

并列运行配电变压器经济运行软件设计

孙 莉

(昆山供电公司,江苏昆山 215334)

摘要:在分析配电变压器损耗特点及负荷变化规律的基础上,提出了一种并列运行配电变压器(也称子母变)经济运行的实用方法,并设计出具有负荷统计与预测功能、可进行配电变压器经济运行决策的应用软件。该软件根据低压配电网负荷变化情况,分析配电变压器组的损耗,得出配电变压器组的经济运行区域,由此给出配电变压器经济运行建议方案,帮助用户进行决策,并通过实例验证了该软件的正确性和经济性。

关键词:配电变压器;经济运行;负荷预测

中图分类号: TM412

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2012)00-0043-04

配电变压器因其容量小、负载波动大,长时间处于轻载或空载运行状态,损耗很大。开展配电变压器经济运行分析,降低其损耗,是实现电力系统节能降耗的重要手段。在实际应用中,对于单台运行的配电变压器,主要通过合理选择变压器容量或选择调容变压器等方法来实现经济运行。对于同一个供电区域的两台或多台配电变压器(俗称子母变),由于未能根据实际负荷情况合理地改变配电变压器的运行方式,造成了变压器损耗的增加。配电变压器的低效运行主要表现在以下几个方面:(1) 凡是一台配电变压器能承担的负载,不用两台运行;(2) 凡是小容量配电变压器能承担的负载,不用大容量配电变压器运行;(3) 以负载率为标准来衡量配电变压器是否处于过轻负载(俗称“大马拉小车”),其结果不仅不省电,反而浪费;(4) 认为配电变压器的利用率越高,配电变压器损失的电能就越小(即效率越高)^[1-8]。

本文针对这一常见问题,对两台并列运行配电变压器的经济运行问题进行深入的分析与研究,并利用 C++Builder 软件设计出相应的配电变压器经济运行软件,辅助运行人员对配电变压器进行合理投切从而使配电变压器组综合功率损耗最低,达到经济运行的目的。

1 软件设计

1.1 负荷统计与预测

调度中心信息管理系统实时测量的各线路日负荷信息是进行配电变压器经济运行分析的重要参考数据^[9]。采用每个季节每天整点负荷的平均值作为季节日负荷参数。下面以春季为例,即取春季(2,3,4月份)每天 00:00,01:00, ..., 23:00 的整点负荷平均值记为春季 00:00,01:00, ..., 23:00 的日负荷

值,如记 2 月 1 日 00:00 的负荷为 Feb.1.0(Feb 为二月,1 为一日,后面的 0 为 00:00),则春季 00:00 负荷 chun.0 的日负荷计算公式为:

$$\text{chun.0} = (\text{Feb.1.0} + \dots + \text{Feb.29.0} + \text{Mar.1.0} + \dots + \text{Mar.31.0} + \text{Apr.1.0} + \dots + \text{Apr.30.0}) / 90 \quad (1)$$

春、夏、秋、冬四季的整点日负荷参数均可采用相同算法得出。

1.2 配电变压器经济运行判据

对于两台并列运行的配电变压器来说,存在变压器 1 投入、变压器 2 投入以及变压器 1 和变压器 2 均投入 3 种运行方式,其所对应的综合功率损耗公式^[10]为:

$$P_1 = P_{01} + K_Q Q_{01} + (P_{K1} + K_Q Q_{K1})(S/S_{N1})^2 \quad (2)$$

$$P_2 = P_{02} + K_Q Q_{02} + (P_{K2} + K_Q Q_{K2})(S/S_{N2})^2 \quad (3)$$

$$P_\Sigma = \sum_{i=1}^2 (P_{0i} + K_Q Q_{0i}) + \sum_{i=1}^2 (P_{Ki} + K_Q Q_{Ki})(S / \sum_{i=1}^2 S_{Ni}) \quad (4)$$

