

· 光伏发电 ·

离网型组合蓄能光伏发电系统

王立娜, 周克亮, 卢闻州, 程明
(东南大学电气工程学院, 江苏南京 210096)

摘要:提出了离网型组合蓄能光伏发电系统及其优化运行与配置的设计方法。该系统采用电解水制氢与蓄电池相结合的蓄能方式,其设计方法不仅能消除太阳能与用户负荷间供需失配的影响,而且还实现自治运行、效率最优和成本优化。以不同纬度地区的用户为案例,对离网型组合蓄能光伏发电系统和常规离网型光伏发电系统进行了对比计算与仿真。仿真结果表明,与常规系统相比,组合蓄能光伏发电系统不仅能够离网运行,提供连续的电力供应,且成本较低、体积较小、重量较轻等。

关键词:组合蓄能;光伏发电;优化设计;离网型

中图分类号:TM619

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2009)S1-0053-05

常规离网型光伏发电系统普遍采用蓄电池蓄能以缓冲由太阳辐射波动以及用户负荷时变所引起的供需失配,从而稳定电力供应。当蓄电池容量不足时,常规系统采用泻放电阻释放电能或中断供电等非手段防止蓄电池过度充放电以保证系统安全运行,但这将带来电力浪费并导致系统效率下降。由于蓄电池能量密度低、自漏电率较高,常规光伏发电系统往往难以提供长期稳定的电力供应。本文研究了一种离网型组合蓄能自治光伏发电系统,该系统采用蓄电池和电解水制氢相结合的蓄能方式。这种蓄能方式大大增强了系统的能量缓冲能力,使得系统供电能够长期不间断。同时,本文还提出了该系统的优化运行与设计方法,并进行了相应的案例研究和仿真验证。

1 离网型光伏发电系统

1.1 常规离网型光伏发电系统

常规离网型光伏发电系统见图1。

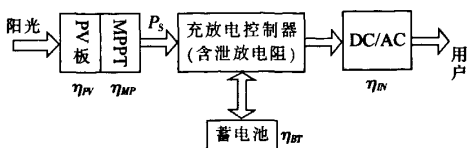


图1 常规离网型光伏发电系统

该系统有两条传输通道A(PV板用户)和B(PV板蓄电池用户)将光伏电能 P_s 供应给用户。其基本工作原理为:(1)当 P_s 大于用户所需时,若蓄电池未充满,则部分电能首先经通道A送到用户以满足其需求,其余的电量经通道B用于蓄电池充电;若蓄电池已充满,则部分电能经通道A送到用户满足其需求,多余能量将通过泻放电阻释放。(2)当 P_s

小于用户所需时,若蓄电池未电力不足,则 P_s 全部经通道A送到用户,而蓄电池经通道B放电以补充用电缺口;若蓄电池电量不足,为避免蓄电池损坏,则中断用户供电, P_s 全部经通道B用于蓄电池充电。显然,要保证该光伏发电系统正常运行,应尽可能避免中断供电和泻放电能的情形出现,这就要求蓄电池的容量足够大。此外,由于蓄电池能量密度低,自放电率较高等因素,蓄电池不适合长期储能,因而采用单一的蓄电池储能难以实现离网型光伏发电系统的自治运行(即系统供电不中断、完全依赖光伏发电而无需其他电力补充)。

1.2 离网型组合蓄能自治光伏发电系统

离网型组合蓄能离网光伏发电系统(见图2)采用蓄电池与电解水制氢蓄能(水电解氢装置、氢气罐、燃料电池)相结合的方式蓄能,其中蓄电池容量小用于短时蓄能,电解水制氢蓄能容量大,用于长期的蓄能。蓄电池效率高($\eta_{BR} \approx 0.8 \sim 0.9$)、动态特性好但能量密度低、自放电率较高;而氢气能量密度高易长期存储无泄漏,但电解氢装置($\eta_{EL} \approx 0.6 \sim 0.8$)和燃料电池($\eta_{FC} \approx 0.4 \sim 0.7$)效率较低。蓄电池和电解水制氢装置相结合可形成优势互补:系统自治运行,且动态响应好、能量利用效率高。

