



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112467793 A

(43) 申请公布日 2021.03.09

(21) 申请号 202011337680.8

H02J 3/46 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.25

(71) 申请人 国网安徽省电力有限公司经济技术研究院

地址 230022 安徽省合肥市政务新区怀宁路1599号

申请人 国网安徽众兴电力设计院有限公司

(72) 发明人 朱刘柱 荣秀婷 吴润东 张辉 叶彬 马静 周帆 朱灿 高廷峰

(74) 专利代理机构 合肥集知匠心知识产权代理事务所(普通合伙) 34173

代理人 王丽丽

(51) Int.Cl.

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

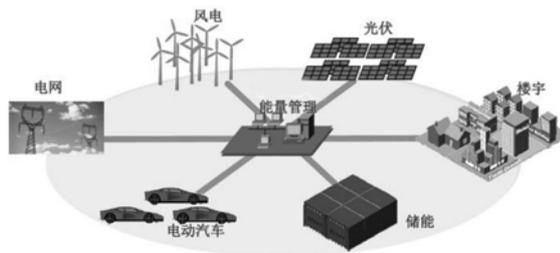
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种楼宇群低压柔性直流配电系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种楼宇群低压柔性直流配电系统和方法。该系统包括：分布于楼宇群内的各组件，所述组件包括使用直流电或交流电的用电端；用于提供直流电的直流电供电网络；用于提供交流电的交流电供电网络；连接于楼宇群内的各组件与直流电供电网络、交流电供电网络之间的能量管理系统；所述能量管理系统用于评估各组件的用电情况将适配的直流电或交流电配送至对应的用电端。该方法通过使用上述系统，明确楼宇及楼宇群交流、直流配用电适应性，提出满足楼宇及楼宇群典型场景用能需求的配电系统规划方案，通过用于分析评估各组件的用电情况将适配的直流电或交流电配送至对应的用电端，有效推进了智能电网、泛在电力物联网。



1. 楼宇群低压柔性直流配电系统,其特征在於,包括:  
 分布于楼宇群内的各组件,所述组件包括使用直流电或交流电的用电端;  
 用于提供直流电的直流电供电网络;  
 用于提供交流电的交流电供电网络;  
 连接于楼宇群内的各组件与直流电供电网络、交流电供电网络之间的能量管理系统;  
 所述能量管理系统用于评估各组件的用电情况将适配的直流电或交流电配送至对应的用电端。

2. 根据权利要求1所述的楼宇群低压柔性直流配电系统,其特征在於:  
 所述直流电供电网络为光伏发电系统或风电系统。

3. 根据权利要求1所述的楼宇群低压柔性直流配电系统,其特征在於,  
 所述能量管理系统评估各组件用电情况的过程为:

1) 分析楼宇群内各组件效率和损耗;

2) 建立各模块的动态仿真模型,考虑各模块损耗和能量传输路径,提出系统损耗评估的数学模型,对楼宇群用进行能效分析;

3) 研究不同源荷比工况对楼宇群供电效率的影响,研究不同时间段的能效情况,对新能源和储能装置进行配置。

4. 根据权利要求3所述的楼宇群低压柔性直流配电系统,其特征在於,对楼宇群用进行能效分析的计算方法为:

$$\begin{cases} E_A = \alpha_1 E_{A1} + \alpha_2 E_{A2} + \dots + \alpha_n E_{An} \\ E_B = \beta_1 E_{B1} + \beta_2 E_{B2} + \dots + \beta_m E_{Bm} \end{cases};$$

其中, $\eta_{A_{oA}}$ 、 $\eta_{B_{oB}}$ 分别表示能量分别从端口A或端口B传输到端口C的效率; $E_A$ 和 $E_B$ 分别是供电源通过端口A和B向系统输入的能量; $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 为所要求的输出能量; $\eta_{A1} \sim \eta_{An}$ 和 $\eta_{B1} \sim \eta_{Bm}$ 分别为路径 $r_{A1} \sim r_{An}$ 以及 $r_{B1} \sim r_{Bm}$ 传输能量的效率; $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ 以及 $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ 表示每条路径传输的能量占该路径对应输入端口输入全部能量的权重,满足:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_m = 1.$$

