

变 压器 类 设 备
故 障 分 析 与 预 防

山东电网变压器类设备 典型故障分析与预防

2006~2015 年

国网山东省电力公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

变
压
器
类
设
备
故
障
分
析
与
预
防

山东电网变压器类设备 典型故障分析与预防

2006-2015 年

国网山东省电力公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为进一步提高变压器类设备运维管理水平,国网山东省电力公司组织收集了山东电网在运变压器、互感器、无功补偿、避雷器等变压器类设备的运行信息,组织专家从运行年限、制造厂家、电压等级、故障部位4个方面进行统计分析,并通过典型案例对变压器类设备短路损坏、内部绝缘受潮、发热等故障进行总结提炼,针对故障类型提出相应的改进措施。全书包括概述、变压器、互感器、无功补偿设备和避雷器5章内容。

本书对于分析变压器类设备缺陷和故障,制定有效的改进措施,提高其生产制造、安装调试以及现场运行水平具有很好的指导意义。可供电力系统工程人员和管理人员使用,也可作为其他相关人员的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

山东电网变压器类设备典型故障分析与预防:2006~2015年/国网山东省电力公司运维检修部组编. —北京:中国电力出版社,2017.8

ISBN 978-7-5198-0630-9

I. ①山… II. ①国… III. ①电力变压器-故障诊断-山东②电力变压器-事故预防-山东
IV. ①TM41

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第070349号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:邓慧都

责任校对:马 宁

装帧设计:王英磊 张 娟

责任印制:邹树群

印 刷:北京瑞禾彩色印刷有限公司

版 次:2017年8月第一版

印 次:2017年8月北京第一次印刷

开 本:710毫米×980毫米 16开本

印 张:7.75

字 数:135千字

印 数:0001—2000册

定 价:48.00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 张方正
- 副 主 任 冀肖彤 任志刚 张贺军 杨立超 刘 凯
白万建
- 委 员 刘洪正 高晓东 逯怀东 贾亚军 陈 静
林凡勤 刘 斌 王彦良 王 勇 张荣华
吴 斌 胡晓东 范云鹏 丁 锐 李 林
任 杰 陈应纪 武志刚 任 力
- 编写组组长 任志刚
- 编写组副组长 杨立超 王兴照 周大洲 吴 强 韩克存
杨 波 雍 军
- 编写组成员 黄 锐 孙 杨 杜修明 吕俊涛 张 民
解晓东 朱文兵 慈文斌 赵 锐 盛瑞明
王 宁 赵信华 孙忠凯 管有为 张东峰
邢海文 贾寅飞 周加斌 朱孟兆 孙晓斌
陈玉峰 辜 超 庄燕飞 耿玉杰 吕守国
张 庆 刘兆元 王 涛 马建生 孙安国
陈晓红 黄振华 张朝辉 张召峰 渠志江
刘宏伟 刘海泳 孙承超 张卫国 王跟鹏
亓延锋 程云翔

山东电网变压器类设备典型故障分析与预防
(2006~2015年)



前言

变压器类设备是变电站中的核心设备,担负着电能输送、电压转换,测量系统电压、电流,补偿系统无功的重要作用。避免变压器类设备故障,是电网运行检修工作的重中之重。然而,在长期运行中,受设备本身设计制造技术、安装工艺以及运行维护水平的限制,加上设备自身发热引起绝缘老化,组部件质量不良、过负荷等都会使变压器类设备运行条件恶化,引发事故或隐患。因此,如何运行维护变压器类设备成为电力企业关注的重点问题。

为进一步提高变压器类设备运维管理水平,国网山东省电力公司组织收集了山东电网在运变压器、互感器、无功补偿设备、避雷器等变压器类设备的运行信息,组织专家从运行年限、制造厂家、电压等级、故障部位4个方面进行统计分析,并通过典型案例对变压器类设备短路损坏、内部绝缘受潮、发热等故障进行总结提炼,针对故障类型提出相应的改进措施。全书共5章,内容包括概述、变压器、互感器、无功补偿设备和避雷器的基本知识介绍、装用现状、运行情况、典型问题及提升措施。

本书凝聚了编写团队多年积累的成果,侧重于实际应用,对于分析变压器类设备缺陷和故障,制定有效的改进措施,提高其生产制造、安装调试以及现场运行水平具有很好的指导意义。可供电力系统工程人员和管理人员使用,也可作为其他相关人员的参考教材。