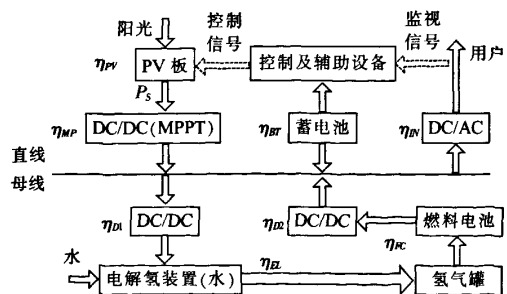


图2 离网型组合蓄能自治光伏发电系统

收稿日期:2009-06-20;修回日期:2009-10-19

如图 2 所示,和常规系统相比,该系统增加了两条能量传输通道 C 和 D,其中通道 C:PV 板电解氢装置燃料电池用户,通道 D:PV 板电解氢装置燃料电池蓄电池用户。但是,系统的优化运行和设计变得较为复杂,如:PV 板面积、蓄电池容量与电解水制氢蓄能容量等设计选择。

1.2.1 效率最优运行与控制策略

由如图 2 可知,各通道按照能量传输效率的高低排序依次为 $\eta_A > \eta_B > \eta_C > \eta_D$, 其中 $\eta_A = \eta_{PV} \eta_{MP} \eta_{IN}$, $\eta_C = \eta_{PV} \eta_{MP} \eta_{DI} \eta_{EL} \eta_{FC} \eta_{D2} \eta_{IN}$, $\eta_B = \eta_A \eta_{BT}$, $\eta_D = \eta_C \eta_{BT}$ 。以能量利用效率最优为准则,系统的工作模式总体为:任一时刻,光伏电能 P_S 将优先通过传输效率较高的通道送往用户负荷。具体来说就是:当 P_S 大于用户需要时,光伏电能首先经通道 A 送往用户,多余的电能将优先经通道 B 用于蓄电池充电,若蓄电池已充满电,则电解氢装置开启,多余能量将经通道 C 和 D 电解成氢气存贮起来;当 P_S 低于用户需要时,所有的光伏电能将经通道 A 送往用户,不足的电能将优先经通道 B 由蓄电池放电补充,若蓄电池电力不足,则燃料电池开启,将利用存贮的氢气产生电能经通道 C 和 D 来补足电力。

为实现系统以效率最优的方式运行,可采取如图 3 所示的双滞环控制方案^[7,8],其中设置滞环的目的是为防止电解装置和燃料电池频繁地开关; EL_{up} 表示蓄电池已充满电, FC_{low} 表示蓄电池电力已用尽, $EL_{up}-FC_{low}$ 代表蓄电池的放电深度;电解氢装置按可变输入功率模式运行;而燃料电池由于负载跟随响应较慢,它将以近似恒定功率方式发出电能^[7]。

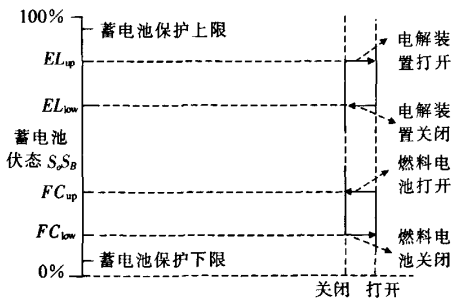


图 3 双滞环控制方案

1.2.2 系统元件规格设计

基于上述的效率最优控制策略,本小节将提供系统优化设计方法,即在保证系统自治运行的前提下,如何合理配置系统元件的规格以尽量降低系统成本。

(1) PV 板面积

由图 2 可知,系统能量传输效率为:

$$\eta_{sys} = c_A \eta_A + c_B \eta_B + c_C \eta_C + c_D \eta_D \quad (1)$$

式中: $c_A + c_B + c_C + c_D = 1$, $c_i (i = A, B, C, D)$ 为通道 i 一年内传输的能量占系统年传输总能量的比率。

假定一年下来系统实现了自治运行且能量供需平衡,即光伏电能恰好满足用户需求,若已知用户负荷年均值 P_{LYavg} ,则系统需要的 PV 板面积为:

$$A_{PV} = M_{PV} \cdot \frac{P_{LYavg}}{I_{SYavg} \cdot \eta_{sys}} \text{ m}^2 \quad (2)$$

