

城市轨道交通新型节能配电变压器

胡冰¹ 解晓勇² 刘斌¹

1. 中铁第五勘察设计院集团有限公司 北京 102600;

2. 北京市地铁运营有限公司供电分公司 北京 100000

【摘要】本文结合城市轨道交通供电系统配电变压器负荷率低,空载损耗总量较大的特点,对节能型配电变压器进行研究和讨论,并结合工程应用范例,提出适合工程应用的建议,可供相关工程参考。

【关键词】配电变压器;非晶合金;卷铁心

0 引言

随着我国城市轨道交通的飞速发展,到目前为止,我国已有40座城市开通地铁,其中有13座城市的地铁运营里程超过100km。

城市轨道交通供电系统不仅为城市轨道交通车辆提供牵引用电,而且还为保障城市轨道交通运营服务的其他设备设施提供辅助用电,例如:通风、动照、通信、信号等。为了实现不同电压等级转换,变压器是不可缺少的装置。

配电变压器将外部引入的城市高压电能降压为可供低压用电负荷使用的低压电能。虽然配电变压器是一种高效率的电器设备,但考虑到变压器的空载损耗和负载损耗,其自身的耗电总量仍然较大。特别在城市轨道交通供电系统中,配电变压器容量普遍偏大,正常运行时,配电变压器负荷率普遍很低,空载运行时间长,所以大力发展可降低空载损耗的节能型配电变压器具有极大的经济和社会效益。

为降低空载损耗,通常采用以下两种途径:

(1)利用新型导磁材料制作铁芯——非晶合金变压器

(2)利用变压器结构和制造工艺的创新——卷铁芯变压器

1 非晶合金变压器



图1 非晶合金变压器

非晶合金材料(又称金属玻璃)是70年代问世的一种新型合金材料,这种材料具有优异的导磁性、耐蚀性、耐磨性、高硬度、高强度、高电阻率等独特的性能。非晶合金变压器是指采用非晶合金材料制造成铁芯的变压器。

1986年,我国成功研制第一台非晶合金配电变压器,经过三十多年对非晶合金变压器各项数据进行跟踪检测,证明非晶合金变压器确实具备比较稳定的空载特性。现阶段国内厂家已具备生产各种型号非晶合金变压器的能力,例如:顺特电气、江苏华鹏、特变电工、海南金盘电气、天威保变等变压器厂家生产的非晶合金变压器均通过了各项国家级试验,实现了非晶合金变压器设备完全国产化。目前,北京地铁多条线路采用非晶合金变压器,例如:北京地铁7、14、16号线(已运营)、北京地铁12、17、19号线(新线拟采用)。

2 卷铁芯变压器

卷铁芯变压器是一种以卷绕成型的铁心为磁路的节能型变压器,它创造性地改革了传统变压器的叠片式磁路结构和三相布局。

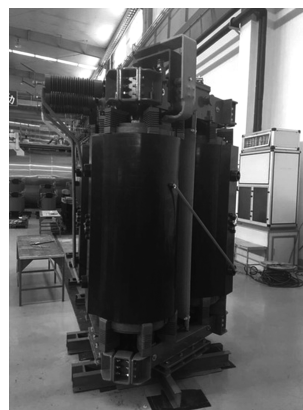


图2 卷铁芯变压器

我国卷铁芯变压器是在 20 世纪 90 年代后期消化吸收日本、瑞典等国家卷铁芯配电变生产技术上发展起来的。经过二十多年的不断探索和发展,现阶段国内常州太平洋、保变等变压器厂家具备了生产卷铁芯配电变压器的能力,生产的产品也都通过了国家级各项试验,在产品选用方面可以完全达到设备国产化。目前,常州太平洋生产的卷铁芯配电变压器已与深圳地铁签订挂网协议;同时与北京地铁签订了采购合同,打算用于北京地铁一号线供电系统改造工程。

由此可见,非晶合金变压器和卷铁芯变压器分别代表了我国新型节能配电变压器发展的两个方向。

3 特性分析

3.1 非晶合金变压器的特点

3.1.1 非晶合金材料的特性

非晶合金材料的特性主要有如下几点:

(1)非晶合金带厚度薄,达 0.03mm,填充系数低;

(2)电阻率高,为硅钢片的 3~6 倍,可大大降低涡流损耗;

(3)材料硬度大,加工难度高;

(4)非晶合金的单位铁损值低,与同等传统硅钢片变压器相比,空载损耗降低了 70%~80%;

3.1.2 非晶合金变压器成品的特性

非晶合金变压器的铁芯由非晶合金带材卷制而成。基于非晶合金材料的特性,变压器采用矩形截面、四框五柱结构。

优点:

(1)非晶合金变压器采用全密封式结构,可延缓变压器绝缘纸的老化;

(2)结构紧凑,具有运行效率高、免维护的特点;

(3)损耗低,与传统硅钢片变压器相比,空载损耗低 70%~80%左右,空载电流下降约 40%。

缺点:

(1)由于非晶合金材料硬度大,非晶合金变压器铁心均采用矩形,对应的高低压绕组也只能采用矩形,矩形绕组受力不及圆形绕组均匀,承受短路电动后绕组容易变形;

(2)由于非晶合金带材的固有特性,材料噪音极难控制,与传统硅钢片变压器相比噪声较大。但经

过增加减振措施等,其噪声与传统硅钢片变压器相近且低于规范规定噪声水平;

(3)非晶合金材料来源单一,仅由日立金属等少数几家公司提供。

3.2 卷铁芯变压器的特点

卷铁芯变压器的铁芯是用不同宽度的硅钢片自内向外连续卷绕而成,故称为卷铁芯变压器。

优点:

(1)卷绕紧密且无缝,整个铁芯的磁化方向与硅钢片轧制方向完全一致,空载电流小,磁阻小,无缝隙处磁通密度畸变现象,空载损耗降低 40%左右。

(2)立体卷铁心硅钢料卷绕紧密,不易产生振动,连续卷绕无缝,不存在间断处磁通密度畸变现象,比传统的变压器噪声降低 7~10dB。

(3)立体卷铁心三心柱呈等边三角形排列,三心柱磁路长度一致,三相磁路平衡,三心柱空载电流小且相等,铁心中磁通和二次感应电压波形均为正弦波,无三次谐波产生,保证波形质量。

(4)立体三角形结构铁心,刚性好,四周及中央均设置拉螺杆,夹件与上下铁轭绝缘及层压木块构成一体,有效压紧和支撑线圈,提高了变压器抗短路能力。

缺点:

(1)与传统硅钢片变压器相比空载损耗明显降低,但不及非晶合金变压器。

(2)目前,国内卷铁芯变压器生产厂商较少,暂未有开通线路应用先例。

性能对比

针对北京市常用 10kV 配电变压器,表 1 列出了国标规定的损耗及国内某厂家的非晶合金配电变压器和卷铁心配电变压器的空载损耗和负载损耗。表 2 针对两种节能变压器的主要性能行了对比。

表 1 配电变压器的空载及负载性能比表

型式	容量 (kVA)	空载损耗 (W)	空载电流 (%)	负载损耗 (W)
国标	1000	1770	0.85	8130
传统变压器	1000	1600	0.6	7510
非晶合金变压器	1000	550	0.4	8100
卷铁芯变压器	1000	980	0.5	7100

表 2 两种节能变压主要性能对比

	非晶合金变压器	卷铁心变压器
空载损耗	很低	较低
空载性能稳定性	随时间衰减	稳定

续表

	非晶合金变压器	卷铁心变压器
噪声	噪声大,难控制	超低静音
电磁性能	磁路不对称、空载电流不平衡,谐波大	磁路完全对称,空载电流平衡,谐波小
铁心和线圈结构 抗突发短路能力	易“崩片”掉落影响绝缘,悬挂铁心结构,矩形线圈承重,抗短路能力差	整体铁心为固定载体,无应力集中的圆形线圈受力均匀,抗突发短路能力强
材料	来源单一,加工难度大	来源多渠道,可按要求尺寸剪切

