

# 配电网变压器选型配置与节能降耗运行管理措施研究

刘 忠

国网四川雅安电力(集团)股份有限公司名山区供电公司 四川 雅安 625100

**【摘要】**：配电网是电力系统中连接电源和用户的环节，变压器是配电网的主要设备，配电网变压器选型配置是否合理、运行管理水平如何，都会影响到配电网供电可靠、经济、节能。本文根据配电网运行实际情况，分析变压器选型配置的主要影响因素，研究科学的选型配置方法，提出有针对性的节能降耗运行管理措施。本文研究结果说明合理选型、精细管理相配合，可使变压器电能损耗降低，配电网运行效益得到提高，对实现“双碳”目标起到一定的促进作用。

**【关键词】**：配电网；变压器；选型配置；节能降耗；运行管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.012

## 引言

电力行业属于能源消耗的主要领域，配电网是电力传输的最后一公里，配电网运行效率同能源利用水平、碳排放控制密切相关。本文主要研究配电网变压器选型配置及节能降耗运行管理，从分析变压器选型配置影响因素入手，提出科学的选型配置原则和方法；再从运行方式优化、维护管理加强等角度出发，提出变压器节能降耗运行管理措施；最后通过实际案例对选型配置和节能管理措施进行验证，为配电网变压器高效运行提供依据。

## 1 选型配置原则

配电网变压器选型配置要遵照“负荷匹配、可靠性第一、节能高效、经济合理、适应发展”准则。负荷匹配要求变压器额定容量与实际负荷相适应，防止出现容量过剩或者不足的情况，可靠性优先要求按照用户负荷等级来选择配置方式，保证供电的稳定性，节能高效要求优先采用节能型变压器，降低运行损耗，经济合理要求综合考虑初始投资、运行成本、维护成本等各方面因素，实现全生命周期效益最大化，适应发展要求预留一定的容量裕量，满足未来负荷增长的需求。

## 2 选型配置步骤

### 2.1 负荷计算

负荷计算为变压器选型打下基础，必须用科学的方法计算供电区域的总负荷。先统计供电区域内的所有用电设备额定功率，根据功率因数计算有功功率，然后根据变压器效率计算视在功率。对于未知设备负荷，用实测法或者参考同类型设备典型值；对于非线性负荷要加上10%的附加损耗，即考虑谐波功率的影响。同时考虑到未来五年到十年的负荷增长，在计算结果的基础上加上10%-20%的裕量，并留出2-3个连接点。

### 2.2 变压器类型选择

根据供电场景、环境条件、负荷特性来选择变压器的种类。户外大容量供电场合优先选用油浸式变压器，室内或者对环境有较高要求的场合优先选用干式变压器，负载率低、节能要求高的地方优先选用非晶合金等节能型变压器。

### 2.3 额定容量确定

额定容量要依照负荷计算结果和裕量要求来决定，还要联系变压器的经济运行范围。变压器在30%到75%的负载率范围内工作效率最高，应该使变压器工作在该范围内。对于负荷波动大的地方可以采用多台变压器并联运行，根据负荷的变化情况来灵活地投入或者切除，从而提高运行效率。不同负荷类型容量选择可以参照如下分级，小型住宅区 $\leq 50\text{kVA}$ ，中型商业负荷 $100-315\text{kVA}$ ，大型工业负荷 $\geq 500\text{kVA}$ 。

### 2.4 技术参数校验

选型之后要对变压器的技术参数进行校验，即电压比、阻抗电压、绝缘水平等要和配电网系统参数相匹配。电压比要和当地电网电压相适应，高压侧一般为 $10\text{kV}$ 或者 $35\text{kV}$ ，低压侧一般为 $0.4\text{kV}$ ，允许偏差 $\pm 2\%$ ；阻抗电压常用4%或者6%，需要根据电网短路阻抗来选择，保证与系统阻抗匹配，减小电压波动；绝缘水平要符合配电网运行的要求，防止绝缘故障的发生。

### 2.5 不同场景选型配置示例

为进一步明确选型配置方法，结合不同供电场景，给出典型选型配置示例，具体如下表所示。

表1 典型选型配置

供电场景	负荷特性	变压器类型	额定容量选择	配置方式
住宅小区 (1000户)	居民负荷，高峰集中在夏季、冬季，负荷波动较大，总负荷约800kW	油浸式非晶合金变压器	预留20%裕量，选择2台500kVA变压器	并联运行，灵活投切
大型商场 (建筑面积2万 $\text{m}^2$ )	商业负荷，高峰集中在营业时段，负荷波动频繁，总负荷约1200kW	干式变压器	预留15%裕量，选择3台500kVA变压器	并联运行，根据负荷调整投切数量

