

配电网典型故障 案例分析

国网北京市电力公司电力科学研究院 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

配电网典型故障 案例分析

国网北京市电力公司电力科学研究院 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《配电网典型故障案例分析》包括配电网架空线路、配电电缆线路和配电室设备故障分析典型案例，共收录案例 40 余例覆盖了主要的配电网设备和主要的故障类型，具有一定的代表性和典型性。书中详述了每个案例的故障设备情况、故障处理过程、试验检测情况、设备解体分析和故障原因分析，并根据故障原因提出了极具针对性的设备运行维护建议。

本书可供从事电力设备运行维护、技术管理和技术研究的广大人员参考和借鉴。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电网典型故障案例分析/国网北京市电力公司电力科学研究院编. —北京: 中国电力出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-5198-0288-2

I. ①配… II. ①国… III. ①配电系统—故障诊断—案例
IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 009609 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2017 年 1 月第一版 2017 年 1 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 9.25 印张 150 千字

印数 0001—2000 册 定价 60.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

编 委 会

主 任：陈 平 王 鹏

副主任：周松霖 林 涛 李国昌 张学哲

朱 洁 张宏宾 周 宇 韩 良

王继永 常立智 娄奇鹤 薛 强

委 员：任志刚 辛 锋 王彦卿 原宗辉

段大鹏 于希娟 洪沅伸 张雅静

王乐平 张亚楠 李洪斌 伍亚萍

本书编写组成员

李 伟	齐伟强	周 恺	石 磊	刘弘景	赵雪骞
刘若溪	任志刚	叶 宽	赵建勇	程 序	陆宇航
李明春	马光耀	桂 媛	王文山	徐兴全	郭 卫
晋文杰	李明忆	吴麟琳	钱梦迪	杨 博	周 峰
秦 欢	孙致远	张 琛	董方舟	杨 芮	张祎果
王 谦	蔡瀛森	车 瑶	谷 禹	张天辰	孟 颖
张玉佳	谢 欢	李邦彦	耿江海	杨 亮	于 彤
方 烈	李春生	王志勇	于桂利	程志宏	赵 静

前言

配电网作为最基础的电力设施，与广大电力用户直接相连，是电能传输链条的重要环节，电力设备故障会影响电力系统的安全稳定运行及供电可靠性，专业深入的故障分析工作有助于查明故障原因并提前采取必要的措施，避免类似故障的发生，对于提高电力设备健康运行水平以及技术人员综合素质具有重要意义。虽然故障具有偶发性和随机性，但分析和处理故障也有一定的流程和规律，本书既可以给运行、检修人员提供启示与思考，还可以为电力设计、施工人员提供一些提示和参考，也可给电力设备生产厂商提供一定的设备运行信息。

本书有别于一般理论阐述较多的同类图书，收集的案例均取自现场，紧紧围绕电网运维人员，案例分析既有详细的文字描述，又包括大量的现场照片和技术数据，具有一定的技术性和代表性。从现场实际出发，将故障按照不同类型进行分类，对各类故障所产生的现象、故障分析、处理流程的关键点进行由浅入深、由易到难的详细阐述，本书图文正茂、内容丰富，具有通俗易懂、指导性强、可操作性强、使用广泛的鲜明特点。

由于编写人员水平有限，书中难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

陈平

2016年12月

目 录

前言

第一章 配电网架空线路设备故障分析典型案例	1
第一节 配电网架空线路故障概述	2
第二节 配电变压器故障案例	2
案例一 生产工艺不良造成配电变压器故障	2
案例二 低压短路造成低压配电箱故障	6
案例三 肘型电缆终端密封不良造成配电变压器故障	11
案例四 产品质量问题导致配电变压器故障	18
第三节 柱上负荷开关故障案例	25
案例一 密封不良导致柱上负荷开关故障	25
案例二 内置电压互感器质量不良造成柱上分界负荷开关故障	27
第四节 柱上电压互感器故障案例	35
案例一 接线错误造成柱上电压互感器故障	35
案例二 产品质量不良造成柱上电压互感器故障	39
第五节 导线故障案例	44
案例一 接触不良造成导线断线	44
案例二 雷击造成导线断线	45
第六节 避雷器典型案例	48
案例一 密封不良造成避雷器阀片侧闪	48
案例二 雷击造成避雷器阀片击穿	50
案例三 交界面存在气隙造成避雷器阀片侧闪	52
案例四 自然原因导致避雷器故障	55
第七节 绝缘子典型故障案例	58
案例一 老化造成绝缘子击穿故障	58
案例二 雷击造成箴位绝缘子沿面闪络故障	61