5. 根据权利要求1所述的楼宇群低压柔性直流配电系统,其特征在於:  
 还包括有与能量管理系统连接的电动车充电系统。

6. 根据权利要求1所述的楼宇群低压柔性直流配电系统,其特征在於:  
 还包括有与能量管理系统连接的储能系统。

7. 楼宇群低压柔性直流配电方法,其特征在於,包括:

1) 能量管理系统同时接入直流电供电网络、交流电供电网络和楼宇群内的各类用电端;

2) 分析楼宇群内各组件效率和损耗;

3) 建立各模块的动态仿真模型,考虑各模块损耗和能量传输路径,提出系统损耗评估的数学模型,对楼宇群用进行能效分析;

4) 研究不同源荷比工况对楼宇群供电效率的影响,研究不同时间段的能效情况,对新能源和储能装置进行配置。

8. 根据权利要求7所述的楼宇群低压柔性直流配电方法,对楼宇群用进行能效分析的

计算方法为：

$$\begin{cases} E_A = \alpha_1 E_A + \alpha_2 E_A + \cdots + \alpha_n E_A \\ E_B = \beta_1 E_B + \beta_2 E_B + \cdots + \beta_m E_B \end{cases} ;$$

其中， $\eta_{A_{oA}}$ 、 $\eta_{B_{oB}}$ 分别表示能量分别从端口A或端口B传输到端口C的效率； $E_A$ 和 $E_B$ 分别是供电源通过端口A和B向系统输入的能量； $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 为所要求的输出能量； $\eta_{A1} \sim \eta_{An}$ 和 $\eta_{B1} \sim \eta_{Bm}$ 分别为路径 $r_{A1} \sim r_{An}$ 以及 $r_{B1} \sim r_{Bm}$ 传输能量的效率； $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_n$ 以及 $\beta_1, \beta_2 \cdots \beta_n$ 表示每条路径传输的能量占该路径对应输入端口输入全部能量的权重，满足：

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_n = \beta_1 + \beta_2 + \cdots + \beta_m = 1。$$

9. 根据权利要求7所述的楼宇群低压柔性直流配电方法，其特征在于，

所述能量管理系统同时接入电动车充电系统，并在分析该电动车充电系统的用电情况后进行配电。

10. 根据权利要求7所述的楼宇群低压柔性直流配电方法，其特征在于，

所述能量管理系统同时接入储能系统，用于作为用电高峰时的备用电源。

## 一种楼宇群低压柔性直流配电系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及输电技术领域,具体是一种楼宇群低压柔性直流配电系统及方法。

### 背景技术

[0002] 化石能源的枯竭,温室效应和环境污染的日益严重,严重威胁了人类社会的可持续发展。为了改变以往的粗放式、不可持续的能源生产与消费模式,一场以发展可再生能源和优化能源结构为主题的能源革命正在全球范围内积极展开。规划预计到2050年,电源侧非水可再生能源占比将达到43%,负荷侧广义直流负荷占比将达到70%,当前配网“荷源储”直流特征愈发明显,终端用户对可靠性和电能质量的要求不断提高。现阶段,交流配电技术成熟,仍是当前配电网的主要形式,但随着国家能源变革和电网的高质量发展,直流配用电技术以其输送能力强、能源转换效率高、易于实现源网荷智能互动等优势势必成为配电网系统研究的热点。因而开发出一套同时用于为楼宇群同时提供直流和交流电的配电系统是当前的热点。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种楼宇群低压柔性直流配电系统及方法,能够用于根据楼宇群的用电情况,同时进行直流和交流电的配电。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0005] 一方面,本发明提供了一种楼宇群低压柔性直流配电系统。

[0006] 该楼宇群低压柔性直流配电系统包括:

[0007] 分布于楼宇群内的各组件,所述组件包括使用直流电或交流电的用电端;

[0008] 用于提供直流电的直流电供电网络;

[0009] 用于提供交流电的交流电供电网络;

[0010] 连接于楼宇群内的各组件与直流电供电网络、交流电供电网络之间的能量管理系统;所述能量管理系统用于评估各组件的用电情况将适配的直流电或交流电配送至对应的用电端。

