

ICS27.100
P62
备案号: J173—2002

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5155-2002

**220kV~500kV变电所所用电
设计技术规程**

**Technical code for designing AC station service of
220kV~500kV substation**

2002-04-27 发布

2002-09-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5155-2002

220kV~500kV 变电所所用电 设计技术规程

Technical code for designing AC station service of
220kV~500kV substation

主编部门：国家电力公司华东电力设计院

批准部门：国家经济贸易委员会

公告号：国家经济贸易委员会 2002 年第 22 号

前 言

本规程是新编电力行业标准。国家电力公司电力规划设计总院于 1992 年提出了本规程的编制计划，后列入原电力工业部《关于下达 1996 年制定、修订电力行业标准计划项目（第一批）的通知》（技综 [1996] 40 号）第 69 项，由华东电力设计院编制。

制定本规程的目的是为了贯彻国家的基本建设方针，体现国家的技术经济政策，统一和明确建设标准，使变电所所用电设计符合安全可靠、经济适用、符合国情的原则。

在编制过程中，进行了大量的调查研究，广泛征询了设计、运行、管理等有关单位的意见，认真总结了已有的设计、运行经验。在此基础上，参考现行厂用电设计技术的有关规定，结合变电所所用电的具体特点，编制了本规程。

在本规程颁发实施后，代替 SDJ2—88《220kV～500kV 变电所设计技术规程》第 4 章第 3 节的“所用电”部分。

本规程的附录 A、附录 H 为标准的附录。

本规程的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 均为提示的附录。

本规程由电力行业电力规划设计标准化技术委员会提出并归口。

本规程起草单位：国家电力公司华东电力设计院。

本规程主要起草人：赵正铨。

本规程由电力行业电力规划设计标准化技术委员会负责解释。

目 次

前言

1 范围	1
2 引用标准	2
3 总则	3
4 所用电接线	4
5 所用变压器选择	6
6 短路电流计算及电器、导体的选择	8
7 所用电设备的布置	12
8 所用电力系统的继电保护、控制、信号、测量及 自动装置	16
附录 A (标准的附录) 主要所用电负荷特性表	19
附录 B (提示的附录) 500kV 变电所所用变压器负荷计算 及容量选择实例	21
附录 C (提示的附录) 所用电电压调整计算	23
附录 D (提示的附录) 380V 所用配电屏短路电流 计算法	25
附录 E (提示的附录) 供电回路持续工作电流计算	27
附录 F (提示的附录) 熔断器及断路器选择校验	30
附录 G (提示的附录) 熔断器及断路器保护选择 性配合	32
附录 H (标准的附录) 本标准的用词说明	35
条文说明	37

1 范 围

本规程规定了变电所所用电的设计原则，适用于新建 220kV ~500kV 变电所设计。对扩建和改建工程，可参照使用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB 50217—1994 电力工程电缆设计规范
- DL/T 620—1997 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
- DL/T 621—1997 交流电气装置接地
- SDJ 2—1988 220kV~500kV 变电所设计技术规程
- SDJ 5—1985 高压配电装置设计技术规程
- DL/T 5153—2002 火力发电厂厂用电设计技术规定
- DL/T 5136—2001 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程
- DL/T 5137—2001 电测量及电能计量装置设计技术规程

3 总 则

3.0.1 变电所所用电设计必须认真贯彻国家的技术经济政策，做到安全可靠、经济适用、符合国情。

3.0.2 变电所所用电设计，应积极慎重地采用成熟的新材料、新设备等先进技术。

3.0.3 变电所所用电设计除应执行本规程规定外，尚应符合现行国家标准和电力行业标准的规定。

4 所用电接线

4.1 所用电源

4.1.1 220kV变电所宜从主变压器低压侧分别引接两台容量相同，可互为备用，分列运行的所用工作变压器。每台工作变压器按全所计算负荷选择。

只有一台主变压器时，其中一台所用变压器宜从所外电源引接。

4.1.2 330kV~500kV 变电所的主变压器为两台（组）及以上时，由主变压器低压侧引接的所用工作变压器台数不宜少于两台，并应装设一台从所外可靠电源引接的专用备用变压器。

每台工作变压器的容量宜至少考虑两台（组）主变压器的冷却用电负荷。专用备用变压器的容量应与最大的工作变压器容量相同。

初期只有一台（组）主变压器时，除由所内引接一台工作变压器外，应再设置一台由所外可靠电源引接的所用工作变压器。

4.2 所用电接线方式

4.2.1 所用电低压系统应采用三相四线制，系统的中性点直接接地。系统额定电压 380/220V。

4.2.2 所用电母线采用按工作变压器划分的单母线。相邻两段工作母线间可配置分段或联络断路器，但宜同时供电分列运行。两段工作母线间不宜装设自动投入装置。

4.2.3 当任一台工作变压器退出时，专用备用变压器应能自动切换至失电的工作母线段继续供电。

4.3 所用电负荷的供电方式

4.3.1 所用电负荷宜由所用配电屏直配供电，对重要负荷应采

用分别接在两段母线上的双回路供电方式。

4.3.2 强油风（水）冷主变压器的冷却装置、有载调压装置及带电滤油装置，宜按下列方式共同设置可互为备用的双回路电源进线。并只在冷却装置控制箱内自动相互切换。

1 主变压器为三相变压器时，宜按台分别设置双回路；

2 主变压器为单相变压器组时，宜按组分别设置双回路，各相变压器的用电负荷接在经切换后的进线上。

4.3.3 330kV~500kV变电所的控制楼、通信楼，可根据负荷需要，分别设置专用配电屏向楼内负荷供电。专用屏宜采用单母线接线。

4.3.4 断路器、隔离开关的操作及加热负荷，可采用按配电装置区域划分的，分别接在两段所用电母线的下列双回路供电方式：

1 各区域分别设置环形供电网络，并在环网中间设置刀开关以开环运行；

2 各区域分别设置专用配电箱，向各间隔负荷辐射供电，配电箱电源进线一路运行，一路备用。

4.3.5 检修电源网络宜采用按配电装置区域划分的单回路分支供电方式。

4.4 交流不停电电源

4.4.1 不停电电源宜采用成套 UPS 装置，或由直流系统和逆变器联合组成。电源装置可以按全部负载集中设置，也可按不同负载分散设置。

4.4.2 不停电电源宜采用具有稳压稳频性能的装置，额定输出电压为单相 220V，额定输出频率 50Hz。

4.4.3 供计算机使用的不停电电源装置，其容量的选择宜留有裕度。

5 所用变压器选择

5.1 负荷计算及容量选择

5.1.1 负荷计算原则：

- 1 连续运行及经常短时运行的设备应予计算；
- 2 不经常短时及不经常断续运行的设备不予计算。

变电所主要所用电负荷特性参见附录 A。

5.1.2 负荷计算采用换算系数法，所用变压器容量按下式计算：

$$S \geq K_1 \cdot P_1 + P_2 + P_3 \quad (5.1.2)$$

式中：S——所用变压器容量 (kVA)；

K_1 ——所用动力负荷换算系数，一般取 $K_1=0.85$ ；

P_1 ——所用动力负荷之和 (kW)；

P_2 ——所用电热负荷之和 (kW)；

P_3 ——所用照明负荷之和 (kW)。

500kV 变电所所用变压器负荷计算及容量选择实例参见附录 B。

5.2 型式及阻抗选择

5.2.1 所用变压器应选用低损耗节能型产品。变压器型式宜采用油浸式，当防火和布置条件有特殊要求时，可采用干式变压器。

5.2.2 所用变压器宜采用 Dyn11 联结组。

所用变压器联结组别的选择，宜使各所用工作变压器及所用备用变压器输出电压的相位一致。所用电低压系统应采取防止变压器并列运行的措施。

5.2.3 所用变压器的阻抗应按低压电器对短路电流的承受能力确定，宜采用标准阻抗系列的普通变压器。

5.2.4 所用变压器高压侧的额定电压，应按其接入点的实际运行电压确定，宜取接入点相应的主变压器额定电压。

5.2.5 当高压电源电压波动较大，经常使所用电母线电压偏差超过 $\pm 5\%$ 时，应采用有载调压所用变压器。所用电电压调整计算参见附录 C。

6 短路电流计算及电器、导体的选择

6.1 短路电流计算

6.1.1 所用电低压系统的短路电流计算原则：

- 1 应按单台所用变压器进行计算；
 - 2 应计及电阻；
 - 3 系统阻抗宜按高压侧保护电器的开断容量或高压侧的短路容量确定；
 - 4 短路电流计算时，可不考虑异步电动机的反馈电流；
 - 5 馈线回路短路时，应计及馈线电缆的阻抗；
 - 6 不考虑短路电流周期分量的衰减。
- 380V 短路电流的计算方法参见附录 D。

6.2 所用电高压电器

6.2.1 所用变压器高压侧可采用高压熔断器或断路器作为保护电器。保护电器开断电流不能满足要求时，可采用下列措施之一：

- 1 装设限流电抗器；
- 2 装设限流电阻器。

6.2.2 所用电高压电器和导体的设计，应符合 SDJ 5 等有关标准的规定。

6.3 低压电器、导体选择

6.3.1 低压电器、导体的选择，应满足工作电压、工作电流、分断能力、动稳定、热稳定和周围环境的要求。

对于屏内电器额定电流的选择，应考虑不利散热的影响，可按电器额定电流乘以 0.7~0.9 的裕度系数进行修正。

供电回路持续工作电流计算参见附录 E。

6.3.2 低压电缆的选择，应符合 GB 50217 的规定。

6.3.3 在下列情况下，低压电器和导体可不校验动稳定或热稳定：

1 用限流熔断器或熔件额定电流为 60A 及以下的普通熔断器保护的电器和导体可不校验热稳定；

2 用限流断路器保护的电器和导体可不校验热稳定；

3 当熔件的额定电流不大于电缆额定载流量的 2.5 倍，且供电回路末端的单相短路电流大于熔件额定电流的 5 倍时，可不校验电缆的热稳定；

4 对已满足额定短路分断能力的断路器，可不再校验其动、热稳定。但另装继电保护时，应校验断路器的热稳定；

5 保护式磁力起动器和放在单独动力箱内的接触器，可不校验动、热稳定。

6.3.4 当回路中装有限流作用的保护电器时，该回路的电器和导体可按限流后实际通过的最大短路电流进行校验。

6.3.5 短路保护电器的额定分断能力，应按安装点的预期最大短路电流的周期分量有效值进行校验，并应满足下列要求：

1 保护电器的额定分断能力（周期分量有效值）应大于安装点的预期短路电流周期分量有效值；

2 保护电器的额定功率因数应低于安装点的短路功率因数。当不能满足时，电器的额定分断能力宜留有适当裕度。

6.3.6 断路器分断能力的校验尚应符合以下规定：

1 当电源为下进线时，应考虑其对分断能力的影响；

2 当利用断路器本身的瞬时过电流脱扣器作为短路保护时，采用断路器的瞬时额定分断能力进行校验；

3 当利用断路器本身的延时过电流脱扣器作为短路保护时，采用断路器相应延时下的额定分断能力进行校验；

4 当另装继电保护时，如其动作时间未超过断路器延时脱扣器的最长延时，则以断路器的延时额定分断能力进行校验；如其动作时间超过断路器延时脱扣器的最长延时，则断路器的分断

