述类型的电输出传感器(未示出)、发动机或其他原动机(未示出)、发电机 330 和控制器 70。系统 320 中阐述的任何发电机 330 可以是诸如发电机 30 的前述任何类型,或者是不同的类型。子系统 322 设置为选择性并行运行,以提供相应的并联电源 326。源 326 还分别包括电气总线 332、发电机馈电线导体 334 或电力断路器 / 开关 340。系统 320 的每一个发电机 330 都可以通过各自的电力断路器 / 开关 340 由相应的馈电线导体 334 选择性地与电气总线 332 连接或断开。电气总线 332 可以由断路器 / 开关 350 耦合到本地电气总线 352。源 326 于是可以由连接到电气总线 352 的电力断路器 / 开关 360 选择性地连接到电网 46。

[0045] 进一步的实施例利用一系列电阻器和开关以在 LVRT 事件过程中吸收额外的能量,保持在设备上游相对恒定的电压。这个实施例的一个示例在图 3 中示出为系统 420;其中,相似的参考标记指代与前述相似的特征。开关 / 电阻器设备 422 还通过吸收过多的电力(否则电网就会消耗掉该过多的电力)而有助于保持发动机转速以改进发动机保持同步的能力。

[0046] 开关速度确定可控性的速度。机械开关可以在 10ms 或更低的数量级上运行。尽管机械开关可以提供一些益处,但在某些实现方式中会期望更快的开关时间,这可以求助于作为替代物的固态开关,其具有亚毫秒的开关时间。就固态开关被认为过于昂贵来说,可以利用气体电离开关,其也比机械开关快,和 / 或本领域技术人员会想到的此类其他开关类型。

[0047] 对于典型的实现方式,应确定电阻器元件的尺寸以应对 2-20 秒的使用,而不会致使损坏,例如无主动冷却情况下的由于电阻加热的熔化或损坏外形。铁是常用 / 低成本材料的一个非限制性示例,其可以为这个应用提供导电性、比热或质量。例如,50kg 的铁可以在 5 秒中经受 1MW 的电阻加热,温度上升小于 250K,这不会导致材料中的相位变化。在一段设定量的时间后,如果欠压持续,设备会将电网与发电机完全解耦。图 3 的图示仅是电阻器 / 开关网络设备 422 的一个可能的示例。电压控制分辨率是(满电压)/2n。在这个七个

(7) 电阻器示例中,分辨率是 $1/128 = 0.78\%$ 。如图 3 所示的,旁路断路器可以在正常操作过程中提供最小电阻通路 P1,在扰动开始时跳闸,沿通路 P2 给与开关 / 电阻器设备 422 对电阻的控制,直至电网稳定或确定发电机 30 应解耦。典型地,设备 422 可以应用于发电机的每一相。图 4 示出了在估计的 LVRT 事件过程中的电压和电阻的曲线图。

[0048] 系统 420 的 LVRT 方案可以与任一前述技术组合,以处理负载瞬变事件,例如延迟火花定时、跳过点火、火花中断、燃料喷射定时、减小喷射燃料、直接喷射中断(喷射的燃料减小的特定形式)及相关的变型或控制。此外,它可以在有或无并行发电机组的装置中实施,在另一其他的实施例中,可以另外或可替换地包括一个或多个其他阻抗 - 改变辅助装置,例如有或无所示的电阻元件的电感器或电容器;和 / 或可以完全没有网络设备 422。

[0049] 在与火花点火定时控制、燃料喷射定时控制、和 / 或电阻 / 开关网络合作或代替它们的进一步的实施例中,在电网负载下降时,系统使用交流发电机 / 发电机场来产生短路电流并以转矩加载发动机 24。发动机上额外的负载在电压下降期间可以减小发动机加速。当电压下降结束且电网负载恢复时,在发电机组 22 与电网 46 之间的相位差失去的同步不足以出现磁极滑动。在一个形式中,这个场由施加到激励绕组 32 的电压控制。这个电压控制将交流发电机场电流驱动到最大值,以产生大短路电流(和功率),有助于平衡发动机转矩与交流发电机电磁转矩。这个转矩平衡保持发动机转速免于加速或相对于电网电压的异相。

[0050] 在一个特定实施例中,控制器 70 响应于低电压状况指示发动机 24 的火花点火的变换与交流发电机场的调整。在这个实施例的进一步改进中,火花点火的变换包括延迟火花点火定时和 / 或对交流发电机场的调整包括将其增大到满场状态。对于 CI 发动机,可以利用喷射的燃料量减小(包括抑制燃料或禁止 - 它是将量减小到零)和 / 或燃料喷射延迟。在许多应用中,发动机火花延迟 / 交流发电机场增大(SI 发动机)或发动机燃料喷射修改 / 交流发电机场增大(CI 发动机)的组合提供了所期望的方式,以在这些低电压事件之一过程中平衡发动机或交流发电机转矩。系统响应按照在前公开的;即,使得发动机控制模块(ECM)对于 SI 发动机将发动机点火定时延迟(或者对于 CI 发动机将燃料喷射延迟 / 减小)到最小的期望值,而同时发电机组电压控制将交流发电机场电流驱动到最大值,以产生大短路电流(和功率),以帮助平衡发动机转矩与交流发电机电磁转矩。这个转矩平衡保持发动机转速免于加速和相对于电网电压异相。