式中: I_{SYavg} 为年均太阳能辐射强度; M_{PV} 为裕度系数,取值应大于等于 1 以保证光伏电能系统满足用户需求,当 $M_{PV} = 1$ 时,系统达到能量的供需平衡。

如图 4 所示为光伏电能与用户负荷失配图。当系统能量供需平衡时, $t_0 \sim t_3$ 期间内阴影面积对应一年内通过通道 A 或 B 供应用户能量; $t_1 \sim t_2$ 期间内“+”面积对应一年内通过通道 C 或 D 供应用户的能量。由于供需失配的随机性以及 η_A 与 η_B 、 η_C 与 η_D 值相差不大,为简化计算,令式(2)中的 $c_A = c_B$ 以及 $c_C = c_D$,利用迭代法,不难计算出 PV 板的所需面积。

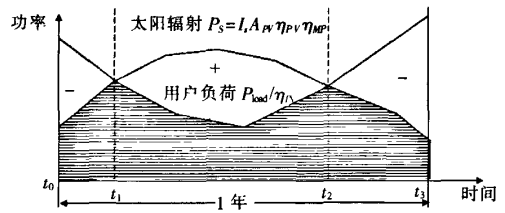


图 4 光伏电能与用户负荷失配图

(2) 蓄电池容量

其容量计算公式为:

$$E_m = M_{BT} \cdot \frac{P_{LMmax} \cdot 24}{DoD \cdot \eta_{BT}} \text{ (Wh)} \quad (3)$$

式中: $DoD (= EL_{up} - FC_{low}$, 见图 3) 为蓄电池放电深度;裕度系数 M_{BT} 一般取 2~5,即蓄电池容量可满足用户 2~5 天的用电需求; P_{LMmax} 为用户月平均功率最大值。

(3) 电解氢装置的额定功率

考虑到电解装置用于吸收多余的光伏电能以及自身的短时过载能力,其额定功率可计算为:

$$P_{EL} = M_{EL} \cdot I_{Smax} \cdot A_{PV} \cdot \eta_{PV} \cdot \eta_{MP} \cdot \eta_{DI} \text{ (W)} \quad (4)$$

式中:裕度系数 M_{EL} 一般可取 0.5~1; I_{Smax} 为年太阳辐射强度最大值。

(4) 燃料电池的额定功率

燃料电池发电用于满足用户用电,考虑到其自身特性,其额定功率可选为:

$$P_{FC} = M_{FC} \cdot P_{LMmax} / (\eta_{IN} \eta_{D2}) \text{ (W)} \quad (5)$$

式中:裕度系数 M_{FC} 一般可取 1.2~2。

(5) 氢气罐容积

如图 4 所示,在 $t_1 \sim t_2$ 期间,多余能量将水电解为氢气存储。依据理想气体方程,氢气的热功当量为

237 kJ/mol 或 65.8 Wh/mol, 1mol 氢气体积在常温下约为 22.4 L, 氢气罐容积计算如下:

$$V_{HT} = \frac{0.0224 M_{HT}}{65.8 H_{PT}} \int_{t=1}^t (P_S - \frac{P_{Load}}{\eta_{IN}}) \eta_{D1} \cdot \eta_{EL} dt \quad (\text{m}^3) \quad (6)$$

式中: 裕度系数 M_{HT} 应大于 1 以应对一年内氢气储量的涨跌; H_{PT} 为氢气罐气体的存贮压强, 单位为标准大气压。

若系统为常规光伏发电系统, 要保证系统自治运行即式(2)中的 $c_C = c_D = 0$, 其 PV 板面积的计算方法不变, 蓄电池容量的计算方法与本系统氢气罐容积的计算类似, 如下:

$$E_{BTC} = \frac{M_{BTC}}{DoD} \int_{t=1}^t (P_S - P_{Load} / \eta_{IN}) dt \quad (\text{Wh}) \quad (8)$$

