

一种中压配电变压器位置优化规划方法

张学荣¹, 王风萍², 陈志梅²

(1. 大同供电局, 山西 大同 037000; 2. 太原供电局, 山西 太原 030012)

摘要: 从工程的角度对中压配电变压器位置优化规划方法进行了研究, 提出一种较为科学的配电变压器优化方法。通过在一个区域内分析多种可选的配电变压器配置方式, 并对每一种方式计算相应的网络状态指标(包括由此产生的中压网压降与电能损耗等), 利用状态指标参数作为惩罚因子并与相关的网络改造建设费用一起构成求解的网络目标函数, 进而各种可行方式中得出一种最佳的配电变压器配置方案。这一方法的目的是在众多配变可选配置方式中找到一个具有网络建设改造综合投资省并且线路运行压降小、网损低的特点的方案。这一思路不仅可用于配电变压器的优化规划, 而且还可在配网优化中加以借鉴。此方法在一个样例系统中进行了使用, 结果令人满意。

关键词: 配电网规划; 配电变压器; 整数规划; 惩罚因子

中图分类号: TM714.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)14-0032-04

0 引言

通常来说, 在配电系统规划过程中, 无论是分别独立地对变电站及配电网进行优化还是将二者结合起来统筹考虑, 对于中压配电变压器常常由于其重要性程度相对较低而被忽视。常见的做法是参照区域负荷容量的大小将配电变压器人为置于负荷中心, 并指定它们在网络中的接入形式, 这样实际是忽略了配电变压器配置方式的不同对网络的影响。但是由于系统中配变的容量等级变化范围较大, 一般从 50 ~ 630 kVA 不等, 不同容量的配变对网络供电情况的影响是不同的, 比如同一区域采用小容量配变的布置形式会使得布点个数增多, 中压网络规模相对增大, 综合线损一般相对降低; 而采用大容量配变的形式结果则相反。在中、长期配网规划中, 由于配变可能的配置方式较多, 对于规划人员如何在若干可供选择的方式中考虑适当的配变安装容量和网络接入形式并不是一个易于解决的问题。

本文中提出的优化算法在一定程度上考虑了配变布置与配网间的相互关系, 能够在若干配变可行配置方案中得到一个综合指标较优的结果。在进行计算之前, 首先需要将整个规划区域依地理环境或供电状况划分为若干分区, 在每个分区内部如果配网供电能力足够满足未来负荷发展的要求, 则规划问题简化为对分区内配变位置与容量的优化(出于进一步化简的考虑, 这里仅仅就配变及中压网络的情况进行分析, 而忽略低压网的影响); 反之, 若负荷发展超出已有网络供电能力, 则规划问题转到下一

步, 进行对已有网络供电能力的扩充与在这基础上的配变位置及容量的优化。

本文算法主要针对在规划分区内有多种可行配变布置方式和网络联结形式的条件下, 如何从中选择一种最优解决方案来进行网络扩建。这样, 规划人员可依此对逐个分区加以分析决策, 而得到整个网络的规划结果。这里各供电区域的划分一般依地理位置或习惯人为划定。

1 算法

整个计算流程包括 3 个步骤: 优化准备; 计算方案的运行指标惩罚因子; 构造目标函数进行优化计算。

其中在步骤 需要进行规划区域的划分、计算每个分区内的未来负荷需求以及给出可能的配变布置形式与网络联结形式, 这是后面的两个步骤的基础。

1.1 步骤 优化准备

将整个规划区域划分为若干分区, 分别预测每个分区内的未来负荷发展水平, 并考察分区内已有配变的供电能力是否能满足未来负荷的需求。对于那些现有配变无法满足负荷需求的分区, 需要提供新加配变的可能安装位置(可以根据分区内的建筑情况指定, 通常较实际所需为多)以及与网络的可行联结形式。注意由于一般每个分区由多条线路甚至多个变电站供电, 因而这里的可行网络联结形式常常有多种。同样, 对于每个配变的可能安装位置上, 也会有多种可行的配变容量配置方式。这样, 在一个分区内可行的配网建设方案数目一般是以乘积的

