

BIANYAQI FENJIEKAIGUAN
BAOYANG WEIXIU JISHU WENDA

变压器分接开关 保养维修技术问答

张德明 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

BIANYAQI FENJIEKAIGUAN
BAOYANG WEIXIU JISHU WENDA

变压器分接开关 保养维修技术问答

张德明 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书依据 DL/T 574—2010《分接开关运行维修导则》，针对分接开关运行保养与维修、运行状态监测与故障诊断所遇到的问题，以技术问答形式加以介绍。全书包括分接开关基础知识、分接开关运行保养维护、分接开关运行监控与故障诊断、分接开关检修及分接开关其他问题 5 篇，力求从实用性出发，语言简明扼要、通俗易懂。

本书可作为从事变压器和分接开关研究、制造、设计、运行、检修专业技术人员的培训、自学用书，也可作为大专院校相关专业的阅读参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变压器分接开关保养维修技术问答/张德明编著. —北京: 中国电力出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3390 - 1

I. ①变… II. ①张… III. ①变压器 - 分接开关 - 保养 - 问题解答②变压器 - 分接开关 - 维修 - 问题解答
IV. ①TM403.4 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 181796 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 21.75 印张 510 千字

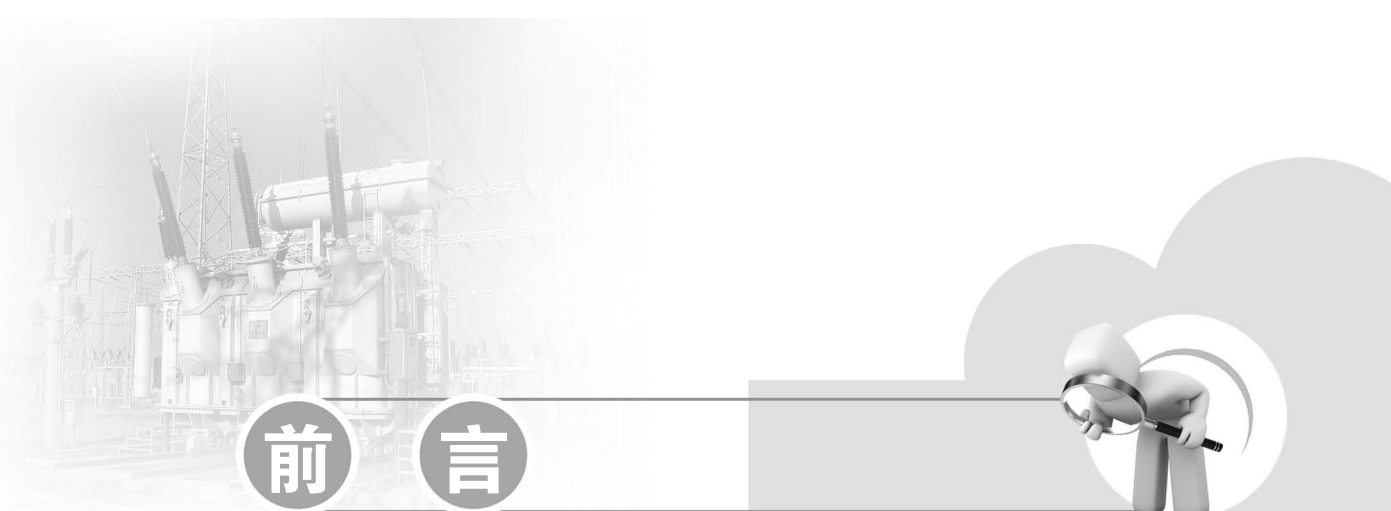
印数 0001—3000 册 定价 46.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言



国民经济的高速发展和人民生活水平的不断提高，对电力系统安全稳定地供电提出了越来越高的要求。变压器担负着保障电力系统安全供电的重要任务，其运行状态对电网的可靠性影响很大，特别是高电压、大容量的变压器，一旦出现故障，会造成重大的经济损失和社会影响。因此，提高变压器的运行可靠性具有重要意义。

分接开关是变压器调压的核心部件。变压器是静态的变电设备，因调压需要，分接开关是变压器中唯一频繁操作的机械与电气结合一体的设备。随着调压次数的增多，不良操作和故障率也相应增加，容易导致机械故障或电气事故发生，运行风险性加大。因此，为提高电网运行的可靠性，开展分接开关正确的保养与维修至关重要。其目的是确保分接开关的正常状态，提高分接开关的健康水平和安全可靠运行，延长分接开关维护间隔和使用寿命，缩短维护时间，减少维修费用。