[0011] 作为上述楼宇群低压柔性直流配电系统的进一步改进:

[0012] 所述直流电供电网络为光伏发电系统或风电系统。

[0013] 所述能量管理系统评估各组件用电情况的过程为:

[0014] 1) 分析楼宇群内各组件效率和损耗;

[0015] 2) 建立各模块的动态仿真模型,考虑各模块损耗和能量传输路径,提出系统损耗评估的数学模型,对楼宇群用进行能效分析;

[0016] 3) 研究不同源荷比工况对楼宇群供电效率的影响,研究不同时间段的能效情况,对新能源和储能装置进行配置。

[0017] 所述对楼宇群用进行能效分析的计算方法为:

$$[0018] \quad \begin{cases} E_A = \alpha_1 E_{A1} + \alpha_2 E_{A2} + \cdots + \alpha_n E_{An} \\ E_B = \beta_1 E_{B1} + \beta_2 E_{B2} + \cdots + \beta_m E_{Bm} \end{cases};$$

[0019] 其中,  $\eta_{A_{oA}}$ 、 $\eta_{B_{oB}}$  分别表示能量分别从端口A或端口B传输到端口C的效率;  $E_A$  和  $E_B$  分别是供电源通过端口A和B向系统输入的能量;  $E_{oA}$  和  $E_{oB}$  为所要求的输出能量;  $\eta_{A1} \sim \eta_{An}$  和  $\eta_{B1} \sim \eta_{Bm}$  分别为路径  $r_{A1} \sim r_{An}$  以及  $r_{B1} \sim r_{Bm}$  传输能量的效率;  $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_n$  以及  $\beta_1, \beta_2 \cdots \beta_m$  表示每条路径传输的能量占该路径对应输入端口输入全部能量的权重, 满足:

$$[0020] \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_n = \beta_1 + \beta_2 + \cdots + \beta_m = 1。$$

[0021] 该楼宇群低压柔性直流配电系统还包括有与能量管理系统连接的电动车充电系统。

[0022] 该楼宇群低压柔性直流配电系统还包括有与能量管理系统连接的储能系统。

[0023] 另一方面, 本发明还提供了一种楼宇群低压柔性直流配电方法。

[0024] 该楼宇群低压柔性直流配电方法包括:

[0025] 1) 能量管理系统同时接入直流电供电网络、交流电供电网络和楼宇群内的各类用电端;

[0026] 2) 分析楼宇群内各组件效率和损耗;

[0027] 3) 建立各模块的动态仿真模型, 考虑各模块损耗和能量传输路径, 提出系统损耗评估的数学模型, 对楼宇群用进行能效分析;

[0028] 4) 研究不同源荷比工况对楼宇群供电效率的影响, 研究不同时间段的能效情况, 对新能源和储能装置进行配置。

[0029] 作为上述楼宇群低压柔性直流配电方法的进一步改进:

[0030] 对楼宇群用进行能效分析的计算方法为:

$$[0031] \quad \begin{cases} E_A = \alpha_1 E_{A1} + \alpha_2 E_{A2} + \cdots + \alpha_n E_{An} \\ E_B = \beta_1 E_{B1} + \beta_2 E_{B2} + \cdots + \beta_m E_{Bm} \end{cases};$$

[0032] 其中,  $\eta_{A_{oA}}$ 、 $\eta_{B_{oB}}$  分别表示能量分别从端口A或端口B传输到端口C的效率;  $E_A$  和  $E_B$  分别是供电源通过端口A和B向系统输入的能量;  $E_{oA}$  和  $E_{oB}$  为所要求的输出能量;  $\eta_{A1} \sim \eta_{An}$  和  $\eta_{B1} \sim \eta_{Bm}$  分别为路径  $r_{A1} \sim r_{An}$  以及  $r_{B1} \sim r_{Bm}$  传输能量的效率;  $\alpha_1, \alpha_2 \cdots \alpha_n$  以及  $\beta_1, \beta_2 \cdots \beta_m$  表示每条路径传输的能量占该路径对应输入端口输入全部能量的权重, 满足:

$$[0033] \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_n = \beta_1 + \beta_2 + \cdots + \beta_m = 1。$$