[0051] 即使这样,在再其他的实施例中可以期望更好的平衡。因此,此类其他实施例对于发动机实施例的发动机火花延迟 / 交流发电机场增大组合(或者对于 CI 发动机实施例的燃料喷射修改 / 交流发电机场增大组合)可以增加其他特征以改进平衡。应意识到,相比于标准方案,对于 SI 发动机应用的发动机火花延迟 / 交流发电机场增大(或者对于 CI 发动机应用的燃料喷射延迟 / 交流发电机场增大)可以更好地实现此类特征的增加。作为非限制性示例,如果与此类组合一起使用了一些类型的制动器以吸收过多的转矩,那么可以显著减小这个制动器的尺寸 / 规格。在另一个示例中,如果以飞轮或更大的交流发电机形式将惯性增加到系统,那么在增加到组合时所需的额外惯性可以显著减小。而且,可以将多于一个的这些特征增加到这个组合。此类特征进一步包括:(a) 机械制动器,(b) 排气制动器,例如 jake-brake 和 / 或涡轮增压器的排气制动器 - 驱动类型的,列举两个示例,(c) 通过发电机组的尺寸调整和额外的飞轮等增大的系统惯性,和 / 或 (d) 可开关的阻抗,用以改

变如结合图 3 所述的交流发电机加载。可替换地或另外地, 发动机火花延迟 / 交流发电机场增大组合为修改标准组件以更好地利用该组合提供了基础。例如, 可以修改交流发电机以更快地达到满磁场和 / 或产生更大的短路电流 (和更快的), 这可以包括 : 增加励磁机电压以减小励磁机时间常数, 去除运行的交流发电机励磁机, 及借助分离的能源使用集电环以更迅速地为场充电, 和 / 或改变其他交流发电机热 (和电) 时间常数和阻抗, 以在持续时间和幅度上支持短路电流中的增大。在发动机侧上的另一个示例中, 在由火花禁止等触发的压力耗尽事件的情况下, 可以修改以改进排气歧管或排气系统的鲁棒性。参考图 5, 该曲线图提供了为多个管辖区域的低电压穿越能力而建立的标准。对于接近底部且在线 510 右侧的区域 A 中的标称电平和持续时间, 可以允许从电网断开连接。当在区域 A 之上及左侧运行时, 在不损坏组件的情况下, 在本发明的实施例的系统执行以保持连接。当 LVRT 的状况在区域 B (线 520 之下且在线 510 之上) 内时, 系统可以以修改的火花定时和增大的交流发电机场运行, 以减慢发动机并保持与电网同步。

[0052] 图 6 借助与相似的特征相关的相似的参考标记显示了与另一个实施例有关的另一个曲线图, 其中, 系统执行本发明的多个特征以在 LVRT 事件过程中保持电网连接。对于在区域 B 中的标称电压电平或持续时间, 系统可以包括诸如火花定时修改或增大的交流发电机场的特征。在线 620 之上且线 630 之下的区域 C 中, 系统可以包括诸如增加到火花定时修改和增大的交流发电机场的电阻短路的特征。系统可以使用这些特征以将发电机组速度或同步保持在可接受的限度内。

[0053] 在其他实施例中, 对于 SI 发动机的火花点火定时调整 (或对于 CI 发动机的在每个气缸基础上的燃料喷射定时调整和 / 或喷射的燃料减小)、发电机场调整或电阻加载中的两个或多个可以组合使用。在一些实现方式中, 令人惊讶地发现火花点火延迟或增大发电机场电压是所期望的。

[0054] 在进一步的实施例中, 对于 SI 发动机的火花点火定时调整 (或对于 CI 发动机的在气缸级别上可控的燃料喷射定时调整和 / 或减小的喷射燃料量)、发电机场调整或电阻加载中的一个或多个结合一个或多个其他技术使用, 例如由发电机组的动力轴上的飞轮提供的惯性增大、要不然特大的发电机或交流发电机、一些种类的制动器, 如发动机排气制动器等。

[0055] 另外地或者可替换地, 可以修改交流发电机 / 发电机以更快地达到满场, 产生更大的短路电流 (和更快的)。此类事情可以包括增大励磁机电压以减小励磁机时间常数, 去除运行的交流发电机 / 发电机励磁机及借助分离的能源使用集电环以更迅速地为场充电。改变其他交流发电机热 (和电) 时间常数和阻抗, 以在持续时间和幅度上支持短路电流中的增大。

[0056] 设想了本申请的许多进一步的实施例。在本发明中, 所期望保护的是 :

[0057] 一种方法, 包括 : 向公用电网提供电力, 包括以火花点火的内燃发动机驱动耦合到电网的发电机 ; 检测所述发电机的电气加载的变化 ; 响应于所述变化, 改变发动机的火花点火以调整由发动机提供的电力。在该方法的一个进一步的形式中, 火花点火的改变包括延迟火花定时。在该方法的另一个进一步的形式中, 火花点火的改变包括中断火花点火。

[0058] 一种发明性装置包括 : 发电机组, 所述发电机组包括构造为耦合到电网的发电机、用以驱动所述发电机的火花点火内燃发动机、构造为调节所述发电机组的操作的控制器 ;

其中,所述控制器执行运算逻辑,以检测所述发电机的电气加载的变化,并响应于所述变化,调整所述发动机的火花点火。在发明性装置的变型中,火花点火的调整可以包括延迟火花定时和 / 或中断火花点火。

[0059] 一种进一步的发明性装置包括:发电机组,所述发电机组包括发电机、用以驱动所述发电机的火花点火内燃发动机、用于将从所述发电机产生的电力提供给公用电网的模块、用于检测所述发电机的电气加载的变化的模块、及用于响应于所述变化调整所述发动机的火花点火的模块。

