

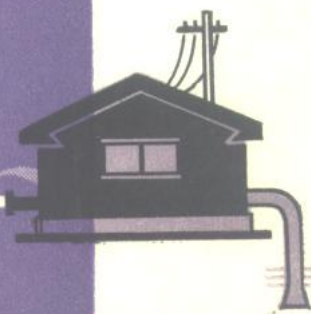
农业机械化丛书

机电排灌设计手册

下册

武汉水利电力学院电力工程系

水利出版社



农 业 机 械 化 丛 书

机电排灌设计手册

下 册

武汉水利电力学院电力工程系

水利出版社

内 容 提 要

本手册分上、下两册出版。上册为水泵及泵站水工部分的设计，下册为电气部分的设计，主要介绍了中小型排灌站电气设计的有关公式图表、选配原则、常用的电气设备型号及其技术数据，书中还列举了较多的设计案例，便于广大读者参考应用。

下册共五章，内容包括电气主结线和配电装置，变压器和电动机，电气设备，二次回路，防雷、接地和照明。

本书供从事中小型电力排灌工程设计的技术人员阅读，也可作为有关院校师生的技术参考书。

农业机械化丛书

机电排灌设计手册

下 册

武汉水利电力学院电力工程系

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

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 16开本 39 $\frac{1}{2}$ 印张 898千字

1982年6月第一版 1982年6月北京第一次印刷

印数00001—10150册 定价4.40元

书号 15047·4170

前 言

为适应我国机电排灌事业迅速发展的需要，我们编写了《机电排灌设计手册》下册。本书分五章，其内容一般可满足中、小型排灌站、35千伏及其以下的中小型变电所电气设计的需要。在各章中分别介绍了有关设计原则及其计算方法，引用了必要的表格和曲线以供查阅。我们编写本手册的出发点是以实用为主，对有关原理部分只作简明介绍。书中列举的算例和图例，可供读者参考使用。

在编写过程中，得到了原湖南省水利电力局、上海供电局、北京供电局、长江流域规划办公室、原湖南省水利电力勘测设计院、吉林省水利勘测设计院、广东省水利电力勘测设计院、广东省佛山地区供电所、原湖北省水利电力勘测设计院、湖北省给水排水设计院等二十多个单位的大力支持，提供了不少资料和新成果。原稿完成后，又承原湖南省水利电力勘测设计院、江苏省江都水利工程管理处审阅，提出了许多宝贵意见和建议，使本手册得到充实和完善。特别是安徽省水利厅勘测设计院罗国钜、岑乐原两位同志对全稿进行了详细的审阅修改，对提高本稿质量帮助很大，特此表示衷心感谢。

参加本书编写工作的有黄守盟、陈邕怀、谭乐嵩、李宇贤、刘正清、邹黎光等同志，最后，李宇贤同志负责全书的统稿工作。本书第十二章的编写工作得到了解广润教授的指导。

由于水平有限，书中有错误和不当之处，热诚地欢迎广大读者提出批评指正。

编 者

目 录

前 言

第八章 电气主结线和配电装置	1
第一节 电气主结线	1
一、35千伏变电所的电气主结线	2
二、二次侧电压为380伏的降压变电所主结线	3
三、高压电动机的一次结线	5
四、低压电动机的一次结线	6
五、设计举例	6
第二节 降压变电所和配电装置	11
一、配电装置选择和布置的基本要求	11
二、户内配电装置的布置	12
三、成套配电装置	22
四、户外配电装置的布置	58
第九章 变压器、电动机及其起动	86
第一节 电力变压器	86
一、变压器台数和容量选择	86
二、变压器的负荷能力	87
三、变压器常用连接组别和并列运行条件	89
四、变压器的型号和技术性能	92
第二节 互感器	102
一、电压互感器	102
二、电流互感器	107
三、电压电流组合互感器	120
第三节 电动机	122
一、电动机的选择	122
二、电动机的技术数据	125
第四节 电动机的起动	155
一、电动机起动电压及起动转矩的计算	155
二、电动机的起动方式比较和选择	164
三、鼠笼式异步电动机的起动	166
四、绕线式异步电动机的起动	173
五、同步电动机的起动	173
第五节 电动机的起动设备	178
一、全压起动设备	178
二、频敏变阻器	186

