



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104410089 B

(45)授权公告日 2016. 11. 16

(21)申请号 201410794966.7

(22)申请日 2014.12.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104410089 A

(43)申请公布日 2015.03.11

(73)专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)

西源大道2006号

(72)发明人 李立英 吴晓玲 邹见效 徐红兵

(74)专利代理机构 成都行之专利代理事务所

(普通合伙) 51220

代理人 温利平

(51)Int.Cl.

H02J 3/28(2006.01)

H02J 3/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 104218597 A,2014.12.17,

CN 104052055 A,2014.09.17,

JP 2012253976 A,2012.12.20,

审查员 蔡莹莹

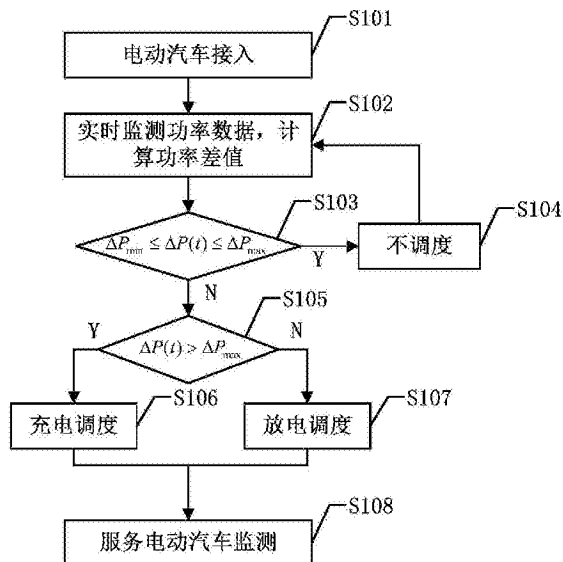
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法,用户汽车接入时调度装置根据用户的下一次行驶距离计算电动汽车电池的最小荷电状态,并根据电动汽车当前荷电状态将电动汽车分为“充电服务”、“放电服务”和“可充电服务或放电服务”三种类型,调度装置实时获取风力发电微网系统的发电功率和负载功率,判断是否需要调度,如果需要调度就进一步确定是充电调度还是放电调度,然后选择相应类型的电动汽车进行调度,弥补充电功率或负载功率的不足。本发明利用电动汽车中大容量电池的充放电能力,对电动汽车进行调度,实现风力发电微网的功率平衡,提高风力发电微网系统的发电利用率和安全性。



1.一种基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:用户停车离开时将电动汽车接入风力发电微网的调度装置,并设置下一次行驶的距离 d ,调度装置根据行驶距离计算电动汽车电池的最小荷电状态 SoC_{min} ,计算公式为:

$$SoC_{min} = SoC'_{min} + \frac{kd}{C} \times 100\%$$

其中, SoC'_{min} 表示电动汽车电池荷电状态所允许的最小值, k 表示单位距离耗电量, C 表示电池容量;

如果电动汽车当前荷电状态 $SoC_{now} \leq SoC_{min}$,电动汽车类型设置为“充电服务”;如果 $SoC_{now} \geq SoC_{max}$,其中 SoC_{max} 表示荷电状态所允许的最大值,电动汽车类型设置为“放电服务”;如果 $SoC_{min} < SoC_{now} < SoC_{max}$,电动汽车类型设置为“可充电服务或放电服务”;

S2:调度装置实时监测获取风力发电微网系统实时的发电功率 $P_{gen}(t)$ 和负载功率 $P_{load}(t)$,如果当前存在正在充电的电动汽车,也将其充电功率计入负载功率,计算功率差值 $\Delta P(t) = P_{gen}(t) - P_{load}(t)$;

S3:判断是否 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) \leq \Delta P_{max}$, ΔP_{min} 和 ΔP_{max} 分别表示功率差值 $\Delta P(t)$ 的最小门限值和最大门限值,如果是,不进行调度,返回步骤S2继续监测功率数据,如果不是,进一步判断是否 $\Delta P(t) > \Delta P_{max}$,如果是,进入步骤S4,否则进入步骤S5;

S4:对电动汽车进行充电调度,具体步骤为:

S4.1:判定当前时刻是否存在提供放电服务的电动汽车,如果存在,进入步骤S4.2,否则进入步骤S4.3;

S4.2:将提供放电服务的电动汽车全部停止放电,进入步骤S4.3;

S4.3:选择充电的电动汽车,选择方法为:从“充电服务”的电动汽车中选择电动汽车启动充电,新加入充电的电动汽车的总充电功率 P_c 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) - P_c \leq \Delta P_{max}$,如果“充电服务”的电动汽车不足以弥补功率差值,则进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中选择电动汽车进行充电;

S5:对电动汽车进行放电调度,具体步骤为:

S5.1:判定当前时刻是否存在提供放电服务的电动汽车,如果存在,进入步骤S5.2,如果不存在,进入步骤S5.4;

S5.2:判断当前存在提供放电服务的电动汽车的总放电功率 P_d 是否满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{max}$,如果是,不作任何操作,否则进入步骤S5.3;

