



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101286655 B

(45) 授权公告日 2011.08.31

(21) 申请号 200810112288.6

(22) 申请日 2008.05.22

(73) 专利权人 中国科学院电工研究所
地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

(72) 发明人 邓卫 唐西胜 齐智平

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251
代理人 关玲 成金玉

(51) Int. Cl.

H02J 15/00(2006.01)

H02J 7/00(2006.01)

H02J 7/35(2006.01)

H02J 1/00(2006.01)

H02M 3/155(2006.01)

(56) 对比文件

CN 200995974 Y, 2007.12.26,

CN 1971038 A, 2007.05.30,

JP 特开 2002-325368 A, 2002.11.08,

JP 特开 2000-253510 A, 2000.09.14,

JP 特开 2001-28847 A, 2001.01.30,

审查员 方蕾

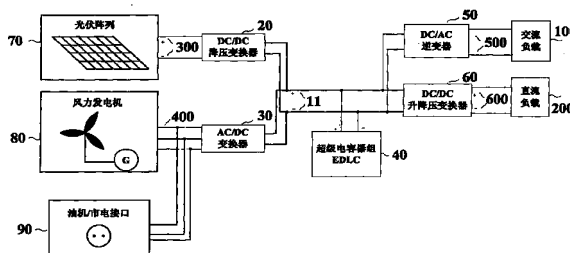
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电
互补供电系统

(57) 摘要

一种基于超级电容器储能的风光互补供电系统,包括 DC/DC 降压变换器 (20)、AC/DC 变换器 (30)、超级电容器组 (40)、DC/AC 逆变器 (50)、DC/DC 升降压变换器 (60)、光伏阵列 (70)、风力发电机 (80)、油机 / 市电接口 (90)、交流负载 (100) 和直流负载 (200)。光伏阵列 (70) 通过 DC/DC 降压变换器 (20) 与超级电容器组 (40) 连接。风力发电机 (80) 与油机 / 市电接口 (90) 通过 AC/DC 变换器 (30) 与超级电容器组 (40) 连接。超级电容器组 (40) 通过 DC/AC 逆变器 (50) 给交流负载 (100) 供电,通过 DC/DC 升降压变换器 (60) 给直流负载 (200) 供电。本发明提供一种用于风光互补供电系统的超级电容器储能装置;可以为配电网不能到达的偏远地区的通信系统、居民生活提供不间断供电。



1. 一种基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统,包括 AC/DC 变换器(30)、超级电容器组(40)、光伏阵列(70)、风力发电机(80),其特征在于:所述的供电系统还包括 DC/DC 降压变换器(20)、DC/AC 逆变器(50)、DC/DC 升降压变换器(60)、油机/市电接口(90)、交流负载(100)和直流负载(200);直流母线(11)与超级电容器组(40)连接,光伏阵列(70)通过 DC/DC 降压变换器(20)与超级电容器组(40)连接;风力发电机(80)通过 AC/DC 变换器(30)与超级电容器组(40)连接;油机/市电接口(90)通过 AC/DC 变换器(30)与超级电容器组(40)连接;超级电容器组(40)通过 DC/AC 逆变器(50)与交流负载(100)连接;超级电容器组(40)通过 DC/DC 升降压变换器(60)与直流负载(200)连接。

2. 如权利要求 1 所述的基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统,其特征在于:DC/DC 降压变换器(20)的单向 DC/DC 变换器由光伏控制器可控功率开关管(22)、光伏控制器功率二极管(21)、光伏控制器电感(23)、光伏控制器滤波电容(24)、光伏发电输出端(300)和直流母线(11)组成;光伏控制器可控功率开关管(22)的集电极与光伏发电输出端(300)的正端连接,光伏控制器可控功率开关管(22)的发射极与光伏控制器功率二极管(21)的阴极端连接,并与光伏控制器电感(23)的一端连接;光伏控制器功率二极管(21)的阳极与光伏发电输出端(300)的负端连接,并与直流母线(11)的负端连接;光伏控制器电感(23)的另一端与直流母线(11)的正端连接;光伏控制器滤波电容(24)与直流母线(11)并联连接。