式(2—4)中: P_1, P_2, P_Σ 分别为变压器 1 运行、变压器 2 运行、变压器 1 和变压器 2 并列运行的有功损耗(单位 kW); $P_{01}, P_{02}, P_{0i}, Q_{01}, Q_{02}, Q_{0i}$ 分别为 3 种运行方式下的空载有功损耗(kW)、空载无功损耗(kvar); $P_{K1}, P_{K2}, P_{Ki}, Q_{K1}, Q_{K2}, Q_{Ki}$ 分别为 3 种运行方式下的短路有功损耗(kW)、短路无功损耗(kvar); K_Q 为无功当量(kW/kvar),与电力系统的容量、结构及计算点的具体位置等有关; S 为总的实际负荷(kV·A); S_{N1}, S_{N2}, S_{Ni} 分别为变压器的额定容量(kV·A)。

选取两台典型配电变压器参数代入公式,得出配电变压器综合功率损耗曲线,如图 1 所示。

由图 1 可见,按照各损耗曲线的交点可对并列运行配电变压器组进行区域划分,针对运行区域选用不同的运行方式则可实现配电变压器组综合损耗最低,从而达到经济运行目的^[11,12]。为此首先计算得出配电变压器组综合损耗曲线的各个交点:

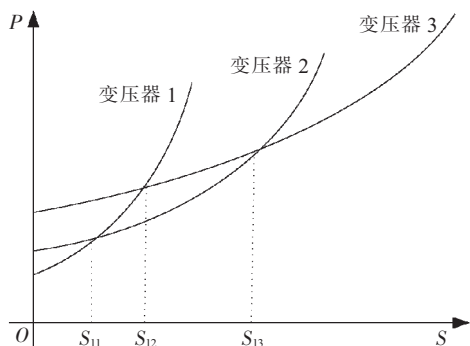


图1 变压器损耗曲线图

(1) 变压器1和变压器2的交点 S_{L1} (令 $P_1=P_2$):

$$S_{L1} = S_{N1} S_{N2} \sqrt{\frac{(P_{01}-P_{02})+K_Q(Q_{01}-Q_{02})}{S_{N1}^2(P_{K2}+K_Q Q_{K2})-S_{N2}^2(P_{K1}+K_Q Q_{K1})}} \quad (5)$$

(2) 变压器1和并列运行的交点 S_{L2} (令 $P_1=P_\Sigma$):

$$S_{L2} = S_{N1} (S_{N1} + S_{N2}) \times$$

$$\sqrt{\frac{P_{02}+K_Q Q_{02}}{(S_{N2}^2+2S_{N1}S_{N2})(P_{K1}+K_Q Q_{K1})-S_{N1}^2(P_{K2}+K_Q Q_{K2})}} \quad (6)$$

(3) 变压器2和并列运行的交点 S_{L3} (令 $P_2=P_\Sigma$):

$$S_{L3} = S_{N2} (S_{N1} + S_{N2}) \times$$

$$\sqrt{\frac{P_{01}+K_Q Q_{01}}{(S_{N1}^2+2S_{N1}S_{N2})(P_{K2}+K_Q Q_{K2})-S_{N2}^2(P_{K1}+K_Q Q_{K1})}} \quad (7)$$

当配电变压器组的低压负荷 S 小于 S_{L1} 时, 变压器1单独运行; 低压负荷 S 大于 S_{L1} 而小于 S_{L3} 时, 变压器2单独运行; 低压负荷 S 大于 S_{L3} 时, 变压器并列运行。如果一直遵照运行区域选择运行方式的话, 则配电变压器组的运行损耗一直是最小的, 运行一直是最经济的。

1.3 配电变压器经济运行控制

配电变压器的低压负荷是实时变化的, 同时某一时段又会稳定在某个范围内变化。如果某时段稳定在转折点附近则有可能导致配电变压器频繁发跳合闸命令导致频繁投切的问题, 该问题得不到妥善解决将导致软件设计存在很大的漏洞, 给配电变压器的安全经济运行带来严重的问题。如果把经济运行转折点改为经济运行转折区, 且转折区的范围包含了负荷波动的大小, 这样就可以解决频繁投切的问题, 原理如图2所示。

