

# 变压器节能与安全运行方式的分析与选择

贾世明

中车株洲电机有限公司, 湖南 衡阳 421200

**[摘要]**随着电力系统持续朝着高效、智能以及安全的方向推进发展, 变压器身为输配电系统里极为关键的设备, 对其运行方式进行优化已然成为实现节能降耗并且保障运行安全的一项重要途径。从变压器运行方式的各类分类及其所具备的特性方面着手出发, 对不同运行方式给能耗与损耗带来的影响机制展开了一番较为细致的剖析, 并且综合考量安全运行当中的诸多关键要素, 进而提出了多种多样的优化运行策略。科学合理地选择运行方式, 不但能够使能耗得以降低, 还能让设备的使用寿命得到延长, 而且可切实有效地提高系统的运行稳定性以及安全程度。最终在对多种运行方式加以对比分析的过程当中, 明确指出智能化、动态化的管理模式将会是未来变压器运行优化所着重发展的主要方向。

**[关键词]**变压器运行方式; 节能优化; 安全运行; 能耗分析

DOI: 10.33142/hst.v8i6.16895

中图分类号: TM421

文献标识码: A

## Analysis and Selection of Energy-saving and Safe Operation Modes for Transformers

JIA Shiming

CRRC Zhuzhou Electric Machinery Co., Ltd., Hengyang, Hunan, 421200, China

**Abstract:** With the continuous development of the power system towards high efficiency, intelligence, and safety, transformers, as extremely critical equipment in the transmission and distribution system, optimizing their operation mode has become an important way to achieve energy conservation, reduce consumption, and ensure operational safety. Starting from the various classifications of transformer operation modes and their characteristics, a detailed analysis was conducted on the impact mechanism of different operation modes on energy consumption and losses, and various optimization operation strategies were proposed by comprehensively considering the many key elements in safe operation. Scientifically and reasonably selecting the operating mode can not only reduce energy consumption, but also extend the service life of equipment, and effectively improve the stability and safety of the system operation. In the process of comparing and analyzing multiple operating modes, it is clearly pointed out that intelligent and dynamic management mode will be the main direction for the future optimization of transformer operation.

**Keywords:** operation mode of transformer; energy-saving optimization; safe operation; energy consumption analysis

### 引言

随着能源结构不断调整以及电网智能化程度持续提升, 变压器在节能方面以及安全运行方面所存在的问题, 逐渐受到了越来越多的关注。传统的运行管理模式, 已经没法契合当下电力系统对于高效运行、安全运行以及低碳运行这些方面的要求了, 迫切需要借助科学合理的运行方式方面的优化举措, 达成对能耗以及运行风险这两方面的有效把控。特别是在电网负荷常常出现变化且变化频次较高、用户的需求也呈现出多样化特点这样的大背景之下, 怎样依据实际的运行状况去挑选出最为契合的变压器运行模式, 这已然成为了提升整体运行效率并且确保系统能够安全稳定运行的关键性研究内容。从运行方式分类、能耗对比以及安全策略等多个不同维度来开展较为系统的相关研究, 以此给推动变压器运行优化给予一定的理论层面的参考依据以及实践操作的具体路径。

### 1 变压器运行方式的分类与特性分析

#### 1.1 常见运行方式类型

变压器的运行方式存在诸多类型, 像单台独立运行、

多台并联运行、轮换运行以及分时运行等等。单台运行这种方式比较适合负荷相对较小或者设备冗余度不高的情况, 它的运行操作较为简单, 管理方面所花费的成本也较低, 然而灵活性欠缺一些。并联运行是借助多台变压器一起来承担负载, 如此一来, 既能提高系统供电的可靠性, 又方便在负荷出现波动的时候达成动态负载的均衡状态。轮换运行通常是为了延长设备的使用寿命而采用的一种方式, 通过轮流来分配各变压器的运行时间, 以此来减少某一变压器因长时间处于高负载运行状态而产生的损耗以及老化的程度。分时运行则是要结合负荷曲线, 在用电高峰时段和低谷时段去切换设备的运行状态, 从而能够适应负载的变化情况并且提升能源的利用效率。