3. 如权利要求 1 所述的基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统,其特征在于:AC/DC 变换器(30)由不控整流桥(35)、风力控制器可控功率开关管(32)、风力控制器功率二极管(31)、风力控制器电感(33)、风力控制器滤波电容(34)、风力发电输出端(400)和直流母线(11)组成;风力控制器可控功率开关管(32)的集电极与不控整流桥(35)的输出正端连接,风力控制器可控功率开关管(32)的发射极与风力控制器功率二极管(31)的阴极连接,并与风力控制器电感(33)的一端连接;风力控制器功率二极管(31)的阳极与不控整流桥(35)的输出负端和直流母线(11)的负端连接;风力控制器电感(33)的另一端与直流母线(11)的正端连接;风力控制器滤波电容(34)与直流母线(11)并联连接。

4. 如权利要求 1 所述的基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统,其特征在于:DC/DC 升降压变换器(60)由可控功率开关管(603)、功率二极管(605)、输入滤波电感(601)、储能电感(604)、输出滤波电感(607)、输入滤波电容(602)、储能电容(606)、输出滤波电容(608)、直流母线(11)和直流负载端口(600)组成;输入滤波电感(601)的一端与直流母线(11)的正端连接,输入滤波电感(601)的另一端与可控功率开关管(603)的集电极连接;输入滤波电容(602)连接于输入滤波电感(601)所述的另一端与直流母线(11)的负端之间;可控功率开关管(603)的发射极与储能电感(604)的一端连接,并与功率二极管(605)的阴极连接;储能电感(604)的另一端与直流母线(11)的负端连接,并与直流负载端口(600)的负端连接;功率二极管(605)的阳极与输出滤波电感(607)的一端连接;储能电容(606)连接于输出滤波电感(607)所述的一端与直流负载端口(600)的负端之间;输出滤波电感(607)的另一端与直流负载端口(600)的正端连接;输出滤波电容(608)与直流负载端口(600)并联连接。

5. 如权利要求 1 所述的基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统,其

特征在于：超级电容器组（40）由双电层电容器组成；超级电容器组（40）的电极正端与直流母线（11）的正端连接，超级电容器组（40）的电极负端与直流母线（11）的负端连接。

6. 如权利要求 1 所述的基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统，其特征在于：DC/AC 逆变器（50）为单相或者三相逆变器。

7. 如权利要求 1 所述的基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统，其特征在于：DC/AC 逆变器（50）可以连接到直流负载端口（600），DC/DC 升降压变换器（60）通过 DC/AC 逆变器（50）给交流负载（100）供电。

基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力发电、光伏发电互补供电系统,特别涉及基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统。

背景技术

[0002] 随着能源危机的日益突出,风力发电、光伏发电等清洁能源发电技术应用越来越广泛,由于风光资源的天然互补性,风力发电、光伏发电互补发电具有较大的发展前景。风光互补供电系统各发电单元可以独立控制也能协调工作,供电安全性和可靠性比较高,可以在沙漠、高原等偏远地区为通信设施和居民生活提供不间断电力。

[0003] 光伏发电和风力发电分别受日照强度和风速变化的影响,由于自然界的太阳光和风速变化是不可预测的,所以风光互补系统的电力输出不稳定,通常需要配备一定容量的储能装置进行电能补偿以保持输出稳定。此外,当出现极端恶劣天气、线路故障等意外情况时,系统可能会停止对用户的电力供应,如果没有备用能量支撑,一些重要和敏感的设备将无法正常工作。一般的风光互补系统都配置了可充电蓄电池组,可以为直流母线提供一定时间的能量支撑。

[0004] 中国专利 CN2723723Y 公开了一种风光互补系统,该系统采用可充电蓄电池作为储能装置。太阳能电池产生的电力通过最大功率跟踪后,经过蓄电池充电控制回路给蓄电池充电,风力发电机产生的电力通过整流以后经过蓄电池充电控制回路给蓄电池充电,蓄电池充电控制回路根据预设的电池温度不断调整充电的截止电压。蓄电池和直流母线连接,蓄电池通过逆变器给负载提供交流电力。当直流母线电压低于预设值时,启动柴油机备用电源,这时的逆变器处于整流工作模式,柴油机的一部分电力通过整流以后给蓄电池充电。当母线电压恢复到预设值后,切断备用电源,逆变器处于逆变工作状态,由蓄电池向负载供电。系统的运行情况由中央处理单元进行实时检测和控制。