[0060] 在进一步的发明性形式中,调整模块包括用于延迟火花定时的模块和 / 或用于中断火花点火的模块。

[0061] 在另一个实施例中,一种发明性方法包括:向公用电网提供电力,包括以内燃发动机驱动耦合到电网的发电机;检测电网上到低电压状况的改变;响应于所述低电压状况,将由所述发电机输出的电流从小电阻通路传送到大电阻通路,以吸收过多能量,及在所述低电压状况停止后,将电流输出返回到小电阻通路。进一步的发明性方法变型包括:提供一系列电阻器和开关,以调整沿大电阻通路的电阻,提供开关,用以电气断开或闭合小电阻通路,在所述发电机与所述通路之间提供电负载,保持发动机转速和 / 或与电网的同步,和 / 或响应于检测到电负载瞬变,通过调整火花点火来处理此类瞬变。

[0062] 再另一个发明性装置包括:发电机组,所述发电机组包括构造为耦合到电网的发电机、用以驱动所述发电机的火花点火内燃发动机、构造为调节所述发电机组的操作的控制器;其中,所述控制器执行运算逻辑,以检测所述发电机的电气加载的变化,并响应于所述变化,调整所述发动机的火花点火。在多个其他发明性形式中,火花点火的调整可以包括延迟火花定时和 / 或中断火花点火。

[0063] 一种进一步的发明性装置包括:发电机组,所述发电机组包括发电机、用以驱动所述发电机的发动机、用于检测电网上到低电压状况的变化的模块;用于响应于所述低电压状况,将由所述发电机输出的电流从小电阻通路传送到大电阻通路,以吸收过多能量的模块,及用于在所述低电压状况停止后,将电流输出返回到小电阻通路的模块。另外,其发明性装置变型包括:用于提供一系列电阻器和开关,以调整沿大电阻通路的电阻的模块,用于提供开关,用以电气断开或闭合小电阻通路的模块,用于在所述发电机与所述通路之间提供电负载的模块,用于保持发动机转速和 / 或与电网的同步的模块,和 / 或用于响应于检测到电负载瞬变,通过调整火花点火来处理此类瞬变的模块。

[0064] 再另一种发明性装置包括:发电机组,所述发电机组包括构造为向公用电网提供电力的发电机、用以驱动所述发电机的发动机、和将所述发电机选择性耦合到电网的电路,所述电路包括第一电通路和与所述第一电通路并联的第二电通路,所述第一电通路的电阻比所述第二电通路小,及控制器,构造以执行运算逻辑,以检测电网上的低电压状况,并将来自所述发电机的电流从所述第一电通路传送到所述第二电通路,以吸收过多能量,及调整所述第二电通路的电阻。其另外的发明性特征包括用于在低电压状况停止后使电流重新流过所述第一电通路发送的模块,和 / 或其中,所述第二电通路包括多个开关和电阻器,用以提供开关可调的可变电阻,和 / 或其中所述第一电通路包括电路断路器形式的开关。

[0065] 在另一个实施例中,一种方法包括:向公用电网提供电力,包括以火花点火内燃发动机驱动耦合到电网的场可调交流发电机;检测公用电网的低电压状况;以及响应于低电

压状况,改变所述发动机的火花点火和调整由所述交流发电机产生的场。

[0066] 本申请的另外实施例包括装置,包括:构造为耦合到电网的发电机、用以驱动所述发电机的火花点火内燃发动机、感测设备、及控制器,响应于所述感测设备,调节所述发电机和发动机的运行。所述控制器构造为确定电网的低电压状况,并响应于低电压状况提供一个或多个输出信号,以改变所述发动机的火花点火并调整所述发电机的场。

[0067] 进一步的实施例包括装置,包括:发电机组,包括场可调交流发电机和用以驱动所述交流发电机的火花点火内燃发动机。发电机组可操作以与公用电网连接,并包括控制器。控制器包括:用于确定公用电网的低电压状况的模块;及用于响应于低电压状况的模块,包括用于增大发动机负载的模块和用于减小发动机转速的模块。

[0068] 再进一步的实施例针对一种技术,包括:以火花点火内燃发动机驱动发电机,以向公用电网提供电力;确定公用电网的低电压状况;以及响应于低电压状况,改变发动机的火花点火以控制发动机转速。

[0069] 再进一步的实施例针对一种发电机组。所述发电机组包括:构造为耦合到电网的发电机、感测设备、用以驱动发电机的火花点火内燃发动机;以及构造为调节发电机组的操作的控制器。控制器对感测设备确定电网的低电压状况做出响应,及响应于低电压状况提供一个或多个输出信号以调整发动机的火花点火。

[0070] 在另一个实施例中,一种方法包括:向公用电网提供电力,包括以内燃发动机驱动耦合到电网的可调场发电机;检测公用电网的低电压状况;以及响应于所述状况,增大发电机的场,以增大发电机上的转矩。

[0071] 进一步的实施例针对一种发电机组,包括:构造为耦合到电网的发电机、感测设备、用以驱动发电机的火花点火内燃发动机;及构造为调节发电机组的操作的控制器。控制器对感测设备确定电网的低电压状况做出响应,及响应于所述状况提供一个或多个输出信号以增大发电机的可调场。

[0072] 在另一个实施例中,一种方法包括:向公用电网提供电力,包括以压缩点火内燃发动机驱动耦合到电网的可调场发电机;检测发电机的电加载的变化;响应于所述变化,改变到所述发电机的燃料的直接喷射,以调整由所述发电机提供的电力。在这个方法的一个进一步形式中,压缩点火的改变包括延迟直接燃料喷射定时。在这个方法的另一个形式中,压缩点火的改变包括中断直接燃料喷射。在这个方法进一步的形式中,压缩点火的改变包括改变直接燃料喷射中喷射的燃料量。

