

Research on the Scheduling of Micro-Grid

Yan Wu¹, Chang Xu², Zhao Jiang²

¹College of Science, China Three Gorges University, Yichang Hubei

²School of Computer Science, China Three Gorges University, Yichang Hubei

Email: 1335587642@qq.com

Received: Jul. 2nd, 2017; accepted: Jul. 17th, 2017; published: Jul. 21st, 2017

Abstract

This paper studies the problem of micro-grid optimization. Requirements in the battery, renewable energy photovoltaic power generation, fan power generation and micro-network and power grid exchange power in a coordinated combination of circumstances, calculate the composition of the load of each time, the total power supply costs and the average purchase price. Firstly, the data of the attachment are analyzed, and the time-interval calculation model, the single-objective integer programming model and Single Target Nonlinear Optimization Model are established respectively. Then, combining the two binary enumerations, the three sub-indicators of the average purchase price, the total power supply cost and the load of each period are calculated by MATLAB programming; finally, the image is analyzed by the obtained data, and the utilization of renewable energy is obtained.

Keywords

Microgrid, Integer Programming, Enumeration Method, Single Target, Nonlinear Optimization

微电网日前优化调度的研究

吴燕¹, 徐畅², 江昭²

¹三峡大学理学院, 湖北 宜昌

²三峡大学计算机学院, 湖北 宜昌

Email: 1335587642@qq.com

收稿日期: 2017年7月2日; 录用日期: 2017年7月17日; 发布日期: 2017年7月21日

摘要

本文研究的是微电网日前优化调度的问题。要求在蓄电池、可再生能源光伏发电、风机发电及微网与电

网交换功率相互协调组合情况下, 计算各时段负荷的供电构成、全天总供电费用和平均购电单价。首先对文中附件数据分析, 分别建立分时段计算模型、单目标整数规划模型、单目标非线性优化模型; 然后结合两位二进制枚举法, 利用MATLAB编程, 分别求出平均购电单价、全天总供电费用、各时段负荷的供电构成三个分指标; 最后通过求解得到的数据进行图像分析, 从而得到可再生能源的利用情况。

关键词

微电网, 整数规划, 枚举, 单目标, 非线性优化

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

环境污染和能源危机已经成为当今世界所面临的两大主要社会问题。面对日益增长的能源需求和化石能源的短缺, 探索可再生的清洁能源, 以缓解能源危机、改善能源结构, 实现环境和资源的协调发展以及社会的可持续发展具有重大的现实意义。

微电网在分布式发电的基础上, 结合分布式电源、储能装置、热电负荷等, 形成可控的热电联供装置[1], 包含太阳能光伏发电、风力发电等清洁[2]发电方式, 通过能量的转换和调度, 充分利用可再生能源, 实现经济效益的最大化, 并保证系统的热电负荷和用户的热电需求。因此, 无论是在环境保护、能源危机还是经济发展等方面, 微电网的研究都具有重大意义。

2. 微电网日前优化调度的数学模型

2.1. 模型假设

- 1) 蓄电池充放电过程中, 不计蓄电池损耗;
- 2) 无可再生能源条件下, 关闭风机和光伏装置;
- 3) 电池充放电功率在一个时间间隔内保持不变;
- 4) 风机和光伏发电功率在一个时间间隔内保持不变。

2.2. 模型的求解思路

问题一: 要求在微网中蓄电池不作用, 且微网与电网交换功率无约束, 在无可再生能源和可再生能源全额利用两种情况下计算供电构成、全天总供电费用和负荷平均购电单价三个分指标。可以建立分时段计算模型, 得出在无可再生能源情况下: 供电构成全部由用户需求提供, 供电费用全部由购买得到, 从而可求得负荷平均购电单价。在有可再生能源情况下: 各时段电荷构成由两部分组成, 当相应时段风机和光伏发电大于所需负荷, 即供过于求时, 由风机和光伏发电; 供不应求时, 供应不足部分通过购买弥补, 即可算出供电构成、全天总供电费用和负荷平均购电单价三个指标。

问题二: 要求在不计蓄电池作用, 且微网与电网交换功率无约束条件下, 以平均负荷供电单价最小为目标情况下, 分别计算三指标, 并分析可再生能源的利用情况。要使平均负荷供电单价最小, 即使得全天总供电费用最小。可以结合两位二进制枚举法, 以平均负荷供电单价最小为目标函数, 建立混合整

数线性规划模型，即可求得三指标；最后再根据上述计算结果，可以分析出各个时段可再生能源的利用情况，从而反映出总体变化情况。

问题三：要求若考虑蓄电池作用，且微网与电网允许交换功率不超 150 KW，在可再生能源全额利用的条件下，计算三指标，分析蓄电池参与调节后产生的影响。其中可再生能源全额利用，可以建立单目标非线性优化模型[3]，对于充放电行为采用题中所给的决策因子进行决策，充放电时刻采用 Lingo 或者是 Matlab 中的粒子群算法解决，从而求得决策。

