



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103001259 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201210591065. 9

(22) 申请日 2012. 12. 29

(73) 专利权人 南方电网科学研究院有限责任公司

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东路水均岗 6、8 号西塔 13-20 楼

专利权人 天津天大求实电力新技术股份有限公司

(72) 发明人 陈柔伊 于泷泽 葛少云 申刚 黄邵远 于力 刘中胜 李小宇 雷金勇 王科

(74) 专利代理机构 天津滨海科纬知识产权代理有限公司 12211

代理人 孙春玲

(51) Int. Cl.

H02J 3/46 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2011/0175353 A1, 2011. 07. 21, 全文.

雷金勇等. 分布式发电供能系统能量优化及节能减排效益分析. 《电力系统自动化》. 2009, 第 33 卷 (第 23 期), 29-36.

周德建. 基于节能环保综合效益的水火电联合调度. 《华东电力》. 2012, 第 40 卷 (第 6 期), 1054-1059.

审查员 闫朝

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

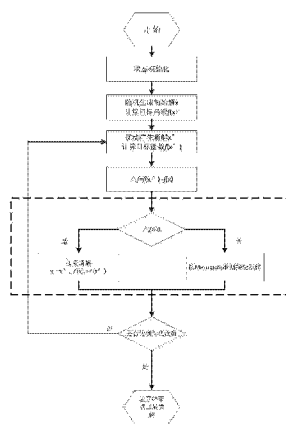
(54) 发明名称

一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法, 设定初始量; 根据设定初始量随机生成初始解 x, 计算目标函数 f(x) 的目标值; 运用扰动函数随机生成一组新解 x', 根据该组新解计算目标函数 f(x') 的目标值; 求取第三步与第二步的目标值的差值 Δf=f(x')-f(x); 将 Δf 与 0 进行比较, 当 Δf ≤ 0 时, 接受新解, 否则按 Metropolis 准则接受新解, 并判断是否达到迭代终止条件, 如果达到迭代终止条件, 运算结束返回推导出最优调度方案, 如果没有达到迭代终止次数, 返回第三步重置迭代。本发明的有益效果是: 有效控制系统成本及污染排放。

CN 103001259 B



1. 一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,其特征在于:包括如下步骤:

第一步、设定如下初始量:

优化时间  $t$ 、出力设备、出力大小、仿真步长;

第二步、根据设定的初始量及净负荷随机生成初始解  $x$ , 计算目标函数  $f(x)$  的目标值;

其中:

$$f(x) = \beta f(c) + (1 - \beta) \gamma f(v);$$

$f(c)$  为供电经济性目标函数;

$f(v)$  为污染排放量;

$\gamma$  为污染惩罚系数 (元/kg);

$\beta$ 、 $1 - \beta$  为经济性目标及污染排放目标权重系数;

$$f(c) = C_{\text{battery}} + C_{\text{grid-}} + C_{\text{diesel}} - C_{\text{grid+}} + C_{\text{biomass}};$$

$C_{\text{battery}}$  为出力设备储能电池在优化时间  $t$  内按照仿真步长及出力大小确定的费用,包括电池的运行维护费用、电池放电费用;

$C_{\text{grid-}}$  为优化时间  $t$  内,按照仿真步长及出力大小微电网向出力设备大电网的购电费用;

$C_{\text{diesel}}$  为优化时间  $t$  内,出力设备柴油发电机按照仿真步长及出力大小确定的放电费用,包括其燃料消耗费用和设备维护费用;

$C_{\text{grid+}}$  为优化时间  $t$  内,按照仿真步长及出力大小出力设备微电网向大电网的售电收益;

$C_{\text{biomass}}$  为优化时间  $t$  内,出力设备生物质能发电机按照仿真步长及出力大小确定的放电费用,包括其燃料消耗费用和设备维护费用;

$$f(v) = \sum_{i=1}^I (\hat{\theta}_i^{\text{CO}_2} + \hat{\theta}_i^{\text{CO}} + \hat{\theta}_i^{\text{NO}} + \hat{\theta}_i^{\text{S}}) v_i$$

