[低压配电网]

农村低压配电网电压异常快速排查的方法

文/云南电网有限责任公司临沧供电局　李　辉　平海荣　罗　超

随着科技和经济的发展，居民对低压配电网的供电可靠性的关注度在不断提升，另一方面农村地区农网改造进度缓慢，配电网电压异常事件频发。通过分析低压配电网电压异常的原因，为电压异常排查提供理论支撑，有助于提高故障处置效率，降低因处置不及时造成的设备损坏、人身触电风险，提高设备的健康水平。

低压配网电压异常的现状

低压配电网作为电力系统的末端环节，电压异常可能造成用户设备损坏或不能正常使用、台区线损增加和人身触电等问题，直接影响供电可靠性、安全性；另一方面低压配电网电压异常，涉及的客户可能是几户、甚至几十户，带来较坏的社会影响。据统计，某供电所近三年以来客户反映电压异常的次数和原因见下表。

表　电压异常次数和原因

	2017年		2018年		2019年上半年	
客户反映	相电压异常	PEN带电	相电压异常	PEN带电	相电压异常	PEN带电
用户侧	3	12	6	14	4	8
电源侧	2		1		3	
低压配电网	5	7	6	3	3	5

据统计，用户侧原因引起的电压异常比例为57.32%，主要原因是三相负荷不平衡、客户内部线路对地故障等；电网侧原因引起电压异常占比为7.32%，主要原因是变压器缺相运行、匝间短路故障等；低压配电网引起的电压异常比例为35.37%，主要原因是零线断线、接地电阻增大和低压配电网接地故障等。

保护中性线带电

PEN导体是同时具有保护导体和中性导体两种功能的连接导体，低压配电网由于接地故障、三相负荷不平衡、PEN断线、设备老化和重复接地失效等原因，导致PEN线上带有电压，容易引起人身伤害、设备损坏等问题。

1．PEN断线、PEN线电阻增大导致带电

主要原因：①当PEN线电阻因接触不良增大时，如果发生三相负荷不平衡，中性点发生了电压位移，不平衡电流将通过保护中性线回流至变压器中性点，从而在PEN线上形成一个较大的对地电压；②单相负荷PEN断线，将导致用电设备无法工作且用电负荷至PEN断点处带有220 V的电压，即“零线回火”。

2．PEN线连接良好情况下带电

主要原因：①变压器中性点接地电阻增大或接地引下线开路，农村0.4 kV配电线路由于单相负荷较多，配电线路各相长度不一致，对地电容不等，导致PEN线存在一定的电压。在三相负荷基本平衡的情况下，可在配电线路各段支线末端测得各处电压大小基本一致。②在PEN线和中性点接地电阻正常的情况下，由于低压配电线路对地故障或漏电，也有可能导致PEN线带电，在三相负荷基本平衡的情况下各处的电压基本一致，PEN首端电压略低于末端电压。

3．低压配电线路对地故障仿真

在Simulik搭建低压配电线路的仿真模型，仿真TN－C系统在故障状态下保护接地中性线上的电压的特征。参数设置为相线电阻0.5 Ω，PEN电阻0.5 Ω，中线点接地电阻4 Ω，无重复接地，三相负荷对称。

从仿真结果看出：①中性点位移电压随短路点过渡电阻的增加迅速减小，当过渡电阻增加到200 Ω时，中性点的电压降至36 V；②中性点的电压与PEN线上0.5 Ω处的电压值相差不大。

低压配电网相线电压异常

低压配电网供电半径、低压配电网结构、用电负荷和配电网运维等因素可能造成相线电压偏高、偏低，或一些相电压偏高，其他相对地偏低等电压异常。根据低压配网相电压异常的原因，可分为持续性电压异常、暂时性电压异常。

1．暂时性的电压异常

形成原因和特性表现为：①变压器缺相运行，导致低压侧两相电压升高，一相电压降低；②三相负荷不平衡，用户使用大容量单相设备、电焊机，导致一相电压偏低；③低压配电线路接头接触不良或氧化，导致接头后段线路电压低；④变压器高压侧轻微匝间故障持续运行，也有可能导致低压侧相电压偏高。

2．持续性电压异常

形成原因和特性表现为：①供电半径大、迂回曲折供电、导线截面积小和设备老化导致导体电阻增加，形成的线路末端受电客户处低电压；②配电变压器重载、三相负荷不平衡，也是导致低电压的重要原因，其中三项负荷不平衡还有可能导致重载项电压偏低，而轻载项电压偏高，PEN线上有电；③变压器档位设置不合理，导致配变台区持续性的电压偏高或偏低；④无功补偿配置容量不足，季节性的用电负荷波动，变压器电压调节能力不足，导致的电压变低。

台区电压异常的排查

低压配电网电压异常可能导致设备损坏、触电等严重后果，因此快速排查电压异常原因，对配电网安全稳定运行具有重要的意义。根据运行经验，配变台区电压异常形成原因复杂，具体问题要根据现场实际情况综合分析。通常情况下，在台区中性点接地、重复接地及PEN线完好的情况下，由三相负荷不平衡，导线对地电容引起的PEN线带电非常小，可以忽略。由此可以通过排除电源侧故障原因、分析PEN线上电压特征来缩小排查的范围，具体的工作思路如下。

1．电压异常指征分析，缩小排查范围

充分利用集中采集终端，对采集数据进行分析，通过分析台区首端电压电流、客户端电压及用电量突增客户，可判断电压异常类型、故障点以及排查重点。例如：①如果大量客户反映荧光灯微亮，且有用户用电量突增，则基本上可确定用户户内导线发生了接地短路，导致PEN线带电；②如果有大量用户反映设备损坏，且配变首端电压保持不变，可断定PEN断线；③观察电压、电流曲线，在用电峰时段，首端出现三相电压、电流偏差大，且PEN线上有较大的电流，可判断三相负荷不平衡；④分析配电线路首端电压值是否在规定范围内或首端相间电压差异，排除变压器故障、缺相和分接头设置不合理等问题。

2．相线电压异常排查

如果出现持续性的电压偏低，且PEN线上有较小的电压，可以通过统计三项负荷是否平衡、检查线路线径、供电半径、变压器档位、无功补偿和变压器是否重载等问题，确定台区电压低是否属技术性电压异常。如果出现暂时电压异常，则可以通过断开变压器低压断路器，测量首端电压，排除电源侧故障；检查台区用户是否使用了大容量单相设备或电焊机，排除用户侧设备造成的相电压异常。

3．PEN线带电排查

根据PEN线带电的原因和配电网运行经验，带电排查原则可遵循先用户侧、后电网侧。①用户侧排查。将电量突增用户列为重点排查对象，采用钳形电流表检查用户内部设备是否存在漏电现象。如果用户设备无漏电且零线上带有电压，则将用户T接的相别列为重点排查对象。②供电线路故障排查。供电线路PEN线带电排查的方法较多，考虑大多农村配电网基本上属架空线路，采用分段法、电流法操作难度大，建议先用分相法确定故障相，电压法确定故障点。采用电压法时，通过观察用户处PEN线上的电压。一般情况下对地电压值较大的点，即为故障点。③PEN线及接地电阻检查。如果通过以上方法仍未查找到故障，应检查PEN线是否断线，PEN线及接地引下线是否存在虚接，接地电阻及重复接地是否符合要求。**EA**

（收稿日期：2020.06.07）