2.3. 数据处理

图 1 反映的是随着时间变化，风力发电、光伏发电以及用户需求用电需求功率的变化：

图 2 中蓝色部分表示用户用电需求随时刻变化的平均功率，有削峰填谷作用；红色部分表示用户用电需求随时刻变化的实时功率：

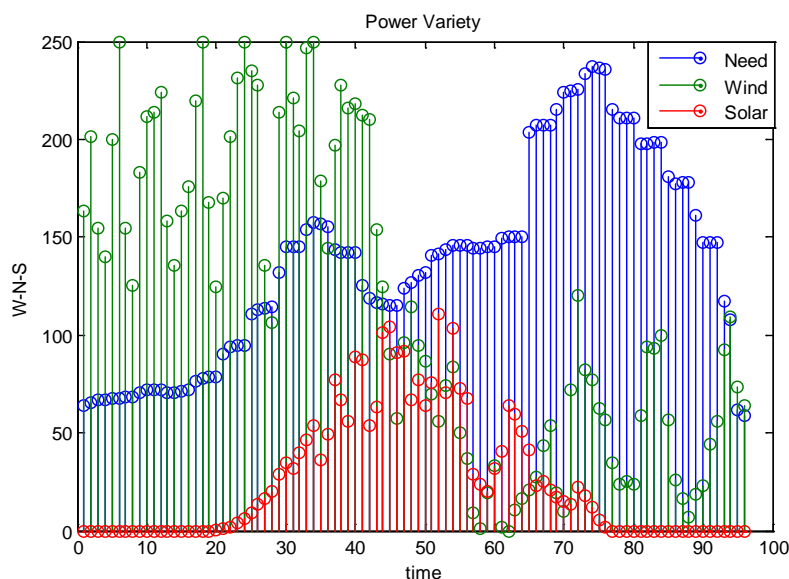


Figure 1. The power of wind, photovoltaic, electricity demand changes over time
图 1. 风能、光伏、用电需求量随时间变化的功率

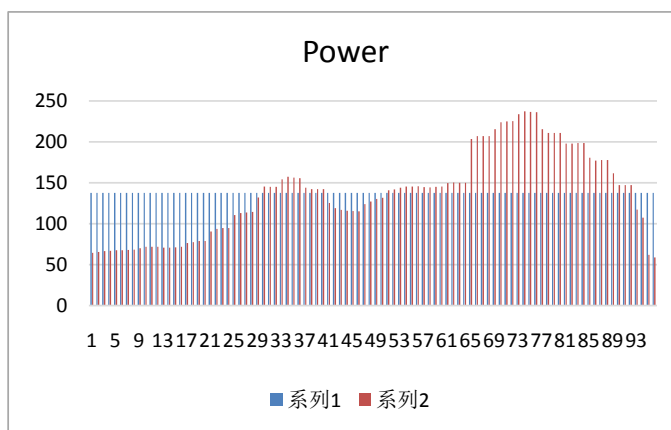


Figure 2. Day load power and daily average load power
图 2. 全天负荷功率和日平均负荷功率

3. 模型的求解

3.1. 问题一的求解

3.1.1. 模型的准备

各时段负荷的供电构成：各时段向负荷提供电力装置的功率构成；

全天总供电费用：发电总成本 + 购电总成本 - 售电总收益；

负荷平均购电单价：购电总成本/购电总电量；

平均负荷供电单价：全天总供电费用/负荷全天总用电量。

3.1.2. 模型的建立

1) 无可再生能源情况下：

供电构成只能通过购买获得，对应 t 时段负荷的供电构成 P_t 的计算：

$$P_t = \sum_{\Delta t_j=1}^{k_t} P_{ij}, k_t = 28, 12, 20, 12, 12, 12 (t = 1, 2, \dots, 6)$$

全天总耗电量 Q 的计算：

$$Q = \sum_{t=1}^6 P_t \cdot k_t \Delta t$$

全天总供电费用 C 的计算：

$$C = \sum_{t=1}^6 P_t \cdot k_t \Delta t \cdot B_t$$

负荷平均购电单价的计算：

$$\bar{B} = C/Q$$

2) 有可再生能源情况下：

供电构成由风机发电、光伏发电、电网购电三部分组成，对应 t 时段负荷的供电构成 P'_t 的计算：

$$P_{rij} = P'_{wij} + P'_{gij}$$

$$P'_t = P_{rij} + P_{bij}$$

其中： P_{rij} 为 i 时段 j 时间间隔除去售掉的可再生能源， P'_{wij} 为 i 时段 j 时间间隔部分风机发电功率， P'_{gij} 为 i 时段 j 时间间隔光伏发电功率， P_{bij} 为 i 时段 j 时间间隔购买时的交互功率。

i 时段 j 时间间隔内发电成本为：

$$C_{rij} = P_{wij} \cdot \Delta t \cdot C_w + P_{gij} \cdot \Delta t \cdot C_g$$

i 时段 j 时间间隔内负荷与可再生能源之间的功率之差为：

$$\Delta P_{ij} = P_{lij} - P_{wij} + P_{gij}$$

i 时段 j 时间间隔内购电费用为：

$$C_{pij} = \Delta P_{ij} \cdot \Delta t \cdot B_i \quad (\Delta P_{ij} \geq 0)$$

i 时段 j 时间间隔内售电收益为：

$$C_{sij} = \Delta P_{ij} \cdot \Delta t \cdot S_i \quad (\Delta P_{ij} < 0)$$

全天总的供电费用，即发电总成本和购电总成本之和与售电总之差为：

$$C = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} (C_{rij} + |\Delta P_{ij}| \cdot \Delta t \cdot \text{sgns}(\Delta P_{ij}))$$