国内分接开关的生产和使用历史不长。早期分接开关制造技术水平低，原材料、原器件的品质落后，分接开关制造质量不良，用户对分接开关结构性能了解不够透彻导致使用不当，造成故障频发。近 30 年来，机械和电力两部门认真总结经验与教训，特别是随着改革开放深入发展，通过分接开关的技术引进和消化吸收，以及市场经济的驱动，国内制造企业加快技术改造与技术创新，分接开关制造技术有了新的突破和长足的进步；电力部门认真贯彻《有载分接开关运行维修导则》和《电力设备运行预防性试验规程》的措施，对分接开关安全可靠运行发挥了积极的作用，使用户使用分接开关的水平有了很大提高；制造企业和电力用户对分接开关的结构性能了解透彻，尤其是可能发生的故障都已逐渐暴露，其中许多故障已被消除，不会重复出现。分接开关的故障不仅可知，而且可防可治。随着分接开关“先天素质”的进步，分接开关正朝着保养维护和简化维修（或状态维修）的方向发展，因此，加强分接开关的保养维护具有现实意义。

2010 年 9 月，DL/T 574—2010《分接开关运行维修导则》正式颁布。该标准在 DL/T 574—1995《有载分接开关运行维修导则》基础上进行了实质性的修改，对分接开关运行维修提出了一些状态保养维护、运行监控和状态维修的观念。为了推动分接开关状态保养维护和检修技术的发展，编者依据标准 DL/T 574—2010，结合国内分接开关运行信息的反馈，对分接开关运行状态保养维护、运行状态监测与故障诊断提出一些新的尝试性观点。

本书力求从实用性出发，以技术问答形式加以介绍。全书共分为 5 篇共计 19 章，主要

内容有分接开关基础知识，分接开关运行保养维护，分接开关运行监控与故障诊断，分接开关检修及分接开关其他问题等内容。

本书可作为从事变压器和分接开关研究、制造、设计、运行、检修专业技术人员的培训、自学用书，也可作为大专院校相关专业的阅读参考书。

在本书编写过程中，编者查阅了相关的文献和资料，收集了大量的变压器和分接开关运行保养维护与检修实例，并进行了分析。同时承蒙泰开变压器有限公司、遵义长征电力设备有限公司的大力支持；泰开电力设备有限公司技术部詹小明、丁本平和王跃彪，同仁刘刚、章宏仁的热忱帮助，在此一并表示诚挚的感谢。

由于编写时间仓促，且编者学识水平有限，书中欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

张德明

2012年2月8日



目 录



前言

第1篇 分接开关基础知识

第1章	电压调节与分接开关技术发展	1
1-1	电力系统对电网电压质量有什么要求?	1
1-2	电力系统常用的调压方法有哪些?	1
1-3	为什么变压器调压是电力系统最主要的调压方法?	2
1-4	变压器无励磁调压与有载调压有什么区别? 各有什么特点?	2
1-5	有载分接开关有什么用途?	2
1-6	有载分接开关技术发展有什么特点?	3
1-7	国产有载分接开关在新技术应用上有哪些突破点?	4
1-8	国产有载分接开关在新工艺应用上有哪些突破点?	5
1-9	国产有载分接开关在新材料应用上有哪些突破点?	5
1-10	国产有载分接开关在质量控制上有哪些突破点?	5
1-11	有载分接开关采用真空熄弧技术有何优势与不足?	7
1-12	当前国内真空有载分接开关的技术发展处于什么水平?	7
1-13	电力电子技术在有载分接开关研发上有哪些应用成果?	8
1-14	分接开关执行何种技术标准? 其技术标准有何发展沿革?	9
1-15	有载分接开关怎样分类? 各类别有什么特征?	9
1-16	无励磁分接开关怎样分类? 各类别有什么特征?	10
第2章	分接开关工作原理	11
2-1	分接开关及其相应部件的专业术语定义是什么?	11
2-2	在有载分接开关中载流触头与电弧触头有什么本质区别?	11
2-3	有载分接开关采用什么工作原理?	12
2-4	什么是过渡电路? 过渡电路工作原理是什么? 它对应分接开关哪个机构?	12
2-5	单电阻过渡电路特点是什么? 其工作原理适用于哪种型式的分接开关?	13

