

文章编号: 0254-0096(2003)04-0540-08

风光互补发电系统的优化设计(I) CAD 设计方法

艾 斌^{1,3}, 杨洪兴², 沈 辉¹, 廖显伯³

(1. 中国科学院广州能源研究所, 广州 510070; 2. 香港理工大学屋宇设备工程系, 香港九龙;

3. 中国科学院半导体研究所, 北京 100083)

摘 要: 给出了一整套利用 CAD 进行风光互补发电系统优化设计的方法。为了精确确定系统每小时的运行状态, 采用了更精确地表征组件特性及评估实际获得的风光资源的数学模型。为了寻找出以最小设备投资成本满足用户用电要求的系统配置, 首先在风力发电机容量固定不变的前提下, 计算了与该容量风力发电机匹配的不同容量的 PV 方阵和蓄电池所组成的风/光/蓄组合的全年功率供给亏欠率 LPSP, 根据总的设备投资成本最小化的原则筛选出一组与该容量风力发电机对应的满足用户给定系统供电可靠性即 LPSP 值的风/光/蓄组合; 然后通过改变风力发电机的容量, 优选出多个与不同容量风力发电机对应的既能满足用户用电要求同时总的设备购置成本又是最低的风/光/蓄组合, 比较它们的成本最终唯一确定出以最小投资成本满足用户用电要求的优化的系统配置。

关键词: 风光互补发电系统; 优化设计; CAD 方法

中图分类号: TK614

文献标识码: A

0 引 言

由于昼夜的更替和天气变化的影响, 使用单独的光伏或风力发电都存在发电量不稳定的缺陷, 往往需要采用较大容量的蓄电池来平衡供电。而风、光系统中的蓄电池又工作在非常苛刻的条件下, 不但始终处于时断时续频繁的充放电循环之中, 甚至还会长期处于亏电状态。这种非理想的工作条件使得蓄电池的实际使用寿命一般都比较短, 而目前蓄电池的价格又相当昂贵, 风、光系统使用寿命期内的蓄电池总成本已接近甚至大于购买单独的 PV 组件或风力发电机的成本, 如何最大限度的延长蓄电池组的使用寿命是光伏系统设计人员极需解决的重大问题。利用风光互补发电可以有效延长蓄电池的充电时间, 大大缩短蓄电池处于亏电期的时间, 进而延长其使用寿命; 另一方面, 风光互补发电两者同时不供电的几率很小, 并且在很多情况下可以直接向负载供电, 这就大大降低了对蓄电池储能的要求, 即可以使用更小容量的蓄电池。国内外的研究结果都表明风光互补发电是一种比单一光伏或风力发电更经济的选择。

众所周知, 合理的匹配设计是充分发挥风光互补发电优越性的关键。准确合理的匹配设计可以保证蓄电池工作在尽可能理想的条件下, 最大限度地延长蓄电池的使用寿命, 降低供电成本, 获得以最小投资成本达到满足用户用电要求的效果。近年来, 国外已相继开发出一些模拟风力、光伏及其互补发电系统性能的大型工具软件包。通过模拟不同系统配置的性能表现和供电成本可以优化出最佳的系统配置^[1]。由于这些工具软件包的价格不菲, 大部分光伏系统设计人员无法使用到这样的软件工具; 另一方面, 作为商业秘密, 模拟所使用的表征风力发电机、PV 组件和蓄电池特性的数学模型也未被公开。

有许多工作致力于探索一种相对简单的设计光伏及其互补发电系统的方法, 然而它们中的绝大部分忽略了系统性能的精确定义。有些工作把重点放在气象数据的统计学特征对系统性能的影响^[2]或组件特性的非线性和系统操作方案对系统设计的影响^[3]; 还有一些工作以时间为步长进行系统性能的模拟, 并以此为基础试图找出连系有限个气象特征参数和系统配置关系的公式。然而模拟所使用的表