其中定义：

$$\text{sgns}(\Delta P_{ij}) = \begin{cases} B_i & \Delta P_{ij} \geq 0 \\ -S_i & \Delta P_{ij} < 0 \end{cases}$$

平均购电单价为：

$$\bar{B} = \frac{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} C_{pij}}{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} \Delta P_{ij} \cdot \Delta t} \quad (\Delta P_{ij} \geq 0)$$

3.1.3. 模型的求解

1) 无可再生能源情况下：

如表 1 所示。

2) 可再生能源完全利用情况下：

如表 2 所示。

Table 1. The related data of no renewable energy

表 1. 无可再生能源相关数据

时段	风机 (KW)	光伏 (KW)	蓄电池 (KW)	购电 (KW)	售电 (KW)	供电费用 (元)
1	0.00	0.00	0.00	2242.70	0.00	140.17
2	0.00	0.00	0.00	1761.80	0.00	233.44
3	0.00	0.00	0.00	2663.00	0.00	545.92
4	0.00	0.00	0.00	2314.50	0.00	306.67
5	0.00	0.00	0.00	2585.20	0.00	529.97
6	0.00	0.00	0.00	1662.30	0.00	220.25
合计	0.00	0.00	0.00	13229.50	0.00	1976.41

负荷平均购电单价：0.60 元/KWh

Table 2. The related data of renewable energy

表 2. 有可再生能源相关数据

时段	风机 (KW)	光伏 (KW)	蓄电池 (KW)	购买 (KW)	售电 (KW)	供电费用 (元)
1	5174.46	72.77	0.00	0.00	3004.53	521.08
2	2568.57	608.44	0.00	0.00	1415.21	299.40
3	1674.61	1404.36	0.00	0.00	415.97	413.42
4	396.25	393.22	0.00	1525.03	0.00	327.31
5	731.24	37.79	0.00	1816.17	0.00	474.46
6	587.35	0.00	0.00	1074.95	0.00	218.79
合计	11132.48	2516.58	0.00	4416.15	4835.71	2254.45

负荷平均购电单价：0.65 元/KWh

3.1.4. 模型的结果分析

根据表 1 和表 2, 可知: 在无可再生能源的情况下, 全天的总供电费用为 1976.41 元, 负荷平均购电单价为 0.60 元/KWh; 在可再生能源全额利用的情况下, 全天的总供电费用为 2254.45 元, 负荷平均购电单价为 0.60 元/KWh。表明在有可再生能源的情况下, 若没有对风机和光伏进行合理调度, 则会使微网系统全天的总供电费用和负荷平均购电单价更高。

3.2. 问题二的求解

3.2.1. 模型求解的思路流程图

如图 3 所示。

3.2.2. 模型的建立

针对问题二: 首先对题意和附表 1 的数据进行分析, 建立了混合整数线性规划模型, 由于引入了风机和光伏关停与否的决策因子, 因此采用枚举的方式找到满足平均负荷供电单价最小的决策方案, 并求出各时段负荷的供电构成、全天总供电费用和平均购电单价, 从而进一步分析出可再生能源的利用情况。

i 时段 j 时间间隔内发电成本为:

$$C'_{rij} = P_{wij} \cdot X_{wij} \cdot \Delta t \cdot C_w + P_{gij} \cdot X_{gij} \cdot \Delta t \cdot C_g$$

i 时段 j 时间间隔内负荷于可再生能源之间的功率差为:

$$\Delta P'_{ij} = P_{lij} - P_{wij} \cdot X_{wij} + P_{gij} \cdot X_{gij}$$

i 时段 j 时间间隔内购电费用为:

$$C'_{pij} = \Delta P'_{ij} \cdot \Delta t \cdot B_i \quad (\Delta P'_{ij} \geq 0)$$

i 时段 j 时间间隔内售电收益为:

$$C'_{sij} = \Delta P'_{ij} \cdot \Delta t \cdot S_i \quad (\Delta P'_{ij} < 0)$$

全天总供电费用:

$$C' = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} (C'_{rij} + |\Delta P'_{ij}| \cdot \Delta t \cdot \text{sgns}(\Delta P'_{ij}))$$

综上所述, 建立混合整数线性规划模型:

$$\min \overline{P}_{ri} = \frac{C'}{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} P_{lij} \cdot \Delta t}$$

3.2.3. 模型的求解

通过分析问题, 采用 Matlab 进行建立单目标非线性优化模型的计算, 部分计算结果如下(具体见附表 1):

从表 3 和表 4 中数据可知: 若不计蓄电池作用, 且微网与电网交换功率无约束, 允许弃风弃光的情况下, 全天总供电费用和负荷平均购电单价较可再生能源全额利用时降低较多。

图 4 和图 5 分别反映了一天中各个时间间隔风力发电和光伏发电的利用情况。其中风力发电的利用率为: 31.08%, 光伏发电的利用率为: 7.15%。由此可知风力发电的利用率远高于光伏发电的利用率, 即首先考虑风力发电, 这也与风力发电成本低于光伏发电成本相符, 进一步说明了我们的模型的合理性。