能力应按制造厂规定值进行校验。

6.3.7 断路器的瞬时或延时脱扣器的整定电流应按躲过电动机起动电流的条件选择，并按最小短路电流校验灵敏系数，校验方法参见附录 F。

6.3.8 三相供电回路中，三极断路器的每极均应配置过电流脱扣器。分励脱扣器和失压脱扣器的参数及辅助触头的数量，应满足控制和保护的要求。

6.3.9 熔断器的熔件应按通过正常的短时最大电流不熔断的条件来校验。对电动机回路的熔件，应按起动电流校验。熔断器的选择、校验方法参见附录 F。

6.3.10 隔离电器应满足短路电流动、热稳定的要求。

6.3.11 交流接触器和磁力起动器的等级和型号应按电动机的容量和工作方式选择。其吸持线圈的参数及辅助触头的数量应满足控制和联锁的要求。

6.3.12 热继电器的选择：

1 按额定电流选择型号，应使电动机额定电流在热继电器整定值的可调范围内；

2 采用带温度补偿易于调整整定电流的热继电器。

6.4 低压电器组合

6.4.1 在供电回路中，宜装有隔离电器和保护电器。对于需经常操作的电动机回路还应装设操作电器；对不经常操作的回路，保护电器可兼作操作电器。

6.4.2 当发生短路故障时，各级保护电器应满足选择性动作的要求。

所用变压器低压总断路器宜带延时动作，馈线断路器宜先于总断路器动作。上下级熔件应保持一定级差，决定级差时应计及上下级熔件熔断时间的误差。

熔断器之间、熔断器与断路器之间及断路器之间的保护选择性配合参见附录 G。

- 6.4.3 对起吊设备的电源回路，宜增设就地安装的隔离电器。
- 6.4.4 用熔断器和接触器组成的三相电动机回路，应装设带断相保护的热继电器或采用带触点的熔断器作为断相保护。
- 6.4.5 交流接触器与有限流作用的熔断器组合使用时，应符合制造厂推荐的配合方式，熔断器的额定分断能力应符合 6.3.5 的要求。达到“a”型保护的要求时，允许装在中央配电屏上。

6.5 低压电动机选型

- 6.5.1 电动机应采用高效、节能的交流电动机。
- 6.5.2 电动机的防护型式应与周围环境条件相适应。

7 所用电设备的布置

7.1 一般规定

7.1.1 所用配电屏的位置应综合考虑操作巡视方便，缩短供电距离，减少噪声干扰等要求。

7.1.2 220V~380V 屋内配电装置的安全净距不应小于表 7.1.2 所列数值。

表 7.1.2 220V~380V 屋内配电装置的安全净距 mm

不同相导体间及带电部分至接地部分间	15
带电部分至无孔遮栏	50
带电部分至网状遮栏	100
带电部分至栅状遮栏	850
无遮栏裸导体至地面高度	2300 (2500 见 7.3.5)
平行的不同电停电检修的无遮栏裸导体间	1500

7.1.3 所用配电屏室及所用变压器室内，所有通向室外或邻室（包括电缆层）的孔洞，均应以耐燃材料可靠封堵。

7.1.4 所用配电装置的接地及过电压保护设计应符合 DL/T 621 及 DL/T 620 的规定。

7.2 所用变压器布置

7.2.1 当所用变压器采用屋内布置时，油浸变压器应安装在单独的小间内。干式变压器可以布置在所用配电屏室内。

7.2.2 油浸变压器外廓与变压器室四壁的净距不应小于表 7.2.2 所列数值。

对于就地检修的所用变压器，室内高度可按吊芯所需的最小高度再加 700mm，宽度可按变压器两侧各加 800mm 确定。

7.2.3 油浸所用变压器的贮油或挡油设施的设置，应符合 SDJ 5 的规定。

表 7.2.2 油浸所用变压器外廓与变压器室四壁的最小净距 mm

变压器容量 kVA	1000 及以下	1250 及以上
变压器与后壁、侧壁之间	600	800
变压器与门之间	800	1000

7.2.4 所用变压器的高、低压套管侧或者变压器靠维护门的一侧宜加设网状遮栏。变压器油枕宜布置在维护入口侧。

7.2.5 所用变压器的低压硬母线穿墙处，可用绝缘板加以封闭，但在潮湿地区采用绝缘板时应进行防潮处理。

7.2.6 在油浸变压器室内装设隔离电器时，应装在变压器室内近维护门口处，并应加以遮护。

7.2.7 变压器室应有检修专用的门或可拆墙，其宽度应按变压器宽度至少加 400mm，高度按变压器高度至少加 300mm 确定。对 1000kVA 及以上的变压器，在搬运时可考虑将油枕及防爆管拆下。

为了运行检修的方便，变压器室可另设维护小门。

7.3 所用配电屏的选型和布置

7.3.1 所用配电屏的选型，应综合环境条件、安全可靠供电、维修方便和运行要求等因素予以确定。

所用电宜采用封闭的固定式配电屏；当所用电馈线多，且要求尽量压缩占地面积和空间体积时，也可采用抽屉式配电屏。当采用抽屉式配电屏时，应设有电气联锁和机械联锁。

7.3.2 所用配电屏室的操作、维护通道尺寸见表 7.3.2。

7.3.3 单独设置的所用配电屏室应尽量靠近所用变压器室。

7.3.4 成排布置的所用配电屏，其长度超过 6m 时，屏后的通道应设两个出口，并宜布置在通道的两端，当两个出口之间的距离超过 15m 时，其间尚应增加出口。

7.3.5 所用配电屏室内裸导电部分与各部分的净距，应符合下列要求：

1 屏后通道内,裸导电部分的高度低于2.3m时应加遮护,遮护后通道高度不应低于1.9m;

2 跨越屏前、屏侧面通道的裸导电部分,其高度低于2.5m时应加遮护,遮护后通道高度不应低于2.2m。

7.3.6 除在所用配电屏内留有备用回路外,所用配电屏室宜留有1~2个备用屏的位置。

表 7.3.2 配电屏前后的通道最小宽度 m

配电屏种类		单排布置			双排面对 面布置			双排背对 背布置			多排同 向布置		
		屏 前	屏 后		屏 前	屏 后		屏 前	屏 后		屏 间	前后排 屏距离	
			维护	操作		维护	操作		维护	操作		前排	后排
固定式	不受限制	1.5	1.0	1.2	2.0	1.0	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	1.0
	受限制	1.3	0.8	1.2	1.8	0.8	1.2	1.3	1.3	2.0	2.0	1.3	0.8
抽屉式	不受限制	1.8	1.0	1.2	2.3	1.0	1.2	1.8	1.0	2.0	2.3	1.8	1.0
	受限制	1.6	0.8	1.2	2.0	0.8	1.2	1.6	0.8	2.0	2.0	1.6	0.8

注: 1 受限制是指受到建筑平面的限制、通道内有柱等局部突出物的限制;

2 控制屏、柜前后的通道最小宽度可按本表的规定执行或适当缩小;

3 屏后操作通道是指需在屏后操作运行中的开关设备的通道。

7.4 对建筑物的要求

7.4.1 所用配电屏室长度大于7m时,应设两个出口,并宜布置在配电屏室的两端。

7.4.2 所用配电装置室的门应为向外开的防火门,并在内侧装设不用钥匙可开启的弹簧锁。相邻配电装置室之间的门,应能双向开启。门的宽度应按搬运的最大设备外形尺寸再加200mm~400mm,门宽不应小于900mm,门的高度不低于2100mm。维护门的尺寸不小于750mm×1900mm。

7.4.3 所用配电装置室的地面设计标高高出室外地坪不应小于0.3m。应采取措施防止雨水进入所用变压器室的贮油池。

7.4.4 所用配电屏室宜采用不起灰并有一定硬度的地面。

7.4.5 配电屏室可开窗，但应采取防止雨、雪、小动物、风砂及污秽尘埃进入的措施。

7.4.6 所用配电装置的建筑、防火、通风设计，尚应符合 SDJ2 的要求。

7.5 检修电源的配置

7.5.1 主变压器附近、屋内及屋外配电装置内，应设置固定的检修电源。检修电源的供电半径不宜大于 50m。

7.5.2 专用检修电源箱宜符合下列要求：

1 配电装置内的电源箱至少设置三相馈线二路，单相馈线二路。回路容量宜满足电焊等工作的需要。

2 主变压器附近电源箱的回路及容量宜满足滤注油的需要。

7.5.3 安装在屋外的检修电源箱应有防潮和防止小动物侵入的措施。落地安装时，底部应高出地坪 0.2m 以上。

8 所用电系统的继电保护、控制、信号、测量及自动装置

8.1 所用电保护

8.1.1 所用变压器保护：

1 对高压侧采用断路器的所用变压器，高压侧宜设置电流速断保护和过电流保护，以保护变压器内部、引出线及相邻元件的相间短路故障。保护装置宜采用两相三继电器接线。保护动作（电流速断瞬时，过电流带时限）于变压器各侧断路器跳闸。

2 额定容量 800kVA 及以上的油浸变压器和 400kVA 及以上的车间内油浸变压器，均应装设瓦斯保护，保护动作于信号或跳闸。

3 低压侧中性点直接接地的所用变压器，宜装设下列单相接地短路保护之一：

1) 装在变压器低压侧中性线上的零序过电流保护，保护装置可由反时限电流继电器组成；

2) 利用高压侧的过电流保护，兼作单相短路保护。保护装置采用两相三继电器接线。

保护装置带时限动作于变压器各侧断路器跳闸。

8.1.2 低压电动机应装设下列保护：

1 相间保护。用于保护电动机绕组内及引出线的短路故障。保护装置按所采用的一次设备，可由下列方式之一构成：

1) 熔断器与磁力起动器（或接触器）组成的回路，由熔断器作为相间短路保护。

2) 断路器或断路器与操作电器组成的回路，可用断路器本身的短路脱扣器作为相间短路保护。当电动机出线端子处短路时，保护的灵敏系数应不小于 1.5。

2 单相接地短路保护。当相间短路保护能满足单相接地短

路灵敏性时，可由相间短路保护兼作单相接地短路保护；当不能满足时，宜另装接地短路保护。接地短路保护装置由一个接于零序电流互感器上的电流继电器构成，瞬时动作于断路器跳闸。

3 过负荷保护。操作电器为磁力起动器或接触器的电动机回路，可采用热继电器作为过负荷保护。保护动作于开断操作电器，并发报警信号。

4 两相运行保护。当电动机由熔断器作为短路保护时，应装设本保护，保护构成方式见 6.4.4。

8.4 控制和信号

8.2.1 控制和信号回路的设计应符合 DL/T 5136 的规定。

8.2.2 当所用配电屏远离主控制室时，对所用变压器低压总断路器、母线分段断路器、消防泵等回路的操作电器，以及所用变压器有载调压分接开关等元件，应根据不同的控制方式实施控制：

1 当采用常规控制方式时，宜在主控制室或继电器室设置控制屏进行远方控制；

2 当采用微机监控方式时，由监控系统进行控制。

对于其他需设控制回路的元件，可在低压配电屏上就地进行控制。

8.2.3 设有双回路的控制楼及通信楼专用线，其操作电器的控制回路设计，应保证正常运行时只由一个回路进行供电。

8.2.4 所用电系统的事故、预告信号应接入微机监控或中央信号系统。

8.3 自动装置

8.3.1 所用专用备用电源自动投入装置应满足下列要求：

1 保证工作电源的断路器断开后，工作母线无电压，且备用电源电压正常的情况下，才投入备用电源；

2 自动投入装置应延时动作，并只动作一次；

- 3 当工作母线故障时，自动投入装置不应起动；
 - 4 手动断开工作电源时，不起动自动投入装置；
 - 5 工作电源恢复供电后，切换回路应由人工复归；
 - 6 自动投入装置动作后，应发预告信号。
- 8.3.2 生活水泵、雨水泵等，应设有根据水位自动投切的回路。

