



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109066785 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201810967643.1

(22)申请日 2018.08.23

(71)申请人 上海电气分布式能源科技有限公司  
地址 200233 上海市徐汇区桂平路680号33  
幢301-18室

(72)发明人 许泽阳

(74)专利代理机构 上海容慧专利代理事务所

(普通合伙) 31287

代理人 于晓菁

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

H02J 3/48(2006.01)

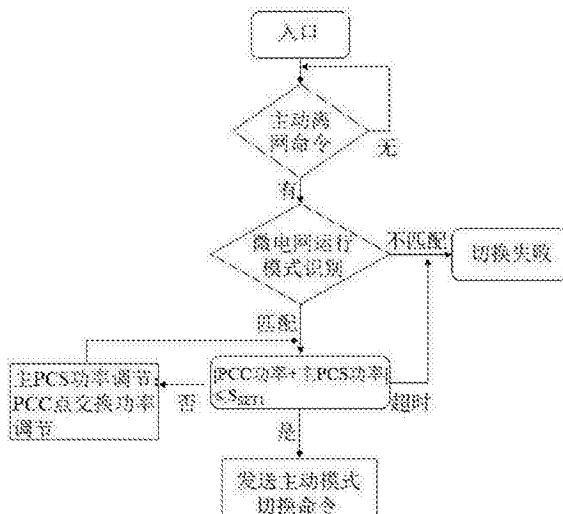
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种微电网实时控制方法及微电网

(57)摘要

本发明技术方案公开了一种微电网实时控制方法,包括并网转离网控制方法,所述并网转离网控制方法具体为:接收到主动离网或被动离网命令后,进行模式识别;若处于并网状态,进行微电网自平衡校核;将PCC功率值与主PCS功率值代数和的绝对值与第二预设值相比较,若绝对值小于或等于第二预设值,向PCC控制器发送开关分闸指令,延时向主PCS发送PQ模式转VF模式切换指令,完成并网到离网切换;若绝对值大于第二预设值,进行离网方式的判断,若判断为主动离网,则切换失败;若判断为被动离网,则执行下一步骤。本发明技术方案能够实现微电网运行模式快速平滑切换、离网稳定运行等快速协调控制功能,实现微电网的经济、稳定及可靠运行。



1. 一种微电网实时控制方法,包括并网转离网控制方法,其特征在于,所述并网转离网控制方法具体为:

S1:接收到主动离网或被动离网命令后,进行模式识别,确认微电网处于并网状态,若是,进行S2,否则,切换失败;

S2:进行微电网自平衡校核;

S3:将PCC功率值与PCS功率值相加,比较相加所得代数和的绝对值与第二预设值的大小,若所述绝对值小于或等于第二预设值,进行步骤S4;若所述绝对值大于第二预设值,则进行步骤S5;

S4:向PCC控制器发送开关分闸指令,延时向主PCS发送PQ模式转VF模式切换指令,完成并网到离网切换;

S5:进行离网方式的判断,若判断为主动离网,则切换失败;若判断为被动离网,则执行步骤S4。

2. 如权利要求1所述的微电网实时控制方法,其特征在于,在步骤S1中,所述主动离网需要进行预调节,具体包括如下步骤:

S01:当微电网中央控制器收到能量管理系统发出的主动离网命令后,确定微电网系统处于并网运行状态,且存在至少一台承担模式切换任务的PCS,若是,进行S02,否则,切换失败;

S02:调节PCC功率与主PCS功率方向相同且PCC功率与主PCS功率的代数和的绝对值小于或等于第一预设定值,然后发送主动离网命令,若调节时间超出预设时间,则切换失败。

3. 如权利要求2所述的微电网实时控制方法,其特征在于,在步骤S01中,通过微电网内主PCS的运行状态、并网开关状态及系统状态进行综合分析,对运行模式进行识别与校验。

4. 如权利要求2所述的微电网实时控制方法,其特征在于,在步骤S02中,调节的方式包括调节从PCS的功率、新能源出力、投切负荷中的至少一种。

5. 如权利要求2所述的微电网实时控制方法,其特征在于,所述第二预设值大于所述第一预设值。

6. 如权利要求1所述的微电网实时控制方法,其特征在于,在步骤S2中,所述进行微电网自平衡校核具体为:通过检测PCC视在交换功率的方向进行系统功率自平衡校验,若负荷过剩,依次通过对从PCS进行停充电、切负荷的方式进行调节;若发电过剩,则依次通过对从PCS进行停放电、切分布式电源进行调节。

7. 如权利要求1所述的微电网实时控制方法,其特征在于,还包括离网模式下的稳定运行控制方法,具体为通过保证系统的功率及容量备用在系统运行范围内,以保证系统稳定运行,其控制逻辑包括过充逻辑和过放逻辑。

8. 如权利要求7所述的微电网实时控制方法,其特征在于,所述过充逻辑具体为MGCC实时进行如下判别:若主PCS充电功率大于充电功率上限值或SOC大于SOC上限值,则依次通过调节从PCS、抑制分布式电源出力、增加负荷、切发电来消除系统过充状态;若通过调节系统过充的情况仍未改变,则根据优先级进行切发电;