第八节 熔断器典型故障案例	63
案例一 锈蚀卡涩原因造成跌落式熔断器故障	63
案例二 产品质量不良造成喷射式熔断器故障	65
第九节 隔离开关典型故障案例	69
案例 表面积污造成隔离开关故障	69
第十节 户外环网柜典型故障案例	73
案例一 防凝露设计不良造成户外环网柜故障	73
案例二 受潮造成户外环网柜开闭器故障	77
第二章 配电电缆线路设备故障分析典型案例	81
第一节 配电电缆线路故障概述	82
第二节 电缆本体典型故障案例	82
案例一 老化造成 10kV 油纸电缆故障	82
案例二 产品质量问题造成 10kV 电缆故障	86
案例三 严重弯曲造成 10kV 电缆故障	90
案例四 受力变形造成 10kV 电缆故障	91
第三节 电缆中间接头故障典型案例	93
案例一 防水密封处理不良造成 10kV 电缆中间接头故障	93
案例二 过度弯曲造成 10kV 电缆中间接头故障	95
案例三 应力锥安装错位造成电缆中间接头故障	97
案例四 主绝缘打磨粗糙造成电缆中间接头故障	98
第四节 电缆终端故障典型案例	100
案例一 主绝缘严重割伤造成电缆终端故障	100
案例二 主绝缘划伤造成电缆终端故障	102
案例三 老化造成热缩电缆终端故障	103
案例四 电场控制不良造成热缩型电缆终端故障	105
第三章 配电站室设备故障分析典型案例	109
第一节 开关柜典型故障案例	110
案例一 受潮造成开关柜故障	110
案例二 断路器质量不良造成配电室全停故障	115
第二节 所内变压器典型故障案例	119
案例一 匝间绝缘薄弱造成所内变压器故障	119

第三节 母线避雷器典型故障案例.....	123
案例 产品质量不良造成母线避雷器故障.....	123
第四节 环网柜典型故障案例.....	126
案例一 发热异常造成环网柜故障.....	126
案例二 受潮造成环网柜故障.....	129
第五节 电压互感器典型故障案例.....	132
案例 质量原因造成电压互感器故障.....	132



第一章

配电网架空线路设备故障 分析典型案例

第一节 配电网架空线路故障概述

配电线路是整个电网系统的终端，具有线长、面广、点多、路径复杂等特点，受地理位置、条件、气候、环境的影响较大，故障率高，直接影响工农业生产和人民生活质量，因此，提高配电线路的供电可靠性具有重大意义。配电线路中配电设备种类繁多、型号复杂多样、数量众多，且缺乏有效的在线监测手段，难以及时发现设备缺陷隐患，及时抑制故障发生；而一旦设备故障后，为尽快恢复供电，即采取换新的方式，至于导致设备故障的原因、避免设备故障的反事故措施（以下简称反措）均无明确的探索和研究。国网北京市电力公司为降低配电网（以下简称配网）设备故障率，深入研究配网设备故障原因，提高配网线路运维水平，要求针对每起配网设备故障明确其故障原因，并提出应对措施避免同类事故再次发生，为实现配网设备全寿命周期管理保驾护航。

本章着重介绍配电设备故障原因，包括配电变压器、柱上负荷开关、柱上电压互感器、架空导线、避雷器、绝缘子、熔断器、隔离开关和户外环网柜等 10 类设备。每起案例都详细介绍了故障基本情况、故障推演过程，同时为保证配电网安全运行提出了相应的建议和意见，为同行在今后遇到相同故障提供参考。

第二节 配电变压器故障案例

案例一 生产工艺不良造成配电变压器故障

1. 故障基本情况

2012 年 12 月 19 日 4 时 58 分，10kV 某线路 216 断路器零序Ⅱ段跳闸，自动重合闸不成功，手动合闸不成功。经检修人员检查发现该线路 049 变压器本体故障。

该故障变压器为 2009 年 1 月生产的 S11-M 型油浸式变压器，2009 年 5 月 30 日投运，联结组标号 Dyn11。

故障发生时刻该变压器所带负荷未达到最高峰，其中 A 相 225A，B 相 200A，C 相 240A。经运行单位反馈和查阅相关系统可知，该变压器自投运起

至本次故障发生期间，变压器负荷正常，无异常情况。

2. 故障原因分析

2.1 试验分析

对该变压器进行绝缘电阻和直流电阻试验，试验相关信息见表 1。通过绝缘电阻试验可知高压绕组发生绝缘击穿，低压绕组正常；通过直流电阻试验初步判断 B 相高压绕组存在断路情况，三相低压绕组正常。