8.4 测 量

- 8.4.1 所用电回路测量仪表的设置应符合 DL/T 5137 的规定。
所用配电屏上应设有母线电压表。

附录 A (标准的附录)

主要用电负荷特性表

序号	名称	负荷类别	运行方式
1	充电装置	Ⅱ	不经常、连续
2	浮充电装置	Ⅱ	经常、连续
3	变压器强油风(水)冷却装置	Ⅰ	经常、连续
4	变压器有载调压装置	Ⅱ	经常、断续
5	有载调压装置的带电滤油装置	Ⅱ	经常、连续
6	断路器、隔离开关操作电源	Ⅱ	经常、断续
7	断路器、隔离开关、端子箱加热	Ⅱ	经常、连续
8	通风机	Ⅲ	经常、连续
9	事故通风机	Ⅱ	不经常、连续
10	空调机、电热锅炉	Ⅲ	经常、连续
11	载波、微波通信电源	Ⅰ	经常、连续
12	远动装置	Ⅰ	经常、连续
13	微机监控系统	Ⅰ	经常、连续
14	微机保护、检测装置电源	Ⅰ	经常、连续
15	空压机	Ⅱ	经常、短时
16	深井水泵或给水泵	Ⅱ	经常、短时
17	生活水泵	Ⅱ	经常、短时
18	雨水泵	Ⅱ	不经常、短时
19	消防水泵、变压器水喷雾装置	Ⅰ	不经常、短时
20	配电装置检修电源	Ⅲ	不经常、短时

续表

序号	名称	负荷类别	运行方式
21	电气检修间（行车、电动门等）	Ⅲ	不经常、短时
22	所区生活用电	Ⅲ	经常、连续

说明：

(1) 负荷特性系指一般情况，工程设计中由逆变器或不停电电源装置供电的通信、运动、微机监控系统，交流事故照明等负荷也可计入相应的充电负荷中。

(2) 负荷分类：

I类负荷：短时停电可能影响人身或设备安全，使生产运行停顿或主变压器减载的负荷。

II类负荷：允许短时停电，但停电时间过长，有可能影响正常生产运行的负荷。

III类负荷：长时间停电不会直接影响生产运行的负荷。

(3) 运行方式栏中“经常”与“不经常”系区别该类负荷的使用机会。“连续”“短时”“断续”系区别每次使用时间的长短。即：

连续——每次连续带负荷运转 2h 以上的。

短时——每次连续带负荷运转 2h 以内，10min 以上的。

断续——每次使用从带负荷到空载或停止，反复周期地工作，每个工作周期不超过 10min 的。

经常——系指与正常生产过程有关的，一般每天都要使用的负荷。

不经常——系指正常不用，只在检修、事故或者特定情况下使用的负荷。

附录 B (提示的附录)

500kV 变电所所用变压器负荷计算 及容量选择实例

序号	名 称	额定容量 kW	安 装 kW	运 行 kW
1	充电装置	33	33	33
2	浮充电装置	16.5×2 4.5×2	42	42
3	主变压器冷却装置	60×2	120	120
4	500kV 保护屏室分屏	90	90	90
5	220kV 保护屏室分屏	90	90	90
6	通信电源	30	30	30
7	逆变器及 UPS	15	15	15
8	深井水泵	22	22	22
9	生活水泵	5.5	5.5	5.5
小 计 P_1		447.5	447.5	447.5
10	500kV 配电装置加热	21	21	21
11	220kV 配电装置加热	28	28	28
12	35kV 配电装置加热	5.5	5.5	5.5
13	电热锅炉	2×150 2×2.6	152.6 ¹⁾	152.6 ¹⁾
14	空调机	74.22	74.22 ²⁾	74.22 ²⁾
小 计 P_2		359.7	207.1	207.1
15	500kV 配电装置照明	20	20	20
16	220kV 配电装置照明	11.8	11.8	11.8
17	35kV 配电装置照明	10	10	10

续表

序号	名 称	额定容量 kW	安 装 kW	运 行 kW
18	屋外道路照明	4	4	4
19	综合楼照明	30	30	30
20	辅助建筑照明	12	12	12
小 计 P_3		87.8	87.8	87.8
1) 两台电热锅炉分别接在两段母线上运行，计算负荷时按 1 台考虑。 2) 空调机为单冷型，该负荷仅在夏季使用。				

$$\begin{aligned}
 \text{计算负荷 } S &= 0.85 \times P_1 + P_2 + P_3 \\
 &= 0.85 \times 447.5 + 207.1 + 87.8 \\
 &= 675.3 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

选择变压器容量：800kVA

附录 C (提示的附录)

所用电电压调整计算

C1 无励磁调压变压器

当所用变压器高压侧电压和所用电负荷正常变动时, 所用电低压母线电压可按下列条件及式 (C1) 计算。公式中基准容量取所用变压器额定容量 S_e , 低压母线电压标么值的基准电压取 0.38kV 。

1 按高压侧电压最低、所用电负荷最大, 计算低压母线的最低电压 $U_{m.zd}$, 并满足 $U_{m.zd} \geq 0.95$ (标么值)。

2 按高压侧电压最高、所用电负荷最小, 计算低压母线的最高电压 $U_{m.zg}$, 并满足 $U_{m.zg} \leq 1.05$ (标么值)。

低压母线电压的算式如下:

$$U_m = U_0 - S \cdot Z_b \quad (\text{C1})$$

$$Z_b = R_b \cdot \cos\varphi + X_b \cdot \sin\varphi \quad (\text{C2})$$

式中: U_m ——低压母线电压 (标么值);

U_0 ——所用变压器低压侧的空载电压 (标么值), $U_0 = U_g \cdot U_{2e\%} / [1 + (n \cdot \delta\% / 100)]$;

S ——所用电负荷 (标么值);

Z_b ——负荷压降阻抗 (标么值);

R_b ——所用变压器电阻 (标么值), $R_b = 1.1 \times P_d / S_e$;

$\cos\varphi$ ——负荷功率因数, 取 0.8;

X_b ——所用变压器电抗 (标么值), $X_b = 1.1 \times U_d\% / 100$;

U_g ——高压侧电压 (标么值), $U_g = U_G / U_{1e}$;

U_G ——高压侧电压 (kV);

U_{1e} ——所用变压器高压侧额定电压 (kV);

U_{2eB} ——所用变压器低压侧额定电压（标么值）， $U_{2eB} = U_{2e}/U_j$ ；

U_{2e} ——所用变压器低压侧额定电压（kV）；

U_j ——低压母线的基准电压（kV），0.38kV；

n ——分接位置， n 为整数，负分接时为负值；

$\delta\%$ ——分接开关的级电压（%）；

P_d ——所用变压器额定铜损耗（kW）；

S_e ——所用变压器额定容量（kVA）；

$U_d\%$ ——所用变压器阻抗电压百分值。

计算表明，对于160kVA~1000kVA标准阻抗系列4%~6.5%的所用变压器，当高压侧的电压波动范围为所用变高压额定电压的 $\pm 2.5\%$ ，且分接开关的参数符合下列条件时，选用无励磁调压变压器能满足低压母线 $\pm 5\%$ 的允许波动范围。

- 1) 分接开关的调压范围取10%（从正分接到负分接）；
- 2) 分接开关的级电压取2.5%；
- 3) 额定分接位置宜在调压范围的中间。

C2 有载调压变压器

低压母线电压的计算见式（C1）、（C2），但应计及分接头位置的可变因素。

对于160kVA~1000kVA标准阻抗系列4%~6.5%的所用变压器，当高压侧的电压波动超出所用变高压额定电压的 $\pm 2.5\%$ ，采用无励磁调压难以满足低压母线 $\pm 5\%$ 的允许波动范围时，应选用有载调压变压器，分接开关的选择应满足下列要求：

- 1) 调压范围可采用15%（从正分接到负分接）；
- 2) 分接开关的级电压采用2.5%；
- 3) 额定分接位置宜在调压范围的中间。

附录 D (提示的附录)

380V 所用配电屏短路电流计算法

D1 三相短路电流周期分量的起始值

$$I'' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}} \quad (\text{D1})$$

式中: I'' ——三相短路电流周期分量的起始有效值 (kA);

U ——变压器低压侧线电压, 取 400V;

ΣR ——每相回路的总电阻 (m Ω);

ΣX ——每相回路的总电抗 (m Ω)。

D2 三相短路冲击电流

$$i_{\text{ch}} = \sqrt{2} \times k_{\text{ch}} \cdot I'' \quad (\text{D2})$$

式中: i_{ch} ——短路冲击电流 (kA);

k_{ch} ——短路电流的冲击系数, 可根据回路中 $\Sigma X/\Sigma R$ 比值从图 D1 查得; 或由 $k_{\text{ch}} = 1 + e^{-0.01/T_a}$ 求得; 式中 $T_a = L/R$ 为回路的时间常数 s。

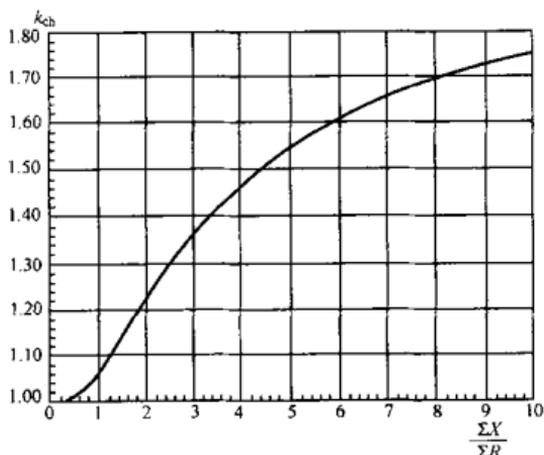


图 D1 $k_{\text{ch}} = f(X/R)$ 曲线

D3 由常用所用变压器供电的 380V 母线的三相短路电流计算结果见表 D1 及表 D2。

表 D1 6kV~10kV/0.4kV 变压器三相短路电流计算结果

变压器参数			380V 母线短路						
S_e	I_e	U_d	ΣR	ΣX	冲击系数	I''	i_{ch}	T_s	功率因数
kVA	A	%	m Ω	m Ω	k_{ch}	kA	kA	s	$\cos\varphi$
160	231	4	23.320	39.200	1.16	5.1	8.4	0.00537	0.51
200	289	4	17.267	32.368	1.19	6.3	10.6	0.00597	0.47
250	361	4	13.907	25.422	1.18	8.0	13.3	0.00582	0.48
315	455	4	10.593	20.724	1.20	9.9	16.8	0.00623	0.46
400	577	4	7.733	16.712	1.23	12.5	21.8	0.00688	0.42
500	722	4	4.864	13.354	1.32	16.3	30.4	0.00874	0.34
630	909	4.5	3.652	12.224	1.39	18.1	35.6	0.01066	0.29
800	1155	4.5	2.780	9.855	1.41	22.6	45.1	0.01129	0.27
1000	1443	4.5	2.132	8.095	1.44	27.6	56.1	0.01209	0.25