式中: M_{BTC} 为裕度系数, 取大于 1 的值。

2 案例研究

选择我国北京和奥地利因斯布鲁克(简称“因市”)两地区的家庭用户进行案例研究, 其典型年份的太阳辐射和用户负荷数据见图 5 和图 6。

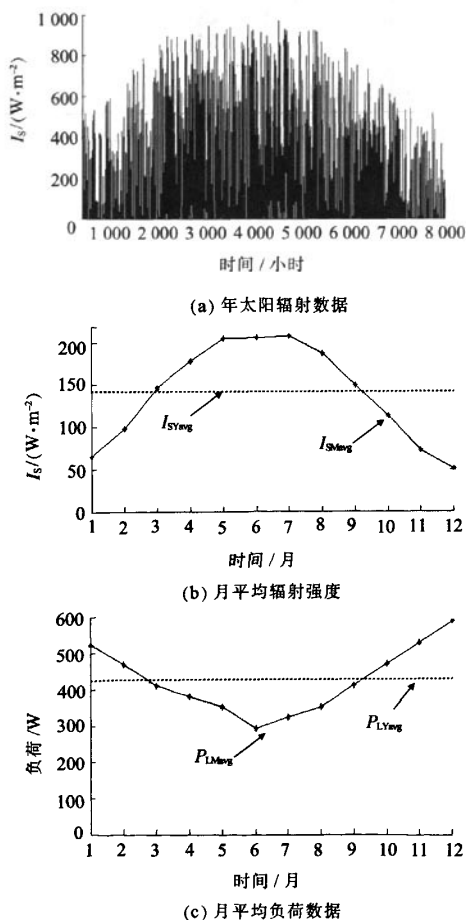


图 5 因斯布鲁克地区的太阳辐射和用户负荷数据

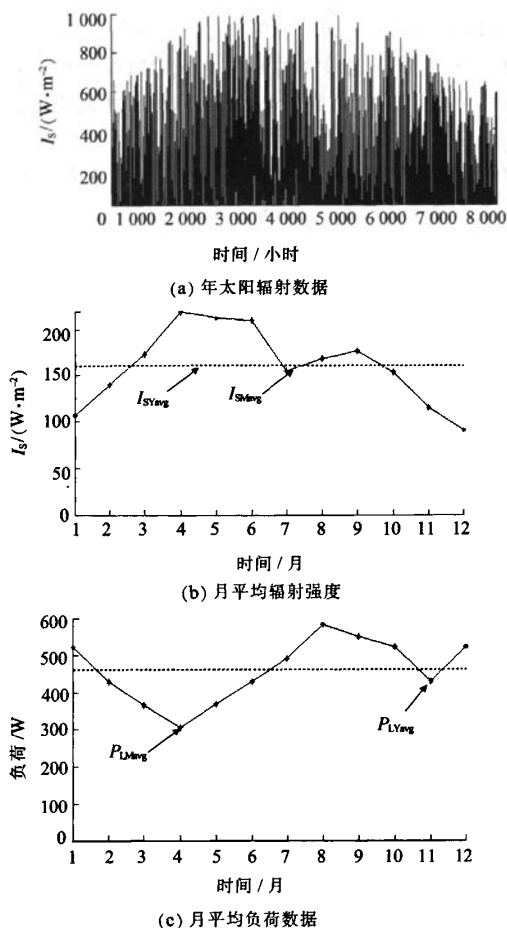


图 6 北京地区太阳辐射和用户负荷数据

图 5、图 6 中主要元件效率为: PV 板 $\eta_{PV} \approx 0.1$; 铅蓄电池 $\eta_{BT} \approx 0.9$; 功率变换器 $\eta_{D1} = \eta_{D2} = \eta_{IN} \approx 0.95$; MPPT $\eta_{MP} \approx 0.95$; 燃料电池 $\eta_{FC} \approx 0.65$; 电解装置 $\eta_{EL} \approx 0.7$ 。双滞环控制方案主要参数为: $EL_{up} = 0.9$, $EL_{low} = 0.8$, $FC_{up} = 0.5$, $FC_{low} = 0.4$ 。仿真工具采用 TRNSYS16 软件^[9]。