[0034] 所述能量管理系统同时接入电动车充电系统, 并在分析该电动车充电系统的用电情况进行配电。所述能量管理系统同时接入储能系统, 用于作为用电高峰时的备用电源。

[0035] 本发明的有益效果是:

[0036] 本发明通过明确楼宇及楼宇群交流、直流配用电适应性, 提出满足楼宇及楼宇群典型场景用能需求的配电系统规划方案, 通过用于分析评估各组件的用电情况将适配的直流电或交流电配送至对应的用电端, 有效推进了智能电网、泛在电力物联网, 从而有效构建了能源流、业务流、数据流的“三流合一”。

## 附图说明

- [0037] 图1为楼宇群低压柔性直流配电系统的优选实施例的结构框图。  
 [0038] 图2为图1实施例的具体连接示意图。  
 [0039] 图3为楼宇群低压柔性直流配电方法的主要流程图。  
 [0040] 图4为对楼宇群用进行能效分析的示意图。

## 具体实施方式

[0041] 下面结合附图对本发明进行说明,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0042] 参考图1,楼宇群低压柔性直流配电系统包括:

[0043] 分布于楼宇群内的各组件,所述组件包括使用直流电或交流电的用电端;

[0044] 用于提供直流电的直流电供电网络;

[0045] 用于提供交流电的交流电供电网络;

[0046] 用于为电动车充电的电动车充电系统;

[0047] 用于作为储备电源的储能系统;

[0048] 分别同时与楼宇群内的各组件、直流电供电网络、交流电供电网络、电动车充电系统和储能系统连接的能量管理系统。

[0049] 所述能量管理系统用于评估各组件的用电情况将适配的直流电或交流电配送至对应的用电端。

[0050] 继续参考图2,这里提供了一个更具体的实施例。图中的“市电”即为所述交流电供电网络,其为现有的常规交流电供电系统。所述直流电供电网络主要为光伏发电系统或风电系统,其电能来源于光伏发电或风电,图中的“光伏玻璃”和“风车”即表示该直流电来源。所述组件则包括充电桩、电梯、照明、窗帘控制、新风机、水泵、空调等设备。所述能量管理系统的硬件包括有第一配电箱、第二配电箱、第三配电箱和第四配电箱;第一、第二、第三和第四配电箱采用常规的配电箱。

[0051] 继续参考图3基于上述系统,楼宇群低压柔性直流配电方法包括:

[0052] 1) 能量管理系统同时接入直流电供电网络、交流电供电网络和楼宇群内的各类用电端;

[0053] 2) 分析楼宇群内各组件效率和损耗;

[0054] 3) 建立各模块的动态仿真模型,考虑各模块损耗和能量传输路径,提出系统损耗评估的数学模型,对楼宇群用进行能效分析;

[0055] 4) 研究不同源荷比工况对楼宇群供电效率的影响,研究不同时间段的能效情况,对新能源和储能装置进行配置。

[0056] 具体而言,图3为一个包含两个输入端口和一个输出端口的供电系统示意图,当然输入端口并不局限于此。图中A和B是输入端口,C是输出端口, $E_A$ 和 $E_B$ 分别是供电源通过端口A和B向系统输入的能量(单位:焦耳), $E_o$ 是输出端口输出的能量。 $r_{A1} \sim r_{An}$ 表示能量从端口A到端口C可能存在的n条传输路径, $r_{B1} \sim r_{Bm}$ 表示能量从端口B到端口C可能存在的m条能量传输路径。设 $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 分别是 $E_o$ 中来自端口A和端口B的能量,满足:

[0057]  $E_{oA} + E_{oB} = E_o$

[0058] 显然,在 $E_A$ 和 $E_B$ 已知的情况下, $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 即为分析系统效率所要求出的输出能量,可以根据能量通过路径 $r_{A1} \sim r_{An}$ 以及 $r_{B1} \sim r_{Bm}$ 传输的效率求出。通过分析系统的内部结构组成,可以知道路径 $r_{A1} \sim r_{An}$ 以及 $r_{B1} \sim r_{Bm}$ 传输能量的效率,分别定义为 $\eta_{A1} \sim \eta_{An}$ 和 $\eta_{B1} \sim \eta_{Bm}$ ,并且 $E_A$ 和 $E_B$ 按照如下关系在这些路径中分配:

$$[0059] \quad \begin{cases} E_A = \alpha_1 E_{A1} + \alpha_2 E_{A2} + \cdots + \alpha_n E_{An} \\ E_B = \beta_1 E_{B1} + \beta_2 E_{B2} + \cdots + \beta_m E_{Bm} \end{cases}$$

[0060] 式中, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ 以及 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ 均为负,表示每条路径传输的能量占该路径对应输入端口输入全部能量的权重,它们的大小与系统的运行方式或调度方式有关,满足:

$$[0061] \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_n = \beta_1 + \beta_2 + \cdots + \beta_m = 1$$

[0062] 因此, $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 的表达式为:

$$[0063] \quad \begin{cases} E_{oA} = (\alpha_1 \eta_{A1} + \alpha_2 \eta_{A2} + \cdots + \alpha_n \eta_{An}) E_A \\ E_{oB} = (\beta_1 \eta_{B1} + \beta_2 \eta_{B2} + \cdots + \beta_m \eta_{Bm}) E_B \end{cases}$$

[0064] 当需要对比不同母线架构的效率情况时,求出各个架构中相应的式(4),并比较 $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 的大小即可。假设待对比架构系统的工况条件均相同,则各架构对应的输入能量 $E_A$ 和 $E_B$ 相等,因此,比较不同架构求出的 $E_{oA}$ 和 $E_{oB}$ 的大小,实际可以转化为比较式(4)中对应两个表达式中括号内的计算式。该两个括号内计算式的物理意义是能量从端口A或端口B传输到端口C的效率,以 $\eta_{A_{oA}}$ 和 $\eta_{B_{oB}}$ 分别表示这两个效率,则有:

$$[0065] \quad \begin{cases} \eta_{A_{oA}} = \frac{E_{oA}}{E_A} = \alpha_1 \eta_{A1} + \alpha_2 \eta_{A2} + \cdots + \alpha_n \eta_{An} \\ \eta_{B_{oB}} = \frac{E_{oB}}{E_B} = \beta_1 \eta_{B1} + \beta_2 \eta_{B2} + \cdots + \beta_m \eta_{Bm} \end{cases}$$

[0066] 式中表明在所有待对比系统工况条件相同的情况下,不同系统的工作效率与系统输入的能量大小无关。而对于含有储能元件的供电系统,应注意储能元件仅对电能进行存储,其所在端口既不是输入端口也不是输出端口,只能作为能量在传输路径中通过的一个环节。而对于电网接口,该接口既可以作为系统的输入端口,也可以作为输出端口,在分析时,应当将其等效为两个端口,一个端口只存在由电网流入系统的能量,另一个只存在由系统回馈电网的能量。根据该公式即可对楼宇群进行能效分析。

[0067] 此外,所述能量管理系统同时接入电动车充电系统,并在分析该电动车充电系统的用电情况进行配电。所述能量管理系统同时接入储能系统,用于作为用电高峰时的备用电源。

