



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102244391 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 16

(21) 申请号 201110193855. 7

(22) 申请日 2011. 07. 12

(71) 申请人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路 2 号

(72) 发明人 韩民晓 林少伯 范瑞祥

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 童晓琳

(51) Int. Cl.

H02J 3/28(2006. 01)

H02J 3/32(2006. 01)

H02J 7/34(2006. 01)

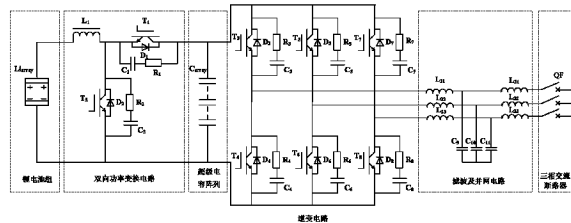
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于锂电池和超级电容的储能并网电路及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了电力设备设计技术领域中的一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路及其控制方法,用于解决分布式电源并网给电网带来的电能质量、逆潮流以及功率随机波动等问题。所述储能并网电路包括顺序连接的锂电池组、双向功率变换电路、超级电容阵列、逆变电路、滤波及并网电路和三相交流断路器;所述控制方法包括:当电网侧需要功率补偿并且锂电池组处于正常工作电压时,控制双向功率变换电路使其锂电池组进行放电;同时,控制逆变电路输出需要补偿的功率;当电网侧有多余功率时,控制双向功率变换电路使锂电池组进行充电。本发明在分布式电源产生随机功率波动时,将多余的功率储存起来,并在电网需要功率补偿,适时向电网供电。



CN 102244391 A

1. 一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路,其特征是所述储能并网电路包括顺序连接的锂电池组、双向功率变换电路、超级电容阵列、逆变电路、滤波及并网电路和三相交流断路器;

其中,所述锂电池组在正常的工作电压范围内,当电网侧需要补偿功率时,用于通过双向功率变换电路放电;当电网侧有多余功率时,用于通过双向功率变换电路充电;

所述双向功率变换电路在电网侧需要补偿功率时,用于控制锂电池组放电;电网侧有多余功率时,用于控制锂电池组充电;

所述超级电容阵列用于吸收高频波动,减小锂电池组充/放电过程中的高频波动;

所述逆变电路在电网侧需要补偿功率时,用于将锂电池组经过双向功率变换电路放电的直流电逆变为三相交流电并输出到电网侧,对电网侧进行功率补偿;在电网侧有多余功率时,用于将电网侧的三相交流电整流成直流电并通过双向功率变换电路发送到锂电池组充电;

所述滤波及并网电路用于滤除三相交流电中谐波;

所述三相交流断路器用于控制所述储能并网电路与电网侧的连接或者断开;

所述锂电池组由单体锂电池串联构成;

所述超级电容阵列由单体超级电容串联构成;

所述双向功率变换电路包括充放电电感、第一 IGBT 器件、与第一 IGBT 器件反并联的第一二极管、并联在第一 IGBT 器件的发射极和集电极之间的第一缓冲电路、第二 IGBT 器件、与第二 IGBT 器件反并联的第二二极管以及并联在第二 IGBT 器件的发射极和集电极之间的第二缓冲电路;

其中,所述充放电电感的一端接锂电池组的正极,另一端接第一 IGBT 器件的发射极;所述第一 IGBT 器件的集电极接超级电容阵列的正极;所述第二 IGBT 器件的发射极接锂电池组的负极,第二 IGBT 器件的集电极接第一 IGBT 器件的发射极;

所述第一缓冲电路由第一电阻和第一电容串联构成;

所述第二缓冲电路由第二电阻和第二电容串联构成。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路,其特征是所述逆变电路为三相桥式逆变电路,三相桥式逆变电路的直流侧与超级电容阵列并联。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路,其特征是所述滤波及并网电路包括 3 个滤波电抗、3 个滤波电容和 3 个并网电抗;其中,所述 3 个滤波电抗分别与三相桥式逆变电路的三相交流输出端串联;3 个滤波电容的一端相互连接并形成公共端,另一端分别与 3 个滤波电抗相连;3 个并网电抗分别与 3 个滤波电抗串联后,再与三相交流断路器连接。

