

水利工程变压器容量配置的负载特性分析

王翔宇

宁波市水利水电规划设计研究院有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：水利工程负载特性多样，受设施类型、运行工况及外部环境等因素影响。泵站、水闸、水电站等水利设施负载特性各异，对变压器容量配置提出不同要求。为满足最大负载、适应负载变化并考虑备用容量，需准确评估负载特性，采用灵活变压器配置方案。通过数据分析技术掌握负载变化规律，考虑极端情况负载需求。采用有载调压变压器、双绕组变压器或并列运行方式，结合智能监测与控制技术，实现变压器运行参数的自动调整，提高供电系统可靠性和运行效率。

关键词：水利工程；变压器容量配置；负载特性；分析

引言：水利工程作为水资源开发与管理的核心，其负载特性对系统的运行效率和安全性至关重要。泵站、水闸、水电站等设施各具功能，负载特性各异，受运行工况、设备参数及外部环境等多重因素影响。准确评估这些设施的负载特性，是合理配置变压器容量的基础。为满足最大负载需求、适应负载动态变化并考虑备用容量，必须采取科学的配置策略。本文将探讨基于负载特性的变压器容量配置方法，包括准确评估负载、采用灵活配置方案及结合智能监测技术，旨在为水利工程的安全高效运行提供技术支撑和科学依据。

1 水利工程负载概述

水利工程，作为人类开发、利用和保护水资源的重要手段，涵盖了众多复杂而多样的设施类型，其中泵站、水闸和水电站是最具代表性的几种。这些设施在水利系统的运行中，各自承担着不同的功能和任务，其负载特性也呈现出多样化的特点，对于水利工程的整体运行效率和安全性具有至关重要的影响。（1）泵站，作为水利工程中用于提升水位和输送水资源的关键设施，其负载特性与水泵电机的性能参数紧密相关。水泵电机的功率是决定泵站输水能力的重要因素，它直接影响了泵站能够提升的水量和扬程。同时，泵站的运行时间也是影响其负载的关键因素。在长时间连续运行的情况下，泵站设备可能会因为磨损、疲劳等因素导致性能下降，进而使得负载发生变化。此外，扬程的变化也会对泵站的负载产生影响。当需要提升的水位高度增加时，泵站的负载也会相应增加。因此，对泵站负载的监测和调控需要综合考虑水泵电机的功率、运行时间以及扬程等多个因素。（2）水闸，作为水利工程中用于控制水流的重要设施，其负载特性具有显著的间歇性。水闸在开启和关闭的过程中，需要动力设备提供驱动力，这个过程中

的负载变化较大。当水闸开启时，动力设备需要克服水流的阻力和闸门自身的重量，负载较大；而当水闸关闭时，负载则相对较小。这种间歇性的负载变化对水闸的动力设备提出了较高的要求，需要具备良好的适应性和稳定性。（3）水电站，作为水利工程中将水能转化为电能的重要设施，其负载特性受到多种因素的影响。水流流量和水头变化是影响水电站负载的主要因素之一。当水流流量增大或水头升高时，水电站的负载也会相应增加。此外，发电设备的运行状态也会对水电站的负载产生影响。如果发电设备出现故障或性能下降，那么水电站的负载也会相应减少。因此，对水电站负载的监测和调控需要综合考虑水流流量、水头变化以及发电设备的运行状态等多个因素。（4）水利工程负载具有动态变化、间歇性与连续性并存等特性。这些特性使得水利工程的负载监测和调控变得复杂而重要。为了确保水利工程的安全、高效运行，需要采用先进的监测技术和调控手段，对泵站、水闸和水电站等设施的负载进行实时监测和精准调控。同时，还需要加强对水利工程负载特性的研究和探索，为水利工程的优化设计和运行管理提供科学依据和技术支持^[1]。

2 负载特性影响因素分析

2.1 水利设施运行工况

水利设施的运行工况是决定其负载特性的重要因素之一。不同的水利设施在运行过程中，由于其功能和任务的不同，运行工况存在显著差异，从而导致负载特性的差异。（1）以泵站为例，在灌溉季节，为满足农田的用水需求，泵站可能需要长时间、高负荷运行。此时，水泵电机持续工作，负载较大且相对稳定。这种运行工况对泵站设备的耐久性和稳定性提出了较高要求。而在非灌溉季节，泵站的运行时间和负载均大幅降低，设备

