

ICS 27.140

P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 485—2010

水利水电工程厂（站）用电 系统设计规范

**Water resources and hydropower engineering
design code for auxiliary power system**

2010—10—11 发布

2011—01—11 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告

2010 年第 37 号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程厂（站）用电系统设计规范》（SL 485—2010）标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程厂（站）用电系统设计规范	SL 485—2010		2010.10.11	2011.01.11

二〇一〇年十月十一日

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

前 言

根据水利部水利水电规划设计管理局水总局科〔2004〕11号《关于开展2004年第一批水利水电勘测设计标准编制工作的通知》及《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求,编制本标准。

本标准共9章25节181条和6个附录,主要技术内容有:

- 厂(站)用电接线;
- 厂(站)用电变压器选择;
- 厂(站)用电电动机;
- 厂(站)用电系统短路电流计算;
- 厂(站)用电系统电气设备和导体选择;
- 柴油发电机组的选择;
- 厂(站)用电电气设备布置。

本标准批准部门:中华人民共和国水利部

本标准主持机构:水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位:水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位:中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准出版、发行单位:中国水利水电出版社

本标准主要起草人员:朱维志(主编) 朱杰民 范立军

潘虹 白丽 陈喜坤 刘岳山

陈立秋 崇春莹 刘瑜

本标准审查会议技术负责人:温续余 王庆明

本标准体例格式审查人:曹阳

目 次

1	总则	6
2	术语	7
3	厂（站）用电接线	9
3.1	厂（站）用电电源	9
3.2	厂（站）用电电压	10
3.3	接线方式	10
3.4	负荷的连接与供电方式	12
3.5	检修供电	13
3.6	消防供电	14
4	厂（站）用电变压器选择	15
4.1	最大负荷的分析统计	15
4.2	变压器型式选择	16
4.3	变压器容量选择	16
4.4	变压器阻抗选择	17
4.5	电压调整	17
4.6	电动机启动时的电压校验	18
5	厂（站）用电电动机	19
5.1	电动机的型式、电压选择与容量校验	19
5.2	电动机启动方式选择	20
6	厂（站）用电系统短路电流计算	21
6.1	高压系统短路电流计算	21
6.2	低压系统短路电流计算	21
7	厂（站）用电系统电气设备和导体选择	23
7.1	高压电气设备和导体选择	23
7.2	低压电气设备和导体选择	23

7.3 低压电器的组合	27
8 柴油发电机组的选择	29
8.1 型式选择	29
8.2 容量选择	30
9 厂(站)用电电气设备布置	31
9.1 变压器布置	31
9.2 配电装置布置	32
9.3 柴油发电机组的布置	33
9.4 对土建的要求	34
附录 A 主要厂(站)用电负荷特性	36
附录 B 厂(站)用电最大负荷计算	43
附录 C 厂(站)用电电压调整计算	46
附录 D 电动机启动电压计算	49
附录 E 厂(站)用电系统短路电流实用计算	54
附录 F 柴油发电机组的容量计算	61
标准用词说明	64

<https://www.sizjxx.com>
水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为明确水利水电工程厂（站）用电系统设计要求，做到安全、经济、可靠运行，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于大中型水利水电工程的水力发电厂（不含抽水蓄能电站）厂用电、泵站站用电系统设计。

1.0.3 厂（站）用电系统应根据工程的规模、电气主接线、运行、检修方式、初期和分期过渡（投运）要求等特点，并结合自然环境条件，经济合理地制定设计方案。

1.0.4 本标准引用下列标准：

《旋转电机整体结构的防护等级（IP 代码）分级》（GB T 4942.1）

《水利水电工程电缆设计规范》（SL 344）

《水利水电工程设计防火规范》（SDJ 278）

《民用建筑电气设计规范》（JGJ 16）

1.0.5 厂（站）用电系统设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 厂用电 **hydropower plant auxiliary power system**