从以上两张表可以看出:

(1)两种节能型配电变压器与传统变压器的负载损耗均相差不大,而空载损耗均低于传统变压器;非晶合金变压器的空载损耗相比卷铁心变压器更小。

(2)由于铁芯材料原因,卷铁心变压器的空载性能稳定性要优于非晶合金变压器,且噪声水平较低。

(3)由于卷铁心变压器磁路完全对称,其电磁性能优于非晶合金变压器,空载电流平衡,谐波小。

(4)由于铁心材料和线圈结构的原因,非晶合金变压器抗短路能力差,而卷铁心变压器抗短路能力强。

综上所述:卷铁芯变压器除空载损耗高于非晶合金变压器外,克服了非晶合金变压器机械强度低、抗短路能力差、长时空载损耗回升、噪音水平高等缺陷。

4 北京地铁应用分析

4.1 配电系统运行现状

城市轨道交通配电变压器运行具有自身的特点,城市轨道交通用电设备由多系统、多专业组成,这些系统的运行模式与一般工业、民用用电设备不同。这些设备的运行模式复杂,在配变压器容量选型时,不仅要考虑正常运行方式,还需要考虑一台配电变压器退出,另外一台配电变压器负担供电范围内的一、二级负荷的供电。因此,配电变压器正常运行时,负载率偏低,而当夜间停运时,负荷率会更低。配电变压器带负荷运行时,包含空载损耗和负载损耗。负载损耗与变压负载率成正比,正常运行时,负载损耗是主要损耗,夜间停运时,空载损耗是主要损耗,空载损耗不变。

基于以上情况,若采用空载损耗低的节能变压器,产生的节能效果将非常显著。目前,北京地铁已开通运营的7号线、14号线、16号线等工程均已采用了非晶合金变压器,其节能效果显著,北京地铁尚无卷铁芯变压器应用实例,但少数厂家已具备生产

能力,常州太平常已在北京地铁1号线改造工程签订了采购合同。

4.2 采用节能变压器的经济效益

下面以地铁中常用的容量为1000kVA的传统变压器与节能变压器,进行经济效益分析。

传统硅钢片变压器与节能变压器相比空载损耗较大。根据目前变压器中标价格,传统硅钢片变压器约20万元/台,非晶合金变压器约27万元/台,卷铁芯变压器约24万元/台。经计算,非晶合金变压器年节约电费0.73万元,卷铁芯变压器年节约电费0.43万元。

可见,不出10年就可以享受到节能变压器低损耗所带来的经济效益,而地铁变压器的设计寿命一般为30年,一条地铁线的变压器数量一般有几十台,这样计算下来将很可观的经济效益。值得说明的是,卷铁芯变压器价格高的原因在于其现阶段生产厂商较少,但其生产成本并不比传统变压器高,所以随着技术和市场的不断成熟,其价格将降进一步降低。

5 结论与建议

通过以上分析可知,非晶合金及卷铁芯变压器与传统变压器相比空载损耗均大幅度降低,均能适应城市轨道交通配电系统的负荷特点,取得较好的节能效果。

但就非晶合金变压器和卷铁芯变压器的选择而言,主要分析如下:

从技术角度分析,卷铁芯变压器除空载损耗高于非晶合金变压器外,克服了非晶合金变压器机械强度低、抗短路能力差、长时空载损耗回升、噪音水平高等缺陷。

从经济角度分析,卷铁芯变压器比于非晶合金变压器更具有价格优势。

建议新线建设过程中,密切关注卷铁芯配电变压器的技术发展和应用情况。

【参考文献】

- [1]陈乙媚《一种非晶合金铁心的配电变压器》电气制造,2011年3月.
- [2]史盛《节能型卷铁芯干式配电变压器》电网技术,2005年9月.
- [3]许凯旋 郭献清 梁雅仲《立体卷铁芯配电变压器节能技术》电网技术,2014年7月.