所述过放逻辑具体为MGCC实时进行如下判别:若主PCS放电功率大于充电功率上限值或SOC小于SOC下限值,则依次通过解除分布式电源抑制状态、调节从PCS、切负荷来消除系统过放状态;若通过调节系统过放的情况仍未改变,则根据优先级进行切负荷。

9. 如权利要求1所述的微电网实时控制方法，其特征在于，所述微电网实时控制方法还包括离网转并网控制方法，具体步骤如下：

S1：接收离网转并网命令后，确认微电网是否处于离网状态，若是，则进行S2，否则，切换失败；

S2：根据主PCS和从PCS当前的有功功率、无功功率设定控制功率运行模式下的功率初始值；

S3：向主PCS发送同期调节命令并向主PCC发送检同期并网命令；

S4：通过调节微电网侧电压幅值与频率以满足检同期条件，若满足，则进行S5，若超过预设时间仍不能满足，则切换失败；

S5：向PCC控制器发送开关合闸指令，延时向主PCS发送VF模式转PQ模式切换指令，完成离网转并网的切换操作。

10. 一种微电网，其特征在于，所述微电网在运行时采用权利要求1至9任一项所述的微电网实时控制方法。

## 一种微电网实时控制方法及微电网

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微电网技术领域，尤其涉及一种微电网实时控制方法及微电网。

### 背景技术

[0002] 微电网是一种较小规模的分散独立系统，由负荷和微电源组成，它采用了大量的先进电力技术，将燃气轮机或者风电、光伏发电、燃料电池和储能设备等装置整合在一起，直接进入用户侧。微电网可视为大电网中的一个可控单元，可在数秒内动作，提高供电区域的供电可靠性、降低损耗、稳定电压，还可以提供不间断电源满足用户的特定需求。

[0003] 微电网实时运行过程中需要实时的调控储能、可再生能源发电装置和负载等，可并网运行也可主动或者被动离网运行，为保障负荷的供电连续性，需要相关的方法来调节。已有的技术一是在储能流变器 (Power Control System, PCS) 内部控制算法中加入补偿，抑制暂态过程的超调，实现无缝切换，但是改进逆变器系统算法或者PCS控制方法需要逆变器厂商的配合，大多逆变器不具备该功能；二是加入备用负荷、备用储能用于平抑功率波动，或者在逆变器控制系统进行改进实现无缝切换，但是加入备用负荷、备用储能需要增加额外费用，成本较高。

### 发明内容

[0004] 本发明技术方案所要解决的技术问题是提供一种微电网实时控制方法，在不改变逆变器本身控制算法的同时，也不需要额外增加相关备用负荷，实现微电网运行模式快速平滑切换、离网稳定运行等快速协调控制功能。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明技术方案提供了一种微电网实时控制方法，包括并网转离网控制方法，所述并网转离网控制方法具体为：

[0006] S1：接收到主动离网或被动离网命令后，进行模式识别，确认微电网处于并网状态，若是，进行S2，否则，切换失败；

[0007] S2：若处于并网状态，进行微电网自平衡校核；

[0008] S3：将并网点 (PCC) 功率值与主储能变流器 (Power Control System, PCS) 功率值相加，比较相加所得代数和的绝对值与第二预设值的大小，若所述绝对值小于或等于第二预设值，进行步骤S4；若所述绝对值大于第二预设值，则进行步骤S5；

[0009] S4：向PCC控制器发送开关分闸指令，延时向主PCS发送控制功率 (PQ) 模式转主电源 (VF) 模式切换指令，完成并网到离网切换；

[0010] S5：进行离网方式的判断，若判断为主动离网，则切换失败；若判断为被动离网，则执行步骤S4。

[0011] 可选的，在步骤S1中，所述主动离网需要进行预调节，具体包括如下步骤：

[0012] S01：当微电网中央控制器 (MicroGrid Central Controller, MGCC) 收到能量管理系统 (Energy Management System, EMS) 发出的主动离网命令后，确定微电网系统处于并网运行状态，且存在至少一台承担模式切换任务的储能变流器，若是，进行S02，否则，切换失

败；

[0013] S02：调节PCC功率与主PCS功率方向相同且PCC功率与主PCS功率的代数和的绝对值小于或等于第一预设定值，然后发送主动离网命令，若调节时间超出预设时间，则切换失败。

[0014] 进一步可选的，在步骤S01中，通过微电网内主PCS的运行状态、并网开关状态及系统状态进行综合分析，对运行模式进行识别与校验。

[0015] 进一步可选的，在步骤S02中，调节的方式包括调节从PCS的功率、新能源出力、投切负荷中的至少一种。

[0016] 进一步可选的，所述第二预设值大于所述第一预设值。

[0017] 可选的，在步骤S2中，所述进行微电网自平衡校核具体为：通过检测PCC视在交换功率的方向进行系统功率自平衡校验，若负荷过剩，依次通过对从PCS进行停充电、切负荷的方式进行调节；若发电过剩，则依次通过对从PCS进行停放电、切分布式电源进行调节。

[0018] 可选的，所述的微电网实时控制方法还包括离网模式下的稳定运行控制方法，具体为通过保证系统的功率及容量备用在系统运行范围内，以保证系统稳定运行，其控制逻辑包括过充逻辑和过放逻辑。