形式迅速膨胀的。

上述分析可以描述为:对于每个可能的配变安装位置,存在若干种配变容量选择,对每种配变容量选择又存在若干种网络联结形式。例如,对于配变安装位置 l , 存在的可能网络接线数 NM_l 为:

$$NM_l = NL_l \cdot M_l, \quad l = 1, 2, \dots, L \quad (1)$$

其中: NL_l 为位置 l 处配变可能的安装容量个数; M_l 为位置 l 处配变可能的网络联结形式个数; L 为分区内配变可能的布置位置个数。

分区内总的网络建设方案数为:

$$N = \sum_{l=1}^L NM_l \quad (2)$$

确定是否在所计算分区内需要新加配变的过程如下:

$$(1 + a_y)^{AN} P_y - f_y \sum_{e=1}^{NE_y} P_e^m \quad (3)$$

其中: y 为分区序号; e 为分区现有配变序号; P_e^m 为第 e 台现有配变供电负荷上限; NE_y 为 y 分区中现有配变总数; P_y 为现状年 y 分区负荷; a_y 为 y 分区负荷的年增长率; AN 为规划年数; f_y 为 y 分区配变负荷同时率。

对各规划分区根据式(3)可确定是否需要新上配变,以及需要新上多少容量的配变。如果由式(3)中计算出的未来负荷预测值超过现有分区内总配变供电能力上限,则需要考虑在分区中新加配变,否则即分区中现有配变已可满足未来负荷需求,无需新上配变。

1.2 步骤 计算方案的运行指标惩罚因子

上述步骤 确定了在规划分区内的多种可行配变及网络布置形式,在步骤 中则对于每种形式分别进行潮流分析得到相应的状态惩罚因子,换句话说说是得到各种布置方式对配网正常运行影响程度大小的度量。

对于方案进行潮流分析可以得到节点电压降与支路潮流的分布,将这一结果作为每种方案的状态指标。状态指标包括节点电压水平与设备负载水平,由此可以量化新加配变的各种配置方式对配网的影响。当然,首先将所有造成配网指标超限(如压降过大或设备过载)的方案剔除出去。在余下的方案中,每一个的惩罚因子 KF_i 计算如下,

$$KF_i = \left(\left(\sum_{u=1}^{LN} K_u \right) / LN \right)^2 + \left(\left(\sum_{b=1}^{LB} K_b \right) / LB \right)^2 + \left(\left(\sum_{t=1}^{LT} K_t \right) / LT \right)^2 \quad (4)$$

其中:

$$K_u = U^u / U^L \quad u = 1, 2, \dots, LN \quad (5)$$

$$K_b = P_b / P_b^L \quad b = 1, 2, \dots, LB \quad (6)$$

$$K_t = P_{ST}^t / P_{ST}^L \quad t = 1, 2, \dots, LT \quad (7)$$

以及

$$U^u \quad U^L \quad u = 1, 2, \dots, LN \quad (8)$$

$$P_b \quad P_b^L \quad b = 1, 2, \dots, LB \quad (9)$$

其中: U^u 为节点 u 电压降; U^L 为电压降允许上限; P_b 为支路 b 有功功率; P_b^L 为支路 b 允许有功功率上限; P_{ST}^t 为变电站 t 的负载; P_{ST}^L 为变电站 t 的允许负载上限; LN 为分区中节点个数; LB 为分区中支路个数; LT 为变电站个数。

式(4)中参数 K_u 衡量方案中的节点电压降水平,参数 K_b 衡量支路的负载率水平, K_t 衡量变电站的负载水平,由参数 KF_i 度量建设方案对整个网络的影响。

1.3 步骤 构造目标函数优化计算

上述两个步骤确定了未来系统中可行的配变及网络布置形式以及相应的系统运行状态指标,在此基础上将各方案的投资费用综合考虑进来,就可以确定优化的目标函数。注意这里方案的投资年费用包含新上配变费用、相关低压网费用以及中压网对新上配变的改建费用等,通过将运行状态指标作为惩罚因子对方案综合费用进行修正,如式(10)。这是一个0/1规划问题,满足配变容量约束和一些常见的整数约束。

$$\text{目标函数: } \min \sum_{i=1}^N x_i IC_i \cdot KF_i \quad (10)$$

$$\text{约束条件: } \sum_{i=1}^N x_i P_i^m \quad (P_k/f) - \sum_{e=1}^{NE} P_e^m \quad (11)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, k = NLK \quad (13)$$