[0073] 进一步的发明性装置包括:发电机组,所述发电机组包括:构造为耦合到电网的发电机、用以驱动所述发电机的直接燃料喷射压缩点火内燃发动机、构造为调节所述发电机组的操作的控制器;其中,所述控制器执行运算逻辑,以检测所述发电机的电加载的变化,及响应于所述变化,调整所述发动机的压缩点火。在发明性装置的变型中,压缩点火的调整可以包括延迟直接燃料喷射定时,减小直接喷射燃料量和/或中断直接燃料喷射。

[0074] 再另一个发明性装置包括:发电机组,所述发电机组包括:发电机、用以驱动所述发电机的直接燃料喷射压缩点火内燃发动机、用于将从所述发电机产生的电力提供给电网的模块、用于检测所述发电机的电加载的变化的模块、及用于响应于所述变化,调整所述发动机的压缩点火的模块。在进一步的发明性形式中,调整模块包括用于延迟直接燃料喷射定时、减小直接喷射燃料量和/或中断直接燃料喷射的模块。

[0075] 本文所述的任何理论、操作的机制、证据或发现都意图进一步增强对本发明的理解,并非旨在使得本发明以任何方式依赖于这种理论、操作的机制、证据或发现。应理解,尽管在以上说明中优选的词语的使用指示如此说明的特征是更期望的,但其不是必需的,在本发明的范围内可以设想没有其的实施例,该范围由以下权利要求书来限定。在阅读权利要求书时,意图是在使用诸如“一个”、“至少一个”、“至少一部分”的词语时,并非旨在将权利要求仅局限于唯一的一项,除非与权利要求中相反地明确表述了。此外,当使用“至少一部分”和 / 或“一部分”的语言时,此项可以包括一部分和 / 或完整项,除非相反地明确表述了。尽管在附图和在前说明中详细示出并说明本发明,但其在性质上应认为是说明性的,而非限制性的,应理解,仅显示并说明了选择的实施例,希望保护如本文限定的本发明的精神内的所有变化、修改和等效替代。