三、低压综合起动机	188
四、高压综合起动机	193
五、降压起动设备	194
第六节 无功补偿和电力电容器	202
一、无功补偿	202
二、电力电容器及其选择与维护	204
三、电容器放电电阻计算	208
第十章 电气设备	211
第一节 短路电流的计算	211
一、短路电流的概念	211
二、短路电流计算的目的及一般规定	212
三、电路元件参数的计算和网络变换	213
四、三相短路电流的计算	225
五、两相短路电流的计算	233
六、电压在 1 千伏及以下低压电力网的短路电流计算	234
七、短路电流动效应的计算	245
八、短路电流热效应的计算	245
第二节 电气设备的选择	248
一、电气设备选择时应校验的项目	248
二、按工作电压、工作电流及断流容量选择	249
三、热稳定计算公式表	251
四、动稳定计算公式及表格	252
五、短路电流校验简化计算表格	255
第三节 低压开关及低压熔断器	263
一、闸刀开关和组合开关	264
二、自动空气开关	276
三、接触器	297
四、低压熔断器	300
第四节 高压开关及高压熔断器	311
一、高压断路器	311
二、断路器的操作机构	319
三、高压隔离开关	332
四、高压负荷开关	346
五、高压熔断器	351
第五节 导线及电缆	357
一、电线、电缆的型号、规格和用途	357
二、低压电线、电缆及电线管的选择	363
三、高压电力电缆的选择及电缆最小弯曲半径	375
四、母线选择及最小弯曲半径	378
五、常用低压异步电动机的电器及导线选配表	381

第六节 熔断器的选择及自动空气开关的整定计算	388
一、高压熔断器的选择	388
二、低压熔断器的选择	392
三、自动空气开关短路脱扣器整定计算	397
第七节 低压网络单相短路电流的计算	400
第十一章 二次回路	405
第一节 二次接线	405
一、原理接线图	405
二、安装接线图	409
三、小母线的配置	415
四、电缆统计书	417
第二节 互感器及测量仪表	417
一、交流电流回路及电流互感器	417
二、控制电缆芯截面选择计算示例	423
三、交流电压回路及电压互感器	424
四、交流回路绝缘监视装置	425
五、测量仪表选择和配置	426
六、常用测量仪表的技术数据	427
第三节 操作电源、控制及信号	434
一、操作电源	434
二、电容补偿整流型直流系统	434
三、电容器储能的直流系统的设备选择	439
四、解决电动机低电压保护操作电源的措施	441
五、液体整流器	442
六、交流操作	446
七、蓄电池直流电源	448
八、直流回路熔断器及载流导体的选择	449
九、断路器控制及位置信号	450
十、中央信号	454
十一、二次回路的保护及控制、信号回路的设备选择	458
十二、控制电缆	461
十三、二次配件	463
第四节 继电器	476
一、电流继电器	477
二、电压继电器	482
三、中间继电器	483
四、时间继电器	492
五、信号继电器	495
六、BCH-2型差动继电器	496
七、常用继电器新老产品对照	498

第五节 变压器保护	499
一、变压器保护装设一般原则	499
二、电流速断保护	500
三、纵联差动保护	501
四、过电流保护	504
五、过负荷保护	505
六、整定计算示例	506
七、Y/Y ₀ -12接线变压器中性线上的零序电流保护	509
八、零序电流保护计算示例	511
九、降压变压器继电保护配置方案	512
第六节 电动机、配电线及静电电容器保护	517
一、高压(3~6千伏)电动机保护	517
二、低压(1000伏以下)电动机保护	524
三、计算示例	526
四、6~10千伏配电线路保护	528
五、6~10千伏配电线路保护计算示例	531
六、静电电容器保护	532
第十二章 防雷、接地和照明	534
第一节 防雷保护	534
一、对雷电活动规律的认识	534
二、对直击雷的防护	535
三、防止入侵雷电波的危害	540
四、电机的防雷保护	548
五、配电网的防雷保护	549
第二节 变电所和排灌站的接地	551
一、接地的种类、范围和对接地电阻的要求	551
二、接地电阻的计算	552
三、接地装置材料选择和接地体的连接	555
四、接地网的布置和接地体型式的典型设计	557
第三节 电气照明	559
一、照明设计的一般要求和照度标准	559
二、照明设计计算	560
三、各种光源的特点及其比较	566
四、供电电源及布线方式	567
附录 I 电工名词、图形及常用公式	569
一、常用电工名词、计量单位及符号	569
二、常用电工系统图图形符号	570
三、电工系统图文字符号	585
四、电工学常用公式	587
附录 II 电瓷材料	591

一、高压线路针式绝缘子	591
二、高压线路瓷拉棒绝缘子	591
三、高压线路防污盘形悬式绝缘子	594
四、高压线路盘形悬式绝缘子	595
五、高压线路盘形悬式钢化玻璃绝缘子	596
六、高压线路蝴蝶形绝缘子	597
七、高压线路拉紧绝缘子	597
八、高压支柱绝缘子	598
九、高压穿墙套管	601
十、低压线路针式绝缘子	602
十一、低压线路蝴蝶形绝缘子	603
十二、低压布电线用绝缘子	603
附录III 常用金具	604
一、耐张线夹	604
二、联结金具	606
三、接续金具	610
四、拉线金具	611
五、T 接金具	614
六、设备线夹	615
七、矩形母线固定金具	618
八、组合母线环	621