4. 基于锂电池和超级电容的储能并网电路的控制方法,其特征是所述控制方法包括:

当电网侧需要功率补偿并且锂电池组处于正常工作电压时,控制双向功率变换电路的第二 IGBT 器件导通,使其与充放电电感和第一 IGBT 器件构成升压电路,锂电池组进行放电;同时,将超级电容阵列的电压稳定在额定工作电压;另外,控制逆变电路输出需要补偿的功率;

当电网侧需要功率补偿并且锂电池组的电压小于最小工作电压时,控制三相交流断路器,使储能并网电路与电网侧断开,并等到电网侧出现多余功率时,控制三相交流断路器,

使储能并网电路与电网侧连接；

当电网侧有多余功率时，控制双向功率变换电路的第二 IGBT 器件截止，使充放电电感和第一 IGBT 器件构成降压电路，锂电池组进行充电；当锂电池组电压大于额定工作电压，并且充电电流小于额定电流时，控制第一 IGBT 器件截止，锂电池组结束充电。

5. 根据权利要求 4 所述的基于锂电池和超级电容的储能并网电路的控制方法，其特征是当锂电池组进行充电时，所述锂电池组的充电模式为定电流充电模式，当锂电池组的电压达到设定值时，将锂电池组的充电模式转为定电压充电模式。

6. 根据权利要求 5 所述的基于锂电池和超级电容的储能并网电路的控制方法，其特征是所述设定值为锂电池组的正常工作电压的 95%。

## 基于锂电池和超级电容的储能并网电路及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力设备设计技术领域,尤其涉及一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 根据我国政府和国家电网公司倡导的节能环保、保障能源可持续供应、推动低碳经济发展以及智能电网建设等方面的导向性意见,各相关的科研院所和设备制造研发单位都将大量的财力物力投入到新能源和节能环保的研究工作上。新能源发电成为新能源研究工作的一项重要任务。

[0003] 新能源发电有独立运行和并网运行两种运行方式,并网运行又划分为通过输电网接入系统的规模化电站集中接入方式和位于配网区域的分布式接入方式。分布式接入方式属于分布式电源(DG)研究领域,是本发明的研究基础。尽管分布式接入方式在很多方面都具备不可比拟的优势,但其大量入网给配网带来的问题也同样不可忽视。包括太阳能光伏发电在内的分布式电源的并网运行给主电网带来一系列问题通常表现为电压偏差、电压波动、谐波、直流偏磁、故障电流和孤岛运行。这些问题最显著的特征是传统配网变为有源网络,造成功率的双向流动。含分布式电源的配网的控制不但需要对无功进行控制,还需对有功进行调节。传统的静止无功发生装置(SVG,又称为STATCOM)虽然能动态控制无功,实现对电压波动的控制,却无法实现对有功的调节。含分布式电源的配网,可能因逆潮流、功率跟踪、反孤岛运行等需要,在对无功进行调节时,对有功也进行调节。这种情况下,基于锂电池与超级电容的储能并网电路可以实现有功、无功的四象限调节,解决分布式电源并网给配电网带来的一系列问题。