[0005] 将可充电蓄电池作为储能装置,存在着一些问题。首先,蓄电池在工作过程中电极活性物质会发生化学变化而引起电极结构的膨胀和收缩,使得蓄电池性能衰减。由于风光互补系统受自然环境的影响很大,发电功率具有间断性和不可预测性等特点,蓄电池需要不断地吸收或者释放能量,可能经常进行深度充放电,导致蓄电池的使用寿命减少,间接增加了系统成本。其次,蓄电池对环境要求很高,在严寒环境中出力比较困难,不能保障在严寒气候条件下供电的安全性和可靠性。再次,蓄电池的功率密度较低,一般来说,通信设备在工作时的功率需求大多具有脉动性质,即瞬时功率高平均功率较低,为了保证系统的正常运行,在实际的设计中需要配置大容量蓄电池组,这样会增加系统的成本。除此之外,蓄电池的维护量较大,而且使用后残留的金属材料会造成较严重的环境污染。

[0006] 超级电容器(Supercapacitor, Ultracapacitor)是近年来出现的一种新型储能器件,通常包括双电层电容器(Electric Double-Layer Capacitor)和电化学电容器(Electrochemical Capacitor)两类,后者又称法拉第准电容。电化学电容器的化学反应机理跟电池类似,在相同电极面积的情况下,电化学电容器的电容量是双电层电容器容量的

数倍,但其瞬间大电流放电的功率特性不及双电层电容器。

[0007] 超级电容器功率密度高,可以大电流快速充放电,同时它还具有高低温性能良好、能量判断简单准确、循环使用寿命长、无需维护和环境友好等优点,正成为一种新型、高效、实用的能量储存装置。

[0008] 采用超级电容器储能装置,是解决风光互补系统中电力储能问题的一个合适的选择,可以大幅度提高系统的经济性能和技术性能。在日本专利 2002-325368 公开的风光互补系统电池充电装置中,为了给蓄电池负载充电,该专利提出了利用超级电容器作为储能装置的设计方法。风力发电机与光伏发电通过不控整流装置给超级电容器组充电,超级电容器组通过 DC/DC 降压型变换器给蓄电池负载充电。该专利中的风力发电机和光伏发电的输出能量是不可控的,不能进行最大功率跟踪输出。

[0009] 上述相关专利中或提出了基于蓄电池储能的风光互补系统,或提出了基于超级电容器储能的非最大功率跟踪输出方式运行的风光互补充电装置,考虑到蓄电池作为储能装置存在的一些缺陷,超级电容器作为储能装置其应用前景更为广阔。基于超级电容器储能的风光互补系统如果具有最大功率跟踪输出能力,系统的供电安全性和可靠性会更高。

发明内容

[0010] 本发明的目的是克服现有的蓄电池作为储能装置应用于风光互补系统存在使用寿命低、系统成本高、严寒环境下出力困难、容易造成环境污染等缺点,提供一种用于风光互补供电系统的超级电容器储能装置。本发明可为因风光条件的改变而导致的母线电压波动提供功率缓冲,以维持母线电压稳定,并可以在系统发电不足或出现故障等情况下提供短时能量支撑,以保障移动油机或其它外部供电系统顺利启动供电。本发明可以为配电网不能到达的偏远地区的通信系统、边防哨所、居民生活提供可靠的不间断供电。

[0011] 本发明由 DC/DC 降压变换器、AC/DC 变换器、超级电容器组、DC/AC 逆变器、DC/DC 升降压变换器、光伏阵列、风力发电机和油机 / 市电接口组成。光伏阵列通过 DC/DC 降压变换器与超级电容器组连接,风力发电机通过 AC/DC 变换器与超级电容器组连接,油机 / 市电接口通过 AC/DC 变换器与超级电容器组连接,超级电容器组通过 DC/AC 逆变器与交流负载连接,超级电容器组通过 DC/DC 升降压变换器与直流负载连接。

[0012] 超级电容器可以使用双电层电容器,也可以使用电化学电容器。多个单体超级电容器通过串联构成串联支路,多个串联支路配备均压电路进行并联构成超级电容器组,具体的串并联组合方法视系统的实际需要而定。考虑到超级电容器组的使用寿命,通常单体电压不得超过最高工作电压。

