

[物联网]

基于物联网技术的电力线损检测与预测模型研究

文/马 键¹ 张 科¹ 黄合深² 赵 闻¹

1. 广东电网有限责任公司计量中心; 2. 东莞供电局供电服务中心

为了让线损管理水平、检测水平得到进一步提高,从物联网技术 电力线损检测工作入手,打造出多层次的检测系统,强化数据收集,监测异常数据,实现精准的故障定位,并借助海量数据和网络拓扑结构,实现电力线损预测,从而让国家电力网络稳定运行。

国家电力网络体系不断优化,诸多技术都在不断升级,为实现精益管控工作创造了良好的基础,线损一直都是电力管理工作的重点,但受到多方面因素影响,电力线损检测工作难度较大,经常出现电力损失问题,为了能够第一时间确定线损问题,明确线损成因,还需要借助物联网技术展开综合性分析,以求实现精益管理目标,实现高效率、高质量的电力网络治理,最大程度确保电力供应的稳定性。

电力线损检测工作开展概述

在电网快速发展的背景下,要想完成精益控制工作,就一定要将物联网技术运用到电网中去,这样不但能够对电网中的状况进行实时监控,而且还能够将一体化的运营方式引进来,构建完善的运营机制,并有针对性地给出相关的对策,从而促进电网管理向着精益化、高效化的方向继续发展。电网线损是电网中占很大比例的一种损失,一直受到人们的高度重视。随着电网互联技术的发展,为了更好地完成电网线路损耗的监测工作,需要对电网进行精细化的管理。

在具体的检测工作中,要利用物联网技术来收集用电数据,在第一时间内找到异常,快速地判断

出问题的原因,利用排查和处理的方法,有效地解决线损异常的问题,达到对线损的控制。在物联网技术的帮助下,能够对电力信息、线损情况进行实时获取。造成电力损失情况的因素有很多,但是在这一技术的帮助下,能够对电力系统线损进行实时计算,快速确定问题产生的原因,并通过提升管理效率,保证了电力损失一直保持在一个较低的水平。常见线损原因见表1。

表1 常见线损原因

线损原因	备注
采集异常	电量采集、分析异常;电量损失估算结果异常
档案异常	用采档案和企业影响存在差异
抄表异常	电量异常;表码异常
三相不平衡	电流、电压不平衡;计算零线电流的结果不准确
变压器异常	单相电流>额定电流;负载异常
窃电/违约用电	电力用电量异常

基于物联网技术的电力线损检测工作落实

在基于物联网技术的电力线损检测工作开展过程中,需要落实以下几个方面工作。

1) 建立多专业、多部门协同的有效的线损控制

基金项目:南方电网公司科技项目资助,项目编号:035900KK52220006 (GDKJXM20220254)

系统。在感知层、网络层、平台层和应用层四层架构中,配合其他现代信息数据,突破专业障碍,组建并完善线损管理的组织结构,将各个专业的技术能力发挥出来,实现发展、运检、营销和调控等专业之间的业务相互结合和相互影响,构筑一种多部门协同的、高效联动的线损管理工作组织体系,保证对线损档案的基本数据进行精确的访问和实时的更新,并对数据集成、业务协同、系统应用等方面存在的问题联动解决。以某电力公司为例,其充分发挥物联网技术的作用,开发出理论线损的功能,为线路损耗的理论计算提供了有力的保证。

