



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102931653 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201210433243. 5

微网实验系统. 《电力系统自动化》. 2009, 第 33 卷 (第 14 期), 第 89-92 页.

(22) 申请日 2012. 11. 02

审查员 顾瑞婷

(73) 专利权人 浙江工业大学

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖六区

(72) 发明人 熊远生 俞立 徐建明

(74) 专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公

司 33201

代理人 王兵 王利强

(51) Int. Cl.

H02J 1/14 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102738836 A, 2012. 10. 17, 全文.

US 2004/0135436 A1, 2004. 07. 15, 全文.

李钢等. 智能微电网的控制策略研究综

述. 《电工电气》. 2012, (第 1 期), 第 1-4 页.

杨占刚等. 可实现运行模式灵活切换的小型

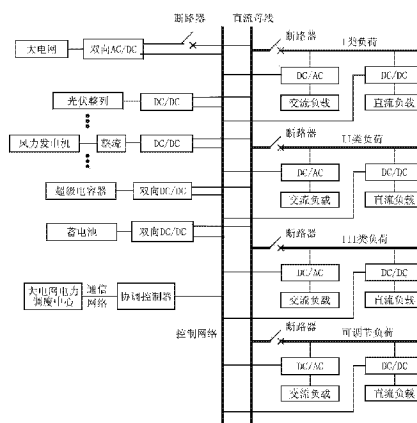
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种风光直流微电网的综合协调控制方法

(57) 摘要

一种风光直流微电网的综合协调控制方法, 所述风光直流微电网包括风力发电机及 AC/DC/DC 变换器、光伏阵列及 DC/DC 变换器、断路器、交直流负荷及 DC/AC 和 DC/DC 变换器、直流母线、超级电容器储能系统及双向 DC/DC 模块、蓄电池储能系统及双向 DC/DC 模块、双向 AC/DC 变换器、协调控制器、连接协调控制器和变换器的控制网络、连接协调控制器和大电网电力调度中心的通信网络, 将风光直流微电网的运行模式划分为两大类, 即联网模式和孤岛模式。本发明通过综合运用电源调度、负荷调度、储能装置调度实现了风光直流微电网在联网模式和孤岛模式下的稳定运行。



1. 一种风光直流微电网的综合协调控制方法,其特征在于:所述风光直流微电网包括风力发电机及 AC/DC/DC 变换器、光伏阵列及 DC/DC 变换器、断路器、交直流负荷及 DC/AC 和 DC/DC 变换器、直流母线、超级电容器储能系统及双向 DC/DC 模块、蓄电池储能系统及双向 DC/DC 模块、双向 AC/DC 变换器、协调控制器、连接协调控制器和变换器的控制网络、连接协调控制器和大电网电力调度中心的通信网络;

将风光直流微电网的运行模式划分为两大类,即联网模式和孤岛模式,运行模式包括:

A1. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式,且变换器的功率足够大,大电网对微电网向电网输送电能无限制,光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,储能装置处于充电模式,负载全部运行,双向 AC/DC 变换器通过调节并网电流的大小来控制直流母线电压;

A2. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式,但变换器能提供的功率有限,或大电网因为负荷降低的原因需要对风光直流微电网的发电进行控制,双向 AC/DC 变换器以最大可能的功率向大电网输送能量,光伏阵列配合风力发电机进行定功率点跟踪控制,储能装置处于充电模式,通过调节光伏阵列和风力发电机的输出功率大小来控制直流母线电压;

A3. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式,且变换器的功率足够大,大电网对微电网用电无限制;光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,负荷全运行,储能装置处于充电状态;此时直流母线的电压由双向 AC/DC 变换器来控制,确保直流母线电压稳定在设定值附近;

A4. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式,但变换器能提供的功率有限,或大电网因为负荷上升的原因需要对风光直流微电网的用电进行控制,且此时镇定直流母线电压需要的功率超出了上述的限制范围,光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,切除 III 类负荷后,调节可调节负荷,采用双向 AC/DC 变换器来控制直流母线电压;

A5. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式,在 A4 模式下,切除 III 类负荷仍然不能控制直流母线电压,进入模式 A5,光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,双向 AC/DC 变换器以最大可能的整流功率输出,调节可调节负荷,采用超级电容器配合蓄电池来控制直流母线电压;