S5.3:如果 $\Delta P(t) + P_d > \Delta P_{max}$,停止部分电动汽车的放电,使总放电功率 P_d 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{max}$,否则进入步骤S5.4;

S5.4:从“放电服务”的电动汽车中选择电动汽车启动放电,所有放电的电动汽车的总放电功率 P_d 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{max}$,如果“放电服务”的电动汽车不足以弥补功率差值,则进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中选择电动汽车进行放电;

S6:提供充电或放电服务的电动汽车在工作过程中,对电池的荷电状态进行实时监测,如果充电的电动汽车的实时荷电状态 $SoC(t) = SoC_{max}$,则停止充电,并将类型设置为“放电服务”,否则不作任何操作;如果放电的电动汽车的实时荷电状态 $SoC(t) = SoC_{min}$,则停止放电,并将类型设置为“充电服务”,否则不作任何操作。

2. 根据权利要求1所述的风力发电微网功率平衡实时调度方法,其特征在于,所述步骤S4.3中选择充电的电动汽车时,先接入的电动汽车先进行调度。

3. 根据权利要求1所述的风力发电微网功率平衡实时调度方法,其特征在于,所述步骤S4.3中选择充电的电动汽车时,电动汽车当前荷电状态和最小荷电状态 SoC_{min} 的差值小的先进行调度。

4. 根据权利要求1所述的风力发电微网功率平衡实时调度方法,其特征在于,所述步骤S5.4中选择放电的电动汽车时,电动汽车当前荷电状态和最小荷电状态 SoC_{min} 的差值大的先进行调度。

5. 根据权利要求1所述的风力发电微网功率平衡实时调度方法,其特征在于,在调度过程中,周期性地对风力发电微网系统的发电情况和用电情况进行预测,得到本周期的发电量 E_{gen} 和用电量 E_{load} ;

如果 $E_{gen} = E_{load}$,不作任何操作;

如果 $E_{gen} > E_{load}$,判断是否 $E_{gen} - E_{load} < \sum_{n=1}^N [SoC_{max_n} - SoC_n(t)]$,其中N是当前时刻已接入调度装置的电动汽车数量, SoC_{max_n} 表示第n台电动汽车的荷电状态最大值, $SoC_n(t)$ 表示第n台电动汽车的当前荷电状态值,如果是,不作任何操作,如果不是,调度装置向未接入的电动汽车用户发送消息,提示用户将可以提供充电服务的电动汽车接入调度装置;

如果 $E_{gen} < E_{load}$,判断是否 $E_{gen} - E_{load} > \sum_{n=1}^N [SoC_{min_n} - SoC_n(t)]$,其中 SoC_{min_n} 表示第n台电动汽车的荷电状态最小值,如果是,不作任何操作,如果不是,调度装置向未接入的电动汽车用户发送消息,提示用户将可以提供放电服务的电动汽车接入调度装置。

基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法

技术领域

[0001] 本发明属于风力发电微网功率平衡技术领域,更为具体地讲,涉及一种基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法。

背景技术

[0002] 分布式电源是以风力发电、太阳能光伏等为代表的功率在几十千瓦到几十兆瓦范围内的小型模块式与环境兼容且分布在负荷附近的经济、高效的独立电源。随着可再生能源应用的大力推广,分布式电源逐渐成为一种重要的电力电源形式。超高压、远距离、大容量输电适应于传统的规模化集中输电,这种输电方式不可避免地带来成本高,运行难度大,难以适应用户越来越高的安全及可靠性的要求以及多样化的供电需求。引入分布式发电和微电网技术,可有效降低负荷对大电网的依赖,对提高供电安全性和可靠性起到至关重要的作用。

[0003] 随着科学技术的发展和对环境问题的重视,将可再生能源作为分布式电源接入电网的比例正在不断的上升。越来越多的风电可接入微网开始为一个社区供电。由于风力的自然不连续性会引起风力发电的波动,迫切需要其他能源进行补偿,以平衡发电功率和用电功率,保证微电网功率的稳定。

[0004] 同时,随着电动汽车的相关技术的发展和电动汽车日益普及,越来越多的电动汽车也需要接入电网进行充放电。由于电动汽车上的大容量电池具有存储电能和输出电能的能力,并且大多数电动汽车每天有大约22小时是处于闲置不用状态的,如何将闲置不用的电动汽车利用起来,以发挥其大容量电池的充放电能力是一个需要研究的问题。

[0005] 国内外对电动汽车入网(V2G)技术,即电动汽车与供电方的交互问题研究较多,但对风力发电微网系统中的电动汽车调度优化方法研究较少。电动汽车在微网系统中应用中的研究还处于起步阶段。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法,利用电动汽车中大容量电池的充放电能力,对电动汽车进行调度,实现风力发电微网的功率平衡。

[0007] 为实现上述发明目的,本发明基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法,包括以下步骤:

[0008] S1:用户停车离开时将电动汽车接入风力发电微网的调度装置,并设置下一次行驶的距离d,调度装置根据行驶距离计算电动汽车电池的最小荷电状态SoC_{min},计算公式为:

$$[0009] \quad SoC'_{\min} = SoC'_{\min} + \frac{kd}{C} \times 100\%$$

[0010] 其中,SoC'_{min}表示电动电车电池荷电状态所允许的最小值,k表示单位距离耗电量,C表示电池容量;