[0013] 本发明的 DC/DC 降压变换器采用 BUCK 变换电路,包括一个功率开关管,一个滤波电容器,一个电感器和一个功率二极管。当功率开关管导通时,电感器储存电能,电容器处于充电状态。当功率开关管断开时,电感器经功率二极管给滤波电容器储能。

[0014] 本发明的 AC/DC 变换器包括不控整流桥和 DC/DC 两部分,其中 DC/DC 部分采用 BUCK 变换器,包括一个功率开关管,一个滤波电容器,一个电感器和一个功率二极管。当功率开关管导通时,电感器储存电能,电容器处于充电状态。当功率开关管断开时,电感器经功率二极管给滤波电容器储能。

[0015] 本发明的 DC/DC 升降压变换器由一个降压型 BUCK 电路和一个升压型 BOOST 电路

组合而成,包括一个功率开关管,一个功率二极管,三个电感器,以及三个电容器。

[0016] 本发明的基于超级电容器储能的风光互补供电系统,在实现所述功能的前提下,力争高效节能,提高系统的供电稳定性能和经济性能。系统中光伏阵列和风力发电机以最大功率跟踪输出方式工作;根据风力发电机和光伏阵列的工作状态、超级电容器组的荷电状态、直流母线电压大小等信息,预先判断出超级电容器组需要输出的功率大小,及时准确地控制超级电容器组的工作过程,提高超级电容器组的快速响应能力。

[0017] 本发明的基于超级电容器储能的风光互补供电系统,具有以下优点:

[0018] (1) 风力发电、光伏发电是清洁可再生能源发电技术,为能源短缺的地区和配电网架设困难的偏远地区供电问题提供了行之有效的解决方案,风光互补供电系统进一步增强了供电的安全性和稳定性。

[0019] (2) 采用超级电容器组作为储能装置,能够充分发挥超级电容器高功率密度、循环寿命长、充放电速度快等优点,超级电容器组通过电能输出起到功率缓冲器的作用,具有良好的技术性能。

[0020] (3) 由于超级电容器的功率变换电路及其控制能力,超级电容器组的端电压与负载电压可以有较大不同,在满足功率需求的基础上,超级电容器的能量利用率得到了提高,同时减少了超级电容器组的安装容量,降低了系统成本。

[0021] (4) 预留油机/市电接口,更大程度地保障了系统供电的安全性和可靠性。

[0022] 本发明将超级电容器组与风光互补供电系统相结合,利用超级电容器高功率密度、循环寿命长等优点,提高了系统的供电稳定性能和经济性能,是解决风光互补系统中电力储能问题的一个有效的选择,具有明显的优势。

附图说明

[0023] 图1是本发明工作原理方框图;

[0024] 图2是本发明超级电容器组结构图;

[0025] 图3是本发明DC/DC降压变换器原理图;

[0026] 图4是本发明AC/DC变换器原理图;

[0027] 图5是本发明DC/DC升降压变换器原理图;

[0028] 图6是本发明基于超级电容器储能的风光互补供电系统的另一实施例;

具体实施方式

[0029] 以下结合附图和具体实施方式进一步说明本发明。

[0030] 如图1所示为本发明基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统实施例1,该实施例包括直流母线11,DC/DC降压变换器20,AC/DC变换器30,超级电容器组40,DC/AC逆变器50,DC/DC升降压变换器60,光伏阵列70,风力发电机80,油机/市电接口90,光伏发电输出端300,风力发电输出端400,交流负载端口500,直流负载端口600,交流负载100和直流负载200。其中直流母线11与超级电容器组40连接,光伏阵列70通过DC/DC降压变换器20与超级电容器组40连接,光伏发电输出端300连接光伏阵列70和DC/DC降压变换器20;风力发电机80通过AC/DC变换器30与超级电容器组40连接,风力发电输出端400连接风力发电机80和AC/DC变换器30;油机/市电接口90通过AC/DC变换器30