与水力发电厂生产直接有关的负荷用电。

2.0.2 站用电 **pumping station auxiliary power system**

与泵站运行有关的辅助负荷用电。

2.0.3 机组自用电 **unit service power (unit auxiliary supply)**

与机组运行直接有关的负荷用电，如机组压油装置油泵、漏油泵、进水阀压油装置油泵、机组（主变压器）冷却水（油）泵、水轮机（水泵）上盖排水泵、主变压器、励磁装置冷却风扇等用电。

2.0.4 单机自用电 **unit service power for single unit**

单元接线每一台机组的自用电。

2.0.5 全厂（站）公用电 **station (pumping station) public service power**

不属于机组自用电而是全厂（站）共用的负荷用电，如渗漏排水泵、检修排水泵、空气压缩机、厂房桥式起重机、通风、空调、消防、照明等用电。

2.0.6 机组自用电变压器 **unit service transformer**

专供机组自用电的变压器。

2.0.7 单机自用电变压器 **unit service transformer for single unit**

专供一台机组自用电的变压器。

2.0.8 全厂（站）公用电变压器 **station (pumping station) service transformer**

专供全厂（站）公用电的变压器。

2.0.9 主配电屏 **main distribution board**

与厂（站）用电变压器低压侧直接连接的且有接受厂（站）用电变压器供电并将其分配给各负荷点的功能的一组低压配

电屏。

2.0.10 分配电屏 sub-distribution board

接受主配电屏某回路供电并具有将其分配给附近各负荷的功能的一面或一组低压配电屏，一般为双层辐射式供电的第二级。

2.0.11 双层辐射式供电 two-level radial electric distribution

主配电屏以辐射式供电给分配电屏，分配电屏再以辐射式供电给负荷的供电方式。

2.0.12 单层辐射式供电 one-level radial electric distribution

主配电屏以辐射式直接供电给负荷的供电方式。

2.0.13 空载自启动 self start-up by no-load transformer

备用电源空载状态自动投入失去电源的母线时所形成的电动机自启动。

2.0.14 失压自启动 self start-up at voltage recovery after fault

运行中突然出现事故低电压，当事故消除，母线电压恢复时形成的电动机自启动。

2.0.15 带负荷自启动 self start-up by on-load transformer

备用电源（或工作电源）已带部分负荷，又自动投入失去电源的母线时形成的电动机自启动。

2.0.16 黑启动 black start

当发电厂机组不是靠本厂机组或与其连接的电力网的电源时的启动。

3 厂（站）用电接线

3.1 厂（站）用电电源

3.1.1 厂（站）用电电源应满足以下基本要求：

- 1 各种运行方式下的用电负荷需要并保证供电。
- 2 电源应相对独立。
- 3 当一个电源发生故障时，另一电源应能自动或远方操作切换投入。

3.1.2 厂（站）用电电源数量的设置，在各种运行方式下应符合以下原则：

1 全厂机组运行时，大型水力发电厂应不少于 3 个厂用电电源；中型水力发电厂应不少于 2 个厂用电电源。

2 部分机组运行时，大型水力发电厂至少应有 2 个厂用电电源同时供电；中型水力发电厂也应有 2 个厂用电电源，但允许其中 1 个处于备用状态。

3 全厂停机时，大型水力发电厂应有 2 个厂用电电源，但允许其中 1 个处于备用状态；中型水力发电厂可有 1 个厂用电电源供电。

4 首台机组投运时，其厂用电电源数量除应满足本条第 2 款外，其中 1 个电源应由本厂厂用电提供。

5 站用电电源数量应根据泵站运行方式、接线形式和站用电的负荷性质等综合考虑确定，不宜超过 2 个。

3.1.3 厂（站）用电电源的取得可采用以下方式：

1 厂用电电源应优先从发电机电压母线或单元分支线上引接，由本厂机组供电。当单元接线上装设有断路器或隔离开关时，厂用电电源宜在主变压器低压侧引接。

2 水力发电厂应有可靠的外来厂用电源。外来厂用电源的取得可采用以下方式：

- 1) 通过主变压器由系统倒送。
 - 2) 高压联络自耦变压器的第三绕组。
 - 3) 与系统连接的地区电网、近区或保留的施工变电所。
 - 4) 地理位置相近的水力发电厂。
 - 5) 本水力发电厂的高压侧母线。
- 3 站用电电源的取得可采用以下方式：
- 1) 泵站主电源。
 - 2) 地区电网的其他电源。