由图2可以看到, a, b, c, d 4个控制点, 具体来说就是将转折点1扩展为区间 $[a, b]$, 转折点2扩展为区间 $[c, d]$ 。在编程实现原理时, 提出一种“保持”的概念, 这里的“保持”和二次回路中的“自保持”有类似的意义。如果负荷落在转折区内, 经济运行方式保持前一个运行方式不变。仅此这样是不够的, 因为

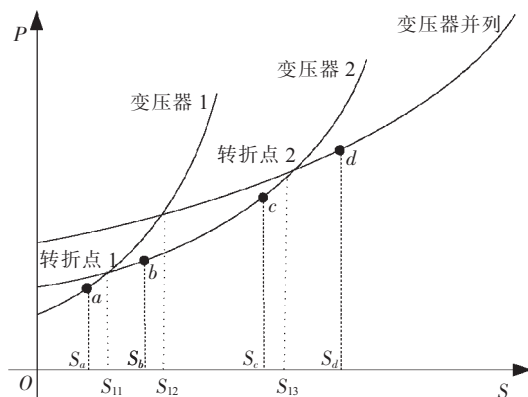


图2 经济运行控制原理图

如果第一个点就落在转折区内的话经济运行软件没有保持的点, 所以对第一个点要特别的对待, 设计的配电变压器经济运行控制流程如图3所示。

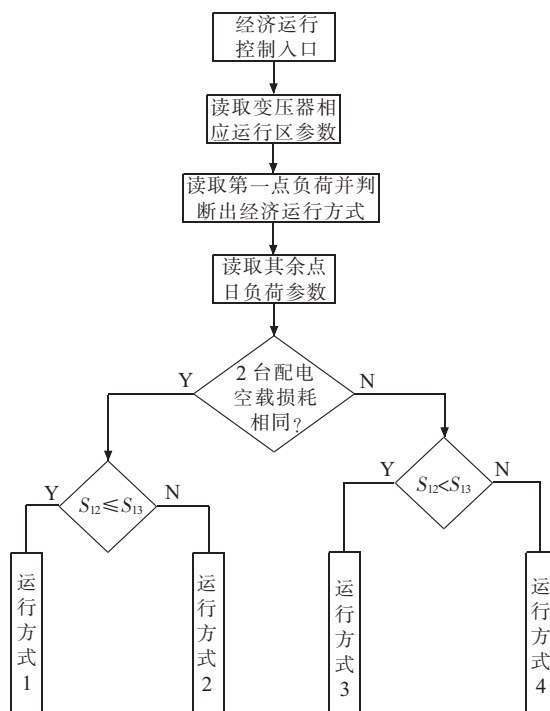


图3 经济运行控制流程图

(1) 运行方式1: 负荷小于 S_a 时投变压器2; 大于 S_a 小于 S_b 时保持; 大于 S_b 时变压器并列运行。

(2) 运行方式2: 负荷小于 S_a 时投变压器1; 大于 S_a 小于 S_b 时保持; 大于 S_b 时变压器并列运行。

(3) 运行方式3: 负荷小于 S_a 时投变压器1; 大于 S_a 小于 S_b 时保持; 大于 S_b 小于 S_c 时投变压器2; 大于 S_c 小于 S_d 时保持; 大于 S_d 时变压器并列运行。

(4) 运行方式4: 负荷小于 S_a 时投变压器2; 大于 S_a 小于 S_b 时保持; 大于 S_b 小于 S_c 时投变压器1; 大于 S_c 小于 S_d 时保持; 大于 S_d 时变压器并列运行。