2-6	双电阻过渡电路特点是什么? 这种工作原理适用于哪种型式的分接开关?	14
2-7	四电阻过渡电路特点是什么? 这种工作原理适用于哪种型式的分接开关?	15
2-8	串联与并联双断口过渡电路各有什么特点? 它们分别适用于什么场合?	16
2-9	什么是选择电路? 选择电路工作原理是什么? 它对应分接开关什么机构?	16
2-10	什么是调压电路? 基本调压电路指哪几种调压电路? 各有什么特点?	17
2-11	什么是分接开关接线图? 分接开关基本接线图有哪几种? 基本接线图怎么标识?	18
2-12	10 191W 与 10 193W 的正反调调压电路有什么差异?	19
2-13	三相 Y 接分接开关与 D 接分接开关的调压电路有什么差异?	21
2-14	自耦变压器采用哪几种调压电路? 各调压电路主要优缺点是什么?	22
2-15	工业变压器常采用哪些调压电路? 各调压电路有什么特点?	22
2-16	真空分接开关采用什么熄弧原理? 它与油中熄弧有什么区别?	23
2-17	有载分接开关真空电弧特性与断路器真空电弧特性有什么不同?	23
2-18	什么是真空截流现象? 影响截流的主要因素有哪些?	24
2-19	有载分接开关真空切换时产生的截流过电压会不会危及安全运行?	24
2-20	什么是真空后重燃现象? 后重燃对真空有载分接开关有什么危害?	26
2-21	真空有载分接开关过渡电路与“老式”有载分接开关过渡电路有什么差异?	26
2-22	电阻式真空切换开关的基本型过渡电路与导变型过渡电路有什么区别?	27
2-23	导变型过渡电路采用什么安全保护措施来确保有载分接开关可靠运行?	28
2-24	为什么电阻式真空选择开关过渡电路具有“导变”的性能?	29
2-25	常用真空切换开关基本型过渡电路有哪些? 各有什么特点?	29
2-26	常用真空切换开关单隔离导变型过渡电路有哪些? 各有什么特点?	31
2-27	常用真空切换开关双隔离导变型过渡电路有哪些? 各有什么特点?	32
2-28	常用真空选择开关过渡电路有哪些? 各有什么特点?	33
2-29	无励磁分接开关采用哪些调压电路? 各调压电路有什么特点?	35
2-30	什么是调容的分接开关? 它有哪些类型? 各有什么特点?	36
第 3 章	分接开关结构性能	38
3-1	组合式与复合式有载分接开关由哪些部件组成? 两者在结构上有何差异?	38
3-2	有载分接开关快速机构分为哪几类? 各有何特点? 各适用于什么型式的分接开关?	39
3-3	选择开关的触头切换机构分为哪几类? 采用什么结构原理? 有何优缺点? 各适用于什么场合?	40
3-4	V 型选择开关触头系统怎样结构布置? 不同电流规格的 V 型触头系统结构布置有何差异?	41
3-5	M 型或 MD 型切换开关触头切换机构采用什么结构原理? 结构布置上各有什么特点?	42
3-6	真空有载分接开关触头切换系统由哪些部件组成? 各有什么作用?	44
3-7	M 型 (或 MD 型) 过渡电阻器与 V 型过渡电阻器结构性能上有何差异?	45

3-8	为什么切换开关要设置级间过电压保护装置? 过电压保护装置有哪几种? 各适用于什么场合?	46
3-9	M、MD 型有载分接开关油室与 V 型有载分接开关油室在结构上有何特点?	47
3-10	有载分接开关油室对密封性能结构有什么要求?	49
3-11	有载分接开关油室设置哪些安全保护装置?	50
3-12	M 型与 MD 型分接选择器分别有何结构特点?	51
3-13	转换选择器触头动作时为什么会产生火花放电? 会不会危及安全运行?	53
3-14	减少转换选择器触头动作时的放电气体有哪些措施? 效果如何?	54
3-15	M 型和 V 型分接开关转换选择器的电位电阻连接的结构是怎样布置的?	55
3-16	多级线性调分接选择器有什么特殊性? 适用何种场合?	57
3-17	多级粗细调分接选择器有什么特殊性? 适用何种场合?	58
3-18	无励磁分接开关在性能结构上有哪些方式? 各有什么特点? 适用何种场合?	59
3-19	电动机构由哪些部件组成? 各有什么功能特点?	61
3-20	在线滤油装置采用什么结构原理? 有什么工作特点?	63
第 4 章	分接开关总装调试与试验	65
4-1	有载分接开关和电动机构总装与连接有什么要求? 应怎样进行旋转差数平衡校验与调试?	65
4-2	分接开关试验的目的是什么? 试验分为哪些类别? 各有什么差异?	66
4-3	分接开关出厂(例行)试验有哪些项目? 主要试验内容是什么?	66
4-4	有载分接开关型式试验有哪些项目? 主要试验内容是什么?	68
4-5	有载分接开关外置型与埋入型的安装方式有什么差异? 各有什么特点?	69
4-6	有载分接开关箱顶式与钟罩式安装方式是怎样确定的?	71
4-7	箱顶式有载分接开关在变压器上应怎样正确安装?	73
4-8	钟罩式有载分接开关在变压器上应怎样正确安装?	74
4-9	有载分接开关在变压器上安装应注意哪些事项?	75
4-10	有载分接开关在变压器上安装后应进行哪些项目的检查与试验?	76
第 5 章	分接开关安装验收	78
5-1	有载分接开关在现场安装时应注意哪些事项?	78
5-2	有载分接开关现场安装时应进行哪些项目检查与调整?	78
5-3	在线滤油装置安装时应进行哪些项目检查与调整?	80
5-4	分接开关安装后为什么要进行交接验收试验?	80
5-5	分接开关现场安装后验收有什么要求? 有哪些验收项目?	81
5-6	变压器电气功能试验有哪些项目? 它与有载分接开关有什么关联?	82

