

城市大型配电网调度智能运行系统设计

袁野, 屈超, 翟铁军

(国网铁岭供电公司, 辽宁 铁岭 112000)

摘要: 当下城市大型配电网数据流处理方法存在一定的局限性和不安全性, 不能实现配电网高效运行; 为此, 提出一种基于城市大型配电网调度的智能运行系统模型的建立; 该系统根据城市配电网应用特点及其设备种类, 依照不同智能数据运行的模式, 为达到最高效的智能运行效率, 选择合理的系统运行组件; 在此基础上, 对配电网调度智能运行系统设计进行建模, 得出模型函数, 实现数据设计的应用; 从绿色环境可再生能源的本质出发, 在配电网负荷一定的前提下, 使电能与模型函数成正比, 从而完成配电网调度智能运行系统的设计; 仿真实验证明, 所提出的设计理念可以实现配电网调度系统运行的实时性、有效性和可靠性, 为今后城市大型配电网智能运行系统设计研究提供坚实的基础。

关键词: 城市; 大型配电网; 调度; 智能运行; 设计方法

Intelligent Running System Design of Large Distribution Network in City

Yuan Ye, Qu Chao, Zhai Tiejun

(State Grid Tieling Power Electric Supply Company, Tieling 112000, China)

Abstract: At present, the data stream processing method of urban large-scale distribution network has some limitations and insecurity, and it can not realize the efficient operation of distribution network. Therefore, a model of intelligent operation system based on urban large-scale distribution network dispatching is put forward. The system according to the application characteristics of urban distribution network and its equipment type, according to different intelligent data operation mode, in order to achieve the most efficient intelligent operation efficiency, select the reasonable system operation component. On this basis, the intelligent operation system design of distribution network scheduling is modeled, and the model function is obtained to realize the application of data design. Starting from the essence of the green environment and renewable energy, the electrical energy is directly proportional to the model function under the premise that the distribution network load is certain, so as to complete the design of the intelligent operation system of distribution network scheduling. Simulation results show that the proposed design can achieve real-time and effective distribution network dispatching system of operation and reliability, provide a solid foundation for the future design of big city distribution network intelligent operation system research.

Keywords: cities; large distribution networks; scheduling; intelligent operation; design method

0 引言:

随着环境污染的日益严重和自然资源的逐渐短缺, 促使配电网调度智能技术的快速发展, 城市的大型配电网调度智能系统技术必须以绿色可再生能源为前提进行设计^[1-2]。城市配电网是未来配电网智能化调度的发展趋势, 是实现分布式电源接入配电网的重要技术方法^[3-4]。配电网调度智能系统设计的理念为: 利用分布式电源对网络调节技术的灵活性, 综合配电网的负荷柔性资源和储存能量的资源, 使用监管环境手法和分布式电源接入的准则对系统进行合理的设计^[5-6]。智能型的配电网调度与传统的配电网存在显著的差别, 主要表现在智能型配电网调度都是以接入的分布式电源作为发电基础, 运行人员控制储存能量单元和配电网单元。传统的配电网调度都是将网络进行简单的连接, 而现在的智能型配电网调度将分布式的能源参与到设计的环节当中, 赋予了城市的配电网调度智能系统设计的丰富内容^[7]。

智能化配电网调度的系统设计, 得到了科研和运行部门的

大力支持, 共同推动城市大型配电网自动化设计的进步。文献 [8] 中主要阐述城市大型配电网系统及其设计的方法, 具有一定的指导性意义; 文献 [9] 中对配电网系统设计进行简单的概括, 并对城市智能型配电网调度的系统提出了设计的观念; 文献 [10] 中提出 DMS 配电管理系统的主要应用功能。

针对传统的配电网调度设计的不足, 提出一种基于城市大型配电网调度的智能运行系统模型的建立, 首先提出了 3 高性能、1 严标准、位置矢量表达的特殊要求以及配电原则的系统设计, 然后对系统设计进行建模, 得出模型函数, 实现数据设计的应用, 最后得出配电网负荷一定的前提下, 输出的电能与模型函数成正比的结论。