由于编者水平有限,书中内容难免有不妥之处,诚盼读者批评指正,提出宝贵意见。

编者

2017年3月



目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 变压器类设备装用情况	3
1.2 变压器类设备故障情况	3
第 2 章 变压器	5
2.1 概述	7
2.2 变压器装用情况	9
2.3 运行情况统计分析	11
2.4 典型案例及改进措施	18
第 3 章 互感器	45
3.1 概述	47
3.2 设备装用情况	49
3.3 运行情况统计分析	54
3.4 存在问题及改进措施	60
第 4 章 无功补偿设备	67
4.1 概述	69
4.2 设备装备情况	73
4.3 运行情况统计分析	78
4.4 典型问题及改进措施	84
第 5 章 避雷器	93
5.1 概述	95
5.2 设备装用情况	98
5.3 运行情况统计分析	101
5.4 典型问题及改进措施	108

第1章

概 述



1.1 变压器类设备装用情况

截至 2015 年底, 山东电网在运 110kV 及以上变压器共 3471 台, 总容量 307 589MVA; 110kV 及以上互感器共 19 208 台, 其中电流互感器 11 781 台, 电压互感器 7427 台; 110kV 及以上变电站内电容器组 (包含串抗) 共 21 086 组; 110~500kV 独立避雷器 (按安装位置系统标称电压统计, 下同) 共 14 859 台, 用于无功补偿的并联电抗器共 151 组。各电压等级变压器类设备详细装用情况见表 1-1 和图 1-1。

表 1-1 变压器类设备装用统计表 单位: 台

电压等级 设备类型	500kV	220kV	110kV	35kV	10kV	合计
变压器	216	744	2511	/	/	3471
互感器	1232	4942	13 034	/	/	19 208
避雷器	825	4331	9703	/	/	14 859
无功补偿设备	/	/	/	4142	17 095	21 237

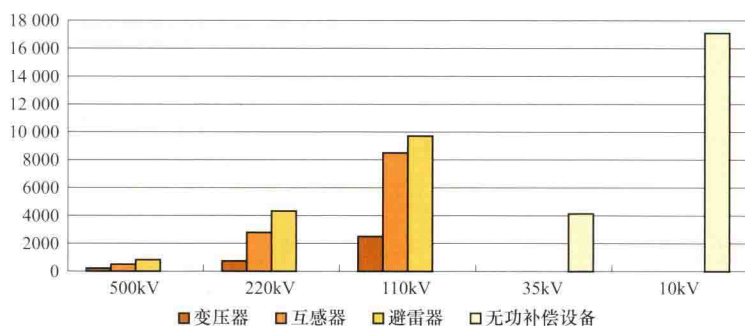


图 1-1 变压器类设备装用情况统计图

1.2 变压器类设备故障情况

近 10 年来, 变电设备共发生变压器类设备典型故障 100 次, 其中变压器故障 45 次, 互感器 15 次, 无功补偿设备 32 次, 避雷器 8 次。其中变压器、无功补偿设备故障率较高, 分别为 0.012 9 次/(台·年) 和 0.151 次/(百台·年)。



各电压等级变压器类设备故障详情见表 1-2 和图 1-2。

表 1-2

变压器类设备故障统计表

单位：台

电压等级 设备类型	500kV	220kV	110kV	35kV	10kV	合计
变压器	1	26	18	/	/	45
互感器	1	6	8	/	/	15
无功补偿设备	/	/	/	25	7	32
避雷器	1	4	3	/	/	8

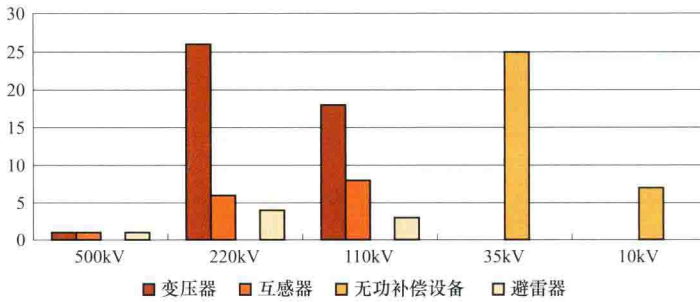


图 1-2 变压器类设备故障情况统计图

第2章

变 压 器

电力变压器是变电站的核心设备之一，其主要作用是将电能由它的一次侧经电磁能量的转换传输到二次侧，同时根据需要电压升高或降低。变压器内部结构复杂，运行中会受到电、磁、热、力等因素的共同作用。如果在设计、材质、制造、安装等环节把控不严，变压器极易发生多种缺陷甚至导致故障跳闸，而变压器一旦发生故障，维修复杂、所需时间长、影响面积大，因此应对其质量问题进行重点管控。