其中: $I = 3$ , 并网型微电网系统中的污染排放主要来源于系统的柴油发电机、生物质能发电机以及等效的大电网排放,其中  $i = 1$  时为系统中柴油发电机所产生的各类污染物,  $i = 2$  时为系统中生物质能设备所产生的污染物,  $i = 3$  时为系统中大电网等效产生的污染物;

$v_i$  为柴油发电机、生物质能发电机、及大电网按照仿真步长及出力大小在优化时间  $t$  内对系统的供电量;

$\hat{\theta}_i^{\text{CO}_2}$ 、 $\hat{\theta}_i^{\text{CO}}$ 、 $\hat{\theta}_i^{\text{NO}}$ 、 $\hat{\theta}_i^{\text{S}}$  分别为柴油发电机、生物质能发电机及大电网的二氧化碳、一氧化碳、一氧化氮、硫的污染排放系数;

第三步、运用扰动函数随机生成一组新解  $x'$ , 根据该组新解计算目标函数  $f(x')$  的目标值;

第四步、求取第三步的目标值与第二步的目标值的差值  $\Delta f = f(x') - f(x)$ ;

第五步、将  $\Delta f$  与 0 进行比较,当  $\Delta f \leq 0$  时,接受新解,否则按 Metropolis 准则接受新解,并判断是否达到迭代终止条件,如果达到迭代终止次数,运算结束返回推导出最优调度方案,如果没有达到迭代终止条件,返回第三步重置迭代。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,其特征在

于:所述出力设备包括储能电池、大电网、柴油发电机或生物质能发电机中的一种或多种。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,其特征在于:所述目标函数包括经济性目标和污染排放目标。

## 一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力系统领域,尤其是涉及一种电力系统的调度方法。

### 背景技术

[0002] 随着微电网(以下简称微网)技术的快速发展,微电网系统的并网必将是今后微网发展的重点。也只有将微网与大电网紧密联系,才能充分发挥微网的优势。在微网并网运行时,合理的考虑系统负荷所需能量的来源是节省电网成本的最有效方式。现有技术仅有大电网优化调度方法,是指在电力调控中安装工业电视监控系统,其目的是为了在保证电力调度和电力供应的时间段中,提高对于突发事件的应急情况的解决速度,进一步来确保电力供应的安全运行水平。

[0003] 大电网电力调度是为了保证电网安全稳定运行、对外可靠供电、各类电力生产工作有序进行而采用的一种有效的管理手段。电力调度的具体工作内容是依据各类信息采集设备反馈回来的数据信息,或监控人员提供的信息,结合电网实际运行参数,如电压、电路、频率、负荷等,综合考虑各项生产工作开展情况,对电网安全、经济运行状态进行判断,通过电话或自动系统发布操作指令,指挥现场操作人员或自动控制系统进行调整。现阶段大电网中电力调度技术已经比较成熟,但是微网的调度由于电源分布广泛、能源供给复杂,故大电网的优化调度方法并不完全适合于微网系统的优化调度方法。目前还没有在大电网优化调度的基础上,添加考虑多种设备的经济性能及污染排放对微网优化调度的影响,综合多方面影响,准确的衡量系统的经济性能的优化方法。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的问题是提供一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,尤其是一种综合考虑经济性能与污染排放双重目标的优化调度方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,包括如下步骤:

[0006] 第一步、设定如下初始量:

[0007] 优化时间  $t$ 、出力设备、出力大小、仿真步长;

[0008] 第二步、根据设定的初始量随机生成初始解  $x$ , 计算目标函数  $f(x)$  的目标值;

[0009] 其中:

[0010]  $f(x) = \beta f(c) + (1 - \beta) \gamma f(v)$ ;

[0011]  $f(c)$  为供电经济性目标函数;

[0012]  $f(v)$  为污染排放量;

[0013]  $\gamma$  为污染惩罚系数(元/kg);