收稿日期: 2002-11-29

基金项目: 国家重点科技攻关计划(96-A17-08-01); 中国科学

征组件特性的数学模型往往过于简单,譬如用线性模型表征组件特性;另外,负载通常也被假定是恒定不变的,这些都造成了所推导出的公式的适用范围非常有限^[4,5,6]。Borowy 等人给出了一种更直接的确定风光互补发电系统中蓄电池和 PV 方阵最佳容量组合的方法^[7]。然而他们直接使用了 PV 组件和蓄电池的个数来设计系统,并未将 PV 组件和蓄电池的串联数和并联数区分开来,事实上在设计系统时两者需要分开考虑。另外,确定系统工作状态所使用的表征组件特性及评估实际获得的风光资源的数学模型也需要进一步完善。

本文将在文献[7]的基础上,给出一整套利用 CAD 进行风光互补发电系统优化设计的方法。为了精确确定系统每小时的运行状态,该方法采用了更精确的表征组件特性及评估实际获得的风光资源的数学模型。为了寻找出以最小设备投资成本满足用户用电要求的一组风/光/蓄组合,本文首先在风力发电机容量一定的前提下确定出与该容量风力发电机对应的满足用户用电要求同时总的设备购置成本又是最低的一组风/光/蓄组合,然后通过改变风力发电机的容量,由程序筛选出多个与不同容量风力发电机对应的既能满足用户用电要求同时总的设备购置成本又是最低的风/光/蓄组合,比较它们的成本最终可以唯一确定出以最小投资成本满足用户用电要求的优化的系统配置。很显然,在对风光互补发电系统优化设计的 CAD 方法中,确定与某一容量风力发电机对应的以最小设备投资成本满足用户用电要求的一组风/光/蓄组合是整个设计方法的核心和基础,同时也是设计的重点和难点。为此,程序模拟并计算了与某一容量风力发电机匹配的不同容量 PV 方阵和蓄电池所组成的风/光/蓄组合全年的功率供给亏欠率 LPSP,根据用户给定的系统供电的可靠性即 LPSP 值和总的设备购置成本最小化的原则,可由程序筛选出与该容量风力发电机对应的满足上述供电可靠性及成本最小化条件的唯一的一组风/光/蓄组合。此外,一旦知道了与某一容量风力发电机匹配的不同容量 PV 方阵和蓄电池所组成的风/光/蓄组合全年的功率供给亏欠率 LPSP,文章还给出由画图法确定与该容量风力发电机对应的满足用户用电要求同时设备购置成本又是最小的一组风/光/蓄组合的方法。即先画出与该容量风力发电机对应的满足给定系统供电可靠性要求的表示

PV 方阵和蓄电池容量关系的平衡曲线,再通过画用斜率表示 PV 组件和蓄电池成本关系的平衡曲线的切线,可以唯一确定出与该容量风力发电机对应的以最小投资成本满足这种供电可靠性要求的优化的系统配置。

1 数学模型

1.1 风光互补发电系统的示意图

本文所研究的风光互补发电系统如图 1 所示。该系统为独立发电系统,且不使用柴油发电机等后备电源。由于绝大多数用电器使用交流电源,在负载的前级使用了逆变器。泄荷器的作用是:当蓄电池已被充满且系统的发电量仍大于用电量时,为防止蓄电池过充和确保逆变器正常工作,控制器会自动接通泄荷器消耗掉多余的电能。