[0011] 如果电动汽车当前荷电状态 $SoC_{now} \leq SoC_{min}$,电动汽车类型设置为“充电服务”;如果 $SoC_{now} \geq SoC_{max}$,其中 SoC_{max} 表示荷电状态所允许的最大值,电动汽车类型设置为“放电服务”;如果 $SoC_{min} < SoC_{now} < SoC_{max}$,电动汽车类型设置为“可充电服务或放电服务”;

[0012] S2:调度装置实时监测获取风力发电微网系统实时的发电功率 $P_{gen}(t)$ 和负载功率 $P_{load}(t)$,如果当前存在正在充电的电动汽车,也将其充电功率计入负载功率,计算功率差值 $\Delta P(t) = P_{gen}(t) - P_{load}(t)$;

[0013] S3:判断是否 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) \leq \Delta P_{max}$, ΔP_{min} 和 ΔP_{max} 分别表示功率差值 $\Delta P(t)$ 的最小门限值 and 最大门限值,如果是,不进行调度,返回步骤S2继续监测功率数据,如果不是,进一步判断是否 $\Delta P(t) > \Delta P_{max}$,如果是,进入步骤S4,否则进入步骤S5;

[0014] S4:对电动汽车进行充电调度,具体步骤为:

[0015] S4.1:判定当前时刻是否存在提供放电服务的电动汽车,如果存在,进入步骤S4.2,否则进入步骤S4.3;

[0016] S4.2:将提供放电服务的电动汽车全部停止放电,进入步骤S4.3;

[0017] S4.3:选择充电的电动汽车,选择方法为:从“充电服务”的电动汽车中选择电动汽车启动充电,新加入充电的电动汽车的总充电功率 P_c 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) - P_c \leq \Delta P_{max}$,如果“充电服务”的电动汽车不足以弥补功率差值,则进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中选择电动汽车进行充电;

[0018] S5:对电动汽车进行放电调度,具体步骤为:

[0019] S5.1:判定当前时刻是否存在提供放电服务的电动汽车,如果存在,进入步骤S5.2,如果不存在,进入步骤S5.4;

[0020] S5.2:判断当前存在提供放电服务的电动汽车的总放电功率 P_d 是否满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{max}$,如果是,不作任何操作,否则进入步骤S5.3;

[0021] S5.3:如果 $\Delta P(t) + P_d > \Delta P_{max}$,停止部分电动汽车的放电,使总放电功率 P_d 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{max}$,否则进入步骤S5.4;

[0022] S5.4:从“放电服务”的电动汽车中选择电动汽车启动放电,使所有放电的电动汽车的总放电功率 P_d 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{max}$,如果“放电服务”的电动汽车不足以弥补功率差值,则进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中选择电动汽车进行放电;

[0023] S6:提供充电或放电服务的电动汽车在工作过程中,对电池的荷电状态进行实时监测,如果充电的电动汽车的实时荷电状态 $SoC(t) = SoC_{max}$,则停止充电,并将类型设置为“放电服务”,否则不作任何操作;如果放电的电动汽车的实时荷电状态 $SoC(t) = SoC_{min}$,则停止放电,并将类型设置为“充电服务”,否则不作任何操作。

[0024] 本发明基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法,用户汽车接入时调度装置根据用户的下一次行驶距离计算电动汽车电池的最小荷电状态,并根据电动汽车当前荷电状态将电动汽车分为“充电服务”、“放电服务”和“可充电服务或放电服务”三种类型,调度装置实时获取风力发电微网系统的发电功率和负载功率,判断是否需要调度,如果需要调度就进一步确定是充电调度还是放电调度,然后选择相应类型的电动汽车进行调度,弥补充电功率或负载功率的不足。

[0025] 本发明具有以下有益效果:

[0026] (1)在电动汽车接入时,考虑用户的下一次行驶距离得到电池最小荷电状态,并在

调度过程中作为约束条件,这样调度电动汽车进行功率平衡时不会影响用户的正常使用;
 [0027] (2)本发明根据风力发电微网系统的发电功率和负载功率情况实时对电动汽车进行充电调度或放电调度,弥补发电功率或负载功率的不足,从而使发电功率和负载功率在每个时刻达到平衡状态,提高风力发电微网系统的发电利用率和安全性。

附图说明

[0028] 图1是本发明基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法的具体实施方式流程图;

[0029] 图2是充电调度的流程示意图;

[0030] 图3是放电调度的流程示意图;

[0031] 图4是实施例的实时风速和能耗的曲线图;

[0032] 图5是本实施例未进行调度的发电功率和负载功率示意图;

[0033] 图6是本实施例采用本发明调度方法进行调度后的发电功率和负载功率示意图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行描述,以便本领域的技术人员更好地理解本发明。需要特别提醒注意的是,在以下的描述中,当已知功能和设计的详细描述也许会淡化本发明的主要内容时,这些描述在这里将被忽略。