B1. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式时和大电网断开,风光输出功率大于负载需求,光伏阵列配合风力发电机进行定功率点跟踪控制,储能装置处于充电模式,通过调节光伏阵列和风力发电机的输出功率大小来控制直流母线电压;

B2. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式时和大电网断开,风光输出功率小于负载需求,且储能装置储存的能量充足并满足负载的功率需求;光伏阵列和风力发电机进行最大功率点跟踪控制,直流母线的电压由超级电容器配合蓄电池进行控制;

B3. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式时和大电网断开,但储能装置储存的能量已不多或输出功率不能满足负载需求,光伏阵列和风力发电机进行最大功率点跟踪控制,切除 III 类负荷,必要的时候切掉 II 类负荷,确保对 I 类负荷的供电,直流母线的电压由超级电容器配合蓄电池进行控制;

处于联网模式即 A1-A5 模式运行下进行孤岛检测,若出现孤岛,切换到 B1 模式运行;处于孤岛模式即 B1-B3 模式运行下进行联网检测,若出现并网,切换到 A1 模式运行;

首先,对风光直流微电网进行初始化,然后判断是否联网,如果联网,进行 A1 模式运

行,在运行过程中检测直流母线电压,如果直流母线电压过低,转入 A3 模式运行,在 A3 模式时,如果检测到直流母线电压过高,返回 A1 模式运行;在 A1 模式运行下,如果双向 AC/DC 变换器的功率受到限制,转入 A2 模式运行,不受限制时,返回到 A1 模式;在 A3 模式运行下,如果整流功率受到限制,转入 A4 模式运行,此模式运行下,如检测到整流功率未受到限制,返回 A3 模式运行;在 A4 模式运行下,如果检测到直流母线电压过低,转入 A5 模式运行,此模式运行下,如检测到直流母线电压过高,返回 A4 模式运行;

如果处于孤岛模式,转入 B1 模式运行,在此运行模式下,如果检测到直流母线电压过低,转入 B2 模式运行,在 B2 运行模式下,如果检测到直流母线电压过高,返回 B1 运行模式;

在 B2 运行模式下,如果检测到直流母线电压过低或剩余电量不多,转入 B3 模式运行,在 B3 运行模式下,如果检测到直流母线电压过高或剩余电量充足,返回 B2 运行模式。

2. 如权利要求 1 所述的一种风光直流微电网的综合协调控制方法,其特征在于:各个变换器采用数字控制器进行控制,该数字控制器带有通信功能,并能通过控制网络和协调控制器交换信息。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的一种风光直流微电网的综合协调控制方法,其特征在于:

在协调控制器中,通过控制网络将结果送给各变换器的数字控制器,由数字控制器控制变换器实现综合协调控制算法。

## 一种风光直流微电网的综合协调控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于风光新能源应用和直流微电网技术,尤其是涉及风光直流微电网的运行控制方法技术领域。

### 背景技术

[0002] 在能源紧缺与环境污染的双重压力下,近年来,新能源发电技术在研究、开发及利用上都取得了长足的进步,在各种新能源发电技术中,风力发电技术和光伏发电技术备受瞩目。但风力发电和光伏发电都具有间歇性和波动性的特点,不能根据负荷需要发电,输出功率随天气条件的变化而波动。风光发电设备一般采用电力电子变换器组成,本身无惯性,抗过流能力较差,含有较丰富的谐波。与大电网进行并联运行时需引入大量电力电子设备和电容、电感,将改变原有系统的网络拓扑,从而影响潮流的分布,给电网的稳定性带来了不确定性,并影响了电能质量。因此,不少地方的风光电源在实际并网时受到限制。

[0003] 为充分发挥分布式发电优势和潜能,微电网的概念被提出,微电网是指由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统,是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统。微电网目前可划分为交流微电网和直流微电网两类,传统的交流微电网在实际运行中需要解决各分布式微电源的同步、浪涌电流、三相不平衡等诸多问题,需要对微电网中的各个分布式电源进行有效控制,以维持电压和频率在允许的变化范围之内。尤其在孤岛运行模式下,由于分布式电源不再利用并联运行的大电网获得电压和频率参考,此时的控制将更加复杂。虽然目前已提出几种解决办法,但由于需要考虑的东西太多,导致整个交流微电网的控制复杂。