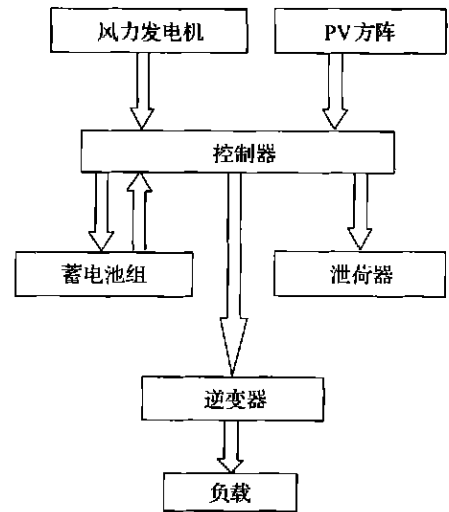


图 1 风光互补发电系统的示意图

Fig. 1 Schematic diagram of a PV/wind hybrid system

1.2 PV 方阵每小时发电量的计算

1.2.1 Hay 的天空散射各向异性模型

PV 组件每小时的发电量由组件平面上每小时接受到的平均光强、环境温度和组件特性决定。由于 PV 方阵通常与地面成一定倾角安装,在计算 PV 组件每小时的输出时,需要将水平面上实测的辐射强度数据折算到组件平面上的相应值。Hay 的天空散射各向异性模型常用于此目的,其表达式为:

$$E_{u} = E_{bt} + E_{dt} + E_{r} \quad (1)$$

式中

$$\begin{aligned}
 E_{bt} &= E_{bh} \cdot \left[\frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta} \right] \\
 E_{dt} &= E_{dh} \cdot \left[\frac{E_{th} - E_{dh}}{E_0} \right] \cdot \left[\frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta} \right] \\
 &\quad + E_{dh} \cdot \left[\frac{1 + \cos \beta}{2} \right] \cdot \left[1 - \frac{E_{th} - E_{dh}}{E_0} \right] \\
 E_r &= \frac{\rho_0}{2} \cdot E_{th} \cdot (1 - \cos \beta)
 \end{aligned}$$

在利用上面的公式计算组件平面上每小时的平均辐射强度时, 太阳赤纬 δ 和大气层外法向辐射强度 E_0 取每日的平均值, 其计算公式参见文献[8, 9]。 E_{ut} , E_{bt} , E_{dt} , E_r 和时角 ω 取小时平均值。时角 ω 和当地标准时间 T_1 的关系可以表达为^[9]:

$$\omega = [(T_1 + \frac{ET}{60} + \frac{Long_s - Long_l}{15}) - 12] \times 15 \quad (2)$$

式中时角 ω 和当地标准时间 T_1 取每小时的值, 时差 ET 取每日的值。根据文献[9]给出的每月 1、6、11、16、21 和 26 日的时差数据, 全年每日的时差数据可以由线性插值的方法得到。 $Long_l$ 和 $Long_s$ 分别表示当地的经度和当地标准时间的经度。

需要指出的是, 为了避免使用公式造成的误差, 只有当时角 ω 处于日出时角 $\omega_{rt} + 5^\circ$ 与日落时角 $\omega_{st} - 5^\circ$ 之间, 才能使用上述公式计算组件平面上每小时获得的平均辐射强度。 倾斜面上的日出、日落时角 ω_{rt} 和 ω_{st} 的计算公式参见文献[9]。

1.2.2 表征 PV 组件特性的数学模型

PV 组件的特性方程是一个没有解析解的超越方程, 不能直接用来计算 PV 组件每小时的输出。 如果使用了最大功率点跟踪器, 并且假定 PV 组件总是工作在最佳工作点, 则可以利用下面的公式计算任意条件下 PV 组件的最佳工作点电流和电压^[7, 10]:

$$I_{PV} = I_{sc} \cdot \left\{ 1 - C_1 \cdot \left[\exp \left(\frac{V_{PV} - \Delta V}{C_2 \cdot V_{oc}} \right) - 1 \right] \right\} + \Delta I \quad (3)$$

式中

$$C_1 = (1 - I_{mp}/I_{sc}) \cdot \exp[-V_{mp}/(C_2 \cdot V_{oc})]$$

$$C_2 = \frac{V_{mp}/V_{oc} - 1}{\ln(1 - I_{mp}/I_{sc})}$$

$$V_{PV} = V_{mp} \cdot \left[1 + 0.0539 \cdot \lg \left(\frac{E_{tt}}{E_{st}} \right) \right] + \beta_0 \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = V_{PV} - V_{mp}$$

$$\Delta I = \alpha_0 \cdot \left(\frac{E_{tt}}{E_{st}} \right) \cdot \Delta T + \left(\frac{E_{tt}}{E_{st}} - 1 \right) \cdot I_{sc}$$