[0035] 实施例

[0036] 图1是本发明基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法的具体实施方式流程图。如图1所示,本发明基于电动汽车的风力发电微网功率平衡实时调度方法包括以下步骤:

[0037] S101:电动汽车接入;

[0038] 用户停车离开时将电动汽车接入风力发电微网的调度装置,在进行调度时并不能无限制地对电动汽车充放电,而是要使荷电状态不超过最大允许值,并不低于满足用户下一次使用的荷电状态值。因此用户需要设置下一次行驶的距离 d ,调度装置根据行驶距离计算电动汽车电池的最小荷电状态 SoC_{min} ,计算公式为:

$$[0039] \quad SoC_{min} = SoC'_{min} + \frac{kd}{C} \times 100\%$$

[0040] 其中, SoC'_{min} 表示电动电车电池荷电状态所允许的最小值,即为避免过放要求的最小值, k 表示单位距离耗电量, C 表示电池容量。

[0041] 然后根据电动汽车当前的荷电状态对电动汽车进行分类,以便进行调度,分类方法为:如果电动汽车当前荷电状态 $SoC_{now} \leq SoC_{min}$,电动汽车类型设置为“充电服务”;如果 $SoC_{now} \geq SoC_{max}$,其中 SoC_{max} 表示荷电状态所允许的最大值,电动汽车类型设置为“放电服务”;如果 $SoC_{min} < SoC_{now} < SoC_{max}$,电动汽车类型设置为“可充电服务或放电服务”。

[0042] 一般为了防止电池的过充过放,荷电状态所允许的最小值 $SoC'_{min} = 20\%$,荷电状态所允许的最大值 $SoC_{max} = 80\%$ 。

[0043] S102:实时监测功率数据;

[0044] 调度装置实时监测获取风力发电微网系统实时的发电功率 $P_{gen}(t)$ 和负载功率

$P_{load}(t)$,如果当前存在正在充电的电动汽车,也将其充电功率计入负载功率,计算功率差值 $\Delta P(t)=P_{gen}(t)-P_{load}(t)$ 。

[0045] 在实际应用中,由于风速的变化、负载的接入和退出,发电功率 $P_{gen}(t)$ 和负载功率 $P_{load}(t)$ 是实时变化的,因此需要实时监测功率差值 $\Delta P(t)$,以判断是否需要调度。

[0046] S103:判断是否 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) \leq \Delta P_{max}$, ΔP_{min} 和 ΔP_{max} 分别表示功率差值 $\Delta P(t)$ 的最小门限值 and 最大门限值,进入步骤S104,否则进入步骤S105。

[0047] 在风力发电微网系统运行过程中,应当尽量保证发电功率 $P_{gen}(t)$ 和负载功率 $P_{load}(t)$ 一直处于平衡状态,但是完全相等的平衡状态是很难达到的,并且由于系统自身拥有一定的容差能力,因此发电功率 $P_{gen}(t)$ 和负载功率 $P_{load}(t)$ 的差值在一定范围内时,可以视为平衡,暂时可以不进行调度。一旦超出这个范围,就需要调度电动汽车以达到平衡。采用这种方式,可以降低调度的频率,减小调度装置的工作量。

[0048] S104:不进行调度,返回步骤S102继续实时监测功率数据。

[0049] S105:判断是否 $\Delta P(t) > \Delta P_{max}$,如果是,说明发电功率大,需要进行充电调度,进入步骤S106,如果不是,即 $\Delta P(t) < \Delta P_{min}$,说明负载功率大,需要进行放电调度,进入步骤S107。

[0050] S106:充电调度:

[0051] 图2是充电调度的流程示意图。如图2所示,充电调度包括以下步骤:

[0052] S201:判定当前时刻是否存在提供放电服务的电动汽车,如果存在,进入步骤S202,如果不存在,直接进入步骤S203。

[0053] S202:将提供放电服务的电动汽车全部停止放电,进入步骤S204。

[0054] 这是因为目前发电功率已经超出了负载功率,不需要再额外采用电动汽车进行放电。

[0055] S203:选择充电的电动汽车:

[0056] 从“充电服务”的电动汽车中选择电动汽车启动充电,新加入充电的电动汽车的总充电功率 P_c 满足 $\Delta P_{min} \leq \Delta P(t) - P_c \leq \Delta P_{max}$,如果“充电服务”的电动汽车不足以弥补功率差值,则进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中选择电动汽车进行充电。

[0057] 在选择提供充电服务的电动汽车时,可以设置各个电动汽车的优先级,根据优先级按顺序进行调度。优先级可以根据电动汽车接入调度装置的时间来设置,先接入的电动汽车先进行调度,也就是等待时间长的电动汽车先进行调度。也可以根据电动汽车当前荷电状态和最小荷电状态 SoC_{min} 的差值大小来设置,差值小的先进行调度。这种方式可以在短时间内尽可能满足更多客户的需要。也可以将等待时长和荷电状态差值进行加权处理,得到一个优先级参考值,来设置优先级。当设置有优先级时,先在“充电服务”的电动汽车按优先级选择电动汽车,如果不够,再进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中按优先级选择电动汽车。