2) 建立围绕闭合循环运行机理的控制系统,并对其进行分析。考虑到原始数据资料是电力线损检测、分析的最关键依据,数据信息的精确性、完整性将直接关系到物联网技术的电力线损检测工作的精确度和效率。为了保证设备信息的正确性,对线损的基础数据重点关注,并进行源端数据治理工作,从而切实提高了基础数据的管理水平,并推动了同期线损系统的建设和应用工作。为确保线损理论计算源端数据的真实性、准确性,某电力企业多管齐下,组建源端数据治理小组,有效地保障了治理计划的顺利执行,使线损管理架构从上到下纵向贯穿,运营效率、管理效率和服务水平获得大幅提高。在物联网技术辅助下,构建了物联管理中心、业务数据中心和一体化平台,有效地解决了管理层级多、链条长和业务流程烦琐等问题,提高了源端设备的完好率,确保了线损理论计算源端数据格式的一致性、设备完整性和数据准确性。通过对原始数据和基本文件的全面核实,使原始数据的质量得到了提高,并提高了原始数据的基础管理。从实际的数据情况来看,该电力企业在构建了物联网技术体系后,文件设备完整率从治理前的77.1%,同期档案完整率从治理前的89.5%,均提升到100%。在此基础上,使用统一“五步走”的线损理论分析方法。一是建立统一的数据存取标准和数据格式;二是网络中的QS模式,通过对数据的访问,使QS档案中和同期装置的装置自动进行配对,保证了损失按管理单元进行核算;三是对系统进行数据验证和校正,系统的计算精度取决于系统的精确和完整的系统参数和操作数据,如果系统的阻抗、导纳和操作数据中的有功和无功的误差,将造成系统的功率

计算不收敛和损耗计算不精确。某电力公司为提高线路损耗统计资料的品质,确保线路损耗统计资料的精度,制定了一套对线路损耗统计资料进行自动检查的评价规范。在实际应用过程中,线损的计算以QS档案为单元,根据同一时期的线损系统进行分区,分压关口的资料,对线损进行归类统计,系统的运算完成后,可以看到整个电力损失的运算结果。在此基础上,根据国电公司关于线损理论统计报告的有关规定,对数据进行了自动化的总结,其中包含了网架结构,分压统计、分层统计、变压器损耗明细和线路损耗明细等内容。按照“五步走”策略,对线损理论测算的标准化过程进行了规范化,使整个电网在同一时期内得到了较高的精度和适应性。

3) 通过对线路损耗的动态追踪和全程控制,利用理论计算寻找电网的弱点并指出,同时还针对这些弱点制定相应的降损改造措施,并进行动态的追踪和执行,以保证各项措施的落地。通过深入剖析理论测算的成果,对比统计线损的同比和环比,检验统计线损的真实程度、准确程度和合理性;对未明确的损失程度进行判断,对电力公司的运营和管理进行评价。在此基础上,找出在电网中损失所占比例较高的设备部件,并对造成损失的因素进行分析,从而针对调度运行、运检技改和规划发展等方面给出一些方案和意见,并将其纳入储备中,这些方案和意见是制定并执行降低损失技术改造项目的重要基础。综合电源线路的长度和型号等参数,对其进行理论线损的估算,并在此基础上给出相应的理论线损数值,进而对线路的经济运行状态进行分析,达到精确地降低损耗的目的。

从实际应用案例来看,基于物联网技术的电力线损检测工作落实实时监控重点电力的线损,在高压侧、低压侧和终端设置电压和电流信息采集设备,根据拟合结果来决定对应的电力,完成分线线损的统计,使线损得到了精细化的控制。通过对配电室和分支箱的用电量、电流以及用电电压等信息进行实时显示,了解内部线路的异常变化,并与电力数据的突然变化相联系,从而对电力的线路状况作出正确判断,还可以用来对故障点进行定位,节省对故障的处理时间,系统达到对电力线路的智能研判的目的。对电力内部风机、空调器、热水器等

大功率电气设备的运行时间、特性展开监控，并对其实时记录，对电力的用电行为进行分析，并向电力提供用能报告等增值服务。

基于物联网技术的电力线损预测模型设计分析

1. 电力线损预测模型构建

针对线损率所呈现的特征，结合已有的聚类方法，研究适用于电力系统的线损状况的聚类方法，实现对电力系统的线损状况的精确识别，并在电力系统出现线损异常时，对其进行相应的评估，为后续的研究提供了可靠的理论依据。