[0019] 可选的，所述过充逻辑具体为MGCC实时进行如下判别：若主PCS充电功率大于充电功率上限值或SOC大于SOC上限值，则依次通过调节从PCS、抑制分布式电源出力、增加负荷、切发电来消除系统过充状态；若通过调节系统过充的情况仍未改变，则根据优先级进行切发电；

[0020] 所述过放逻辑具体为MGCC实时进行如下判别：若主PCS放电功率大于充电功率上限值或SOC小于SOC下限值，则依次对解除分布式电源抑制状态、调节从PCS、切负荷来消除系统过放状态；若通过调节系统过放的情况仍未改变，则根据优先级进行切负荷。

[0021] 可选的，所述微电网实时控制方法还包括离网转并网控制方法，具体步骤如下：

[0022] S1：接收离网转并网命令后，确认微电网是否处于离网状态，若是，则进行S2，否则，切换失败；

[0023] S2：根据主PCS和从PCS当前的有功功率、无功功率设定PQ运行模式下的功率初始值；

[0024] S3：向主PCS发送同期调节命令并向主并网点发送检同期并网命令；

[0025] S4：通过调节微电网侧电压幅值与频率以满足检同期条件，若满足，则进行S5，若超过预设时间仍不能满足，则切换失败；

[0026] S5：向PCC控制器发送开关合闸指令，延时向主PCS发送VF模式转PQ模式切换指令，完成离网转并网的切换操作。

[0027] 为解决上述技术问题，本发明还提供了一种微电网，所述微电网在运行时采用上述的微电网实时控制方法。

[0028] 与现有技术相比，本发明技术方案的微电网实时控制方法能够实现微电网运行模式快速平滑切换、离网稳定运行等快速协调控制功能，控制尺度达到100ms级，其与上层的能量管理模块相配合，共同实现微电网的经济、稳定及可靠运行。

## 附图说明

- [0029] 图1为本发明实施例的主动离网预调节的流程示意图；
- [0030] 图2为本发明实施例的MGCC模式判别的示意图；
- [0031] 图3为本发明实施例的并网转离网控制方法的流程示意图；
- [0032] 图4为本发明实施例的过充逻辑的流程示意图；
- [0033] 图5为本发明实施例的过放逻辑的流程示意图；
- [0034] 图6为本发明实施例的离网转并网控制方法的流程示意图。

## 具体实施方式

[0035] 本发明实施例的微电网实时控制方法包括并网转离网控制方法、离网模式下的稳定运行控制方法及离网转并网控制方法。

[0036] 微电网的运行模式由并网转为离网通常由两类事件触发：(1) 运行调度根据系统运行情况(包括外部电网检修停电、内部新能源及储能充足等)主动触发，对切换时间要求不高，但要求成功率高，此类情况被称为主动离网；(2) 由于外部电网非计划性停电或发生故障，微电网通过孤岛检测或故障检测机制被动触发，此类情况称为被动离网。

[0037] 请结合图1所示，在进行主动离网时，需要进行预调节，具体包括如下步骤：

[0038] S01：MGCC收到EMS发出的主动离网命令后，确定微电网系统处于并网运行状态，并存在至少一台承担模式切换任务的PCS；具体地，如图2所示，通过微电网内主PCS的运行状态(如主PCS并网运行；主PCS离网运行)、并网开关状态(PCC开关合位)及系统状态(配电网10kv进线侧电压、频率正常；微电网10kv母线侧电压、频率正常)进行综合分析，对运行模式进行识别与校验，判断方式如下：

[0039] 若PCC开关合位、主PCS并网运行、配电网进线侧、母线侧电压频率均正常，判定微电网处于并网状态；

[0040] 若PCC开关非合位、主PCS离网运行、配电网进线侧、母线侧电压频率均正常，判定微电网处于离网状态。

[0041] 若处于并网状态，进行S02，否则，切换失败。

[0042] S02：调节PCC功率与主PCS功率方向相同且PCC功率与主PCS功率的代数和的绝对值小于或等于第一预设定值SSET<sub>1</sub>，然后发送主动离网命令，通过对PCS的功率、新能源出力、投切次要负荷进行调节，若调节时间超出预设时间，则切换失败。

[0043] 请参照图3，主动离网的预调节完成后，进行并网转离网控制方法的步骤，具体如下：

[0044] S1：接收到主动离网或被动离网命令后，进行模式识别，确认微电网处于并网状态，确认方式参见图2。

[0045] S2：若处于并网状态，进行微电网自平衡校核，具体为：通过检测PCC视在交换功率的方向进行系统功率自平衡校验，若负荷过剩，依次通过对从PCS进行停充电、切负荷的方式进行调节；如果发电过剩，则依次通过对从PCS进行停放电、切分布式电源进行调节。为保证切换过程的快速性，只进行一次功率平衡调节。

[0046] S3：将PCC功率值与主PCS功率值相加，比较相加所得代数和的绝对值与第二预设值SSET<sub>2</sub>的大小，若绝对值小于或等于SSET<sub>2</sub>，进行步骤S4；若绝对值大于SSET<sub>2</sub>，则进行步骤S5；

[0047] S4：向PCC控制器发送开关分闸指令，延时T1向主PCS发送PQ转VF切换指令，完成并

网到离网切换；分闸指令下发后，完成分闸需要时间，故延时T1后再下PCS模式切换指令，即T1为分闸指令下发到分闸完成的时间。由此同时完成PCS模式切换和PCC开合闸。