$$\Delta T = T_{cell} - T_{st}, T_{cell} = T_A + 0.02 \cdot E_{ut}$$

1.2.3 PV 方阵每小时发电量的计算

对于实际应用, 需要将一定数量的 PV 组件进行串、并联以满足用户对电压和功率的要求。 系统的工作电压决定了 PV 组件的串联数, 而 PV 组件串的并联数决定了 PV 方阵的容量。 对于蓄电池的情况也是如此。 PV 方阵每小时输出的电压和功率可表示为:

$$V_{PVA} = N_{PVS} \cdot V_{PV} \quad (4)$$

$$P_{PVA} = N_{PVP} \cdot N_{PVS} \cdot V_{PV} \cdot I_{PV} \cdot F_c \cdot F_o \quad (5)$$

式中 N_{PVS} ——PV 组件的串联数; N_{PVP} ——PV 组件串的并联数; F_c 和 F_o ——分别代表由连接损失和其它损失引入的因子。

1.3 风力发电机每小时发电量的计算

风力发电机每小时的发电量是由风力发电机转轴高度处每小时的平均风速和风力发电机的输出特性决定的。 因为近地表面的风速随高度按指数规律变化, 并且风能与风速的三次方成正比, 所以风力发电机转轴的架设高度对风力发电机的输出具有极大的影响。 在计算风力发电机的输出时, 必须先把实测的每小时的平均风速折算到风力发电机转轴高度处的相应值。 最常用的是指数率公式, 其表达式为:

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha \quad (6)$$

式中 v ——目标高度处的风速; v_0 ——参考高度 z_0 处的风速; α ——地面粗糙度因子, 对于开阔的陆地, α 取 1/7。

即使具有相同额定功率的不同型号的风力发电机在同一地点使用, 由于输出特性曲线的不同, 其输出的电能也大不相同。 在计算风力发电机每小时的发电量时最好使用该型风力发电机实际的输出特性方程。 在本文中, 风力发电机的输出特性方程通过用最小二乘法对其实际的输出特性曲线拟合得到。 为了保证拟合的精度, 使用了三个二项式进行拟合。 风力发电机输出特性的拟合方程可以表达为:

$$P_w(v) = \begin{cases} 0 & (v < v_c) \\ a_1 \cdot v^2 + b_1 \cdot v + c_1 & (v_c \leq v < v_1) \\ a_2 \cdot v^2 + b_2 \cdot v + c_2 & (v_1 \leq v < v_2) \\ a_3 \cdot v^2 + b_3 \cdot v + c_3 & (v_2 \leq v \leq v_f) \\ 0 & (v > v_f) \end{cases} \quad (7)$$

式中 $P_w(v)$ ——风速为 v 时风力发电机输出的电功率; v ——风力发电机转轴高度处的风速; v_c 和 v_f ——分别为风力发电机的启动和切断风速。由风力发电机的输出特性方程和转轴高度处每小时的平均风速可以很容易计算出风力发电机每小时的发电量。

1.4 表征蓄电池特性的数学模型

t 时刻蓄电池的状态与前一时刻的蓄电池状态和 $t-1$ 时刻到 t 时刻系统对能量的供求状况有关。当 PV 方阵和风力发电机的总输出大于负载用电量时, 蓄电池处于充电状态。 t 时刻蓄电池的荷电量可以由下式表示:

$$E_B(t) = E_B(t-1) \cdot (1 - \sigma) + (E_{GA}(t) - E_L(t) / \eta_{inv}) \cdot \eta_{Batt} \quad (8)$$

否则, 蓄电池处于放电状态。在本文中, 蓄电池的放电效率被假定为 1, 因此 t 时刻蓄电池的荷电量可以表示为:

$$E_B(t) = E_B(t-1) \cdot (1 - \sigma) - [E_L(t) / \eta_{inv} - E_{GA}(t)] \quad (9)$$

