

[开关柜]

多源数据融合方法在开关柜状态评价中的应用

文/季国宾 张 慧
中海油能源发展装备技术有限公司

针对开关柜的结构和特点，研究了开关柜的各项监测参数，在开关柜的状态评价方面对开关的特征数据进行了选取与分类。同时，提出了多源数据融合方法，通过这一方法可对多源数据进行有效的过滤与提取，形成有效特征数据。最后将该方法应用于开关柜的状态评价中，对开关柜的多源数据进行融合，形成了真正有用的特征数据。通过实际案例验证了该方法对于开关柜的状态评价具有良好的适用性。

在电力配电系统中，开关柜起着重要的作用，开关柜用于控制电力设备的开关状态，对电力设备的安全运行起到了重要的保障。开关柜是配电系统中发生故障最频繁的设备，有资料统计显示，电力系统每发生5起故障，就有1起是开关柜故障导致的。随着我国电力能源网络的发展，开关柜的数量逐年增多，对于开关柜的检修工作也至关重要，每年开关柜的检修成本就占到了整个电网检修成本的一半左右。

开关柜采用封闭式结构设计，其内部结构精细复杂，部件组成较多，单独对开关柜某个部件进行状态评价并不能准确判断开关柜的运行状态。目前对于开关柜的状态评价方法与评价体系还处于单体评价阶段，没有系统性的完整评价方法。本文提出多源数据融合方法，对开关柜的多源数据进行特征提取，将多类型数据进行有效利用，解决数据利用率不足的问题。通过多源数据融合方法，可提高对开关柜的状态评价效果，有效降低设备的故障风险，为开关柜大数据状态评价提供可靠的手段。

开关柜特征量的选取

特征量的选取要保证以下几个原则：真实有

效、便于提取且互相补充。影响开关柜状态的因素较多，如何提取有效的特征是其中的关键，选取的特征量既要避免重复又要保证全面，同时还要考虑不同特征量之间的关联，以最少的数据来源为目标，达到特征提取的目的。

特征量的数据来源主要分为静态数据与动态数据。静态数据主要包含开关柜的参数信息、停电试验数据及负载信息等。动态数据包含内容较多，主要包括母线温度数据、环境温湿度数据、局部放电数据及实时负载率等。

1. 母线温度

开关柜的电能输送载体主要是母线，母线与母线、母线与竖线及母线与电缆之间的连接是通过大量螺栓和紧固件实现的，个别部件的松动可能造成发热现象，进而影响开关柜的运行。采用无源声表面波技术可以实时监测到母线的温度值，实时反映开关柜的温度情况。

2. 环境温湿度

环境温湿度的变化容易对开关柜的绝缘造成较大的影响。开关柜内部有大量的电缆接头，环境湿度较高容易造成接头部位的接触放电，对开关柜的绝缘造成影响。

根据现场调研结果,尤其在梅雨季节,由于环境湿度过高,导致开关柜表面发生局部放电现象,而环境温度有相对较小的影响;DC/T2106—2020《配网设备状态评价导则》中将环境湿度值纳入开关柜状态评价的状态量信息。基于以上原因,本文将环境湿度作为评价开关柜的特征量之一。

3. 负载率

开关柜的负载率也是影响开关柜健康状态的重要指标。当开关柜长期过载使用时,造成设备发热、绝缘劣化,故障率上升。而长期欠载也不利于设备的使用,设备使用效率低下,造成电能浪费,有必要通过EMS等监控软件对设备负载率进行监测。

4. 局部放电

据统计,局部放电是造成高压电气设备发生绝缘劣化的重要指标之一。电气设备在足够高场强作用下可能在接触不良或导体距离较近的区域产生局部范围的放电,称为局部放电。这种放电可能造成两段导体间形成局部桥接,产生持续性放电现象。微弱的局部放电对绝缘介质造成的影响较小,而强烈的局部放电会造成绝缘下降很快,长时间的局部放电也会对绝缘性能造成潜移默化的影响。局部放电是当前电气设备在线监测的一个重要指标,针对开关柜主要采用的检测技术主要为暂态地电压法(TEV)和超声波法(AE),这两种方法可有效测量开关柜的局部放电状况。

5. 绝缘电阻

在QGDW11252—2014《高压开关柜选型技术原则和检测技术规范》中明确了绝缘电阻是开关柜的必检项之一,每次停电检修期间,均应对开关柜的绝缘电阻进行测量。绝缘电阻能够直接反映一个设备的绝缘状况,可以判断设备各部件是否存在绝缘下降的情况,对于设备的状态评价具有重要意义。

多源数据融合方法

针对开关柜的大量多源数据,常规的状态评价方法适用性较差,无法对开关柜做出准确的状态评价,且单凭调度人员的经验决策是不现实的。因此,需要将多源数据融合方法应用到开关柜的状态评价中,提高对大量数据的分析与利用效率。对多源数据采用数据挖掘、数据筛选及数据提取等方

法,实现对数据特征量的精确提取,提取数据中的有效信息,过滤无效信息,为开关柜的状态评价提供有效的数据来源。

多源数据融合方法的整体框架图如图1所示。

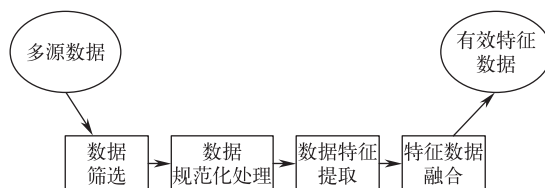


图1 多源数据融合方法

多源数据融合过程是一个数据处理与提取的过程,具体步骤如下:

- 1) 对不同源的数据进行数据筛选。在数据筛选环节要进行数据校验,验证数据是否真实有效,如出现错误数据或假数据,则通过筛选方法过滤掉。
- 2) 对筛选后的多源数据进行规范化处理。逐条数据核对其格式与类型,对不同源的数据进行统一化处理,方便数据的利用与提取。
- 3) 提取多源数据的数据特征,过滤无效数据。针对不同类型的数据建立专门的数据提取算法,提取数据中的关键有效信息,形成特征数据库。
- 4) 对特征数据进行数据融合,获得有效特征数据。

通过以上的数据融合过程,降低多源数据的冗余度,过滤无效数据,获得多源数据的有效特征数据,有效特征数据可用来进行数据分析工作。

算例验证

针对开关柜的有效数据集:母线温度、环境温度、湿度、负载率、局部放电及绝缘电阻,采用多源数据融合方法进行应用。

根据某35 kV开关柜的实际数据记录,其通过各监测系统获得的数据见表1~表4。

表1 某35 kV开关柜EMS监测数据

开关柜位号	测量时间	负载率(%)	电流/A	电压/kV
VCB-201	2021/12/07 13:28:04	64	50.24	34.78
VCB-201	2021/12/07 13:30:04	64	50.12	34.87
VCB-201	2021/12/07 13:32:04	64	50.31	34.57
VCB-201	2021/12/07 13:34:04	64	50.34	34.63
VCB-201	2021/12/07 13:36:04	64	50.22	34.59

表2 某35 kV开关柜环境温湿监测数据

房间	记录时间	温度/℃	湿度 (%)
主开关间	2021-12-07 13:28	22.87	57.4
主开关间	2021-12-07 13:29	22.73	58.6
主开关间	2021-12-07 13:30	22.79	57.8
主开关间	2021-12-07 13:31	22.64	57.2
主开关间	2021-12-07 13:32	22.81	57.6
主开关间	2021-12-07 13:33	22.86	57.1
主开关间	2021-12-07 13:34	22.78	58.3
主开关间	2021-12-07 13:35	22.67	56.8
主开关间	2021-12-07 13:36	22.68	57.3
主开关间	2021-12-07 13:37	22.89	57.8

表3 某35 kV开关柜监测系统数据

监测点位	监测时间	母线温度/℃	监测点位	监测时间	局部放电/mV
B相进线	2021/12/07 13:28:18	39.548	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:28:27	45.39
B相进线	2021/12/07 13:29:18	39.385	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:29:27	45.72
B相进线	2021/12/07 13:30:18	39.785	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:30:27	46.02
B相进线	2021/12/07 13:31:18	39.945	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:31:27	45.61
B相进线	2021/12/07 13:32:18	39.354	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:32:27	46.31
B相进线	2021/12/07 13:33:18	39.551	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:33:27	46.39
B相进线	2021/12/07 13:34:18	39.567	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:34:27	45.22
B相进线	2021/12/07 13:35:18	39.885	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:35:27	46.52
B相进线	2021/12/07 13:36:18	39.965	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:36:27	45.71
B相进线	2021/12/07 13:37:18	39.449	VCB-201电缆室	2021/12/07 13:37:27	45.83

表4 某35 kV开关柜停电试验记录

开关柜位号	绝缘电阻/ kΩ	回路电阻 (A相) /μΩ	回路电阻 (B相) /μΩ	回路电阻 (C相) /μΩ	交流耐电压 (A相) /kV	交流耐电压 (B相) /kV	交流耐电压 (C相) /kV
VCB-201	350	29.2	28.7	28.4	24	24	24

采用多源数据融合方法对某35 kV开关柜的大量多源数据进行融合与提取工作，最终形成的有效特征数据见表5。

表5 某35 kV开关柜的有效特征数据

记录时间	母排温度/℃	环境温度/℃	环境湿度 (%)	负载率 (%)	局部放电/mV	绝缘电阻/kΩ
2021-12-07 13:28	39.5	22.9	57.4	64	45.4	350
2021-12-07 13:30	39.8	22.8	57.8	64	46.0	350
2021-12-07 13:32	39.4	22.8	57.6	64	46.3	350
2021-12-07 13:34	39.6	22.8	58.3	64	45.2	350
2021-12-07 13:36	40.0	22.7	57.3	64	45.7	350

由表5可以看到，通过多源数据融合方法将开关柜的大量冗余数据和无效数据过滤掉，形成了真正有用的特征数据信息，同时对数据的格式规范进行了统一，数据简洁有效，可直接用来进行数据分析工作，将该方法用于开关柜的状态评价工作具有良好的适用性。

法，对开关柜的母线温度、环境温湿度、负载率、局部放电及绝缘电阻等多源数据，通过多源数据融合方法可有效地提取出其中的特征数据，并通过实际案例验证了该方法的真实有效，通过多源数据融合方法形成的数据包含设备的关键有效特征信息，可为开关柜的状态评价提供关键的基础数据。**EA**

(收稿日期: 2022-01-18)

结束语

本文提出了一种针对开关柜的多源数据融合方