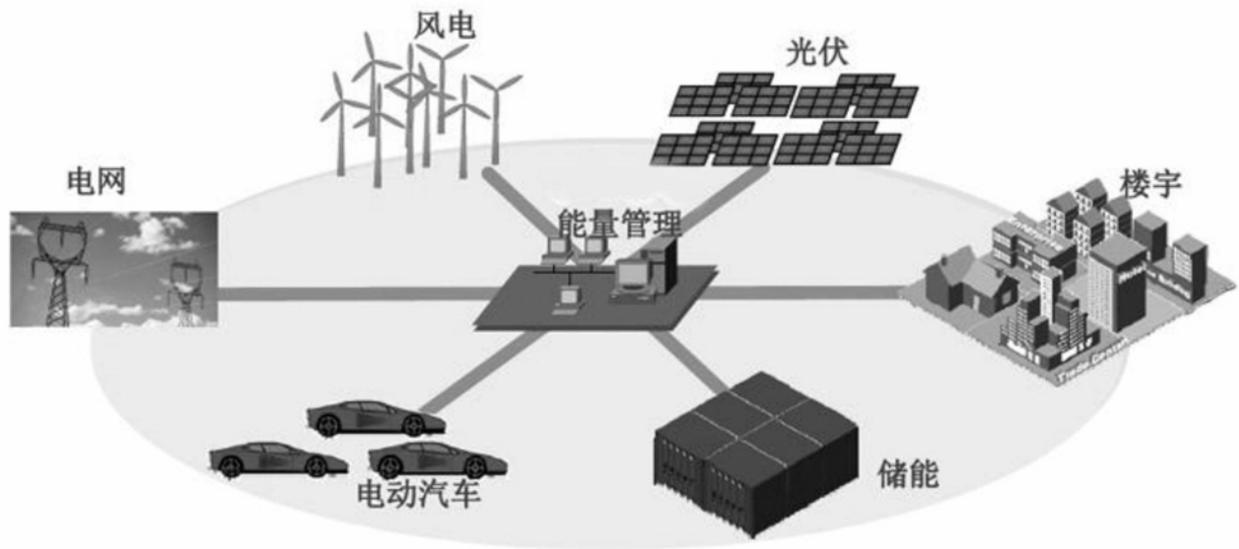


图1

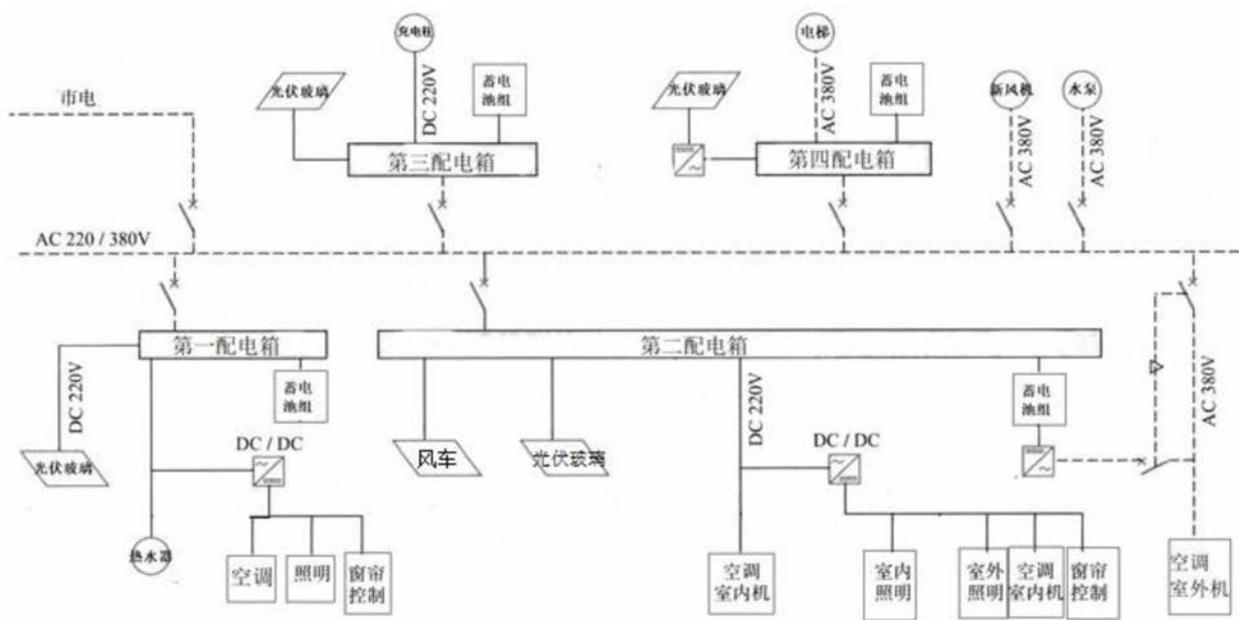


图2