表 D2 35kV/0.4kV 变压器三相短路电流计算结果

变压器参数			380V 母线短路						
S_e	I_e	U_d	ΣR	ΣX	冲击系数	I''	i_{ch}	T_s	功率因数
kVA	A	%	m Ω	m Ω	k_{ch}	kA	kA	s	$\cos\varphi$
160	231	6.5	25.195	65.230	1.30	3.3	6.1	0.00825	0.36
200	289	6.5	18.467	53.048	1.34	4.1	7.7	0.00915	0.33
250	361	6.5	14.931	41.805	1.33	5.2	9.8	0.00892	0.34
315	455	6.5	11.399	33.628	1.35	6.5	12.4	0.00940	0.32
400	577	6.5	8.333	26.900	1.38	8.2	16.0	0.01028	0.30
500	722	6.5	5.376	21.349	1.45	10.5	21.6	0.01265	0.24
630	909	6.5	4.096	17.159	1.47	13.1	27.3	0.01334	0.23
800	1155	6.5	3.055	13.709	1.50	16.4	34.7	0.01429	0.22
1000	1443	6.5	2.436	11.112	1.50	20.3	43.1	0.01453	0.21

附录 E (提示的附录)

供电回路持续工作电流计算

E1 所用变压器进线回路

$$I_g = 1.05 \times I_e = 1.05 \times \frac{S_e}{\sqrt{3} \times U_e} \quad (\text{E1})$$

式中： I_g ——所用变进线回路工作电流 (A)；

I_e ——所用变压器低压侧额定电流 (A)；

U_e ——所用变压器低压侧额定电压 (kV)；

S_e ——所用变压器额定容量 (kVA)。

考虑 95% U_e 时变压器容量不变。对有载调压所用变压器，应按实际最低分接电压进行计算。

E2 主变压器冷却装置供电回路

单台主变压器冷却装置供电回路的工作电流可按下式计算；当为三台单相主变压器的供电回路时，应按下式的三倍计算

$$I_g = n_1 \cdot (I_b + n_2 \cdot I_f) \quad (\text{E2})$$

式中： I_g ——单台主变压器冷却装置供电回路工作电流 (A)；

n_1 ——单台主变压器满载运行时所需的冷却器组数；

I_b ——每组冷却器中油泵电动机的额定电流 (A)；

I_f ——每组冷却器中单台风扇电动机的额定电流 (A)；

n_2 ——每组冷却器中风扇电动机的数量。

E3 断路器操作及加热电源回路

$$I_g = \Sigma I_c + \Sigma I_r \quad (\text{E3})$$

式中： I_g ——断路器操作及加热电源回路工作电流 (A)；

ΣI_c ——回路中可能同时动作的断路器或隔离开关操作电动机额定电流之和 (A)，当缺乏资料时，单台电动机电流可估算如下：

不大于 3kW 时, 取 2.5A/kW; 大于 3kW 时, 取 2A/kW。

ΣI_r ——回路中断路器、隔离开关加热器的额定电流之和。
单相加热器应均匀分配于三相。

E4 照明回路

$$I_g = \frac{3 \times P_m \cdot (1 + \Delta P)}{\sqrt{3} \times U_e \cdot \cos \varphi} \quad (E4)$$

式中: I_g ——照明回路工作电流 (A);

P_m ——最大一相照明装置容量 (kW);

ΔP ——镇流元件功率损耗占灯管的%, 见表 E1;

$\cos \varphi$ ——照明器功率因数, 见表 E1;

U_e ——额定线电压, 取 0.38kV。

表 E1 镇流元件功率损耗占灯管耗的百分比

光源和镇流元件的特性	$\cos \varphi$	ΔP (%)
荧光灯有电感镇流元件无补偿电容器	0.5	20
水银灯有电感镇流元件无补偿电容器	0.57~0.6	10
荧光灯有电感镇流元件和补偿电容器	0.9	20

E3 硅整流装置回路

$$I_g = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_e \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \quad (E5)$$

式中: I_g ——硅整流装置回路工作电流 (A);

P ——整流器功率 (kW);

η ——整流器效率;

$\cos \varphi$ ——整流器功率因数;

U_e ——整流器输入额定电压 (kV)。

E6 检修电源回路

检修电源回路按使用单相交流电焊机考虑时

$$I_g = \frac{P_e}{U_e \cdot \cos \varphi} \cdot \sqrt{ZZ} \times 1000 \quad (E6)$$

$$\text{或} \quad I_g = \frac{S_e}{U_e} \cdot \sqrt{ZZ} \times 1000 \quad (\text{E7})$$

式中： I_g ——检修电源回路工作电流（A）；

P_e 、 S_e ——单相电焊机额定功率、容量（kW、kVA）；

U_e ——额定电压（V）；

$\cos\varphi$ ——功率因数，如无铭牌，一般可取 0.5；

ZZ ——交流电焊机的暂载率，国产焊机通常为 65%。

E7 通风机、水泵电动机回路

$$I_g = \Sigma I_d \quad (\text{E8})$$

式中： I_g ——电动机回路工作电流（A）；

I_d ——单台电动机的额定电流（A），当缺乏资料时可估算如下：

不大于 3kW 时，取 2.5A/kW；大于 3kW 时，取 2A/kW。

附录 F (提示的附录)

熔断器及断路器选择校验

F1 熔断器熔件选择校验

1 按电动机起动条件校验熔件额定电流, 见表 F1。

表 F1 电动机起动校验熔件额定电流

单台电动机	馈电干线 ¹⁾	
$I_e \geq \frac{I_Q}{a_1}$	成组自启动	$I_e \geq \frac{\sum I_Q}{a_2}$
	其中最大一台启动	$I_e \geq \frac{I_{Q1} + \sum_2^n I_{G1}}{a_2}$
1) 两式中取大者		

表 F1 中: I_e ——熔件额定电流 (A);

I_{Q1} ——最大一台电动机起动电流 (A);

$\sum_2^n I_{G1}$ ——除最大一台电动机外, 其他所有电动机工作电流之和 (A);

$\sum I_Q$ ——由馈电干线供电的所有自启动电动机电流之和 (A);

a_1 ——电动机回路熔件选择系数: 对 RTO 型熔断器取 2.5; 对 NT 型熔断器取 3;

a_2 ——干线回路熔件选择系数, 取 1.5。

2 供电回路保护电器选用熔断器时, 熔件额定电流与电缆截面的配合及对供电回路末端单相短路电流的要求。

1) 熔件额定电流不大于电缆额定载流量的 2.5 倍:

$$I_e \leq 2.5 \times I_{lc} \quad (F1)$$

2) 供电回路末端单相短路电流大于熔断器熔件额定的 5 倍:

$$I_d^{(1)} > 5 \times I_e \quad (F2)$$

上二式中: I_e ——熔件额定电流 (A);

I_{le} ——电缆额定载流量 (A);

$I_d^{(1)}$ ——供电回路末端单相短路电流 (A)。

满足上述条件, 可不校验供电电缆的热稳定 (6.3.3-3 规定)。

F2 断路器过电流脱扣器选择校验

1 过电流脱扣器整定电流按表 F2 计算

表 F2 过电流脱扣器整定电流

单台电动机回路	馈电干线 ¹⁾	
$I_Z \geq K \cdot I_Q$	成组自启动	$I_Z \geq 1.35 \times \Sigma I_Q$
	其中最大一台启动	$I_Z \geq 1.35 \times \left(I_{Q1} + \sum_2^n I_{Qi} \right)$
1) 两式中取大者		

表 F2 中: I_Z ——脱扣器整定电流 (A);

K ——可靠系数, 动作时间大于 0.02s 的断路器一般取 1.35, 动作时间不大于 0.02s 的断路器取 1.7~2。其他符号同表 F1。

2 过电流脱扣器的灵敏度按下式进行校验

$$\frac{I_d}{I_Z} \geq 1.5$$

式中: I_d ——供电回路末端或电动机端部最小短路电流 (A);

I_Z ——脱扣器整定电流 (A)。

附录 G (提示的附录)

熔断器及断路器保护选择性配合

G1 熔断器与熔断器的配合

1 RTO 型熔断器配合级差

表 G1 是按上下级熔件最大误差为 $\pm 50\%$ 叠加, 并考虑 10% 的配合裕度确定的, 级差为 $2\sim 5$, 与短路电流大小有关。当按该表选择熔件有困难时, 可按熔件误差为 $\pm 30\%$ 确定的算式 (G1) 来校验熔件的选择性配合

$$t_1 > 2.08 \times t_2 \quad (\text{G1})$$

式中: t_1 ——上一级熔件流过下一级最大短路电流时的熔断时间 (s), 由制造厂提供的安秒特性曲线查取;

t_2 ——下一级熔件流过最大短路电流时的熔断时间 (s)。

表 G1 RTO 熔断器配合级差

熔断器 电流(A)	熔件额定 电流(A)	短路电流(周期分量有效值)(kA)				
		1	2	4	6	10-50
100	30					
	40					
	50					
	60					
	80					
	100					
200	120					
	150					
	200					
	250					
400	300					
	350					
	400					
	450					
600	500					
	550					
	600					
	600					

2 NT 型熔断器配合级差

NT 型熔断器的特点为断流能力高, 熔件的额定电流级数多, 熔断特性曲线误差小, 特性曲线电流方向误差不大于

±10%。为了保证选择性动作，应满足上一级熔件熔断的 I_1^2 大于下一级熔件熔断的 I_2^2 。据此得出，上下级熔件选择性配合的额定电流比为 1.6:1，个别可达 2，为简单可靠起见，可按式 (G2) 进行校验

$$I_{e1} > 2 \times I_{e2} \quad (G2)$$

式中： I_{e1} ——上一级熔件额定电流 (A)；

I_{e2} ——下一级熔件额定电流 (A)。

G2 断路器与断路器配合

断路器过电流脱扣器级差可取 0.15s~0.2s；即负荷断路器为瞬动，馈电干线断路器取短延时 0.15s~0.2s，总电源断路器延时 0.3s~0.4s。

G3 断路器与熔断器配合

断路器与熔断器配合时，应将其保护曲线与熔断特性曲线进行比较，以保证在可能出现的各种短路电流下能够选择性动作。

配合时应计及熔断器和断路器保护曲线误差，断路器还应考虑可返回电流与熔断器曲线配合。

1 上级用断路器，下级用熔断器时，断路器选用带延时的过电流脱扣器。要求熔断特性曲线在断路器保护曲线的下方，例如图 G1。

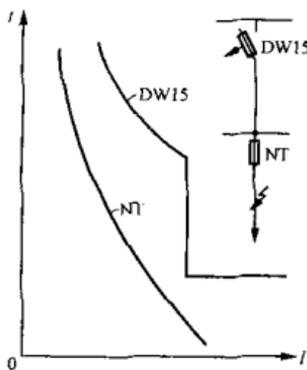


图 G1 断路器与熔断器配合

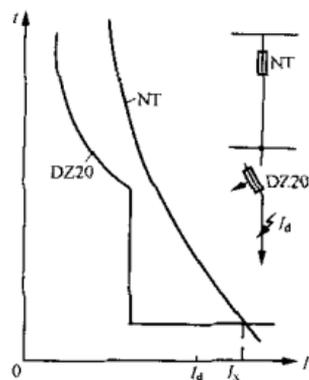


图 G2 熔断器与断路器配合

2 上级用熔断器，下级用断路器时，熔断曲线与断路器保护曲线在电流较大处有交叉（例如图 G2），要求交叉点 I_X 大于断路器可能通过的最大短路电流 I_d ，才能保证选择性动作。

附录 H (标准的附录)

本标准的用词说明

- H1** 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
- H2** 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
- H3** 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
- H4** 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：
采用“可”。