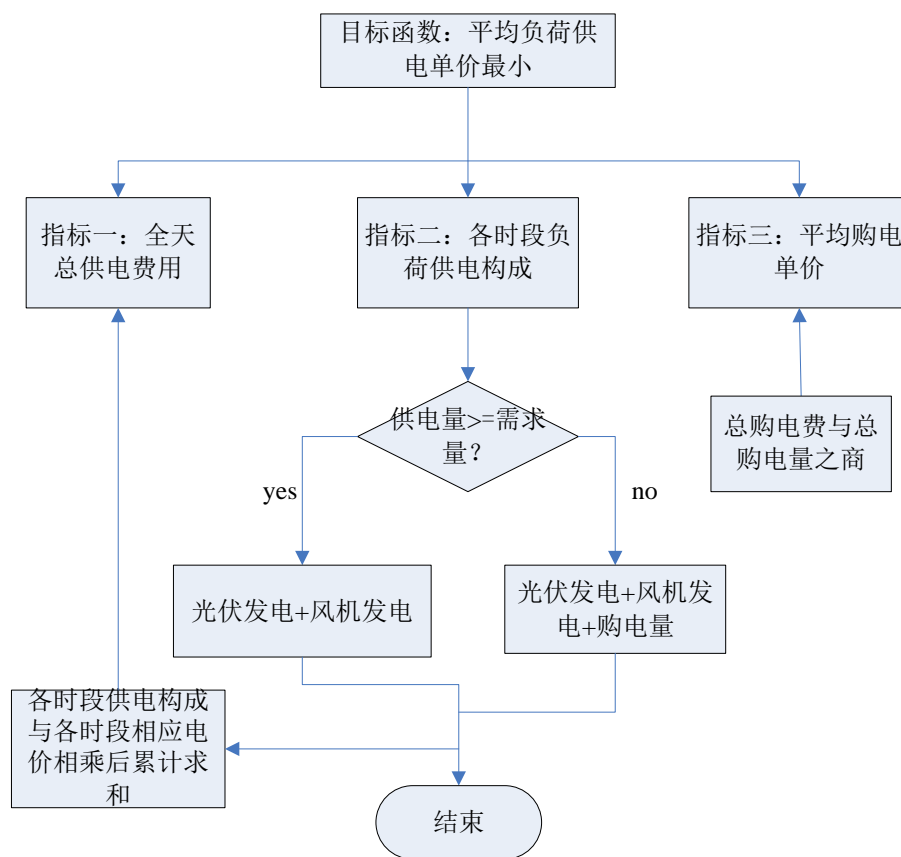


Figure 3. Model flow diagram
图 3. 模型思路流程图

Table 3. Optimization of each part of each system
表 3. 各时段系统各部分的优化调度

序号	风机(KW)	光伏(KW)	蓄电池(KW)	购电	售电
1	0	0	0	64.3	0
2	0	0	0	65.5	0
3	0	0	0	66.7	0
.....
94	109.01	0	0	0	1.51
95	0	0	0	62	0
96	63.8	0	0	0	5.1

Table 4. Exchange of energy and the cost for the selective acceptance of renewable energy
表 4. 可再生能源选择性接纳时交换情况与成本

储能	与电网的功率限制	充放电次数	与电网交换的最大功率(kW)	风机成本(元)	光伏成本(元)	总成本(元)	平均成本(元)
无储能	自由	0 0	-91.25 213.95	449.81	149.28	1794.33	0.54