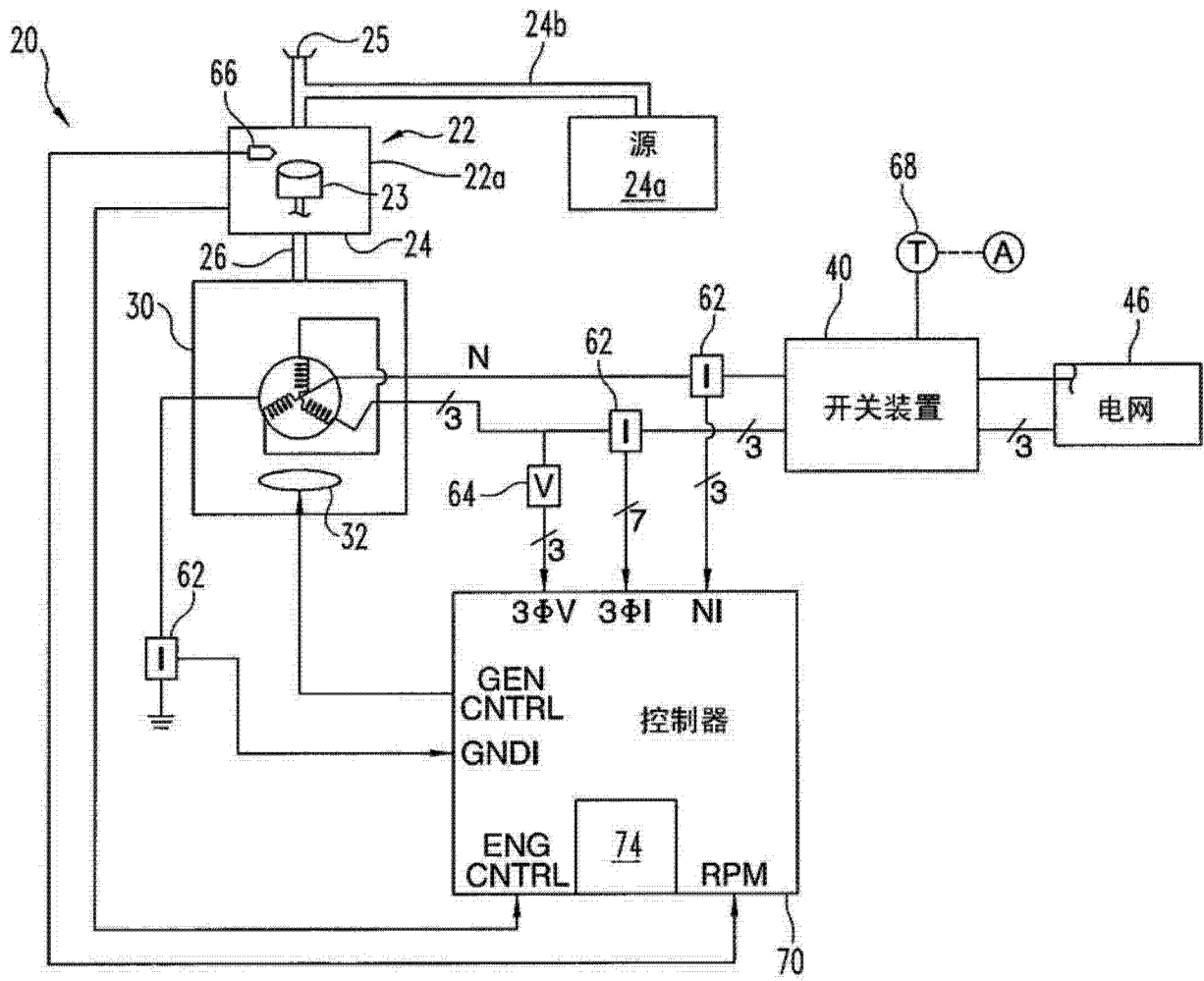


图 1

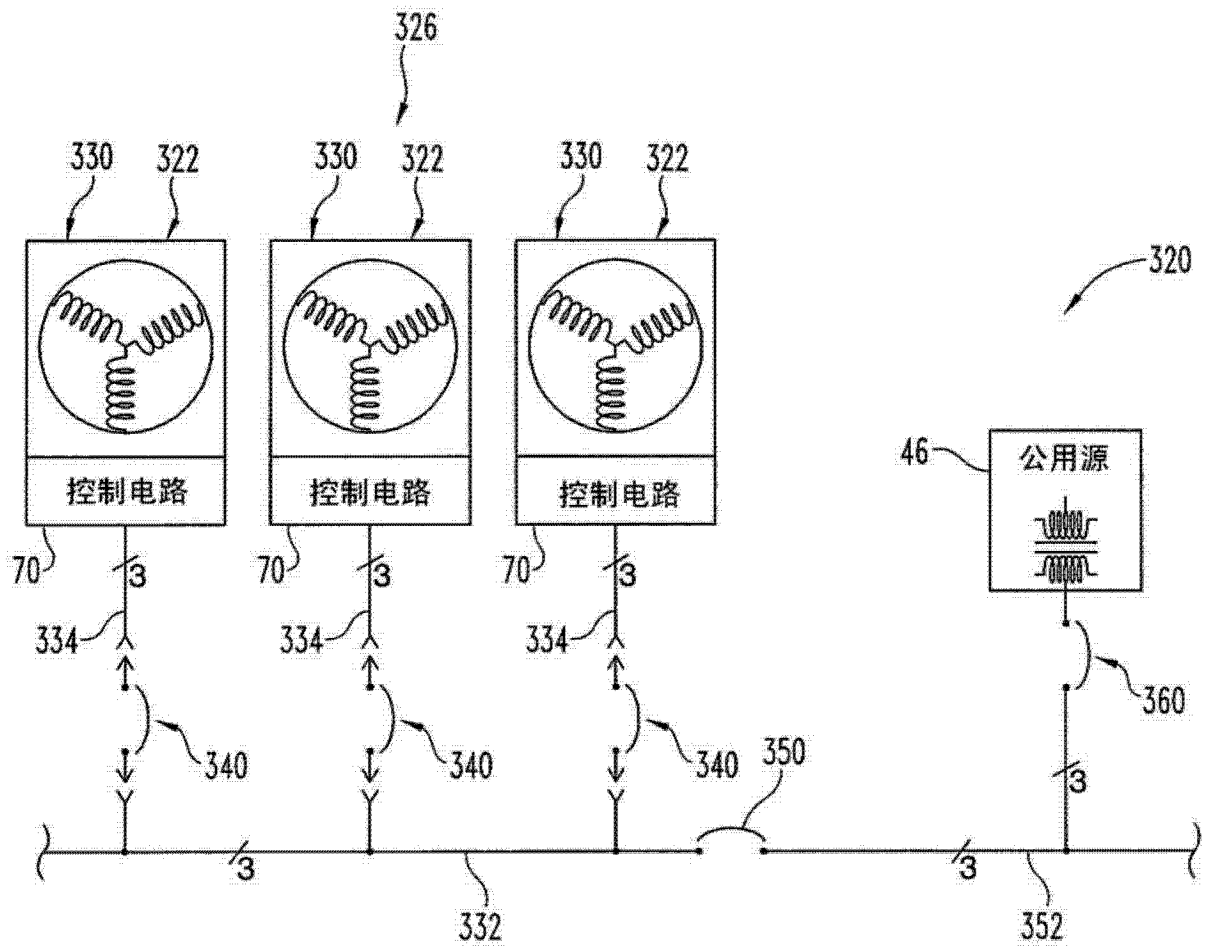


图 2