#### 1.2 不同运行方式的技术特性与适用条件

各类运行方式在技术特性方面有着较为明显的区别。单台运行的方式, 其结构相对简单, 比较适宜于那种运行环境较为稳定、负荷变化幅度较小的场合。而并联运行这种方式, 它所具备的调节能力是比较强的, 并且还有着不错的负载冗余性, 所以更适合在大功率供电系统当中运用,

或者是在那些对可靠性要求颇高的场合使用。轮换运行这种方式,则是需要依靠良好的监控系统以及周密的运行计划来支撑的,它比较适用于那种拥有两台或者两台以上冗余设备的配电场景。至于分时运行这种方式,是需要具备高精度的负荷预测以及自动化控制系统才行的,目前在工业领域里,尤其是在那些峰谷负荷差异比较显著的地区,它的应用范围是很广泛的。从整体的角度来讲,在选择运行方式的时候,是需要综合地去考量负荷类型、变压器容量、系统的冗余度以及经济性和安全性等方面的要求的。

### 1.3 运行方式对节能与安全运行的影响机理

运行方式存在差异,这将会对变压器的能耗状况以及运行安全性产生直接的影响。要是长时间处于高负荷的状态下运行,那么铜损以及铁损就会有所增加,并且设备老化的速度也会加快。倘若能够做到合理的负荷分配,同时采用并联的方式去运行,如此一来便可以有效地减轻单台变压器在工作过程中所面临的压力,进而达成能量损耗方面的均衡状态以及实现对其的优化。与此要是运行方式不够合理的话,那么就有可能引发诸如电压出现波动、发生过载或者短路等一系列的问题,这些情况无疑会对系统的稳定运行造成影响。所以说,科学地去选择运行方式,一方面能够实现节能的目标,另一方面更是确保电力系统能够安全且可靠地运行的关键前提所在。

## 2 不同运行方式下的能耗与损耗对比分析

### 2.1 空载损耗与负载损耗计算方法

变压器的损耗其实是有两大部分的,其一是空载损耗,其二是负载损耗。空载损耗还有另外一个名字叫做铁损,它主要是出现在励磁电流起作用的时候,而且和电压以及铁芯结构有着十分密切的关联,基本上是不会随着负载情况的变化而有所改变的。而负载损耗又被称为铜损,它是和通过绕组的电流呈现出平方的关系的,并且会随着负荷的变动而发生相应的变化。一般而言,空载损耗能够凭借在额定电压条件下的测量所得到的数值来获取,然而负载损耗就需要依据负载电流、绕组电阻以及负荷率等诸多参数来进行综合性的计算了。对运行方式进行优化,说到底就是在不同的负荷条件之下对这两类损耗加以平衡,进而实现节能这样一个目的。

### 2.2 有功与无功损耗的评估

在实际运行期间,除了要考量空载以及负载所造成的损耗之外,还得对有功损耗还有无功损耗加以评估。有功损耗是以热能这种形式来呈现电能的消耗情况的,它会直接引发能源方面的浪费。而无功损耗虽说并不会转化成热能,然而它能够使得系统电流有所增加,让线路负载进一步加剧,并且还会引起电压出现波动的现象。不同的运行方式会让变压器的无功输出能力产生变化,而这又会对系统的无功功率平衡以及电能质量带来影响。所以,在开展节能评估工作的过程中,需要将变压器的有功损耗与无功

损耗综合起来进行分析,从而确定出最为理想的运行方式。

### 2.3 电流、电压与负载率的影响因素

电流以及电压所发生的种种变化,对于变压器在实际运行过程中的状态而言,会产生颇为重要的影响。负载率属于评估变压器运行效率时的一项关键指标,倘若其过低,那么空载损耗所占的比例便会变得过大。电压一旦过高,那么空载损耗也会随之提升起来;而电流要是过大的话,那么负载损耗以及绕组发热的程度均会有所增大。所以说,在针对运行方式进行选择的时候,得依据实时的电流状况、电压情况以及负载率的实际状态来动态地去调整相应的运行策略,从而达成经济运行和安全运行二者之间的平衡状态。

