

工企电气设备及其运行

变、配电部分

王霁宗 主编

GONGQI
DIANQISHEBEI
JIQI
YUNXING

水利电力出版社

工企电气设备及其运行

变、配电部分

王霁宗 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 17印张 370千字

1983年10月第一版 1983年10月北京第一次印刷

印数 00001—29150 册 定价 1.35 元

书号 15143·5218

内 容 提 要

本书主要介绍工厂企业变、配电所电气工作人员所需掌握的基本知识。其中包括电力系统常识，工企变、配电所主要电气设备的工作原理和运行维修的实践经验，用电安全技术等。还对工厂企业的电气运行管理机构及组织形式，培训考核等做了介绍。

全书分十五章，主要有电力系统的概述，工企变、配电所，电力变压器，高、低压配电装置，电力线路，电压互感器和电流互感器，移相电容器，电气测量和仪表，继电保护和二次回路，过电压保护和接地装置，用电的无功补偿，工企变、配电所的运行和管理，工厂车间布线和照明设备，电气安全技术等。

本书可供工厂、企业电工培训和自学用，也可供有关电气技术人员学习参考。

参加本书编写的有：王霁宗、唐翠英、陈淑芳、茅益新。

目 录

第一章 电力系统的概述	1
第一节 电力系统的组成	3
一、发电厂	3
二、电力网	5
三、用户和用电负荷分类	6
第二节 电力系统的运行	7
一、电力系统运行的统一调度	7
二、供电电能质量	9
三、供电可靠性	11
四、电力系统的经济运行	12
五、电力系统中性点的运行方式	13
第二章 工企变、配电所	20
第一节 概述	20
一、工企变、配电所的作用和分类	20
二、工企变、配电所的供电方式	21
三、对工厂企业供电电压等级的确定	22
四、负荷曲线及负荷率	22
第二节 工企变电所的电气主接线	25
一、对电气主接线的基本要求	25
二、常用电气主接线的形式	26
第三节 电气设备的调度编号	29
一、设备调度编号的意义	29
二、设备调度编号的原则和方法	29
第四节 计算负荷的确定	36

一、计算负荷(P_{js})的概念	36
二、确定计算负荷的方法	37
三、工厂总计算负荷的确定	41
第五节 变压器容量和台数的选择原则	44
第三章 电力变压器	47
第一节 概述	47
一、变压器的作用	47
二、变压器的工作原理	47
三、变压器的构造	49
四、变压器的铭牌及额定数据	52
五、三相变压器的连接组	55
六、变压器油	59
第二节 变压器的运行和故障分析	60
一、变压器的允许运行方式	61
二、变压器并列运行	68
三、变压器的经济运行	73
四、变压器油的运行	78
五、变压器运行中的检查和维护	82
六、变压器异常运行和常见故障分析	84
第三节 变压器的检修和试验	88
一、变压器大修	89
二、变压器小修	91
三、变压器试验	92
第四章 高、低压成套配电装置	96
第一节 概述	96
一、对配电装置的基本要求	97
二、对户内、外配电装置各部距离的要求	97
三、对配电装置的安全技术要求	101
第二节 成套配电装置	101

一、成套配电装置的特点	101
二、成套配电装置的分类	102
三、高压开关柜	102
四、低压开关柜	112
第三节 成套配电装置的运行	119
一、GG1A和GG10型高压开关柜的使用和维护	119
二、GFC型高压开关柜的使用和维护	120
三、BSL型和BDL型低压开关柜的使用和维护	122
四、BFC型抽屉式开关柜的使用和维护	122
第五章 高、低压开关和保护电器	124
第一节 高压开关和高压保护电器	124
一、高压断路器	124
二、高压负荷开关	138
三、高压隔离开关	141
四、高压熔断器	142
第二节 低压开关和低压保护电器	147
一、低压空气断路器	147
二、低压刀开关	154
三、交流接触器	156
四、磁力起动器	161
五、热继电器	164
六、低压熔断器	168
第六章 电流互感器和电压互感器	176
第一节 概述	176
一、互感器的作用	176
二、互感器的原理和构造	176
三、互感器的误差	179
四、互感器的准确度等级和容量	181
五、常用互感器的种类和型号	182