第 2 篇 分接开关运行保养维护

第 6 章	有载分接开关通用运行保养维护与巡视检查	85
6-1	有载分接开关运行有什么通用管理要求?	85

6-2	有载分接开关运行有什么操作规程规定?	86
6-3	有载分接开关保养与维护的目的意义何在?	87
6-4	有载分接开关保养与维修的依据是什么?	88
6-5	有载分接开关定期保养维护有哪些通用要求?	88
6-6	有载分接开关保养与维护的主要内容是什么?	89
6-7	有载分接开关巡视检查周期与项目有什么规定?	90
6-8	变压器巡视检查的主要内容有哪些?	91
6-9	有载分接开关巡视检查的主要内容有哪些?	92
6-10	电动机构巡视检查的主要内容有哪些?	93
6-11	有载分接开关附件巡视检查哪些主要内容?	93
第7章	油浸式分接开关保养维护	95
7-1	油浸式有载分接开关保养维护的特点是什么?	95
7-2	油浸式有载分接开关对油介质有什么技术要求?	96
7-3	为什么对变压器油提出绝缘强度要求? 影响油的绝缘强度有哪些主要因素?	97
7-4	油中颗粒杂质对油的绝缘强度有什么影响?	98
7-5	油中含有活性硫对分接开关有什么危害?	99
7-6	油中含水量对油的绝缘强度有什么影响?	100
7-7	油中含水量对分接开关其他性能有什么影响?	102
7-8	有载分接开关中油的含水量有什么分布规律? 含水量超标的原因是什么?	103
7-9	对有载分接开关油室内油质的检测方式、检测项目和检测周期 有什么规定和要求?	104
7-10	对分接开关油室内油品试样的采集有什么规定要求?	105
7-11	有载分接开关变压器油的保养维护项目和主要内容是什么?	106
7-12	M型与V型分接开关定期保养维护需要吊芯时应检查哪些项目与内容?	107
7-13	M型与V型快速机构保养维护项目和主要内容是什么?	108
7-14	M型与V型触头切换机构保养维护项目和主要内容是什么?	109
7-15	过渡电阻保养维护项目和主要内容是什么?	111
7-16	油浸式真空切换分接开关与油浸式铜钨触头切换分接开关结构有什么差异?	111
7-17	油浸式真空分接开关保养维护项目和主要内容是什么?	112
7-18	对真空灭弧室真空度的检测方法有哪些?	112
7-19	对油浸式铜钨触头切换的切换开关或选择开关是否需要开展气相色谱分析?	114
7-20	对油浸式真空切换开关或选择开关是否需要开展气相色谱分析?	115
7-21	为什么要对分接选择器油介质的油进行气相色谱分析?	116
7-22	无励磁分接开关调压时保养维护项目和主要内容是什么?	117
第8章	气体式分接开关保养维护	119
8-1	不燃变压器分有几类? 各类有什么特点?	119
8-2	干式变压器、SF ₆ 气体绝缘变压器与油浸式变压器有何差异?	119
8-3	SF ₆ 气体绝缘变压器、干式变压器与油浸式变压器所配用分接开关有何差异?	120

8-4	空气密度、压力对干式分接开关性能有什么影响?	121
8-5	什么叫湿度、相对湿度与露点? 空气湿度有什么活动规律?	122
8-6	空气湿度对干式分接开关性能有何影响?	123
8-7	干式分接开关保养维护项目和主要内容是什么?	124
8-8	SF ₆ 气体的性质是什么? 它的理化性能怎样?	124
8-9	为什么说 SF ₆ 气体具有良好的电气特性?	126
8-10	SF ₆ 气体密度对分接开关绝缘性能有何影响? 气体密度的检测有哪些方法?	127
8-11	对气体式分接开关中 SF ₆ 气体的密度或压力有什么要求? 对其气室充气或补气有何规定要求?	129
8-12	SF ₆ 气体含水量(湿度)通常怎样表示? 其值与闪络电压之间的关系是什么?	129
8-13	分接开关 SF ₆ 气体中水分的来源主要有哪几个方面?	130
8-14	对分接开关中 SF ₆ 气体性能有什么规定要求? 气体湿度的检测有哪些方法?	131
8-15	为什么 SF ₆ 气体式分接开关绝缘性能对电场均匀性特别敏感?	132
8-16	SF ₆ 气体式分接开关保养维护项目和主要内容是什么?	133
第9章	电动机构保养维护	136
9-1	常用电动机构有哪些性能参数?	136
9-2	MA7 型电动机构的机械传动采用怎样的机械传动原理?	136
9-3	MA9 型电动机构机械传动采用怎样的机械传动原理?	137
9-4	电动机构的机械传动机构应进行哪些结构检查和机械保养?	138
9-5	MA7 型和 MA9 型电动机构电气工作原理是什么?	139
9-6	智能型电动机构电气工作原理是什么?	142
9-7	电动机构电气控制装置须进行哪些项目检查与调试?	143
9-8	电动机构电气控制性能异常时应怎样检查和保养维护?	145
9-9	电动机构指示装置须进行哪些项目检查与调试?	146
9-10	电动机构指示装置异常时应怎样检查和保养维护?	147
9-11	智能型电动机构须进行哪些项目检查与调试?	147
9-12	电动机构伞齿轮装置与传动轴须进行哪些项目检查调试与保养维护?	149
9-13	什么是多柱式有载分接开关机械联动方式? 它有什么传动特征?	149
9-14	什么是多柱式有载分接开关电气联动方式? 它有什么传动特征?	151
第10章	分接开关附件保养维护	152
10-1	分接开关配置有哪些分接位置显示器与控制器?	152
10-2	电子式分接位置显示器有哪些种类? 各有什么性能参数?	152
10-3	自动电压调整器采用什么工作原理? 它有什么特点?	154
10-4	常用自动电压调整器有哪些种类? 各有什么性能参数?	154
10-5	常用自动控制器有哪些种类? 各有什么性能参数?	155
10-6	变压器并联运行理想条件是什么? 分接开关并联运行有哪些控制法?	157
10-7	分接开关并联运行的同步联锁控制法采用什么结构原理?	158
10-8	常用并联运行控制器有哪些种类? 各有什么性能参数?	159