[0014]  $\beta$ 、 $1 - \beta$  为经济性目标及污染排放目标权重系数;

[0015]  $f(c) = C_{\text{battery}} + C_{\text{grid-}} + C_{\text{diesel}} - C_{\text{grid+}} + C_{\text{biomass}}$ ;

[0016]  $C_{\text{battery}}$  为出力设备储能电池在优化时间  $t$  内按照仿真步长及出力大小确定的费

用,包括电池的运行维护费用、电池放电费用;

[0017]  $C_{grid-}$  为优化时间  $t$  内,按照仿真步长及出力大小微电网向出力设备大电网的购电费用;

[0018]  $C_{diesel}$  为优化时间  $t$  内,出力设备柴油发电机按照仿真步长及出力大小确定的放电费用,包括其燃料消耗费用和设备维护费用;

[0019]  $C_{grid+}$  为优化时间  $t$  内,按照仿真步长及出力大小出力设备微电网向大电网的售电收益;

[0020]  $C_{biomass}$  为优化时间  $t$  内,出力设备生物质能发电机按照仿真步长及出力大小确定的放电费用,包括其燃料消耗费用和设备维护费用;

$$[0021] \quad f(v) = \sum_{i=1}^I (\partial_i^{CO_2} + \partial_i^{CO} + \partial_i^{NO} + \partial_i^S) v_i$$

[0022] 其中: $I = 3$ ,并网型微电网系统中的污染排放主要来源于系统的柴油发电机、生物质能发电机以及等效的大电网排放,其中  $i = 1$  时为系统中柴油发电机所产生的各类污染物, $i = 2$  时为系统中生物质能设备所产生的污染物, $i = 3$  时为系统中大电网等效产生的污染物;

[0023]  $v_i$  为柴油发电机、生物质能发电机、及大电网按照仿真步长及出力大小

[0024] 在优化时间  $t$  内对系统的供电量;

[0025]  $\partial_i^{CO_2}$ 、 $\partial_i^{CO}$ 、 $\partial_i^{NO}$ 、 $\partial_i^S$  分别为柴油发电机、生物质能发电机及大电网的二氧化碳、一氧化碳、一氧化氮、硫的污染排放系数;

[0026] 第三步、运用扰动函数随机生成一组新解  $x'$ ,根据该组新解计算目标函数  $f(x')$  的目标值;

[0027] 第四步、求取第三步的目标值与第二步的目标值的差值  $\Delta f = f(x') - f(x)$ ;

[0028] 第五步、将  $\Delta f$  与 0 进行比较,当  $\Delta f \leq 0$  时,接受新解,否则按 Metropolis 准则接受新解,并判断是否达到迭代终止条件,如果达到迭代终止次数,运算结束返回推导出最优调度方案,如果没有达到迭代终止条件,返回第三步重置迭代。

[0029] 所述出力设备包括储能电池、大电网、柴油发电机或生物质能发电机中的一种或多种。

[0030] 所述目标函数包括经济性目标和污染排放目标。

[0031] 本发明具有的优点和积极效果是:

[0032] 1. 优化调度结果能够控制微网的发电成本及污染排放,增加系统的供电可靠性,降低系统的弃能量;

[0033] 2. 引入了优化算法(模拟退火算法)在微网优化调度中的应用,提高了系统的运算速度。

## 附图说明

[0034] 图 1 是本发明的流程图

[0035] 图 2 是本发明的一个具体实施例的优化调度方案图

## 具体实施方式

[0036] 下面结合附图对本发明的具体实施方式介绍：

[0037] 如图 1 所示,本发明提供一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,在运用本方法进行优化调度之前,需要满足以下约束条件:A. 保证系统供电可靠性,即每种备选方案均需要满足保证对系统的供电,即供电量要大于等于负荷电能需求量,即在任意时刻,光伏、风机、柴油发电机、生物质能发电机、大电网的供电以及储能电池的放电要大于等于同一时刻的负荷需求、向大电网售电与储能电池充电的总和,同一时刻,储能的充放电状态尽可能只有一种,电网和微电网间的电能交互也仅有一种;