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5155 - 2002

**220kV~500kV 变电所所用电
设计技术规程**

条 文 说 明

主编部门：国家电力公司华东电力设计院

批准部门：国家经济贸易委员会

目 次

4 所用电接线.....	39
5 所用变压器选择.....	46
6 短路电流计算及电器、导体的选择.....	51
7 所用电设备的布置.....	58
8 所用电系统的继电保护、控制、信号、测量 及自动装置.....	63

4 所用电接线

4.1 所用电源

4.1.1 本条引自 SDJ2—88 第 4.3.1 条。

装设两台容量各按全所计算负荷选择的工作变压器，是为了保证所用变压器的相互切换和轮换检修。

1992 年调查的 44 个 220kV 变电所中，绝大多数都是两台工作变压器分列运行相互备用，只有少数几个是一台工作一台明备用方式。

调查的 44 个变电所，共运行 499 变电所·年，发生所用电全停事故 34 次，事故率为 0.07 次/（变电所·年）；其中 30 个设置两台所用变压器且分列运行的变电所，运行 323 变电所·年，发生全停事故 19 次，事故率 0.06 次/（变电所·年），平均约 17 年全停一次；而所用变一台工作一台备用的 4 个变电所，只运行 20 变电所·年，全停事故 3 次，事故率为 0.15 次/（变电所·年），平均 6.7 年就全停一次，全停事故率为两台工作变压器分列运行的 2.55 倍。另据 1983 年调查资料，所用变一台工作一台备用的 8 个变电所，全停事故率高达 0.26 次/（变电所·年）。

经验证明，装设两台容量相同且分列运行相互备用的所用工作变压器，既保证了必要的可靠性和灵活性，又不使所用电接线过分复杂，对大多数 220kV 变电所都是合适的。

两台所用工作变压器的引接方式要根据具体情况确定，当设有两台或以上主变压器时，首先应分别由两台主变压器的低压侧引接，这种方式具有经济、可靠的特点，已建 220kV 变电所也都是这样引接的。

当只有一台主变压器时，其中一台所用工作变压器由所外电源引接，一般宜设专用线路，或由有电源的联络线引接，以提高供电的可靠性；如果能从所外引入足够容量的 380V 可靠电源

时，也可只装设一台由所内引接的工作变压器。

4.1.2 按 SDJ2—88 第 4.3.2 条补充改写。

考虑到 330kV~500kV 变电所的重要性及所用变压器轮换检修的要求，有必要较 220kV 变电所提高设计标准。故本条规定除所用工作变压器之外，应再设一台专用的所用备用变压器。

已建 330kV~500kV 变电所，基本是按这一原则设计的。按照 2~3 台（组）500MVA~800MVA 主变压器设计的 500kV 变电所，其所用电系统多数都是两台工作变压器及一台所外可靠电源引接的备用变压器，各台所用变压器的容量相同；也有远景 3 台（组）主变压器的 500kV 变电所，是按容量相同的 3 台所用工作变压器及一台所用备用变压器设计的，所用变压器均按全所计算负荷选择。

华北及华东等地区的大城市规划设计的远期为 4 台（组）主变压器的大型 500kV 变电所，主变压器总容量达 4000MVA~6000MVA，近期装设两台（组）750MVA~1500MVA 的主变压器。主变压器单台容量的增大和其台（组）数的增多，加之远、近期主变压器容量和台（组）数的不同，使所用工作变压器容量和台数的选择配置可以有与上述已建变电所相同或不同的设计方案。

为使具体工程设计有进行技术经济比较，合理配置的灵活性，故本条只规定工作变压器不宜少于两台，每台工作变压器的容量宜至少考虑两台（组）主变压器的冷却用电负荷。这样，工作变压器的台数就可在 2 台~4 台间合理确定。初期设置与以后扩建的工作变压器在容量上可以相同，也可以不同，但专用备用变压器的容量应与最大的工作变压器容量相同，以满足能够替代任一台工作变压器这一要求。

初期一台（组）主变压器，属于过渡阶段。从已建一组主变压器的 500kV 变电所来看，其运行时间短则 3 年~5 年，长则约 10 年左右。斗山变电所在一组主变压器期间除所内引接一个所用电源外，还同时引接了两个所外电源，过渡运行约 3 年中未发

生过所用电全停事故。PY 变在过渡期间仅两个所用电源（所内、所外各一个），且采用所内电源工作，所外电源备用的运行方式，运行 5 年左右曾发生所用电全停事故 2 次，皆因所用馈线回路短路，越级跳开工作变压器低压总开关，而所外备用电源自投装置又不动作引起，皆非所用电源本身故障所致。初期只设两个所用电源（所内、所外各一个）的绍兴变也安全运行达 3 年以上。初期除一个所内电源及一个所外电源外，另设置备用柴油发电机组的已建 500kV 变电所，有早期的凤凰山变电所、双河变电所及以后的繁昌、江都、江门变电所等。

1989 年东北电力设计院编制的 500kV 变电所通用设计明确地说明：“在初期工程中配置二个所用电源，一个取自主变压器三次侧，另一个取自所外，并预留由 2 号主变压器三次侧取第三个所用电源。已建成的 500kV 变电所，一般均能取得较可靠的所外电源，故本通用设计未考虑配置柴油发电机组的方案。”

根据运行经验及上述 500kV 变电所通用设计的设计原则，故本条规定在初期只有一台（组）主变压器时，除所内电源外，应再设置一台由所外可靠电源引接的所用工作变压器。初期它与所内电源同时供电分列运行互为备用；待扩建第二个所内电源后，该所外电源改作专用备用电源。鉴于有些柴油发电机组曾经发生过轴瓦发热、起动失灵等故障，可靠性差，故初期在有一台所外可靠电源时，宜不再装设柴油发电机组作备用电源。

4.2 所用电接线方式

4.2.1 对照明及动力负荷联合配电的中性点直接地的三相四线制，是国内习惯采用的低压配电方式。

4.2.2 本条系按 SDJ2—88 第 4.3.3 条改写。

据调查，绝大多数 220kV~500kV 变电所均为两台所用工作变压器的单母线分段接线，且为分列运行。工作变压器分列运行，可限制故障范围，提高供电可靠性，也利于限制低压侧的短路电流以选择轻型电器。特别是可以避免两台所用变并列时，一

段母线短路或者馈线出口故障而越级跳闸，可能引起的两台所用变同时失电的全停事故。另外，两台所用变压器一台工作一台备用的方式，同样也不够可靠，4.1.1条说明中已述及，这种方式的所用电全停事故率远高于两台所用变压器分列运行方式。

因此，本条规定采用按工作变压器划分的单母线接线，即每台工作变压器各接一段母线。当有两台工作变压器时，即为通常的单母线分段接线；设多台工作变压器时，可接成单母线多段。相邻工作母线间，分段或联络断路器的设置，是为了在任一段母线所接的电源（包括备用变压器）切除的情况下，仍可由相邻母线段取得电源，以保持该母线负荷的继续供电。

对于互为备用的各工作变压器，母线分段或联络断路器是否装设自投装置，历来有两种不同意见。根据对本规程送审稿的审查意见，本条作出了不宜装设的规定。但分段或联络断路器如果装设自投装置时，也应满足8.3.1条的要求。

4.2.3 上条已规定各所用工作变压器之间宜分列运行，故本条要求当任一台工作变压器退出运行时，专用备用变压器应能自动切换取而代之，以保证仍由两台（或多台）所用变压器分列运行继续供电。

4.3 所用电负荷的供电方式

4.3.1 所用动力、照明负荷较少，供电范围小距离短，故一般均由所用（中央）配电屏直接配供。为保证供电可靠性，对重要负荷应采用双回路供电方式，例如对主变压器冷却装置、消防水泵及断路器操作负荷等。

4.3.2 国家标准 GB/T 6451《三相油浸电力变压器技术参数和要求》规定：对于强油风冷和强油水冷的变压器，制造厂须供给冷却系统控制箱，并满足当冷却系统的电源发生故障或电压降低时，应自动投入备用电源。

据此，为避免多重设置自动切换而可能引起的配合失误，故本条强调只应在冷却装置控制箱内进行双回路电源线路的自动切

换，双回电源线路始端操作电器上不应再设自投装置。

对由单相变压器组成的变压器组，按组设置双回路电源，将各相变压器的所有用电负荷（冷却器、有载调压机构、带电滤油装置等）接在经切换后的进线上，可以大量减少所用配电屏的馈线回路数，从而压缩配电屏需要数量。

4.3.3 500kV 变电所的主控制楼等建筑物多数都布置在所前区靠近配电装置侧，而所用电设施多靠近主变压器布置。在这种情况下，为提高供电可靠性，减少电缆长度，方便运行操作，宜在建筑物内设置向楼内负荷配电的专用配电屏，由所用电设施引入互为备用的双回路向专用屏供电。

4.3.4 实践证明，各级电压配电装置分别设置由所用电中央配电屏的两段母线各引一回路构成的断路器、隔离开关交流动力环形供电网络，能够保证供电的可靠性与灵活性，可以缩小电源线路故障时受影响的范围。解环用的刀开关可设置在配电装置的两端或中间的适当间隔，并考虑便于间隔的扩建。

为了不过多增加所用电馈线回路的数量及相应的配电屏数量和电缆长度，也可分别在各级电压的配电装置内，设置引入双回路电源进线的专用配电箱，向各间隔的断路器操作负荷供电。但是，不宜采用由中央配电屏直接以单回路向负荷辐射供电的方式。

当两台变压器的电压相位不满足并联运行条件时，为避免误合环形供电网络的解环用刀开关，造成两台所用变的并列运行，应采取防止并列运行的措施。

4.4 交流不停电电源

4.4.1 据调查，500kV 变电所中不停电电源的配置情况大致如下：

1 不同负载分散配置方式：多数变电所只对微机监控（测）装置、远动终端等，分别单独配置了 1kVA~3kVA 的单相成套 UPS 装置，一般采用的是进口产品；对变送器、组合信号系统

及自动记录仪等则由变电所直流系统和逆变器联组供电。有的变电所，上述成套的 UPS 装置也由直流系统和逆变器组取代。

2 全部负载统一设置方式：平武工程等，全所统一设置了由国外引进的 UPS，运行情况较稳定。有的工程采用变电所直流系统配多台逆变器（一般三台）构成三段母线的不停电电源系统，每段母线各自带一部分负荷，每台逆变器均按 100% 负荷选择。三段母线间设有分段刀开关，正常时各逆变器分列运行。但逆变器质量不够稳定，故障率较高。

因此，对于不停电电源系统的型式宜首先选用成套 UPS 装置。对于不停电电源的配置方式（集中抑分散）宜按工程具体情况及地区的运行经验确定。

4.4.2 UPS 装置分为在线式和后备式两种。在线式的工作方式是正常交流输入经整流及逆变后输出交流，交流输入失电或整流部分故障时，原处于浮充运行的蓄电池组立即无切换地经逆变器输出交流。微机监控（测）系统应选用在线式，以保证当正常交流电源消失后无需切换，并在一定时间内仍能维持计算机的工作。500kV 变电所微机监控（测）系统设计技术规范要求采用在线式，并规定备援时间应不小于 15min。

