

[开关设备]

一起10 kV配电室低压断路器 弧光短路故障分析

文/山东省诸城市义和车桥有限公司 赵立国

配电室起着变换电压和分配电能的作用，是电力系统输送电能到企业工厂终端用户的重要环节。其中，低压DW17系列万能低压断路器是配电室低压GGD柜中的一种开关装置，对电缆线路及其用电设备的过载，欠电压和短路进行保护，在配电室中的作用非常重要。

随着经济的发展，用电设备也随着不断增加，供电线路的负载逐渐增大，企业配电室的用电需求量也随之增加。配电室作为企业的重要组成部分，低压GGD柜内的DW17万能断路器有着重要的作用，选择合适的DW17万能断路器，便于电力系统的稳定和安全运行管理。

本文针对一起10 kV配电室低压DW17断路器弧光短路烧坏事故进行总结和分析，为配电室从业人员提供了处理此类事故的经验，并针对发生事故的原因提出防范措施及对策。事故中，因车间用电设备总功率大，电流过大，超出配电室低压GGD柜输出到生产车间的电缆线的安全载流量，引起电缆线过载发热，电缆线绝缘层发热软化，绝缘性能被破坏，从而引起电缆线发生相间电弧短路，最后导致配电室低压DW17万能断路器发生弧光短路烧坏，引起跳闸，全厂停电停产，给公司造成严重经济损失。

事故经过

2019年5月某天早上7:30左右，厂区突然全厂停电，电工急忙回到配电室，刚进配电室有一股刺鼻的焦糊味，有一低压GGD柜仍在冒烟，检查发现低压GGD柜内两台DW17万能断路器发生弧光短路烧坏并在冒烟，配电屏后门被电弧光熏黑，

两台DW17万能断路器烧毁，DW17万能断路器紧固螺栓与配电屏固定板发生弧光短路烧熔在一起，GGD柜内输出电缆线未发生异常，电缆线绝缘外层无发热烧焦、变形现象。

事故分析

事故发生后，电工紧急排查故障原因，因配电室低压GGD柜内下引出电缆线无过载发热变形现象，检查DW17万能断路器所控制电缆线的车间低压GGD柜及车间用电设备，均未发现故障。因此只有排查电缆沟内的电缆情况，检查是否有老鼠啃坏电缆现象。因出事故的DW17断路器带有两根负荷电缆线，只能从电缆沟内逐根排查。排查时，在电缆沟内发现一根电缆有异常，凸起一个大包，且有焦糊味。剥开电缆线外绝缘层检查发现，电缆线里面线路因过载发热粘连，绝缘性能被破坏导致发生相间电弧短路，短路点因发生电弧烧熔在一起，并最终引起低压DW17万能断路器发生弧光短路，并导致相邻的一台DW17断路器也发生弧光短路烧坏。因此作如下分析。

1) 发生事故的DW17万能断路器带有两根负荷电缆，在配电室只检测到该断路器所负载线路的最大电流约330~340 A，配电室人员不清楚每根电缆线的具体负载情况，不清楚每根电缆线所

负载的用电设备最大总功率和总电流是多少。

2) 经排查, 发生事故电缆线为70 mm²铝芯电缆。因厂房最初安装规划时, 未规划大量用电设备, 故只采用70 mm²的铝芯电缆。后来, 随着公司的发展, 生产规模的扩大, 不断增添用电设备, 分厂车间内部为了集中生产, 便于生产管理, 分厂车间规划, 把用电设备搬迁到一个生产区域内, 可以节员增效, 便于生产管理, 搬迁设备时, 分厂车间未与配电室进行沟通协商。

3) 70 mm²铝芯电缆安全载流量约171 A。生产车间把各用电设备搬迁集中到一条线路上时, 用电设备的总功率增大, 总电流也随之增大, 恰巧所有设备在一条70 mm²的铝芯电缆线上。经查设备的总功率约有112 kW, 最大总电流约218 A。平时生产运行约有165~180 A, 旺季生产运行电流约有185~210 A, 严重超出该电缆安全载流量171 A, 长时间过载运行, 致使电缆过载发热绝缘层软化, 而发生粘连。尤其是生产旺季期间, 车间生产量大, 用电多, 电缆绝缘层发热软化, 绝缘性能破坏, 导致绝缘层发生碳化导电, 电缆线发生相间电弧短路。