[0038] B. 保证储能电池寿命,每种方案均需要满足储能电池不发生充过放现象,即储能电池当到达其 SOC 上限时便不再充电,当储能电池达到其 SOC 下限时便不再放电,SOC 的上下限由设备厂家给出;

[0039] C. 保证柴油发电机、生物质能发电机工作在经济运行区间。

[0040] 在满足上述约束条件的情况下,首先考虑并网型微电网系统中风机发电和光伏发电等可再生能源的利用,当可再生能源不足以满足对微电网的负荷供电时,所缺少的这部分供电负荷即为由可控能源进行供给的净负荷,净负荷可利用退火算法调度并网型微电网系统中各个稳定可控出力设备能源(储能电池、大电网、柴油发电机或生物质能发电机)进行供电。通过调度可以选择不同的运行方案,通过优化可以选择出较为合适的系统运行方案。具体的优化调度方法如下:

[0041] 一种基于退火算法的并网型微电网优化调度方法,在满足约束条件并优先利用可再生能源的情况下,包括如下步骤:

[0042] 第一步、设定如下初始量:

[0043] 优化时间  $t$ 、出力设备、出力大小、仿真步长;

[0044] 第二步、根据设定的初始量随机生成初始解  $x$ , 计算目标函数  $f(x)$  的目标值;

[0045] 其中:

[0046]  $f(x) = \beta f(c) + (1 - \beta) \gamma f(v)$ ;

[0047]  $f(c)$  为供电经济性目标函数;

[0048]  $f(v)$  为污染排放量;

[0049]  $\gamma$  为污染惩罚系数(元/kg);

[0050]  $\beta$ 、 $1 - \beta$  为经济性目标及污染排放目标权重系数;

[0051]  $f(c) = C_{\text{battery}} + C_{\text{grid}^-} + C_{\text{diesel}} - C_{\text{grid}^+} + C_{\text{biomass}}$ ;

[0052]  $C_{\text{battery}}$  为出力设备储能电池在优化时间  $t$  内按照仿真步长及出力大小确定的费用,包括电池的运行维护费用、电池放电费用;

[0053]  $C_{\text{grid}^-}$  为优化时间  $t$  内,按照仿真步长及出力大小微电网向出力设备大电网的购电费用;

[0054]  $C_{\text{diesel}}$  为优化时间  $t$  内,出力设备柴油发电机按照仿真步长及出力大小确定的放电费用,包括其燃料消耗费用和设备维护费用;

[0055]  $C_{\text{grid}^+}$  为优化时间  $t$  内,按照仿真步长及出力大小出力设备微电网向大电网的售电收益;

[0056]  $C_{\text{biomass}}$  为优化时间  $t$  内,出力设备生物质能发电机按照仿真步长及出力大小确定的放电费用,包括其燃料消耗费用和设备维护费用;

$$[0057] \quad f(v) = \sum_{i=1}^I (\partial_i^{CO_2} + \partial_i^{CO} + \partial_i^{NO} + \partial_i^S) v_i$$

[0058] 其中： $I = 3$ ，并网型微电网系统中的污染排放主要来源于系统的柴油发电机、生物质能发电机以及等效的大电网排放，其中  $i = 1$  时为系统中柴油发电机所产生的各类污染物， $i = 2$  时为系统中生物质能设备所产生的污染物， $i = 3$  时为系统中大电网等效产生的污染物；

[0059]  $v_i$  为柴油发电机、生物质能发电机、及大电网按照仿真步长及出力大小

[0060] 在优化时间  $t$  内对系统的供电量；

[0061]  $\partial_i^{CO_2}$ 、 $\partial_i^{CO}$ 、 $\partial_i^{NO}$ 、 $\partial_i^S$  分别为柴油发电机、生物质能发电机及大电网的二氧化碳、一氧化碳、一氧化氮、硫的污染排放系数；