10-9	分接开关并联运行的最小环流控制法采用什么电气原理?	160
10-10	分接开关并联运行的逆电抗控制法采用什么电气原理?	162
10-11	怎样开展电子式控制器与分接位置显示器的保养维护工作?	163
10-12	调压变压器为什么要设置2套各自独立的油系统? 分接开关油系统设置哪些安全保护装置?	163
10-13	油流控制继电器有什么动作特性? 怎样进行动作特性检测?	164
10-14	油浸式有载分接开关应怎样正确选用油流保护继电器?	166
10-15	怎样进行气体继电器保护装置的保养维护?	167
10-16	分接开关油室为什么要设置过压力释放装置? 安全保护特性是怎样配合的?	167
10-17	压力释放阀采用什么结构原理? 有什么特性参数? 分接开关应怎样正确选用?	168
10-18	为什么分接开关油室不宜单独采用压力释放阀作为过压力释放保护?	169
10-19	爆破盖的爆破压力应怎样合理选定? 它与油室的机械强度有什么关联?	170
10-20	怎样进行分接开关油室过压力释放装置的保养维护?	171
10-21	分接开关在线滤油装置适用于什么场合? 有何功效? 有什么性能参数?	171
10-22	怎样进行分接开关在线滤油装置的保养维护?	172

第3篇 分接开关运行监控与故障诊断

第11章	分接开关预防性试验	175
11-1	分接开关预防性试验有何目的意义? 预防性试验有哪些主要试验项目?	175
11-2	分接开关运行中油会分解出哪些特征气体? 产生气体的主要原因是什么?	176
11-3	进行分接开关油中溶解气体分析检测时故障识别与判断方法有哪些?	177
11-4	为什么油中溶解气体分析要与电气项目等试验参照诊断故障?	178
11-5	进行变压器绕组回路直流电阻测量对分接开关的故障诊断有什么指导作用?	179
11-6	变压器电压比、联结组别和负载试验与分接开关安装运行有什么关联?	180
11-7	绝缘试验目的是什么? 变压器与分接开关绝缘试验包括哪些项目?	181
11-8	什么是油务试验? 油务试验有哪些主要项目和内容?	182
11-9	分接开关预防性试验有哪些主要项目和内容?	183
11-10	对分接开关触头变换程序有什么技术要求? 检测触头变换程序的意义何在?	183
11-11	触头变换程序示波检示有哪几种方式? 各有什么特点?	185
11-12	对触头变换程序示波检示的开断不同步时间和闭合弹跳时间 有什么规定要求?	187
11-13	触头变换程序示波检测的切换时程“变化”与哪些因素有关?	188
11-14	判断触头变换程序直流示波图正确与否的依据是什么?	189
11-15	为什么直流检示的示波图会出现一些“异常”假象? 它有哪些假象的表现?	190
11-16	从触头动作特性直流示波中会发现哪些类型的典型故障? 这些故障示波图有什么特征?	191