式中 $E_B(t)$ 和 $E_B(t-1)$ ——分别表示 t 和 $t-1$ 时刻蓄电池的荷电量; σ ——蓄电池每小时的自放电率; $E_{GA}(t)$ —— $t-1$ 时刻到 t 时刻经过控制器能量损耗之后由 PV 方阵和风力发电机提供的总的可用电量; $E_L(t)$ —— $t-1$ 时刻到 t 时刻的负载用电量; η_{inv} 和 η_{Batt} ——分别表示逆变器的效率和蓄电池的充电效率。

在任意时刻, 蓄电池组的荷电量都要满足如下关系: $E_{Bmin} \leq E_B(t) \leq E_{Bmax}$ 。式中蓄电池组的最大荷电量 E_{Bmax} 取蓄电池组的额定容量 C_{Batt} ; 蓄电池组的最小荷电量 E_{Bmin} 由最大放电深度 DOD 决定, 即 $E_{Bmin} = (1 - DOD) \cdot C_{Batt}$ 根据厂商的说明书, 如果 DOD 取值 30% ~ 50%, 蓄电池的使用寿命可延长至最大。在本研究中, DOD 取值 50%。

PV 方阵的输出电压随着光强、温度的变化在不断变化, 只有当 PV 方阵的输出电压高于蓄电池

组的浮充电压, PV 方阵发出的电能才能被利用。在判断 PV 方阵的发电量能否被利用时, 需要知道蓄电池组的浮充电压。本文使用了以下联系蓄电池组端电压、荷电量和环境温度的公式^[11]:

$$V_{bt}(t-1) = N_{bs} \cdot \left[2 + 0.148 \times \left(\frac{E_B(t-1)}{E_{Bmax}} \right) \right] \times [1.0 - 0.001 \times (T_A - 25)] \quad (10)$$

2 匹配计算方法

以下两个几率的定义经常被用来表示系统供电的可靠性。一个是缺电率 LLP (the loss of load probability), 定义为系统停电时间 T_f 与评估期时间 T 的比率, 即 $LLP = T_f / T$; 另一个是功率供给亏欠率 $LPSP$ (the loss of power supply probability), 定义为系统亏欠负载的功率除以评估期负载总的功率要求:

$$LPSP = \frac{\sum_{t=1}^T LPS(t)}{\sum_{t=1}^T E_L(t)} \quad (11)$$

$$LPS(t) = E_L(t) - [E_{GA}(t) + E_B(t-1) - E_{Bmin}] \eta_{inv}$$

$LPSP$ 值的优化的系统配置,

2.1

PV 方阵和蓄电池组的最佳容量组合问题。

PV 方阵和蓄电池所组成的风/ / $LPSP$ 。2 给出了风力发电机容量一定条件下计算不同容量 PV 方阵和蓄电池组成的风/ / $LPSP$ 值的程序流程图。PV 组件和蓄电池串的并联数的下限由下面的式子给出:

$$N_{PVP, min} = Int[0.5 \cdot C_{PVN} / (C_{SPV} \cdot N_{PVS})] \quad (12)$$

$$N_{bp, \min} = \text{Int}[E_{Lpd} / (DOD \cdot \eta_{inv} \cdot C_{sbatt} \cdot N_{bs})] \quad (13)$$

C_{PVN} ——

PV 方阵

的最小容量; C_{PVN} 的计算请参考文献 [12]。

C_{SPV} —— PV 组件的容量; $N_{PVP, \min}$ ——

PV 组件串的最小并联数, PV 方阵的容

量取 C_{PVN} 值的一半。 $N_{bp, \min}$ ——

E_{Lpd} —— ; C_{sbatt} ——

; N_{bs} ——

PV 方阵

和蓄电池所组成的风/ /

LPS 一旦被确定,

LPS 值的多种不同系统

配置可以用一条表示 PV 组件和蓄电池串的并联数

之间变化关系的平衡曲线来直观地表示, 3 所

示,

可以表达为:

$$C = C_{spv} \cdot N_{PVS} \cdot N_{PVP} + C_{sb} \cdot N_{bs} \cdot N_{bp} + C_0 \quad (14)$$