3.1.4 从 110kV 及以上的高压侧母线上引接厂（站）用电电源应通过技术经济比较论证确定。

3.1.5 有泄洪要求的大坝闸门启闭机应有 2 个电源。

3.1.6 对特别重要的大中型水力发电厂、泵站、泄洪设施等，如有可能失去厂（站）用电电源，影响大坝安全度汛或可能水淹厂房而危及人身设备安全时，应设置能自动快速启动的柴油发电机组或其他应急电源，其容量应满足泄洪设施、渗漏排水等可能出现的最大负荷的需要。

3.2 厂（站）用电电压

3.2.1 厂（站）用电系统由一级低压供电或由高、低两级电压供电，应根据电厂或泵站的装机规模、枢纽布置、厂坝区负荷分布、厂（站）用电负荷大小及地区电网等条件进行综合分析比较确定。中型水力发电厂厂用电和泵站站用电宜采用 380V 一级电压供电。

3.2.2 应根据发电机电压、厂用电动机电压、地区电源电压、施工用电电压及负荷分布等情况综合分析比较确定高压厂用电电压，宜采用 10kV。

3.2.3 低压厂（站）用电的电压应采用 380/220V 中性点直接接地的 TN-C 或 TN-C-S 系统。

3.3 接线方式

3.3.1 采用两级厂用电电压的大型水力发电厂，宜将机组自用

电与全厂公用电分开，分别用不同的变压器组供电。

3.3.2 中型水力发电厂、泵站的机组自用电与全厂（站）公用电宜采用混合供电方式。

3.3.3 高压厂用电系统宜采用单母线分段或分段环形接线，分段数应根据电源配置情况确定。

3.3.4 当泵站设置 2 台及以上站用变压器时，宜采用单母线分段接线。

3.3.5 大型水力发电厂的机组自用电变压器宜接至高压厂用电母线上。当机组台数多，单机容量大并采用单元接线，单机自用电负荷超过 315kVA 时，其供电方式为：

1 担任峰荷，其单机自用电负荷宜由接至高压厂用电母线的单机自用电变压器供电。

2 担任基荷，其单机自用电负荷宜由接至高压厂用电母线的单机自用电变压器供电，也可由接至机端的单机自用电变压器供电。

3.3.6 当发电机引出线及其分支线均采用离相封闭母线，且分支回路采用单相设备或分相隔离措施时，厂用电变压器的高压侧可不装设断路器和隔离开关。

3.3.7 当厂用电分支线未采用离相封闭母线时，厂用电变压器高压侧宜装设断路器。如果受条件限制，装设的断路器额定开断短路电流小于该回路计算的开断电流时，则应采取下列措施：

1 采取限制短路电流措施，以便采用额定短路开断电流较小的断路器。

2 采用高压熔断器或高压限流熔断器组合保护装置，但与限流熔断器配套使用的负荷开关或断路器应能可靠地开断过负荷电流而不误切短路电流，同时应校验厂用电变压器高、低压侧保护动作的选择性。

3.3.8 水力发电厂厂内用电变压器与坝区用电变压器的高压侧不宜合用一组断路器。厂用电变压器与近区用电变压器的高压侧不应合用一组断路器，也不应以三绕组变压器供电。