### 2.4 总能耗比较与节能潜力评估

对各类变压器在不同运行状态下的空载损耗、负载损耗以及系统整体有功、无功功率的变化加以综合分析,并且进行量化汇总,便能够较为精确地对其在各种工况之下的总能耗水平予以评估。空载损耗主要是由铁芯的磁滞以及涡流损失所造成的,基本上不会随着负荷的变化而变化。然而负载损耗却和负载电流的平方呈正比关系,会受到负荷波动的影响。所以,在实际运行期间,倘若采用合理的并联运行、轮换运行或者分时运行等相关策略,尤其在负荷变化比较频繁的场合,比如城市配电网、工业园区还有商业综合体等地方,就能够有效地减少整体运行过程中的损耗总量,提升变压器的能效比。特别是当电力负荷呈现出十分明显的“峰—谷”特点的时候,合理运用动态调控的分时运行方式,借助在低谷时段进行合并运行、在高峰时段均衡负荷这样的办法,不但能够削减低效率运行所产生的能耗浪费,而且还可以延长设备的使用寿命,进一步减少运行维护的成本。把历史运行数据以及实时监测信息综合起来开展的总能耗评估工作,既能够为运行策略的科学优化给予可靠的决策依据,又能够为节能改造项目的经济性论证以及能效管理提供强有力的支撑,属于达成电力系统节能降耗目标的一项重要技术途径。

### 2.5 节能型变压器与智能运行技术应用

近些年,节能型变压器像是S11、S13型号这些,因为它们空载和负载损耗都比较低,所以在各种各样的供电系统当中得到了相当广泛的推广以及应用。这类变压器是通过运用具有高导磁性能的硅钢片,还有低损耗的铁芯材料,并且结合优化后的绕组结构以及油路系统的设计方式,在确保电气性能保持稳定的情况下,切实有效地把运行过程中出现的能量损耗给降低了。尤其是在处于轻负载或者间歇性负载这样的运行工况之下,它所呈现出的节能效果更是格外明显。伴随智能电网技术持续不断地向前发展,智能监控以及运行调控系统也逐渐开始融入到现代的变压器里面了,进而达成了像运行状态的实时采集、负荷变化趋势的预测、无功功率的自动补偿、故障诊断的预警以

及多个变压器之间的自动切换等一系列的一体化智能管理功能。借助对电压、电流、温度、油位、功率因数等等这些关键的运行参数展开动态的监测,智能系统能够依照预先设定好的策略来自动地去调整运行的方式,从而避免出现长时间处于轻载状态并且损耗较高的那种运行情况,既有效延长了设备的使用寿命,又大幅提升了变压器的整体运行效率以及能源的利用水平,这已然成为了当下变配电系统节能升级的一个极为重要的发展方向。

### 3 运行安全性与优化策略分析

#### 3.1 短路电流对变压器运行安全的影响

短路故障属于变压器在运行进程里最为常见并且极为危险的一种异常状况。当短路电流流经变压器绕组之际,会生成大量的热能以及电动力。要是没能及时对故障电流予以切除,那么便极有可能致使出现绝缘击穿、线圈发生变形乃至设备被烧毁等诸多严重的后果。不同的运行方式对于短路电流的承载能力有着明显的影响,就好比并联运行能够对故障电流起到分担的作用,进而使得单台设备遭受损害的风险得以降低<sup>[1]</sup>。所以说,针对运行方式进行优化的时候,务必要全面且细致地考量系统的短路能力以及保护方面的配合事宜。

#### 3.2 热稳定、电动稳定与保护配置

变压器于长时间的运行进程当中,务必要维持不错的热稳定状态以及电动稳定状况,要尽力防止因温升情况或者电动力缘故致使设备遭受损坏。对保护装置予以合理的配置,像过载保护、温度控制还有差动保护等,这在保障其安全运行方面是极为关键的<sup>[2]</sup>。并且,在不同的运行方式之下,负荷分布会存在差异,所以对于保护参数的设置同样需要做出与之相应的调整。凭借着建立起多级的保护机制,能够保证在故障出现初期便能及时作出响应,进而最大限度地减少设备受到的损伤以及系统的风险。

