

发电厂和变电所 电气设备的运行

第二版

下册

华田生 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

发电厂和变电所 电气设备的运行

第二版

江苏工业学院图书馆

华田藏编书章



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《发电厂和变电所电气设备的运行》分为上、下两册,本书是下册,共分十章。书中主要介绍变电所电气设备的运行,即降压变电所的电气接线系统、断路器、隔离开关、电抗器、互感器、消弧线圈、架空线路、电缆线路、调相机、电力电容器、铅酸蓄电池组和镉镍蓄电池组直流系统等电气设备在运行中的操作、维护和事故处理等。

本书可供发电厂和变电所电气运行工人技术培训、教学用,也可供电力中技、中专学校的教学和从事电气制造、设计、检修工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂和变电所电气设备的运行.下册/华田生编著.第2版. -北京:中国电力出版社,2000.5

ISBN 7-5083-0271-0

I. 发… II. 华… III. ①发电厂-电气设备-运行 ②变电所-电气设备-运行 N. TM6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 04329 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1982 年 7 月第一版

2000 年 5 月第二版 2000 年 5 月北京第十二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 10 印张 219 千字

印数 156801—161800 册 定价 17.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

目 录

第十一章 变电所的情况和接线方式	1
11-1 变电所的情况	1
11-2 降压变电所的基本接线	2
11-3 具有移相电容器的降压变电所接线	22
11-4 降压变电所所用电接线	26
11-5 降压变电所接线举例	28
第十二章 断路器的运行及事故处理	32
12-1 断路器的基本知识	32
12-2 断路器的运行	36
12-3 断路器的异常运行及事故处理	49
12-4 空气断路器的运行及事故处理	60
12-5 少油断路器的运行及事故处理	70
12-6 六氟化硫断路器的运行及事故处理	82
第十三章 隔离开关的运行及事故处理	92
13-1 隔离开关的运行	92
13-2 隔离开关的事故处理	100
第十四章 电抗器的运行及事故处理	106
14-1 电抗器的基础知识	106
14-2 电抗器的运行	113
14-3 电抗器的事故处理	114
第十五章 互感器的运行及事故处理	117

15-1	电压互感器的基本知识	117
15-2	电压互感器的运行	119
15-3	电压互感器的事故处理	122
15-4	电流互感器的基本知识	129
15-5	电流互感器的运行	132
15-6	电流互感器的事故处理	134
第十六章	消弧线圈的运行及事故处理	139
16-1	消弧线圈的基本知识	139
16-2	消弧线圈的运行	142
16-3	消弧线圈的事故处理	152
第十七章	输电线路的运行及事故处理	155
17-1	架空线路的运行	156
17-2	架空线路的事故处理	163
17-3	电缆线路的运行	175
17-4	电缆线路的事故处理	186
第十八章	绝缘子的运行及事故处理	194
18-1	概述	194
18-2	绝缘子在运行中的维护和检查	196
18-3	绝缘子的异常运行及事故处理	200
第十九章	直流系统的运行及事故处理	205
19-1	铅酸蓄电池组直流系统的运行 及事故处理	205
19-2	硅整流电容储能装置直流系统 的运行及维护	239
19-3	硅整流镉镍蓄电池组直流系统 的运行及事故处理	242

第二十章 补偿设备的运行及事故处理	255
20-1 概述	255
20-2 调相机的运行	258
20-3 调相机的事故处理	284
20-4 电容器的运行	288
20-5 电容器的事故处理	307

第十一章

变电所的情况和接线方式

11-1 变电所的情况

变电所是电力系统中接受和分配电能并能变换电压的电气装置，它是联系发电厂和电能用户的中间环节，同时通过变压器将各级电压的电力网联系起来。

变电所由电力变压器、配电装置、保护装置、自动装置、信号装置、直流设备和直流系统、测量装置以及附属设备组成。

配电装置是指用以接受和分配电能的电气装置。配电装置系由母线、断路器、隔离开关、电抗器、消弧线圈、互感器、电力电容器、避雷器、高压熔断器、测量仪表及其他辅助设备组成。配电装置可分为屋内式、屋外式及成套式三种类型。