国标 GB 7260—81 不间断电源设备对 UPS 的稳压稳频性能的规定：

1 输出电压总波形失真度应不超过 5%；

2 输出电压稳定精度应符合：

1) 稳态运行时输出电压偏差不应超过额定值的 $\pm 2\%$ ；

2) 在负载突变时（额定负载的 0—50%—100%），或有其他干扰因素影响等动态情况下，输出电压的允许偏差为额定值的 $\pm 8\%$ ，并应在 100ms 以内恢复至额定值的 $\pm 2\%$ 。

3 稳态条件下输出频率的偏差应在额定值的 1% 以内。

上述规定性能均高于微机监控（测）系统及变送器们对电压和频率稳定精度的要求。采用国产逆变器供电的工程调试中，曾发生打印机启动冲击时，电压突降幅度达 20%~30%，致使微

机脱扣停运的事件。因此，对于逆变器在负载突变情况下的动态性能，也应提出要求。

4.4.3 我国产品标准规定 UPS 可在 100% 额定电流连续运行，并规定有一定的短时过载能力，即：125% 额定电流 1min，150% 额定电流 10s。为保证计算机负载的稳定运行，特别是当负载突变时，例如冲击电流很大的几台打印机同时启动打印时，输出电压下降仍能保持在计算机许可的范围内，故在选择 UPS 的容量时应留有一定的裕度。上海计算技术研究所介绍，计算机用 UPS 的容量最好是 2 倍于所带负载，即最大负载宜为 UPS 额定容量的 60% 左右。《高压电器通讯（1992-2）》载文介绍：UPS 的最大启动负载最好控制在其额定输出功率的 80% 之内；对于正弦波输出的 UPS，当负载小于其额定输出功率的 30% 时，其输出波形失真度一般会稍有增大；实践证明，对绝大多数 UPS 电源，将其负载控制在 30% ~ 60% UPS 装置额定输出功率范围内，为最佳工作方式。

5 所用变压器选择

5.1 负荷计算及容量选择

5.1.1 负荷计算的原则系参照火力发电厂厂用电设计技术规定。

连续运行的设备，不论是经常运行的，还是不经常运行的都应以计算。不经常短时及不经常断续运行的设备，由于其运行时间较短，且又是不经常运行的，考虑到变压器的过负荷能力，故此类负荷可不予计算。

5.1.2 负荷计算一般均采用换算系数法。将负荷的额定功率千瓦数换算为所用变压器的计算负荷千伏安数，电动机负荷的换算系数一般采用 0.85，电热负荷及照明负荷的换算系数取 1。随着微机控制、微机保护的采用，变电所建筑面积在减少，使照明负荷也在减小，其对所用变压器容量选择的影响也相对减小，可不再考虑照明器的功率因数换算。

变电所设计历来按上述方法选择所用变压器，调查中未闻有容量偏小的情况，可见换算系数法是可靠的。

关于北方地区冬季采暖用电锅炉电源的设置，一般有以下几种供电方式，可根据运行经验及具体情况灵活采用。工程采用的电锅炉容量一般为 150kW。

1 由所用工作变压器供电。每台变压器供一台电锅炉，变压器容量按计入一台电锅炉的功率进行选择。

2 由专用备用变压器供电，或另外专门设置电锅炉变压器。华北及东北采用这两种方式的较多。

按照计算负荷选择所用变压器容量时，如电动机容量 (kW) 在变压器容量 (kVA) 的 20% 以上，应验算最大容量的电动机正常起动时，所用电母线电压不低于额定电压的 80%，电动机端电压不低于额定电压的 70%，电动机成组自起动时，所用电母线电压应不低于 60%。

电动机起动时母线电压计算：

单台电动机正常起动或成组电动机自起动，均可用按元件电抗比例法简化导出的下式进行计算。式中标么值的基准电压取 0.38kV，基准容量取所用变压器额定容量 S_e (kVA)

$$U_m = U_0 / (1 + S \cdot X_b)$$

$$S = S_1 + S_q$$

$$S_q = \frac{K_q \cdot P_d}{S_e \cdot \eta_d \cdot \cos\varphi_d}$$

式中： U_m ——电动机起动或自起动时所用母线电压(标么值)；

U_0 ——所用母线空载电压(标么值)，对无激磁调压变压器取 1.05，对有载调压变压器取 1.1；

X_b ——所用变压器电抗(标么值)；

S ——所用电负荷(标么值)；

S_1 ——电动机起动前，所用母线上已带的负荷(标么值)，失压自起动或空载自起动时， $S_1 = 0$ ；

S_q ——起动或自起动电动机的容量(标么值)；

K_q ——电动机起动电流倍数；

P_d ——起动或自起动电动机额定功率(kW)；

$\eta_d \cdot \cos\varphi_d$ ——电动机额定效率和额定功率因数的乘积，对自起动可取 0.8。

5.2 型式及阻抗选择

5.2.1 降低运行中的能源损耗是基本的设计原则。

目前国产油浸变压器的性能情况大致如下：

7 型系列原是按国标 GB 6451—86 性能参数生产的产品，其性能为 20 世纪 70 年代～80 年代初水平。

9 型系列是其后的全国统一设计产品，其损耗较 7 型约降低 10%～20% (对于 100kVA～1000kVA)。

8 型系列是低压采用箔式绕组的产品，具有损耗低（相当于 9 型产品）、外形尺寸小（630kVA 及以上小于 9 型）及温升均匀等优点。

GB/T 6451—1995，对变压器损耗等技术参数的要求又有所提高改善。设计中应采用满足现行国标规定要求的低损耗产品。

干式变压器具有体积小、阻燃性能好、损耗低、噪声小、维护工作量小等优点。然其价格较高，约为同容量油浸变压器的 2.5~3 倍。地下变电所、市区变电所等防火要求高、布置条件受限制时，宜采用干式变压器。

5.2.2 与 Yyn 联结变压器比较，Dyn 联结变压器的零序阻抗大大减小了，其值约与其正序阻抗相等，使单相短路电流增大，缩小了与三相短路电流的差异。这不仅可直接提高单相短路时保护设备的灵敏度，利于保护设备与馈线电缆截面的选择配合；而且可简化保护方式，一般情况下不需装设单独的单相短路保护，可以利用高压侧的过电流保护兼作低压侧单相短路保护。

Dyn 联结变压器的三角形绕组，为三次谐波电流或零序电流提供了通路，使相电压更接近正弦波，改善了电压波形质量；另外，当低压侧三相负荷不平衡时，这种联结的变压器不会出现低压侧中性点的浮动位移，保证了供电电压质量。

因此，宜选用 Dyn11 联结的变压器。

GB 50052—95《供配电系统设计规范》规定，对低压配电宜选用 Dyn11 联结的配电变压器。

国内生产低损耗油浸及干式变压器的多数厂家，均有 Dyn11 联结的产品供应，价格与 Yyn 变压器相同。

关于 Dyn11 联结的有载调压变压器的配套用分接开关，500kV 金华变电所的 800kVA 及 500kV 常州变电所 1000kVA 所用变压器，均配套采用了上海华明开关厂生产的 $35 \pm \frac{4}{2} \times 2.5\%$ 分接开关。

关于并联切换，上海南桥变电所互为备用的两路所用电源的

35kV 电压相位，由于历史原因存在有相位差。致运行中并联切换时，曾发生因环流而使两路电源同时跳闸的事故。因此，如果两台变压器低压相位难以一致，则应采取防止并联切换的措施。由于低压电器对短路电流的承受能力是按单台所用变压器的短路电流选择的，故也应防止变压器并列运行。

5.2.3 选择所用变压器阻抗应考虑的因素有：低压电器对短路电流的承受能力，最大电动机起动时的电压要求，运行时由阻抗引起的电压波动等。当采用标准规定阻抗时，对于所用电系统来说，后两方面的要求较厂用电系统更易满足，故本条参照火力发电厂厂用电设计技术规定中低压厂用变压器的阻抗选择原则而定。

据估算，容量在 1000kVA 及以下 $U_d=4\% \sim 4.5\%$ 的 6kV~10kV 普通变压器，其低压系统三相短路电流（周期分量有效值）可控制在约 30kA 的水平。对 $U_d=6.5\%$ 的 35kV/0.4kV 变压器，三相短路电流水平则在约 20kA 左右。

当前生产的大部分低压电器产品均能适应上述短路电流水平。故一般情况下，所用变压器可采用标准阻抗系列的普通变压器。

5.2.4 据调查，变电所所用电运行电压普遍偏高，50 座 220kV~500kV 变电所，有 88% 的所用母线最高电压在 400V 及以上，最高值达 430V，较电器设备的额定电压 380V/220V 高出 13%。所用电压偏高，使照明灯泡寿命缩短，电器烧毁频繁，增大了维修工作量和运行费用。

造成所用电压偏高的原因很多，但主要是由于所用变压器的额定电压及变压比的选择与所用变压器接入点的运行电压、电器设备的额定电压不相适应所致。

1 《电力系统电压和无功电力技术导则》规定：“降压变压器中压侧和低压侧的额定电压，宜选 1.05 倍系统标称电压。”这是为保证用户受端电压质量而决定的。这样，所用变压器接入点的母线电压，正常就高于系统标称电压。不少变电所正是由于所

用变压器高压额定电压选用了低于正常母线电压的系统标称电压，变压比偏小，使所用电压偏高。为此，本条规定所用变压器高压侧额定电压，应按其接入点的实际运行电压确定，一般宜取接入点相应的主变压器额定电压。

2 变压器低压 400V 额定电压，源自普通配电变压器系列标准。它对于供电距离短、接于电网出口、且正常负荷小于 50% 额定容量的所用变压器，并不完全适合。由于目前尚无定型的 380V 额定电压产品以供选用，因而也使所用电运行电压偏高。

5.2.5 所用变压器调压方式的选择，取决于所用低压母线电压的允许波动范围及所用变高压侧电压的波动范围。

参照火力发电厂厂用电设计技术规定及原 500kV 变电所设计暂行技术规定（电气部分），本规程对所用电母线的电压偏差按不超过额定电压的 $\pm 5\%$ 考虑，电压值 360V~400V 这一允许波动范围，符合 GB 12325—90《电能质量-供电电压允许偏差》的规定要求：“380V 三相供电电压允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$ ，220V 单相供电电压允许偏差为 $+7\%$ 与 -10% ”。

所用变高压侧的电压波动，取决于系统运行方式、主变压器参数、主变压器调压方式及主变压器低压侧无功补偿投切容量等因素。

已建 220kV 变电所的所用变压器，基本上均采用无励磁调压。已建 500kV 变电所，各工程采用的所用变调压方式不尽相同。电压调整的计算方法及调压方式选择，参见附录 C 及《电力工程电气设计手册（电气一次部分）》，调压计算公式系按低压母线电压波动时负荷电流不变的方法导出。

经计算，对 160kVA~1000kVA 标准阻抗系列（4%~6.5%）的所用变压器，当高压侧电压波动范围为额定电压 $\pm 2.5\%$ 时，采用无励磁调压可以满足低压母线 $\pm 5\%$ 的允许波动范围。

6 短路电流计算及电器、导体的选择

6.1 短路电流计算

6.1.1 低压系统短路电流的计算原则，系参照火力发电厂厂用电设计技术规定。

为限制短路电流，使低压电器能够适应，设计中历来不考虑两台所用变压器的并联运行。同时，按 4.2.2 规定，所用变压器分列运行，可限制故障范围，提高供电可靠性。

在低压系统的短路阻抗中，电阻和电抗处于同一个数量级，电阻对短路电流的影响很大，故短路电流计算时应计及电阻。

根据 6.2.1 的规定，高压系统阻抗宜按所采用保护电器相应的开断容量确定。如果按高压侧无穷大电源考虑，将使低压三相短路电流较上述计入一定的系统阻抗时稍有偏大。计算表明，与 10kV 级系统阻抗按 400MVA、35kV 级系统阻抗按 800MVA 考虑相比较：高压按无穷大电源计算时，10kV 级变压器的低压短路电流约偏大 3%~5%，35kV 级约偏大 2%。