4) 配电室安装时, 低压GGD柜内的DW17万能断路器选型较大, 而DW17万能断路器所带负载的总功率电流小, DW17断路器不能对电缆线路和用电设备的实际负载情况进行过载和短路进行脱扣保护, 对电缆线路和用电设备起不到保护作用。如图1所示。

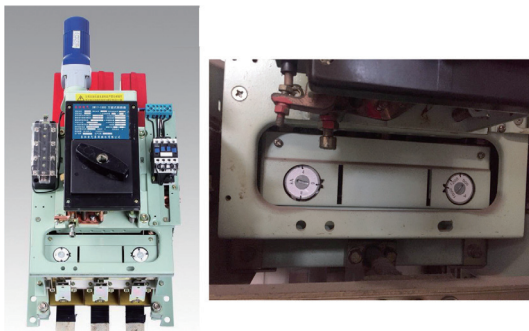


图1 DW17万能断路器

DW17断路器的过载脱扣电流值在900~1600 A, 出厂值在1600 A。实际该断路器所带负载最大运行电流340 A, 达不到DW17断路器长时间过载脱扣电流, DW17万能断路器起不到因过载脱扣跳闸保护作用。

DW17万能断路器的瞬时短路脱扣电流值在4~8 kA, 出厂值为6 kA, 安装使用后未调整到

最小位置4 kA。电缆线因过载电流大而发热, 引起电缆绝缘层发热软化粘连, 长时间运行, 绝缘层软化并导致碳化导电, 引起电缆线发生相间电弧短路现象。因刚开始短路电流小, 达不到瞬时短路脱扣电流6 kA, DW17万能断路器不能进行短路脱扣动作保护。

在旺季生产中, 用电设备电流大, 持续电弧短路电流使断路器发热, 导致DW17万能断路器脱扣元件发热失效, 最后发生严重弧光短路, 使断路器烧坏, 导致断路器紧固螺栓与配电屏固定板发生弧光短路, 紧固螺栓与固定板烧熔在一起, 并导致相邻的一台DW17断路器也跟随发生弧光短路烧坏, 致使两台断路器烧坏。

5) 在供电系统中, 带负荷开关电器触头通过大电流或因短路时产生火花, 当有足够大的电流, 使气体击穿, 并产生高温使气体电离, 高温使金属也产生汽化。因火花的主要物质是开关电器上汽化的金属, 如果开关的灭弧装置失效或产生的火花超出了灭弧装置的灭弧能力, 会使相邻的两相或相与地出现短路现象, 呈现弧状白光并产生高温的气体放电, 这种使电弧持续现象就是弧光短路。弧光短路是一种气体放电现象, 故障电弧燃烧期间产生的电弧效应包括压力效应、热(燃烧)效应、辐射和声效应。如图2所示。

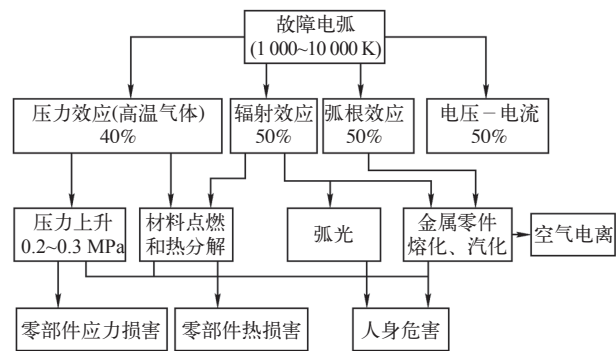


图2 弧光短路

压力效应: 电弧刚点燃时, 燃烧的电弧将周围的空气加热, 引起空气急剧膨胀, 气体压力上升, 在电弧点燃5~15 ms内, 压力上升到0.2~0.3 MPa, 而铜排汽化时, 体积膨胀67 000倍, 从而使柜内压力急剧上升, 故障电弧40%的能量产生压力效应, 在开关柜内产生巨大的压力, 将使开关柜的门可能炸开, 开关设备的某些不牢固的零部件或独立的部件因压力作用, 会脱离它们的固定机构, 危及附近的人。