由于现代电力系统的容量很大，供电范围扩大到数千公里，故除采用 220kV 及以下电压等级的输、配电线路外，还需采用 330、500、750kV 超高压输电线路。例如到 1990 年前，我国已投运的 500kV 线路达 1350.9km，已建 500kV 变电所 35 座，500kV 枢纽变电所容量多为 1500MVA；330kV 枢纽变电所最大容量为 720MVA。

超高压电网建成后，变电所的分类发生了变化，它在系统中的地位和作用也发生了变化。根据变电所在电力系统中

的地位和作用，变电所可分为以下几种。

(1) 区域变电所。又称枢纽变电所，它是电力系统中各发电厂和变电所连系的枢纽，担负着地区供电和系统连网的主要任务。它连接着系统中的几个部分，汇集多个大电源和大容量联络线，在系统中处于枢纽地位。其特点是供电范围大，高压侧为 $220\sim 500\text{kV}$ ，交换系统间的巨大功率，并向 $35\sim 220\text{kV}$ 中压侧输送大量电能；电压等级高，变电容量大，出线回路多；其所址在系统中的地理位置适中。

(2) 地方变电所。地方变电所由电力系统的地区电网供电，它供电给城市、个别大型工业企业及农业地区。较大的地方变电所，其原边电压一般为 $35\sim 220\text{kV}$ ，副边电压为 $6\sim 10\text{kV}$ ，用来供给大工业企业及城市高压配电网。较小的地方变电所，其原边电压一般为 $6\sim 35\text{kV}$ ，副边电压为 $380/220\text{V}$ ，用来供给工业企业内部的变电所、城市低压配电网及农村变电所。

11-2 降压变电所的基本接线

变电所的主接线应根据变电所在电力系统中的地位及作用、线路数目、电压等级、设备特点及负荷性质等条件来确定，并应满足运行可靠、简单灵活、操作方便和节约投资等要求。

高压配电装置的主接线形式可分为有母线和无母线两大类。具有母线的主接线有：单母线；双母线；分段的单、双母线；附加旁路母线的单、双母线等。无母线的主接线有：单元接线；桥形接线；多角形接线等。

高压配电装置的主接线，取决于电压等级和出线回路数。

对于 110~220kV 配电装置,出线回路数不超过 2 回时,采用单母线接线,3~4 回时,采用分段单母线接线;4 回以上时,采用双母线接线。对于 35~63kV 配电装置,出线回路数不超过 3 回时,采用单母线接线;4~8 回时,采用分段单母线接线;8 回以上时,采用双母线接线。对于 6~10kV 配电装置,出线回路数不超过 5 回时,采用单母线接线;6 回以上时,采用分段单母线接线;而当短路电流较大,出线需带限流电抗器时,则可以采用双母线接线。

一、降压变电所 6~10kV 电压侧接线

变电所 6~10kV 电压侧通常采用单母线或分段单母线,但是根据网络的连接情况、重要用户的供电方式及线路数目的多少,亦可采用双母线接线。

1. 不分段单母线接线

单母线是母线制中最简单的接线,如图 11-1 所示。这种接线的特点是整个配电装置只有一组母线,所有电源和出线都接在同一母线上。其优点是简单、清晰,采用设备少,操作方便,便于扩建。缺点是供电不可靠,当母线及母线隔离开关故障或检修时,均需使整个配电装置停电;出线电路中断路器检修时,该回路要停止供电。