[0004] 近年来,基于锂离子电池的电动汽车得到快速发展。位于配网区域,通过电池交换方式建立的充电站将成为电动汽车能量利用的重要方式,在欧洲等发达国家已成为工业标准。结合电动汽车的配网储能系统设计具有大幅降低储能系统成本、提高配网与充电站协调控制的特点。调查表明,目前的电动汽车用锂离子电池当容量下降到75%时,就无法用于电动汽车,报废又会造成巨大的环境问题和经济损失。这部分储能能力完全可以在分布式发电功率控制中发挥作用。超级电容是近年来出现的一种新型储能元件,它属于双电层电容器,是世界上已投入量产的双电层电容器中容量最大的一种,是利用活性炭多孔电极和电解质组成的双电层结构获得超大的容量,兼具电池和铝电解电容的能量和功率特性。它的大电流放电能力超强,能量转换效率高,过程损失小,大电流能量循环效率 $\geq 90\%$ ;功率密度高,可达 $300\text{W}/\text{KG} \sim 5000\text{W}/\text{KG}$ ,相当于电池的 $5 \sim 10$ 倍;容量范围通常 $0.1\text{F} \sim 1000\text{F}$ 。超级电容具有长寿命、工作温度范围宽及环保等特点,在电动汽车、高功率直流电源、太阳能和风能发电等产品领域有一定的应用。目前,国内对将锂电池、超级电容以及双向功率变换电路结合来实现储能并网,调节功率、提高电能质量的相关产品还没有出现。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于,提供一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路及其控制方法,用于解决分布式电源并网给电网带来的电能质量、逆潮流以及功率随机波动等问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提出的技术方案是,一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路,其特征是所述储能并网电路包括顺序连接的锂电池组、双向功率变换电路、超级电容阵列、逆变电路、滤波及并网电路和三相交流断路器;

[0007] 其中,所述锂电池组在正常的工作电压范围内,当电网侧需要补偿功率时,用于通过双向功率变换电路放电;当电网侧有多余功率时,用于通过双向功率变换电路充电;

[0008] 所述双向功率变换电路在电网侧需要补偿功率时,用于控制锂电池组放电;电网侧有多余功率时,用于控制锂电池组充电;

[0009] 所述超级电容阵列用于吸收高频波动,减小锂电池组充/放电过程中的高频波动;

[0010] 所述逆变电路在电网侧需要补偿功率时,用于将锂电池组经过双向功率变换电路放电的直流电逆变为三相交流电并输出到电网侧,对电网侧进行功率补偿;在电网侧有多余功率时,用于将电网侧的三相交流电整流成直流电并通过双向功率变换电路发送到锂电池组充电;

[0011] 所述滤波及并网电路用于滤除三相交流电中谐波;

[0012] 所述三相交流断路器用于控制所述储能并网电路与电网侧的连接或者断开;

[0013] 所述锂电池组由单体锂电池串联构成;

[0014] 所述超级电容阵列由单体超级电容串联构成;

[0015] 所述双向功率变换电路包括充放电电感、第一 IGBT 器件、与第一 IGBT 器件反并联的第一二极管、并联在第一 IGBT 器件的发射极和集电极之间的第一缓冲电路、第二 IGBT 器件、与第二 IGBT 器件反并联的第二二极管以及并联在第二 IGBT 器件的发射极和集电极之间的第二缓冲电路;

[0016] 其中,所述充放电电感的一端接锂电池组的正极,另一端接第一 IGBT 器件的发射极;所述第一 IGBT 器件的集电极接超级电容阵列的正极;所述第二 IGBT 器件的发射极接锂电池组的负极,第二 IGBT 器件的集电极接第一 IGBT 器件的发射极;

[0017] 所述第一缓冲电路由第一电阻和第一电容串联构成;

[0018] 所述第二缓冲电路由第二电阻和第二电容串联构成。

[0019] 所述逆变电路为三相桥式逆变电路,三相桥式逆变电路的直流侧与超级电容阵列并联。

[0020] 所述滤波及并网电路包括 3 个滤波电抗、3 个滤波电容和 3 个并网电抗;其中,所述 3 个滤波电抗分别与三相桥式逆变电路的三相交流输出端串联;3 个滤波电容的一端相互连接并形成公共端,另一端分别与 3 个滤波电抗相连;3 个并网电抗分别与 3 个滤波电抗串联后,再与三相交流断路器连接。

[0021] 基于锂电池和超级电容的储能并网电路的控制方法,其特征是所述控制方法包括:

[0022] 当电网侧需要功率补偿并且锂电池组处于正常工作电压时,控制双向功率变换电路的第二 IGBT 器件导通,使其与充放电电感和第一 IGBT 器件构成升压电路,锂电池组进行放电;同时,将超级电容阵列的电压稳定在额定工作电压;另外,控制逆变电路输出需要补

偿的功率；

[0023] 当电网侧需要功率补偿并且锂电池组的电压小于最小工作电压时,控制三相交流断路器,使储能并网电路与电网侧断开,并等到电网侧出现多余功率时,控制三相交流断路器,使储能并网电路与电网侧连接；

[0024] 当电网侧有多余功率时,控制双向功率变换电路的第二 IGBT 器件截止,使充放电电感和第一 IGBT 器件构成降压电路,锂电池组进行充电;当锂电池组电压大于额定工作电压,并且充电电流小于额定电流时,控制第一 IGBT 器件截止,锂电池组结束充电。

[0025] 锂电池组进行充电时,所述锂电池组的充电模式为定电流充电模式,当锂电池组的电压达到设定值时,将锂电池组的充电模式转为定电压充电模式。

[0026] 所述设定值为锂电池组的正常工作电压的 95%。

[0027] 本发明可以在分布式电源产生随机功率波动时,将多余的功率储存起来,节约能源;同时在电网需要功率补偿,适时向电网供电,解决电能质量下降以及逆潮流等问题。另外,本发明中的锂电池组优选使用电动汽车淘汰下的乏锂电池,能够节约成本并提高锂电池的使用效率;而且,本发明在直流母线上使用超级电容阵列,可以吸收高频波动,减小充放电过程中高频波动对锂电池组的危害,延长锂电池组工作寿命。

## 附图说明

[0028] 图 1 是基于锂电池和超级电容的储能并网电路结构图；

[0029] 图 2 是基于锂电池和超级电容的储能并网电路安装示意图。

## 具体实施方式

[0030] 下面结合附图,对优选实施例作详细说明。应该强调的是,下述说明仅仅是示例性的,而不是为了限制本发明的范围及其应用。

[0031] 实施例

[0032] 图 1 是基于锂电池和超级电容的储能并网电路图。图 1 中,本发明提供的基于锂电池和超级电容的储能并网电路包括锂电池组、双向功率变换电路、超级电容阵列、逆变电路、滤波及并网电路和三相交流断路器。

[0033] 其中,锂电池组由单体锂电池串联构成。锂电池组在正常的工作电压范围内,当电网侧需要补偿功率时,通过双向功率变换电路放电;当电网侧有多余功率时,通过双向功率变换电路充电。

[0034] 超级电容阵列由单体超级电容串联构成。超级电容阵列用于吸收高频波动,减小锂电池组充/放电过程中的高频波动。

[0035] 双向功率变换电路包括充放电电感  $L_1$ 、第一 IGBT 器件  $T_1$ 、与第一 IGBT 器件反并联的第一二极管  $D_1$ 、并联在第一 IGBT 器件  $T_1$  的发射极和集电极之间的第一缓冲电路、第二 IGBT 器件  $T_2$ 、与第二 IGBT 器件反并联的第二二极管  $D_2$  以及并联在第二 IGBT 器件的发射极和集电极之间的第二缓冲电路。其中,充放电电感  $L_1$  的一端接锂电池组的正极,另一端接第一 IGBT 器件  $T_1$  的发射极;第一 IGBT 器件  $T_1$  的集电极接超级电容阵列的正极;第二 IGBT 器件  $T_2$  的发射极接锂电池组的负极,第二 IGBT 器件  $T_2$  的集电极接第一 IGBT 器件  $T_1$  的发射极。第一缓冲电路由第一电阻  $R_1$  和第一电容  $C_1$  串联构成;第二缓冲电路由第二电阻  $R_2$  和