六、电流互感器的10%误差曲线	184
七、电压互感器的保护	186
第二节 互感器的极性及其测定	187
一、电流互感器的极性	187
二、电压互感器的极性	188
三、互感器极性的测定	189
第三节 互感器的接线	190
一、电流互感器二次侧线圈的串联或并联接线	190
二、10千伏单相电压互感器的常用接线及适用范围	192
第四节 电流互感器的运行和维护	194
一、电流互感器的巡视和检查	194
二、电流互感器的过负荷运行	194
三、电流互感器的二次回路开路及其处理	195
四、在运行中的电流互感器二次回路上工作时的注意事项	196
五、电流互感器及其二次线的更换	196
第五节 电压互感器的运行和维护	197
一、电压互感器的巡视和检查	197
二、电压互感器的停用及其二次线的更换	197
三、电压互感器一次侧熔丝熔断的原因和处理	198
四、电压互感器一相熔丝熔断后电压表的指示	199
五、防止铁磁谐振过电压的措施	201
第七章 移相电容器	204
第一节 概述	204
一、移相电容器的特点	204
二、电容器的种类和型号	204
三、电容器的电容值 C 与无功容量 Q	206
四、电容器的接线和电流计算	209
五、电容器保护熔丝的选择	210
第二节 电容器的放电装置	213
一、电容器放电装置的作用	213

二、放电电阻的选择	214
第三节 运行温度和电压对电容器的影响	218
一、运行温度对电容器的影响	218
二、运行电压对电容器的影响	219
第四节 电容器组的过电压及合闸涌流	222
一、电容器组投、切过程中的过电压	222
二、电容器组的合闸涌流	223
第五节 电容器的运行、试验和检修	224
一、电容器组的操作	224
二、运行中电容器组的巡视和检查	225
三、电容器运行中的异常现象和故障处理	226
四、电容器的电气试验项目和标准	229
五、电容器绝缘电阻的摇测	229
六、电容器的检修	231
第八章 电力线路	235
第一节 概述	235
一、架空线路的结构	235
二、电力电缆的结构	242
第二节 电力线路导线截面的选择	245
第三节 电力线路的经济指标	250
一、电力线路的电压损失	250
二、电力线路的功率损失	251
三、电力线路的电 能损失	252
四、电力线路的线损率计算	252
第四节 电力线路的运行和维护	256
一、架空线路的运行和维护	256
二、电缆线路的运行和维护	258
第五节 电力线路的故障	260
一、架空线路的故障	260

二、电缆故障	263
第九章 电气测量和仪表	266
第一节 概述	266
一、电气测量仪表的分类	266
二、对电气测量仪表的基本要求	266
三、测量误差	267
第二节 磁电式、电磁式仪表和电流、电压的测量	269
一、磁电式仪表的工作原理及特性	269
二、电磁式仪表的工作原理及特性	271
三、电流表的接线	272
四、电压表的接线	274
五、磁电式和电磁式仪表的使用和维修	275
第三节 电动式仪表和功率的测量	279
一、电动式仪表的工作原理和特性	279
二、功率表的接线和使用	280
三、单相功率表测量无功功率的原理	281
四、用两只功率表测量三相有功功率与无功功率	282
五、电动式功率表的使用和维修	285
第四节 电桥和直流电阻的测量	288
一、电桥的工作原理	288
二、电桥的使用	289
三、电流表、电压表法测量直流电阻	290
第五节 兆欧表和绝缘电阻、接地电阻的测量	291
一、兆欧表的工作原理	291
二、兆欧表的使用	292
三、接地摇表(接地电阻测定仪)的组成和使用	293
第六节 感应式电度表和电度计量	295
一、感应式电度表的构造和工作原理	295
二、电度表倍率及其计算	298

三、电度计量方式和接线	299
四、运行中电度表的接线检查	308
五、电度表错误接线时电度数的更正	311
第十章 继电保护和二次回路	318
第一节 概述	318
一、继电保护装置的任务	318
二、对继电保护装置的基本要求	318
三、继电保护的基本原理和分类	320
四、电流保护的接线方式及接线系数 K_{jx}	322
五、继电器的型号含义	326
六、交流操作的反时限电流保护	327
第二节 变压器的保护	339
一、变压器的主要故障及保护装置	339
二、变压器的瓦斯保护	340
三、变压器的纵联差动保护	342
四、变压器的电流速断保护	344
五、变压器的过电流保护	345
第三节 3~10千伏高压电动机的保护	346
一、高压电动机的主要故障及有关的保护装置	346
二、高压电动机的电流速断及过负荷保护	347
三、电动机的失压保护	348
第四节 6~10千伏移相电容器的保护	349
一、移相电容器的主要故障及有关的保护装置	349
二、电容器组的相横差保护	350
第五节 变、配电所的自动装置	351
一、备用电源自动投入(BZT)装置	351
二、自动重合闸(ZCH)装置	355
第六节 继电保护装置的运行和试验	360
一、继电保护装置的校验周期和内容	360