这种接线一般只适用于出线回路数少的配电装置。如 6~10kV 配电装置中出线回路数不超过 5 回路时,常采用此种接线。

2. 分段单母线接线

为了克服不分段单母接线的缺点,用断路器将单母线分段,成为单母线分段接线,如图 11-2 所示。

当线路正确按段分布时,对双回路的重要用户,可从不同分段引出,而使重要用户获得双电源供电,如图 11-2 所示

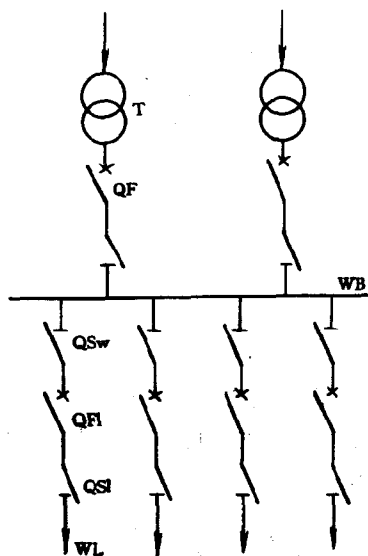


图 11-1 不分段单母线接线

T—变压器；QF—电源断路器；

QF1—线路断路器；QSw—母线隔离开关；

QSI—线路隔离开关；WL—线路；

WB—母线

的线路 WL-1 及 WL-3 同时供给一个用户。因此，检修其中任一段母线和母线隔离开关或任一段母线发生短路时，由于分段断路器在继电保护装置的作用下，能自动将故障段母线切除，因而仅对一部分用户停电，保证了正常段母线不间断供电和不致使重要用户停电。

综上所述，对于分段单母线接线方式，只要重要用户在电网中有适当的备用线路或将同一用户的双回路接于不同母线段上，就可以保证对重要用户的供电，且具有结构简单、操作不复杂、易于发展的

优点。其缺点是当一段母线和母线隔离开关故障或检修时，该段母线上所有回路都要在检修或故障期间停电。因此，这种接线一般用于 6~10kV 具有 6 回路出线及以上的配电装置中。

3. 双母线接线

由于用断路器分段的单母线，在母线的任一分段发生故障或检修时，将要断开配电装置中大约半数的线路和电源，故不能保证对无备用电源的重要用户的连续供电。为了克服这

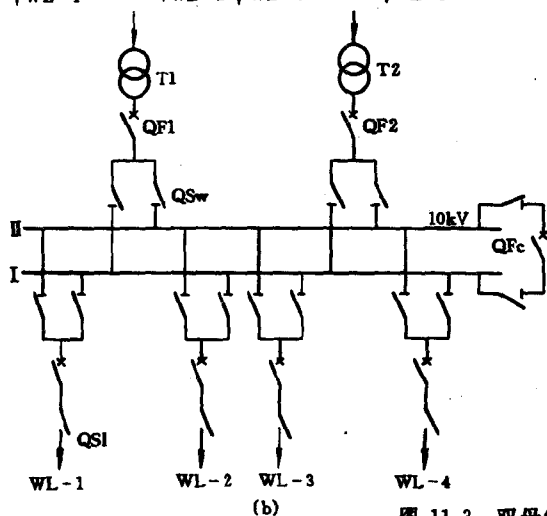
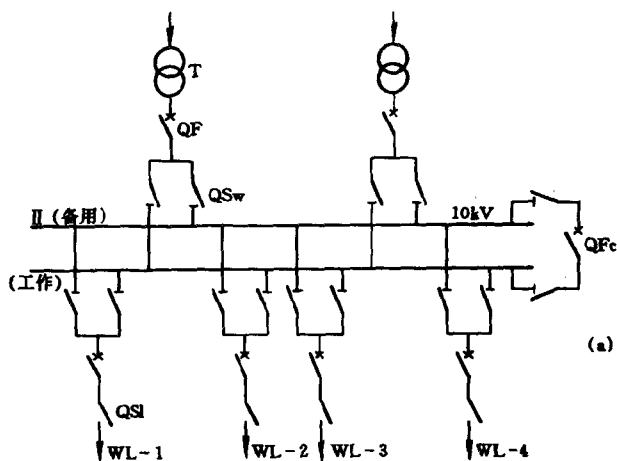
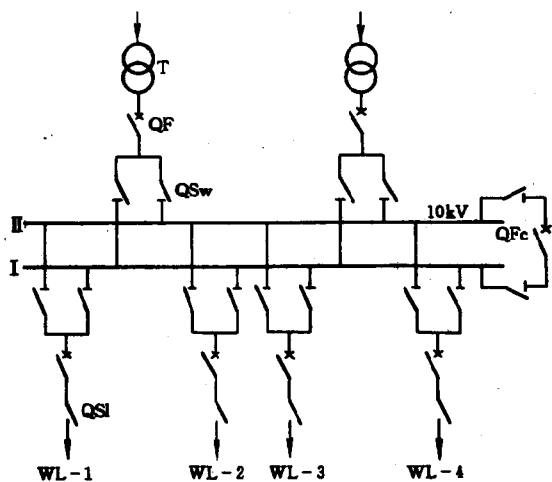


