

智能化技术支持下的配电网环网柜研究

汪 洋

上海纳杰电气成套有限公司 上海 201100

摘要：环网柜作为配电网的关键组成要素，其鲁棒性与智能化程度会直接影响到配电网运行的可靠性与智能化水平，甚至会对配电网运行效率与检修质量产生不良影响。基于此，本文以上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目为例，简要总结了配电网环网柜存在的主要应用问题，并重点就智能化技术支持下配电网环网柜改造研究展开深入探讨，以期为他人提供借鉴，共同致力于环网柜智能化水平与配电网运维管理水平的提高。

关键词：智能化技术；配电网；环网柜

有数据显示，约90%以上的停电事件是由配电网故障而引起的，尤其是以中低压配电网故障较为常见。因此，要想持续优化并增强配电网运行的可靠性，首先应高度重视环网柜的智能化建设。而纵观以往环网柜智能化改造工作来看，其智能化水平虽有明显提高，但在实际中，仍面临着智慧化水平整体偏低的窘境，且未从根源上解决电缆接头发热、因凝露引发线路故障等问题，加之配电网故障诊断仍依赖于人工，导致配电网运行与检修效率较低，十分不利于配电网连续、稳定的运行。因此，加强智能化技术支持下的配电网环网柜研究尤为重要。

1 工程概况

本文以上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目为例，鉴于本项目所涉及原有电气设备运行时间比较长、电气安全存在隐患，故立项进行线路及所属设备改造，同时，考虑原有设备所在地方的四周道路及空间限制，选用小型化户外环网箱替换原有电气设备，从而实现小型化、智能化电气设备的改造目的，并达到设备与周围环境的无缝契合。为确保该项目顺利实施，技术人员应高度重视智能化技术支持下的配电网环网柜的研究，全面进行环网柜智能化改造，不断优化项目实施方案。

2 配电网环网柜存在的主要应用问题

2.1 智能环网柜普及程度不够，智能化水平偏低

目前，智能环网柜在各大城市均未得到广泛普及，导致我国现阶段环网柜整体的智能化水平偏低，且十分不利于环网柜的稳定运行^[1]。加之当前尚未配备专用的数

据通道，智能设备无专用本地电源，导致配电网运维中的在线环境监测、故障预警、故障识别与判断等问题无法得到根本上的解决。这一问题也是上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目中面临的主要问题。

2.2 因凝露引发的线路故障未得到彻底解决

长久以来，因凝露引发的线路故障均未得到妥善解决，且一直是配电网自动化系统日常维护工作中面临的主要问题。凝露现象通常发生在气温较低，空气湿度较大的情况下，若该现象十分严重，且未得到及时处理，就会引起线路故障，引发大规模的停电事件，威胁到配电网运行安全，降低用户用电体验，同时也会降低电力企业的服务水平^[2]。如上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等区域就曾因凝露问题发生过多次环网柜故障与停电事件。

2.3 配电网电路故障诊断方法落后，环网柜电缆接头发热问题尚未解决

现阶段，多数地区仍旧采用电缆故障寻址器判断配电网电路故障，该设备虽可提高运维人员查找故障位置的速度，但受环境、人为等因素的影响，依靠人工查看寻址器的电路故障诊断方法会大大增加运维人员的工作强度，且无法快速确定故障位置。此外，因电缆接头发热所致的环网柜问题也未得到有效解决，因此要求相关技术人员在环网柜改造等项目中积极探寻出一种智能化装置或方法，对电缆接头状态进行动态监测，以便运维人员将电缆接头发热等引起的电路故障消灭在摇篮里^[3]。

3 智能化技术支持下的配电网环网柜改造研究

3.1 明确配电网环网柜智能化改造目标

通过分析上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目背景可知，该区域的配电

作者简介：汪洋（1974.01.10），男，汉，本科，江西省，中级工程师（电机及输变电系统），研究方向（电机及输变电系统）

网线路中分布着诸多的环网柜和分支箱，且原先运行的10kV电缆分支箱，仅有一路10kV电缆进入分支箱内，若干路10kV电缆从分支箱内出去，没有任何线路保护功能，仅可实现一进线转为多馈线的功能。加之原有的配电网自动化系统未进行智能化功能升级与改造，无法对环网柜运行环境及电缆T头温度进行实时在线监测。因此，在该项目计划实施过程中，考虑到配电网环网柜实际应用中存在的各种问题，技术人员决定更换为户外环网箱，以实现一进线转为多馈线的功能，同时也要设计出一种更加有效、适用、可行的技术方案，以期通过配电网环网柜智能化改造，提高电网系统运维效率。