2.1 概述

2.1.1 电力变压器分类

2.1.1.1 按用途可分为升压变压器和降压变压器两类。图 2-1 为 220kV 三相升压变压器。

2.1.1.2 按相数可分为单相变压器和三相变压器两类。图 2-2 为 500kV 单相变压器。



图 2-1 220kV 三相升压变压器



图 2-2 500kV 单相变压器

2.1.1.3 按绕组数量可分为单绕组变压器（为两级电压的自耦变压器）、双绕组变压器和三绕组变压器三类。图 2-3 为 10kV 双绕组变压器。

2.1.1.4 按绕组材料可分为铜导线变压器和铝导线变压器两类。

2.1.1.5 按调压方式可分为无调压变压器、无励磁调压变压器和有载调压变压器三类。图 2-4 为 220kV 有载调压变压器。



图 2-3 10kV 双绕组变压器



2.1.1.6 按绝缘介质可分为油浸式变压器、干式变压器和 SF₆ 气体绝缘变压器三类。图 2-5 为 35kV 干式变压器。



图 2-4 220kV 有载调压变压器



图 2-5 35kV 干式变压器

2.1.1.7 按冷却方式可分为自然冷却 (AN)、油浸自冷 (ONAN)、油浸风冷 (ONAF)、强油风冷 (OFAF)、强油导向风冷 (ODAF)、强油水冷 (OFWF) 六类。

2.1.2 电力变压器主要结构及组附件

变压器是根据电磁感应原理制造出来的电气设备，其本体主要由绕组和铁心组成。另外还包括绝缘介质、油箱以及必要的附件等。

2.1.2.1 铁心

铁心是变压器的磁路，它由硅钢片及夹紧装置组成，它有两个作用：一是铁心的磁导体构成了变压器的磁路，它把一次电路的电能为磁能，又由自己的磁能转变为二次电路的电能为，因此它是能量转换的媒介。二是铁心外面套有绕组，支持着引线，几乎安装了变压器内部的所有部件。

2.1.2.2 绕组

绕组是变压器的电气回路，其主要作用是：一次绕组将系统的电能引进变压器中，而二次绕组将电能传输出去，因此绕组是传输和转换电能的主要部件。

2.1.2.3 绝缘介质

对于油浸式变压器而言，为了减少变压器内部的主纵绝缘距离而充以变压器油（矿物油），绝缘介质另外一个作用是散出绕组和铁心在运行时所产生的热量。

2.1.2.4 油箱

可分为筒式和钟罩式油箱，它的作用是作为变压器本体及绝缘介质的容器，使变压器构成一个完整的结构整体。

2.1.2.5 附件

变压器主要附件是套管、分接开关、冷却系统、储油柜、气体继电器、温度计、压力释放装置等。

2.2 变压器装用情况

2.2.1 按电压等级统计

截至2015年底，山东电网在运110kV及以上变压器3471台，总容量307589MVA。其中，500kV变压器216台（分相设备每相为一台），占6.22%，容量62025MVA，占20.16%；220kV变压器744台，占21.43%，容量128760MVA，占41.86%；110kV变压器2511台，占72.34%，容量116804MVA，占37.97%。变压器装用情况按电压等级统计见表2-1及如图2-6和图2-7所示。

表 2-1 变压器装用情况统计表

电压等级	500kV	220kV	110kV	合计
数量（台）	216	744	2511	3471
容量（MVA）	62 025	128 760	116 804	307 589

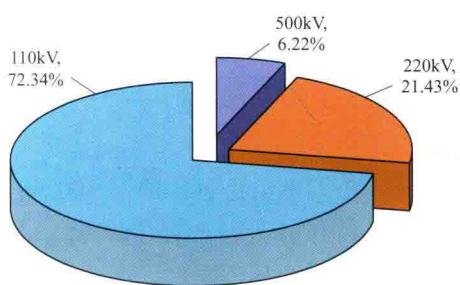


图 2-6 变压器装用台数分布图

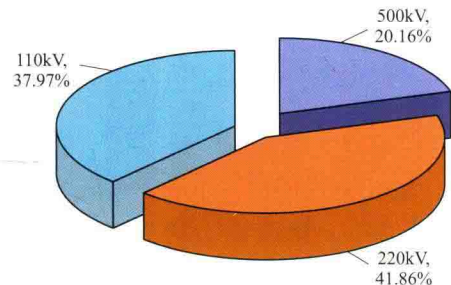


图 2-7 变压器装用容量分布图

2.2.2 按运行年限统计

运行5年以内的1340台，占38.61%；运行6~10年的996台，占28.69%；运行11~15年的678台，占19.53%；运行16~20年的292台，占



8.41%；运行 21~25 年的 120 台，占 3.46%；运行 26~30 年的 41 台，占 1.18%；运行超过 30 年的 4 台，占 0.12%。变压器装用情况按运行年限统计表 2-2，如图 2-8 所示。