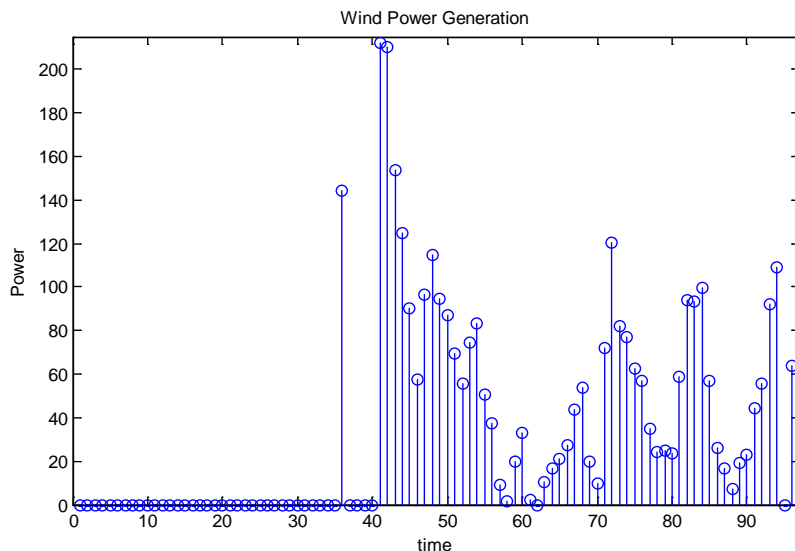


Figure 4. The use of wind power
图 4. 风力发电的利用情况

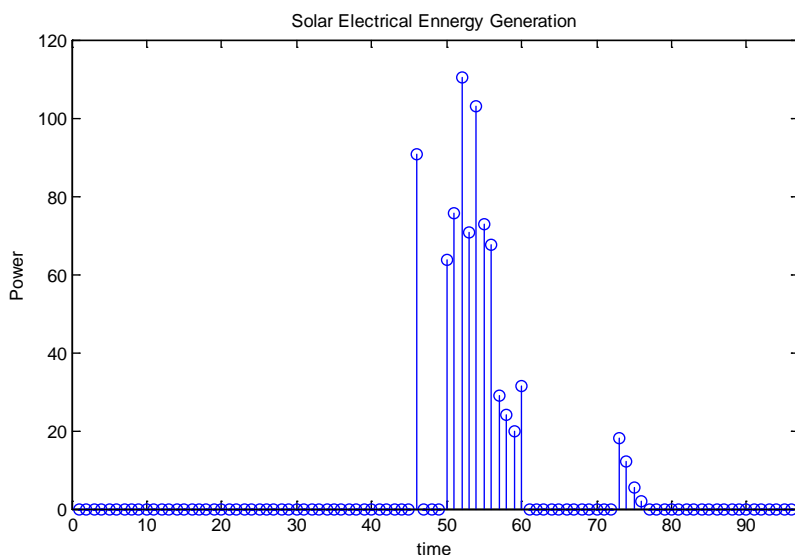


Figure 5. The use of photovoltaic power generation
图 5. 光伏发电的利用情况

3.2.4. 模型的结果分析

从表中得到的数据可知：若不计蓄电池作用，且微网与电网交换功率无约束，允许弃风弃光的情况下，全天的总供电费用为 11,794.3 元，负荷平均购电单价为 0.537 元/KWh，在此优化模型下，平均供电单价为 0.54 元/KWh，相对在可再生能源全额利用的情况下而言，引入决策因子之后，平均供电单价有较大提高，证明了模型的可行性。

3.3. 问题三的求解

3.3.1. 模型的建立

针对问题三：建立单目标非线性优化模型，在可再生能源全额利用的条件下，在满足题中所给的约

束条件下, 采用两位二进制枚举法计算电池充放电的功率, 得到满足负荷平均供电单价最小为目标时的各时段负荷的供电构成、全天总供电费用和平均购电单价, 进而分析蓄电池参与调节后产生的影响。

i 时段 j 时间间隔内电池的充放电功率为:

$$P_{bij} = P_{cij} \cdot X_{ij} - P_{dij} \cdot Y_{ij}$$

考虑到在同一时间间隔 j 内, 蓄电池不能同时处于充电和放电状态, 因此蓄电池的充放电状态需要满足以下约束:

$$X_{ij} \cdot Y_{ij} = 0$$

考虑到蓄电池充放电功率大小与电池的寿命有关, 单位时间内充放电最大功率为蓄电池组额定容量的 20%, 即:

$$\begin{cases} 0 \leq P_{cij} \leq 0.2E_b X_{ij} \\ 0 \leq P_{dij} \leq 0.2E_b Y_{ij} \end{cases}$$

在一个调度周期内, 蓄电池的充放电次数以及放电深度都会对电池寿命造成影响, 放电深度可以由下式进行约束, 充放电次数需满足:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} |X_{ij+1} - X_{ij}| \leq N_1 \\ \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} |Y_{ij+1} - Y_{ij}| \leq N_2 \end{cases}$$

式中, N_1 和 N_2 分别为蓄电池充电和放电的次数限制值。

由题意知在 i 时间段 j 时间间隔内, 蓄电池的充、放电功率均恒定, SOC 数值变化由下式决定:

$$S_{ij} = S_0 + \frac{\sum_{i=1}^6 \sum_j^{k_i} P_{cij} \cdot X_{ij} - \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} P_{dij} \cdot Y_{ij}}{E_b}$$

因此在相邻两时间间隔内 SOC 的递推关系式为[2]:

$$S_{ij+1} = S_{ij} + \frac{P_{bij}}{E_b}$$

蓄电池的荷电状态 SOC 应满足上、下限制约束:

$$S_{\min} \leq S_{ij} \leq S_{\max}$$

蓄电池在参与系统的运行优化过程中, 其能量状态需满足在调度周期始末相等:

$$S_0 = S_T$$

i 时段 j 时间间隔内负荷与可再生能源和蓄电池之间的功率差为:

$$\Delta P_{ij}'' = \Delta P + P_{bij}$$

全天总供电费用:

$$C'' = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} (C_{r_{ij}} + |\Delta P_{ij}''| \cdot \Delta t \cdot \text{sgns}(\Delta P_{ij}'') + 0.2P_{cij} \cdot X_{ij} \cdot \Delta t)$$

综上所述: $\min \overline{P_{ri}} = \frac{C''}{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} P_{ij} \cdot \Delta t}$

$$s.t = \begin{cases} C'' = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} (C_{r_{ij}} + |\Delta P_{ij}''| \cdot \Delta t \cdot \text{sgns}(\Delta P_{ij}'') + 0.2P_{cij} \cdot X_{ij} \cdot \Delta t) \\ S_{ij+1} = S_{ij} + \frac{P_{ij}}{E_b} \\ -0.2E_b \leq P_{bij} \leq 0.2E_b \\ \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} |X_{ij+1} - X_{ij}| \leq N_1 \\ \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{k_i} |Y_{ij+1} - Y_{ij}| \leq N_2 \\ S_{\min} \leq S_{ij} \leq S_{\max} \end{cases}$$

当 $P_{bij} > 0$ 时放电, 即: $X_{ij} = 1$; 当 $P_{bij} < 0$ 时充电, 即: $Y_{ij} = 1$; 当 $P_{bij} = 0$ 时不充电也不放电, 即: $X_{ij} = Y_{ij} = 0$ 。