图 11-3 双母线接线
(a) 一组备用、一组工作的双母线接线；(b) 双
T—变压器；QF—电源断路器；QFc—母联断路器；



(c)

的运行方式

母线分开运行的接线；(c) 双母线并列运行的接线

QSw—母线隔离开关；QSI—线路隔离开关；WL—线路

(b) 所示。如果变压器 T1 故障，则变压器差动保护将变压器两侧断路器跳闸，隔离故障，使 I 组母线上电压消失，母线低电压继电器起动，并经 II 组母线有电压鉴定继电器鉴定 I 组母线电压正常后，自动合上母联断路器 QFc，从而可保证全部用户的正常供电。此时如果电源变压器 T2 过载，则需限制用户的负荷或切除部分 10kV 线路。当任一组母线故障时，则自动切换装置对母联断路器 QFc 起闭锁作用，即母联断路器 QFc 合不上，防止扩大停电范围。

(3) 两组母线并列运行。这种接线，每一回路都通过母线隔离开关分别接于一组母线上，两组母线同时工作，并通过母联断路器 QFc 并联运行。电源和负荷电路适当均衡地分配在两组母线上，如图 11-3 (c) 所示。由于母线保护的要求，每条电路固定地与某一组母线连接，并以固定连接方式运行。

综上所述，双母线与单母线相比，其优点是可以轮流检修母线而不使供电中断，检修任一回路的母线隔离开关时，只停该回路；母线故障后，能迅速恢复供电；双母线的任一组母线发生故障，将被切除的回路倒换到另一组母线后，就可迅速恢复供电。但其最大的缺点是当任一组母线故障或检修时，隔离开关作为倒闸操作的电器，容易误操作。为了避免隔离开关误操作，需在隔离开关与断路器之间装设连锁装置。所以，只有当进、出线回路数或母线上电源较多，输送穿越功率较大，母线事故后要求尽快恢复供电，母线和母线设备检修时不允许影响对用户的供电，以及系统运行调度对接线的灵活性有一定要求时才采用。

二、降压变电所 35~220kV 电压侧接线

降压变电所 35~220kV 电压侧常采用带旁路母线的单母线及双母线、桥形接线和多角形接线等。现分别介绍它们

的特点及应用。

1. 桥形接线

当降压变电所仅有两台变压器和两条线路时，采用桥形接线。桥形接线按连接桥断路器的位置，可分为内桥形和外桥形两种接线。

(1) 内桥形接线。内桥形接线特点是连接桥的断路器接在两台变压器侧，其它两台断路器接在线路侧，因此，线路投入和切除比较方便，变压器操作较复杂。当降压变电所全日负荷比较平稳，运行中的变压器不需经常切除，且线路又较长时，宜采用内桥接线，如图 11-4(a)所示。其接线方式分析如下。

1) 任一变压器或线路发生故障。在一般情况下，线路故障停电的可能性比变压器故障停电的可能性要多。因为线路越长，故障的可能性愈大，故应多考虑线路停电的可能性。

若任一条线路故障，如图 11-4 (a) 中在线路 WL-1 的 a 点发生故障时，在继电保护的作用下，故障线路侧断路器 QF2 及线路电源侧断路器自动分闸，切除故障线路本身，不影响其它回路运行。此时，两台变压器和线路 WL-2 仍可继续运行，不需进行切换操作。

若任一变压器故障，如图 11-4 (a) 中变压器 T1 发生故障时，在继电保护的作用下，断路器 QF1、QF2、QF4 自动分闸，切除故障变压器 T1，而变压器 T2 和线路 WL-2 仍可继续运行。此时，为了保证运行的可靠性，以及避免线路 WL-2 的过载，要求与系统具有双回路的联络，故宜将线路 WL-1 保持运行，但需进行倒闸操作。其操作程序，应先拉开隔离开关 QS4 和 QS5，切除故障变压器 T1，然后合上断路器 QF1 和 QF2，使线路 WL-1 恢复供电。