[0004] 采用直流微电网能减少整个系统的变换级数,且控制时无需考虑无功,相对简单。目前提出的直流微电网系统中一般都包含电源、储能装置、负载及变换器这四个部分。

[0005] 目前在对直流微电网的运行模式划分上,主要划分为两种最基本的运行模式:联网模式和孤岛模式。联网模式下,通过大电网来镇定直流母线电压,孤岛模式下,通过储能系统来镇定直流母线电压。以上处理方法虽然简单,但存在一序列的问题,例如联网模式下用来镇定直流母线电压的功率受到双向 AC/DC 变换器功率的限制,孤岛模式下在储能系统的能量是有限的,从而使得直流微电网中的直流母线电压失控,导致整个微电网崩溃。

### 发明内容

[0006] 为了克服已有风光直流微电网运行时稳定性较差的不足,本发明提供一种风光直流微电网的综合协调控制方法,通过综合运用电源调度、储能装置调度、负荷调度确保风光直流微电网的稳定运行。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0008] 一种风光直流微电网的综合协调控制方法,所述风光直流微电网包括风力发电机及 AC/DC/DC 变换器、光伏阵列及 DC/DC 变换器、断路器、交直流负荷及 DC/AC 和 DC/DC 变换器、直流母线、超级电容器储能系统及双向 DC/DC 模块、蓄电池储能系统及双向 DC/DC 模块、

双向 AC/DC 变换器、协调控制器、连接协调控制器和变换器的控制网络、连接协调控制器和大电网电力调度中心的通信网络；

[0009] 将风光直流微电网的运行模式划分为两大类，即联网模式和孤岛模式，运行模式包括：

[0010] A1. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式，且变换器的功率足够大，大电网对微电网向电网输送电能无限制，光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制，储能装置处于充电模式，负载全部运行，双向 AC/DC 通过调节并网电流的大小来控制直流母线电压；

[0011] A2. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式，但变换器能提供的功率有限，或大电网因为负荷降低等原因需要对风光直流微电网的发电进行控制，双向 AC/DC 变换器以最大可能的功率向大电网输送能量，光伏阵列配合风力发电机进行定功率点跟踪控制，储能装置处于充电模式，通过调节光伏阵列和风力发电机的输出功率大小来控制直流母线电压；

[0012] A3. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式，且变换器的功率足够大，大电网对微电网用电无限制；光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制，负载全运行，储能装置处于充电状态；此时直流母线的电压由双向 AC/DC 来控制，确保直流母线电压稳定在设定值附近；

[0013] A4. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式，但变换器能提供的功率有限，或大电网因为负荷上升等原因需要对风光直流微电网的用电进行控制，且此时镇定直流母线电压需要的功率超出了上述的限制范围，光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制，切除 III 类负荷后，调节可调节负荷，采用双向 AC/DC 来控制直流母线电压；

[0014] A5. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式，在 A4 模式下，切除 III 类负荷仍然不能控制直流母线电压，进入模式 A5，光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制，双向 AC/DC 以最大可能的整流功率输出，调节可调节负荷，采用超级电容器配合蓄电池来控制直流母线电压；

[0015] B1. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式时和大电网断开，风光输出功率大于负载需求，光伏阵列配合风力发电机进行定功率点跟踪控制，储能装置处于充电模式，通过调节光伏阵列和风力发电机的输出功率大小来控制直流母线电压；

[0016] B2. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式时和大电网断开，风光输出功率小于负载需求，且储能装置储存的能量充足并满足负载的功率需求。光伏阵列和风力发电机进行最大功率点跟踪控制，直流母线的电压由超级电容器配合蓄电池进行控制；

[0017] B3. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式时和大电网断开，但储能装置储存的能量已不多或输出功率不能满足负载需求，光伏阵列和风力发电机进行最大功率点跟踪控制，切除 III 类负荷，必要的时候切掉 II 类负荷，确保对 I 类负荷的供电，直流母线的电压由超级电容器配合蓄电池进行控制；