处于低负荷或闲置状态。这种运行工况的变化使得泵站的负载特性呈现出明显的季节性特点。(2)水闸作为控制水流的重要设施,其运行工况对负载特性的影响也十分显著。在洪水期,水闸需要频繁开启和关闭,以调节水流和防止洪水泛滥。这个过程中,水闸的动力设备需要承受间歇性、冲击性的负载变化,对设备的可靠性和响应速度提出了较高要求。(3)水电站则根据电网需求及水能资源状况调整发电功率,其负载随时间动态变化。在用电高峰时段,水电站可能需要增加发电功率,以满足电网的用电需求;而在用电低谷时段,则可以降低发电功率,以节约水能资源。这种动态变化的负载特性要求水电站具备灵活调节发电功率的能力。

2.2 设备类型与技术参数

水利工程中使用的设备类型繁多,不同类型设备的技术参数决定了其负载特性。设备的技术参数包括额定功率、功率因数、效率等,这些参数直接影响负载的大小与特性。(1)以水泵电机为例,老式水泵电机效率较低,启动电流大,这会使得变压器在启动瞬间承受较大的负载冲击。而新型高效节能电机则采用先进的设计和制造工艺,运行时负载相对平稳且能耗较低。这种技术参数的差异使得不同型号的水泵电机在负载特性上存在显著差异。(2)设备的额定功率也是决定负载特性的重要因素之一。额定功率较大的设备在运行时能够承受较大的负载,但同时也需要消耗更多的能源。因此,在选择设备时,需要根据实际需求和负载特性来合理确定设备的额定功率。

2.3 外部环境因素

自然环境因素在水利工程负载特性中扮演着至关重要的角色。高温季节,电机等设备面临散热难题,温度升高可能削弱设备性能,甚至引发损坏风险。为确保设备稳定运行,需适时调整负载或增设冷却设施,以应对负载特性的变化。同时,降水量和河流水位等水文条件的变化也对水利工程设施的运行工况及负载特性产生显著影响。枯水期,水电站因水量减少而导致发电功率下降,负载相应减轻;而丰水期,水量增加则使发电功率提升,负载随之增大。这种由水文条件变化所引发的负载特性变化,要求水利工程设施必须具备高度的适应性和灵活性。设施设计需充分考虑不同水文条件下的运行需求,确保在各种工况下都能保持高效稳定的运行状态,从而有效应对外部环境因素对水利工程负载特性的影响^[2]。

3 负载特性对变压器容量配置的要求

3.1 满足最大负载需求

变压器容量的配置首先必须能够满足水利工程在运行过程中可能出现的最大负载。这是因为在某些极端情况下,水利工程的负载会瞬间增大,对变压器的承受能力提出严峻挑战。以泵站为例,泵站通常需要配备多台水泵以满足不同灌溉或排水需求。当多台水泵同时启动时,其启动电流总和会远大于正常运行电流。水泵的启动电流通常是额定电流的5-7倍,这意味着在启动瞬间,变压器需要承受数倍于正常运行的负载。以某大型泵站为例,该泵站配备有10台功率为100kW的水泵。若这些水泵同时启动,其瞬间负载可达数千千瓦。因此,在配置变压器容量时,必须充分考虑这种极端情况下的负载需求,确保变压器能够正常工作,不致因过载而损坏。这就要求在设计阶段,对泵站的负载特性进行准确评估,并据此选择合适的变压器容量。

3.2 适应负载变化

水利工程的负载具有动态变化特性,这要求变压器必须具备良好的负载适应性。(1)变压器应能在负载频繁波动时保持稳定运行,不出现电压波动过大、过热等问题。水闸是水利工程中常见的控制设施,其运行具有间歇性特点。当水闸开启或关闭时,负载会瞬间变化,这就要求变压器能够快速响应负载的变化,及时调整输出功率,以保持电力系统的稳定。(2)对于季节性变化明显的负载,如灌溉泵站在不同季节的负载差异,变压器容量配置也需要考虑这种变化。在灌溉季节,泵站负载较大,变压器需要满足高峰期负载需求;而在非灌溉季节,泵站负载较小,变压器则应在低负载期保持较高运行效率,避免“大马拉小车”现象,即变压器容量过大导致的能源浪费^[3]。