C_{spv} —— PV 组件的成本; C_{sb} ——

; C_0 ——

(14)

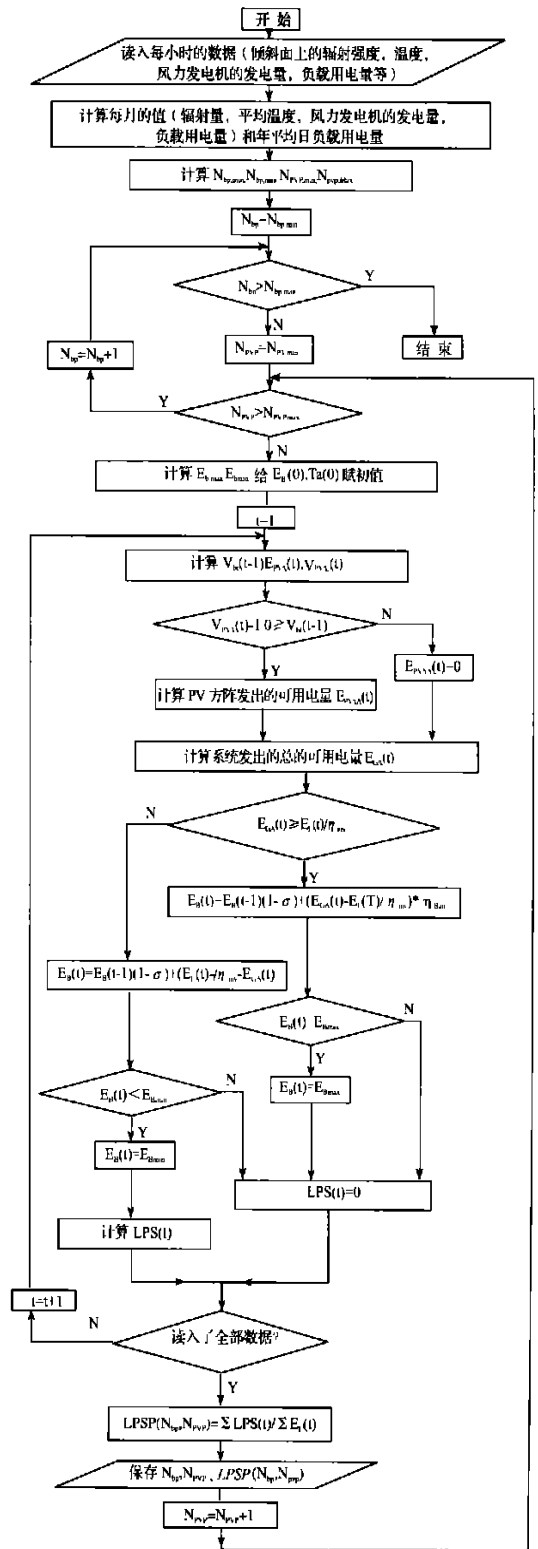
$$N_{PVP} = \frac{C_{sb} \cdot N_{bs}}{C_{spv} \cdot N_{PVS}} \cdot N_{bp} + \frac{C}{C_{spv} \cdot N_{PVS}} - \frac{C_0}{C_{spv} \cdot N_{PVS}} \quad (15)$$