11-17	分接开关动作特性直流测试仪的参数应怎样选取?	192
11-18	触头变换程序交流检示有什么特点?	195
11-19	对触头变换程序交流检示的波形应怎样解读与判断?	196
11-20	触头变换程序交流检示的故障波形有什么特征?	199
11-21	现场分接开关随同变压器绕组交流示波测试应怎样接线?	201
11-22	进行变压器额定电压下冲击合闸试验的目的是什么? 它与分接开关有什么关联?	203
第 12 章	分接开关运行状态监控	205
12-1	分接开关运行状态监控的意义是什么? 目前的发展状况及趋势如何?	205
12-2	分接开关运行状态分为几类? 各类有什么特征?	205
12-3	分接开关状态监测与状态诊断的任务是什么? 各有什么要求?	206
12-4	状态监测有哪些技术支撑基础? 各个技术支撑基础有什么相互关系?	206
12-5	状态诊断有哪些基本环节? 其基本技术有哪些?	207
12-6	状态监测有什么特点? 变压器和分接开关状态监测系统发展到什么水平?	208
12-7	分接开关运行状态监控包括哪些项目? 主要内容是什么?	209
12-8	分接开关机械性能的在线监测包括哪些项目? 有何应用价值?	210
12-9	扭矩测量仪监测分接开关转矩采用怎样的工作原理?	211
12-10	电动机构电机电流监测能否反映分接开关阻力矩的变化? 有无应用价值?	212
12-11	电动机构在不同电源电压下有什么动作特性? 电动机电流有什么变化?	213
12-12	分接开关油介质温度变化对电动机电流变化有什么影响?	214
12-13	为什么触头切换振动信号可作为分接开关机械性能的在线监控项目?	215
12-14	为什么采用触头振动时域图谱分析能反映分接开关触头动作顺序?	216
12-15	为什么触头振动信号能反映分接开关触头变换程序?	217
12-16	为什么采用触头振动频域图谱分析能反映分接开关触头状态?	218
12-17	声信号与振动信号在线监测有什么区别? 这两种监测要注意什么问题?	220
12-18	分接开关电气性能在线监控包括哪些项目? 运行负荷应怎样监控?	221
12-19	对分接开关温升能否进行在线监控?	222
12-20	分接开关在整个运行期间其绝缘受到哪些电压的作用? 这些电压对绝缘有什么影响?	224
12-21	怎样开展分接开关绝缘局部放电的在线监测工作?	225
12-22	怎样开展分接开关绝缘介质含水量的在线监测工作?	225
12-23	油中溶解气体周期性检测与在线监测有什么区别? DGA 在线监测有什么特点?	226
12-24	目前油中溶解气体在线监测应用状况如何?	227
第 13 章	分接开关故障诊断与预防	229
13-1	分接开关故障类型有哪些? 各类故障有什么特点?	229
13-2	分接开关故障部位分布有什么特征? 故障统计的概率各有多少?	230
13-3	分接开关故障模式有什么特征? 各故障发生的概率分别为多少?	231

13-4	分接开关发生故障的主要原因是什么? 故障状况呈现出什么特点?	232
13-5	分接开关故障应采用怎样诊断程序? 诊断原则与步骤是什么?	233
13-6	分接开关故障应采用什么方法诊断?	235
13-7	分接开关电气性能故障主要表现在哪些方面?	236
13-8	分接开关触头过热故障产生的原因是什么? 过热故障有什么特征?	237
13-9	怎样诊断分接开关触头过热性故障?	238
13-10	预防分接开关触头过热故障应采取哪些措施?	240
13-11	分接开关低能放电性故障产生的机理是什么? 低能放电故障有什么特征?	241
13-12	分接开关高能放电性故障产生的原因是什么? 高能放电故障有什么特征?	241
13-13	怎样诊断分接开关放电性故障?	242
13-14	预防分接开关放电性故障应采取哪些措施?	244
13-15	怎样诊断分接开关突发短路事故? 预防此类事故发生的措施有哪些?	245
13-16	怎样诊断分接开关负载切换失败的故障? 预防此类事故发生的措施有哪些?	246
13-17	分接开关机械性能故障主要表现在哪些方面?	247
13-18	预防分接开关机械性能故障应采取哪些措施?	248
13-19	触头示波检示为什么能诊断出分接开关故障? 示波图缺陷与分接开关故障 有什么对应关系?	248
13-20	分接开关绝缘故障产生的原因是什么?	249
13-21	怎样正确选择变压器与分接开关的绝缘配合?	251
13-22	工业变压器分接开关与电力变压器分接开关相比, 为什么运行中会发生 较多的绝缘故障?	252
13-23	怎样诊断分接开关绝缘故障? 预防绝缘事故发生的措施有哪些?	253
13-24	怎样诊断分接开关绝缘受潮故障? 预防绝缘受潮故障发生的措施有哪些?	254
13-25	分接开关油室渗漏有什么特征? 产生油室渗漏的原因是什么?	256
13-26	怎样监测分接开关油室的渗漏?	257
13-27	预防分接开关油室渗漏的有效措施有哪些?	258
13-28	分接开关储油柜有什么作用? 有哪些故障? 预防故障发生的措施有哪些?	259
13-29	无励磁分接开关运行中的常见故障有哪些?	260
13-30	怎样判断无励磁分接开关是否故障? 预防故障发生的措施有哪些?	261
13-31	电动机构常见的故障有哪些? 各有什么特征? 有哪些预防与改进措施?	262

