

110kV 水电电力系统电能质量影响因素分析

徐凡林

新疆维吾尔自治区塔里木河流域乌鲁瓦提水利枢纽管理中心

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5883

[摘要] 随着现代工业技术的不断进步,电力系统的稳定性与电能质量日益成为关注的重点。110kV水电电力系统作为电网的重要组成部分,其电能质量不仅关乎系统的安全运行,还直接影响到用户的用电体验和性能。本文详细分析了影响110kV水电电力系统电能质量的多种因素,包括自然因素、电力设备和装置的操作、非线性负荷和冲击性负荷等,并针对这些因素提出了具体的改善策略。通过优化电源结构、提高设备运行效率以及采用先进的电能质量管理技术,以期提升110kV水电电力系统的电能质量,保障电网的安全、可靠运行。

[关键词] 110kV水电电力系统; 电能质量; 影响因素; 分析策略

中图分类号: R363.1+24 文献标识码: A

Analysis of Factors Affecting Power Quality in 110kV Hydroelectric Power System

Fanlin Xu

Wuluwati Water Conservancy Hub Management Center in Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] With the continuous advancement of modern industrial technology, the stability and power quality of the power system have become increasingly important concerns. As an important component of the power grid, the power quality of the 110kV hydropower system not only affects the safe operation of the system, but also directly impacts the user's electricity experience and equipment performance. This article provides a detailed analysis of various factors that affect the power quality of a 110kV hydroelectric power system, including natural factors, operation of power equipment and devices, nonlinear loads, and impact loads. Specific improvement strategies are proposed for these factors. By optimizing the power structure, improving equipment operating efficiency, and adopting advanced power quality management technologies, we aim to enhance the power quality of the 110kV hydropower system and ensure the safe and reliable operation of the power grid.

[Key words] 110kV hydroelectric power system; Power quality; Influencing factors; Analysis Strategy

引言

在电力系统运行过程中,电能质量是衡量电能是否符合用户要求及电网运行标准的重要指标。110kV水电电力系统因其供电距离短、负荷密度大、负荷种类多的特点,对电能质量有着极高的要求。然而,在实际生产运行中,受多种内外因素的影响,电能质量往往会出现波动,影响电网的稳定性和用户的用电安全。因此,深入探讨影响110kV水电电力系统电能质量的因素,并提出相应的改善策略,对于提升系统效能、保障电力供应具有重要意义。

1 110kV水电电力系统电能质量影响因素分析

1.1 自然因素

自然因素在110kV水电电力系统中发挥着重要作用,尤其在地理位置复杂的地区,雷击、强风和大雨等天气现象会对电力系统造成极大影响。雷击是最常见的自然干扰之一,它不仅会

直接损坏电力设备,还可能引发电流过载,导致电压剧烈波动。由于雷电频繁发生,尤其是在山脉和水域周围,110kV水电电力系统在设计时必须考虑防雷措施,如避雷器和接地系统的使用。然而,恶劣的天气条件往往不可预测,突如其来的强风和暴雨也可能损坏电力设备或导致线路断裂,从而影响电力供应的稳定性。此外,寒冷地区的积雪和结冰问题也会加重设备的负担,降低设备的运行效率,进而影响系统的电能质量。由于自然因素的不可控性,它们成为电力系统中最难预测和防范的风险之一。

1.2 电力设备和装置的操作

电力设备和装置的操作对110kV水电电力系统的电能质量有着至关重要的影响。电力设备在启动、停运过程中,往往会产生短时的电压波动,这种波动可能会对整个电网产生较大影响,特别是在高负荷运行期间。自动开关的跳闸和重合操作是常见

的电力设备故障模式,它们往往是由于过载、短路或其他原因造成的。这些操作会导致电力系统电压和电流的瞬时不稳定,给用户的用电安全带来隐患。如果设备在运行过程中出现老化或维护不当的情况,故障发生的概率会大大增加,进而影响电网的可靠性。此外,一些设备在运行时可能会因不当操作而产生较大的谐波电流,这种谐波干扰会造成电压和电流波形的失真,影响电能质量^[1]。

1.3 非线性负荷和冲击性负荷

非线性负荷和冲击性负荷是影响110kV水电电力系统电能质量的另一重要因素。非线性负荷,如变频器、电弧炉等设备,往往会在运行过程中产生谐波电流,这些谐波电流的频率和幅度会与电网正常频率发生干扰,导致电压波形失真,影响电网的稳定性。而冲击性负荷,如电气化机车、电焊机等设备,常常在启动和停止时产生较大的瞬时电流变化,造成电压的剧烈波动,进而引发电网闪变。与常规负荷相比,这类负荷的功率变化较为剧烈且不易控制,因此它们对电能质量的影响较为突出。在某些情况下,冲击性负荷可能会引起电力系统过载,导致设备无法正常运行。