与超级电容器组 40 连接,风力发电输出端 400 连接油机 / 市电接口 90 和 AC/DC 变换器 30 ; 超级电容器组 40 通过 DC/AC 逆变器 50 与交流负载 100 连接,交流负载端口 500 连接 DC/AC 逆变器 50 和交流负载 100 ;超级电容器组 40 通过 DC/DC 升降压变换器 60 与直流负载 200 连接,直流负载端口 600 连接 DC/DC 升降压变换器 60 和直流负载 200。DC/AC 逆变器 50 可以为三相逆变器,例如 BPDY38-80kVA 型逆变器 ;也可以是单相逆变器,例如 LE11K5A0 型逆变器。

[0031] 超级电容器组 40 可以使用双电层电容器,也可以使用电化学电容器,其组成结构如图 2 所示,多个单体超级电容器通过串联构成串联支路,多个串联支路也可以配备均压电路进行并联构成超级电容器组,具体的串并联组合方法视系统的实际需要而定。超级电容器组 40 的电极正端 40a 与直流母线 11 的正端 11a 连接,超级电容器组 40 的电极负端 40b 与直流母线 11 的负端 11b 连接。考虑到超级电容器组的使用寿命,通常单体电压不得超过最高工作电压。

[0032] 图 3 所示为本发明的 DC/DC 降压变换器 20,它由光伏控制器可控功率开关管 22、光伏控制器功率二极管 21、光伏控制器电感 23、光伏控制器滤波电容 24、光伏发电输出端 300 和直流母线 11 组成 ;光伏控制器可控功率开关管 22 的 22a 端与光伏发电输出端 300 的正端 300a 连接,22b 端与光伏控制器功率二极管 21 的阴极 21a 端连接,并与光伏控制器电感 23 的 23a 端连接 ;光伏控制器功率二极管 21 的阳极 21b 端与光伏发电输出端 300 的负端 300b 连接,并与直流母线 11 的负端 11b 连接 ;光伏控制器电感 23 的 23b 端与直流母线 11 的正端 11a 连接 ;光伏控制器滤波电容 24 与直流母线 11 并联连接。其中,光伏控制器可控功率开关管 22 包括但不限于 MOSFET、IGBT、IGCT 等,本实施例采用将 IGBT 功率开关器件及其驱动电路集成的 IPM 模块,模块内部具有过流、过热保护功能。光伏发电输出端 300 作为输入端,直流母线 11 作为输出端,电路为降压型 DC/DC,光伏控制器可控功率开关管 22 作为可控开关,与光伏控制器功率二极管 21 一起控制电路的工作过程。直流母线 11 与超级电容器组 40 连接,光伏发电输出端 300 与光伏阵列 70 连接。

[0033] 图 4 所示为本发明的 AC/DC 变换器 30,它由不控整流桥 35、风力控制器可控功率开关管 32、风力控制器功率二极管 31、风力控制器电感 33、风力控制器滤波电容 34、风力发电输出端 400 和直流母线 11 组成 ;风力控制器功率开关管 32 的 32a 端与不控整流桥 35 的 35a 端连接,32b 端与风力控制器功率二极管 31 的阴极 31a 端连接,并与风力控制器电感 33 的 33a 端连接 ;风力控制器功率二极管 31 的阳极 31b 端与不控整流桥 35 的 35b 端和直流母线 11 的负端 11b 连接 ;风力控制器电感 33 的 33b 端与直流母线 11 的正端 11a 连接 ;风力控制器滤波电容 34 与直流母线 11 并联连接。其中,风力控制器可控功率开关管 32 包括但不限于 MOSFET、IGBT、IGCT 等,本实施例采用将 IGBT 功率开关器件及其驱动电路集成的 IPM 模块,模块内部具有过流、过热保护功能。风力发电输出端 400 作为输入端,直流母线 11 作为输出端,风力控制器可控功率开关管 32 作为可控开关,与风力控制器功率二极管 31 一起控制电路的工作过程。直流母线 11 与超级电容器组 40 连接,风力发电输出端 400 与风力发电机 80 和油机 / 市电接口 90 连接。

[0034] 图 5 所示为本发明的 DC/DC 升降压变换器 60,它由可控功率开关管 603、功率二极管 605、输入滤波电感 601、储能电感 604、输出滤波电感 607、输入滤波电容 602、储能电容 606、输出滤波电容 608、直流母线 11 和直流负载端口 600 组成 ;输入滤波电感 601 的 601a