3.4 负荷的连接与供电方式

3.4.1 高压厂用电负荷的连接应符合以下要求：

1 厂、坝区的高压厂用电电动机和低压厂用电变压器宜与高压厂用电母线直接连接。

2 如厂、坝区负荷的容量较大，距离较远时，宜装设单独配电变压器供电。

3 同一用途的高压厂用电电动机、低压厂用电变压器应分别接至不同段的高压母线上。

4 水力发电厂的近区及生活区用电，宜从地区电网引接，如从高压厂用电母线上引接应采用单独的配电变压器供电。

3.4.2 水力发电厂内及其附近的厂用电低压负荷宜以主、分配电屏双层辐射式供电，分配电屏宜布置于所供电的负荷附近。为保护动作的选择性，重要负荷辐射式供电的级数不宜多于两级。对靠近主配电屏或容量较大或可靠性要求较高的负荷，也可由主配电屏以单层辐射式直接供电。当机组台数较少且容量较小时可采用单层辐射式供电。

3.4.3 泵站站用电负荷宜以单层辐射式供电。

3.4.4 厂（站）用电负荷按重要性可分为三类，其主要特性见附录 A。

1 I 类负荷是指停止此类负荷供电，将使水力发电厂或泵站不能正常运行或停运，应保证其供电的可靠性。允许中断供电的时间根据负荷性质可为自动或人工切换电源的时间。

2 II 类负荷是指短时停止此类负荷供电不会影响水力发电厂或泵站正常运行，宜保证其供电的可靠性。允许中断供电的时间为人工切换操作或紧急修复的时间。

3 III 类负荷是指允许较长时间停电而不会影响水力发电厂或泵站正常运行。

3.4.5 I 类负荷应有 2 个电源供电，并应符合以下规定：

1 对机械上互为备用的负荷，应从不同分段的主配电屏或自不同分段主配电屏所供电的分配电屏分别引出电源供电。

2 对机械上只有 1 套的负荷，也应从不同分段的主配电屏或自不同分段主配电屏所供电的分配电屏分别引出电源供电，2 个电源经自动切换操作可互为备用。

3 对向负荷供电的不同电源的两分配电屏之间设联络线互为备用时，该联络线上应装设操作电器。

4 对向负荷供电的分配电屏，应以双电源自动切换装置与不同分段的主配电屏连接。

5 对装有双电源切换装置的分配电屏或控制箱，宜靠近用电负荷。

3.4.6 II 类负荷可采用以下方式供电：

1 由主配电屏或分配电屏以单层辐射或双层辐射式供电。

2 对数量较多，但不同时运行的负荷以环形接线方式供电，环形供电的两端宜接至不同电源的配电屏上。

3.4.7 对 III 类负荷可采用干线式供电。

3.4.8 在分配电屏的电源进线回路上宜装设隔离电器，而不宜装设保护电器。

3.4.9 主、分配电屏应适当预留备用出线回路。

3.5 检修供电

3.5.1 检修负荷属 III 类负荷，可以干线式供电。在检修负荷集中的地点应设置专用检修配电屏（箱），其设置地点和数量可依据工程具体情况确定。

3.5.2 检修配电屏（箱）宜由低压厂（站）用电主配电屏直接引出回路供电。对远离主配电屏的检修配电屏（箱）或其他检修负荷，也可由就近的分配电屏引接电源。

3.5.3 对检修负荷特别大的大型水力发电厂，经论证可设置检修专用变压器。

3.5.4 厂用电备用电源变压器也可兼供检修用电。

3.6 消防供电

3.6.1 消防用电设备应按二级负荷供电。

3.6.2 消防用电设备应采用专用的供电回路，当发生火灾时，应保证消防用电。

3.6.3 消防用电设备应采用双电源供电，并在其配电线路最末一级配电屏（箱）处设置双电源自动切换装置。

4 厂（站）用电变压器选择

4.1 最大负荷的分析统计

4.1.1 厂（站）用电最大负荷应按下列各种运行方式分别分析统计：

- 1 全部机组（泵组）运行时。
- 2 部分机组（泵组）大修，其余机组（泵组）运行（包括调相）时。
- 3 全部机组（泵组）停运时。
- 4 可能使厂（站）用电变压器出现最大负荷的其他运行方式。

4.1.2 全厂（站）最大负荷按 4.1.1 条第 1、第 2 款运行方式分析统计取其最大者，具体厂（站）用电电源最大负荷可在 4.1.1 条各款中按可能出现的运行方式确定。