1 城市大型配电网调度智能运行系统设计

1.1 设计指标

配置 2 台数据库服务器, 提供数据服务功能。服务器必须具备较高性能, 应具有 64 位 RISC 技术及对称多处理器 (SMP) 技术的多 CPU 系统, 高带宽系统总线和 I/O 总线, 可运行 64 位操作系统和大型关系型商用数据库, 具有高速运算能力和事务处理能力 (OLTP), 具有集群 (Cluster) 技术和系统容错能力, 拟采用相互备份 (RAC) 模式, 尽量提高系统的安全性和可用性, 减少日常维护工作量, 满足地、县调的

收稿日期: 2017-12-18; 修回日期: 2018-01-22。

作者简介: 袁野 (1987-), 男, 辽宁铁岭人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事配网调控运行方向的研究。

系统功能和性能要求。数据库服务器应采用双机集群和共享磁盘阵列的配置方式。数据库服务器外部存储采用 SAN（存储区域网络）方式，利用 2 台光纤交换机、1 套磁盘阵列、若干主机 HBA 光纤通道适配器及存储管理软件和数据备份软件构成。用于原始数据和应用数据的长期保存。存储区域网络设备的配置满足地、县调的存储、访问的要求。

配置 2 台应用服务器、2 台 WEB 服务器，提供所有应用模块的核心处理功能以及内部网站服务。正常运行时一台应用服务器（WEB 服务器）作为主机使用，另一台作为其热备用，具备主服务器故障双机自动切换功能。

1.2 配电网调度智能运行系统硬件部分的设计

对城市大型配电网智能运行系统的设计要根据城市现代化设备的优势和场合进行综合的考虑，选择合理的配电装置，发挥最大程度的智能运行级别。配电网智能运行组件的设计主要依据不同智能数据运行的模式，可根据公式中的模型函数的公式对组件进行统一的设计。各个组件之间的关系如图 1 所示。

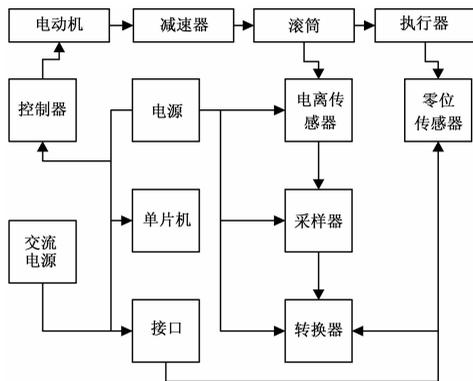


图 1 硬件设计的框图

由图可知：配电网智能运行组件的设计主要包括：配电网的电源发出的电量分别流入单片机与控制器、电离传感器、采样器和转换器；而交流电源的电量只流入配电网的接口；控制器接收电源并进行控制电动机，电动机发动使减速器控制滚筒的转速，这时指令被分成两个部分，一部分是对电离传感器的指令，一部分是对执行器的指令；电离传感器接收到指令，并传递给采样器，采样器再将指令传递给转换器，转换器开始转换电流；而执行器将指令传递给零位传感器，零位传感器接收指令并再传递给转换器，这样配电网智能运行系统的组件之间关系就比较明确了。

1.3 配电网智能运行系统模型函数的设计

智能运行的配电网调度设计的本质是在绿色环境可再生能源的前提下最大化的利用，实现城市大型配电网调度系统涉及到的所有设计方法成本的最优化利用，减小成本的损失。其设计模型的内容主要包括源、网、荷这 3 个方面：源指的是以分布式充放电为调度控制功率的电源大小；网指的是用以开关为位置变换模式的网络控制；荷指的是电池能量储存以及放出的负荷控制。因此，配电网调度智能运行系统设计的控制向量可以表示为：

$$[R_{1-1}, \dots, R_{1-i}, \dots, R_{1-n}, R_{2-1}, \dots, R_{2-j}, \dots, R_{2-m}, W]^T$$

配电网智能运行系统设计的控制向量前 n 个分量

表示的是系统设计中分布式单元控制向量的发电输出功率；第 m 个分量表示的是系统设计中分布式单元储存能量的充放电功率； W 分量表示的是开关位置的设计。

基于城市大型配电网智能系统运行设计的模型函数为：

$$\min Q = \sum_{i=1}^K \left(\sum_{p=1}^i C_p(t) R_p(t) \Delta T + \sum_{i=1}^n C_i(t) R_{1-i}(t) \Delta T \right) \quad (1)$$

