

有载调容变压器综合经济性分析及应用研究

王金丽

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要: 笔者基于有载调容变压器结构及运行特点, 给出了其适用范围, 详细解析了有载调容变压器的调容节能原理。从年运行费用、投资回收年限以及总拥有费用几方面对 SZ11-T 型有载调容变压器与 S11 型普通配电变压器进行了综合经济性比较及应用分析, 结合 10 kV 配电变压器的实际使用情况, 给出了有载调容变压器的两种应用方案, 并提出了解决调容变压器计量精度问题的可行性建议。

关键词: 有载调容; 配电变压器; 经济分析; 应用方案

中图分类号: TM423

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)03-0032-04

Application and Integrated Economic Analysis of On-load Capacity Regulating Transformer

WANG Jin-li

(China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

Abstract: The applicable range of on-load capacity regulating transformer is given according to its running characteristics and structure, and the capacity regulating principle is analyzed. Integrated economic and application analyses of SZ11-T type on-load capacity regulating transformers are performed and compared with common S11 type distribution transformers, including annual operation expense, payback period of investment, and total owning cost. Considering the practical application of 10 kV distribution transformers, two application schemes for the on-load capacity regulating transformer are proposed. In addition, some suggestions are offered to improve the measurement precision of the capacity regulating transformers

Key words: on-load capacity regulating; distribution transformer; economic analysis; application scheme

0 引言

电力系统的节能降损是建设节约型社会的重要组成部分。尤其是配电系统量大面广, 其节能降损问题既关系千家万户的优质用电, 又是直接影响供电企业经济效益的重要因素之一。在农村电网中, 农闲时配电变压器白天接近处于空载运行状态, 导致了配电变压器空载损耗约占整个 10 kV 配电损耗的 40% 左右, 因此降低配电变压器空载损耗对降低 10 kV 配电损耗具有十分重要的作用^[1-4]。

有载调容变压器可具有大小两个容量, 根据实际负荷大小通过有载调容开关自动调节运行容量, 适用于季节性负荷变化幅度比较大的农村电网, 以及一些昼夜负荷变化显著的城市商业区、开发区、工业区等配电台区, 负荷较轻或接近空载时由大容量调为小容量运行可大幅度降低空载损耗。

1 有载调容变压器调容原理

有载调容变压器的基本设计原理是: 变压器三相高压绕组在大容量时接成三角形(D), 小容量时接成星形(Y)。每相低压绕组由 3 部分组成: 一是少数线匝部分(段); 二是多数线匝线段, 由两组导线并绕而成两部分(、 段)。大容量时 、 段并联再与 段串联, 小容量时 、 、 段全部串联。由大容量调为小容量时, 低压绕组匝数增加, 同时高压绕组变为 Y 接法, 相电压降低, 且匝数增加与电压降低的倍数相当, 可以保证输出电压不变^[5,6]。调容变压器结构原理见图 1。

高压绕组联结方式的改变以及低压绕组并、串联的转换, 均通过控制系统控制有载调容开关自动完成。同时, 大容量调为小容量时, 由于低压匝数的增加, 铁心磁通密度大幅度降低, 使硅钢片单位损耗变小, 空载损耗和空载电流相应降低, 达到了降损节

收稿日期: 2008-10-07; 修回日期: 2009-02-13

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAJ04B06); 国家电网公司科技项目(SGKJ[2007]82)。

作者简介: 王金丽(1972), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力系统节能技术、电网经济运行及电能质量等方面的研究。

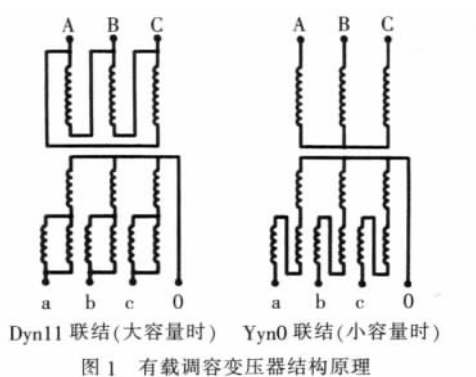


图1 有载调容变压器结构原理

能的目的,比较适宜在我国广大农村电网中应用,发挥其节能降损的突出技术优势。

2 综合经济性分析

2.1 年运行费用及投资回收年限

$$C_y = [8\ 600 \times (P_0 + 0.05 \times I_0 \times S_N / 100) +$$

$$2\ 200 \times (P_k + 0.05 \times U_k \times S_N / 100)] \times 0.5 \quad (1)$$

式(1)中, C_y 为变压器年运行费用,元; P_0 为空载损耗,kW; P_k 为负载损耗,kW; S_N 为额定容量,kV·A; U_k 为短路阻抗百分数,%; I_0 为空载电流百分数,%;0.5为电价,元/(kW·h);8 600、2 200分别为变压器全年空载、等效满载(负载系数0.5)小时数,h^[7,8]。