热效应：电弧短路发生故障点的弧光温度可高达35 000°F，是太阳表面温度的4倍。如此高的温度使空气电离，将造成铜排、铝排熔毁和汽化，使电缆线熔毁。这些热量通过辐射形式使可燃材料（电缆线包覆层、操作人员的服装）着火，非可燃性材料产生热分解，使材料损坏，并造成柜内污损，保护漆焚毁，清理困难。

辐射和声效应：来自电弧的直接辐射一般不会对人员产生直接的危险，这是因为辐射水平低于危险水平（25 W/cm²）。然而，电弧辐射还会使人的皮肤灼伤，电弧燃烧产生强烈的闪光会刺伤人的眼睛，使人目眩，伴随着闪光还会有爆破声，爆破性的声音会使人的耳膜受损。

发生弧光短路时，首先看到的是强烈的弧光，伴随着这种现象，会冒出浓浓的黑烟和强烈的爆炸声，如果附近有人会灼伤皮肤，还会使人目眩。发生弧光短路有时还会引起更上一级跳闸，引发大面积停电，造成严重停电事故。

发生此次事故后，配电室更换两台DW17万能断路器，更换配电室到生产车间电缆4×185 mm²

铝芯电缆140 m，同时还有因停电而造成车间停产，延误给客户发货带来的损失。总之，此次事故的发生给公司造成重大经济损失。

防范措施

根据此次事故情况，公司迅速做出整改措施，令各配电室统计各个低压DW17用电量情况，并统计DW17断路器所带各条电缆负载所在的车间和用电设备总功率，作出汇总分析并上报公司动力部，并进行分类整改，防范此类事故的发生。

1) 配电室作为确保公司生产重要环节，各分厂生产单元在对用电设备新增或搬迁之前，必须与配电室进行沟通协商，查看所带负载电缆的安全载流量情况，能否再增加用电设备，不可超出电缆的安全载流量，如有需要则应新增加电缆线截面。

2) 配电室低压GGD柜内的DW17万能断路器要根据所带负荷的总功率和最大电流进行调整过载脱扣电流和瞬时短路脱扣电流以进行保护，如下表所示。

表 断路器过电流脱扣器的整定电流调节范围

项目		型号	DW17												备注	
			630	800	1000	1250	1600	1900	2000	2500	2900	3200	3900	4000		4005
过电 流脱扣器	过载长延时	200—300—400	✓	✓											任 选 一 种	
	脱扣器整定	350—500—630	✓	✓	✓											
	电流调节	500—650—800		✓												
	范围/A	500—750—1000			✓	✓	✓									
		750—1000—1250				✓										
		900—1200—1600					✓									
		900—1400—1900						✓								
		1000—1500—2000							✓							
短 路脱扣器		1500—2000—2500								✓					任 选 一 种	
		1900—2400—2900									✓					
	短路短延时	3—4—5	✓	✓	✓	✓										
	脱扣器整定	5—6.5—8	✓	✓	✓	✓	✓									
	电流调节	8—10—12						✓	✓	✓	✓					
	范围/A	8—12—16										✓				
		10—15—20											✓	✓		✓
	短路瞬时	2—3—4	✓	✓	✓	✓										
脱扣器		4—6—8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						任 选 一 种	
	脱扣器调整	6—9—12						✓	✓	✓	✓					
	范围/kA	8—12—16									✓	✓				
		10—15—20											✓	✓		✓