第4篇 分接开关检修

第14章	分接开关检修基础知识	265
14-1	分接开关检修经历哪三个阶段? 各个阶段检修有什么特点?	265
14-2	当前分接开关的检修应采取怎样的最佳方式?	266
14-3	分接开关检修时对环境有什么要求?	266
14-4	DL/T 574—2010 中对有载分接开关检修工艺有什么规定要求?	267

14-5	DL/T 574—2010 中对电动机构和控制器检修工艺有什么规定要求？	268
14-6	DL/T 574—2010 中对无励磁分接开关检修工艺有什么规定要求？	268
14-7	DL/T 574—2010 中对分接开关检修检查与试验有什么规定要求？	270
第 15 章	分接开关定期检修	272
15-1	分接开关定期检修周期有什么规定？	272
15-2	分接开关定期检修按什么规程来进行？其检修管理有哪些要求？	273
15-3	分接开关定期检修有哪些项目？	274
15-4	怎样进行 M 型与 MD 型切换开关吊芯与清洗？	275
15-5	怎样进行 M 型与 MD 型切换开关检查与进一步清洗检修？	276
15-6	M 型与 MD 型切换开关芯体怎样复装与注油？	279
15-7	怎样进行 M 型与 MD 型分接选择器和转换选择器的检修？	280
15-8	怎样进行 MA7 型电动机构的检修？	281
15-9	M 型与 MD 型切换开关检修装配可参照哪些立体解剖图？	282
15-10	MA7 型电动机构检修装配可参照哪些立体解剖图？	285
15-11	怎样进行 V 型选择开关吊芯与清洗？	287
15-12	怎样进行 V 型选择开关的进一步清洗、检查与检修？	289
15-13	V 型选择开关芯体怎样复装与注油？	291
15-14	怎样进行 MA9 型电动机构的检修？	292
15-15	V 型选择开关检修装配可参照哪些立体解剖图？	293
15-16	MA9 型电动机构检修装配可参照哪些立体解剖图？	295
15-17	怎样进行无励磁分接开关的检修？	297
第 16 章	分接开关故障检修与排除	300
16-1	隐性故障和显性故障有何区别？这两类故障在油室安全保护装置上有什么“表现”？	300
16-2	分接开关油室安全保护装置出现过哪些非故障误动作的“表现”？	301
16-3	国产油浸式铜钨合金触头的分接开关运行中出现轻瓦斯频繁报警的原因是什么？	302
16-4	铜钨触头切换的分接开关油室频繁发生轻瓦斯报警应采取哪些处理与排除措施？	303
16-5	DL/T 574—2010 中对有载分接开关故障及检查与排除方法推荐有哪些条款？具体推荐项目及内容是什么？	304
16-6	DL/T 574—2010 中对无励磁分接开关故障及检查与排除方法推荐有哪些条款的建议？具体推荐项目及内容是什么？	306
16-7	不同结构分接开关有什么故障分布特征和故障概率？	307
16-8	M 型和 MD 型切换开关运行中会出现哪些主要故障？怎样检修与排除？	309
16-9	M 型和 MD 型分接选择器运行中会出现哪些主要故障？怎样检修与排除？	310
16-10	V 型分接开关运行中会出现哪些主要故障？怎样检修与排除？	311
16-11	真空型分接开关运行中会出现哪些主要故障？怎样检修与排除？	313

16-12	电动机构运行中会出现哪些主要故障？怎样检修与排除？	314
16-13	分接开关油室安全保护装置运行中会出现哪些主要故障？ 怎样检修与排除？	316
16-14	电动机构附件运行中会出现哪些主要故障？怎样检修与排除？	316
第 17 章	分接开关状态检修	318
17-1	状态检修的基础是什么？它有什么特点？	318
17-2	当前国内电力设备开展状态监测的进展状况如何？	318
17-3	当前国内电力设备开展状态检修的进展状况如何？	319
17-4	怎样开展分接开关的状态检修？应采取哪些措施？	320

第 5 篇 分接开关其他问题

第 18 章	分接开关技术服务	323
18-1	产品销售的技术服务有什么目的意义？	323
18-2	分接开关销售的技术服务包括哪些阶段？	323
18-3	分接开关售后技术服务包括哪些项目和内容？	324
18-4	用户需要提供分接开关售后技术服务时，应注意哪些事项？	325
第 19 章	分接开关备品备件	327
19-1	用户购置分接开关备品备件应注意哪些事项？	327
19-2	M 型有载分接开关检修时需要哪些备品备件？	327
19-3	V 型有载分接开关检修时需要哪些备品备件？	328
19-4	M、MD 型与 V 型分接开关检修需要哪些常用工具与专用工具？	330
参考文献		332



第 1 篇



分接开关基础知识

第 1 章 电压调节与分接开关技术发展

1-1 电力系统对电网电压质量有什么要求？

答：电压是衡量电力系统电能质量的重要指标之一。

电力系统正常运行时，电压经常波动。电网运行电压与额定电压之差称为电压偏移。由于发电和耗电不可能保持平衡，电压偏移是不可避免的。电压偏移量可能为正值或负值，其绝对值越大，用电设备运行情况越恶化，经济技术指标也就越落后。