[0048] S5：进行离网方式的判断，若判断为主动离网，则切换失败；若判断为被动离网，则执行步骤S4。

[0049] 当外部电网非计划性停电或发生故障时，微电网通过孤岛检测（主要由储能PCS实现）或PCC故障检测机制，启动被动离网方法，断开PCC点快速开关，转换主PCS运行模式，使微电网进入离网运行状态。

[0050] 并网到离网无缝切换的时序控制中，对于普通的不具备下垂控制或虚拟同步发电机接口的储能PCS来说，PCS与PCC点快速开关的精确时序控制是实现无缝切换的关键，MGCC通过设定PCS模式转换命令与PCC点跳闸命令间的时间差T1，使得PCC点开关动作时刻与PCS切换为VF的时刻同步，以减小暂态过程；对于基于下垂控制或虚拟同步发电机控制的PCS来说，对时序配合的控制精度要求不高，一般T1根据实际情况设置在秒级。

[0051] 对于SSET<sub>1</sub>和SSET<sub>2</sub>，主要根据作为主PCS的抗冲击能力进行设置，同时为了做好配合，一般来说SSET<sub>1</sub>小于SSET<sub>2</sub>。

[0052] MGCC在离网模式下主要实现微电网的稳定控制，经济运行由EMS实现，微电网稳定控制途径主要有控制电压稳定和控制频率稳定。如果在微电网中的主电源只有一个，为恒电压、恒频率控制，则电压及频率稳定性问题一般是不存在的，MGCC主要保证系统的功率及容量备用在系统运行范围内，就可以保证系统稳定运行，如本实施例的离网模式下的稳定运行控制方法，其包括过充逻辑和过放逻辑。

[0053] 如图4所示，本实施例的过充逻辑具体为：MGCC实时判别主PCS的充电功率（因为充电功率的符号是“-”，因此图4中的判别条件中为“>”）是否大于充电功率的上限值及SOC是否大于SOC的上限值，这是为了保持系统运行有一定的裕度，保证系统稳定运行。

[0054] 若大于上限值时，依次通过调节非PCS（即从储能变流器）、抑制分布式电源出力、增加负荷、切发电来消除系统过充状态。以下示例性地列举了其中一个优选调节过程，如下：第一，扫描是否有非主储能可充电，若有，则进行非主储能充电，若操作成功，本轮控制结束；第二，若上轮操作不成功或没有非主储能可充电，扫描是否有光伏出力可限制，若有，则抑制光伏出力，若操作成功，本轮控制结束；第三，若上轮操作不成功或没有光出力可限制，扫描是否有风出力可限制，若有，则抑制风出力，若操作成功，本轮控制结束，若操作不成功，本轮控制结束，重复上述步骤重新进行控制。

[0055] 若调节的次数超过预定值Ti，系统过充的情况仍未改变，则根据优先级进行快速切发电。

[0056] 如图5所示，本实施例的过放逻辑具体为：MGCC实时判别主PCS的放电功率是否大于放电功率的上限值及SOC是否小于SOC的下限值。

[0057] 若是，依次对解除分布式电源抑制状态、非主PCS（即从PCS）进行功率调节，以下示例性地具列举一优选调节过程，如下：第一，扫描是否有非主储能可放电，若有，则进行非主储能放电，若操作成功，本轮控制结束；第二，若上轮操作不成功或没有非主储能可放电，扫描是否有光伏出力被限制，若有，则提高光伏出力限值，若操作成功，本轮控制结束；第三，若上轮操作不成功或没有光伏出力可限制，扫描是否有风出力被限制，若有，则提高风机出力限值，若操作成功，本轮控制结束，若操作不成功，本轮控制结束，重复上述步骤重新进行

控制。

[0058] 若调节的次数超过预定值Ti，系统过放的情况仍未改变，则根据优先级进行快速切负电。

[0059] 请参照图6，处于离网运行的微电网，当系统内分布式电源出力不足或大电网恢复供电后，将启动离网转并网控制方法，并网过程由MGCC、并网开关及储能PCS共同完成，本实施例的离网转并网控制方法具体如下：

[0060] S1：MGCC接收EMS发出的同期并网命令，进行运行模式识别与校验，确定微电网系统处于离网运行状态，校验过程如图2所示，若是，则进行S2，否则，切换失败。

[0061] S2：根据PCS当前的有功功率、无功功率设定PQ运行模式下的功率初始值。具体地，根据主PCS和从PCS当前的有功功率、无功功率设定PQ运行模式下的功率初始值。

[0062] S3：向主PCS发送同期调节命令并向主并网点发送检同期并网命令。

[0063] S4：主PCS通过通讯或直采获得系统侧的电压幅值与频率、微电网侧的电压幅值与实时频率，进行微电网侧电压幅值与频率调节，若满足，则进行S5，若超过预设时间仍不能满足，则切换失败。

[0064] S5：向PCC控制器发送开关合闸指令，延时向主PCS发送VF模式转PQ模式切换指令，完成离网转并网的切换操作。合闸指令下发后，完成合闸需要时间，故延时T2后再下PCS模式切换指令，即T2为合闸指令下发到合闸完成的时间。由此同时完成PCS模式切换和PCC开合闸。