第二电容串  $C_2$  联构成。

[0036] 本发明中,双向功率变换电路在电网侧需要补偿功率时,用于控制锂电池组放电;电网侧有多余功率时,用于控制锂电池组充电。

[0037] 逆变电路可以采用三相桥式逆变电路,三相桥式逆变电路的直流侧与超级电容阵列并联。三相桥式逆变电路由三相桥臂并联构成,每相桥臂包括两个串联的 IGBT 器件、与每个 IGBT 器件反并联的二极管以及与每个 IGBT 器件并联的缓冲电路。每个缓冲电路都由 1 个电阻和 1 个电容串联构成。

[0038] 逆变电路的作用是,在电网侧需要补偿功率时,用于将锂电池组经过双向功率变换电路放电的直流电逆变为三相交流电并输出到电网侧,对电网侧进行功率补偿;在电网侧有多余功率时,用于将电网侧的三相交流电整流成直流电并通过双向功率变换电路发送到锂电池组充电。

[0039] 滤波及并网电路包括 3 个滤波电抗  $L_{21}$ 、 $L_{22}$  和  $L_{23}$ ;还包括 3 个滤波电容  $C_9$ 、 $C_{10}$  和  $C_{11}$ ;还包括 3 个并网电抗  $L_{31}$ 、 $L_{32}$  和  $L_{33}$ 。其中,3 个滤波电抗  $L_{21}$ 、 $L_{22}$  和  $L_{23}$  分别与三相桥式逆变电路的三相交流输出端串联。如图 1 所示,滤波电抗  $L_{21}$  与三相桥式逆变电路的一相桥臂的 IGBT 器件  $T_3$  的发射极(即 IGBT 器件  $T_4$  的集电极)相连,滤波电抗  $L_{22}$  与三相桥式逆变电路的一相桥臂的 IGBT 器件  $T_5$  的发射极(即 IGBT 器件  $T_6$  的集电极)相连,滤波电抗  $L_{23}$  与三相桥式逆变电路的一相桥臂的 IGBT 器件  $T_5$  的发射极(即 IGBT 器件  $T_6$  的集电极)相连。3 个滤波电容  $C_9$ 、 $C_{10}$  和  $C_{11}$  的一端相互连接并形成公共端,另一端分别与 3 个滤波电抗  $L_{21}$ 、 $L_{22}$  和  $L_{23}$  相连。3 个并网电抗  $L_{31}$ 、 $L_{32}$  和  $L_{33}$  分别与 3 个滤波电抗  $L_{21}$ 、 $L_{22}$  和  $L_{23}$  串联后,再与三相交流断路器 QF 连接。

[0040] 本发明中,滤波及并网电路用于滤除三相交流电中谐波,三相交流断路器 QF 用于控制储能并网电路与电网侧的连接或者断开。

[0041] 本发明还提供了一种基于锂电池和超级电容的储能并网电路的控制方法,该方法如图 1 所示,当电网侧需要功率补偿并且锂电池组处于正常工作电压时,控制双向功率变换电路的第二 IGBT 器件  $T_2$  导通,使第二 IGBT 器件  $T_2$  与充放电电感  $L_1$  和第一 IGBT 器件  $T_1$  构成升压电路,即使双向功率变换电路工作在 BOOST 模式(升压电路模式)下。这时,锂电池组向逆变电路的直流侧放电。此时,还需要将超级电容阵列的电压稳定在额定工作电压,并控制逆变电路输出电网侧需要补偿的功率,进而缓解配网功率波动,提高供电质量。

[0042] 当电网侧需要功率补偿并且锂电池组的电压小于最小工作电压时,控制三相交流断路器 QF,使储能并网电路与电网侧断开,并等到电网侧出现多余功率时,控制三相交流断路器 QF,使储能并网电路与电网侧连接。