3.2 环网柜智能化改造设计与实现

3.2.1 通信信道和电源

当前，DTU信道、GPRS、光纤同属于通信信道，均适用于主站系统或现场测控终端^[4]。而上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目中，原先运行的10kV电缆分支箱及部分非智能环网柜本身并未设置专门的供电电源，因此可采用太阳能电池组的方式进行供电，并且要现场多次进行展开设备调试工作，务必保证供电电源可靠、可用、安全。同时，本次改造项目中采用10kV环网柜替换了之前的10kV电缆分支箱，具有线路闭合与断开功能，有利于设备调试及线路维护时的安全。

3.2.2 凝露原因与处理方法

(1) 凝露原因与危害

温度与空气湿度变化是凝露形成的关键性因素，通常可见环网柜内分布着密集的小水珠，即凝露。研究发现，当环网柜内壁的温度达到露点温度时，附着于内壁的水珠就会在蒸发作用下，形成水汽。但当凝露数量多于蒸发数量时，水珠就会凝结成水滴，滴在环网柜内，会明显降低该处电力设施的绝缘程度，甚至会引发短路与设备事故^[5]。

(2) 凝露监测及处理方法

基于气象学原理，可通过公式(1)(2)对任一气候环境下的露点温度进行计算，评估凝露发生概率，进而通过降低空气相对湿度或提高防凝露部位物体温度来有效避免凝露形成与发生：

$$\lg E_w = \frac{0.66077 + 7.5T}{(237.3 + T) + (\lg E_w - 1)} \quad (1)$$

$$D_p = \frac{(0.66077 - \lg E_w) \times 237.3}{\lg E_w - 8.16077} \quad (2)$$

而本次改造项目中所采用的YHF-12小型化户外环网箱布局紧凑，具有整体外形尺寸小，设备占地面积小

等特点，加之其内部专门配置了环网柜系全充气结构形式，可以满足户外运行的多种工况条件，能够有效减少凝露的产生，降低凝露危害。

3.2.3 电缆T接头故障监测

温度升高是环网柜电缆接头发生故障的前兆，偶尔可见局部放电情况。针对该故障，应加强系统监测平台对环网柜电缆接头温度的监测，并重点监测局部放电情况，以便在电路故障未发生时，由运维人员接触该故障。

3.2.4 故障寻址器状态自动检测及故障位置自动定位

配电网线路发生故障后，相应的故障寻址器状态会立即发生变化，即反转，且会在第一时间将故障信息反馈给运维人员^[6]。而运维人员则可通过配电网故障寻址系统查找相应线路，确定反转寻址器位置后，即可明确故障源。

而在上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目中，为实现环网柜智能化，完成小型化、智能化电气设备的改造任务，对故障寻址器的状态进行了调整，调整为远传装置，以便系统主站实时监测各寻址器的状态。并且在环网柜内配备了电流互感器、电缆短路故障指示器，不仅可以实现线路电流的实时测控，还可以实现电缆故障的有效诊断。同时，环网柜的主站系统还可根据线路拓扑结构，对故障点进行快速、准确定位，并同步向运维人员发送故障运维信息，有助于运维人员缩短查找故障的时间，提高配电网环网柜故障的运维效率。

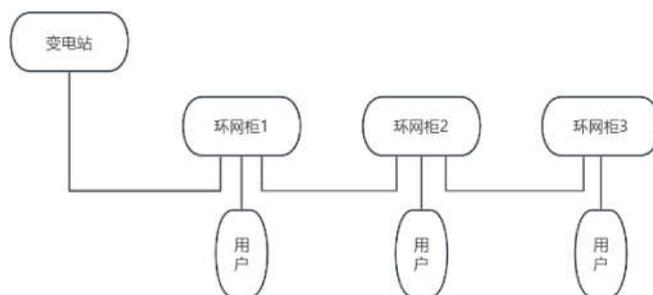


图1 10kV配网线路供电线路结构

对图1 10kV配网线路供电线路结构进行分析可知，当某段电缆发生故障时，会发生两种断电情况，一种是整段线路断电，另一种是单个用户断电，但具体断电情况主要由故障发生位置所决定。根据电路故障判断规则来看，若发生故障电缆同用户电缆相连接，此种情形下断开用户侧电缆，就会显示单个用户断电；若故障电缆归为连接线路电缆，当运维人员重新合闸后，仍显示故障未排除，此时若将线路断开，整条线路就会陷入断电状态。

为进一步提高配电网环网柜故障运维效率，相关技术人员应遵循上述规则，根据环网柜的连接顺序进行编号：同变电站直接连接的环网柜，设置编号1；同变电站间隔1个环网柜，标注编号为2，按此顺序逐一对环网柜进行编号。并按照环网柜内部电缆用途，进行种类划分，即线路侧和用户侧。当故障发生时，环网柜故障指示器会发出警报，此时运维人员按照上述编码顺序，正确运用链表遍历、网络算法，即可判断出哪个环网柜发生故障，由此可确定故障位置^[7]。另外，此次改造项目中，YHF-12小型化户外环网箱内设置了配套的DTU屏柜，可以实现遥测、遥信、遥控三遥功能，再加上环网柜与监控后台系统建立了远程通信，可确保后台运维人员及时掌握环网箱实时状况，在必要时进行高压故障检测，实现远程切除、恢复等功能。