[0062] 第三步、运用扰动函数随机生成一组新解  $x'$ ，根据该组新解计算目标函数  $f(x')$  的目标值；

[0063] 第四步、求取第三步的目标值与第二步的目标值的差值  $\Delta f = f(x') - f(x)$ ；

[0064] 第五步、将  $\Delta f$  与 0 进行比较，当  $\Delta f \leq 0$  时，接受新解，否则按 Metropolis 准则接受新解，并判断是否达到迭代终止条件，如果达到迭代终止次数，运算结束返回推导出最优调度方案，如果没有达到迭代终止条件，返回第三步重置迭代。

[0065] 迭代终止的判定依据是连续若干个新解都没有被接受时终止算法。

[0066] 利用本方法调度的出力设备包括储能电池、大电网、柴油发电机或生物质能发电机中的一种或多种。

[0067] 本发明不但对供电设备的经济性能给予考虑，同时对污染排放也进行考虑，使供电系统不但经济，同时尽量做到污染排放最少。

[0068] 下面对本发明的具体实施例进行介绍：

[0069] 以一个包含光伏电池、柴油发电机、生物质能发电机、储能电池的并网型微网为例，系统负荷为 24 小时的实时负荷，光伏容量为 150kWp，柴油发电机 50kW，生物质能 70kW，储能系统为锂电池，容量为 200kWh。

[0070] 1. 设定系统负荷、光伏出力以及上网电价、回购电价均为随时间变化的基础数据。

[0071] 2. 仿真步长为小时级别，以 24 小时作为仿真周期（优化时间），以微网系统供电成本、系统污染排放构建目标函数。

[0072] 3. 采用储能电池的充放电特性、系统的供需平衡为约束条件。

[0073] 4. 设置大电网电价为峰谷电价，在 0-7 时，22-0 时为低谷电价；在 8-11 时，14-19 时为平时电价；7-8 时，11-14 时，19-22 时为峰时电价。

[0074] 5. 上述系统如采用大电网单独供电，则其经济费用为：总花费 1917 元，单位供电成本为：0.849 元/kWh，系统的污染物排放量为 2.010 吨。如采用大电网单独供电，采用退火算法微网优化调度方法，求取微网系统中储能与大电网的调度方案见图 2 所示，系统日负荷需求为：2259kWh，总花费 1632 元，单位供电成本为：0.722 元/kWh，系统的污染物排放量为 1.275 吨。

[0075] 以上对本发明的一个实施例进行了详细说明，但所述内容仅为本发明的较佳实施例，不能被认为用于限定本发明的实施范围。凡依本发明申请范围所作的均等变化与改进等，均应仍归属于本发明的专利涵盖范围之内。