[0065] 本发明实施例还提供了一种微电网，该微电网在运行时采用上述的微电网实时控制方法。

[0066] 以上详细描述了本发明的具体实施例，应当理解，本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此，凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案，皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

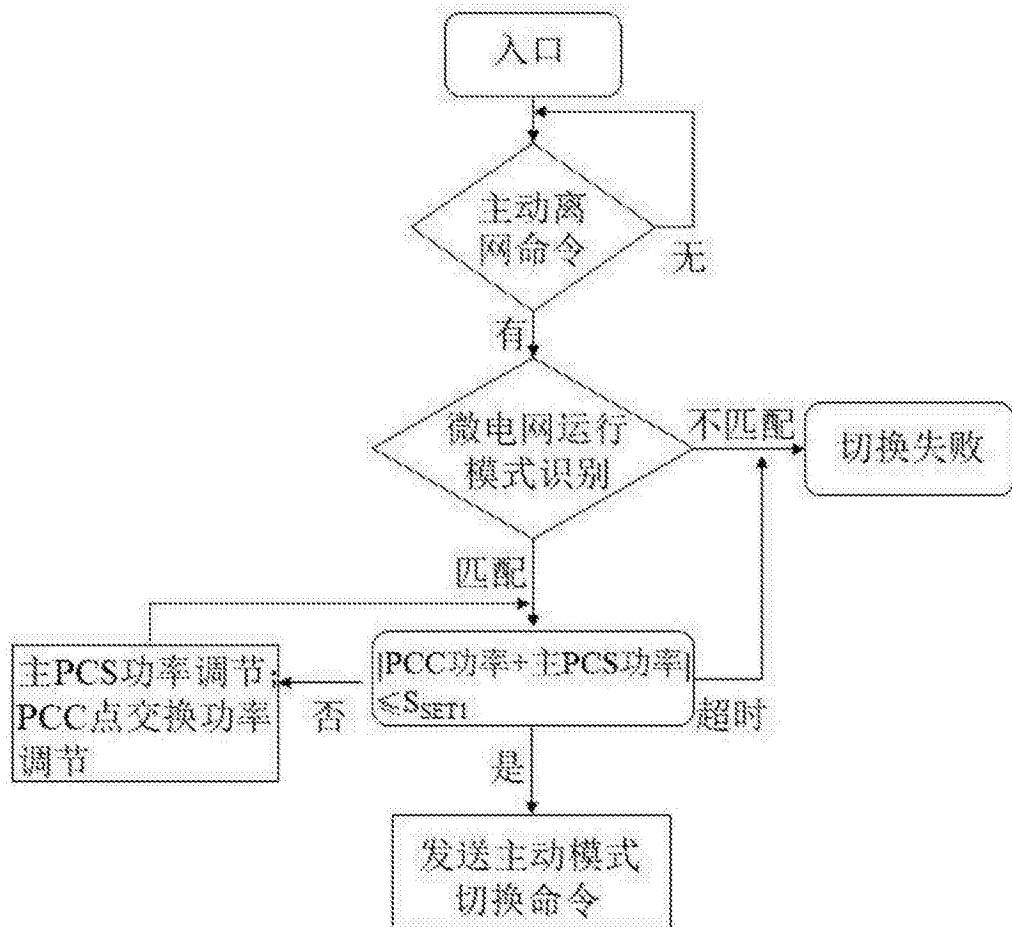


图1

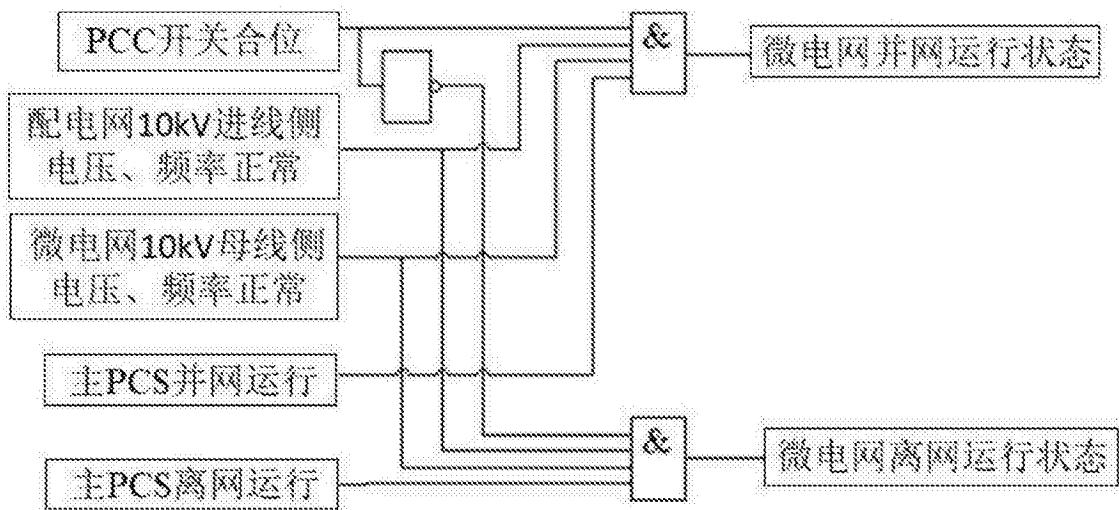


图2

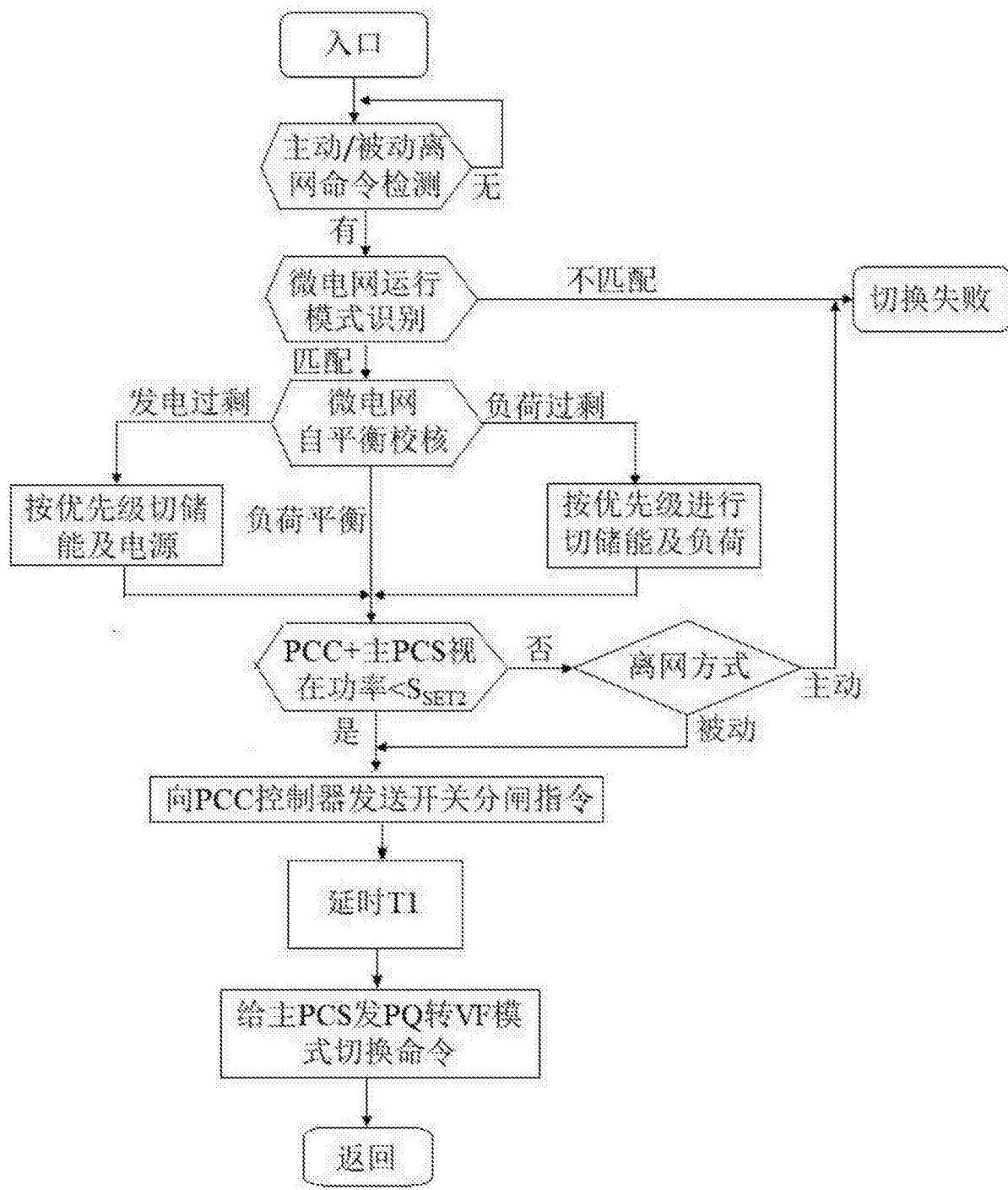


图3