根据公式(1)及相关的性能指标,对SZ11-T型三相油浸式有载调容配电变压器与S11型普通三相油浸式配电变压器的年运行成本进行计算,假定有载调容变压器一年中有3个月大容量方式运行,9个月小容量方式运行,依据配电变压器相应技术参数进行计算,具体见表1。多投资静态回收年限情况见表2。

SZ11-T型调容配电变压器与S11型配电变压器相比,年运行费用平均约降低51%,SZ11-T型调容配电变压器相对S11型配电变压器多投资静态回

表1 SZ11-T型调容配电变压器与S11型配电变压器年运行费用比较

额定容量/(kV·A)	SZ11-T型有载调容变压器年运行费用/元	额定容量/(kV·A)	S11型变压器年运行费用/元	SZ11-T型有载调容变压器年运行费用降低/元	SZ11-T型调容变压器年运行费用降低/%
160(50)	2 289	160	4 647	2 358	51
200(63)	2 710	200	5 550	2 840	51
250(80)	3 227	250	6 543	3 316	51
315(100)	3 816	315	7 918	4 102	52
400(125)	4 588	400	9 531	4 943	52
500(160)	5 497	500	11 265	5 768	51
630(200)	6 608	630	13 352	6 744	51

表2 SZ11-T型调容配电变压器比S11型配电变压器多投资回收年限

静态投资回收年限	不同容量等级下静态回收年限						
	160(50)	200(63)	250(80)	315(100)	400(125)	500(160)	630(200)
SZ11-T与S11相比	4.6	4.6	4.4	4.0	4.3	4.0	4.3

收年限平均为4.3年。

2.2 总拥有费用(TOC)比较

国际上有许多评价变压器能效的方法,所有的方法都要求比较变压器价格及其损耗费用。美国在20世纪70年代后,由于能源价格的攀升,许多电力公司开始要求所设计的变压器应具有最低的服务年限费用,由此产生了总拥有费用TOC法。TOC法在美国于1981年发展成TOC工业标准^[7,8]。

TOC法总和了变压器的初始费用和等价现值的损耗费用,表达所购变压器全面的综合费用。TOC法通过比较具有不同效率水平和不同价格的变压器的总拥有费用,按照总拥有费用最低来选择变压器的效率水平。TOC计算公式为

$$TOC = C + A \cdot N_L + B \cdot L_L \quad (2)$$

式(2)中, N_L 为变压器额定空载损耗或铁损,W; L_L 为变压器额定负载损耗或铜损,W; A 为变压器寿命期间空载损耗每W的资本费用,元/W; B 为变压器寿

命期间负载损耗每W的资本费用,元/W; C 为变压器初始费用,方案对比时可只用其设备价格,元。

各国损耗费用见表3。根据表3中每瓦空载损耗和负载损耗的费用,采用国际评价方法对SZ11-T型有载调容配电变压器与S11型普通配电变压器在20年使用寿命期内的总拥有费用进行比较分析,具体见表4。

表3 各国损耗费用

国家	每W的空载损耗费用A	每W的负载损耗费用B
比利时、荷兰	4.00 欧元/W	1.20 欧元/W
德国	11.30 美元/W	4.00 美元/W
瑞典	4.00 美元/W	0.50 美元/W
美国	4.76 美元/W	1.15 美元/W
中国	48.70 元/W	20.50 元/W

由表4和图2可以看出,SZ11-T型有载调容配电变压器与S11型配电变压器相比在20年使用寿命期内的总拥有费用明显减少,平均降低可达23.11%。

表4 SZ11-T型有载调容配电变压器与S11型普通配电变压器总拥有费用比较

额定容量/(kV·A)	SZ11-T型有载调容变压器总拥有费用/元	额定容量/(kV·A)	S11型变压器总拥有费用/元	SZ11-T型有载调容变压器总拥有费用降低/元	SZ11-T型调容变压器年运行费用降低/%
160(50)	95 766.93	160	122 988.2	27 221.27	22.13
200(63)	113 926.97	200	146 623.0	32 696.03	22.30
250(80)	132 844.15	250	171 735.0	38 890.85	22.65
315(100)	154 666.18	315	204 297.7	49 631.52	24.29
400(125)	191 333.88	400	250 723.0	59 389.12	23.69
500(160)	221 958.65	500	291 741.0	69 782.35	23.92
630(200)	273 374.65	630	354 093.6	80 718.95	22.80