其中: N 为分区内所有的新加配变可行配置方案数,它等于分区内新加配变的可能安装位置数与每个位置上可选的配变容量数及安装位置上对可选容量配变的可行网络联结形式数这3者之积; NLK 为分区内新加配变的可能安装位置数; a_k 为在位置 k 处新加配变的可能配置方案数; P_i^m 为第 i 个新配变的负荷能力上限; P_k 为分区未来负荷总量; NE 为分区现有配变数; f 为配变平均利用率; $IC_i = C_i + CL_i$ 为对应方案的综合费用; C_i 为方案中设备年投资费用。

$$C_i = Co_i \frac{r_0(1+r_0)^n}{(1+r_0)^n - 1}$$

其中: Co_i 为设备一次投资费用; r_0 为贴现率, 一般取为 0.1; n 为设备预期使用年限, 一般为 20 年; C_i 为方案中设备近似折算年损耗费用。

$$CL_i = \dots P_i^m$$

其中, C 为电价; L 为年最大负荷损耗小时数; P_i^m 为设备最大负荷时的损耗。

对于优化问题式(10)~(13)的求解可以采用一般的整数规划方法, 计算流程图见图 1, 对每个规划分区进行优化计算后可以得到整个地区的规划结果。

2 算例

这里对一个样例小区进行规划, 该小区分别由 2 个变电站(2 × 20 MVA 与 2 × 31.5 MVA), 8 条配电线路供电(配电线路主干采用 LG-240 导线, 分支采用 LG-150), 现有配变 99 台总容量为 25045 kVA, 现状年(2002 年)小区负荷为 15.8 MW, 如图 2。分区内的负荷年增长率为 3.3%, 预计到 2005 年负荷达到 17.4 MW。区内共设置 18 个位置可供安装新加配变, 这里提供 2 种新加配变的容量选择: 200 kVA 与 315 kVA, 图中新加配变上的标记“ $n/(n+1)$ ”, n 指该处配置小容量 200 kVA 的方式, $n+1$

指该处配置大容量 315 kVA 的方式。按本文所提方法建立目标函数, 采用分支定界法进行优化, 结果见表 1, 结果表明该例中网络供电能力可以满足负荷的发展, 但需新上配变 11 台。

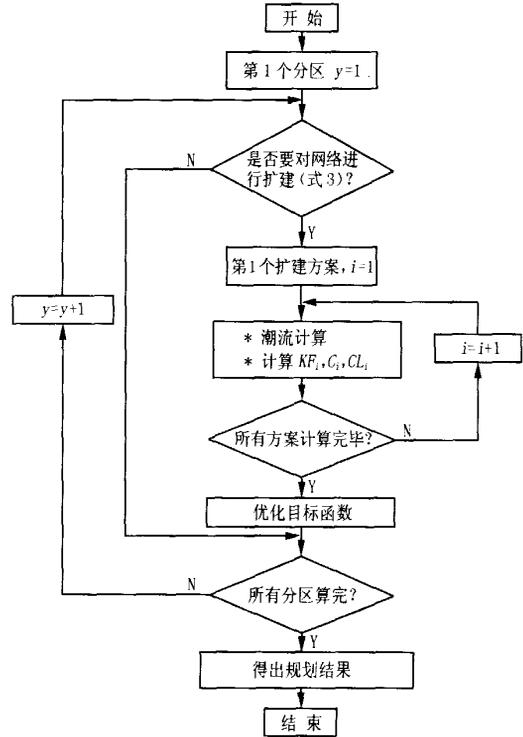


图 1 程序流程

Fig. 1 Flow chart of the program

表 1 算例计算结果

Tab. 1 Calculated results of calculation example

配置方式	容量/kVA	造价/万元	IC·KF	X	配置方式	容量/kVA	造价/万元	IC·KF	X
1	200	1.0	0.489	0	19	200	1.0	0.708	0
2	315	1.5	0.561	0	20	315	1.5	0.686	0
3	200	1.0	0.411	1	21	200	1.0	0.589	0
4	315	1.5	0.606	0	22	315	1.5	0.602	0
5	200	1.0	0.525	0	23	200	1.0	0.438	0
6	315	1.5	0.533	1	24	315	1.5	0.456	1
7	200	1.0	0.574	0	25	200	1.0	0.471	0
8	315	1.5	0.706	0	26	315	1.5	0.459	1
9	200	1.0	0.598	1	27	200	1.0	0.522	0
10	315	1.5	0.628	0	28	315	1.5	0.517	1
11	200	1.0	0.421	1	29	200	1.0	0.671	0
12	315	1.5	0.475	0	30	315	1.5	0.702	0
13	200	1.0	0.505	0	31	200	1.0	0.668	1
14	315	1.5	0.511	1	32	315	1.5	0.671	0
15	200	1.0	0.618	0	33	200	1.0	0.656	0
16	315	1.5	0.633	0	34	315	1.5	0.639	0
17	200	1.0	0.540	1	35	200	1.0	0.525	1
18	315	1.5	0.529	0	36	315	1.5	0.580	0