3.3 系统软件设计

本文中，为满足智能化环网柜的智能化功能要求，结合电网故障寻址系统功能，确定在C/S架构基础上展开系统软件设计，并根据目标系统数据，设计出一种更加科学、高效、可行的系统软件框架结构，见图2。

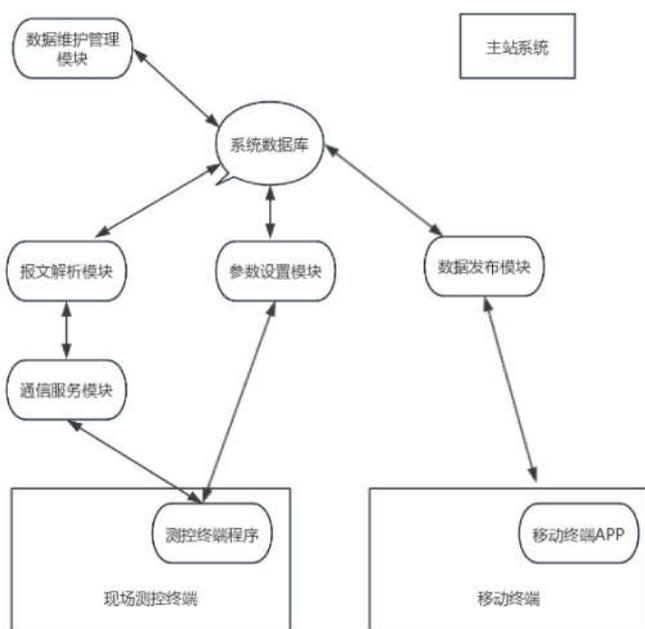


图2 系统软件框架结构

该系统设计中，主站系统发挥着关键性作用，既负责相关参数设置、数据管理与报表生成，也负责环网柜运行信息及通信调度等工作，可为后续故障原因分析提供有价值的参考。同时，该系统还能够为用户提供多元化的WEB终端，满足其个性化用电需求，并且有助于各级运维人员对相关信息进行查找与管理。

另外，在设计移动终端APP时，要充分考虑运维人

员的工作需求，做到功能设计简单，操作使用方便。同时要注意加强环网柜内壁凝露现象监测，依据其严重程度，分为轻、中、3个等级，并制定出不同的处理方案，提高项目改造的科学性。

同时，此系统中还增设了温度传感器，用于电缆T头温度信息的刺激，并负责将相关数据实施传输至系统主站，自主形成温度变化曲线，待温度异常时发出警示信息，通知运维人员及时观察电缆T头温度变化，采取相应措施^[8]。

此外，在配电网线路出现故障的情况下，位于该线路的寻址器会发生反转，并不会将其状态信息传输至主站系统，再由主站系统结合配电网线路拓扑结构，准确定位故障位置，将故障信息上传到手持移动终端，由运维人员根据该信息迅速找到线路故障点，解决配电网电路故障，恢复环网柜运行。

结束语

本研究以上海崇明供电公司涓3玉环及南2桥镇线等2台10kV电缆分支箱改造项目为例，发现配电网环网柜在实际应用中普遍存在智能化水平偏低、故障诊断方法落后等问题，且因凝露引发的线路故障及环网柜电缆接头发热问题均未得到根本上的解决，会直接影响到配电网运维的管理水平与智能化程度。因此，本研究提出对配电网中的环网柜进行智能化改造，以期通过智能化技术来切实解决环网柜故障及配电网运维自动化等问题，在提高配电网运维效率的同时，进一步强化电力系统运行的稳定性能，为我国创造更加可观的经济效益与社会效益。

参考文献

- [1]钟裕婷.一体化智能环网柜的10kV配网自动化建设方案[J].自动化应用,2023,64(21):206-208.
- [2]赵春林.10kV电网建设中智能环网柜的应用研究[J].电力设备管理,2023(10):39-41.
- [3]姜丹,董淑莹,李耀耀.配电网环网柜开关智能操控系统设计研究[J].电力系统装备,2023(9):32-34.
- [4]许崇亮,金铖.智能化配电网环网柜监测系统研究[J].长江信息通信,2023,36(3):106-108.
- [5]田太帅.基于一体化智能环网柜的10kV配网自动化建设研究[J].自动化应用,2023,64(1):144-146,154.
- [6]刘通,王茂州.旋钮开关环网柜便携式智能开关操作系统设计研究[J].中国设备工程,2022(3):125-126.
- [7]吕东飞,王帅,张永,等.基于物联网技术的智能环网柜设计及应用[J].山东电力技术,2022,49(7):58-63.
- [8]罗惠雄,李徽胜,刘佳.基于信息感知的智能环网柜系统集成与应用[J].微型电脑应用,2021,37(3):74-78.