3) 配电室要把低压输出电缆做出标记，电缆线径、电缆走向、所在车间和所带设备总功率等做上标记卡。

4) 配电室要根据实际负荷选用合适的和符合生产规程标准的DW17万能断路器。

5) 电缆安装时避免磨损，损坏外绝缘层，避免有尖锐铁质扎坏或损坏绝缘层，在有拐弯时弯曲半径要符合规程，不要拐直角弯，要留有弯曲余量，要注意电缆防止鼠害、虫害等造成电缆绝缘损伤。

（下转第74页）

第三方平台或APICloud提供的下载链接自动下载安装。

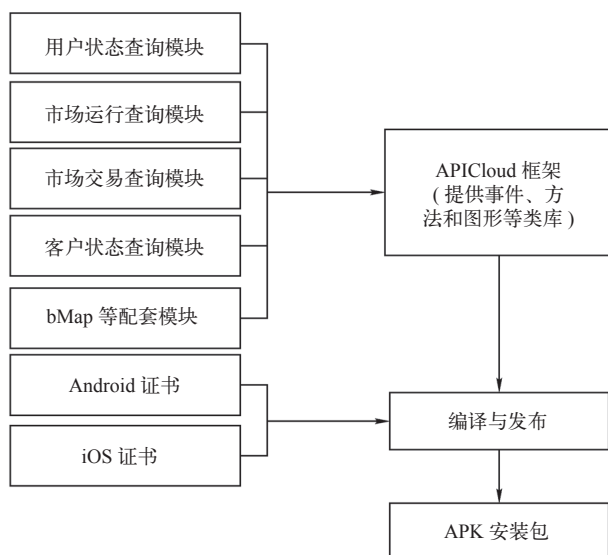


图2 软件开发流程

2. 应用效益

本文所提出的基于APICloud的电力市场综合业务移动平台已在蒙西电力市场得到了实际的应用实践。作为全国最早的电力体制改革试点地区，也是全国首批电力现货市场试点地区，蒙西电力市场的各项改革走在全国前列。

然而随着电力市场改革的不断深入，市场用户规模不断扩大，用户对市场交易信息及时查询、便捷分析的需求与日俱增。

通过本移动平台的开发与实践，实现了如下三方面效益：

1) 丰富了市场运营机构的信息发布途径与渠道。传统模式下，市场运营机构信息发布主要依赖与电脑终端，时效性相对较差，信息发布不及时的情况时有发生，而移动平台则有效地补充了信息发布机制。由于当前市场成员对移动互联网依赖性较强，信息发布及时性大幅提高。

2) 满足了用户及时便捷查询市场信息的使用需求。该平台充分满足了用户对数据信息随时、随地便捷查询的需求，降低了电话咨询等人工咨询方式的工作量，提高了工作效率。

3) 为市场监管机构提供了更加灵活的监管手段。在传统监管方法外，市场监管机构能够通过移动平台随时掌握市场运行情况，为监管及时性提供了便捷工具。

结束语

本文围绕电力市场成员对电力市场综合业务移动平台的使用需求，在APICloud平台基础上提出了一套面向移动平台的系统功能设计和开发设计，并介绍了该平台实际应用情况。

结合当前我国电力市场发展实际，后期可以考虑从显示界面设计、数据管理等方面开展深入研究，以进一步提升系统平台的实用性。EA

(收稿日期：2019.11.30)

(编辑：朱金凤)

(上接第45页)

结束语

10 kV配电室在电力供电系统中起到了保证用电质量和供电稳定的作用，它与电力系统中配电设备的正常运行密不可分，起着不可忽视的作用。10 kV配电室低压GGD柜的作用非常大，要选用符合生产规范标准的DW17万能断路器。选择合适的DW17万能断路器对电缆线路和用电设备进行保护，也可以保护电动机和

整流装置，免受过载、短路和欠电压等不正常情况的危害。低压DW17万能断路器的选型规范化有着重要的意义，DW17断路器稳定、安全的运行，极大地方便了电力系统的管理，企业的生产也可顺利进行，从而增加企业的经济收入。EA

(收稿日期：2019.06.26)

(编辑：朱金凤)