[0058] 在实际应用中,有可能出现电动汽车数量不足的情况,这时就应当将“充电服务”和“可充电服务或放电服务”的电动汽车全部进行充电,如果系统中配置有其他辅助手段,例如蓄电池充电等,也一并进行。

[0059] 本发明中,为了保护电池,当电动汽车接入电网提供充电服务时,电动汽车连续充电直到充满,所以在步骤S102中将充电功率也计入用电功率。

[0060] S107:放电调度:

[0061] 图3是放电调度的流程示意图。如图3所示,充电调度包括以下步骤:

[0062] S301:判定当前时刻是否存在提供放电服务的电动汽车,如果存在,进入步骤S302,如果不存在,直接进入步骤S306。

[0063] S302:判断当前存在的提供放电服务的电动汽车是否满足放电需求,即总放电功率 P_d 是否满足 $\Delta P_{\min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{\max}$,如果是,进入步骤S303,否则进入步骤S304。

[0064] S303:不作任何操作。

[0065] S304:判断是否 $\Delta P(t) + P_d > \Delta P_{\max}$,如果是,说明放电功率超出需求,进入步骤S305,如果不是,则为 $\Delta P(t) + P_d < \Delta P_{\min}$,说明放电功率还不足以满足需求,进入步骤S306:

[0066] S305:停止部分电动汽车的放电,使总放电功率 P_d 满足 $\Delta P_{\min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{\max}$ 。

[0067] S306:从“放电服务”的电动汽车中选择电动汽车启动放电,使放电的电动汽车的总放电功率 P_d 满足 $\Delta P_{\min} \leq \Delta P(t) + P_d \leq \Delta P_{\max}$,如果“放电服务”的电动汽车不足以弥补功率差值,则进一步从“可充电服务或放电服务”的电动汽车中选择电动汽车进行放电。在选择提供放电服务的电动汽车时,可以不用设置优先级,随机进行调度,或者简单地按照先接入先调度的方式进行即可,也可以按照根据电动汽车当前荷电状态和最小荷电状态 SoC_{\min} 的差值大小来设置,差值大的先进行调度,这样可以减少电动汽车电池的启停次数。

[0068] S108:服务电动汽车监测:

[0069] 提供充电或放电服务的电动汽车在工作过程中,需要对电池的荷电状态进行实时监测,如果充电的电动汽车的实时荷电状态 $SoC(t) = SoC_{\max}$,则停止充电,并将类型设置为“放电服务”,否则不作任何操作,继续监测荷电状态;如果放电的电动汽车的实时荷电状态 $SoC(t) = SoC_{\min}$,则停止放电,并将类型设置为“充电服务”,否则不作任何操作,继续监测荷电状态。

[0070] 在实际应用中,由于电动汽车的接入和退出不可控制,有可能出现电动汽车数量不足以满足调度需要的情况。调度装置可以周期性地对风力发电微网系统的发电情况和用电情况进行预测,得到本周期的发电量 E_{gen} 和用电量 E_{load} 。预测周期可以根据历史经验来设置,例如发电量或用电量变化较剧烈的时间段,预测周期值较小,变换较平缓的时间段,预测周期值较大。发电量 E_{gen} 和用电量 E_{load} 的预测可以简单地直接根据当前功率进行预测,即 $E_{\text{gen}} = P_{\text{gen}}(t) \times \Delta t$, $E_{\text{load}} = P_{\text{load}}(t) \times \Delta t$, Δt 表示周期时长,或者根据历史数据建立模型来进行预测。

[0071] 对于预测结果,分以下三种情况进行处理。

[0072] 如果 $E_{\text{gen}} = E_{\text{load}}$,则本周期内总的调度方式为不调度,那么当前已接入调度装置的电动汽车能够满足本周期内调度,不作任何操作。

[0073] 如果 $E_{\text{gen}} > E_{\text{load}}$,则本周期内总的调度为充电调度。判断是否 $E_{\text{gen}} - E_{\text{load}} < \sum_{n=1}^N [SoC_{\max, n} - SoC_n(t)]$,

其中 N 是当前时刻已接入调度装置的电动汽车数量, $SoC_{\max, n}$ 表示第 n 台电动汽车的荷电状态最大值, $SoC_n(t)$ 表示第 n 台电动汽车的当前荷电状态值,如果是,则说明当前接入的电动汽车能够满足调度需要,不作任何操作;如果不是,则说明可提供充电服务的电动汽车不足,调度装置向未接入的电动汽车用户发送消息,提示用户将可以提供充电服务的电动汽车接入调度装置。

[0074] 如果 $E_{gen} < E_{load}$, 则本周期内总的调度为放电调度。判断是否 $E_{gen} - E_{load} > \sum_{i=1}^N [SoC_{min,n} - SoC_n(t)]$, 其中 $SoC_{min,n}$ 表示第 n 台电动汽车的荷电状态最小值, 如果是, 则说明当前接入的电动汽车能够满足调度需要, 不作任何操作; 如果不是, 则说明可提供放电服务的电动汽车不足, 调度装置向未接入的电动汽车用户发送消息, 提示用户将可以提供放电服务的电动汽车接入调度装置。