当前，有K-modes、K-means和组合簇三种类型的群集模式可以用于电力系统精细化管理中。输出建模的结果，并以此为依据，建立基于该模型的电网损耗建模方法，并据此进行相关预报。针对如何量化线损的异常水平，提出了基于时间分散性的线损建模方法。在此要说明的是，时间离散度的研究对象是线损率数据相关的时间点，通过对邻近时间点实际间隔、整体平均值进行计算，得到用于精确度量线损异常的指标。通常来讲，这个分散性越小，说明它所对应的电力系统的线路损耗率越存在异常，也就是说，某一时间段，这个电力系统有很大可能会发生线路损耗的异常或者类似的故障。相反，当其所对应的电力系统的线路损失的资料比较少，且各个异常点的分布比较分散时，除非有特别的情形，否则这个电力系统一般不会出现线路损失的重大异常。

2. 电力线损预测数据收集

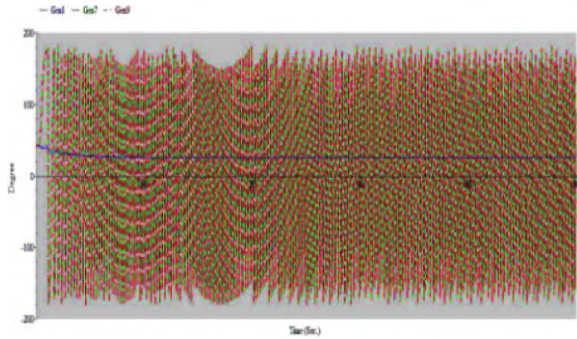
要实现高质量的电力线损预测模型构建，必须要确保数据收集工作顺利进行。从PMS2.0系统、用电采集系统和市场销售系统三方面获得的资料，着重以聚类分析作为突破口，对建模结果进行综合和深度的剖析，基于对线损的智能识别，将智能诊断、预警发布、问题解决和效果评估等各个步骤有机结合起来，形成闭环的运行机制。实践表明，其正面效应表现为：一是保障了电力大数据的有效利用，最大化地发挥了数据的价值；二是使得线损的控制和治理的精细化程度有了很大提高；三是在确保工作质量和效率的基础上，对公司投资的资金和费用进行了严密的管理，确保电力系统管理的各项工作达到了预期的效果。电力物联网运营过程中产

生的数据一般都存储在各个部门的附属系统中，其种类繁多，一般包括负荷预测、设备台账、运营规划等。在平时的工作过程中，以国网标准为基础，将数据接入电网企业，并对数据进行规范化收集，为后续对数据进行汇总、分析、使用等工作打下良好的基础。在对数据进行筛选和清洗的基础上，对处理得到的数据进行集成，从而保证数据的总体质量，保证所生成的数据符合规范、准确和统一的条件。

3. 电力线损预测功能落实

对于辨识中出现的异常电力系统，按照实际情况，制定出一套切实可行的处理计划和具体的对策。在智能诊断、预警发布等工作结束之后，系统针对存在的异常问题和原因，给出有针对性的应对措施，同时会如实地记录异常的解决方案和过程，并且对解决的效果进行评价，实现闭环管理。根据现行规章中关于评价定义的内容，结合有关评价标准，分析现有标准所具有的实用性，并以相关加权系数为基础，完成评估配电网供电能力、电力系统当前运行状况等工作，并根据评估的结果，形成相应的文字报告，供其他部门及人员参考。在对配电网进行实时监控的基础上，以运行环境和有关数据为依据，构建可用来预测负荷的模型，真正做到分区、分层预测负荷。据此，基于GIS平台选择变电站，并完成定容工作，根据网架分析结果评价其经济性，以保证所确定的最终版规划方案准确、完善。对电网供电能力和电力系统供电情况进行评价，根据评价的结论建立项目库和问题库，并对各个电力系统进行全面的的管理。为了提升评价的精度，对配电网进行科学规划，为配电网的长期稳定运行提供了有力的保证，电力企业可以建立一个对应的管理小组，将与精益化管理有关的工作交给专门的人士，并对组长和组员的职责作出规定，让他们能够及时地分享自己所掌握的资料，并将职责落实到每一个人，从而能够充分调动工作人员的积极性，减少出现不必要问题的概率。在研判模型的基础上，对异常线损进行分析，从采集异常、档案异常、超标异常、三相不平衡、违法窃电及违约用电等维度入手，结合系统数据完成对异常状况出现原因的研究。