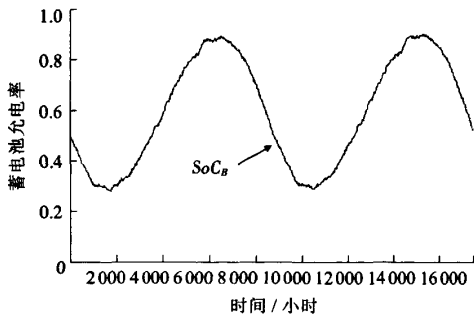
当采用常规离网型光伏发电系统给用户供电且实现自治运行时, 其蓄电池的充电状态 SoCB 初值取 0.5 以应付蓄电量的上下涨跌, 并令其放电深度 $DoD = 65\%$, 且取 $M_{PV} = 1$ 及 $M_{BTC} = 1$, 依据 1.2.2 节的方法计算出系统能量平衡时, 最低配置见表 1。

表 1 常规系统主要元件规格

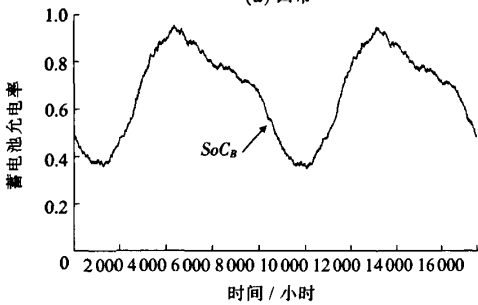
常规光伏发电系统	因斯布鲁克	北京
PV 板面积 /m ²	36	35
蓄电池容量 / (kWh)	1 776	1 184

采用表 1 所列规格的常规系统两年运行下来的仿真结果见图 7, (a)和(b)分别代表因市、北京两地蓄电池的工作情况。图 7 中的仿真结果显示, 两年运行中两地蓄电池 SoC_B 的波动范围分别为: 0.28~0.9

(因市) 和 0.35~0.96 (北京), 均接近放电深度 65%; 两年后两地最终的蓄电池充电状态分别为: 0.51(因市), 0.48(北京), 均接近初始值。由此可见, 采用 1.2.2 节的方法所估算系统元件的规格, 系统基本实现了供需能量平衡, 蓄电池的所需容量大小正好满足要求。需要指出是, 两地系统蓄电池的持续充放电时间均较长, 考虑到蓄电池的自放电等情况, 若要实现能量平衡, 蓄电池的容量可能要取更大的值。



(a) 因市



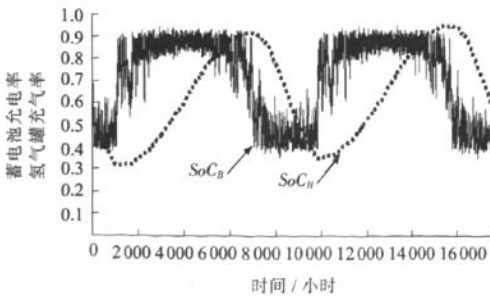
(b) 北京

图 7 两年中常规光伏发电系统的蓄电池运行状态

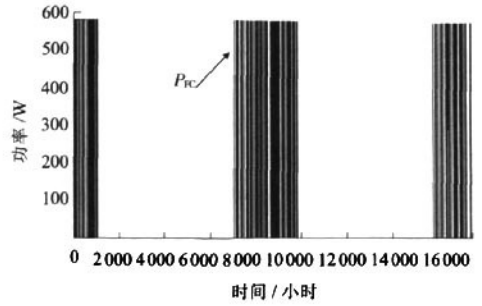
采用表 2 所列规格的组合蓄能系统两年运行下来的仿真结果见图 8。

表 2 组合蓄能系统主要元件规格

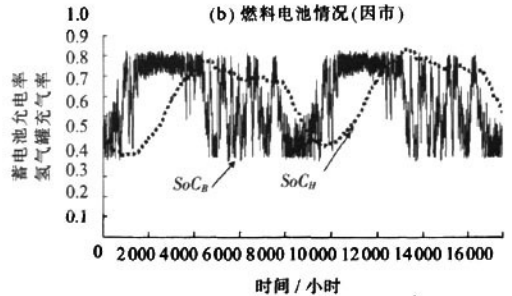
名称	PV 板/m ²	蓄电池/ (kWh)	氢气 罐/m ³	电解氢 装置/kW	燃料 电池/kW
因市	51	56	9	3.6	1
北京	44	56	6	3.2	1