2 110kV水电电力系统在电能质量管理的现状

目前,110kV水电电力系统在电能质量管理方面面临着多重挑战。随着电力负荷不断增长和设备的逐步复杂化,电网在运行过程中出现的电能质量问题愈加突出,尤其是在电压波动、频率偏移和谐波污染方面。这些问题不仅影响了电力系统的稳定性,还对用户的设备安全和正常使用造成了严重威胁。例如,电压波动可能导致工业设备的效率降低甚至损坏,而频率偏移会影响一些对频率要求严格的设备正常运行。谐波污染则增加了系统的运行负担,降低了电能使用效率,进而影响电力供应的质量和可靠性。尽管现有的电能质量管理措施已在一定程度上得到了应用,如基础的电压电流监测与谐波滤波设备,但其在应对复杂和长期的电能质量问题时效果有限。设备老化、技术更新滞后以及对电能质量监测手段的依赖性较高,使得现有的管理体系难以适应日益复杂的电网运行环境。此外,电能质量监测和控制的智能化水平仍显不足,虽然一些智能化监测系统已有应用,但多依赖人工干预,缺乏实时自动化的分析与反馈机制,无法迅速响应突发的电能质量问题^[2]。

3 110kV水电电力系统电能质量的优化策略

3.1 优化电源结构,提高供电稳定性

电源结构的优化是提升110kV水电电力系统运行质量的基础。合理的电源结构布局不仅能确保系统稳定性,还能提高电能质量的整体水平。在供电容量优化方面,需要根据负荷特性和用电需求,科学配置变压器容量。通过对历史负荷数据的分析,采用负荷预测模型对未来5-10年的用电需求进行预测,在此基础上合理配置主变压器容量。实践表明,主变压器的经济运行负载率应维持在65%-75%之间,这样既能确保供电可靠性,又能降低系统损耗。对于季节性负荷变化明显的区域,可采用双变组接线方式,在负荷较轻时停运一台变压器,既保证了供电可靠性,又

提高了变压器的运行效率。另外,在网络结构优化方面,采用“N-1”校验原则进行系统设计,确保在任一重要设备故障时系统仍能维持正常运行。具体措施包括:设置双回路供电,每回路的载流量应能满足全部负荷供电需求;在关键节点增设分段开关,提高系统灵活性;根据负荷分布特点,合理设置联络开关,在故障情况下快速实现负荷转移^[3]。实际运行数据显示,采用此类优化措施后,系统供电可靠性指标SAIDI可提升15%-20%。再有,在分布式电源接入方面,需要充分考虑水电系统的特点,合理配置储能设备。可采用飞轮储能系统或超级电容器,用于平抑短时功率波动。储能系统的容量应根据负荷波动特性确定,一般建议配置的储能容量为最大负荷的10%-15%。同时,在系统关键节点配置SVG等无功补偿装置,动态调节系统电压,使电压合格率达到98%以上。

与此同时,在系统控制策略方面,采用智能化的电源协调控制系统,实现电源之间的无缝切换。通过建立电源切换优先级策略,在主电源发生故障时,备用电源能在20ms内完成切换,确保重要负荷的连续供电。同时,配置先进的励磁控制系统,采用基于模糊PID的协调控制算法,使发电机组能够快速响应系统扰动,维持电压稳定性。

3.2 提高设备运行效率,减少谐波污染

设备运行效率的提升和谐波污染的控制是确保110kV水电电力系统电能质量的关键环节。科学的设备管理和先进的谐波治理技术能显著改善系统运行质量。

针对电力设备的运行管理,建立基于设备健康状态的预测性维护体系。通过在线监测系统实时采集设备运行参数,包括温度、振动、局部放电等关键指标。设定预警阈值,当测量值超过阈值的85%时,系统自动发出预警信号。同时,利用大数据分析技术,建立设备健康评估模型,对设备剩余寿命进行预测,实现精准维护。另外,在谐波治理方面,采用主动滤波器与无源滤波器相结合的方式。主动滤波器采用IGBT作为功率器件,响应时间小于0.1ms,可实时补偿2-25次谐波。无源滤波器主要用于治理5、7、11次主要谐波,滤波器阻抗参数的选择需考虑系统阻抗特性,避免发生谐振。实践数据显示,采用此种组合方式,系统总谐波畸变率(THD)可降低至2.5%以下^[4]。再有,对于大容量非线性负荷,如整流器、变频器等,采用12脉波或更高脉波数的整流方案,减少谐波的产生。同时,在变频器的直流侧配置直流电抗器,其电感值应不小于变频器额定容量的3%。在交流侧安装阻尼电抗器,其阻抗值建议选择为3%-5%,可有效抑制高次谐波的传播。除此之外,建立谐波在线监测及评估系统,对系统各节点的谐波含量进行实时监测。监测系统采样频率不低于10kHz,能准确捕捉高达50次的谐波。通过对谐波数据的分析,绘制谐波污染分布图,识别主要谐波源,为谐波治理提供依据。

