



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106033892 B

(45)授权公告日 2019.04.12

(21)申请号 201610517107.2

(22)申请日 2016.07.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106033892 A

(43)申请公布日 2016.10.19

(73)专利权人 许继集团有限公司
地址 461000 河南省许昌市许继大道1298号

专利权人 国家电网公司
国网山东省电力公司电力科学研究院
许昌许继软件技术有限公司

(72)发明人 李献伟 毋炳鑫 谢卫华 张磊
刘长运 王雷涛 刘德贵 王毅

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 陈浩

(51)Int.Cl.
H02J 3/28(2006.01)
H02J 3/38(2006.01)
H02J 3/46(2006.01)

(56)对比文件
CN 103311953 A,2013.09.18,说明书具体实施方式.

JP 特开2001-157364 A,2001.06.08,全文.

CN 103779869 A,2014.05.07,全文.

王伟等.“基于SOC 调控的用于抑制光伏波动的电池储能优化控制方法”.《电力系统保护与控制》.2014,第42卷(第2期),第75-80页.

审查员 曹卫琴

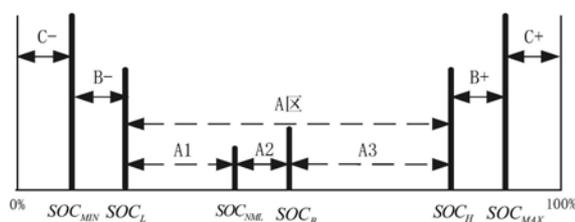
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

基于储能SOC状态的微电网能量优化控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于储能SOC状态的微电网能量优化控制方法,包括:并网运行时,1)基于储能SOC状态协调分布式发电输出功率、储能功率及负荷,通过与配电网的公共连接点向配电网提供功率支撑;2)PCC点配电变压器最佳运行,基于储能SOC状态调整储能功率,将PCC点配电变压器负载率保持在最佳运行范围之间;3)基于储能SOC状态并结合实时电价调整储能SOC。离网运行时,以全系统能量利用效率最大和运行费用最低为目标,利用可再生能源,保证重要负荷的供电,实现整个微电网的经济最优运行。本发明能够保证并网运行时三种能量优化控制,离网运行时保证MG稳定运行,提高DG的利用率,保证重要负荷的供电。



1. 用于满足PCC点配电变压器最佳运行要求的并网运行MG的能量优化控制方法,其特征在于,步骤如下:

采集PCC点的交换功率,计算PCC点配电变压器负载率 β_{dc} ,配电变压器负载率的最佳运行变化范围为 $\beta_L \leq \beta_{dc} \leq \beta_H$;

(1) 当 $\beta_L \leq \beta_{dc} \leq \beta_H$ 时,即PCC点配电变压器负载率在最佳运行范围,不需进一步能量优化控制;

(2) 当 $\beta_{dc} < \beta_L$ 时,若 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} < SOC_H$,ESS充电,增加PCC点配电网变压器的负载率;若 $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,启动紧急状态响应,ESS放电,降低DG出力,增加PCC点配电网变压器的负载率;

(3) 当 $\beta_{dc} > \beta_H$ 时,若 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,ESS放电,减少PCC点配电网变压器的负载率;若 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$,启动紧急状态响应,ESS充电,切除部分EPL减少PCC点配电网变压器的负载率;

其中,MG运行时SOC的所允许的最大值为 SOC_{MAX} ,所允许的最小值为 SOC_{MIN} ,告警上限值为 SOC_H ,告警下限值为 SOC_L ;负载率最佳运行范围的下限值为 β_L ,最佳运行范围的上限值为 β_H 。

基于储能SOC状态的微电网能量优化控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于分布式微电网领域,涉及一种基于SOC状态的微电网能量优化控制方法。

背景技术

[0002] 分布式发电(distributed generation,DG)可充分利用各种可用的分散存在的光伏发电,风力发电等接入配电网,实现可再生能源的利用;但其存在发电间歇性、需要配电网支撑、需要建设相同的备用容量、外部故障失去DG等缺点。微电网(Microgrid,MG)是为协调电网与DG间的矛盾,最大程度发掘DG在经济、能源和环境中的优势提出的技术方案。

[0003] MG由DG、储能系统(energy storage system,ESS)、电力负荷(electric Power Load,EPL)等构成,并通过公共连接点(Point of common coupling,PCC)接入配电网,能够实现自我控制、保护和管理的自治系统,既可以与配电网并网运行,也可以离网运行,是解决DG不可控及随机波动性接入配电网的有效方式,如图1所示。

[0004] ESS包括电池和用于能量转换的储能变流器(Power conversion system,PCS),ESS在MG中作用的类似于湖泊对河流起调节作用,湖泊在洪水期蓄积河流中的部分洪水,削减河流洪峰,在枯水期湖泊补给河流,增加河流的径流;并网运行时,ESS通过调节PCS功率输入及输出平抑DG的波动,提高DG利用率,降低配电系统能量损耗;离网运行时,MG没有配电网的支撑,需要充分考虑发电与负荷的功率平衡,通过协调DG、ESS与EPL维持MG的稳定运行,在充分利用DG的同时保证重要负荷的持续供电。

[0005] ESS电池的荷电状态(State of Charge,SOC)反映电量的比例, $SOC=0\%$ 表示电量为零, $SOC=100\%$ 表示电池充满;依据ESS在MG中的功能定位,ESS的SOC状态应保持在某一范围内并结合具体的能量优化控制要求进行调整,同时兼顾ESS的SOH(State Of Health,SOH,表示电池的健康状态,也称寿命状态)因素进行优化运行控制,延长使用寿命。