表 2-2 变压器运行年限统计表 单位：台

运行年限	5 年以内	6~10 年	11~15 年	16~20 年	21~25 年	26~30 年	30 年以上	合计
500kV	66	92	40	9	6	3	0	216
220kV	307	239	102	54	28	12	2	744
110kV	967	665	536	229	86	26	2	2511
合计	1340	996	678	292	120	41	4	3471

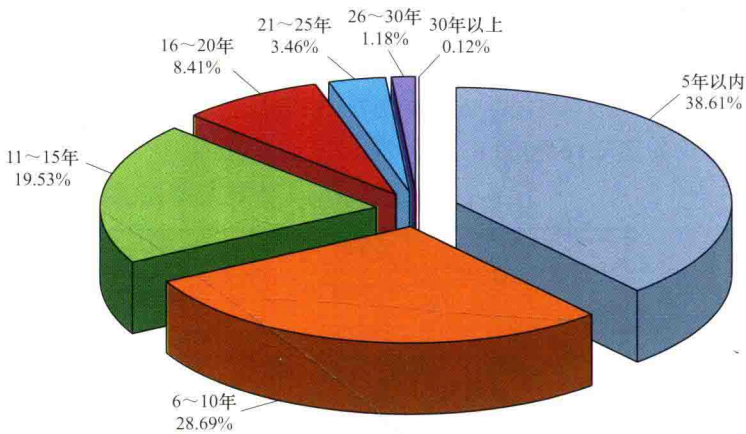


图 2-8 变压器运行年限分布图

2.2.3 按制造厂家统计

在山东电网运行中的 110kV 及以上变压器，山东电力设备厂产品 600 台，占 17.29%；鲁能泰山产品 507 台，占 14.61%；山东达驰产品 389 台，占 11.21%；青岛青波产品 308 台，占 8.87%；烟台东源产品 282 台，占 8.12%；西门子产品 106 台，占 3.05%；山东泰开产品 106 台，占 3.05%；沈阳特变电工产品 95 台，占 2.74%；西安西电产品 96 台，占 2.77%；保定天威产品 87 台，占 2.51%；重庆 ABB 产品 58 台，占 1.67%；其他厂 837 台，占 24.11%。变压器装用情况按生产厂家统计见表 2-3 和图 2-9。

表 2-3

变压器生产厂家统计表

单位: 台

生产厂家	500kV	220kV	110kV	合计
山东电力设备厂	39	252	309	600
鲁能泰山	12	100	395	507
山东达驰	12	45	332	389
青岛青波	0	24	284	308
烟台东源	0	55	227	282
山东泰开	0	20	86	106
西门子	15	52	39	106
西安西电	15	16	65	96
特变沈变	12	48	35	95
保定天威	7	14	66	87
ABB	42	4	12	58
其他	62	114	661	837
合计	216	744	2511	3471

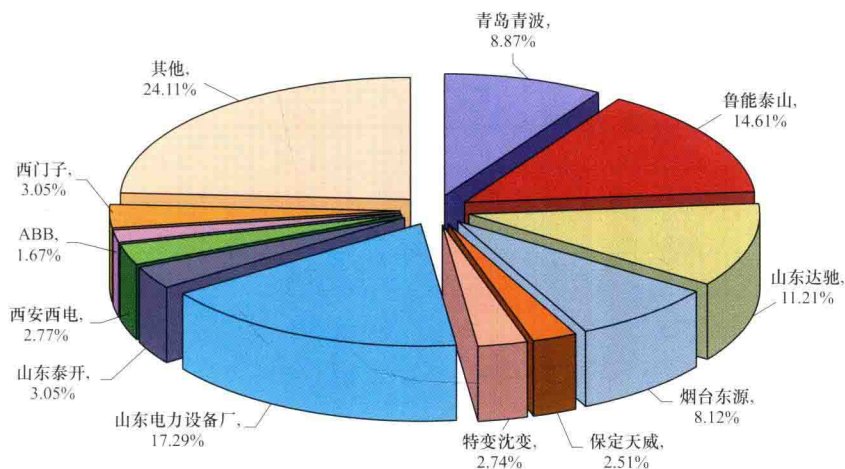


图 2-9 变压器厂家分布图

2.3 运行情况统计分析

2.3.1 缺陷情况

统计近年来变压器缺陷情况, 110kV 及以上电压等级变压器严重及危急缺