鉴于变电所的电动机容量较小，且均由所用中央配电屏经电缆直接配电，故短路电流计算中一般可不考虑电动机的反馈电流。GB 50054—95 也规定，当短路点附近的电动机额定电流之和超过短路电流的 1% 时，才计入电动机反馈电流影响。

在不考虑电动机反馈电流的条件下，仅由系统供给的短路电流周期分量，实用计算中均按其起始值不衰减考虑。

6.2 所用电高压电器

6.2.1 所用变压器高压侧采用高压熔断器作为控制保护电器，可以满足控制保护两方面的技术功能，而且具有较大的经济性。

华东地区 500kV 变电所的 35kV 及 15kV 所用变压器，其高压侧短路电流相应可达 27~50kA 及 80~120kA，为此采用了在

户外高压熔断器回路串联限流电抗器或限流电阻器两种方案，分别用于不同的工程，投资远小于断路器，投运以来运行情况良好。

采用高压断路器作为保护电器在下列方面优于高压熔断器：

- 1 能够满足所用变压器重瓦斯或温度过高进行跳闸的保护要求。

- 2 继电保护配置适当时，可切除所用变压器低压侧出口单相短路故障，避免出现高压侧单相断开的情况。

当经济上可以接受时，也可直接采用轻型断路器或轻型断路器配电抗器作为所用变压器的保护电器。

6.3 低压电器、导体选择

6.3.1 一般设计原则。

众多回路的电器设备，密集封闭安装于屏柜内部时，既有回路之间的温升影响，而且设备散热条件又差。为此，对于封闭于屏柜内的电器额定电流的选择，宜考虑适当的裕度。运行部门反映宜有 50% 的裕度。本条采用了《电力工程电气设计手册（电气一次部分）》厂用低压电气设备选择所推荐的额定电流修正系数。当正常运行时回路工作电流已远小于该回路设备的额定电流时，可不作修正。

6.3.3 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

限流熔断器和 60A 以下的普通熔断器在大短路电流下的限流性能很显著；同样，限流断路器也是在预期短路电流达到峰值之前快速分断的。因此，它们保护下的电器和导体不经受短路电流峰值的作用，一般均能满足动热稳定的要求。例如，RTO-60A 型熔件在 10kA 短路电流下的熔断时间为 0.006s，RM7-60A 型熔件为 0.005s，NT-355A 型熔件为 0.006s；DZX-10 型限流断路器全分断时间为 0.004s~0.0088s。而短路电流要在 0.01s 时才达到峰值。

熔件额定电流大于 60A 的 RTO 型、RM7 熔断器，在大短路

电流下亦有一定限流效应。例如 200A 熔件在 15kA 时熔断时间为 0.008s，其限流系数约达 0.55。

供电回路末端发生单相短路时，熔断器保护下的电缆的发热不应超过允许的短时极限温度，1979 年曾在上海电缆研究所做过试验验证：当 RTO 型熔件的额定电流不大于电缆额定电流的 3 倍，且供电回路末端的单相短路电流大于熔件额定电流的 4 倍时，试验测得的塑料电缆和油纸绝缘电缆线芯温度分别不超过 160℃ 和 250℃。在电缆短时经受该温度后，经测定电缆绝缘和导体的电气性能和物理性能均无显著变化，可继续使用。根据分析，对于 NT 型熔断器，前述 3 倍及 4 倍应分别改为 2.5 倍及 5 倍。

低压断路器标准中规定了断路器的额定短路分断能力和额定短路接通能力，前者以周期分量有效值表征，后者以短路电流峰值表征。JB 1284—85《断路器标准》第 5.3.5.1 条规定：“对于交流断路器的额定短路接通能力，应不小于表 2 所列额定短路分断能力和系数 n 的乘积”。其中 $n = 1.41 \sim 2.2$ ，与额定短路分断能力 (kA) 值及功率因数数值有关。所以只要断路器的分断能力满足要求，必然也满足了动稳定要求。对于热稳定要求也是一样，只要使用断路器本身的瞬时及延时过电流脱扣器，满足了分断能力要求也就满足了热稳定要求。但是，当不使用其过电流脱扣器，另加继电保护动作于分励脱扣器时，应进行热稳定校验。

接触器或磁力起动器放在单独的操作箱或保护外壳内时，因不会影响其他回路，故可以不校验动、热稳定。

6.3.4 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

安装在限流保护电器后面的电器和导体应按限流后的最大短路电流值校验。对于紧靠布置在限流保护电器前面的隔离电器刀开关等，当不能满足限流电器前面短路时的短路动稳定要求时，整个回路均可按限流后的最大短路电流值校验。这是考虑到刀开关与短路保护电器之间是紧靠布置的，其间短路机率极低，并结合经济性原则确定的。

6.3.5 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

根据低压电器标准，保护电器（断路器、熔断器）的短路分断能力，统一按短路点预期短路电流周期分量有效值和短路功率因数进行校验。这是因为断路器和熔断器的额定短路分断能力，是在特定的试验回路按产品技术条件规定的功率因数下通过的。当短路功率因数与规定的功率因数不同时，电器的通断能力将受影响。功率因数越低，电弧能量越大，电弧熄灭瞬间加在电器触头两端的电压越高，电弧越难以熄灭，而且短路电流非周期分量的衰减越慢。

因此，当安装点的短路功率因数低于断路器或熔断器的额定短路功率因数时，电器的额定分断能力将不能确保。如果制造厂家提不出试验数据时，电器的分断能力应留有适当的裕度，以不超过其额定分断能力的 90% 校验为宜。

6.3.6 有些断路器产品规定，应将电源引入导线连接于它的上接线端。当将电源接于其下接线端时，其额定分断能力将不能保证，故应按产品说明校验或向厂家咨询。

断路器的瞬时与延时分断能力有的产品是相同的，有的产品则延时分断能力下降很多。因此，利用断路器的何种过电流脱扣器，就应该按该种脱扣器相应的分断能力进行校验。

当不用断路器本身的过电流脱扣器，而另加继电保护，且其动作时间超过了该断路器规定的最长延时，则断路器的分断能力将不能保证，而且对断路器的热稳定也有影响，故应向厂家咨询按其规定校验。

6.3.7、6.3.9 参照火力发电厂厂用电设计技术规定修定。

附录 F 列出了供电回路末端单相短路时，断路器过电流脱扣器灵敏度校验及熔断器熔件与电缆截面的配合校验。在工程设计中，当供电回路末端单相短路电流较小，不能满足断路器过电流脱扣器灵敏度要求时，应首先考虑选用熔断器。若末端单相短路电流仍小于 5 倍熔件额定电流时，才考虑放大供电回路的电缆截面，或者在供电回路加装零序保护装置，可根据电缆长度和截

面大小情况，经济比较后选用一种。

6.3.8 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

在中性点直接接地的系统中，为保证在发生单相接地短路或相间故障情况下断路器都能动作切除故障，故三极断路器供电回路的每极均应配置过电流脱扣器。

6.3.10 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

隔离电器系指只能通过工作电流，用以实现隔离电路，达到安全检修的电器，如刀开关、插头等。当隔离电器因动热稳定不满足而发生损坏时将直接造成母线事故，故作此规定。

6.3.11 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

根据 GB 1497《低压电器基本标准》，选择接触器和起动机时，除环境污染等级、额定工作制（间断工作制、连续工作制等）、安装类别（Ⅲ类或Ⅱ类）及主电路额定值（电流、电压）外，还应考虑使用类别的选择。使用类别代号中，AC 表示电流种类为交流，DC 表示直流，代号中的数字表示不同的用途。例如，AC-1 适用于交流无感或微感负载，AC-3 适用于鼠笼型电动机的起动、分断。

6.3.12 目前生产的热继电器均具有整定电流调节装置，温度补偿装置以及手动和自动复位装置，有些产品，例如 JR20 型还具有电动机断相保护功能，其温度补偿上限温度为 +55℃。

6.4 低压电器组合

6.4.1 隔离电器（包括隔离、保护功能合一的电器）用于检修时隔离电源。例如，所用变压器低压总断路器与电缆终端之间，有运行单位要求装设 RTO 型隔离断开点。保护电器用于开断短路电流，可用断路器或熔断器等。操作电器用于正常接通或开断回路，可用接触器或磁力起动器等。

6.4.2 上下级保护电器配合不当，越级跳闸而扩大停电范围的事时有发生。PY 变电所曾由于主控制室照明箱内的短路及 500kV 户外照明箱内的短路，两次越级跳开所用变压器低压侧总

断路器，主要原因就是馈线熔断器与所用变压器低压侧总断路器的动作参数配合不当。BJ 变电站也曾发生馈线熔断器只熔断一相，而越级跳开所用变压器低压总断路器的类似事故。

鉴于所用母线和馈线出口的短路电流相差不大，为保证动作的选择性，所用变压器低压侧总断路器宜带延时，以保证馈线故障的先行切除。

6.4.3、6.4.4 参照火力发电厂厂用电设计技术规定。

三相电动机一相断线形成单相运行时，其出力只有三相运行时的 $1/2 \sim 1/3$ ，在轻负载下仍可继续运行。但定子的励磁电流和转子的铜耗都增加很多，发生过电流和过热现象。对定子绕组 Δ 接线的电动机，如其负载为 58% 时，最严重的未断线的一相绕组的电流增大到额定相电流的 $1.2 \sim 1.3$ 倍，绕组发热为 $1.3^2 = 1.69$ 倍，而线电流仅增加到额定值。此时，反映线电流变化的普通热继电器不会动作。因为线电流一相为零，另二相仅为额定值，电动机长期过载运行必将烧坏。因此，用熔断器保护的 3kW 以上的异步电动机，需装设具有断相保护特性的热继电器，或另装设其他断相保护装置。

6.4.5 参照火力发电厂厂用电设计技术规定。

CJ20 系列交流接触器与 NT 型熔断器的配合试验说明，当 CJ20 型与 NT 型按制造厂规定的下列组合使用时，接触器可达到“a”型保护要求。这样，可以认为交流接触器的损坏不致影响母线或相邻回路，故允许装在中央配电屏内。

接触器型号	CJ20-10	CJ20-16	CJ20-25	CJ20-40	CJ20-63
熔断器型号	NT-20	NT-32	NT-50	NT-80	NT-160

接触器型号	CJ20-100	CJ20-160	CJ20-250	CJ20-400	CJ20-630
熔断器型号	NT-250	NT-315	NT-400	NT-500	NT-630

交流接触器标准规定，按照接触器在通过短路电流时的损坏程度，分为两种保护型式：

“a”型保护——允许接触器本身损坏，可能需要更换某些零件或整台产品；

“c”型保护——允许触头熔焊并可以更换。

6.5 低压电动机选型

6.5.1~6.5.2 对电动机的外壳防护等级，火力发电厂厂用电技术规范规定：一般场所可采用不低于 IP23 级，对于有爆炸危险的场所应采用防爆型电机。按国标 GB 4208—84 的规定，IP23 中 2 表示防止大于 12mm 的异物进入，3 表示防淋水（垂直 60°以内淋水无有害影响）；如第二位为 7 则表示防浸水，8 表示防潜水。