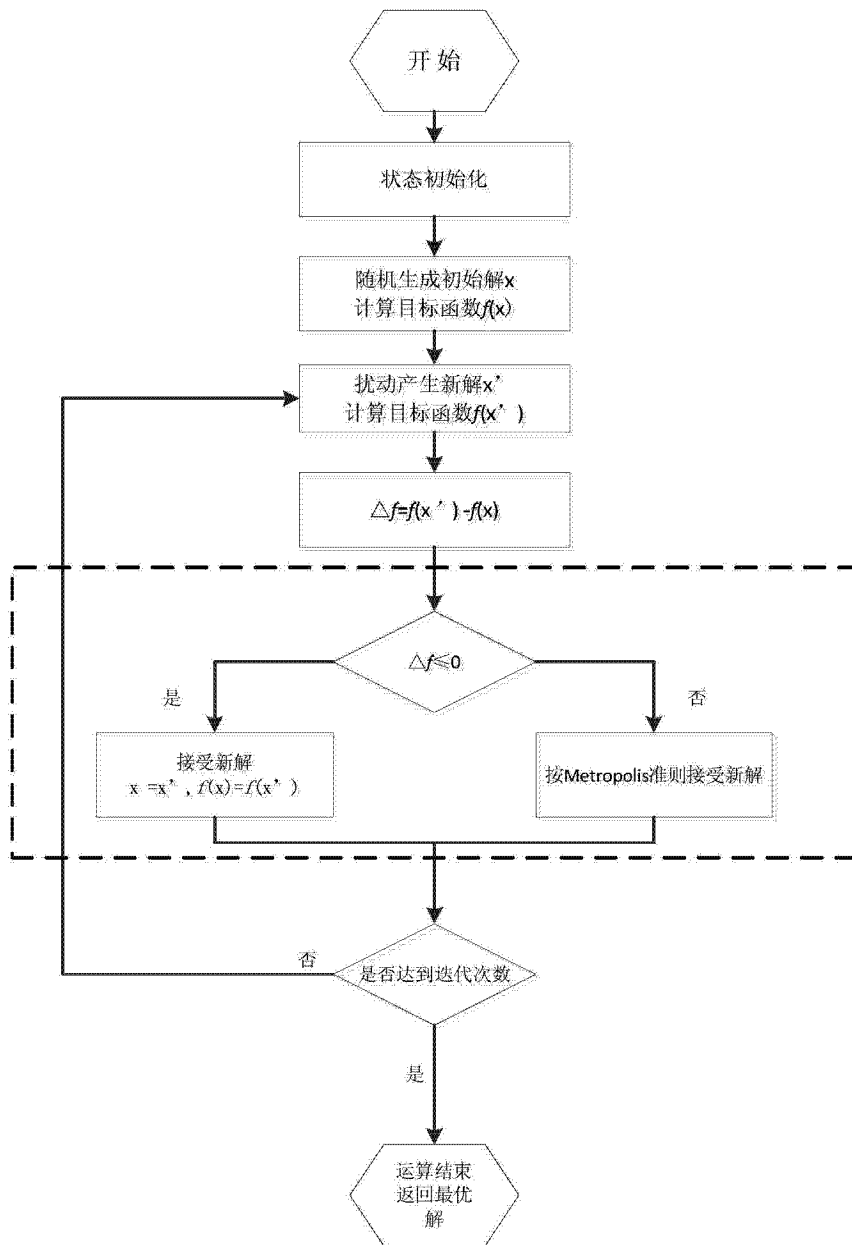


图 1



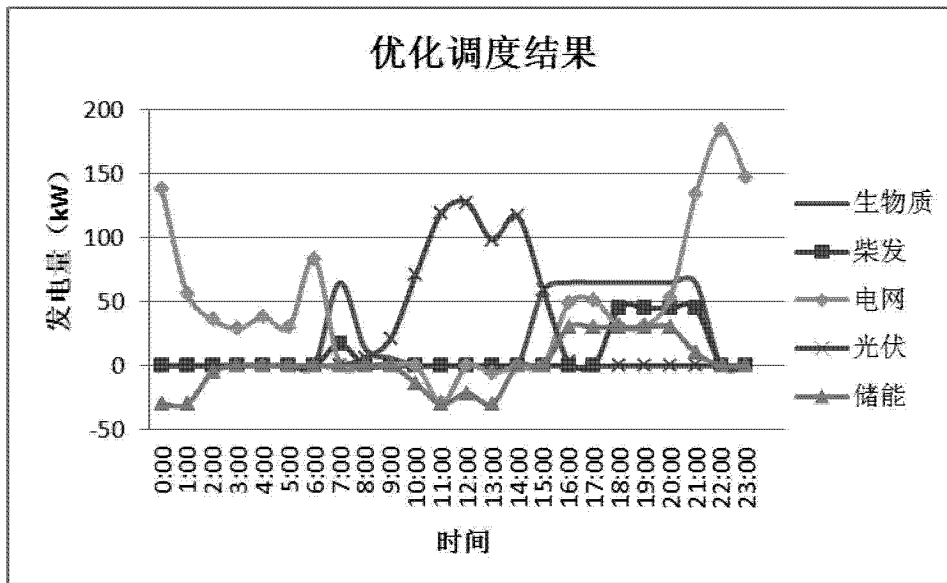


图 2