[0018] 处于联网模式即 A1-A5 模式运行下进行孤岛检测，若出现孤岛，切换到 B1 模式运行；处于孤岛模式即 B1-B3 模式运行下进行联网检测，若出现并网，切换到 A1 模式运行；

[0019] 首先，对风光直流微电网进行初始化，然后判断是否联网，如果联网，进行 A1 模式运行，在运行过程中检测直流母线电压，如果直流母线电压过低，转入 A3 模式运行，在 A3 模式时，如果检测到直流母线电压过高，返回 A1 模式运行；在 A1 模式运行下，如果双向 AC/DC 变换器的功率受到限制，转入 A2 模式运行，不受限制时，返回到 A1 模式。在 A3 模式运行下，

如果整流功率受到限制,转入 A4 模式运行,此模式运行下,如检测到整流功率未受到限制,返回 A3 模式运行。在 A4 模式运行下,如果检测到直流母线电压过低,转入 A5 模式运行,此模式运行下,如检测到直流母线电压过高,返回 A4 模式运行;

[0020] 如果处于孤岛模式,转入 B1 模式运行,在此运行模式下,如果检测到直流母线电压过低,转入 B2 模式运行,在 B2 运行模式下,如果检测到直流母线电压过高,返回 B1 运行模式。在 B2 运行模式下,如果检测到直流母线电压过低或剩余电量不多,转入 B3 模式运行,在 B3 运行模式下,如果检测到直流母线电压过高或剩余电量充足,返回 B2 运行模式。

[0021] 进一步,各个变换器采用数字控制器进行控制,该数字控制器带有通信功能,并能通过控制网络和协调控制器交换信息。

[0022] 再进一步,在协调控制器中,通过控制网络将结果送给各变换器的数字控制器控制器,由数字控制器控制变换器实现综合协调控制算法。

[0023] 本发明的有益效果主要表现在:所述的直流微电网仅含风力和光伏两类不可控的可再生能源,通过综合运用电源调度、负荷调度、储能装置调度实现了风光直流微电网在联网模式和孤岛模式下的稳定运行。从而间接地解决分布式电源间歇性、不可控等问题,有利于提高电网对风光电源的吸纳能力。。

#### 附图说明

[0024] 图 1 是风光直流微电网结构示意图;

[0025] 图 2 是风光直流微电网的综合协调控制方法流程图。

#### 具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0027] 参照图 1~图 2,一种风光直流微电网的综合协调控制方法,所述风光直流微电网包括若干台风力发电机及 AC/DC/DC 变换器、若干台光伏阵列及 DC/DC 变换器、断路器、I、II、III 类交直流负荷及 DC/AC 和 DC/DC 变换器、直流母线、超级电容器储能系统及双向 DC/DC 模块、蓄电池储能系统及双向 DC/DC 模块、双向 AC/DC 变换器、大电网、大电网电力调度中心、协调控制器、连接协调控制器和各具体变换器的控制网络、连接协调控制器和大电网电力调度中心的通信网络。

[0028] 大类上,将风光直流微电网分为联网模式和孤岛模式。

[0029] 联网模式下,此时直流母线通过双向 AC/DC 变换器和大电网相连。在各模式下运行时,同时进行孤岛检测。考虑到风光电源输出的随机性,进一步可细分为以下几种模式:

[0030] A1. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式,且变换器的功率足够大,大电网对微电网向电网输送电能无限制,光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,储能装置处于充电模式,负载全部运行,双向 AC/DC 通过调节并网电流的大小来控制直流母线电压。

[0031] A2. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式,但变换器能提供的功率有限,或大电网因为负荷降低等原因需要对风光直流微电网的发电进行控制,且此时镇定直流母线电压向电网输送的功率超出了上述的限制范围,系统进入 A2 模式,双向 AC/DC 变换器以最大可能的功率向大电网输送能量,光伏阵列配合风力发电机进行定功率点跟踪控制,储能装置处于充电模式,通过调节光伏阵列和风力发电机的输出功率大小来控制直流母线电压。