[0006] MG能量优化控制是从系统角度进行统一规划、调整和优化,通过协调控制DG、储能系统的充放电及负荷投切,并网运行时平抑分布式发电的波动,实现新能源发电利用最大化,降低常规配电系统能量损耗,保证整个供电系统的安全性、可靠性、经济性,实现DG的优化运行;离网运行时实现MG的稳定运行,在充分利用DG的同时保证重要负荷的持续供电。

[0007] 现有的MG能量优化控制还不够完善,DG利用率不高。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种基于储能SOC状态的微电网能量优化控制方法,用以解决现有技术DG利用率不高的问题。

[0009] 为实现上述目的,本发明的方案包括:

[0010] 用于满足调度计划响应要求的并网运行MG的能量优化控制方法,步骤如下:

[0011] 采集PCC点的交换功率并与调度计划进行比较,计算满足调度计划响应所需的有功及无功缺额;

[0012] (1) $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_H$, 调整ESS的有功及无功功率响应调度计划;

[0013] (2) $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$, 启动紧急状态响应, ESS充电、切除部分非重要EPL响应调度计划;

[0014] (3) $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$, 启动紧急状态响应, ESS放电、投入部分EPL、限制DG输出响应调度计划。

[0015] 用于满足PCC点配电变压器最佳运行要求的并网运行MG的能量优化控制方法, 步骤如下:

[0016] 采集PCC点的交换功率, 计算PCC点配电变压器负载率 β_{dc} , 配电变压器负载率的最佳运行变化范围为 $\beta_L \leq \beta_{dc} \leq \beta_H$;

[0017] (1) 当 $\beta_L \leq \beta_{dc} \leq \beta_H$ 时, 即PCC点配电变压器负载率在最佳运行范围, 不需进一步能量优化控制;

[0018] (2) 当 $\beta_{dc} < \beta_L$ 时, 若 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} < SOC_H$, ESS充电, 增加PCC点配电网变压器的负载率; 若 $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$, 启动紧急状态响应, ESS放电, 降低DG出力, 增加PCC点配电网变压器的负载率;

[0019] (3) 当 $\beta_{dc} > \beta_H$ 时, 若 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$, ESS放电, 减少PCC点配电网变压器的负载率; 若 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$, 启动紧急状态响应, ESS充电, 切除部分EPL减少PCC点配电网变压器的负载率。

[0020] 用于满足收益最大化要求的并网运行MG的能量优化控制方法, 步骤如下:

[0021] (1) 当 $SE_{NML} < SE(t) \leq SE_{MAX}$, 即实时电价大于正常电价且不大于最高用电电价时, 若 $SOC_{NML} \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$, 将ESS的SOC调整至 $SOC_L \leq SOC_{ESS} < SOC_{NML}$, $SE(t)$ 越高SOC减少的速度越快, 当 $SE(t) = SE_{MAX}$ 将ESS的SOC降低趋近 SOC_L , 实现收益最大化; $SE(t)$ 为实时电价; $SE(t)$ 围绕正常用电电价 SE_{nml} 并在 $[SE_{MIN}, SE_{MAX}]$ 之间波动; OE 为上网电价;

[0022] (2) 当 $OE < SE(t) \leq SE_{NML}$, 即实时电价不大于正常用电电价且大于分布式发电上网电价时, 若 $SOC_B \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$, MG能量优化控制目标是将ESS的SOC调整至 $SOC_{NML} \leq SOC_{ESS} < SOC_B$, 出售部分ESS存储电能;

[0023] (3) 当 $SE_{MIN} \leq SE(t) \leq OE$, 即实时电价不大于分布式发电上网电价且不小于最低用电电价且时, 当 $SOC_{ESS} < SOC_B$, MG能量优化控制目标是将ESS的SOC调整至 $SOC_B \leq SOC_{ESS} \leq SOC_H$, ESS储存电能, $SE(t)$ 越低SOC增长的速度越快, 当 $SE(t) = SE_{MIN}$ 可将ESS的SOC提高趋近 SOC_H 。

[0024] 用于离网运行MG的能量优化控制方法, 步骤如下:

[0025] 离网运行时, PCS运行于V/f模式, ESS有功功率为 P_{ESS} , 无功功率为 Q_{ESS} , 额定功率为 P_{eESS} ;

[0026] (1) 当 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$, 启动紧急状态响应, 若 $P_{ESS} \geq 0$ 时, 将所有DG运行于最大功率跟踪模式, 切除全部非重要的EPL, 将ESS由放电转为充电, 尽快将ESS的SOC调整至 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_H$;

[0027] (2) 当 $SOC_L < SOC_{ESS} \leq SOC_B$, 若 $P_{ESS} > \frac{1}{2} P_{eESS}$ 时, 即ESS以大于其一半额定功率进行放电时, 将所有DG运行于最大功率跟踪模式, 切除部分非重要的EPL, 逐步降低ESS的放电功率至不大于其一半额定功率;

[0028] (3) 当 $SOC_B < SOC_{ESS} < SOC_H$, 若 $P_{ESS} \leq -\frac{1}{2} P_{e_{ESS}}$, 即 ESS 以大于其一半额定功率进行充电时, 投入部分非重要的 EPL, 和/或限制部分 DG 功率输出, 逐步降低 ESS 的充电功率至不大于其一半额定功率;

[0029] (4) 当 $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$, 启动紧急状态响应, 若 $P_{ESS} \leq 0$ 时, 即 ESS 的 SOC 大于其上限值并且仍然在充电时, 投入全部非重要的 EPL, 和/或限制部分 DG 功率输出, 将 ESS 由充电转为放电, 将 ESS 的 SOC 调整至 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_H$ 。