3.3 考虑备用容量

为保障水利工程供电的可靠性,变压器容量配置还需预留一定的备用容量。水利工程在运行过程中,可能会出现设备突发故障、紧急任务等情况,这些都需要额外的电力支持。例如,当某台水泵电机突发故障时,备用电机需要立即投入运行,此时变压器需要承担额外的负载。备用容量的确定需要根据工程的重要性、设备故障率等因素综合考虑。一般来说,建议预留10%-20%的变压器容量作为备用。这样,在出现突发情况时,变压器能够有足够的容量来应对额外的负载,确保水利工程的正常运行。同时,备用容量的设置也可以提高整个电力系统的灵活性,为未来的扩容或改造提供便利。

4 基于负载特性的变压器容量配置策略

4.1 准确评估负载特性

准确评估负载特性是变压器容量配置的基础。水利

工程的负载特性受到多种因素的影响,包括设施类型、运行工况、季节变化等。为了全面掌握负载的变化规律,需要对水利工程各类设施的运行数据进行长期监测与分析。(1)通过建立详细的负载特性数据库,利用数据分析技术,如统计分析、时间序列分析等,可以对负载数据进行深入挖掘,准确把握负载的变化趋势、峰值出现时间与频率等关键信息。以某水电站为例,通过对多年发电数据的分析,可以得出不同季节、不同时段负载变化曲线。这些曲线反映了水电站负载的季节性差异和日内波动特点,为变压器容量配置提供了可靠依据。(2)在评估负载特性时,还需要考虑极端情况下的负载需求。例如,泵站可能需要同时启动多台水泵以应对突发灌溉需求,水电站可能在洪水期需要增加发电功率以应对电网调度要求。这些极端情况下的负载需求对变压器的承受能力提出了更高要求,因此在容量配置时需要予以充分考虑。

4.2 采用灵活的变压器配置方案

针对水利工程的多样化负载特性,我们应采取灵活的变压器配置方案以满足其特定需求。对于负载波动大且频繁的水利设施,例如泵站和水闸,有载调压变压器是一种理想选择。此类变压器具备在带负载状态下调整电压分接头的能力,能够精准适应不同负载条件下的电压需求,从而确保供电质量的稳定性和可靠性。对于负载呈现明显季节性变化的水利工程,如灌溉泵站和水电站,我们可以采用双绕组变压器或实施变压器并列运行策略。在负载高峰时段,通过投入更多变压器或调整变压器的绕组连接方式,有效增加供电容量,满足高峰期的电力需求。而在低负载期,则可减少运行中的变压器数量,以降低不必要的能耗和损失。这种灵活的变压器配置策略能够紧密跟随负载变化,及时调整供电容量,显著提升变压器的运行效率和经济性^[4]。

4.3 结合智能监测与控制技术

在水利工程的电力系统中,智能监测与控制技术的应用为变压器容量配置带来了新的优化方案。通过安装

智能监测设备,我们可以实时监测变压器的运行状态和负载情况,为变压器的安全运行提供数据支持。(1)控制系统根据监测到的负载变化,能够自动调整变压器的运行参数,如电压、电流等,以确保变压器始终在最佳工作状态下运行。当负载接近变压器的额定容量时,控制系统会自动启动备用变压器,并智能调整负载分配,避免变压器因过载而损坏,保证供电的稳定性和连续性。(2)智能监测系统还具备数据分析功能,能够对变压器的运行数据进行深入挖掘,预测潜在故障。通过对变压器各项运行指标的实时监测和分析,系统可以及时发现异常状态,为维护人员提供准确的故障预警信息,从而提前采取维护措施,避免故障的发生,提高供电系统的可靠性。

结束语

综上所述,水利工程的负载特性对变压器容量配置提出了严格要求。通过准确评估负载特性,考虑设施运行工况、设备类型与技术参数以及外部环境因素的多重影响,我们能够更科学地配置变压器容量。采用灵活的变压器配置方案,如有载调压变压器和双绕组变压器并列运行,可以有效适应负载的动态变化。同时,结合智能监测与控制技术,实现变压器的实时监测和自动调整,提高供电系统的可靠性和运行效率。未来,我们应继续深入研究负载特性,不断优化变压器容量配置策略,为水利工程的安全、高效运行提供有力保障。

参考文献

- [1]梁艳.水利工程建设信息管理系统设计与实现[J].水上安全,2023(04):40-42.
- [2]徐琼祥.小型水库水利工程建设与管理问题研究[J].居业,2023(04):163-165.
- [3]赵丽华,王磊.基于负荷预测的变压器容量优化配置策略[J].电网技术,2020,44(3):1123-1130.
- [4]陈明亮,赵建中,李伟.基于负荷曲线的配电变压器容量规划方法[J].电力系统自动化,2020,44(3):104-111.