[0032] A3. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式,且变换器的功率足够大,大电网对微电网用电无限制。光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,负荷全运行,储能装置处于充电状态。此时直流母线的电压由双向 AC/DC 来控制,确保直流母线电压稳定在设定值附近。

[0033] A4. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式,但变换器能提供的功率有限,或大电网因为负荷上升等原因需要对风光直流微电网的用电进行控制,且此时镇定直流母线电压需要的功率超出了上述的限制范围,此时微电网系统已不能工作于 A3 模式。进入模式 A4,光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,切除 III 类负荷后,调节可调节负荷,采用双向 AC/DC 来控制直流母线电压。

[0034] A5. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式,在 A4 模式下,切除 III 类负荷仍然不能控制直流母线电压,进入模式 A5,光伏阵列及风力发电机进行最大功率点跟踪控制,双向 AC/DC 以最大可能的整流功率输出,调节可调节负荷,采用超级电容器配合蓄电池来控制直流母线电压。

[0035] 孤岛模式,此时风光直流微电网独立运行,进一步可细分为以下几种模式:

[0036] B1. 双向 AC/DC 变换器工作于逆变模式时和大电网断开,风光输出功率大于负载需求,光伏阵列配合风力发电机进行定功率点跟踪控制,储能装置处于充电模式,通过调节光伏阵列和风力发电机的输出功率大小来控制直流母线电压。

[0037] B2. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式时和大电网断开,风光输出功率小于负载需求,且储能装置储存的能量充足并满足负载的功率需求。光伏阵列和风力发电机进行最大功率点跟踪控制,直流母线的电压由超级电容器配合蓄电池进行控制。

[0038] B3. 双向 AC/DC 变换器工作于整流模式时和大电网断开,但储能装置储存的能量已不多或输出功率不能满足负载需求,光伏阵列和风力发电机进行最大功率点跟踪控制,切除 III 类负荷,必要的时候切掉 II 类负荷,确保对 I 类负荷的供电,直流母线的电压由超级电容器配合蓄电池进行控制。

[0039] 本实施例的风光直流微电网的综合协调控制方法,具体包括如下步骤:

[0040] 步骤 1:开始,进行整个系统的初始化工作。

[0041] 步骤 2:判断风光直流微电网是否联网,如果联网,转步骤 3。否则,转步骤 17。

[0042] 步骤 3:系统进入 A1 模式运行。

[0043] 步骤 4:系统在运行的同时,进行孤岛检测,若出现孤岛,转步骤 2,否则,转步骤 5。

[0044] 步骤 5:判断直流母线电压是否过低,若是,转步骤 8。否则,转步骤 6。

[0045] 步骤 6:判断双向 AC/DC 变换器工作于逆变状态时,其逆变功率是否受到限制,若受到限制,转步骤 7,否则,转步骤 3。

[0046] 步骤 7:系统进行 A2 模式运行,转步骤 4。

[0047] 步骤 8:系统进行 A3 模式运行。

[0048] 步骤 9:系统在运行的同时,判断直流母线电压是否过高,若是,转步骤 3。否则,转步骤 10。

[0049] 步骤 10:系统在运行的同时,进行孤岛检测,若出现孤岛,转步骤 2,否则,转步骤 11。

[0050] 步骤 11:系统在运行的同时,判断双向 AC/DC 变换器工作于整流状态时,其整流功

率是否受到限制,若受到限制,转步骤 12,否则,转步骤 3。进行孤岛检测,若出现孤岛,转步骤 2,否则,转步骤 8。

[0051] 步骤 12:系统进行 A4 模式运行。