第八章 电气主结线和配电装置

第一节 电 气 主 结 线

在选定电动机的额定电压、单机容量和台数之后，可根据供电电网的电压等，对电力排灌站电气主结线的设计拟定几个初步方案，进行技术经济比较，从中选择最优方案。200千瓦以下的电动机额定电压一般采用380伏，200~1600千瓦的电动机一般采用6千伏。排灌站专用变电所至原有电网的输电线路的电压与输电距离的关系，一般可参考表8-1的规定。输电容量减少，输电距离可以加长。

电气主结线的设计应根据排灌站的特点，以及该排灌站的重要性和供电电网的运行情况来进行。一般排灌站一年之内有排灌任务的时间不长，在非排灌季节有充分的时间进行检修，故在运行时停电检修的机会比较少。如果排灌站在运行时短时停电对排灌影响不大，主结线就可以尽可能简单，当然也要有一定的可靠性。如果短时停电对排灌工作影响很大，则主结线的供电可靠性就要求较高，如变压器高压侧采用油断路器进行控制和保护，变压器的台数可以考虑两台以上及母线分段的接线方式。

中、小型排灌站的变电所的电压一般为35/6千伏、35/0.4千伏、10/0.4千伏。变电所与电网的连接一般采用树枝形“T”接，一回路电源进线。变电所一般为露天布置，而电动机的配电装置（6千伏或0.38千伏的）放在机房内。变电所应尽可能地靠近厂房，便于统一管理。站用电和近区用电可以通过站（所）用变压器供电，若近区用电较多，为了避免近区用电事故影响站用电，也可以另设近区用电变压器。

当初步确定主结线后，再进行电气设备的选择和计算。电气设备首先按正常工作电压及工作电流进行选择，然后进行短路校验（见第十章）。主结线应满足电动机的起动要求（见第九章）。主结线确定之后，根据主结线选择成套配电装置（或自制配电盘），然后再进行室外变电所及室内配电装置的布置和安装设计。而在设计主结线时，尽可能与成套设备标准接线方案相符合。

表 8-1 线路输送容量及输送距离

额 定 电 压 （千伏）	输 送 功 率 （千瓦）	输 送 距 离 （公里）
0.38	100以下	0.25
3	100~1000	1~3
6	100~1200	4~15
10	200~2000	6~20
35	2000~10000	20~50
60	3500~30000	30~100
110	10000~50000	50~150
220	100000~500000	200~300

一、35千伏变电所的电气主结线

一般农村变电所只装1~2台主变压器。35千伏侧多为单回路进线，主变压器高压侧在技术条件许可时不装断路器。6~10千伏侧一般采用单母线。当变电所内有二台主变压器时，可以并接在一起，若不能并列运行时可采用单独供电方式，或用隔离开关分段的接线方式。下面列举各种接线方案，供设计时参考。其中电流互感器没有全部画出，设计时按保护和测量的要求予以考虑。

方案一：接线方式如图8-1，35千伏侧不装油开关，只装跌落式熔断器（如RW5-35型）和隔离开关（如GW5-35型），6~10千伏侧出线装柱上油开关（如DW5-10G型）或装负荷开关（如FW2-10G型）和跌落式熔断器（如RW4-10型），以及装隔离开关（如GW1-10型）和跌落熔断器。变压器低压侧的隔离开关在6~10千伏没有其他电源时可以不装设。这种方案为线路——变压器组的接线，适用于1000~2000千伏安的终端变电所。这个方案的优点是：投资省，全部设备采用露天布置，不须建设配电室，占地面积小，造价较低，建设速度快，不需要设置继电保护装置和相应的操作电源。