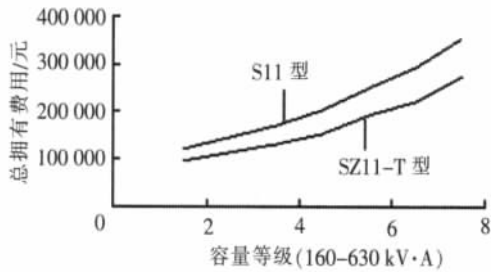


图2 SZ11-T型有载调容配电变压器与S11型普通变压器总拥有费用比较

2.3 应用分析

2.3.1 造价降低

两台S11型子母变(一台容量为100 kV·A;一台为250 kV·A)改为一台SZ11-T-315(100)有载调容变压器,变压器购置费可节约5 200元,安装费(含辅材)可节约2 000元,可节约一面JP柜费用约5 500元,其它费用1 000元。4项费用总计约节省13 700元。

2.3.2 年运行成本下降可观

SZ11-T型有载调容变压器与S11型配电变压器相比,年运行费用平均降低51%;SZ11-T型有载调容变压器相对S11型配电变压器多投资静态回收期平均为4.3年,以后每年所节省的运行费用则为纯收益。

2.3.3 技术指标优于普通配变

SZ11-T型有载调容变压器与S11型普通配电变压器相比,在20年使用寿命期内的总拥有费用也明显减少,平均降低百分比为23.11%。

2.3.4 工作量减少,年维护费用降低

与传统的母子变相比建设周期缩短,运行维护工作量明显减少,年维护费用可显著降低。

3 有载调容变压器应用方案

根据我国农网实际情况,10 kV配电变压器可分为专用配电变压器(以下简称专变)和公用配电变压器(以下简称公变),相应的有载调容变压器应用可以有两种不同的方案设计。专变一般在高压侧装设测量和计量装置(如PT和CT),而公变一般测量和计量装置均装设在配电变压器低压侧,针对配电

变压器现场装设情况,为了不附加建设成本,可充分利用已有测量和计量装置进行模拟信号实时采集,具体应用方案见图3(a)、(b)。

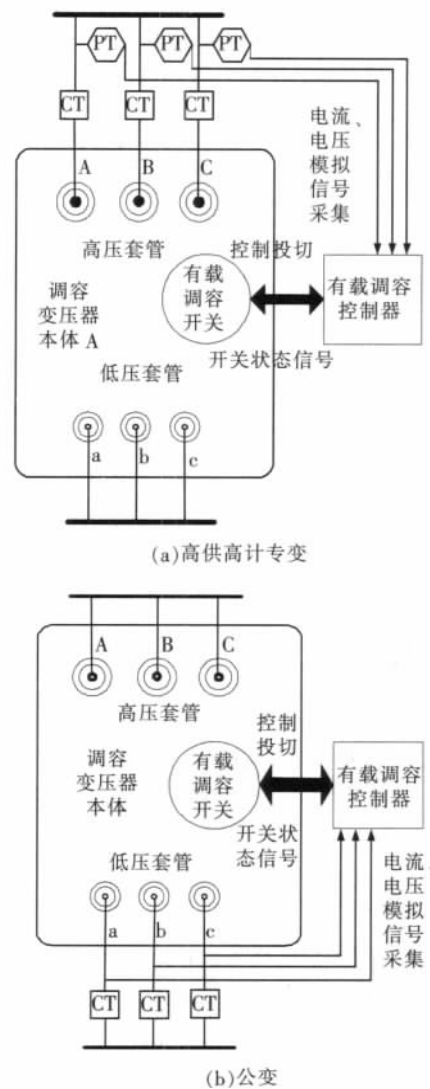


图3 有载调容变压器(高供高计专变、公变)应用方案

有载调容变压器在运行中根据电网中的实际负荷大小,自动进行大、小容量转换,若根据大容量配置计量用电流互感器,如果计量用电流互感器动态范围小,在小容量方式下工作时就会造成测量不准,而且经分析和计算,现有的电流互感器的闭合铁心会由于电流的非周期分量作用而饱和,因此导磁率