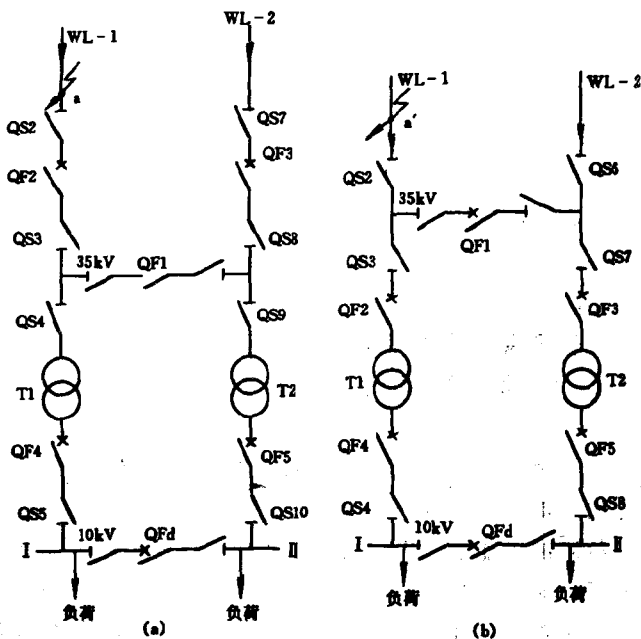


图 11-4 降压变电所桥形接线

(a) 内桥形; (b) 外桥形

2) 任一变压器或线路检修。线路检修时的切换操作比变压器检修时的切换操作要简便得多。

若任一线路检修, 如图 11-4 (a) 中线路 WL-1 检修时, 只需拉开线路断路器 QF2 和两侧隔离开关 QS3 及 QS2 即可。至于系统电源侧断路器和隔离开关的断开, 应由系统值班调度员负责处理, 但与停电线路相应的变压器 T1 宜保持继续运行, 以便利用运行线路 WL-2 的过载能力, 送出和接受较大的电力。

若任一变压器检修，如图 11-4 (a) 中变压器 T1 检修时，其操作程序，必须先拉开断路器 QF1、QF2 及 QF4，然后再拉开隔离开关 QS4 及 QS5，使变压器 T1 退出运行，最后合上断路器 QF2 及 QF1，使线路 WL-1 恢复工作。当变压器 T1 修复后投入运行时，则应先拉开断路器 QF1 及 QF2，然后合上隔离开关 QS5 及 QS4，最后合上断路器 QF4、QF1 及 QF2，使变压器 T1 投入运行。

3) 在桥断路器 QF1 处于热备用状态时，任一线路发生故障，如图 11-4 (a) 中线路 WL-1 (或 WL-2) 故障，其电源侧断路器 QF2 (或 QF3) 分闸，切除故障，然后通过自动装置将桥断路器 QF1 自动合上，使变压器 T1 (或 T2) 恢复供电。当任一变压器 T1 (或 T2) 故障时，在继电保护作用下，断路器 QF2 及 QF4 (或 QF3 及 QF5) 同时分闸，切除故障，此时因变压器保护的闭锁作用，桥断路器 QF1 不会自动合闸，需经值班人员将隔离开关 QS4 (或 QS9) 和 QS5 (或 QS10) 拉开后，再合上断路器 QF1 和 QF2 (或 QF3)，使线路 WL-1 和 WL-2 同时向变压器 T2 (或 T1) 供电，以提高供电的可靠性。

综合上所述，当任一变压器故障或检修时，则与该变压器连接的两台断路器均断开，从而影响了未故障的一回线路运行。此外，变压器切除和投入的操作比较复杂，需要切除和投入与该变压器连接的两台断路器，也影响了未故障的一回路线路运行。由于变压器是很可靠的设备，故障率远较线路少，一般也不经常切换，因此系统中应用内桥形接线较多，以利于线路的运行操作，保证变电所的安全供电。

(2) 外桥形接线。外桥形接线的特点是连接桥的断路器接在线路侧；其它两台断路器接在变压器回路中，故线路故