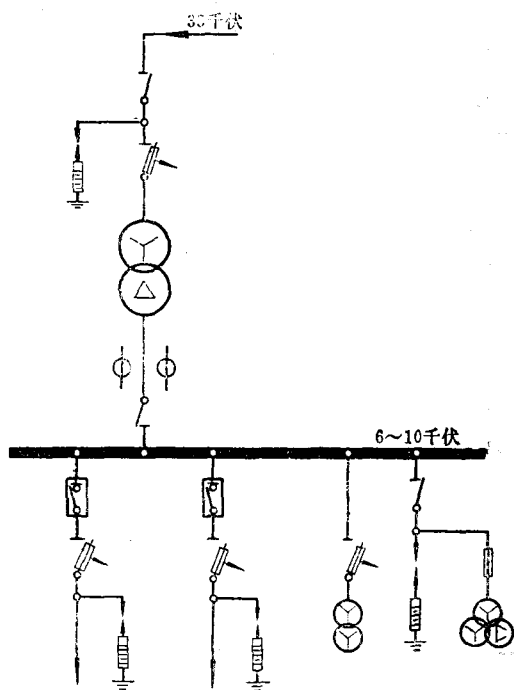


图 8-1 35千伏变电所主结线方案之一

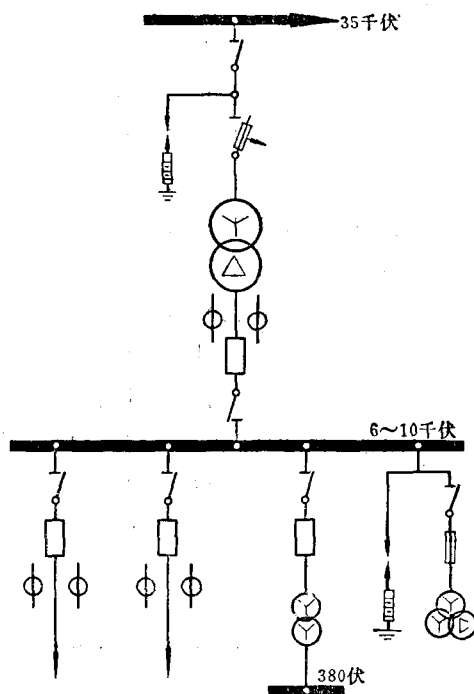


图 8-2 35千伏变电所主结线方案之二

方案二：接线方式如图8-2，35千伏侧同方案一，6~10千伏侧采用成套开关柜（如GG-1A型）。这种方案用在较重要的“T”型接线上。因须建设配电室，开关设备价格较高，所以此方案投资较大，但运行较方便，可靠性较高，适用于地方工业用电负荷较大和回路较多的2500~4000千伏安的变电所。或用于装设高压电机的电力排灌站的专用变电所。如变压器离配电室较近，6千伏母线没有架空引出线，6千伏母线可以不设避雷器。

顺便指出：如果属于排灌站的专用变电所，6千伏侧高压开关柜可装于机房内，变电所为全露天布置。

方案三：如图8-3，35千伏侧装油开关，6~10千伏侧装柱上油开关；总进线装DW4-10型，配出线装DW5-10G型（或装负荷开关）和跌落式熔断器。这种方案因35千伏油开关价格较高，投资多，但运行较可靠，适用于较重要的2500~4000千伏安的农村中间变电所。35千伏另一路出线也装油开关，进行控制和保护。

方案四：接线方式如图8-4，变压器经过油开关和隔离开关接至35千伏电网，二次侧

经隔离开关接至母线。这种接线的优点是：由于装置了油开关，可以利用继电保护使变压器在短路、过载和内部故障时得到可靠的保护，此方案适用于较大容量的变压器。其主要缺点是：基建投资大；选择电器和载流部分时，必须验算电动稳定度和热稳定度。可用于装设高压电动机的排灌站的专用降压变电所。

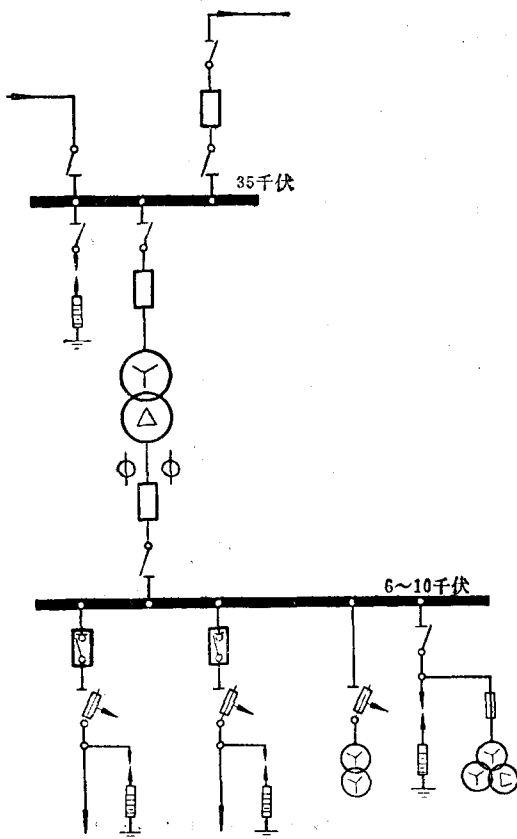


图 8-3 35千伏变电所主接线方案之三

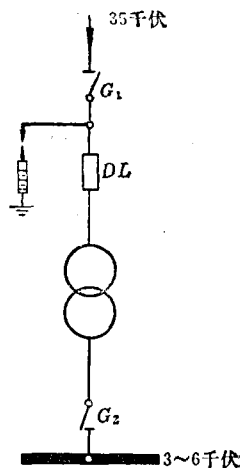


图 8-4 35千伏变电所接线方案之四

二、二次侧电压为380伏的降压变电所主接线

接线方式如图8-5至图8-10所示。

图8-5所示的主接线，变压器经过跌落式熔断器和隔离开关与电网相连接，隔离开关除作为检修隔离电源之用外，还用来接通和断开空载变压器。也有的变电所不装隔离开关，用跌落熔断器兼作接通和断开空载变压器和检修变压器时隔离电源之用。