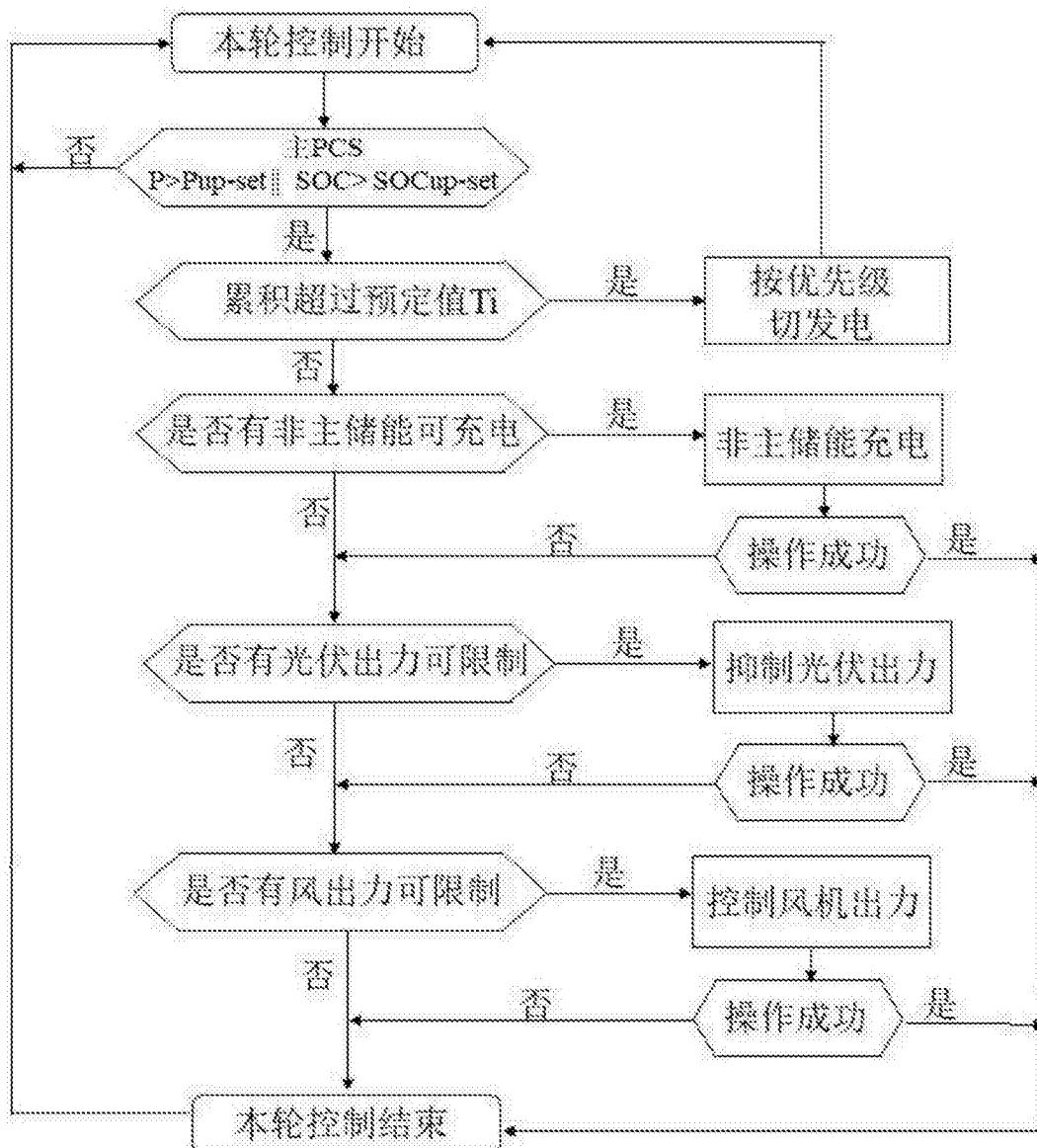


图4

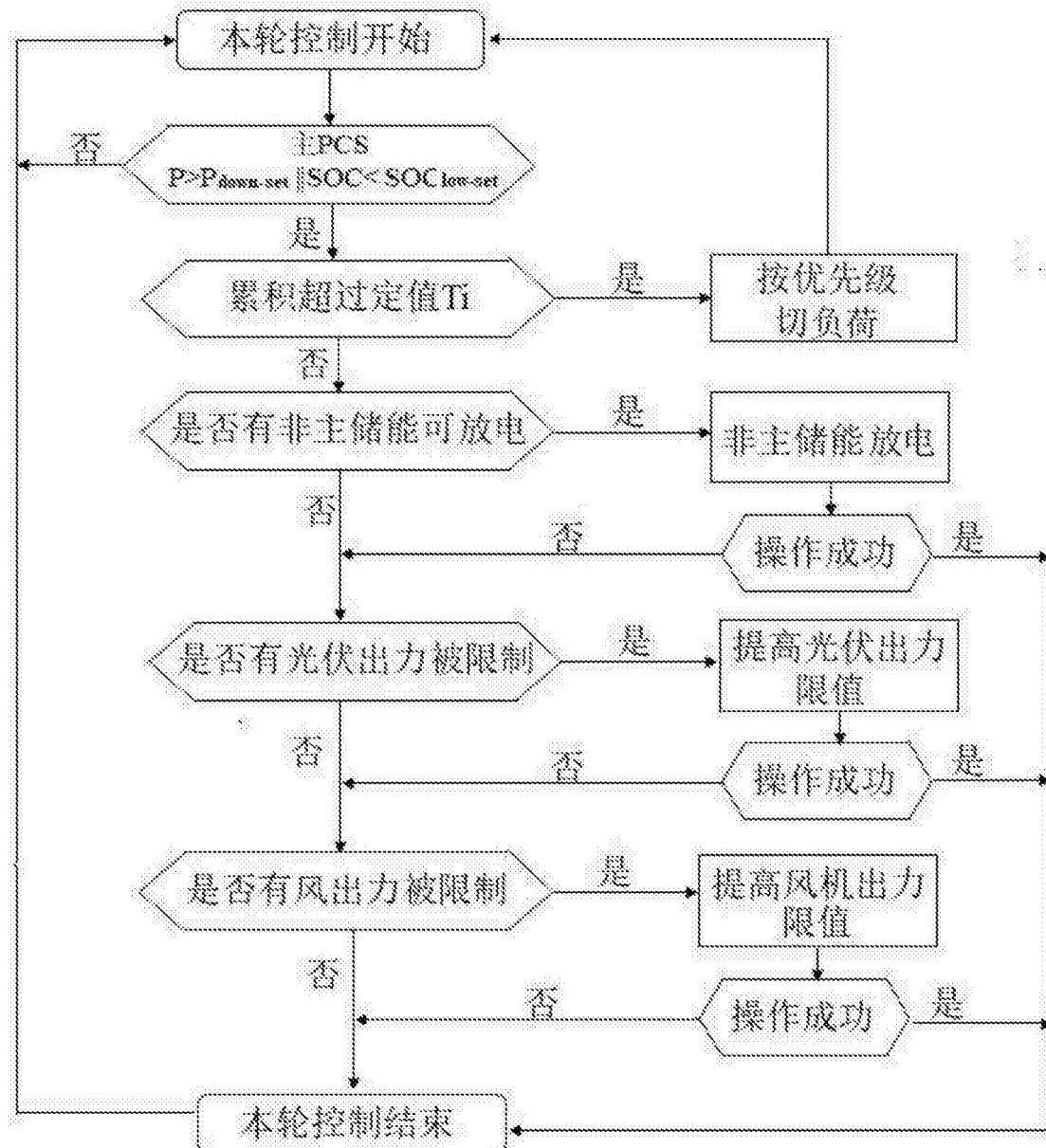


图5

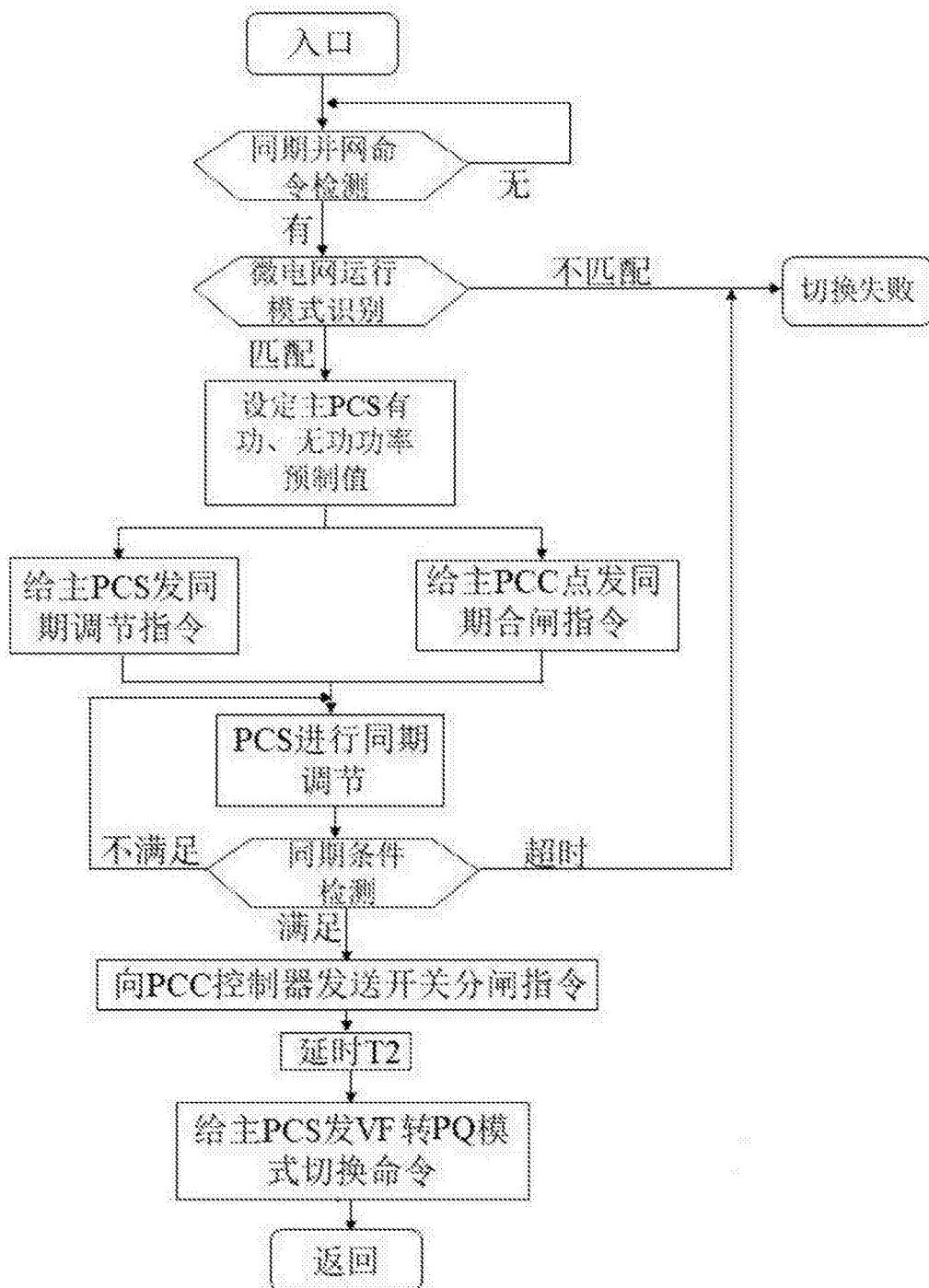


图6