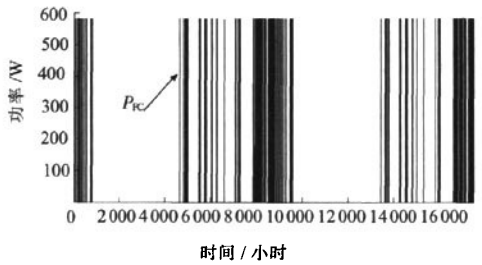
(a) 蓄电池、氢气罐情况(因市)



(b) 燃料电池情况(因市)



(c) 蓄电池、氢气罐情况(北京)



(d) 燃料电池情况(北京)

图 8 两年中组合蓄能光伏发电系统的运行状态

图 8 中的仿真结果显示, 两年运行中两地 SoC_B 的波动范围为: 0.35~0.95 (因市), 0.38~0.93 (北京), 均在蓄电池安全工作范围内; SoC_H 的波动范围为: 0.31~0.95 (因市), 0.41~0.93 (北京), 均在氢气罐容量许可范围内; 两年后两地最终的 SoC_H 为: 0.59 (因市), 0.62 (北京), 均比较接近初始值。由此可见, 采用 1.2.2 节的方法所估算系统元件的规格, 系统基本实现了供需能量平衡, 考虑到氢气罐的裕度系数 $M_{HT}=1.6$, 对氢气罐的容量的估算也基本准确。需要指出的是, 由于氢气罐比蓄电池的蓄能容量要高出许多, 因此只需根据 SoC_H 的变化就可判断系统能量是否平衡。

根据表 3 所列主要元件的技术和经济参数, 表 4 列出了两地常规系统与组合蓄能系统的成本、体积与重量的估算值, 其中, 对于控制及辅助装置的成本, 常规系统按 0.5 万元计算; 组合蓄能系统按 2 万元计算。依据表 1~4, 在实现自治运行的基础上, 虽然组合蓄能系统增加了 PV 板的面积, 但无论从成

本、体积还是重量的指标来衡量,组合蓄能系统均明显优于常规系统,若放大 PV 板尺寸,该系统还可以提供氢燃料用于其他用途。

表 3 主要元件技术经济参数

名称	PV 板	铅酸电池	电解装置	燃料电池	氢气罐
单价/万元	5/kW	0.1/kWh	1.0/kW	1.0/kW	0.1/m ³
功率或能量密度	—	30 W/kg	310 W/kg	310 W/kg	—
	—	50 Wh/L	300 W/L	300 W/L	—

表 4 两种系统的成本、重量和体积的比较

系统名称	成本/¥万元	体积/m ³	重量/ton
因 常规系统	196.10	35.52	59.20
市 组合蓄能系统	38.60	10.14	1.88
北 常规系统	136.40	23.68	39.47
京 组合蓄能系统	34.40	7.13	1.88

3 结束语

理论分析和仿真结果表明:采用电解水制氢蓄能与蓄电池相结合的蓄能方式能消除离网型光伏发电系统存在的电力供需失配的影响,从而实现自治运行,系统零排放、无污染;与常规光伏发电系统相比,在自治运行的前提下,采用效率最优运行方式及配置设计方法,使得组合蓄能光伏发电系统实现效率最优运行,降低了系统的投资成本、体积和重量等。该设计方法能帮助工程设计人员准确测算出系统实现自治运行所需的最低系统配置,亦为运行、投资和管理方准确估算投资成本效益提供了有用的工具。

参考文献:

- [1] 王承煦,张源.风力发电[M].北京:中国电力出版社,2003.
- [2] 许洪华.西藏 4 kW 风/光互补发电系统优化设计[J].太阳能学报,1998(3):225-230.