变压器二次侧经自动空气开关和闸刀开关与低压母线相接。如果变压器高压侧开关拉开时，低压侧无其他电源，则不必装检修用的闸刀开关。该接线的主要缺点：

(1) 熔断器过载保护特性较差, 更换熔断器时停电时间较长;

(2) 利用隔离开关或熔断器切断变压器空载电流受到变压器容量的限制, 若变压器高压侧电压为10千伏, 则变压器容量一般不能大于1250千伏安, 若变压器高压侧电压为35千伏, 则变压器容量一般不能大于4000千伏安。

优点是:

(1) 接线简单, 维护方便, 投资节省;

(2) 用熔断器保护的电路不要验算电动稳定性和热稳定性。

图8-6与图8-4基本相同, 只是二次侧电压为380伏, 另外二次侧的隔离开关 改装闸刀开关。如果变压器高压侧开关拉开时, 低压侧无其它电源, 则不必装闸刀开关。

图8-7为降压变电所具有二台变压器时的接线方式。每台变压器一次侧各装一组跌落式熔断器, 经高压母线与电网相连接。低压母线用闸刀开关分段, 而各自经闸刀开关、自动空气开关分别与变压器二次侧相接。该接线的优点、缺点与图8-5相似。另外, 低压母线分段后, 两台变压器同时运行时, 采用分列运行, 以减少故障时短路电流。

然而, 有些变电所将变压器高压侧各换装一组隔离开关, 而在进线处再共用一组熔断器和一组隔离开关, 或仅用一组跌落式熔断器。这种接线方式, 无论在运行上或是保护上都是有缺点的。因为当一台变压器发生故障时, 会造成全所停电。

图8-8所示的接线, 变压器一次侧各自经油开关和隔离开关, 通过母线与电网相连接, 其优、缺点与图8-4相同, 低压侧总母线与图8-7一样以闸刀开关 G_3 分段, 以减少短路电流。但也有在低压侧还装了自动空气开关的, 这是不必要的, 因为无论低压侧的过载或短路均已包括在高压侧油开关保护范围之内了。

在图8-7与图8-8中, 二次侧的 G_1 、 G_2 (或 G_3 、 G_4) 闸刀开关是为了当一台变压器停电而另一台变压器向两段低压母线供电时, 需要利用它们中的一个与停电的变压器进行隔离。

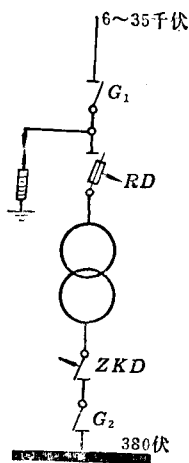


图 8-5 低压侧电压为 380 伏的降压变电所主接线方案之一

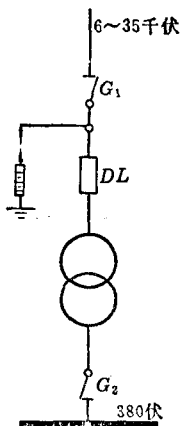


图 8-6 低压侧电压为 380 伏的降压变电所主接线方案之二

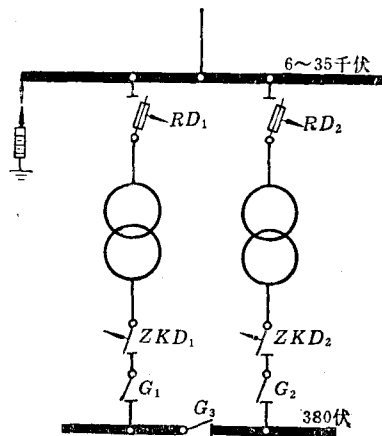


图 8-7 低压侧电压为 380 伏的降压变电所主接线方案之三

图8-9所示的接线，当排灌站专用降压变电所距地区变电所很近时采用。变压器一次侧仅装隔离开关，以备检修变压器用，而变压器的短路，过载和内部故障的保护，则由地区变电所内的供电油开关（ DL_2 ）来担当。

有些排灌站在设计时，没有单独考虑站用电源的问题，故排灌站在非运行期间，为了几盏灯或少量的加工用电，也不得不把大容量的变压器投入运行，这是不经济的。为了减少变压器的损耗，又能保证非运行期间的检修、加工和生活用电，可另设容量较小的站用变压器，其接线如图8-10所示。如附近有其它低压电源可供站内非运行期用电时，则不设站用变压器，而以电动机低压母线电压作为站用电源，而其它低压电源作为站用电的备用电源。