急剧下降,使电流互感器的误差在过渡过程中增大到不能允许的程度,当电流互感器铁心中有剩磁通,且这一剩磁通与励磁电流非周期分量的磁通方向一致时,产生的误差特别大。

一般来说,0.2S级及以上的电流互感器配套0.5S级及以上的电子式电能计量表,基本上能满足大小负载情况下动态计量范围和计量精度要求。另外,目前有一种复合变比电流互感器自动转换计量装置,是与复合变比电流互感器配套使用的一种智能化自动转换大小变比的计量装置。由于它可自动转换电流互感器变比,从而拓宽了电流互感器的计量范围,保证了从小电流到大电流的计量精度,非常适用于用电负荷较大和用电负荷变化大及季节性用电情况使用,能有效防止低负荷或超负荷时计量不准的问题。假如不过于考虑建设成本,采用该类装置配套应用,可有效提高有载调容变压器的电能计量精度。

4 结语

有载调容变压器是一种新技术节能型配电变压器,克服了无载调容变压器不能根据实际负荷大小调节变压器运行容量方式的固有缺陷,扩大了适用范围。通过对有载调容变压器与普通配电变压器的

综合经济性比较和应用分析,验证了有载调容变压器应用的可行性和突出的节能优势。随着配电变压器有载调容技术的逐渐成熟,有载调容配电变压器在用电负荷昼夜变化显著的台区,尤其在季节性负荷较强的农村电网将具有较为广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 王金丽,王星,徐腊元. 电容变压器的研制[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(22): 91-93.
- [2] 姚志松,姚磊. 新型配电变压器结构、原理和应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [3] 孙成宝,金哲. 现代节电技术与节电工程[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2005.
- [4] 魏晓峰. 论10 kV调容变压器在农村配电网中的应用[C]// 华东六省一市电机(电力)工程学会输配电技术研讨会 2005年年会论文集, 2005: 90-92.
- [5] 陈玉国,马效坤,崔建江. S11调容变压器[J]. 农村电气化, 2003(7): 5-6.
- [6] 陈玉国. 调容配电变压器的原理与性能分析[J]. 变压器, 1998, 35(1): 24-25.
- [7] 郑国培,刘忠,陈星,等. SH15型非晶合金铁心配电变压器的技术经济分析[J]. 变压器, 2005, 42(6): 1-5.
- [8] 茅建华. 非晶合金变压器节能经济效益分析[J]. 上海电力学院学报, 2005, 21(2): 177-180.

(上接第31页)

以光电倍增管作为传感器的检测系统,通过对放电的紫外检测,可以应用于绝缘子污秽和缺陷的评估,变压器局部放电的检测及输电线路和电力电缆的监测等领域,在高压电力设备的放电检测上具有重要的实用意义和广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 张海峰,庞其昌,陈秀春. 高压电晕放电特征及其检测[J]. 电测与仪表, 2006, 43(2): 6-8.
- [2] 王灿林,廖永力,王黎明,等. 电晕紫外光脉冲与电晕电流脉冲相关性研究[J]. 高电压技术, 2007, 33(7): 88-91.
- [3] 李青文,陈涛,汪金刚,等. 紫外脉冲法在特高压放电检测中的应用[J]. 高电压技术, 2006, 32(12): 26-29.
- [4] 何为,陈涛,杨帆,等. 基于紫外脉冲法的绝缘子污秽状态监测[J]. 高电压技术, 2006, 32(10): 39-42.
- [5] 周亮,杨浩,何为,等. 高压绝缘子紫外在线检测器的

- 研制[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(1): 108-113.
- [6] 柳燕. 大气臭氧层、紫外辐射与人类健康[J]. 地球物理学进展, 1998, 13(3): 103-110.
- [7] 陈涛,何为,刘晓明,等. 高压输电线路紫外在线检测系统[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(7): 88-92.
- [8] 陈章其. 用于火焰探测的紫外光敏管[J]. 传感技术学报, 1996, 9(1): 55-59.
- [9] 郑军,陈金祥. 新型紫外微放电监测仪检测绝缘子污秽状况的试验研究[J]. 福建电力与电工, 2006, 26(1): 20-23.
- [10] 何丽玲. 用于探测电致发光的单光子计数器的设计[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学, 2002.
- [11] 傅晨钊,周建国,肖嵘,等. 紫外电晕检测仪检测线路绝缘子的模拟试验[J]. 华东电力, 2005, 33(6): 50-53.
- [12] HAMAMASTU P K K. Electron Tube Center Photomultiplier Tubes[EB/OL]. <http://www.hamamastu.com>, 2003.
- [13] 赵文华,张旭东,姜建国,等. 尖-板电晕放电光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2003, 23(5): 955-957.