[0030] 本发明在满足了微电网在并网和离网两种运行模式下不同的能量优化控制要求, 并网运行时可满足三种能量优化控制要求, 包括响应配电网调度计划、实现 PCC 点配电变压器最佳运行以及收益最大化要求, 离网运行时在保证电网稳定运行的前提条件下, 充分利用可再生能源, 保证重要负荷的供电, 实现整个微电网的经济最优运行, 能够满足 MG 并网及离网运行模式下不同的能量优化控制要求, 并网运行时可满足调度计划响应要求、PCC 点配电变压器最佳运行要求以及收益最大化要求三种能量优化控制, 离网运行时保证 MG 稳定运行, 提高 DG 的利用率, 保证重要负荷的供电。

附图说明

[0031] 图1是微电网结构示意图;

[0032] 图2-1是MG并网时ESS的SOC状态限值区间;图2-2是离网时ESS的SOC限值区间;

[0033] 图3是MG并网运行时ESS的SOC维护与实时用电电价关系曲线;

[0034] 图4是MG并网运行时满足PCC点配电变压器最佳运行要求的能量优化控制流程图;

[0035] 图5是MG并网运行时满足收益最大化要求的能量优化控制流程图;

[0036] 图6是MG离网运行时的能量优化控制流程图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图对本发明做进一步详细的说明。

[0038] ESS 的 SOC 设置了 5 个限值, 分别是 MG 运行时 SOC 的所允许的最大值 SOC_{MAX} , 所允许的最小值 SOC_{MIN} , 告警上限值 SOC_H , 告警下限值 SOC_L 以及运行过程中推荐保持的最佳值 SOC_B 。ESS 的 SOC 设置所允许的最大值及最小值是为了防止蓄电池的过充及过放, 延长使用寿命; ESS 的 SOC 设置告警上限值及告警下限值是为了保证 ESS 在 MG 中的调节作用, ESS 的 SOC 的最佳值是指 MG 并网和离网运行时 ESS 的 SOC 保持的最佳状态, 无论 MG 并网运行还是离网运行, ESS 的 SOC 状态都需满足 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$ 。当 $SOC_{ESS} \leq SOC_L$ 或 $SOC_{ESS} \geq SOC_H$, 即当 SOC 一旦超过其上下限值将发出告警, MG 无论并网运行还是离网运行都将启动紧急状态响应, ESS 充电或放电, 尽快将 ESS 的 SOC 状态调整至正常范围内。

[0039] 如图 2-1 所示为 MG 并网时 ESS 的 SOC 状态限值区间, 如图 2-2 所示为 MG 离网时 ESS 的 SOC 状态限值区间, 超过最大值为 C+ 区, 低于最小值为 C- 区, 超过最高限值而小于最大值为 B+ 区, 低于最低限制而大于最小值为 B- 区, 在最低限值和最高限值之间为 A 区; 由于 ESS 在 MG 并网时及离网时的功能定位不同, ESS 的 SOC 状态值也不同, C+ 区和 C- 区是 SOC 状态危险区, MG 能量优化调度要首先保证 SOC 状态不得进入该区, 运行过程中尽量将 SOC 状态保持在 A 区, 当 SOC 状态进入告警 B+ 区或 B- 区时, MG 的能量优化调度策略要保证尽快将 SOC 状态值调整至

A区。

[0040] MG的DG有功输出为 P_{DG} ,无功输出为 Q_{DG} ,额定功率为 P_{eDG} ;ESS扮演着电源/负荷双重角色进行调节,即可输出功率又可吸收功率,放电为正值,充电为负值,ESS有功功率为 P_{ESS} ,无功功率为 Q_{ESS} ,额定功率为 P_{eESS} ;EPL有功消耗为 P_{EPL} ,无功消耗为 Q_{EPL} ;配电网通过PCC点与MG进行功率交换,流入MG为正值,流出MG为负值,MG与配电网交换有功功率为 P_G ,交换无功功率为 Q_G ;不考虑损耗等因素,DG的功率、ESS的功率、MG与配电网的交换功率应等于EPL消耗功率。

[0041] MG并网运行时满足:

$$[0042] \quad P_{DG} + P_{ESS} + P_G = P_{EPL} \quad (1)$$

$$[0043] \quad Q_{DG} + Q_{ESS} + Q_G = Q_{EPL} \quad (2)$$

[0044] MG离网运行时满足:

$$[0045] \quad P_{DG} + P_{ESS} = P_{EPL} \quad (3)$$

$$[0046] \quad Q_{DG} + Q_{ESS} = Q_{EPL} \quad (4)$$

[0047] ESS包括电池和用于能量转换的储能变流器(Power conversion system,PCS),其中ESS在MG中作用的类似于湖泊对河流起调节作用,湖泊在洪水期蓄积河流中的部分洪水,削减河流洪峰,在枯水期湖泊补给河流,增加河流的径流;并网运行时,ESS通过调节PCS功率输入及输出平抑DG的波动保证供电质量,提高DG利用率,降低配电网能量损耗,同时也并结合购售电价差调整ESS充放电实现需求侧响应,获得最大经济利益;离网运行时,MG没有配电网的支撑,需要充分考虑发电与负荷的功率平衡,通过协调DG、ESS与EPL维持MG的稳定运行,在充分利用DG的同时保证重要负荷的持续供电。当 $SOC_{ESS} \leq SOC_L$ 或 $SOC_{ESS} \geq SOC_H$,即当SOC一旦超过其上下限值,MG无论并网运行还是离网运行都将启动紧急状态响应,ESS充电或放电,尽快将ESS的SOC状态调整至正常范围内。

[0048] 并网运行时,包括下面三种控制策略:

[0049] 第一种控制策略:并网运行时,MG的能量优化控制满足调度计划响应要求:

[0050] 采集PCC点的交换功率并与调度计划进行比较,计算满足调度计划响应所需的有功及无功缺额;

[0051] (1) $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_H$,调整ESS的有功及无功功率响应调度计划;

[0052] (2) $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$,启动紧急状态响应,ESS充电、切除部分非重要EPL响应调度计划;

[0053] (3) $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,启动紧急状态响应,ESS放电、投入部分EPL、限制DG输出响应调度计划。

[0054] 第二种控制策略:并网运行时,MG的能量优化控制满足PCC点配电变压器最佳运行要求:

[0055] 采集PCC点的交换功率,计算PCC点配电变压器负载率(duty cycle, β_{dc}),配电变压器负载率的最佳运行变化范围为 $\beta_L \leq \beta_{dc} \leq \beta_H$ (MG向配电网送电时不考虑最佳运行)。

[0056] (1) 当 $\beta_L \leq \beta_{dc} \leq \beta_H$ 时,即PCC点配电变压器负载率在最佳运行范围,不需进一步能量优化控制;

[0057] (2) 当 $\beta_{dc} < \beta_L$ 时,若 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} < SOC_H$,ESS充电,增加PCC点配电网变压器的负载率;若 $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,启动紧急状态响应,ESS放电,降低DG出力,增加PCC点配电网

变压器的负载率；

[0058] (3) 当 $\beta_{dc} > \beta_H$ 时,若 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,ESS放电,减少PCC点配电网变压器的负载率;若 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$,启动紧急状态响应,ESS充电,切除部分EPL减少PCC点配电网变压器的负载率。

[0059] 如图3所示:投入该功能后,采集PCC点的功率交换,计算配电变压器负载率(duty cycle, β_{dc}),当 β_{dc} 在最佳运行范围时,经过 Δt 时间再循环;当 β_{dc} 超出最佳运行范围时,ESS的SOC大于 SOC_L 时,对ESS进行放电,由ESS提供部分EPL供电,逐步增加ESS的放电功率降低配电变压器负载率至最佳范围;当 β_{dc} 低于最佳运行范围时,ESS的SOC小于 SOC_H 时,对ESS进行充电,逐步增加ESS的充电功率提高PCC点配电网变压器的负载率至最佳范围。

[0060] 第三种控制策略:并网运行时,MG的能量优化控制满足收益最大化要求:

[0061] 目前的电价政策包括上网电价(online electrovalency, OE)和用电电价(sale electrovalency, SE),DG的上网电价(包括国家上网电价补贴)一般都是固定了,电力公司通过实时的SE(t)鼓励用户参与需求侧管理,SE(t)围绕正常用电电价 SE_{NML} 并在 $[SE_{MIN}, SE_{MAX}]$ 之间波动。MG的能量优化控制目标是根据实时电价通过不断调整ESS的SOC状态、实现用电成本最低;当SE(t) = OE时, $SOC_{ESS} = SOC_B$,即SOC最佳值是当实时用电电价等于DG上网电价时ESS的值;当SE(t) = SE_{NML} ,ESS的 $SOC_{ESS} = SOC_{NML}$,即 SOC_{NML} 是实时用电电价等于正常用电电价时的值;如图3为SOC随SE变化曲线图:

[0062] (1) 当 $SE_{NML} < SE(t) \leq SE_{MAX}$,即实时电价大于正常电价且不大于最高用电电价时,电力公司通过提高SE影响用户用电行为,减少用电量,MG能量优化控制目标是出售ESS存储电能,若 $SOC_{NML} \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,将ESS的SOC调整至A1区,即 $SOC_L \leq SOC_{ESS} < SOC_{NML}$,SE(t)越高SOC减少的速度越快,当SE(t) = SE_{MAX} 可将ESS的SOC降低趋近 SOC_L ,实现收益最大化;

[0063] (2) 当 $OE < SE(t) \leq SE_{NML}$,即实时电价不大于正常用电电价且大于分布式发电上网电价时,若 $SOC_B \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,MG能量优化控制目标是将ESS的SOC调整至A2区,即 $SOC_{NML} \leq SOC_{ESS} < SOC_B$,出售部分ESS存储电能;

[0064] (3) 当 $SE_{MIN} \leq SE(t) \leq OE$,即实时电价不大于分布式发电上网电价且不小于最低用电电价且时,电力公司通过降低SE影响用户用电行为,提高用电量,当 $SOC_{ESS} < SOC_B$,MG能量优化控制目标是将ESS的SOC调整至A3区,即 $SOC_B \leq SOC_{ESS} \leq SOC_H$,ESS储存电能,SE(t)越低SOC增长的速度越快,当SE(t) = SE_{MIN} 可将ESS的SOC提高趋近 SOC_H 。

[0065] 如图4所示:投入该功能后,采集用电电价,当SE(t) > SE_{NML} ,即实时电价大于正常用电电价时,ESS放电售出存储电能,ESS的放电功率增加与SE(t) - SE_{NML} 成正比,MG能量优化控制的目标是将ESS的SOC调整至A1区;当 $OE < SE(t) \leq SE_{NML}$,即实时电价不大于正常用电电价且大于分布式发电上网电价时,当 $SOC_{ESS} \geq SOC_B$,即ESS的SOC不小于其最佳值,可出售部分ESS存储电能,MG能量优化控制的目标将ESS的SOC调整至A2区;当SE(t) $\leq OE$,即实时电价不大于分布式发电上网电价时,当 $SOC_{ESS} < SOC_B$,即ESS的SOC小于其最佳值,ESS将存储电能,逐步增加ESS的输入功率,ESS的充电功率增加与|SE(t) - OE|成正比,MG能量优化控制的目标是将ESS的SOC调整至A3区。