7 所用电设备的布置

7.1 一般规定

7.1.1 指出了对所用配电屏布置的原则性要求。一般情况下，所用配电屏数量较少的中小变电所，所用电屏宜设置在主控制室或继电器室；数量较多时宜设于单独的所用配电屏室，布置在主控制楼底层。330kV~500kV 变电所中，一般是在主变压器附近设置所用变压器室及所用配电屏室，各动力电源均从此就近引出，并在主控制楼或通信楼设置专用配电屏集中向楼内供电。

7.1.2 安全净距是指空气中的直线距离。表 7.1.2 系引自《电力工程电气设计手册（电气一次部分）》的厂用配电装置布置尺寸。根据一般运行人员举手后的总高度不超过 2300mm，故无遮栏裸导体至地面之间的净距，由设计手册的 2200mm 改为本条的 2300mm，这与 7.3.5-1 条的规定是一致的。GB 50054—95《低压配电设计规范》第 3.2.10 条也规定为 2300mm。

7.1.3 实践证明，孔洞的可靠封堵是防止火灾蔓延和防止小动物进入配电装置造成事故的有效措施。

7.2 所用变压器布置

7.2.1 油浸变压器布置于屋内，可减少外绝缘污秽及外物原因引起的事故。据调查，桂林电力局反映，所用变压器高压侧事故多为湿闪和外部原因引起。唐山电力局称，所用变压器置于户外，曾因猫、黄鼠狼先后使 2 台所用变压器全停。

当采用干式变压器时，可与所用配电屏布置在同一室内，但应设有防护措施，以保证要求的安全净距。

7.2.2 本条引用 SDJ5—85 4.3.4 条规定。

7.2.3 对设置于屋内或屋外的油浸变压器的防火蓄油设施，高压配电装置设计技术规程均有规定。

7.2.4 本条规定是为了保证运行人员巡视检查时的人身安全和方便运行人员对变压器油位的监视。

7.2.5 穿墙处封闭是为了减小事故时相邻两室之间的影响，并防止小动物进入引起事故。

7.2.6 所用变压器低压侧采用硬母线引出时，一般不装设隔离电器；当低压采用电缆引出时，有些运行单位要求装设隔离电器，以便于电缆的隔离检测。设在室内门口处并加以遮护，是为了方便操作和保证安全。

7.2.7 参照火力发电厂厂用电设计技术规定。

7.3 所用配电屏的选型和布置

7.3.1 本条规定了所用配电屏选型的基本原则。

目前生产的低压配电屏（柜）种类繁多，型号编制也不尽统一。从结构上区分，除 PGL 型为开启式（屏后敞开）外，其余多为封闭式（型号首位字母以 G 表征）。从屏内元件的安装、接线方式区分，有固定式（型号第二位字母以 G 表征）和抽出式（第二位字母以 C 表征）。例如，GGD 表示封闭固定式电力用屏柜，GCD 为封闭抽出式电力用屏柜；GBD 为封闭固定分隔式（回路与回路、回路与母线间分隔）；GSL 也为前后有门的全封闭固定分隔式结构，配电回路有纵向及横向二种分隔方式；GHL 则为封闭式，电器元件为固定与插入混合安装；BFC 为封闭抽出式配电柜。

90 年代以前，多采用 PGL 型屏，其屏后敞开，容易触及带电部分，安全性较差，许多运行单位要求加装网门。另外，天津、杭州、银川等地均反映，有些屏内回路多，元件重叠布置，运行中又无全部停电机会，设备缺陷无法处理，维修非常不便，故要求屏内电器宜单层布置，屏前后均设门。为此，本条规定一般情况下宜采用前后有门的封闭固定式配电屏，以改善运行、维修情况。在某些特殊情况下，例如地下变电所或城市户内变电所，占地问题较为突出时，也可采用封闭抽出式。

对于装设在正常环境下的变电所低压配电屏，本规程未对配电屏的外壳防护等级提出要求。根据 GB 4208《外壳防护等级的分类》，防护等级是以 IP-××（两位数字）表征分类的，首位数字从 0~6，分别表示防止人体触及带电部分和防止固体异物进入的程度，数字越大，防护等级越高；第二位数字从 0~8，分别表示防水程度。例如 IP-20，2 表示防止大于 12mm 的异物，0 表示对水无防护。如仅需一个特征数字表示时，被省略的数字必须用字母 X 代替，例如 IP2X。除 PGL 屏外，GGD、GCD 屏及多米诺屏等，屏的防护等级均为 IP20 或以上。防止 12mm 的异物进入的要求，已高于高压配电装置规定的网孔不应大于 40mm×40mm 的要求。因此，正常情况下无需对防护等级提出进一步的要求。

7.3.2 表 7.3.2 的尺寸按 GB 50054—95 第 3.1.9 条的规定。

7.3.3 靠近所用变压器可以方便于引接，缩短电缆或引线长度，有利于降低投资和保证安全。

7.3.4 本条尺寸按 GB 50054—95 第 3.1.8 条的规定。

7.3.5 本条尺寸与 GB 50054—95 第 3.2.10 条规定相同。变电所曾出现引接线跨越屏盘侧面通道的情况，故条文中予以增加。当采用封闭母线时，通道高度应与遮护后的要求相同。

7.3.6 参照火力发电厂厂用电设计技术规定，以满足扩建需要。

7.4 对建筑物的要求

7.4.1 本条按国标 GB 50054—95 第 3.3.2 条的规定。

7.4.2 本条参照火力发电厂厂用电设计技术规定。防火门的耐火极限级别应与高压配电装置防火门的级别一致。

7.4.3 根据 SDJ2—88 第 3.2.11 条规定，对所用配电装置室按照主要生产建筑物考虑而定。

7.4.4 根据 SDJ2—88 第 7.3.6 条制定。

7.4.5 根据 SDJ5—85 第 4.5.1 条制定。

7.4.6 所用配电装置应包括所用配电屏室、所用变压器室等。

7.5 检修电源的配置

7.5.1 根据 SDJ2—88 第 4.3.4 条改写。

本条明确主变压器附近和屋内、外配电装置都应装设检修电源。据调查，哈尔滨、桂林、襄樊、呼和浩特等供电局提出站内各处（包括屋内配电装置）应适当多设检修电源，分布要合理。天津供电局提出应按设备区的大小设置足够的检修电源箱，以 50m 左右设一个较为适当，内设三相电源至少二路，单相电源二路，以免检修人员临时乱拉引电源，影响安全。火力发电厂厂用电技规规定，由电源箱引出的电焊机的最大引线长度一般按 50m 考虑。

7.5.2 本条规定了专用检修电源箱内的回路数和回路容量的要求。

设置在配电装置区域的电源箱，内设三相及单相各一路供三相或单相电焊机使用，容量可按 21kVA 配置；或按超高压架空送电线路的参数测试用三相电源容量约为 60A 考虑。另外三相、单相各一路的容量可以较小，以供其他用。华东地区均多按此设置。

主变压器或高压电抗器等在就地检修滤注油时，用电容量大，接用的回路也较多，故电源箱内回路容量及回路数宜予以考虑。各地区滤注油用设备不同，对电源容量及回路数的要求也不尽相同。华东 500kV 变电所工程曾经引进的油处理设备情况如下，可供设计电源箱回路容量时参考：

1) 用于变压器油过滤的真空滤油机组：电源为 380V 三相一路，内部设保护及操作电器配电给机组的各组件。三相电动机总功率 13.2kW（其中滤油泵 5.5kW，排油泵 2.2kW，真空泵 5.5kW）。绝缘油加热用的三相电热器总容量为 60kW（20kW 三组，可分别投切）。加热器全部投入时机组的总工作电流约 120A。

2) 用于变压器真空注油的真空泵组：电源为 380V 三相一

路，内部设保护及操作电器配电给机组的各组件。三相电动机总功率为 22.38kW（其中真空泵 11kW，增压泵 11kW，排水泵 0.25kW，水冷却器 0.13kW）。回路总工作电流约 45A。

7.5.3 保证安全运行的基本要求。

8 所用电系统的继电保护、控制、信号、测量及自动装置

8.1 所用电保护

8.1.1 设置电流速断和过电流保护系根据 GB 50062—92《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》第 4.0.3 条和火力发电厂厂用电设计技术规定。为提高保护的灵敏度和可靠性，本条规定宜采用两相三继电器接线。

GB 50062—92 第 4.0.3 条规定，轻瓦斯应瞬时动作于信号，重瓦斯应动作于断开各侧断路器。“当变压器安装处电源侧无断路器或短路开关时，可作用于信号”。对于应装设瓦斯保护的变压器容量，GB 14285—93《继电保护和安全自动装置技术规程》和火力发电厂厂用电设计技术规定，均有相同的规定。

对于单相接地短路，通常采用第 1 项规定的零序过电流保护。为了与馈线回路的熔断器特性相配合，一般采用具有反时限性的继电器组成。另外，本规程规定宜采用 Dyn11 联结所用变压器，考虑到这种变压器出口短路时的单相短路电流基本上等于三相短路电流，约为 Yyn 联结变压器的 3~4 倍，故需要时可考虑利用高压侧过电流保护兼作低压侧单相短路保护。

8.1.2 参照火力发电厂厂用电设计技术规定制定。

采用 Dyn11 联结所用变压器后，单相短路电流相对增大，由断路器供电的回路一般可由相间短路保护兼作单相短路保护，若单相接地短路的灵敏系数小于要求值 1.5 时，可另装零序接地短路保护或改用熔断器作保护电器（参见 6.3.9 条说明）。

断相运行保护是为防止熔断器一相熔断后，使电动机单相运行而发生烧坏。

8.2 控制和信号

8.2.2 当所用配电屏远离主控制室时，对于采用常规控制方式的变电所，在控制室或继电器室设置一块所用控制屏，用于监控所用电系统主要回路的正常运行，和在事故情况下能及时恢复供电，是很有必要的。该控制屏上除装设控制开关、断路器位置指示灯等设备以外，尚可设置各段母线电压表、相关回路电流表、所用变压器有载分接开关位置调节及指示装置以及所用变有关信号指示装置。

8.2.3 系根据本规程 4.2.2 的要求，为保证两段所用电母线不并列运行而规定。在保证由一回路供电的条件下，手控切换具有简单可靠的优点；如需自动切换，应只在回路的一端（始端或末端）进行，并符合 8.3.1 的要求。

8.2.4 事故信号有所用变压器高低压侧断路器、母线分段断路器及主要供电回路断路器等的事故跳闸。预告信号有所用变压器瓦斯、油温度过高等。

8.3 自动装置

8.3.1 本条对专用备用变压器的自投装置提出了一些基本要求。对于母线分段（或联络）断路器的自投装置，这些要求同样适用。

1992 年 500kV 斗山变电所为 1 号所用工作变压器停电维修，在进行 1 号所用变压器和 0 号备用所用变压器的切换操作过程中，出现了一台主变压器的强油冷却器全停的异常事。经分析，系备用所用变压器的自投时间（0.57s）与主变压器冷却器自身两电源的自投时间（1.68s）不相配合，使冷却器主电源因母线失电而跳开，其备电源开关尚未自投成功前，主体电源侧又带了电，因相互闭锁使两路电源开关均处于断开位置，冷却器失电全停。在 0 号所用变压器自投启动回路增设时间继电器预以 2.5s 延时后，问题获得解决。据此，本条规定备用所用变的自

投应带有延时，以保证主变压器冷却器自身的自投装置有充分时间由主电源切换到备电源上。