2 软件功能说明

2.1 数据库文件的建立

2.1.1 变压器参数数据库

变压器的参数表: 主要包括变压器的型号、容量、空载电流、阻抗电压、空载损耗、短路损耗、高压侧电压、低压侧电压。

变压器的损耗情况对照表: 负荷容量从 1 kV·A 到 300 kV·A 时单台变压器运行和并列运行时的损耗情况。

运行变压器表: 用于存放当前选择的变压器运行情况, 包括两台变压器的所有信息。

经济运行点表: 用于存放配电变压器的转折点和转折点的损耗。

2.1.2 经济运行数据库

季节日负荷表: 用于存放经过负荷统计与预测得到的去年季节日负荷、今年季节日负荷、下年季节日负荷。

往年经济运行表: 用于存放往年的季节日负荷和对去年日负荷的经济运行方式参数。

当年经济运行表: 用于存放今年的季节日负荷和对今年日负荷的经济运行方式参数。

下一年度经济运行表: 用于存放下年的季节日负荷和对下年日负荷的经济运行方式参数。

经济效益表: 用于存放当前经济运行方式下的经济效益, 即可以节省多少度电参数。

2.1.3 实时日负荷数据库

该数据库文件用于存放获得的实时负荷数据库, 共存放一天 1 440 条记录, 软件将自动更新。

2.2 经济运行程序功能简介

2.2.1 自动和手动查询

自动查询是指软件读取日负荷相应点的参数, 根据负荷大小和配电变压器的经济运行区得出当前配电变压器的经济运行情况, 并在主界面上显示变压器的投切情况。同时根据负荷情况计算低压母线电压, 如果母线电压低于规定值时, 软件将发出“电压越下限”的预警信号。

手动查询为决策性质的辅助功能, 手动查询按照季节和时间点进行, 读取的信息为负荷预测得到的配电变压器的负荷和经济运行情况, 该功能可以帮助运行人员对配电变压器的运行情况做一个提前的查询, 其精确度与负荷预测的精确度一致, 显示情况和自动查询相一致。

2.2.2 变压器损耗曲线查询

配电变压器经济运行软件可以提供配电变压器单独运行和并列运行的变压器损耗曲线的查询。在单击变压器时软件会弹出配电变压器组的损耗曲线, 并给出相应的经济运行区域。

2.2.3 经济运行界面

该界面显示统计的去年、今年和预计下年的季节日负荷和相应的经济运行情况, 给出了各时间点配电变压器的经济运行方式的建议, 并显示相关的经济效益。经济运行界面还可实现报表形成和对经济运行区进行控制等功能。报表是本软件的主要输出形式之一, 输出的“经济运行预测报表”可以作为运行人员对变压器经济运行情况的参考。

运行人员根据报表可以编制出一套按季节划分的配电变压器经济运行表, 只要负荷预测准确, 按照经济运行表安排配电变压器的运行基本上可以满足经济运行的要求。输出的“经济效益情况报表”, 显示了采用经济运行方法和全部两台并列运行情况对比下的日经济效益(节电情况)和一个季度的经济效益情况。

3 配电变压器经济运行软件经济效益测试

为测试该软件功能, 对配电变压器经济运行软件设定参数, 如表 1 所示。

表 1 测试用配电变压器参数

容量 /kV·A	空载损耗 /kW	短路损耗 /kW	空载电流 /p.u.	阻抗电压 /p.u.	高压 /kV	低压 /kV
200	0.55	2.2	1	4	10	0.4
100	0.37	1.17	1.4	4	10	0.4

利用实测的春季日负荷数据, 通过配电变压器频繁投切控制界面将控制点 a 点设为 50 kV·A, b 点设为 55 kV·A, c 点设为 140 kV·A, d 点设为 160 kV·A, 此时配电变压器的经济运行建议方式如表 2 所示。

采用经济运行控制后, 并列运行的配电变压器组一天可以减少变压器损耗 154 kW·h, 春季可以节约电能损耗 13 875 kW·h。由此可见, 经过运行区控制后, 配电变压器的经济效益有所增长, 且其高压断路器的运行条件得到了大幅度的改善。

4 结束语

配电变压器经济运行软件的设计难点在于如何对并列运行配电变压器组的综合损耗曲线进行分类, 从而得出配电变压器的经济运行判据。本文利用有功损耗将配电变压器损耗曲线分类, 再利用相交点的大小得出配电变压器经济运行转折区域, 并依此给出经济运行方式, 是本软件最大的创新点。

通过实例测试可以看出, 如果采纳配电变压器经济运行软件的建议进行变压器的合理投切, 将明显地减少变压器损耗, 节省了电能, 提高了电力公司效益。

表 2 春季配电变压器经济运行建议表(优化后)