3.3.2. 模型的求解

通过分析问题, 采用 Lingo 进行建立单目标非线性优化模型的计算, 部分计算结果如下(具体数据见附表 2):

从表 5 和表 6 中数据可知: 若考虑蓄电池作用, 且微网与电网允许交换功率不超过 150 kW, 在可再生能源全额利用的条件下, 比较问题一、三的结果可知, 在引入蓄电池后, 全天总供电费用和负荷平均购电单价有所增长。

从图 6 中可以看出: SOC 在 0~28 时间间隔内, 呈逐渐上升趋势一直到达峰值然后逐渐降低, 在第 44~60 时间间隔下 SOC 呈下降趋势, 在后面一段时间间隔内呈现波动的趋势; 分析文中所给购电价格和售电价格可知, 售价较低时充电, 售价较高时放电, 因要满足微网与电网之间功率约束条件, 因此会出现波动情况, 这也与文意相符。进一步证明了模型的合理性。

Table 5. Optimization of each part of each system

表 5. 各时段系统各部分的优化调度

序号	风机(KW)	光伏(KW)	蓄电池(KW)	购电(KW)	售电(KW)
1	163.1	0	60.00	0	38.8
2	201.47	0	60.00	0	75.97
3	154.26	0	9.19	0	78.37
.....
94	109.01	0	27.12	0	28.62
95	73.42	0	0.49	0	11.41
96	63.8	0	60.00	0	65.1

Table 6. The situation of exchange and cost when renewable energy is fully utilized with income of battery
表 6. 可再生能源全额利用引入蓄电池时交换情况与成本

储能	与电网的功率限制	充放电次数		与电网交换的最大功率 (kW)		风机成本 (元)	光伏成本 (元)	总成本 (元)	平均成本 (元)
有储能	[-150,150]	6	6	-150	150	1447.22	471.86	2073.03	0.63

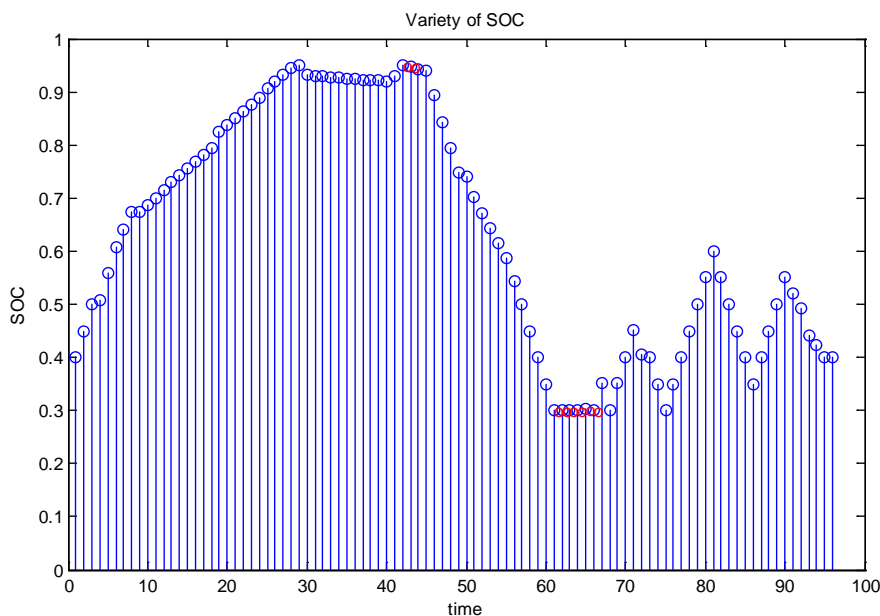


Figure 6. SOC changes over time
图 6. SOC 随时间变化图

3.3.3. 模型的结果分析

从表中得到的数据可知：若考虑蓄电池作用，且微网与电网允许交换功率不超过 150 kW，在可再生能源全额利用的条件下，全天的总供电费用为 2073.03 元，负荷平均购电单价为 0.65 元/KWh，在此优化模型下，平均供电单价为 0.63 元/KWh，相对在可再生能源全额利用而不考虑蓄电池的情况下而言有所提升，有可能是由于交换功率的限制导致此问题出现但是总体而言，蓄电池对于降低从成本有显著作用。

4. 总结与展望

解决微电网日前调度问题时，引入决策变量，针对由微网系统能量流动的复杂性和组成的多样性，构建多种能源相互协调组合的分布式发电、分布式储能，并在分析其结构和组成特征的前提下提出混合整数非线性规划模型，分别比较在一天的各个时间间隔内风机发电和光伏发电的情况，并针对不同时间段内不同电价进行分析得出各分装置之间利用的关系，为各时段电网的管理利用提供了依据。

在经济成本方面，分布式微电网电源由于投资成本较大[4]，因此投资是否能带来经济效益，取决于综合效益是否大于投入成本，可采用成本效益分析法[5]来计算在某一时间段内效益情况；另外，利用储能的“低储高发”，从而减少因供电不平衡而带来的经济损失，从而提高新能源的利用率；通过合理分配分布式微网的位置、电网的运行方式以及网架结构降低微电网的网损等，实现经济效益最大化。

本题所建立的基于蒙特卡洛模拟法处理的混合整数线性规划模型在电力市场竞争策略、配电网的继电保护整定计算[6]、生态流量的调度实践、抗震救灾过程电力的发送、定值管理等方面具有广泛的应用。