[0043] 当电网侧有多余功率时,控制双向功率变换电路的第二 IGBT 器件  $T_2$  截止,这时逆变电路通过反并联的二极管构成整流电路,使充放电电感  $L_1$  和第一 IGBT 器件  $T_1$  构成降压电路,即双向功率变换电路工作在 BUCK 模式(降压电路模式)下。通过反并联二极管,第一 IGBT 器件  $T_1$  和充放电电感  $L_1$  给锂电池组充电。充电过程中,当锂电池组电压大于额定工作电压,并且充电电流小于额定电流时,控制第一 IGBT 器件  $T_1$  截止,锂电池组结束充电。在锂电池组充电过程中,设定锂电池组的充电模式为定电流充电模式,即以恒定的电流对锂电池组充电。当锂电池组的电压达到设定值时,一般是达到锂电池组的正常工作电压的 95% 时,将锂电池组的充电模式转为定电压充电模式,即采用恒定电压对锂电池组充电,使

锂电池组充电到正常工作电压。

[0044] 图 2 是基于锂电池和超级电容的储能并网电路安装示意图。图 2 中,基于锂电池和超级电容的储能并网电路可以安装在含有分布式电源的配网系统的交流母线上,同时亦可以作为电动汽车充电站,三相交流断路器 QF 上的三个端子分别接入交流母线三相上。

[0045] 本发明有益效果在于:(1) 相比于没有储能系统的分布式电源并网,该储能并网电路可以很好的跟踪配电网功率,补偿由于分布式电源随机性带来的功率波动,并实现对配电网的电能质量(包括:电压偏差、电压波动、电压暂降和短时电压中断以及 APF 等)的控制,提高配电网的供电质量。(2) 充分利用电动汽车退换下的乏锂电池,节约成本、提高锂电池使用效率。(3) 直流母线上使用超级电容,可以吸收高频波动,减小充放电过程中高频波动对锂电池组的危害,延长锂电池组工作寿命。(4) 可以兼作为电动汽车充电桩(站)。