[0066] 离网运行时,PCS运行于电压源模式(V/f模式)控制母线的电压及频率,ESS的有功功率为: $P_{ESS} = P_{EPL} - P_{DG}$,即当EPL的有功消耗小于DG输出功率时ESS将充电,当EPL的有功消耗大于DG输出功率时ESS将放电;ESS的无功功率为: $Q_{ESS} = Q_{EPL} - Q_{DG}$,即当EPL的无功消耗小于DG

无功输出时ESS将吸收无功,当EPL的无功消耗大于DG无功输出时ESS将输出无功,ESS的功率根据需求自动调整,ESS需要保持足够的备用容量以平抑DG功率波动、稳定MG母线电压及频率、作为紧急备用电源等多种需求,ESS的SOC状态是MG离网长期稳定运行的重要指标需时刻关注。

[0067] 基于储能SOC状态MG能量优化控制是在保证电网稳定运行的前提条件下:以全系统能量利用效率最大和运行费用最低为目标,充分利用可再生能源,实现多能源互补发电,保证整个微电网的经济最优运行。根据各种能源的发电特性,制定各种的经济优化措施。

[0068] 离网运行时的控制策略为:

[0069] (1) 当 $SOC_{MIN} < SOC_{ESS} \leq SOC_L$,启动紧急状态响应,若 $P_{ESS} \geq 0$ 时,即ESS的SOC低于其下限值并且仍然在放电时,将所有DG运行于最大功率跟踪模式,切除全部非重要的EPL,将ESS由放电转为充电,尽快将ESS的SOC调整至 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_H$;

[0070] (2) 当 $SOC_L < SOC_{ESS} \leq SOC_B$,即ESS的SOC不小于其下限值且小于其最佳值时,若 $P_{ESS} > \frac{1}{2} P_{e_{ESS}}$ 时,即ESS以大于其一半额定功率进行放电时,将所有DG运行于最大功率跟踪模式,切除部分非重要的EPL,逐步降低ESS的放电功率至不大于其一半额定功率;

[0071] (3) 当 $SOC_B < SOC_{ESS} < SOC_H$,即ESS的SOC大于其最佳值且小于其上限值,若 $P_{ESS} \leq -\frac{1}{2} P_{e_{ESS}}$,即ESS以大于其一半额定功率进行充电时,投入部分非重要的EPL,或限制部分DG功率输出(或两者同时进行),逐步降低ESS的充电功率至不大于其一半额定功率;

[0072] (4) 当 $SOC_H \leq SOC_{ESS} < SOC_{MAX}$,启动紧急状态响应,若 $P_{ESS} \leq 0$ 时,即ESS的SOC大于其上限值并且仍然在充电时,投入全部非重要的EPL,或限制部分DG功率输出(或两者同时进行),将ESS由充电转为放电,尽快将ESS的SOC调整至 $SOC_L < SOC_{ESS} < SOC_H$ 。

[0073] 如图5所示:离网运行投入该功能后,当 $SOC_{ESS} \leq SOC_L$,启动紧急状态响应,若 $P_{ESS} \geq 0$ 时,将所有DG运行于最大功率跟踪模式,切除全部非重要的EPL,经 Δt_1 后进行循环,此时需要尽快将ESS的SOC调整至正常范围,是紧急调整, Δt_3 设置较小;当 $SOC_L < SOC_{ESS} \leq SOC_B$,若 $P_{ESS} > \frac{1}{2} P_{e_{ESS}}$,将所有DG运行于最大功率跟踪模式,切除部分非重要的EPL,经 Δt_4 后进行

循环;当 $SOC_B < SOC_{ESS} < SOC_H$,若 $P_{ESS} \leq -\frac{1}{2} P_{e_{ESS}}$,投入部分非重要的EPL,或限制部分DG功率输出(或两者同时矫正),经 Δt_2 后进行循环;当 $SOC_{ESS} \geq SOC_H$,启动紧急状态响应,若 $P_{ESS} \leq 0$,投入全部非重要的EPL,或限制部分DG功率输出(或两者同时矫正),经 Δt_3 后进行循环。

[0074] 以上给出了本发明涉及的具体实施方式,但本发明不局限于所描述的实施方式。在本发明给出的思路下,采用对本领域技术人员而言容易想到的方式对上述实施例中的技术手段进行变换、替换、修改,并且起到的作用与本发明中的相应技术手段基本相同、实现的发明目的也基本相同,这样形成的技术方案是对上述实施例进行微调形成的,这种技术方案仍落入本发明的保护范围内。