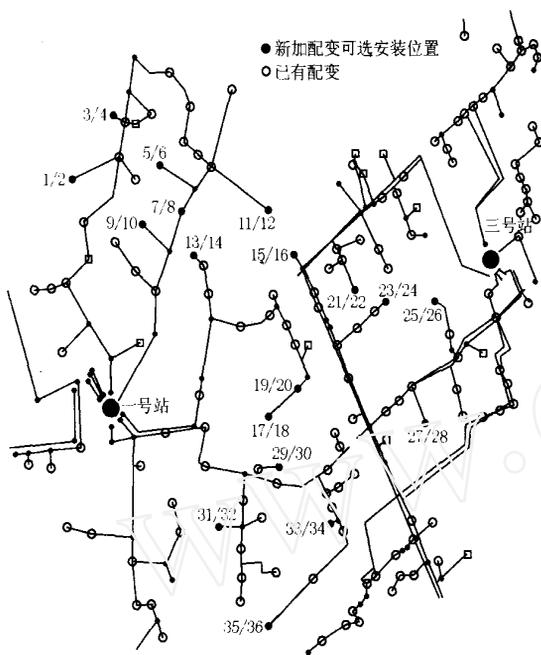


图2 算例网络图

Fig.2 Network of calculation example

3 结论

本文提出了一种用于配网规划中配电变压器配置的优化算法,不象一些常用算法那样包含大量的非线性优化计算,该方法通过启发式处理过程把这一问题简化为线性整数规划问题进行求解,因而具有简单灵活、适用性强的特点。使用表明,对于一些地域面积不大、网络结构不甚复杂的系统具有计算速度快,收敛性好的特点。

参考文献:

- [1] 中国电机工程学会城市供电专委会,中华人民共和国能源部、建设部 (Urban Power Supply Committee of the CSEE, Energy and Construction Department of PRC). 城市电力网规划设计导则 (Guide for the Design and Planning of Urban Power System) [Z]. 1993.
- [2] 全国电力系统城市供电专业工作网 (Urban Power Supply Network of National Power System). 城网动态 (Technique of Urban Power System) [Z]. 1998.
- [3] 陈章潮,唐德光 (CHEN Zhang-chao, TANG De-guang). 城市电网规划与改造 (Theories in Planning or Restructure of Urban Power System) [M]. 上海:上海交通大学出版社 (Shanghai:Shanghai Jiaotong University Press),1999.

- [4] 马仲藩 (MA Zhong-pan). 线性整数规划的数学基础 (Mathematical Foundations of Integral Linear Optimization) [M]. 北京:科学出版社 (Beijing:Science Press),1998.
- [5] 胡运权 (HU Yur-quan). 运筹学基础及其应用 (第三版) (Application of Operation Science, Third Edition) [M]. 北京:科学出版社 (Beijing:Science Press),1998.
- [6] 何仰赞,温增银,等 (HE Yang-zan, WEN Zeng-yin, et al). 电力系统分析 (下册) (Analysis of Power System, Part Two) [M]. 武汉:华中理工大学出版社 (Wuhan:Huazhong University of Science & Technology Press),1985.
- [7] 王锡凡 (WANG Xi-fan). 电力系统规划基础 (Techniques for Power System Planning) [M]. 西安:西安交通大学出版社 (Xi an:Xi an Jiaotong University Press),1994.
- [8] 焦留成 (JIAO Liu-cheng). 实用供电技术手册 (Practical Techniques for the Work in Distribution System) [M]. 北京:机械工业出版社 (Beijing:China Machine Press),2001.
- [9] 杨期余 (YANG Qi-yu). 配电网 (Distribution Power System) [M]. 北京:机械工业出版社 (Beijing:China Machine Press),1998.
- [10] 张仲池 (ZHANG Zhong-chi). 城市中区配电网设计计算实例 (Examples and Methods Design of MV Distribution Power Network in Urban Area) [J]. 湖南电力 (Hunan Electric Power),1996,(5):41-43.
- [11] 王平洋 (WANG Ping-yang). 配电网系统规划中的若干重要问题 (View of Some Important Items in Distribution Power System Planning) [J]. 电网技术 (Power System Technology),2001,25(5):1-5.
- [12] 单逢康 (SHAN Feng-kang). 苏州新区中压配电网规划与实施 (Planning and Structuring of the MV Distribution System in the New Region of Suzhou) [J]. 江苏电机工程 (Jiangsu Electrical Engineering),1998,(1):6-10.