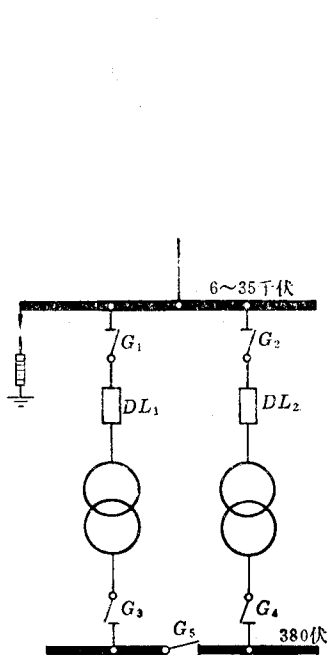


图 8-8 低压侧电压为 380 伏的降压变电所主结线方案之四

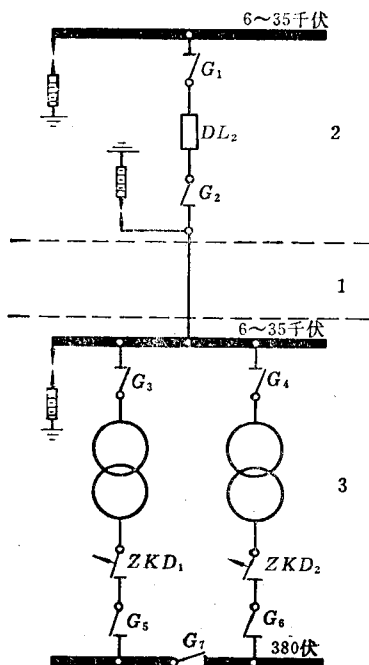


图 8-9 低压侧电压为 380 伏的降压变电所主结线方案之五

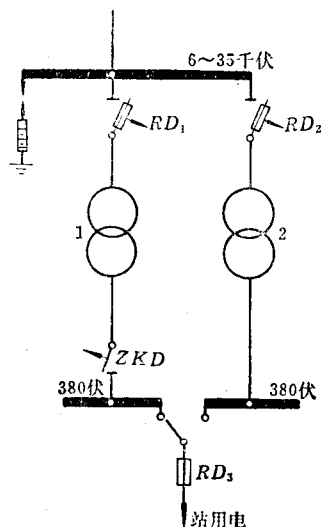


图 8-10 站用变压器高压侧接在主变的高压侧的结线图
1—主变压器；2—站用变压器

三、高压电动机的一次结线

图8-11所示为高压电动机的一次结线图。为了保证高压电动机得到可靠的保护，采用高压油开关的接线方式。电动机经高压油开关和隔离开关与母线相接。当需用降压起动或采用绕线型电动机时，可加装相应的起动设备。电动机母线进线油开关和隔离开关，在电机台数较少情况下可以不装，为了测量只装电流互感器。电动机至高压开关柜常用电缆连接，这样比较安全、简单，电缆引线比用裸线引线占的地方少。而变压器至电动机母线常用铝母线连接。站用电变压器由电网直接供电的方式，当主变压器停电或检修时，不影响站用变压器供电。如果站用电变压器高压侧接在 6 千伏母线上，则主变压器停电，站用变压器也停电。

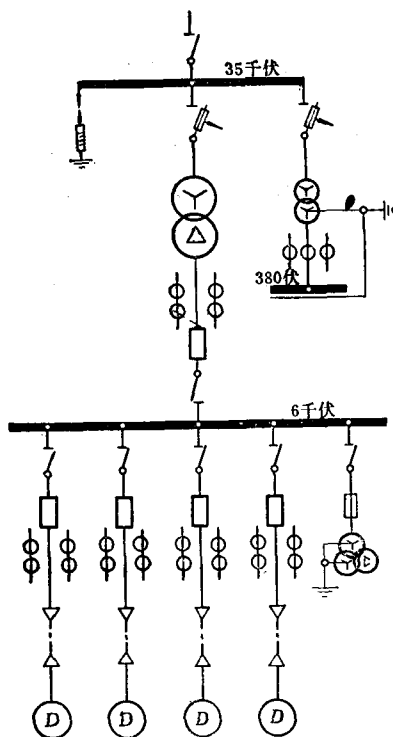


图 8-11 高压电动机的一次结线图

四、低压电动机的一次结线

低压电动机直接起动的一次结线方案，一般如图8-12所示，供设计时选择。

图（a）中的自动空气开关ZKD作为保护电器，保护较完善。ZKD也作为操作电器，如选用DW5、DW10自动空气开关，一般作为75千瓦以上电动机手动操作或电动操作电器；如选用DZ5、DZ10自动空气开关，一般作为75千瓦以下电动机手动操作电器。