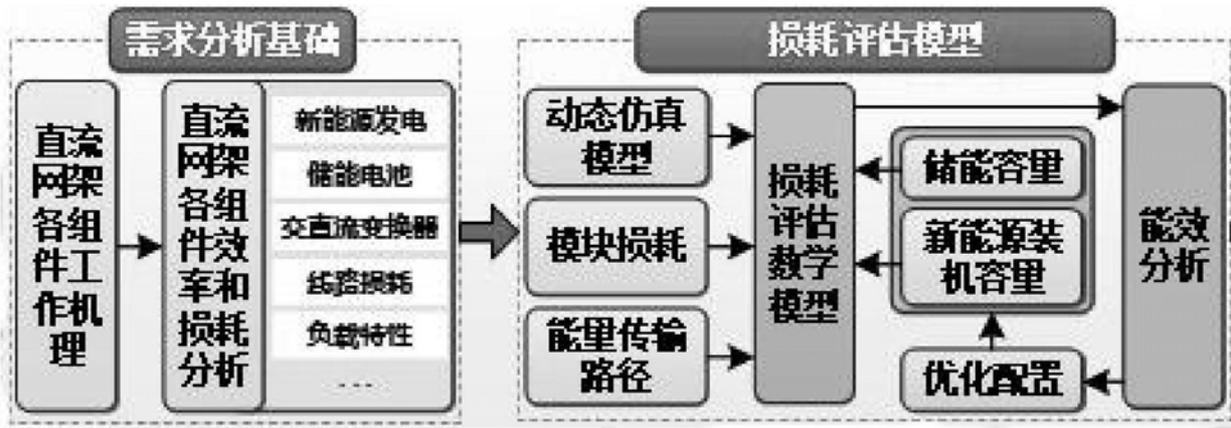


图3

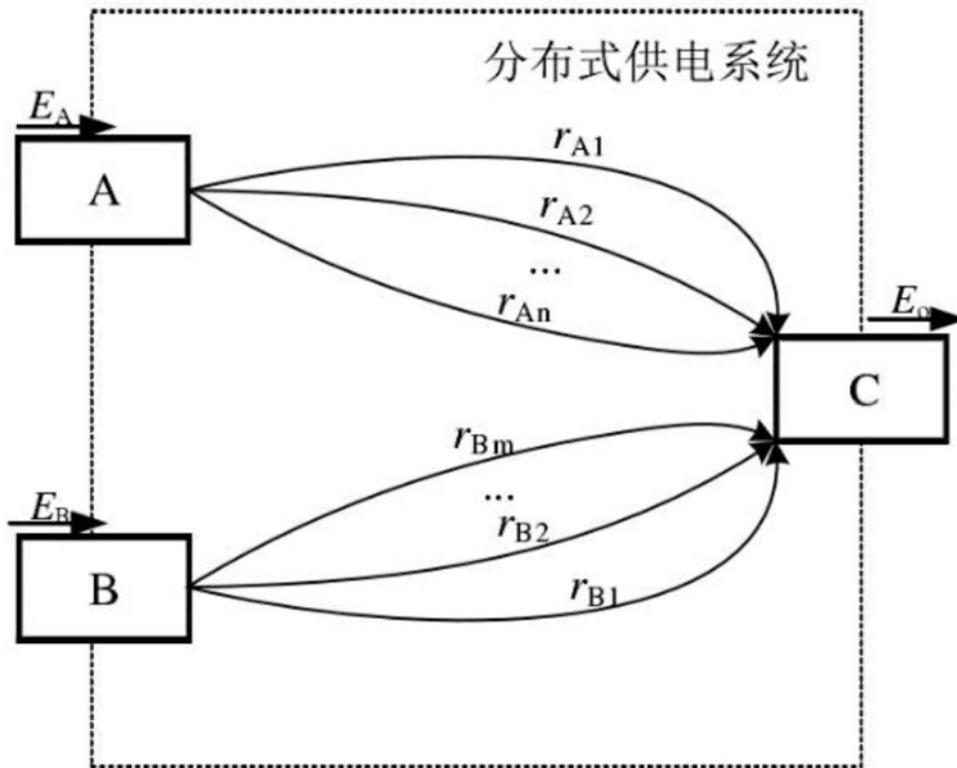


图4