- [3] 王斯成,王长贵.西藏措勤 20 kW 光伏电站[J].太阳能,1999,(2):17-19.
- [4] 卢继平,白树华.风光氢联合式独立发电系统的建模及仿真[J].电网技术,2007,31(22):75-79.
- [5] L.A. Torres, F.J. Rodriguez, P.J. Sebastian. Simulation Results of a Solar-hydrogen-fuel Cell System: Results for Different Locations in Mexico [J]. Int. J. Hydrogen Energy 1998, 23 (11): 1007-1009.
- [6] Hollmuller P, Joubert JM, Lachal B, et al. Evaluation of a 5 kWp Photovoltaic Hydrogen Production and Storage Installation for a Residential Home in Switzerland [J]. Int. J. Hydrogen Energy 2000(25):97-109.
- [7] Ulleberg Oystein. Stand-alone Power Systems for the Future: Optimal Design, Operation & Control of Solar-Hydrogen Energy Systems [D]. Trondheim Department of Thermal Energy and Hydropower, Norwegian University of Science and Technology, 1998.
- [8] Keliang Zhou, J.A. Ferreira, S.W.H. de Haan. Optimal Energy Management Strategy and System Sizing Method for Stand-alone Photovoltaic-hydrogen Systems [J]. Int. J. Hydrogen Energy 2008(32):477-489.
- [9] Klein SA, Beckman WA, Mitchell JW, et al. TRNSYS-A Transient Simulation Program. Solar Energy Laboratory [R]. University of Wisconsin-Madison, 2004.

作者简介:

- 王立娜,女,硕士研究生,主要研究新能源发电技术等;
周克亮,男,博士生导师,主要研究电力电子与电力传动、新能源发电技术等;
卢闻州,男,硕博连读生,主要研究电力电子与电力传动等;
程明,男,博士生导师,主要研究新型电机设计与驱动、新能源发电技术等。

2050 年清洁电力将占亚洲所需电力一半

据国外媒体报道,绿色和平组织和欧洲新能源委员会(EREC)日前发布的一份报告称,到 2050 年新能源将占亚洲发展中国家电力生产的 67%。该报告称,新能源将代替核能需要,并且减少矿石燃料发电厂需求。绿色和平组织在声明中称,以“能源革命:可持续世界能源展望”为标题的报告称,新能源发电和能源效率方面的积极投资将在世界范围催生一个年 3600 亿美元的工业,为世界提供电力需求的一半,减少未来燃料消耗超过 18 万亿美元,同时保护气候。它提供了一个快速削减与能源相关的二氧化碳排放可操作的蓝图,确保在 2015 年之前温室气体达到顶峰然后回落。报告认为这些目标可以实现,同时保证发展中经济体如南亚、中国、印度和其它发展中国家所需发展的能源。绿色和平组织南亚领导人称,该报告表明亚洲人面前有个通向繁荣的道路,可以在气候变化条件下保证未来能源需求。现在需要各国领导人出台大胆的能源政策,对以前生产和消费能源方式上来一场革命。

严格的能源效率标准在经济上有非常积极的意义,可以大幅削减增加的能源需求。工业化国家节约的能源将为发展中国家发展经济增加能源使用量提供空间。新能源不仅在发电侧增加四倍,而且在供热和运输上也如是,在这种条件下,他们能把每人碳排放量由现在的 4 吨降低到 2050 年的大约 1 吨。在当前经济不稳定情况下,投资新能源技术是个三赢选择:保证能源安全,促进经济增长,减缓气候变化。同时经济正常发展。根据估计,从现在到 2030 年所增加的燃料成本高达 15.9 万亿美元,比执行能源革命计划高得多。新能源发电到 2030 年不需要增加任何成本发电,创造很多工作机会,帮助世界摆脱经济衰退。

欧洲新能源委员会政策官员称,全球新能源市场到 2050 年可以增加两位数,代替当今矿石燃料工业规模。由于经济规模,新能源如选址好的风能已经能与常规能源竞争。从 2015 年往后,他们可以确定各个行业的新能源将会成为最有效能源。新能源工业已经准备好,并能够上所需装机使能源革命变成现实。现在没有技术困难,重建全球能源系统只有政治上的阻碍。