表 1 试 验 情 况

绝缘电阻 (MΩ)	高压对低压及地		低压对高压及地	
	0		2000	
直流电阻 (Ω)	高压侧	AB	BC	CA
		6.368	12.73	6.372
	低压侧	a0	b0	c0
		0.002802	0.002790	0.002286

2.2 解体分析

通过对故障变压器进行解体分析发现：

- (1) C 相底部有油渍和浸渍，表明其局部密封不良，存有渗漏油情况。
- (2) 变压器的铁芯多处有锈蚀痕迹；变压器铁芯及绕组与顶盖固定牢固，变压器高、低压绕组上端部和侧面无放电痕迹。
- (3) 三相高压绕组上端部的层间绝缘纸条发生断裂，并且已失去韧性，很容易折断。
- (4) 绕组与底部夹件之间的垫块有缺失情况，其中 C 相绕组的底部垫块正常，为 5 块；A、B 两相绕组底部分别缺失 2 块、3 块垫块；该变压器绕组与金属夹件之间的垫块并无其他特殊固定方式，直接插入在绕组和金属夹件之间，后经查实垫块滑落至油箱底部。
- (5) B 相高压绕组由于 3 块垫块缺失，造成绕组受力不平衡，高压绕组下移，几乎坐在底部金属夹件上；B 相高压绕组底部对附近的铁芯和金属夹件放电，且变压器箱内油质已发黑，有大量碳素且有异味，箱底有滑落的垫块。

相应照片如图 1～图 8 所示。



图 1 C 相底部附近有油渍



图 2 变压器上端固定情况



图 3 变压器铁芯锈蚀



图 4 高压绕组上端层间绝缘纸条折断



图 5 A、B 两相绕组与底部金属夹件之间垫块滑脱

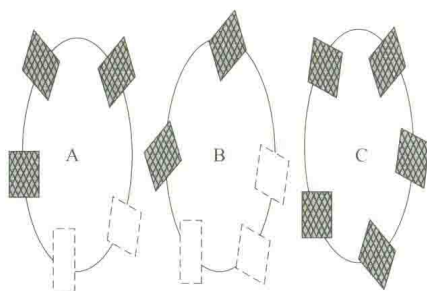


图 6 三相绕组与下金属夹件之间垫块数量和分布示意图
(虚框表示垫块缺失)



图 7 B 相高压绕组底部放电点



图 8 铁芯和金属夹件放电点

2.3 故障原因分析

从变压器接线方式上分析：故障变压器的高压绕组采用三角形接线，高压绕组的底部导体电压依然为相电压，为了保持足够的绝缘强度，需要与附近的铁芯和金属夹件保持足够的安全距离。

从解体情况分析：通过解体可知该变压器的 B 相高压绕组由于木质垫块缺失 3 块，造成高压绕组严重受力不平衡，使高压绕组发生下移，几乎与底部金属夹件接触，因此在此种情况下无法保证必要的绝缘安全距离。

从故障点位置上分析：该变压器故障通道为 B 相高压绕组底部对附近的铁芯和金属夹件放电，从故障位置上可知与垫块缺失、高压绕组下移有必然的联系。

根据上述分析可知，该变压器的故障原因为 B 相高压绕组与金属夹件之间的垫块滑脱，使高压绕组与金属夹件之间距离过近造成。

为进一步分析垫块缺失的原因，将该变压器垫块固定方式与其他厂家生产的变压器固定方式进行对比。其他厂家生产的变压器底部垫块固定方式为：高压绕组与底部金属夹件之间使用木板进行隔离，并且将垫块黏结在木板上，防止木板错位或者滑脱，如图 9 所示。



图 9 其他厂家生产的变压器垫块固定方式

通过对比可知，故障变压器的垫块不仅数量少，而且固定方式简单、容易滑脱，无法保证有效固定，从而留有严重的安全隐患，属于产品质量缺陷。

3 结论与建议

3.1 结论

经过试验与解体分析得出如下结论：

(1) 由于故障变压器的 B 相高压绕组底部垫块滑脱，造成高压绕组对铁芯与金属夹件放电，引发该路 216 断路器零序Ⅱ段跳闸。

(2) 该变压器垫块固定方式简单，无法保证垫块有效固定，是垫块滑脱的主要原因，属于产品质量缺陷。

3.2 建议

建议组织各供电公司对该厂家同批次的变压器进行梳理，并结合停电检修计划，选取 1~2 台变压器进行解体，排查是否存在类似缺陷。

案例二 低压短路造成低压配电箱故障

1. 故障基本情况

2014 年 12 月 4 日 18 时 35 分，某 10kV 线路 030 变压器配电箱着火，造成该变压器一次熔丝两相掉落，抢修人员将配电箱拆除后，试送变压器一次熔丝，测量低压侧电压正常。5min 后，该路上级电源开关零序Ⅰ段跳闸，重合不成功，试送零序Ⅱ段跳闸不成功，发现该变压器故障喷油。