[0075] 为了说明本发明的技术效果, 采用一个实际的风力发电微网来进行仿真验证。本实施例的风力发电微网中风力发电机的输出功率 $P_{gen}(t)$ 的计算公式为:

$$[0076] \quad P_{gen}(t) = \begin{cases} 0, & v(t) < v_i \text{ 或 } v(t) > v_o \\ \frac{v(t) - v_i}{v_r - v_i} P_r, & v_i \leq v(t) < v_r \\ P_r, & v_r \leq v(t) \leq v_o \end{cases}$$

[0077] 其中, $v(t)$ 表示时刻 t 的风速, v_i 表示切入风速, v_o 表示切出风速, v_r 表示额定风速, P_r 表示额定功率。

[0078] 图4是实施例的实时风速和能耗的曲线图。如图4所示, 实线表示负载功率, 虚线表示风速。风力发电机的额定功率为1200kW, 切入风速为3m/s, 切出风速为20m/s, 额定风速为10m/s。

[0079] 本实施例中仿真验证的调度时间段为24小时, 假定电动汽车的数量在整个调度过程中都可以满足调度需要。本实施例中, 每个用户从家中开车去上班, 然后下班返回家中。用户的上班时间是随机的, 用高斯分布模拟用户的上班时间。用户的上班时间服从均值为8:00点、方差为3.4小时的高斯分布, 下班时间服从均值为17:36点、方差为3.4小时的高斯分布。用户的行驶距离也是随机的, 同样用高斯分布模拟用户的行驶距离。用户每天的行驶距离服从均值为22.3米、方差为12.2米的对数高斯分布。

[0080] 本次实验验证中所涉及的电动汽车共计有 M 台, 假设电动汽车 m 离开家去公司前, 荷电状态为100%, $m=1, 2, \dots, M$ 。行驶到办公地点后, 在接入调度装置时的荷电状态为:

$$[0081] \quad SoC_m^{ini} = \left(1 - \frac{k_m d_m}{2C}\right) \times 100\%$$

[0082] 其中, k_m 是电动汽车 m 每公里的耗电量, d_m 是电动汽车 m 每天行驶的总距离, 即上班单程的距离为 $\frac{d_m}{2}$, C 为电池容量。

[0083] 本实施例中为便于仿真验证, 电动汽车都选用统一型号, 电池容量为20kW, 额定充放电功率均为4kW, 电动汽车行驶每公里能耗为0.15kWh。

[0084] 图5是本实施例未进行调度的发电功率和负载功率示意图。如图5所示, 在调度时间段内, 每隔一个小时采集一次风力发电微网系统的发电功率和负载功率, 可以看出, 由于风力发电的自然不定性和用电的实时性, 发电功率和负载功率不平衡, 而且在很多时刻发电功率和负载功率的差异都较大。

[0085] 图6是本实施例采用本发明调度方法进行调度后的发电功率和负载功率示意图。如图6所示, 采用本发明调度方法进行调度后, 由于电动汽车的加入, 弥补了发电功率或负载功率的不足, 发电功率和负载功率在每个时刻都达到了平衡状态。