PV 组件和蓄电池的

型号被选定, C_{spv} , N_{PVS} , C_{sb} 和 N_{bs} 就可以被认为是

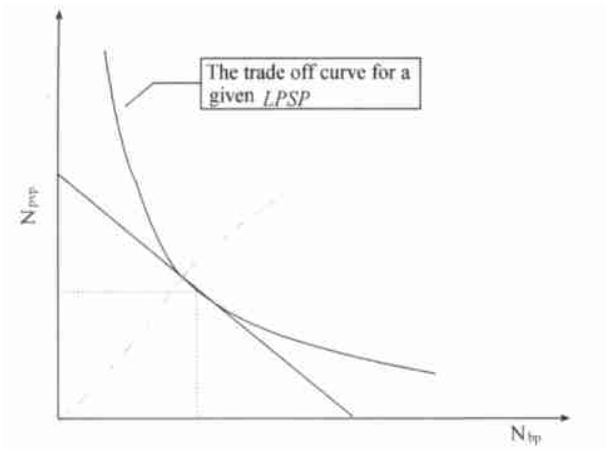
常数, (15) N_{PVP} , N_{bp} 和 C 是变量。

C 最小,



2 PV 方阵和蓄电池组成的风/ / LPS 值的程序流程图

Fig. 2 Flow chart diagram for the calculation of LPS of configurations with a certain capacity of wind generator and different capacity of PV arrays and battery banks



3 $LPSP$ 要求的典型的表示 PV 组件串和蓄电池串并联数之间关系的平衡曲线
 Fig.3 Typical trade off curve between the parallel connection numbers of battery and PV module strings for a given $LPSP$ value

曲线相交的直线 $N_{PVP} = -\frac{C_{sb} \cdot N_{ls}}{C_{spv} \cdot N_{PVS}} \cdot N_{bp} + C$ 在 $N_{PVP} - N_{bp}$ 坐标系中 N_{PVP} 轴上的截距最小。

$-\frac{C_{sb} \cdot N_{ls}}{C_{spv} \cdot N_{PVS}}$ 的平衡曲线的切线满足这一要求。

PV 组件串的并联数的最佳组合。

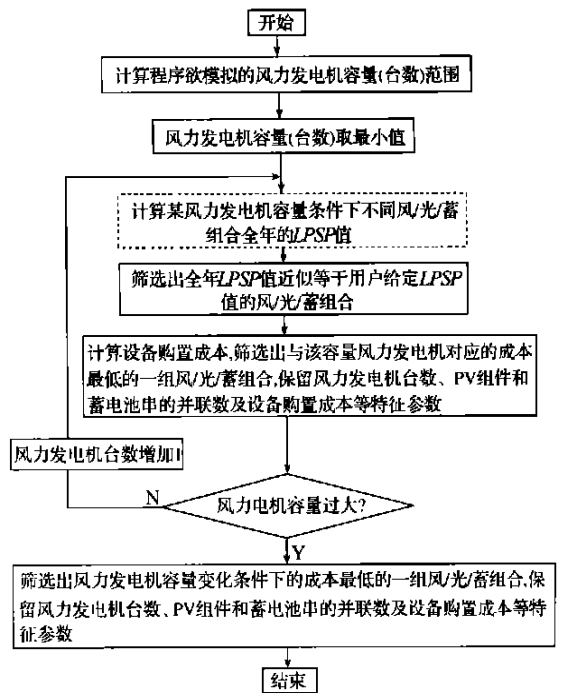
PV 方阵和蓄电池所组成的风 / $LPSP$ 之后，

$LPSP$ 值和总的设备购置成本最小化的原则，

2.2

电机容量变化条件下的风光互补发电系统进行优化设计的程序方框图。

1 开始取值，
 0 值， / 。
 ，
 ，
 1 到 2 的因子并
 把结果赋给程序所模拟的风力发电机台数的上限。
 ， 2 已给出了对应于该模块的详细程序流程图。



4
 Fig.4 The block diagram for optimum sizing of PV/wind hybrid system with variable wind generator capacity

以最小设备购置成本满足用户用电要求的优化的系统配置一经确定，

：
 1) 。
 SOC；
 。
 2)

LSP 值; LLP 值;
 3) LSP 值; LLP 值;
 4) LSP 值; LLP 值;