图（b）的自动空气开关ZKD作为保护电器，交流接触器CJ作为电动操作电器，这样保护较完善，操作也较方便。

图（c）、（d）、（e）作为75千瓦以下电动机电动操作时采用。熔断器R作为短路保护，磁力起动器QC作为电动操作和过载保护，交流接触器作为电动操作作用，为了过载保护，用交流接触器时再加装热继电器。

对于10千瓦以下的电动机，还可采用熔断器和闸刀的手动操作接线。

器和闸刀的手动操作接线。

当必须采用降压起动时，则根据图8-12所示结线增装或换装相应的降压起动设备。

当采用绕线式电动机时，则在电动机转子回路增装起动电阻或频敏变阻器。

当采用成套设备时，主结线应参考成套设备（第九章第五节）一次结线而定。

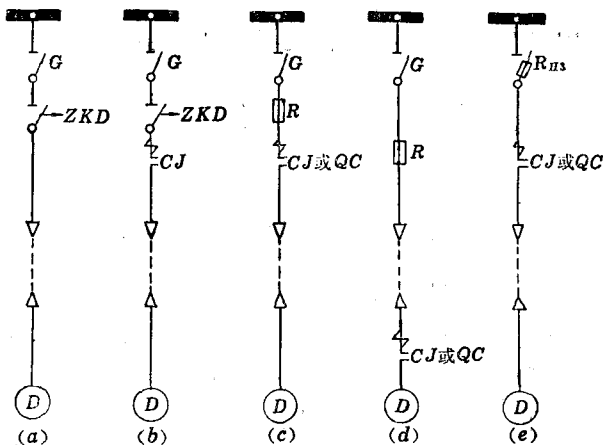