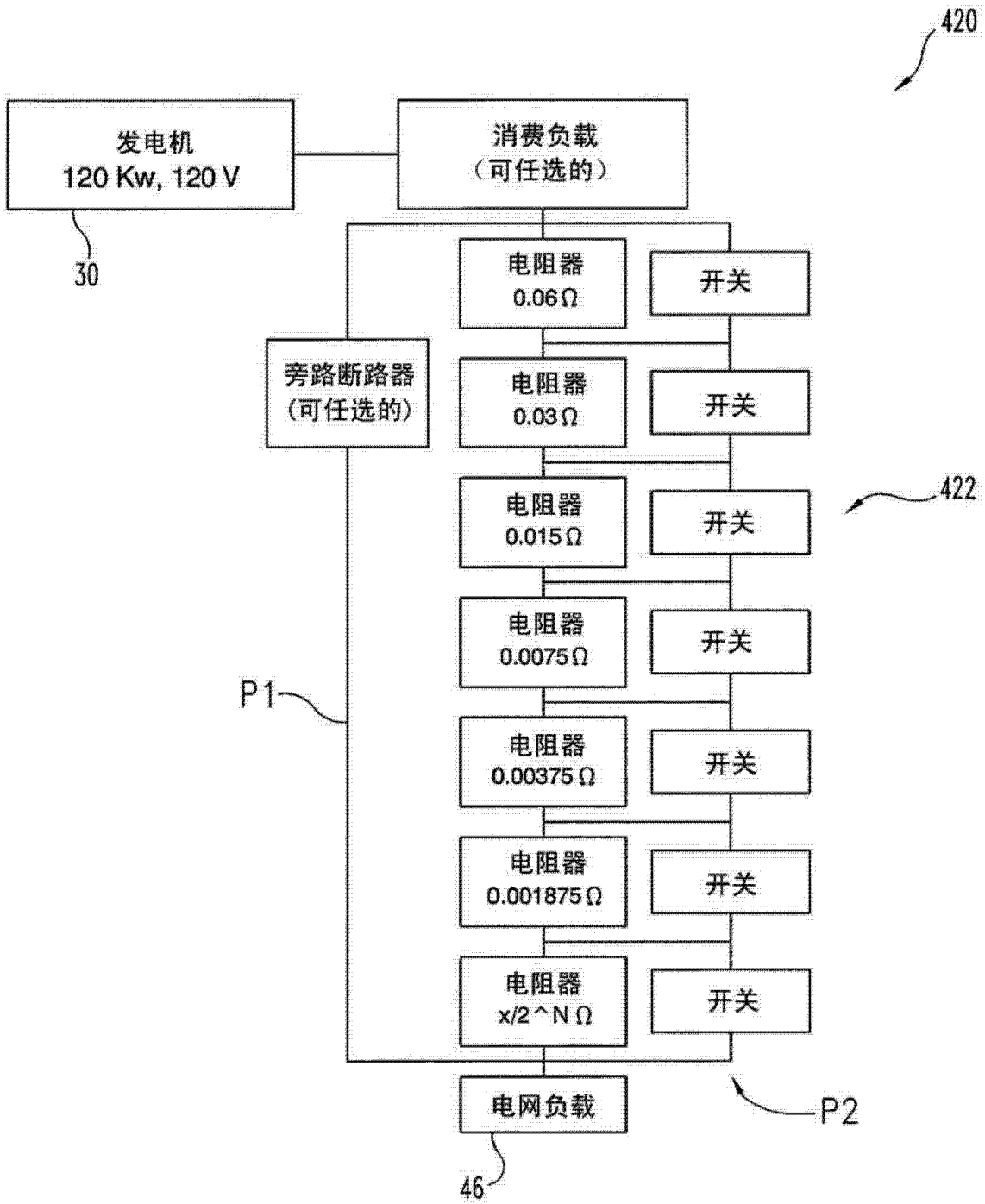


图 3

在估计的LVRT事件过程中的电压和电阻
如果电阻器的开关断开，电阻器显示它们的值，迫使电流通过电阻器