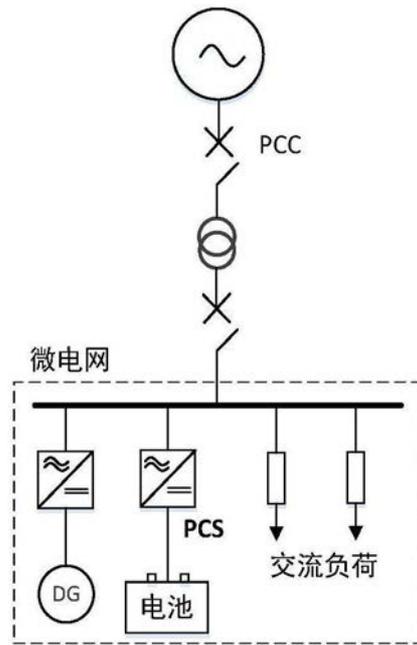


图1

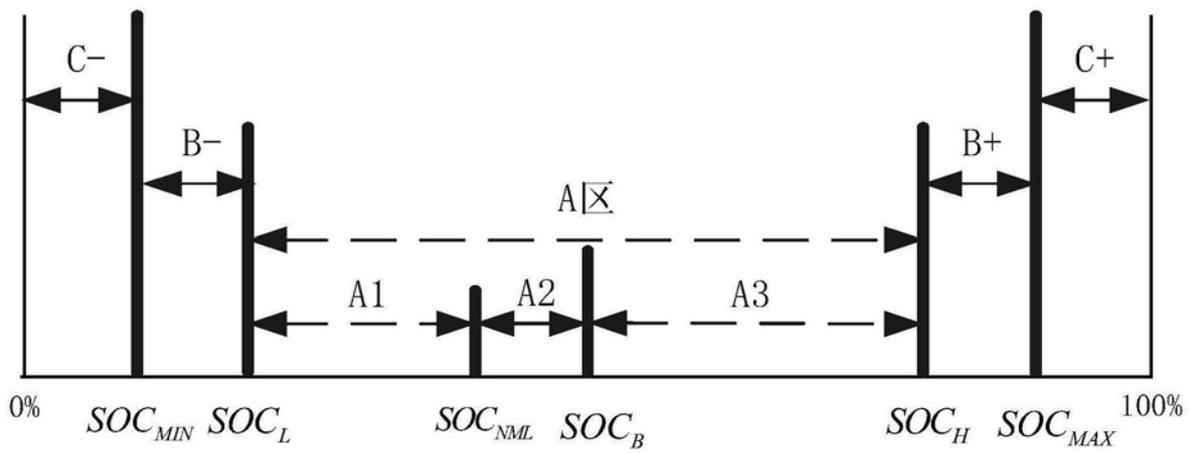


图2-1