[0052] 步骤 13:系统在运行的同时,判断直流母线电压是否过低,若是,转步骤 14。否则,转步骤 10。

[0053] 步骤 14:系统进行 A5 模式运行。

[0054] 步骤 15:系统在运行的同时,判断直流母线电压是否过高,若是,转步骤 10。否则,转步骤 16。

[0055] 步骤 16:系统在运行的同时,进行孤岛检测,若出现孤岛,转步骤 2,否则,转步骤 14。

[0056] 步骤 17:系统进行 B1 模式运行。

[0057] 步骤 18:系统在运行的同时,判断是否联网,若出现联网,转步骤 2,否则,转步骤 19。

[0058] 步骤 19:判断直流母线电压是否过低,若是,转步骤 20。否则,转步骤 17。

[0059] 步骤 20:系统进行 B2 模式运行。

[0060] 步骤 21:系统在运行的同时,判断是否联网,若出现联网,转步骤 2,否则,转步骤 22。

[0061] 步骤 22:系统在运行的同时,进行直流母线电压过低和剩余电量不多的判断,若出现上述情况之一,转步骤 23,否则,转步骤 19。

[0062] 步骤 23:系统进行 B3 模式运行,之后转步骤 21。



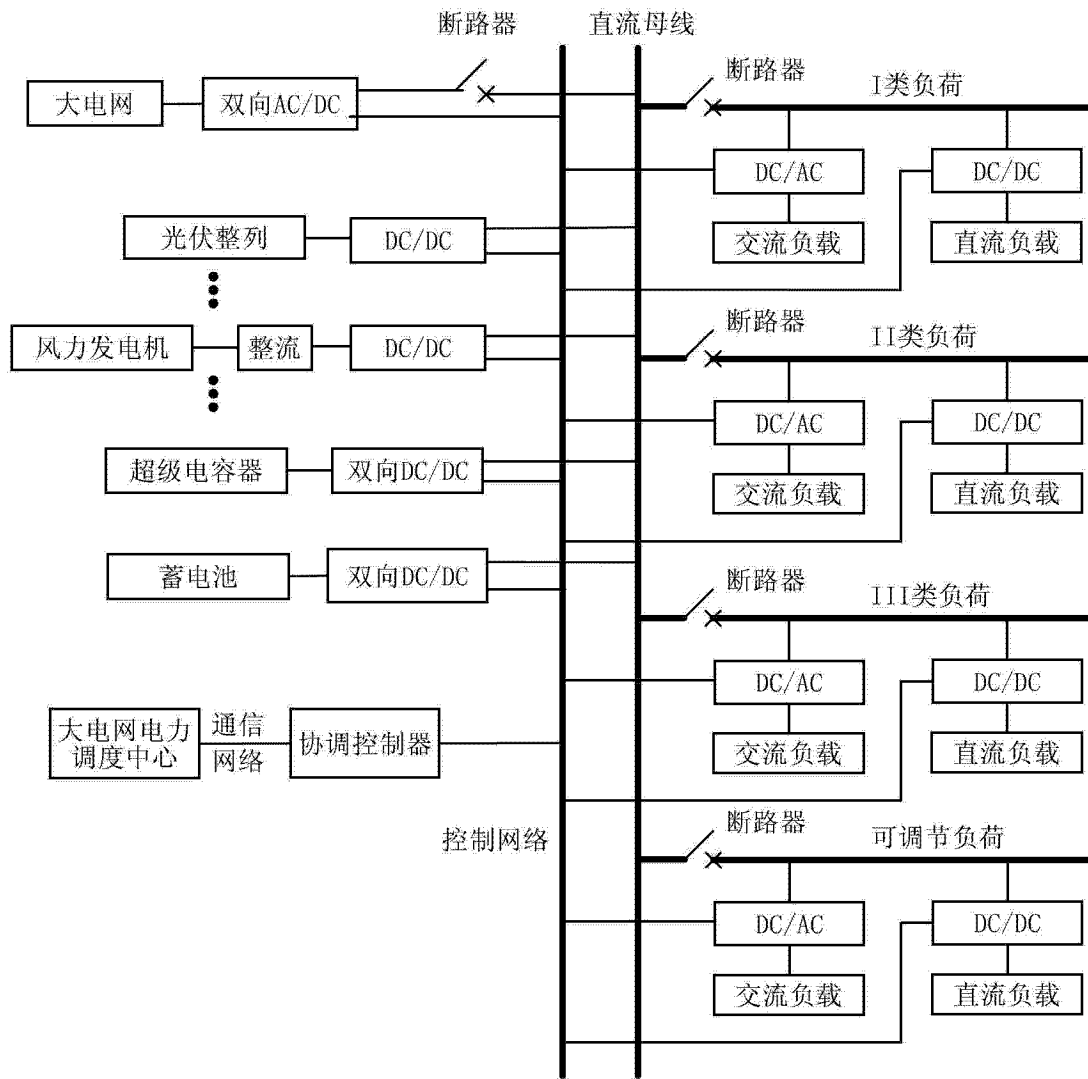


图 1

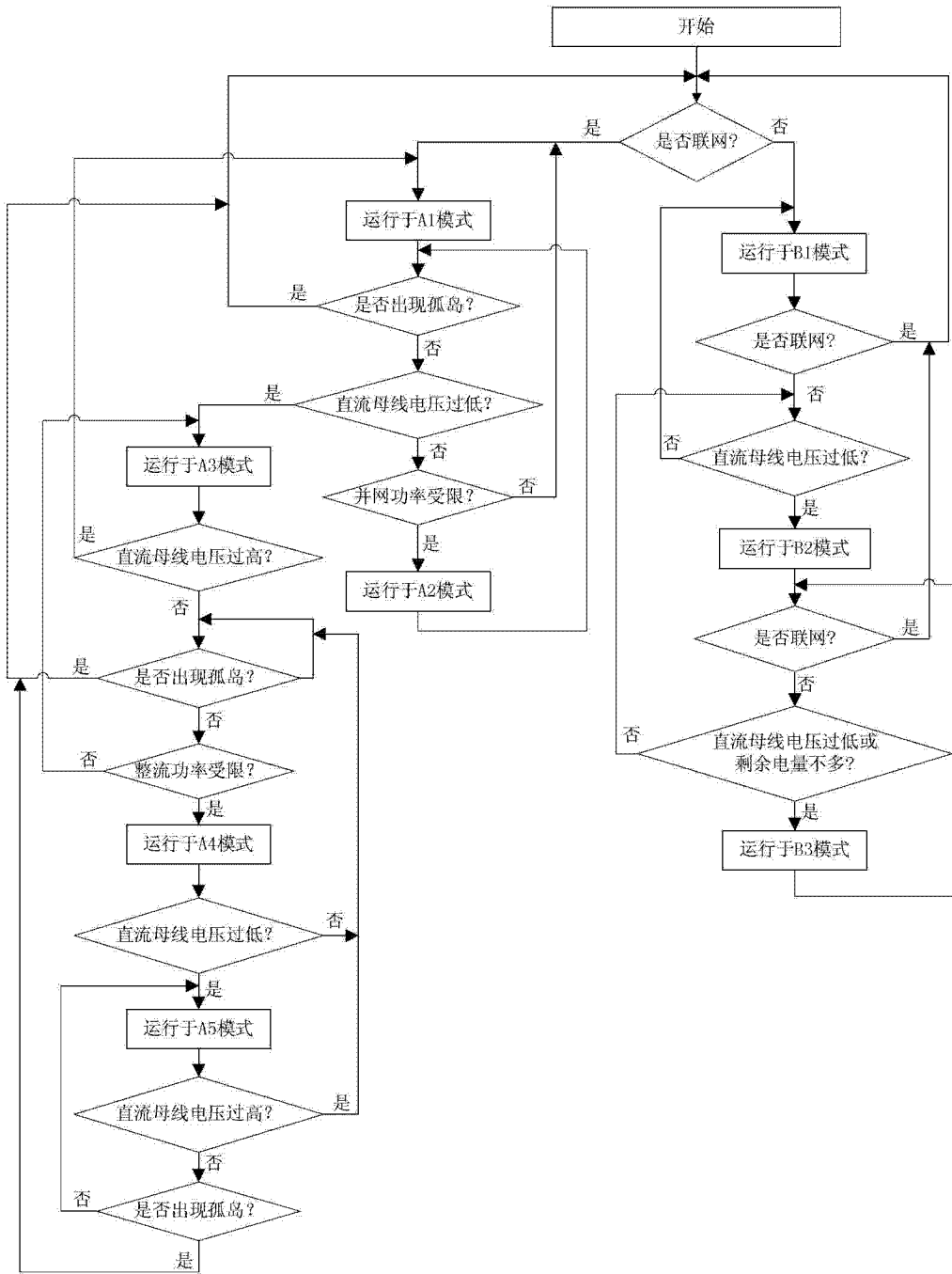


图 2