端与直流母线 11 的正端 11a 连接,601b 端与可控功率开关管 603 的 603a 端连接;输入滤波电容 602 连接于输入滤波电感 601 的 601b 端与直流母线 11 的负端 11b 之间;可控功率开关管 603 的 603b 端与储能电感 604 的 604a 端连接,并与功率二极管 605 的阴极 605a 端连接;储能电感 604 的 604b 端与直流母线 11 的负端 11b 连接,并与直流负载端口 600 的负端 600b 连接;功率二极管 605 的阳极 605b 端与输出滤波电感 607 的 607a 端连接;储能电容 606 连接于输出滤波电感 607 的 607a 端与直流负载端口 600 的负端 600b 之间;输出滤波电感 607 的 607b 端与直流负载端口 600 的正端 600a 连接;输出滤波电容 608 与直流负载端口 600 并联连接。其中,可控功率开关管 603 包括但不限于 MOSFET、IGBT、IGCT 等,本实施例采用将 IGBT 功率开关器件及其驱动电路集成的 IPM 模块,模块内部具有过流、过热保护功能。直流母线 11 作为输入端,直流负载端口 600 作为输出端,电路为升降压型 DC/DC,可控功率开关管 603 作为可控开关,与功率二极管 605、储能电感 604 一起控制电路的工作过程。直流母线 11 与超级电容器组 40 连接,直流负载端口 600 与直流负载 200 连接。

[0035] 当光伏阵列 70 以最大功率跟踪输出方式工作时,光伏阵列 70 给交流负载 100 和直流负载 200 供电,并给超级电容器组 40 充电;当风力发电机 80 以最大功率跟踪输出方式工作时,风力发电机 80 给交流负载 100 和直流负载 200 供电,并给超级电容器组 40 充电;当负荷较轻或直流母线 11 电压升高时,超级电容器组 40 通过 DC/DC 降压变换器 20 和 AC/DC 变换器 30 吸收电能;当由于气候变化而导致光伏阵列 70 和风力发电机 80 电力供应不足,直流母线 11 电压降低时,超级电容器组 40 通过 DC/AC 逆变器 50 和 DC/DC 升降压变换器 60 释放电能起到功率缓冲、稳定电压的作用;当光伏阵列 70、风力发电机 80、超级电容器组 40 的电力输出不能满足负载供电要求时,风光互补系统通过油机/市电接口 90 接入移动油机或者其他外部电源对负载进行临时性的供电,一部分电力通过 AC/DC 变换器 30 给超级电容器组 40 充电。当直流母线 11 电压恢复到预设值后,系统切断油机/市电接口 90。

[0036] 图 6 所示为本发明基于超级电容器储能的风力发电、光伏发电互补供电系统实施例 2,在图 1 的结构基础上将 DC/AC 逆变器 50 连接至直流负载端口 600,DC/DC 升降压变换器 60 通过 DC/AC 逆变器 50 给交流负载 100 供电,其他结构保持不变。