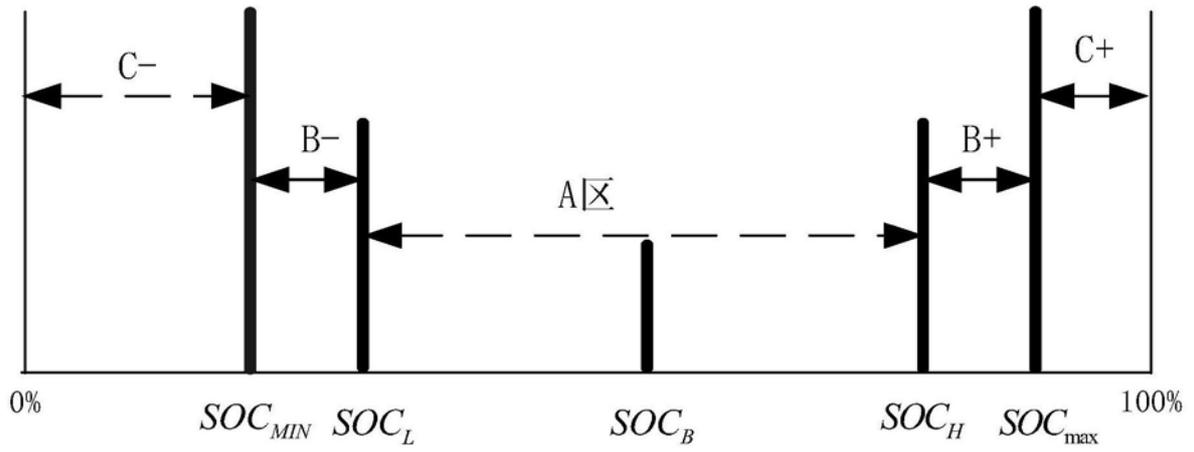


图2-2

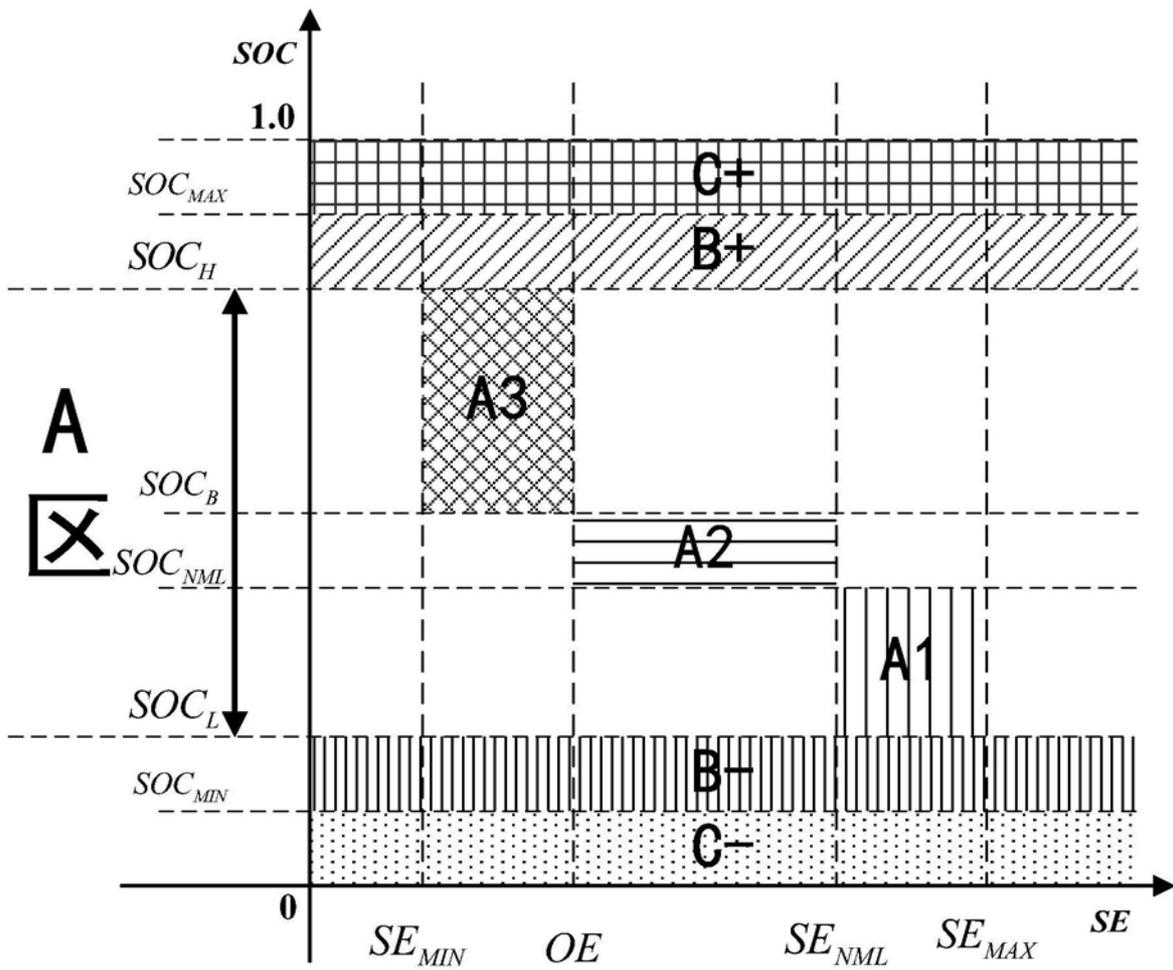


图3

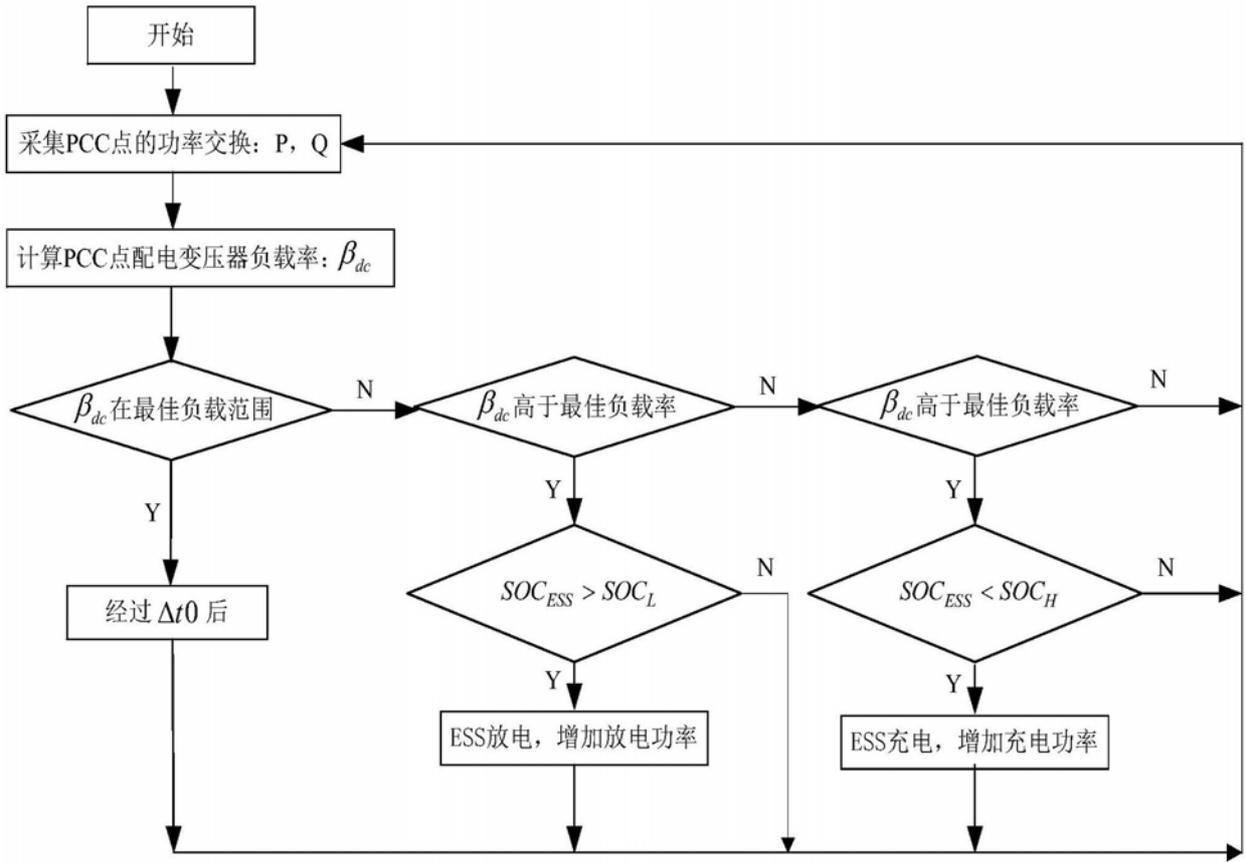