[0086] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

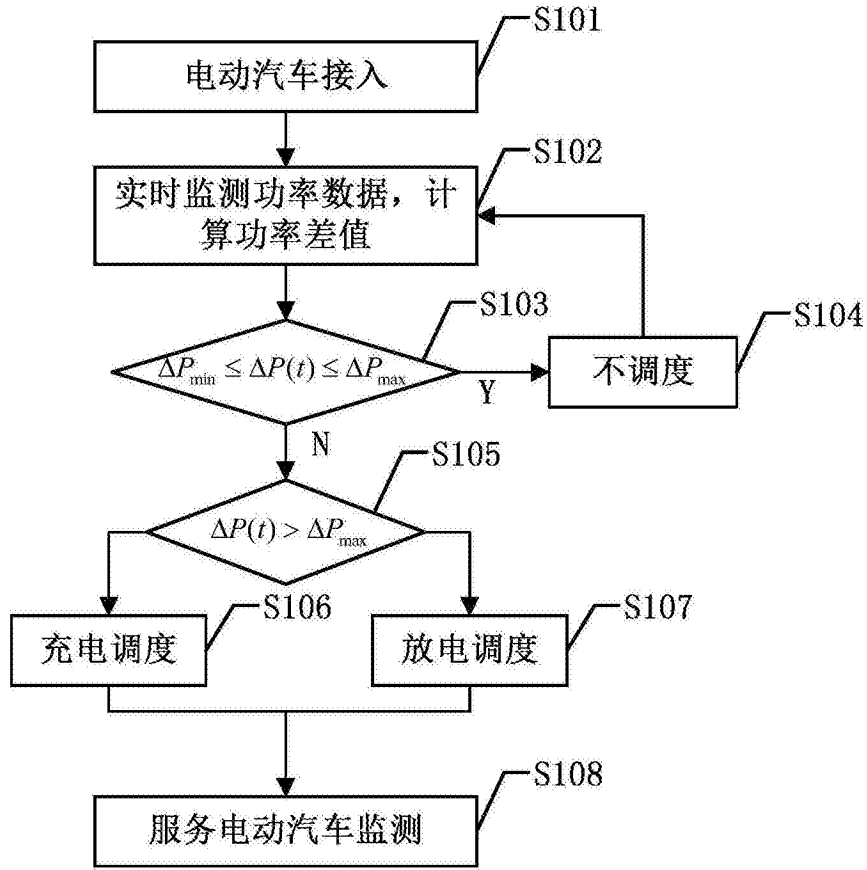


图1

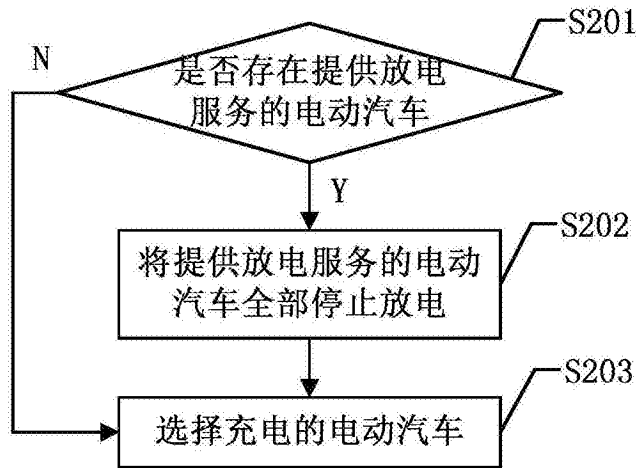


图2