PV 方阵和风力发电机各自的年发电量; PV 方阵和风力发电机全年发出的可用电量和多余电量等。

3

CAD 进行风光互补发电系统优化设计的方法。

- E_{tt} , W/m^2
- E_{bt} , W/m^2
- E_{dt} , W/m^2
- E_r , W/m^2
- E_{th} , W/m^2
- E_{bh} , W/m^2
- E_{dh} , W/m^2
- ϕ , ($^\circ$)
- β , ($^\circ$)
- ρ_0
- I_{PV} PV 组件的最佳工作点电流, A
- V_{PV} PV 组件的最佳工作点电压, V
- V_{oc} PV 组件的开路电压, V
- I_{mp} PV 组件的最大功率点电流, A
- I_{sc} PV 组件的短路电流, A
- V_{mp} PV 组件的最大功率点电压, V
- E_{st} , $1000W/m^2$
- α_0 PV 组件的电流温度系数, $A/^\circ C$
- β_0 PV 组件的电压温度系数, $V/^\circ C$
- T_{cdl} , $^\circ C$
- T_{st} , $25^\circ C$
- T_A , $^\circ C$

- N_{PVS} PV 组件的串联数
- N_{PVP} PV 组件串的并联数
- N_{bs}
- N_{lp}
- C_{SPV} PV 组件的容量, W_p
- C_{Sbatt} , Wh
- C_{spv} PV 组件的成本
- C_{sb}

[]

[1] . 4KW 风/ [J] . , 1998, 19(3): 225—230.

[2] Klein S A, Beckman W A. Loss-of-load probabilities for stand-alone photovoltaic systems [J] . Solar Energy, 1987, 39(6): 499—512.

[3] Seeling-Hochmuth G C. A combined optimization concept for the design and operation strategy of hybrid-PV energy system[J] . Solar Energy, 1997, 61(2): 77—87.

[4] Egido M, Lorenzo E. The sizing of stand alone PV-systems; a review and a proposed new method[J] . Solar Energy Materials and Solar Cells, 1992, 26(1/2): 51—69.

[5] Beyer H G, Langer C. A method for the identification of configurations of PV/wind hybrid systems for the reliable supply of small loads[J] . Solar Energy, 1996, 57(5): 381—391.

[6] Markvart T. Sizing of hybrid photovoltaic—wind energy systems[J] . Solar Energy, 1996, 57(4): 277—281.

[7] Borowy B S, Salameh Z M. Methodology for optimally sizing the combination of a battery bank and PV array in a wind/PV hybrid system [J] . IEEE Transactions on Energy Conversion, 1996, 11(2): 367—375.

[8] Klein S A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces[J] . Solar Energy, 1977, 19: 325—329.

[9] [M] . , 1986.

[10] Lasnier F, Ang T G, Lwin K S. Solar Photovoltaic Handbook[M] . Energy Technology Division, Asian Institute of Technology, 1988.

[11] [D] . , 2000.

[12] [D] . : , 2000.

OPTIMUM SIZING OF PV/WIND HYBRID SYSTEM (I) CAD METHOD

Ai Bin^{1,3}, Yang Hongxing², Shen Hui¹, Liao Xianbo³

(1. *Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China;*

2. *Department of Building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong;*

3. *Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)*

Abstract: A complete set of match calculation method for optimum sizing of a PV/wind hybrid system was presented. The hourly performance of a PV/wind hybrid system was determined accurately, more accurate mathematic models for characterizing PV module, wind generator and battery as well as models for the estimating the available natural resources are adopted; in order to find the optimized configuration which meets the energy demand with the minimum cost, firstly the whole year's *LPSP* (the Loss of Power Supply Probability) values of PV/wind hybrid systems with a certain capacity of the wind generator and various capacities of PV arrays and battery banks were calculated, one optimized PV/wind/battery combination corresponding to the certain capacity of the wind generator which can meet the user's demand on power supply reliability was selected; then several optimized PV/wind/battery combinations corresponding to various capacities of wind generators can be determined similarly by changing the capacity of the wind generator, by comparing the total equipment costs of them the optimum configuration which meets the energy demand with the minimum cost can be uniquely determined finally.

Keywords: PV/wind hybrid system; Optimum sizing; CAD method

联系人 E-mail: aibin@ms.giec.ac.cn 或 aixiaobin@hotmail.com