图4

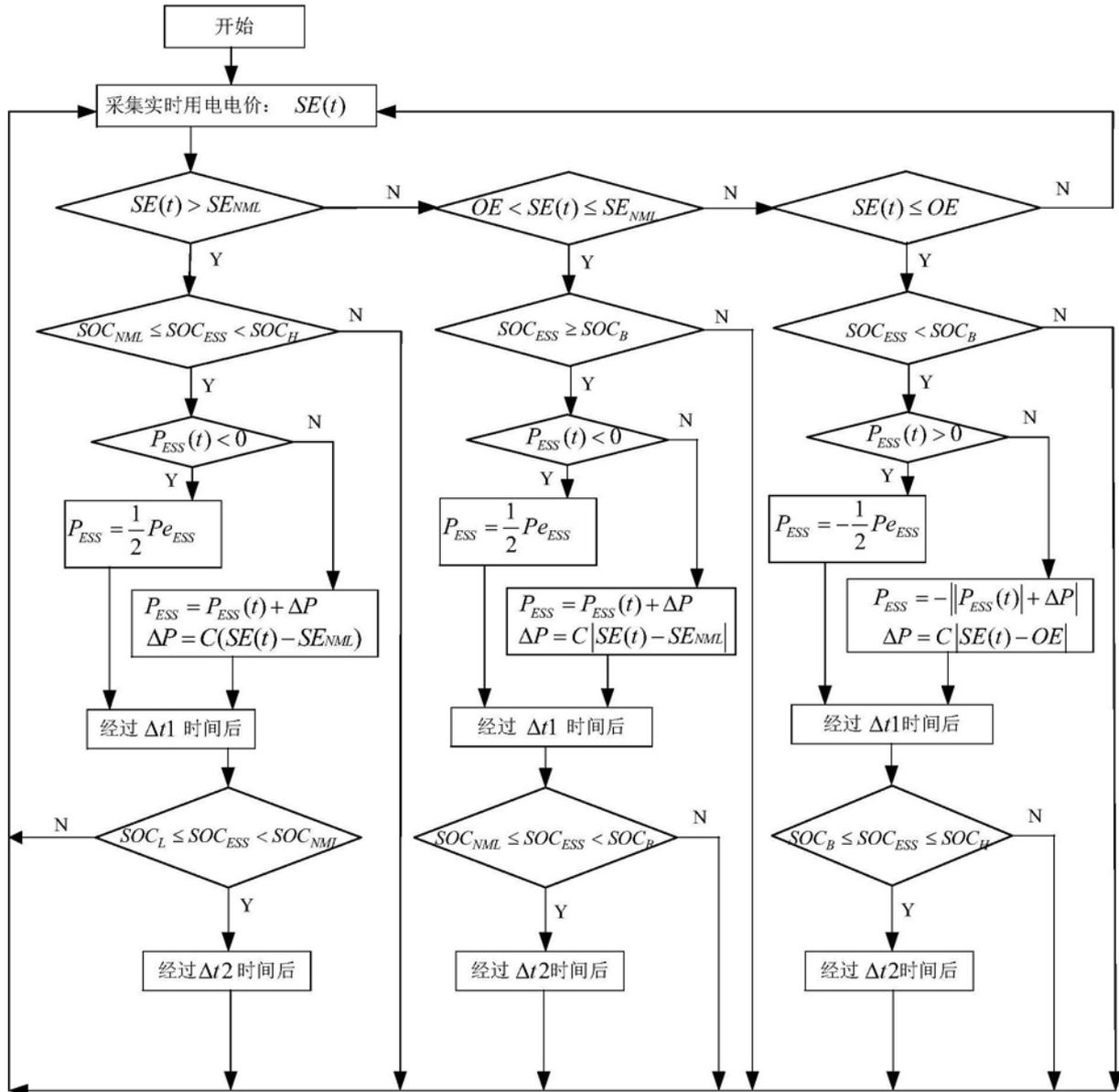


图5

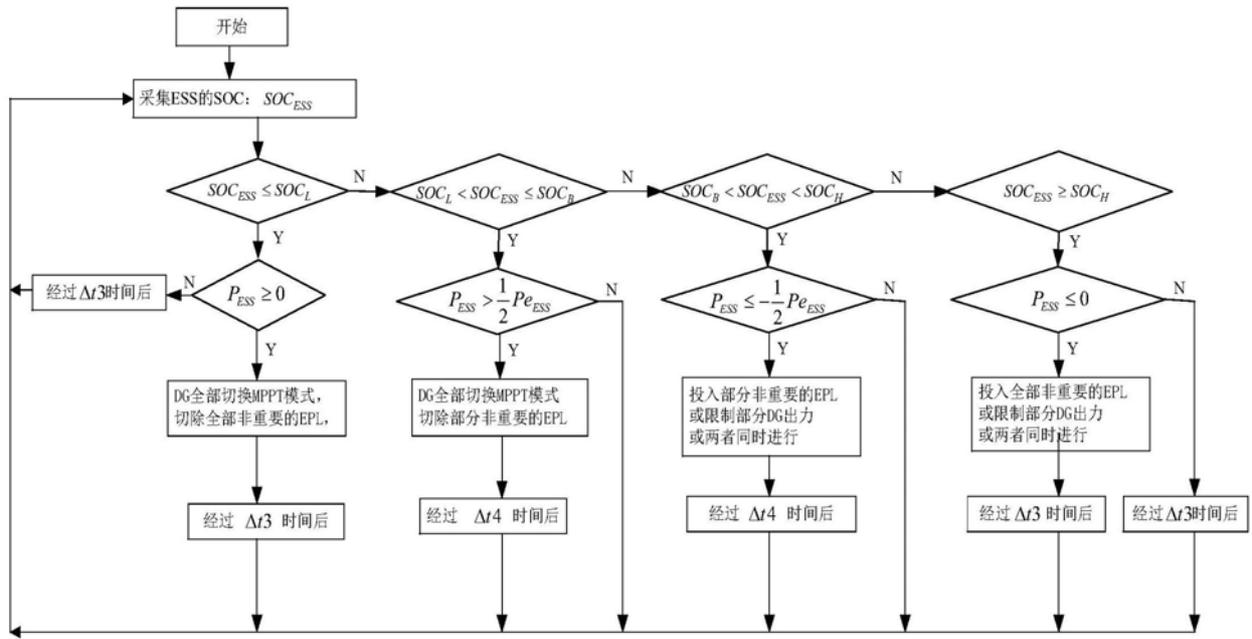


图6