时间	负荷情况 /kV·A	经济运行方式
00:00	48.379	变压器 2 投入运行
01:00	46.197	变压器 2 投入运行
02:00	46.904	变压器 2 投入运行
03:00	48.467	变压器 1 投入运行
04:00	58.479	变压器 1 投入运行
05:00	85.673	变压器 1 投入运行
06:00	99.133	变压器 1 投入运行
07:00	110.68	变压器 1 投入运行
08:00	110.742	变压器 1 投入运行
09:00	113.018	变压器 1 投入运行
10:00	125.965	变压器 1 投入运行
11:00	93.507	变压器 1 投入运行
12:00	93.478	变压器 1 投入运行
13:00	98.37	变压器 1 投入运行
14:00	98.674	变压器 1 投入运行
15:00	109.05	变压器 1 投入运行
16:00	149.087	变压器 1 投入运行
17:00	121.193	变压器 1 投入运行
18:00	155.409	变压器 1 投入运行
19:00	134.46	变压器 1 投入运行
20:00	105.508	变压器 1 投入运行
21:00	67.507	变压器 1 投入运行
22:00	52.116	变压器 1 投入运行
23:00	49.021	变压器 2 投入运行

参考文献:

- [1] 陈 珩. 电力系统稳态分析[M]. 北京: 电力出版社, 1995.
- [2] 胡景生. 变压器经济运行[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [3] 方向晖. 中地压配电网规划与设计基础[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [4] 陈化钢. 企业供配电[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [5] CB 瓦修金斯基著, 崔立君等译. 变压器的理论与计算[M], 北京, 机械工业出版社, 1983.
- [6] SMITH K S, RAN L, LEYMAN B. Analysis of Transformer Inrush Transients in offshore Electrical Systems[J]. Proc.Inst.Elect, Eng, 1996, 146(1): 89-95.
- [7] 许建军. 两部制电价与变压器的经济运行[J]. 铜业工程, 2000(1).
- [8] 王 英, 韩富春, 张 丽, 等. 配电变压器经济运行方式研究[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(6): 674-676.
- [9] 强同波. 几种电力负荷预测方法在用电分析系统中的应用[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2005, 08(1): 68-71.
- [10] 甄利玲, 李志孝. 配电变压器的经济运行分析[J]. 山西师范大学学报 2006, 20(1): 60-62.
- [11] 贾士民, 谢 岩, 李 键. 浅谈供电线路与配电变压器的经济运行[J]. 华北电力技术, 2003(6): 45-47.
- [12] 吴正刚. 浅悉农网改造后的配电变压器经济运行[J]. 云南电力技术, 2004(3).

作者简介:

孙 莉(1959), 女, 江苏昆山人, 工程师, 从事电力系统继电保护及调度远方等工作。

Software Design of Economic Operation of Parallel Operation Distribution Transformer

SUN Li

(Kunshan Power Supply Company, Kunshan 215334, China)

Abstract: The practical economic operation method of a kind of distribution transformers in parallel operation (also known as cluster variable) is proposed in the analysis of characteristics of distribution transformer loss and load variation. Application software with load statistics, prediction function and decision that can carry out economic operation of the distribution transformer is designed. Based on load change of low voltage distribution network, the loss of distribution transformer is analyzed by this software to receive economic operation area of distribution transformer. Economic operation scheme of distribution transformer is proposed to help customers to make decisions, and the correctness and economy of this software are proved by examples.

Key words: distribution transformer; economic operation; load forecasting

欢迎投稿

《江苏电机工程》是由江苏省电力公司主管, 江苏省电力公司、江苏省电机工程学会主办的电力技术类科技期刊。主要刊登电力系统的科研、规划、设计、生产运行和维护等方面的成果、经验。设有栏目: 专论与综述、设备故障诊断与检修策略、电网技术、发电技术、科普园地等。欢迎全国各地研究人员、工程技术人员、大专院校师生踊跃投稿。

投稿电子信箱: jsdj@chinajournal.net.cn(电网系统外);

jee@js.sgcc.con.cn(电网系统内)。