参考文献 (References)

- [1] 苗雨阳. 微电网优化调度研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- [2] 杨艳红, 裴玮, 邓卫. 计及蓄电池储能寿命影响的微电网日前调度优化[J]. 中国科学院电工技术学报, 2015, 30(1): 172-180.
- [3] 洪博文. 微网调度优化模型与方法研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2014.
- [4] 时珊珊, 鲁宗相, 周双喜, 闵勇. 中国微电网的特点和发展方向[J]. 中国电力, 2009, 42(7): 21-25.
- [5] 王辉. 微电网经济运行优化[D]: [博士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [6] 李莉华, 李宾皓. 微电网技术的研究与应用前景[J]. 电力与能源, 2011, 32(2): 124-126.

附录(Appendix)**附表 1**

序号	风机(KW)	光伏(KW)	蓄电池(kW)	购电(KW)	售电(KW)
1	0	0	0	64.3	0
2	0	0	0	65.5	0
3	0	0	0	66.7	0
4	0	0	0	66.9	0
5	0	0	0	67.5	0
6	0	0	0	67.7	0
7	0	0	0	68	0
8	0	0	0	68.2	0
9	0	0	0	70.2	0
10	0	0	0	71.9	0
11	0	0	0	71.9	0
12	0	0	0	71.9	0
13	0	0	0	70.7	0
14	0	0	0	70.7	0
15	0	0	0	71.3	0
16	0	0	0	72	0
17	0	0	0	76.5	0
18	0	0	0	77.6	0
19	0	0	0	78.7	0
20	0	0	0	78.8	0
21	0	0	0	90.6	0
22	0	0	0	93.8	0
23	0	0	0	94.7	0
24	0	0	0	94.8	0
25	0	0	0	110.5	0
26	0	0	0	113.1	0
27	0	0	0	113.9	0
28	0	0	0	114.3	0
29	0	0	0	132.2	0
30	0	0	0	145.4	0
31	0	0	0	145.2	0
32	0	0	0	145.1	0
33	0	0	0	154.1	0
34	0	0	0	157.4	0
35	0	0	0	156.5	0
36	144.06	0	0	11.44	0

Continued

37	0	0	0	144	0
38	0	0	0	142.2	0
39	0	0	0	142.1	0
40	0	0	0	142.1	0
41	212.28	0	0	0	86.98
42	210.15	0	0	0	91.25
43	153.76	0	0	0	36.86
44	124.77	0	0	0	8.87
45	90.46	0	0	24.94	0
46	57.35	90.68	0	0	33.03
47	96.22	0	0	27.88	0
48	114.66	0	0	12.44	0
49	94.39	0	0	35.81	0
50	86.98	63.76	0	0	19.14
51	69.47	75.46	0	0	4.23
52	55.77	110.46	0	0	24.43
53	74.36	70.57	0	0	1.03
54	83.41	103.15	0	0	41.06
55	50.33	72.79	0	22.38	0
56	37.21	67.41	0	40.98	0
57	9.1	28.94	0	106.66	0
58	1.34	23.89	0	119.17	0
59	19.54	19.75	0	105.91	0
60	33.06	31.53	0	80.71	0
61	2.02	0	0	147.58	0
62	0	0	0	150.3	0
63	10.47	0	0	139.63	0
64	16.35	0	0	133.65	0
65	21.07	0	0	182.43	0
66	27.11	0	0	180.09	0
67	43.75	0	0	163.25	0
68	53.45	0	0	153.45	0
69	19.61	0	0	195.89	0
70	9.95	0	0	213.95	0
71	72.19	0	0	152.81	0
72	120.28	0	0	105.22	0
73	81.91	18.2	0	133.79	0
74	76.88	12.15	0	148.47	0
75	62.81	5.37	0	168.42	0

Continued

76	56.82	2.07	0	177.21	0
77	34.9	0	0	180.5	0
78	23.98	0	0	187.02	0
79	25.11	0	0	185.79	0
80	23.43	0	0	187.37	0
81	58.69	0	0	139.31	0
82	93.67	0	0	104.23	0
83	93.49	0	0	105.01	0
84	99.55	0	0	99.05	0
85	56.82	0	0	123.98	0
86	26.01	0	0	151.19	0
87	16.74	0	0	161.06	0
88	6.97	0	0	170.93	0
89	18.98	0	0	142.52	0
90	23.12	0	0	124.18	0
91	44.43	0	0	102.77	0
92	55.64	0	0	91.56	0
93	92.41	0	0	24.79	0
94	109.01	0	0	0	1.51
95	0	0	0	62	0
96	63.8	0	0	0	5.1

附表 2

序号	风机(kW)	光伏(kW)	蓄电池(kW)	购电	售电
1.00	163.10	0.00	60.00	0.00	38.80
2.00	201.47	0.00	60.00	0.00	75.97
3.00	154.26	0.00	9.19	0.00	78.37
4.00	140.29	0.00	60.00	0.00	13.39
5.00	200.29	0.00	60.00	0.00	72.79
6.00	250.00	0.00	39.99	0.00	142.31
7.00	154.26	0.00	39.39	0.00	46.87
8.00	125.64	0.00	0.90	0.00	56.54
9.00	182.87	0.00	15.65	0.00	97.02
10.00	211.67	0.00	15.65	0.00	124.12
11.00	214.11	0.00	15.65	0.00	126.56
12.00	224.41	0.00	19.25	0.00	133.26
13.00	158.26	0.00	15.65	0.00	71.91
14.00	135.45	0.00	15.65	0.00	49.10
15.00	163.10	0.00	15.65	0.00	76.15