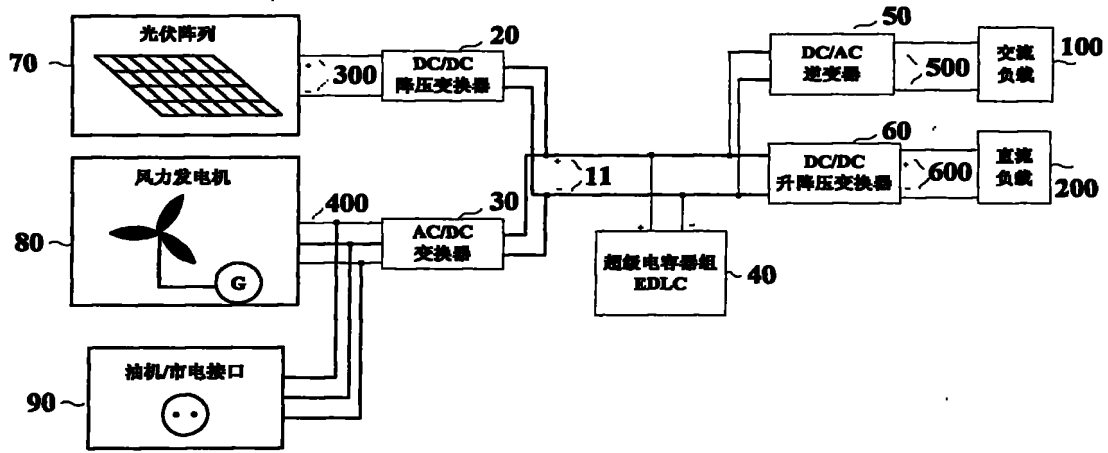


图 1

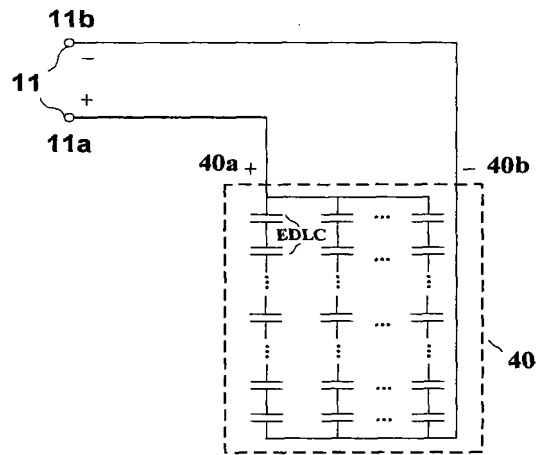


图 2

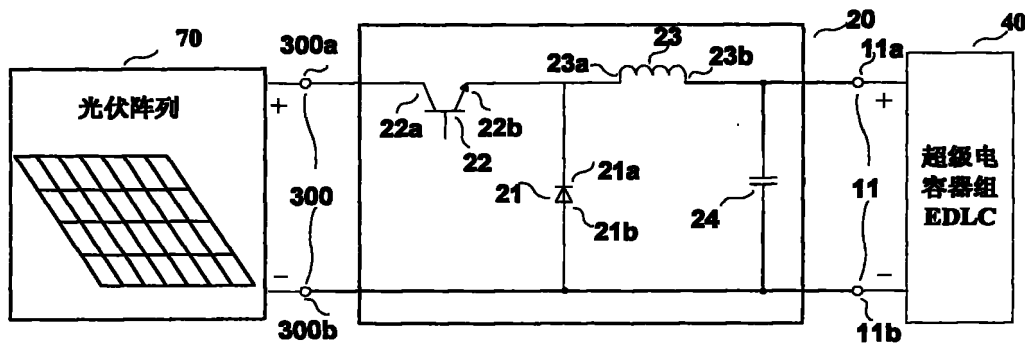


图 3