二、对继电保护装置及二次线巡视检查的主要内容	361
三、继电保护装置的运行维护工作	362
四、GL型电流继电器的电气特性试验及差动保护向量图的绘制	362
第七节 二次回路	365
一、概述	365
二、二次回路的标号	366
三、断路器的控制回路	368
四、信号装置	371
五、操作电源	372
第十一章 过电压保护和接地装置	380
第一节 概述	380
一、过电压的种类和危害	380
二、内部过电压的产生和防护	380
三、大气过电压的产生和防护	383
第二节 过电压保护设备	387
一、避雷针与避雷线	387
二、阀型避雷器	394
三、保护间隙	405
四、管型避雷器	407
第三节 变、配电所的过电压保护	411
一、变、配电所的直击雷保护	411
二、变、配电所的进线段保护	414
三、旋转电机的过电压保护	418
四、变、配电所的绝缘配合	422
第四节 10千伏及以下架空线路和变压器的过电压保护	423
一、3~10千伏架空线路的过电压保护	423
二、低压(380/220伏)架空线路的过电压保护	424
三、10千伏及以下变压器的过电压保护	425
第五节 过电压保护的技术管理工作	426

第六节 接地装置	427
一、跨步电压和接触电压	428
二、接地体的埋设	430
三、接地装置的连接	431
四、接地装置导线截面的选择	431
五、接地电阻值的要求	432
六、土壤电阻率的测量	434
七、接地装置的运行与维护	436
第十二章 工企用电的无功功率补偿	441
第一节 概述	441
一、无功功率就地补偿的意义	441
二、提高用户的功率因数	443
第二节 提高工厂企业的自然功率因数	444
一、更换轻负荷感应电动机	444
二、将轻负荷电动机改变接线	450
三、限制感应电动机和电焊机的空载运行	451
四、提高感应电动机的检修质量	452
五、更换轻负荷电力变压器和消除空载现象	452
第三节 利用移相电容器进行无功补偿	453
一、移相电容器并联补偿的工作原理	453
二、移相电容器的补偿方式	455
三、移相电容器补偿容量的确定	456
第四节 无功补偿的经济当量	460
第十三章 工企变、配电所的运行及其管理机构	466
第一节 变、配电所的倒闸操作	466
一、倒闸操作的基本要求	466
二、操作命令和操作规程	467
三、操作模拟图板	469
第二节 电源核相工作	470

一、核相工作的重要性	470
二、核相的方法和注意事项	471
第三节 电气运行管理机构及其工作	474
一、运行管理机构的作用和组织形式	474
二、电气运行管理人员的职责	476
三、对电气工作人员的培训与考核	477
四、制定电气设备检修、改进与发展计划	478
五、技术管理和资料	479
第十四章 工企车间布线和照明设备	481
第一节 车间布线及其运行和维护	481
一、车间布线方式	481
二、车间布线的运行和维护	482
第二节 工企照明设备及其运行维护	484
一、照明设备的分类	484
二、常用照明器的工作原理	485
三、照明设备的运行和维护	492
第十五章 电气安全技术	499
第一节 电流对人体的危害	499
一、危害程度与电流(强度)大小的关系	499
二、危害程度与电流频率的关系	499
三、危害程度与通电时间的关系	500
四、危害程度与电流途径的关系	500
第二节 触电事故的原因和规律性	501
第三节 电气设备的接地保护与接零保护	503
一、电气设备的工作接地	503
二、电气设备的接地保护	503
三、电气设备的接零保护	504
四、零线的重复接地	505
五、同一供电系统中不允许同时采用两种保护	507

第四节 变、配电所的安全工作	508
一、变、配电所的值班、巡视和倒闸操作	508
二、变、配电所的安全工作制度	512
第五节 电气安全用具	520
一、电气安全用具的分类	520
二、安全用具的结构和用途	521
三、安全用具的检查和保管	523
第六节 电气火灾的扑救	523

第一章 电力系统的概述

在电力生产中，发电厂往往建设在距负荷中心较远的地方。因此，必须通过输电线路和变电所这一中间环节，将生产的电能供给用户使用。同时，为了提高供电的可靠性和实现经济运行，往往将许多发电厂和电力网连接在一起并列运行。这样，我们把由发电厂、电力网和用户组成的统一整体称为电力系统，如图1-1所示。