其中： k 表示的是配电网调度周期中划分的单元阶段数量，每一个阶段都可以被认为发布的电能和负荷大小一致，保持不变；表示的是每一个阶段单位的时长；表示的是第 p 条电流反馈线路在阶段 t 处的电量成本和第 p 条电流输出的功率； n 表示的是分布式电源的个数；表示的是第 i 个分布式充放电单元在阶段 t 处的电量成本和第 i 个分布式充放电的功率。

基于配电网调度智能运行系统模型函数的设计与分析来验证调度模型的有效性。如图 2 所示，主要用于配电网调度的双电源装置，反馈线互相连接的节点作为测试的主要系统。

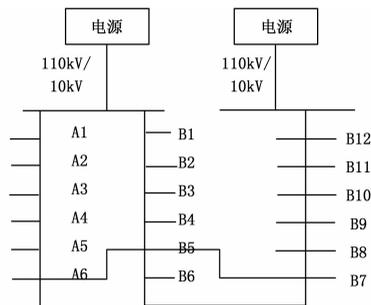


图 2 配电网调度智能运行电路图

城市大型配电网智能系统运行设计的模型函数从本质上反应出在绿色环境可再生能源的前提下最大化的利用所带来的收益情况，简单来说，在配电网负荷一定的前提下，发电的利用价值越高，配电网输出的电能就会越小，其模型函数的值就会越小；储存电能的优化调度可以在充电和放电的过程中吸收其中的差价来增加收益，同样可以降低模型函数的值。因此，大型配电网调度的智能运行系统模型函数的设计对于城市电网运行情况来说是十分必要的，通过上述论述，完成城市大型配电网调度智能运行系统的设计。

2 城市大型配电网调度智能运行系统设计的软件部分及算法

2.1 配电网调度智能运行系统设计软件部分的特殊要求

城市大型配电网调度智能的运行不同于其它的配电网调度系统，对一般的配电网调度系统运行的实时性、有效性和可靠性的要求比较广泛，而现在的配电网调度的物理设备和配电模式在城市大型配电网调度智能运行的系统设计方面还存在很多的不足，不能达到大型配电的标准。配电网调度智能运行系统设计的特殊要求主要表现在以下几个方面：

基于大型城市的配电网调度智能运行要求其具有 3 高性能和 1 严标准。高综合性、高经济性、高可靠性是配电网调度智能运行系统设计所必须具备的，在技术与业务高效的综合方面，利用计算机网络技术与传感控制技术的融合，同时将配电网与各种电力业务进行发电到用电各个环节的无缝连接，简化

繁琐的配电网过程, 实现大型城市的配电网调度智能有效的运行; 一般的配电网调度系统相对与大城市中的配电系统智能运行具有强大的可靠性能, 这就要求大城市中的配电系统在发生故障的时候能够具备快速恢复电力的自治能力, 将负荷的障碍切换到具有可靠性能的其它电源上, 减少配电网系统数据的损失, 加快配电网恢复的速度; 大城市中的配电智能系统的设计能够辅助其它电网的运行, 基于自动运行的功能, 可以大大的减少人员控制的成本和设备维护的成本, 避免因为配电网运行电力所涉及的范围大就损失经济的问题。

满足多向、实时、高效的严格标准是大型城市中的配电智能系统设计的要求, 也是公认的设计标准。严格的设计要求为高级的配电网络设备和城市应用提供了高速、智能的配电支持, 为我国大型城市的配电网智能运行设计带来了质的突破。

2.2 配电网智能运行系统设计算法中位置矢量的表达

基于大型城市的配电网要求来说, 配电网智能运行系统设计中位置的矢量表达是十分重要的。配电网的智能单位是粒子, 根据配电网调度的要求, 将配电网智能单位粒子的位置可以表示为 $m = a \times b$ 的矩形阵列 (a 、 b 分别为矩形阵列的长和宽), 令 $a = x + y + 1$ 。

$$m = \begin{Bmatrix} m_{1,1} & \cdots & m_{1,b} \\ \vdots & & \vdots \\ m_{x,1} & \cdots & m_{x,b} \\ m_{(x+1),1} & \cdots & m_{(x+1),b} \\ \vdots & & \vdots \\ m_{(x+y),1} & \cdots & m_{(x+y),b} \\ m_{(x+y+1),1} & \cdots & m_{(x+y+1),b} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