我国电力工业技术管理法规规定，电力系统的电压偏移不得超过 $\pm 5\%$ 。若电压偏移超过某一规定值时，应采用调压方法来维持电网电压的稳定。

1-2 电力系统常用的调压方法有哪些？

答：电力系统常用的调压方法有改变电源电压和改变电压损耗两种。

(1) 改变电源电压。包括发电机调压和变压器调压两种方法。

1) 发电机调压。对于由一台发电机供电的单一电网，调节发电机的励磁电流，控制升压变压器的端电压，使电网电压质量达到要求，调压范围小于 5%。大型电力系统采用该方法时，由于须将系统内所有发电机的电压同时升高或降低，增加了工作难度，故大型电力系统不建议使用发电机调压方法。

2) 变压器调压。变压器调压主要是通过改变变压器分接绕组的抽头位置，即改变电压比来实现调压的。通常采用分接开关连接和切换变压器分接抽头。

(2) 改变电压损耗。包括改变电网阻抗调压和调节电网无功功率调压两种方法。

1) 改变电网阻抗调压。通过增大输电线路的截面，虽然可以减少线路电阻的电压损耗，但投资增大，经济性降低。如果在输电线路中串接电抗器，则电抗器产生的感抗可以补偿线路之间耦合电容的容抗，减少线路电抗所引起的电压损耗，起到调压作用。

2) 调节电网无功功率调压。电网电压无功功率不足会导致电压降低。因此，通过在变



电站或感性负荷较大的地方就地补偿无功，合理调整无功潮流方向及其数值大小，可以改善电网电压水平。

电力系统中无功功率可以用调相机和电力电容器来调整。调节调相机的励磁就可以改变调相机所产生或消耗的无功功率。当电网负荷处于高峰时，调相机过励磁运行时即成为无功发电机，将无功功率输入电网，起“升压”作用；当电网负荷处于低谷时，调相机欠励磁运行，从电网吸收无功功率，起“降压”作用。电力电容器的作用相当于过励磁运行调相机，只能用于升高电网电压。因此，可用投切电力电容器组的方法来改善电网电压。当电网负荷处于高峰时，投入电力电容器组，其发出无功功率输入电网，达到“升压”目的；当电网负荷处于低谷时，切除电力电容器组，减少电网无功功率，达到“降压”目的。

1-3 为什么变压器调压是电力系统最主要的调压方法？

答：随着我国工业迅速发展和人民生活水平不断提高，用电负荷超过发电设备的储备容量。目前，国内电力系统仍处于无功功率补偿不足、功率因数偏低和电网电压偏低的状态。仅凭补偿无功功率，虽能改善局部电网的电压水平，但设备的投资收不到较高的经济效益。而变压器调压可以挖掘现有无功设备的出力，起到投资少、效益高的效果。

当电网从 90% 的额定电压升至额定电压运行时，其系统内无功补偿设备出力增加 19%。据上海电力公司统计，当改造 1kVA 无励磁调压变压器为有载调压变压器，并合理调整无功负荷时，相当于增加 0.1kvar 的无功设备。

借助无功补偿虽然可改善电网电压的质量，但从根本上讲应采用变压器调压，来提高电网电压质量，挖掘现有无功设备的出力。

1-4 变压器无励磁调压与有载调压有什么区别？各有什么特点？

答：变压器调压是通过改变其分接开关抽头位置来实现的。

切换分接开关抽头必须将变压器从电网中切除，即不带电切换调压，称为无励磁调压，所采用的分接开关称为无励磁分接开关（OCTC）。无励磁调压的特点：① 调压范围小，一般为 10%；② 调压必须停电，且停电时间较长，既影响生产，又不具备可调性；③ 无励磁调压变压器一般不调换分接开关抽头位置改变其电压比，不能发挥调压作用，这也是电力系统中电压质量、有功功率与无功功率的潮流分布均不易满足运行的原因之一；④ OCTC 结构简单、价廉易制，在 10 ~ 35kV 配电变压器、三绕组有载调压变压器的中压绕组无励磁调压、发电机变压器组和冶金（电炉）工业变压器中获得一定的应用。

切换分接开关抽头无须将变压器从电网中切除，即可带负载切换调压，称为有载调压，所采用的分接开关称为有载分接开关（OLTC）。有载调压的特点：① 调压范围大，一般为 $\pm 10\%$ ；② 调压速度快（完成 1 级调压只须 4 ~ 5s，负载的转换只须 40 ~ 50ms），具有随时可调性；③ OLTC 可手动操作或电动操作，也能遥控电动操作或自动调压，便于自动化管理；④ OLTC 在高、中电压等级电力变压器、电炉、电解等工业变压器中获得广泛应用。

1-5 有载分接开关有什么用途？

答：OLTC 以自身的优越性得到了国内外电力用户的认可，它主要有以下用途：