#### 3.3 节能与安全的运行模式协同优化

节能和安全在变压器运行管理方面常常存在着一定矛盾。节能运行模式着重于在能够满足负载需求的基础之上达成高效且能耗低的运行状况,其更偏向于借助诸如降低负荷、对运行时间段予以优化以及削减备用容量等办法来降低能耗。然而安全运行模式则把关注点更多地放在了系统的稳定性以及冗余配置上,强调在出现极端负载或者突发故障的情形下要拥有足够的运行裕度以及抗风险的能力<sup>[3]</sup>。所以,在实际的操作运用当中,这两个方面需要依靠协同优化的策略来达成平衡,而其中的关键点就在于在不会使系统安全水准降低的情况下达成节能的目的。此过程得综合考量像负荷波动的具体特性、变压器的老化实际状态、短路电流所能承受的能力、运行风险所处的等级以及设备剩余的容量等诸多因素,并且要联合历史能耗方面的数据以及实时运行的相关信息,凭借多目标优化的模型以及智能调度的算法,去制定出那种能够动态调节的

运行方案。通过设定合理的运行阈值、采用分级的管理模式以及实施柔性切换的策略,便能够在不同的负荷情境之下实现安全性与节能性最为理想的匹配,进而切实有效地提升供电系统整体的运行品质、经济方面的效益以及绿色运行的水准。

#### 3.4 智能监测与运行管理策略

现代电力系统对变压器运行的安全性和效率提出了更高的要求,传统依靠人工巡检以及定期维护的方式已经很难满足高效、精准且实时管理的需求了。于是,智能监测与运行管理系统就诞生了,它成为了提高电力设备智能化程度的重要支撑。该系统以先进的传感器技术作为基础,结合高带宽且高可靠性的通信网络,能够实现对变压器绕组温度、油温、负载电流、电压波动、有功无功功率、功率因数以及谐波水平等关键运行参数进行全天候的实时采集,并且借助边缘计算与云平台协同处理来达成快速响应的效果。凭借大数据分析技术以及机器学习算法,系统不但可以精准地判断设备的运行状态与健康状况,而且能够开展趋势预测与风险评估,识别出绝缘老化、过载隐患、局部放电等潜在故障因素。在此基础之上,智能系统可以根据预设的规则或者优化模型自动调节运行方式,像是优化变压器并联运行策略、动态切换负载、调整无功补偿策略等等,进而实现远程控制、预防性维护以及故障自诊断。通过智能监测与运行管理的紧密结合,既提高了变压器系统的安全性与可靠性,也明显提升了其运行效率与管理水平,为达成配电系统的智能化与绿色低碳目标给予了强有力的支撑。

### 4 结语

变压器在电力系统里属于核心设备范畴,其运行方式若能科学地加以选择并予以优化,那么这不但会对能耗水平产生直接的影响,而且对于整个系统的安全稳定状况同样有着十分密切的关系。经过针对运行方式进行分类、能耗展开对比以及安全策略展开相关研究之后,本文找出了不少能够适应不同运行条件的优化路径。在未来,随着智能电网以及数字化调度系统持续向前推进,在这样的大背景之下,那种具备智能化特点且是动态化的运行管理模式将会成为提高变压器运行效率以及保障其安全性的极为关键的手段。

#### [参考文献]

- [1]郭忠华,许猛.变压器节能与安全运行方式的分析与选择[J].资源节约与环保,2020(10):1-2.
  - [2]周文琪.节能技术在电力变压器设计中的应用[J].电子技术,2022,51(9):312-313.
  - [3]邱必宝,宋新勇.变压器经济运行及节能潜力分析[J].科技风,2022(2):109-111.
- 作者简介:贾世明(1985.5—),毕业院校:湘潭大学,所学专业:过程装备与控制工程,当前就职单位:中车株洲电机有限公司,职务:长期从事输变电行业技术研发、高压试验和管理工作的,职称级别:中级工程师。