小型加工厂	工业负荷，负荷相对稳定，总负荷约 300kW，无冲击负荷	油浸式变压器	预留 10%裕量，选择 1 台 400kVA 变压器	单台运行，定期监测负荷
医院（一级负荷）	混合负荷，对供电可靠性要求高，总负荷约 600kW	干式节能变压器	预留 20%裕量，选择 2 台 400kVA 变压器	双电源、双变压器，互为备用

### 3 配电网变压器节能降耗运行管理措施

#### 3.1 优化运行方式，降低运行损耗

##### 3.1.1 合理调整负荷分配

变压器运行损耗同负荷率有关，要依照负荷波动规律，恰当调节负荷分配，让变压器处在经济负荷范围之内。对多台变压器并联运行的情况，根据负荷的变化灵活地投切变压器，防止某一台变压器长时间处于轻载或者过载的状态。负荷低谷时段减少投切变压器的数量，在负荷高峰时段增加投切变压器的数量，保证每台变压器的负荷率在 30%-75%之间。同时定期监测三相负荷，调节三相负荷平衡，使不平衡度保持在 15%以内，减小三相不平衡造成的附加损耗。

##### 3.1.2 优化电压调节

保证供电质量的情况下，对变压器运行电压进行调节可以减小空载损耗。油浸式变压器通过调节分接开关来改变绕组匝数，从而改变输出电压；干式变压器采用有载调压方式，根据负荷的变化自动调节电压，使运行状态稳定。合理控制配电网电压水平，防止电压过高、过低造成变压器损耗增加、用户设备损耗增大。

##### 3.1.3 推行经济运行调度

建立变压器经济运行调度机制，根据负荷预测数据来制订科学的运行调度方案。采用智能监测系统对变压器的运行参数进行实时采集，即负荷、电压、电流、损耗等，对变压器的运行状态进行分析，从而达到优化运行调度的目的。对负荷变化大的地方采用削峰填谷的方式调节负荷，减小高峰时段变压器的负荷压力，减少过载损耗；对多台变压器并联运行的情况，计算出各个变压器的经济运行区间，合理分配负荷，达到总损耗最小化的目的。

#### 3.2 强化维护管理，保障高效运行

##### 3.2.1 建立完善的维护台账

建立变压器全生命周期维护台账，对变压器型号、参数、安装时间、维护记录、故障记录等进行详细的记录，从而达到维护管理的规范化、精细化的目的。定期更新整理台账，掌握变压器运行情况，给制定维护计划、排查故障提供依据。建立高耗能变压器台账，准确找出运行超年限、能效不达标变压器，有计划地进行更换升级。

##### 3.2.2 定期开展维护检修

制定定期维护检修计划，按照变压器运行年限、运行状况，进行有针对性的维护检修。定期对变压器油进行检测，及时更换变质的变压器油，清除散热器上的灰尘杂物，保证散热效果，定期清理干式变压器的绕组上的灰尘，检查绝缘性能，防止绝缘老化。同时对变压器的接线端子、分接开关等部件进行定期检查，及时消除松动、发热等故障，防止故障的发生，减少由于故障造成的损耗增大。

##### 3.2.3 加强负荷与损耗监测

安装变压器智能监测装置，对变压器负荷、电压、电流、温度、损耗等运行参数实施实时监测，对运行状况展开实时监视。建立监测数据预警系统，当变压器发生负荷超载、温度过高、损耗不正常等状况的时候，立刻发出预警信号，安排人员开展检查工作。并且定期对监测数据加以分析，归纳变压器运行规律，改善维护计划及运行策略，减小运行损耗。

#### 3.3 推进技术改造，提升节能水平

##### 3.3.1 更换高耗能变压器

对运行时间长、能耗大的老旧变压器进行逐步更新换代，用非晶合金、立体卷铁芯等节能型变压器取代。国网张掖供电公司从 2024 年开始一直开展配变能效提升工程，共更换高耗能变压器 110 台，降低了配网线损率，提高了供电可靠性。更换下来的节能型变压器，空载损耗、负载损耗明显下降，长期运行可以节约大量的电能。

##### 3.3.2 应用先进节能技术

推广应用无功补偿技术，在变压器低压侧装设无功补偿装置，使功率因数达到 0.95 以上，减少无功功率损耗，降低变压器和线路的损耗。同时应用智能冷却技术，对大容量变压器采用自然冷却或者智能风冷系统，根据变压器温度自动调节冷却方式，降低冷却系统的能耗。另外，推广应用谐波治理技术，对谐波污染严重的场合采用滤波措施来减少谐波引起的附加损耗。

#### 3.4 完善管理体系，强化人员培训

##### 3.4.1 建立节能管理责任制

建立健全变压器节能管理责任制，确定各管理部门、各岗位的责任，将节能降耗目标分解到具体的岗位和人员上，并加强考核监督，保证节能措施的落实。另外还要建立节能奖励制度，对在变压器节能降耗工作方面有突出贡献的单位和个人进行奖励，调动工作人员的积极性、主动性。