收稿日期: 2003-11-17; 修回日期: 2004-01-16

作者简介:

张学荣(1963-),男,学士,高级工程师,从事供电管理工作;

王风萍(1969-),女,学士,高级工程师,从事生产计划管理工作; E-mail: wangfp3467@sina.com

陈志梅(1966-),女,学士,高级工程师,从事供电审计管理工作。

(下转第44页 continued on page 44)

装置对电容电流计算的相对误差为 2 % 左右,满足精度要求。

4 结论

PCM-3718HG 采样板的单通道触发模式缓解了采样保持电路中电容选择的矛盾,结合软件处理,提高了采样和计算精度,从而保证了消弧线圈能够提供更加合理的补偿。其采样通道的增益调整保证装置的故障响应时间在 10 ms 左右,保证了装置对故障的快速响应。PCM-3718HG 采样板的数字信号输入输出功能,方便了装置控制和自检功能的实现,且使装置具有很好的扩展性。通过调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置的实际应用,证明 PCM-3718HG 采样板功能齐全,与主机和外设连接方便,有效地简化了硬件电路设计,编程控制方便,采样精度高、速度快,性能稳定,大大提高了装置运行的可靠性,缩短了开发周期。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月(YAO Huan-nian, CAO Mei-yue). 电力系统谐振接地(Resonance Ground of Electric Power Systems) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power

Press),2000.

- [2] 徐玉琴,陈志业,等(XU Yu-qin, CHEN Zhi-ye, et al). 晶闸管投切电容式消弧线圈的设计与应用研究(Design and Application Research on Arc Suppression Coil with Thyristor Series Capacitors) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2001,25(13):38-41.
- [3] 蔡旭,刘杰(CAI Xu, LIU Jie). 偏磁式消弧线圈的动态调谐装置(Dynamic Resonance Adjustment Device of Arc Suppression Coil with Magnetic Bias) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2002,26(15):53-56.
- [4] 杨奇逊(YANG Qi-xun). 微型机继电保护基础(Basis of Relay Protection with Microcomputer) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing:Hydraulic and Electric Power Press),1994.

收稿日期:2003-11-07; 修回日期:2003-12-01

作者简介:

邵剑(1976-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护与控制;E-mail:shaojian76@tom.com

徐玉琴(1964-),女,硕士,副教授,从事电力系统继电保护与控制的的教学研究工作;

丁波(1977-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护与控制。

Application of PCM-3718HG sampling board in automatic tracking device of arc suppression coil with TSC

SHAO Jian, XU Yu-qin, DING Bo

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Simulating signals sampling and digital signals control is an important function of PCM3718HG sampling board, which can realize sampling calculation and external equipment control expediently. It is the important link of arc suppression coil with TSC. The structure and function of the device, and the method of capacitive current tracking measurement are introduced. The application of PCM3718HG sampling board in the automatic device is expatiated, and its practical operation verifies that the device does better in precise tracking and fast compensation.

Key words: Petersen coil; sampling; plus adjust; automatic tracking

(上接第 35 页 continued from page 35)

A method of location optimization planning for MV distribution transformer

ZHANG Xue-rong¹, WANG Feng-ping², CHEN Zhi-mei²

(1. Datong Power Supply Bureau, Datong 037000, China; 2. Taiyuan Power Supply Bureau, Taiyuan 030012, China)

Abstract: A method of location optimization planning for MV distribution transformer(DT) is analyzed in practice, and a more reasonable solution is presented. Analysing several feasible ways of DTs installation in the planning block, and calculating each of the ways to get the data of the relevant network status, such as the medium voltage drops and the power losses, the objective function is set up using the network status data as the penalty factor with the cost of installations. Then, an optimal one among all feasible ways of the DTs installation is obtained, with the advantage of lower investment, voltage drops and power losses. The idea can be used not only in the optimization of DTs installation, but in the planning of distribution network. To divide the whole network into several blocks, and with the analysis of the feasible ways of connection in each block, the optimization of the whole network can be done. The way of optimization is used in a sample system, and the result is satisfactory.

Key words: distribution system planning; distribution transformer; integer planning; penalty factor