图 8-12 低压电动机的一次结线图

五、设计举例

设计举例图中原有的旧型号在设计时应以新型号代替。图8-14中的单相电压互感器作

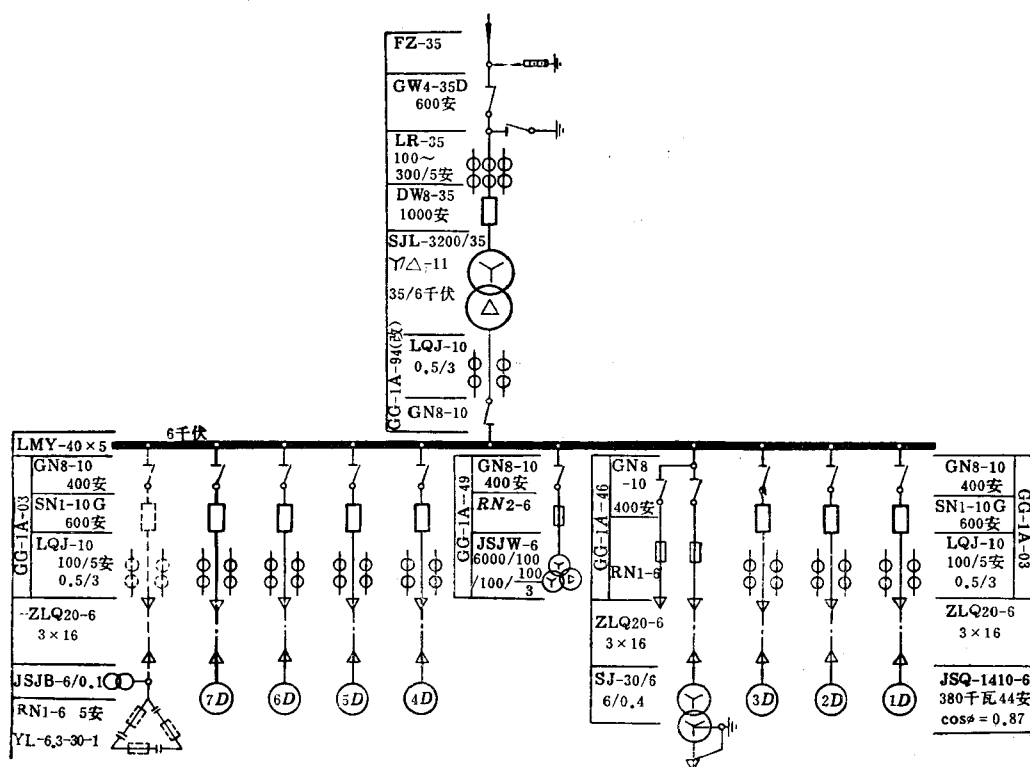


图 8-13 陶盆泵站主结线图

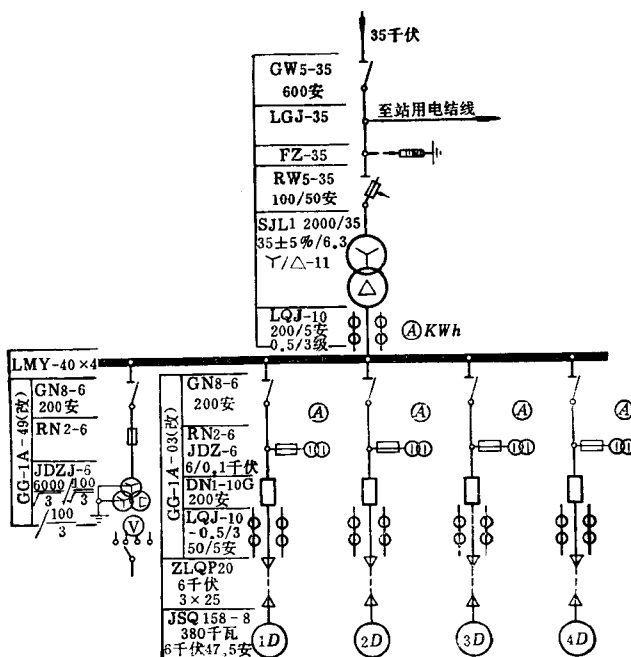


图 8-14 榄口电灌工程主结线图

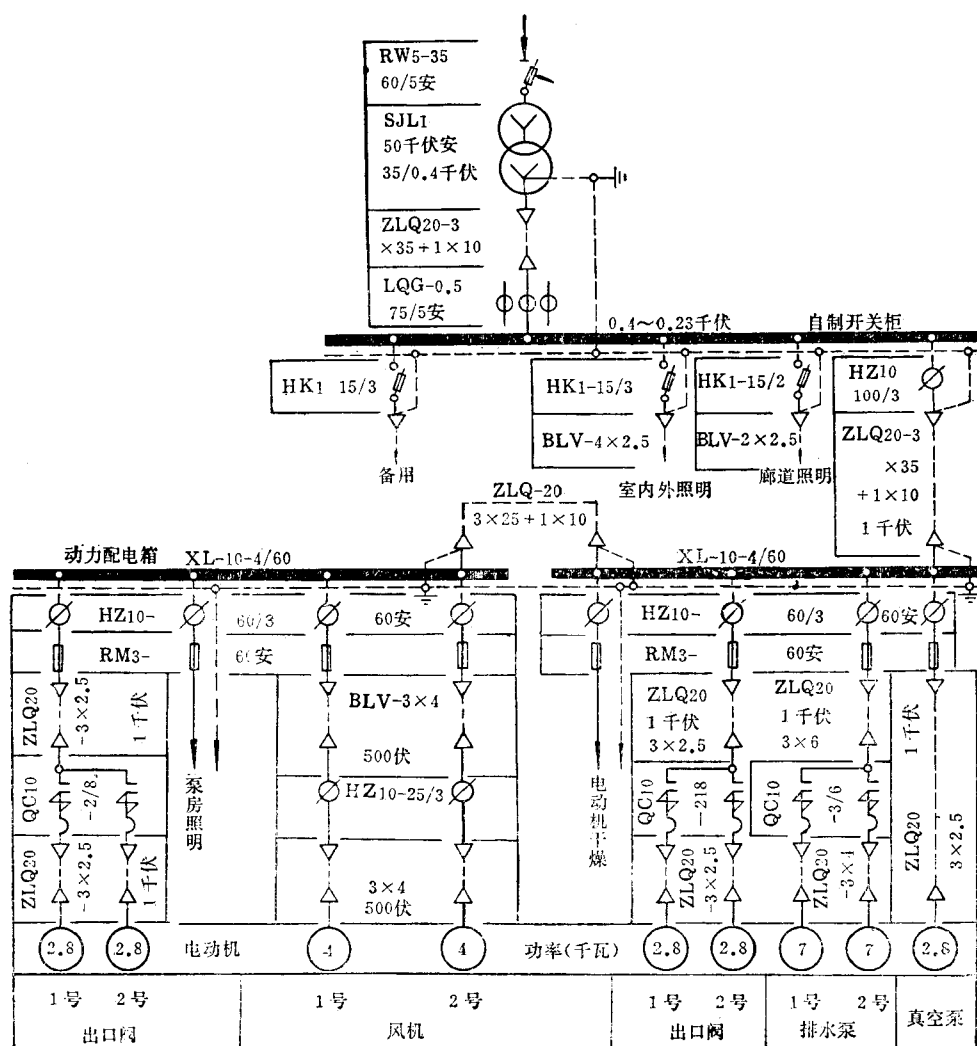


图 8-15 榄口电灌工程站用电结线图

注：①自制开关柜装于配电室内，动力配电箱装于水泵室；

②各电动机外壳、磁力起动器、动力配电箱、电缆外皮均可靠接地。