##### 3.4.2 加强专业人员培训

加强变压器运行、维护、管理专业人员培训工作，提高变压器运行、维护、管理专业人员业务水平。培训内容有变压器选型配置、运行维护、节能技术、故障排查等，定期开展技能

考核,保证工作人员能够熟练掌握变压器相关知识和技能,规范变压器运行维护工作,及时解决运行过程中出现的各种问题,提高变压器运行管理水平。

## 4 案例分析

### 4.1 案例概况

该工业园区配电网共 10kV 变压器 8 台,老旧硅钢变压器有 5 台,运行年限均大于 15 年,空载损耗大、负载损耗大、运行稳定性差。该工业园区主要以工业负荷为主,部分企业存在冲击负荷,总负荷约 3500kW,负荷波动大,高峰负荷出现在工作日白天,低谷负荷出现在夜间和节假日,配电网线损率高,节能降耗要求迫切。

### 4.2 选型配置优化与节能管理措施实施

#### 4.2.1 选型配置优化

根据工业园区负荷特点以及节能要求,更换或者升级改造老旧变压器为非晶合金节能型变压器。根据负荷计算结果,留出 20%的裕量,用 3 台 1250kVA、2 台 800kVA 非晶合金油浸式变压器代替原来的 5 台老旧硅钢变压器,并且采用并联运行的方式,灵活地进行投切来满足负荷的变化。同时对变压器的技术参数进行校验,保证和配电网系统参数相适应,电压比为 10kV/0.4kV,联结组别为 Dyn11,阻抗电压为 6%,满足工业园区供电要求。

#### 4.2.2 节能降耗运行管理措施实施

一是根据负荷变化规律来制定变压器投切计划,在高峰时段投入 5 台变压器,在低谷时段投入 2~3 台变压器,使每台变压器的负荷率保持在 30%~75%之间;另外还要安装无功补偿装置,使功率因数达到 0.96 以上,从而降低无功损耗。二是加强维护管理,建立变压器维护台账,对变压器的油质进行检测,散热器进行清理,绕组进行检查等,每月监测三相负荷,调节负荷平衡,保证变压器正常运行。第三,对变压器采取技术改造措施,即安装智能监测装置,24 小时不间断地对变压器运行参数进行监测,并建立预警系统,对运行异常进行及时处

理。

### 4.3 实施效果分析

选型配置优化与节能管理措施实施后,该工业园区配电网变压器运行状态得到显著改善,节能效果明显。具体实施效果如下表所示。

表 2 具体实施效果

指标	实施前	实施后	改善幅度
变压器总空载损耗 (kW)	45	12	73.3%
变压器总负载损耗 (kW)	180	85	52.8%
配电网线损率 (%)	8.2	4.5	45.1%
年节约电能 (万 kWh)	0	126	—
变压器运行稳定性 (故障次数/年)	8	1	87.5%

由上表可知,实施选型配置优化与节能降耗运行管理措施后,变压器总空载损耗和负载损耗大幅降低,配电网线损率显著下降,每年可节约电能 126 万 kWh,同时变压器运行稳定性明显提升,故障次数大幅减少,实现了经济效益和社会效益的双重提升,验证了本文提出的选型配置方法和节能管理措施的有效性。

## 5 结论

本文围绕配电网变压器选型配置与节能降耗运行管理展开研究,通过分析变压器选型配置的影响因素,提出了科学的选型配置原则和步骤,结合不同场景给出了选型配置示例;同时,从运行方式优化、维护管理强化、技术改造升级、管理体系完善四个方面,提出了针对性的节能降耗运行管理措施。配电网变压器选型配置需综合考虑负荷特性、供电可靠性、环境条件和经济性等因素,遵循负荷匹配、节能高效等原则,通过科学的负荷计算、类型选择、容量确定和参数校验,可实现选型配置的合理性和经济性。

### 参考文献:

- [1] 戴逢哲,姜飞,陈磊,等.计及负荷分布特性与综合功率损耗的配电变压器选型方法[J].高压电器,2025,61(12):72-80.
- [2] 黄剑荣.厦门配电网设备选型的探讨[J].现代信息科技,2019,3(24):39-43.
- [3] 韩天轮,冉纯嘉,毛安家,等.基于电动汽车负荷预测的台区变压器选型策略[J].电力需求侧管理,2019,21(05):46-51.
- [4] 段浩,金东,姬旭东.基于降损理论的配电变压器选型优化方法[J].电力系统及其自动化学报,2015,27(S1):43-47.
- [5] 李存斌,庆格夫,陆龚曙,等.基于全生命周期成本的配电网变压器选型系统动力学模型[J].现代电力,2014,31(03):86-90.