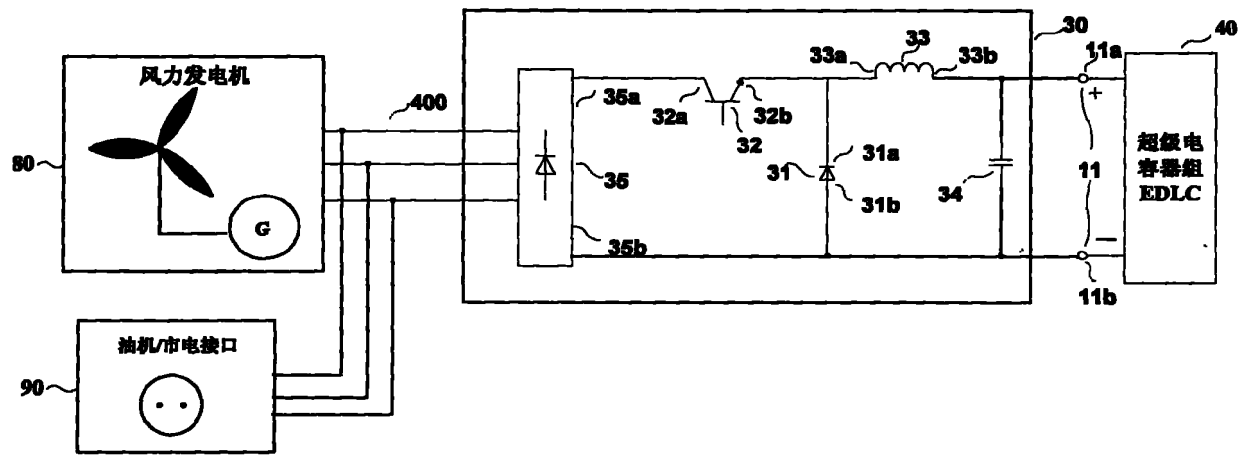


图 4

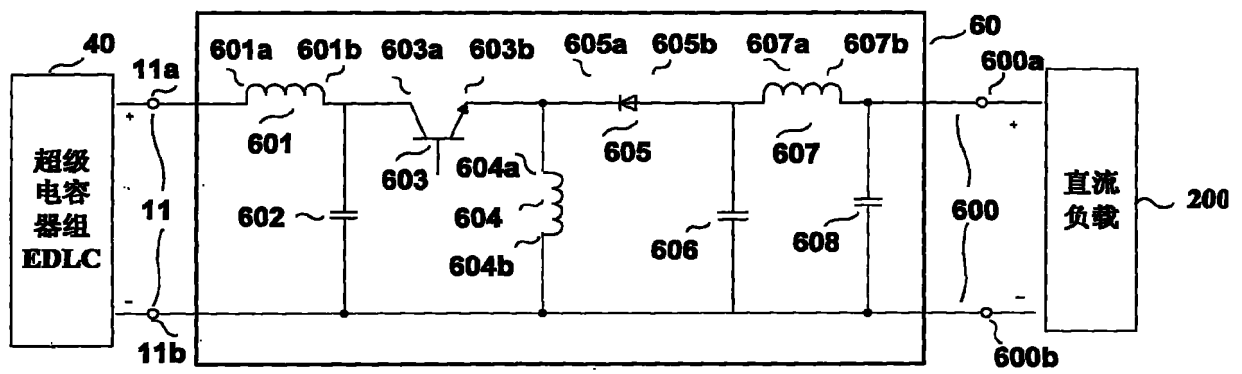


图 5

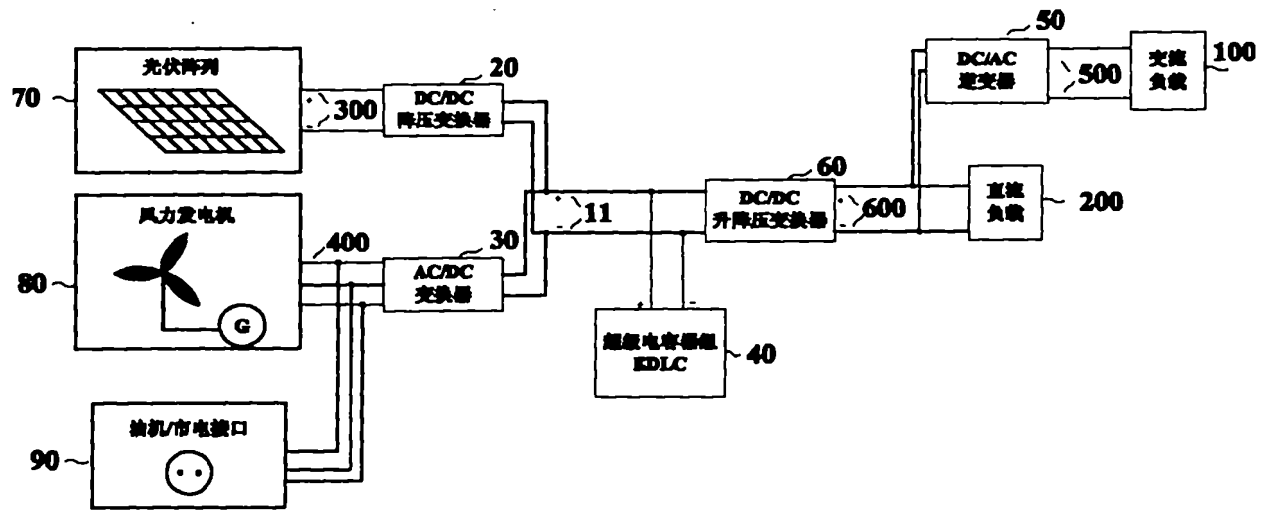


图 6