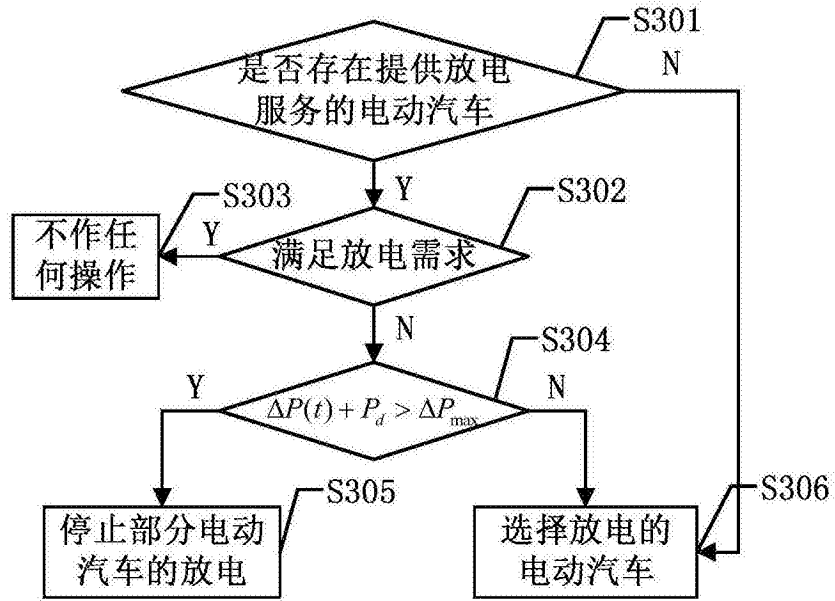


图3

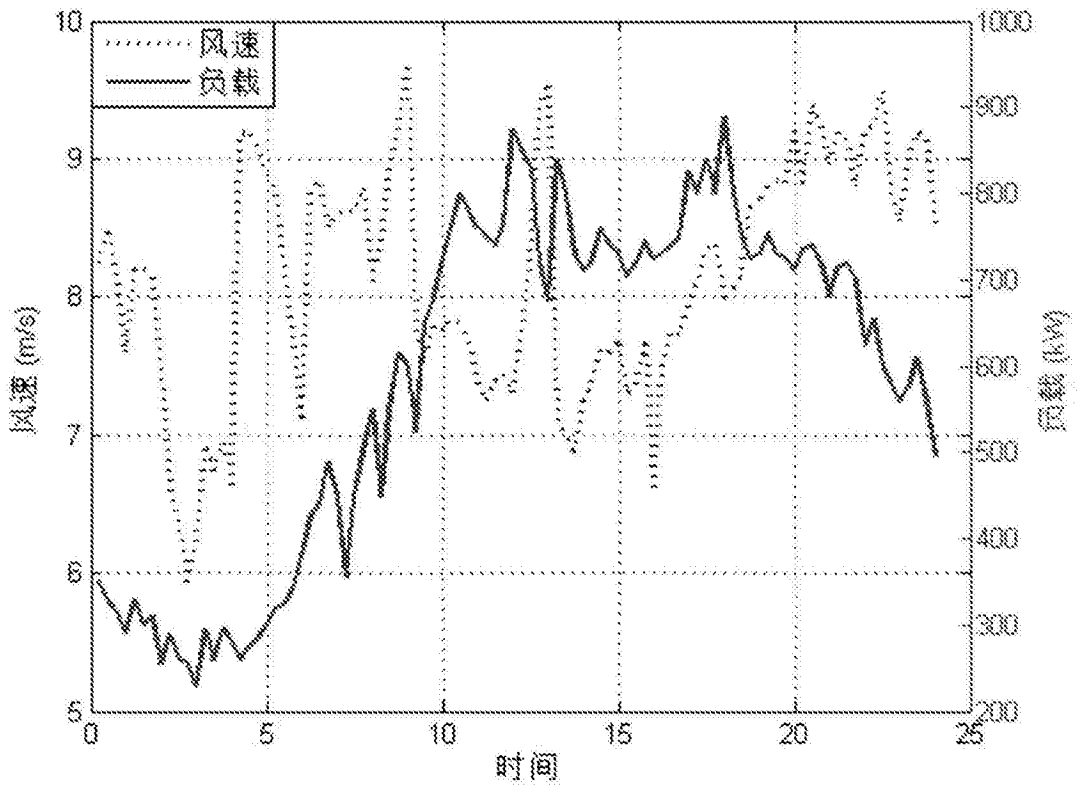


图4

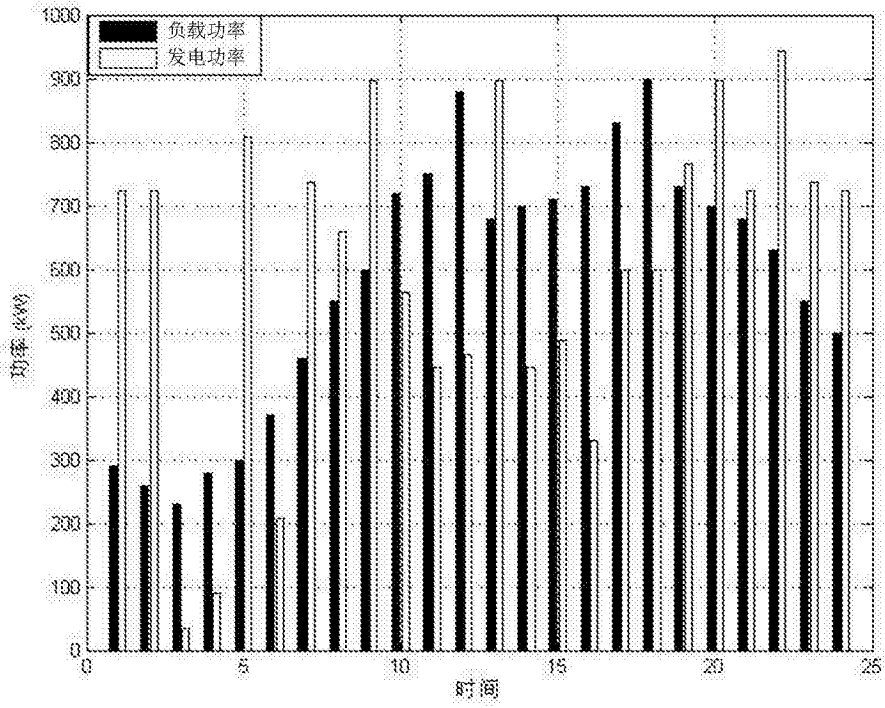


图5

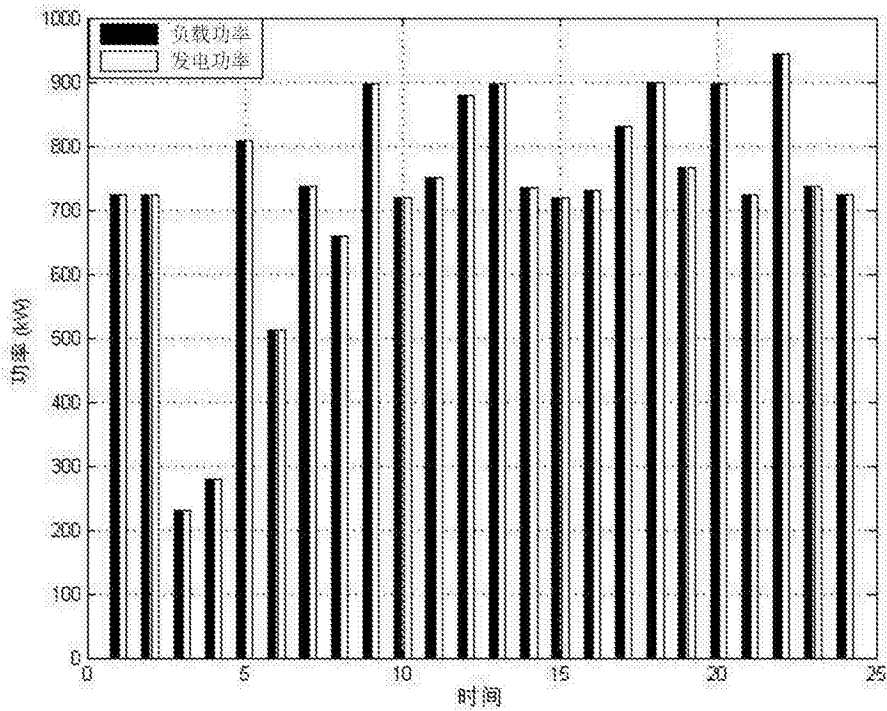


图6