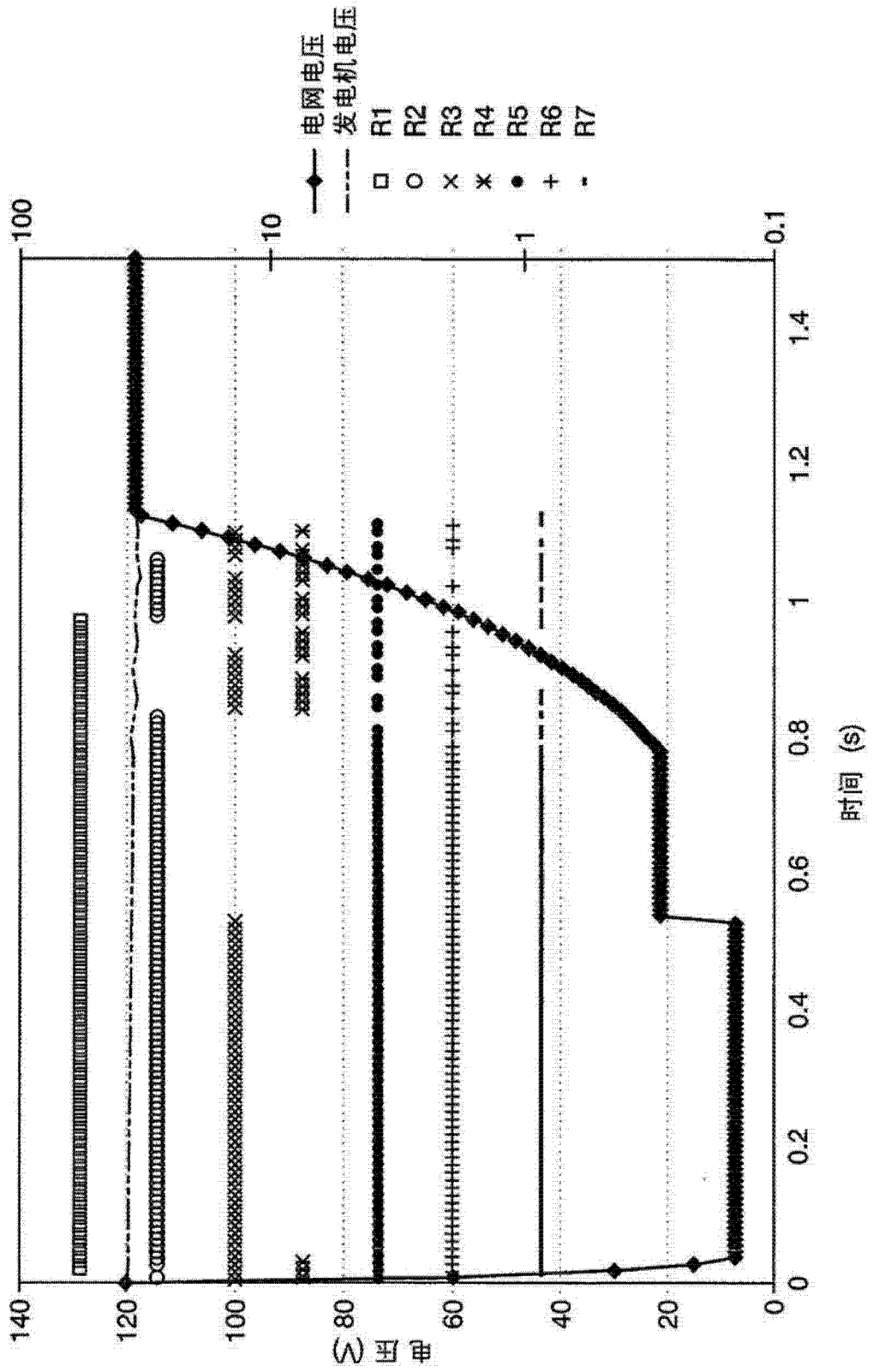


图 4

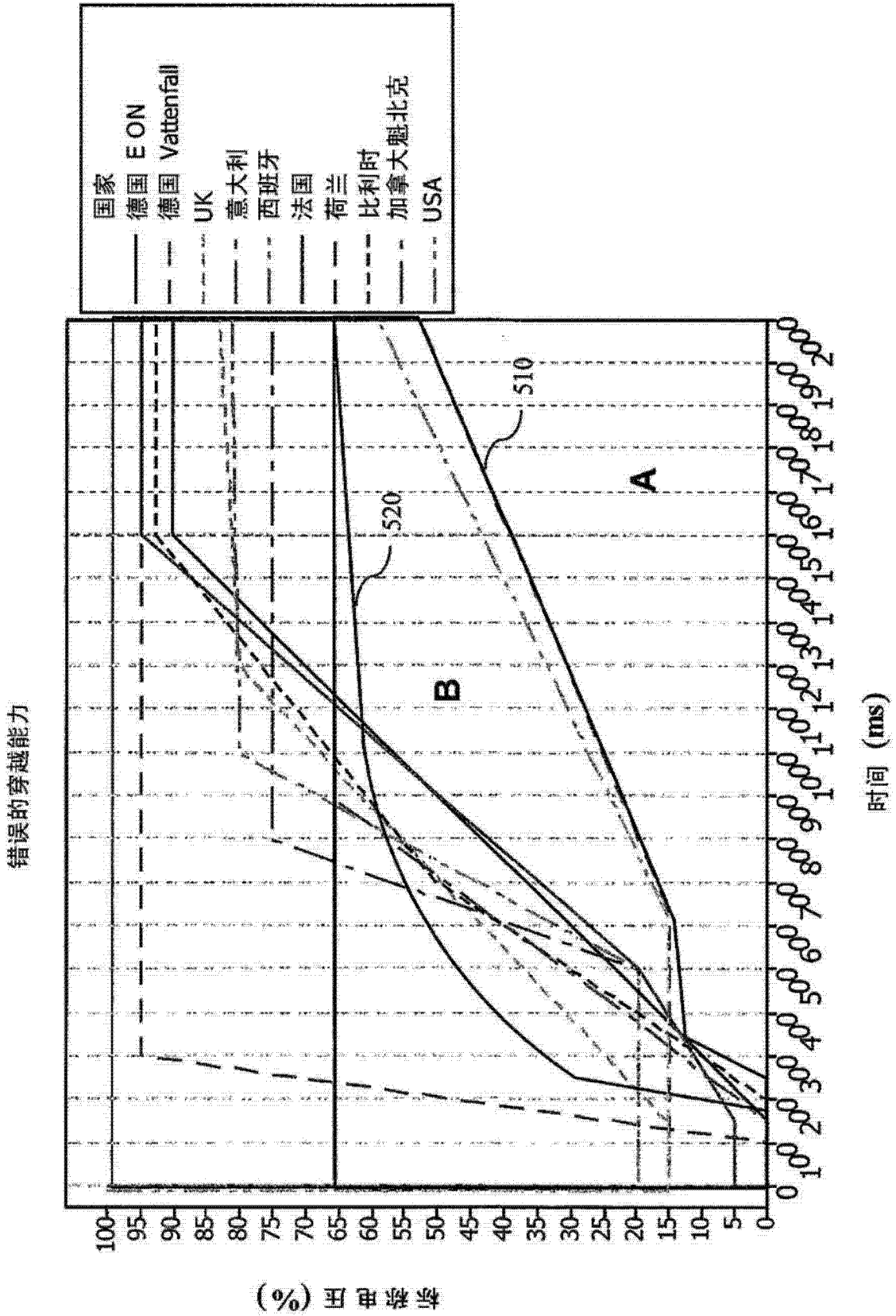