作者: [王立娜](#), [周克亮](#), [卢闻州](#), [程明](#)
作者单位: [东南大学电气工程学院, 江苏, 南京, 210096](#)
刊名: [江苏电机工程](#)
英文刊名: [JIANGSU ELECTRICAL ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2009, 28(z1)
被引用次数: 0次

参考文献(9条)

1. [王承煦, 张源. 风力发电\[M\]. 北京: 中国电力出版社, 2003.](#)
2. [许洪华. 西藏4kW风/光互补发电系统优化设计\[J\]. 太阳能学报, 1998\(3\):225-230.](#)
3. [王斯成, 王长贵. 西藏措勤20kW光伏电站\[J\]. 太阳能, 1999, \(2\):17-19.](#)
4. [卢继平, 白树华. 风光氢联合式独立发电系统的建模及仿真\[J\]. 电网技术, 2007, 31\(22\):75-79.](#)
5. [LA. Torres, F. J. Rodriguez, p. J. Sebastian. Simulation Results of a Solar-hydrogen-fuel Cell System:Results for Different Locations in Mexico\[J\]. Int. J. Hydrogen Energy 1998, 23 \(11\):1007-1009.](#)
6. [Hollmuller P, Joubert JM, Lachal B, et al. Evaluation of a 5 kWp Photovoltaic Hydrogen Production and Storage Installation for a Residential Home in Switzerland\[J\]. Int. J. Hydrogen Energy 2000\(25\):97-109.](#)
7. [Ulleberg Oystein. Stand-alone Power Systems for the Future:Optimal Design, Operation & Control of Solar-Hydrogen Energy Systems\[D\]. Trondheim Department of Thermal Energy and Hydropower, Norwegian University of Science and Technology, 1998.](#)
8. [Keliang Zhou, J. A. Ferreira, S. W. H. de Haan. optimal Energy Management Strategy and System Sizing Method for Stand-alone Photovoltaic-hydrogen Systems\[J\]. Int. J. Hydrogen Energy 2008 \(32\):477-489.](#)
9. [Klein SA, Beckman WA, Mitchell JW, et al. TRNSYS-A Transient Simulation Program. Solar Energy Laboratory\[R\]. University of Wisconsin-Madison, 2004.](#)

相似文献(3条)

1. 会议论文 [王立娜, 周克亮, 卢闻州, 程明](#) 离网型组合蓄能自治光伏发电系统 2009

本文提出了离网型组合蓄能自治光伏发电系统及其优化运行与配置的设计方法。该系统采用电解水制氢与蓄电池相结合的蓄能方式, 其设计方法不仅能消除太阳能与用户负荷间供需失配的影响, 而且还实现自治运行、效率最优和成本优化。以不同纬度地区的用户为案例, 对离网型组合蓄能自治光伏发电系统和常规离网型光伏发电系统进行了对比计算与仿真。仿真结果表明, 与常规系统相比, 组合蓄能光伏发电系统不仅能够自治运行, 提供连续的电力供应, 且成本较低、体积较小、重量较轻等。

2. 期刊论文 [王立娜, 周克亮, 卢闻州, 程明, Wang Lina, Zhou Keliang, Lu Wenzhou, Cheng Ming](#) 绿色离网型光伏发电系统的优化设计与成本分析 -中国科技论文在线2009, 4(8)

针对常规离网型光伏发电系统和氢气蓄能式光伏发电系统所存在的不足, 提出了组合蓄能光伏发电系统及其优化设计方法。该方法不仅可以消除太阳辐射和用户负荷间供需失配的影响, 而且能够实现系统运行和成本的优化。此外, 还提出系统成本的计算方法。以我国北京地区的家庭用户为例, 对各种光伏发电系统进行了仿真验证, 并对其发电成本进行了分析比较。

3. 学位论文 [王立娜](#) 组合蓄能离网型光伏发电系统及其优化设计 2010

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsdjgc2009z1014.aspx

授权使用: 东南大学图书馆(wfdndx), 授权号: 2c86c4a1-5103-4cae-bac4-9e9901595e01

下载时间: 2011年3月1日