在上述公式中: x 为矩形分布式中发电的单元个数; y 为储存电量的单元个数。

在矩形阵列 $m = a \times b$ 中的 x 行向量的任意一行 $[m_{k,1}, m_{k,2}, \dots, m_{k,r}, \dots, m_{k,b}]$, 其中 k 表示的是第 k 个分布式中调度单元完整的控制周期; r 表示的是第 r 个元素 $m_{k,r}$, 在第 k 个分布式中单元粒子在阶段 r 的电功, 而且必须满足以下公式:

$$R_k^{\min} \leq m_{k,r} = R_k^r \leq R_k^{\max} \quad k \in [1, m] \quad (3)$$

在上述公式中: R_k^r 和 R_k^{\max} 分别表示的是第 k 个分布式发电单元的电功率的上下限值, 也是矢量元素的位置 $m_{k,r}$ 的范围。

矩形阵列中的第 $x+1$ 行和第 $x+y$ 行的任意一个向量 $[m_{k,1}, m_{k,2}, \dots, m_{k,r}, \dots, m_{k,b}]$ 表示的是第 k 个储存电量的充放电调度周期。第 r 个元素 $m_{k,r}$ 为第 k 个分布单元在阶段 r 中剩余的电量, 需要满足以下电量范围公式:

$$E_k^{\min} \leq m_{k,r} = E_k^r \leq E_k^{\max} \quad k \in [x+1, y+1] \quad (4)$$

上述公式中: E_k^r 和 E_k^{\max} 分别表示的是第 k 个储存电量的上下限值, 也是元素 $m_{k,r}$ 的位置范围。根据公式 (3) 中电量储存的性质可以看出, 第 k 个分布单元在阶段 r 中充放电调度的功率:

$$R_k^r = \begin{cases} \frac{E_k^r - E_k^{r+1}}{\Delta T}, \dots, r < b \\ \frac{E_k^r - E_k^1}{\Delta T}, \dots, r = b \end{cases} \quad (5)$$

由公式可以看出, 当 r 不等于 k 时, 配电网的充放电剩余的电能为第 r 阶段的电能减去第 $r+1$ 阶段的电能; 当 r 等于 k 时, 配电网的充放电剩余的电能为第 r 阶段的电能减去第 1 阶段的电能, 这样是为了保证公式 (6) 的成立:

$$E_k(0) = E_k(b\Delta T) \quad (6)$$

因此, 配电网智能运行系统设计位置矢量表达也是为了满足配电网调度的物理设备和配电模式在城市大型配电网调度智能运行的系统设计方面的特殊要求才进行的。矢量位置的完美呈现, 才能使配电网智能运行系统的设计得到高质量的数据。

3 实验结果与分析

3.1 实验分析

假设时间为 24 小时作为一个完整的配电网调度周期, 每次调度的时间间隔为 1 个小时, 根据表 3 可看出高峰时的电价为 560 元/(MW·h), 在平时的电价为 300 元/(MW·h)。

表 1 分布式电源配置模式

编号	参数	调度模式
1	450 kW	不可调度
2	250 kW	可调度
3	250 kW	不可调度
4	250 kW	可调度
5	250 kW	可调度
6	300 kW	不可调度
7	450 kW	不可调度
8	300 kW	可调度
9	250 kW	不可调度
10	250 kW	不可调度
11	300 kW	可调度
12	250 kW	不可调度

经过以上数据可以计算出不同单元的最智能的配电设计方案, 与此同时, 也验证了配电网调度模型设计的合理性, 实现源、网、荷这 3 个主要内容应用的规范性。

3.2 实验结果

为了证明城市大型配电网调度智能运行系统设计的合理化进行了上述的实验, 结果表明系统的设计能够使城市的配电方面更加的合理, 有效的提高了系统的吞吐率和路由器消耗的功率, 在时延和电量传输的准确性方面都由较强的优势。配电网智能运行系统组件的设计与分析 and 基于模型函数的配电网调度智能运行系统设计与分析都能够提高配电网调度的能力, 使优化系统设计的效果更加的明显。按照上述的论述, 配电网调度智能化系统设计可以提高电网运行效率、降低总障碍发生的几率等。其对比的情况如图 3 所示。

从图 1 可以看出, 相比传统方法来说, 本文所提的智能调度配电网运行系统在考虑了配电网电力范围的基础上, 保证配电网调度的功率, 继而系统运行过程中故障率更低, 12 小时内故障率保持在 20%~40% 之间, 说明该方法更符合现阶段配电网需求。基于大型城市的配电网智能运行设计要求建立高综合性、高经济性、高可靠性的配电智能系统, 满足多向、