Continued

16.00	175.49	0.00	15.65	0.00	87.84
17.00	219.38	0.00	15.65	0.00	127.23
18.00	250.00	0.00	35.11	0.00	137.29
19.00	168.04	0.00	15.65	0.00	73.69
20.00	124.56	0.06	15.65	0.00	30.17
21.00	170.15	0.96	15.65	0.00	64.86
22.00	201.47	2.11	15.65	0.00	94.13
23.00	231.44	4.04	15.65	0.00	125.13
24.00	250.00	6.54	19.25	0.00	142.49
25.00	235.01	9.18	15.65	0.00	118.04
26.00	227.59	13.40	15.65	0.00	112.24
27.00	135.90	16.29	15.65	0.00	22.64
28.00	106.25	20.19	6.57	0.00	5.57
29.00	213.81	28.80	22.19	0.00	132.60
30.00	250.00	34.78	1.58	0.00	140.96
31.00	221.25	31.62	1.58	0.00	109.25
32.00	204.14	39.61	1.58	0.00	100.23
33.00	246.62	46.08	1.58	0.00	140.18
34.00	250.00	53.66	1.58	0.00	147.84
35.00	179.02	36.29	1.58	0.00	60.39
36.00	144.06	49.64	1.58	0.00	39.78
37.00	197.36	76.96	1.58	0.00	131.90
38.00	227.91	66.81	2.54	0.00	149.98
39.00	215.96	55.57	4.45	0.00	133.88
40.00	218.44	88.62	12.77	150.00	0.00
41.00	212.28	87.02	24.00	0.00	150.00
42.00	210.15	54.04	2.43	0.00	147.72
43.00	153.76	63.44	7.36	0.00	107.66
44.00	124.77	101.59	3.86	0.00	114.32
45.00	90.46	104.11	54.21	0.00	133.38
46.00	57.35	90.68	60.00	0.00	93.03
47.00	96.22	91.85	60.00	0.00	123.97
48.00	114.66	66.78	54.03	0.00	108.37
49.00	94.39	77.14	8.23	0.00	49.56
50.00	86.98	63.76	48.67	0.00	67.81
51.00	69.47	75.46	34.25	0.00	38.48
52.00	55.77	110.46	34.25	0.00	58.68
53.00	74.36	70.57	34.25	0.00	35.28
54.00	83.41	103.15	34.25	0.00	75.31

Continued

55.00	50.33	72.79	52.12	0.00	29.74
56.00	37.21	67.41	52.12	0.00	11.14
57.00	9.10	28.94	60.00	46.66	0.00
58.00	1.34	23.89	60.00	59.17	0.00
59.00	19.54	19.75	60.00	45.91	0.00
60.00	33.06	31.53	60.00	20.71	0.00
61.00	2.02	40.48	0.00	107.10	0.00
62.00	0.00	63.95	0.99	87.34	0.00
63.00	10.47	59.41	0.99	81.21	0.00
64.00	16.35	50.76	0.99	83.88	0.00
65.00	21.07	41.64	2.49	138.30	0.00
66.00	27.11	23.39	60.00	150.00	0.00
67.00	43.75	24.86	60.00	78.39	0.00
68.00	53.45	20.60	60.00	150.00	0.00
69.00	19.61	17.40	60.00	150.00	0.00
70.00	9.95	15.06	60.00	150.00	0.00
71.00	72.19	13.59	54.96	84.26	0.00
72.00	120.28	22.08	5.50	77.64	0.00
73.00	81.91	18.20	60.00	73.79	0.00
74.00	76.88	12.15	60.00	88.47	0.00
75.00	62.81	5.37	60.00	150.00	0.00
76.00	56.82	2.07	60.00	150.00	0.00
77.00	34.90	0.00	60.00	150.00	0.00
78.00	23.98	0.00	60.00	150.00	0.00
79.00	25.11	0.00	60.00	150.00	0.00
80.00	23.43	0.00	60.00	150.00	0.00
81.00	58.69	0.00	60.00	79.31	0.00
82.00	93.67	0.00	60.00	44.23	0.00
83.00	93.49	0.00	60.00	45.01	0.00
84.00	99.55	0.00	60.00	39.05	0.00
85.00	56.82	0.00	60.00	63.98	0.00
86.00	26.01	0.00	60.00	150.00	0.00
87.00	16.74	0.00	60.00	150.00	0.00
88.00	6.97	0.00	60.00	150.00	0.00
89.00	18.98	0.00	60.00	150.00	0.00
90.00	23.12	0.00	34.69	89.49	0.00
91.00	44.43	0.00	34.75	68.02	0.00
92.00	55.64	0.00	60.00	31.56	0.00
93.00	92.41	0.00	23.45	1.34	0.00

Continued

94.00	109.01	0.00	27.12	0.00	28.63
95.00	73.42	0.00	0.49	0.00	11.42
96.00	63.80	0.00	60.00	0.00	65.10

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aam@hanspub.org