[0046] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。



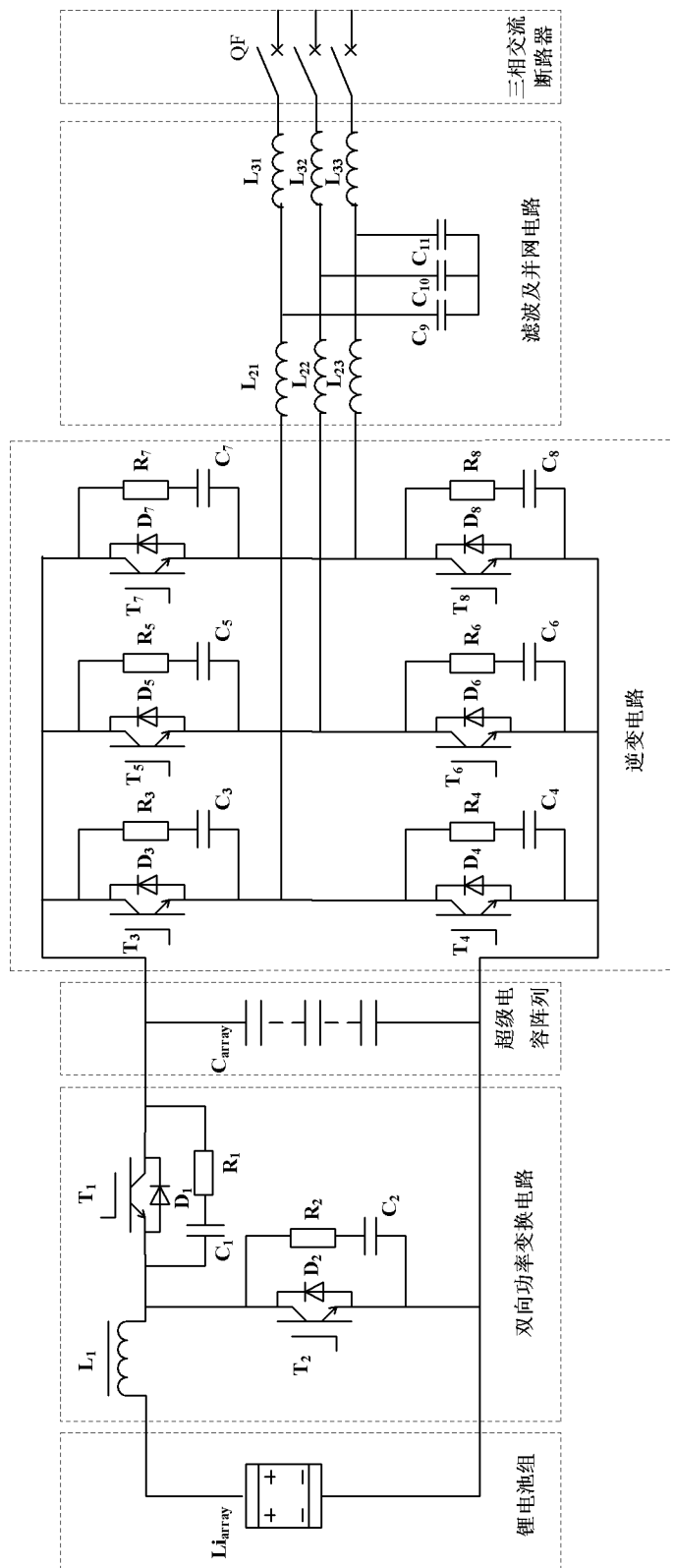


图 1

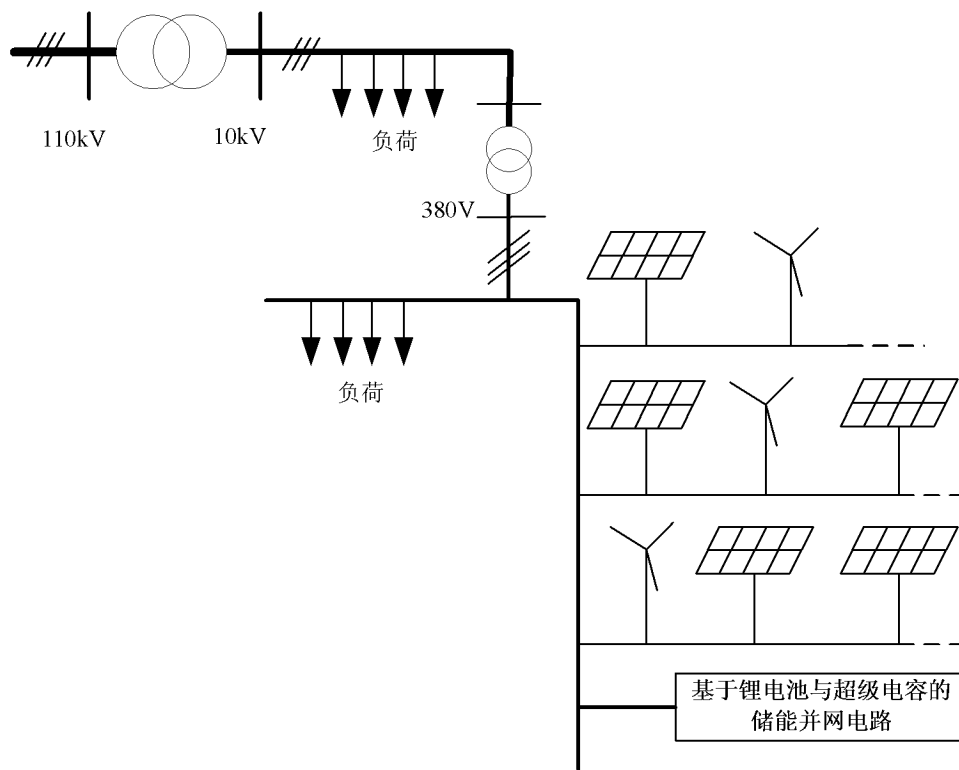


图 2