3.3 引入电能质量管理系统,实现实时监测与控制

电能质量管理系统是110kV水电电力系统运行的“智能大脑”。构建完善的电能质量监测与控制体系能够实现系统运行状态的准确把握和及时调控。基于分层分布式架构的电能质量管

理系统需配置高精度的数据采集设备。在关键节点布置A级电能质量分析仪,采样频率达到25.6kHz,电压测量精度优于0.1%,电流测量精度优于0.2%。采集设备通过工业以太网实时上传数据,网络延时控制在10ms以内。系统采用双机热备方式运行,确保数据采集的连续性。监测点的布置遵循“重点监测、全面覆盖”原则,在变电站母线、重要用户接入点等位置配置监测设备,形成完整的监测网络。另外,数据分析平台采用分布式计算架构,配置高性能服务器集群。运用深度学习算法建立电能质量评估模型,对电压偏差、三相不平衡、闪变、谐波等指标进行综合分析。系统能够识别95%以上的电能质量扰动事件,定位准确率达到90%。通过对历史数据的挖掘分析,建立电能质量预测模型,提前15-30分钟预警可能发生的电能质量问题,为运行人员预留充足的处理时间。与此同时,控制策略的制定基于多目标优化算法。系统通过实时计算得出最优控制方案,协调各类补偿设备的运行。在电压波动时,启动动态无功补偿装置,补偿响应时间小于10ms;对于谐波超标情况,智能调节有源滤波器的补偿特性,使系统谐波含量维持在允许范围内^[6]。控制系统采用分级控制策略,将控制区域划分为若干个子区域,每个子区域配置独立的控制器,实现就地快速控制。

3.4 加强用户侧管理,提升用电质量意识

用户侧管理是提升整个110kV水电电力系统电能质量的重要环节。科学合理的用户侧管理不仅能提高用电效率,还能降低用户对电网的不良影响。面向重点用电企业开展电能质量培训与技术指导。组织专业技术人员定期为企业电气管理人员进行培训,内容涵盖电能质量基础知识、设备选型要求、运行维护技术等。建立企业电能质量管理档案,记录企业用电特性、主要用电设备参数、历史电能质量问题等信息。针对不同行业特点,制定个性化的电能质量改善建议,指导企业合理配置补偿装置,优化用电方式。另外,推行用户电能质量分级管理制度。根据用户用电容量、负荷特性、电能质量要求等因素,将用户划分为A、B、C三个等级。A级用户为对电能质量要求较高的用户,如医院、数据中心等,需配置不间断电源系统和电能质量在线监测装置;B级用户主要是大型工业企业,需安装基本的无功补偿和谐波治

理设备;C级用户为普通工商业用户,重点关注基本供电可靠性。对不同级别用户实施差异化管理策略。再有,建立用户电能质量信息反馈平台。开发移动端应用程序,方便用户及时报告电能质量问题。系统具备智能识别功能,能够根据用户描述的现象初步判断问题类型。设置7×24小时专家在线服务,为用户提供技术咨询。通过大数据分析,归纳用户反馈的共性问题,有针对性地开展治理工作。除此之外,实施电能质量奖惩机制。对于主动采取措施改善电能质量的用户,给予电费优惠;对于因自身原因严重影响电网电能质量的用户,适当提高电价。建立用户电能质量评价体系,从电压偏差、功率因数、谐波污染等方面进行综合评价。评价结果与电价挂钩,促使用户重视电能质量管理。

4 结语

电能质量是衡量电力系统稳定性和用户用电体验的重要指标。在110kV水电电力系统中,受多种因素的影响,电能质量可能会出现波动。通过文章所述策略的实施,可以有效提升电能质量,保障电网的安全、可靠运行。未来,随着技术的不断进步和电网的智能化发展,我们有理由相信,110kV水电电力系统的电能质量将得到进一步提升,为经济社会发展提供更加优质的电力保障。

[参考文献]

- [1]T.怀亚特,张卓然,邹瑜.基于综合扩容规划模型的水电发展优化[J].水利水电快报,2017,38(12):8-11.
- [2]刘泽洪.新型电力系统建设与水电创新发展[J].新型电力系统,2023,1(02):105-115.
- [3]周建平,杜效鹤,周兴波.面向新型电力系统的水电发展战略研究[J].水力发电学报,2022,41(07):106-115.
- [4]张义斌.新型电力系统背景下水电创新发展研究[J].中国电力企业管理,2023,16(01):51-55.
- [5]冯子航.110kV智能变电站中的电气自动化系统设计[J].集成电路应用,2024,41(08):290-291.

作者简介:

徐凡林(1992--),女,汉族,甘肃庄浪人,大专,才评中级,电能质量。