图 5

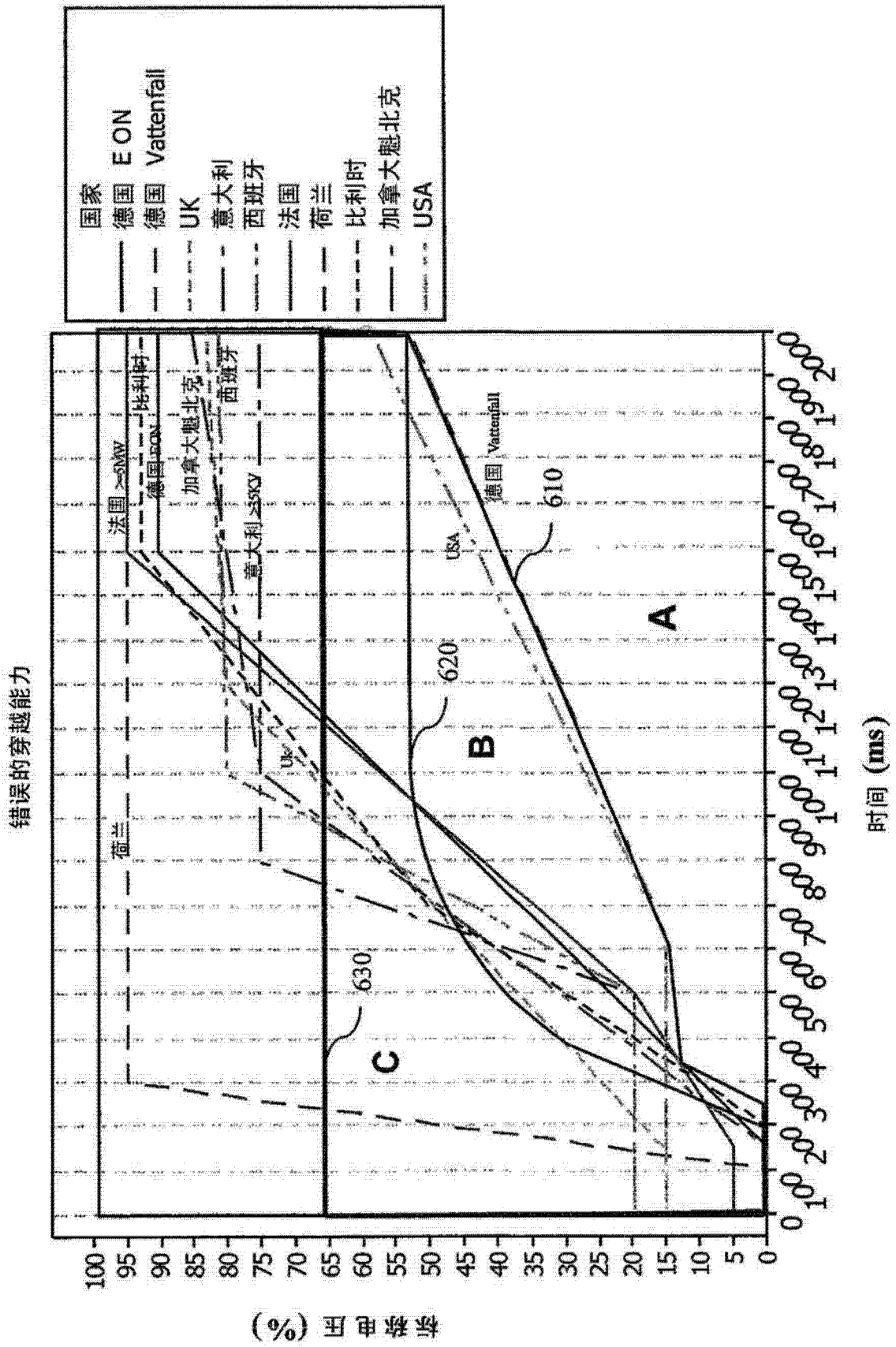


图 6

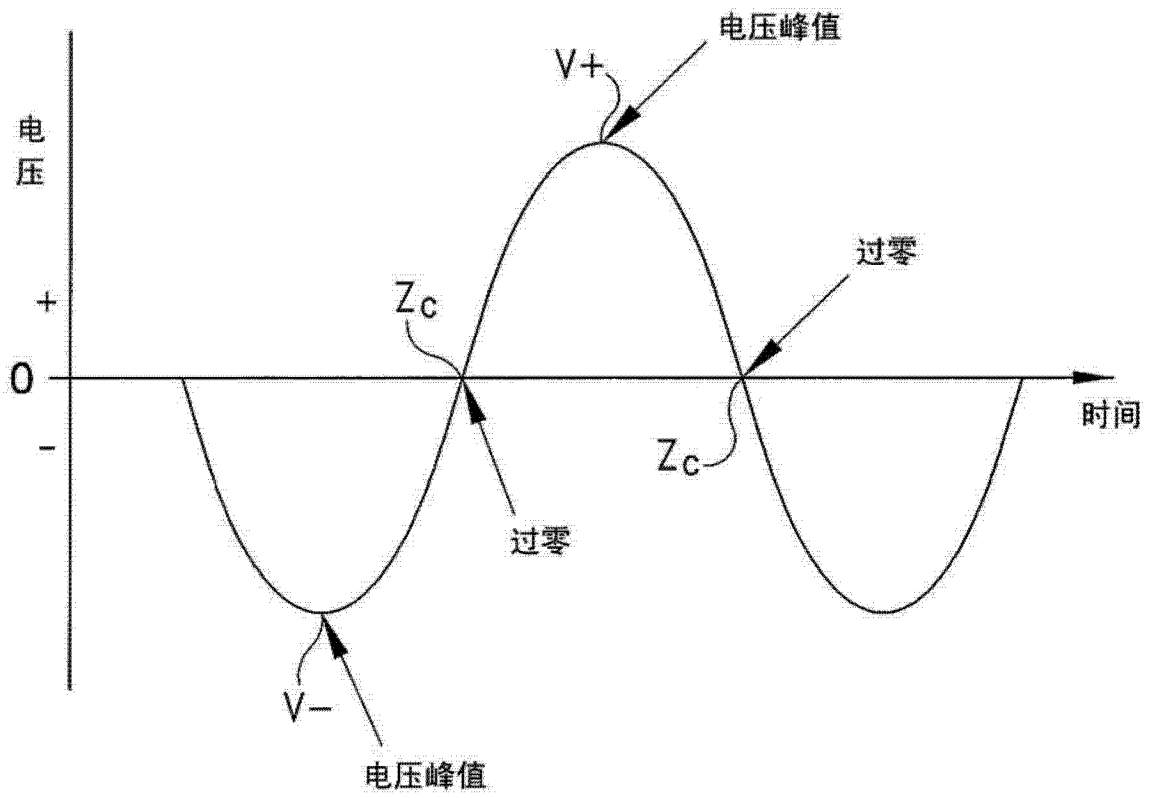


图 7