故障变压器为某厂家 2014 年 8 月生产的 S13-M-315/10 型油浸式变压器。投运时间为 2014 年 12 月 2 日，联结组标号 Yyn0。

故障低压配电柜为某厂家 2014 年 11 月生产的 HDJP 型非金属低压无功补偿柜。投运时间为 2014 年 12 月 2 日。

该变压器离故障发生时刻最近一次负荷测量结果如下：2014 年 12 月 3 日晚间负荷电流（低压）：A 相为 198A，B 相为 201A，C 相为 205A。

2. 故障原因分析

2.1 试验分析

对该变压器进行绝缘电阻和直流电阻试验，试验相关信息见表 1。通过绝缘电阻试验可判断高压绕组正常，低压绕组对地发生击穿。通过直流电阻试验可判断高压绕组正常，低压 b 相绕组短路。

表 1

试 验 情 况

绝缘电阻 (MΩ)	高压对低压及地		低压对地	
	5000		0	
直流电阻 (Ω)	高压侧	AB	BC	CA
		2.919	2.909	2.941
	低压侧	a0	b0	c0
		0.002172	0.000357	0.002171

2.2 故障原因分析

2.2.1 变压器解体分析

通过对该故障变压器解体发现：

- (1) 压力释放阀有喷油痕迹；
- (2) B 相低压绕组发生明显向上位移，导致变压器部分铁芯硅钢片错位；
- (3) 铁芯硅钢片与金属夹件之间绝缘距离减少，并有明显的放电痕迹；
- (4) B 相低压绕组匝间多处放电，且已经烧断；
- (5) 三相铁芯上均有不同程度的放电痕迹。

相应照片如图 1～图 6 所示。



图 1 压力释放阀喷油痕迹



图 2 变压器 B 相低压绕组发生位移



图 3 变压器铁芯硅钢片错位

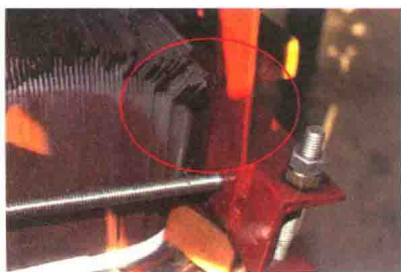


图 4 变压器铁芯与夹件之间放电点



图5 B相低压绕组烧断位置



图6 铁芯放电痕迹

2.2.2 低压配电柜解体分析

通过对低压配电柜解体发现：

(1) 低压配电柜后柜门有明显过火痕迹，燃烧后的碳素粉末充满整个柜内；

(2) 熔断器式隔离开关已经完全烧毁，且C相开关烧毁最为严重；

(3) C相进线母线固定螺母与螺栓已完全烧毁，与其相邻的B相进线母线也有明显的电弧烧伤痕迹；

(4) C相开关上静触头已经完全烧毁，B相开关上静触头也存在严重的电弧烧蚀痕迹，A相烧蚀痕迹相对较轻；三相开关下静触头均存在电弧烧蚀痕迹；

(5) B、C两相熔断器的瓷件已经破损，测量三相熔断器均为导通状态；

(6) 出线开关内部无放电痕迹，结构完好；

(7) 放电点处母排的电气间隙距离符合要求。B、C相母排电气间隙为45mm，大于GB 7251.1—2013《低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则》中规定的值（非均匀电场8mm，均匀电场3mm）。

相应照片如图7～图15所示。



图7 低压配电柜内部情况图



图8 烧毁的C相开关进线



图 9 上静触头烧蚀情况



图 10 下静触头烧蚀情况



图 11 B、C 相熔断器已经破损的瓷件



图 12 C 相熔断器内部情况



图 13 出线开关外观



图 14 出线开关内部

2.2.3 低压熔断器选择分析

计算配电变压器阻抗。

配电变压器的阻抗计算式如下

$$Z_T = \frac{u_k \% U_{N2}^2}{100 S_N} \times 10^6$$

代入相关参数得

$$Z_T = \frac{3.98 \times 0.4^2}{100 \times 315} \times 10^6 = 20.20(\text{m}\Omega)$$



图 15 出线开关内部与母线连接处