(下转第76页)



(b) 功角

图7 发电机1、2、3#转速及功角波形

综上，对其仿真结果进行分析，结果见表5。

表5 仿真结果分析

故障类别	故障消除时间/s				
	0.12	0.2	0.34	0.35	0.8
220 kV系统三相短路	稳定			稳定 极限	
220 kV系统单相短路	稳定				
220 kV系统两相短路	稳定				
220 kV系统两相接地短路	稳定				
110 kV系统三相短路		稳定		稳定	
110 kV系统单相短路				稳定	
110 kV系统两相接地短路				稳定	
110 kV系统两相接地短路				稳定	
13.8 kV I段母线系统三相短路	稳定			稳定	
13.8 kV II段母线系统三相短路	稳定		稳定	失去 稳定	
发电机1失磁					稳定

(上接第64页)

结束语

综上所述，基于已有电力系统的资料与分析结果，构建基于物联网技术的电力线损预测模型，简言之就是利用历史资料，发现可能存在的异常，并发出警告，实现闭环追踪，推动电力系统控制的各项工作向着更加精细的方向发展，保证线损管理的效果尽可能地趋近于最佳状态。EA

(收稿日期：2023-07-20)

参考文献

[1] 侯文东. 基于电力物联网的台区精益管控模式应用[J]. 中国高新科技, 2022(15): 133-134, 145.

3. 边界条件分析

综合上述暂态稳定仿真分析，各发电机220 kV母线故障在0.35 s内清除故障时，均可稳定运行；110 kV母线故障在2 s内清除故障时，均可稳定运行；13.8 kV I段母线故障在0.35 s以内清除故障时，均可稳定运行。13.8 kV II段母线三相短路时，继电保护应在0.34 s以内清除故障，系统可稳定运行，否则发电机2#、3#功角大于180°，运行不稳定。

结束语

通过使用实用计算方法以及ETAP方法计算出短路电流，并对系统稳定性以及边界条件进行分析，可以得出以下结论：

- 1) 13.8 kV发电机出口断路器应选择50 kA(有效值，峰值125 kA)开断水平的真空断路器。
- 2) 三绕组变短路阻抗可取：高压-中压 $U\%=12.4$ ；高压-低压 $U\%=11.5$ ；中压-低压 $U\%=16.8$ ；双绕组变短路阻抗可取13%。
- 3) 机组在220 kV系统、110 kV系统及13.8 kV出线故障的情况下，系统均稳定。EA

(收稿日期：2023-08-04)

参考文献

[1] 高璇, 王艳红, 车久玮. 浅谈海上电网短路电流计算及限制措施[J]. 电气应用, 2021, 40(9): 93-96.

[2] 程昱舒, 靳海岗, 王晖南. 基于泛在电力物联网下双向长短时记忆的线损预测计算方法[J]. 电力电容器与无功补偿, 2022, 43(2): 83-89.

[3] 张娟, 李俊午. 全时空量测环境下基于双向长短期记忆网络的电力物联网损耗计算[J]. 电子器件, 2022, 45(2): 408-414.

[4] 仲崇山, 管明睿, 刘筠, 等. 探索基于电力物联网的精品台区建设新模式[J]. 电力设备管理, 2021(9): 36-38, 236.

[5] 陈佳瑜, 夏澍, 施灵, 等. 基于多系统交互的电缆线路同期线损率异常分析[J]. 电气应用, 2022, 41(3): 67-73.