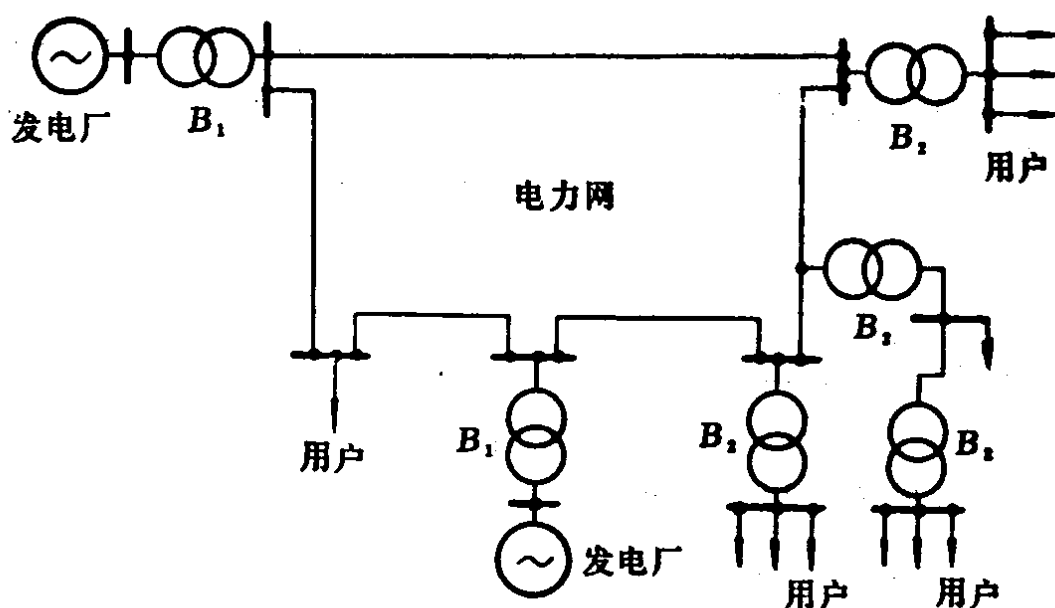


图 1-1 电力系统示意图
 B_1 —升压变压器； B_2 —降压变压器

随着国民经济的发展，发电厂数量的增加，电网供电范围的逐步扩大，电力系统的规模也越来越大。电力系统之间通过联络线实现并网运行，则形成了所谓联合电力系统。

电力系统和联合电力系统较地区电厂单独供电有以下几点好处：

1.可以减少电力系统的总装机容量和备用容量

由于电力系统各地区的负荷组成及特点不同，当形成电力系统或联合电力系统后，整个系统的日最高负荷或季最高负荷都比各地区的日最高负荷或季最高负荷之和要少，因此可以减少总装机容量。

此外，系统中各发电厂可按照统一制定的检修计划轮流检修，错开检修时间。当机组发生故障时，各地区也可通过电力网相互支援。因此，整个电力系统需要准备的备用容量将比各个地区的检修或事故备用容量之和要小。

2.提高了供电可靠性

由于系统容量大，个别环节故障对整个系统的影响较小，而且多个环节同时发生故障的概率也减小。同时，当任一电厂发生事故停电时，系统中的其它电厂可以继续供电，因而使供电的可靠性大大提高。

3.提高了运行的经济性

在电力系统的运行过程中，可以充分发挥各类电厂的特点和作用，合理的利用动力资源。例如，在丰水期间，可让水电厂多发电，以节省火电厂的燃料；在枯水期间，可让水电厂少发电而只承担尖峰负荷。

电力系统中各个发电厂和机组的发电成本不同，并列运行，可按最少燃料消耗和最低发电成本的原则实现经济调度，从而获得系统运行的最大经济效益。

4.提高了电能质量

电力系统负荷的波动会引起电网频率的变化。但由于电力系统供电范围的扩大和供电能力的加强，总的负荷波动就

比各地区负荷波动之和要小，引起的频率变化也相对较小。此外，冲击负荷在容量较大的系统中引起的频率变化也同样减小。

5. 便于安装大容量机组

安装大容量机组是降低发电成本、减少燃料消耗、加快电力建设的重要措施之一。但是对于较小容量的电力系统，大机组的采用却会造成系统运行和检修方面的困难。一般认为，100万千瓦以上的电力系统，机组单台容量不宜超过系统容量的10%。所以系统容量越大，按此比例可装设的机组容量也越大，收到的经济效益也就越大。

由于电能不能大量储存，所以发电、供电、用电实际上是同时进行的，三者之间是一个密切相关的有机整体，这也是电力生产的突出特点。因此，发电厂和供电网络的故障直接影响用户的正常用电。同时也可能由于用户的事故影响电力系统，造成系统大面积停电，从而影响更多的用户正常用电。为了使用户电工和电气技术人员更好的了解和掌握用户和电力系统的关系，下面概略的介绍与用户有关的电力系统的基础知识。

第一节 电力系统的组成

一、发电厂

发电厂根据利用的能源不同可分为以下几种类型：火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂以及利用其它能源（如地热、风力、太阳能等）做为动力的发电厂。

在现代的电力系统中，以火力发电厂和水力发电厂为主，原子能发电厂也开始占有一定的比重。至于地热发电