4.1.3 厂（站）用电最大负荷应按下列原则计算：

- 1 经常连续及经常短时运行的负荷均应计算。
- 2 经常断续运行负荷应考虑同时率后计入。
- 3 不经常连续及不经常短时运行的负荷应按设备组合运行情况计算，但不计仅在事故情况下运行的负荷。

4 不经常断续运行的负荷，仅计入在机组（泵组）检修时经常使用的负荷。

5 互为备用的电动机，只计入参加运行的部分；当由不同电源供电，在计算该电源最大负荷时，应分别计入。

4.1.4 厂（站）用电最大负荷的计算方法见附录 B。厂用电最大负荷计算宜采用综合系数法和负荷统计法，站用电最大负荷计算宜采用分析统计法。

4.1.5 各配电变压器的最大负荷宜根据所连负荷的具体情况分析统计确定。

4.2 变压器型式选择

4.2.1 布置在厂房内的厂（站）用电变压器应采用干式变压器；布置在户外的厂（站）用电变压器宜选用油浸式变压器。

4.2.2 厂（站）用电变压器应选用节能型。

4.2.3 当厂用电变压器与离相封闭母线分支连接时，宜采用单相干式变压器。

4.2.4 当厂（站）用电变压器的安装地点潮湿时，应采用防潮性能好的干式变压器。

4.2.5 厂（站）用电变压器接线组别的选择，宜使电源间相位相一致。低压厂（站）用电变压器宜选用 **D, yn11** 连接组别的三相变压器。

4.3 变压器容量选择

4.3.1 厂（站）用电变压器容量的选择和校验应符合以下要求：

1 满足各种运行方式下，可能出现的最大负荷。

2 一台厂（站）用电变压器计划检修或故障时，其余厂（站）用电变压器应能担负 **I** 类、**II** 类厂（站）用电负荷或短时担负厂（站）用电最大负荷。但可不考虑一台厂（站）用电变压器计划检修时另一台厂（站）用电变压器故障或两台厂（站）用电变压器同时故障的情况。

3 应保证需要自启动的电动机在故障消除后电动机启动时所连接的厂（站）用电母线电压不低于额定电压的 **60%**。

4.3.2 厂（站）用电变压器容量可按下列要求选择：

1 装设 **2** 台互为备用的厂（站）用电变压器时，每台厂（站）用电变压器的额定容量应满足所有 **I** 类、**II** 类负荷或短时满足厂（站）用电最大负荷的需要。

2 装设 **3** 台厂（站）用电变压器互为备用或其中一台为明备用时，计及负荷分配不均匀等情况，每台的额定容量宜为厂（站）用电最大负荷的 **60%**。

3 装设3台以上厂用电变压器时，应按其接线的运行方式及所连接的负荷分析确定。

4 厂（站）用电变压器不宜采用强迫风冷时持续输出容量作为额定输出容量选择的依据。但对不经常运行或经常短时运行的厂（站）用电变压器可利用其过负荷能力。

4.3.3 厂用电单机自用电变压器的额定容量应满足该台机组最大负荷需要。当2台单机自用电变压器互为备用时，其容量选择宜按4.3.2条第1款进行。

4.3.4 互为备用的厂（站）用电变压器在已带自身负荷后，还应满足另一台厂（站）用电变压器需要自启动电动机成组自启动时的最低电压要求。

4.3.5 选择厂（站）用电变压器容量时，可不计其温度修正系数的影响。

4.4 变压器阻抗选择

4.4.1 高、低压厂（站）用电变压器的阻抗选择，应综合考虑厂（站）用电系统能采用轻型的电器设备、满足电动机正常启动和成组自启动的电压水平及对电压调整的影响等因素。

4.4.2 高、低压厂（站）用电变压器宜选用与配电变压器相同的阻抗值。

4.4.3 大容量低压厂用电变压器的阻抗是否需采用高阻抗变压器，宜通过综合分析确定。

4.5 电压调整

4.5.1 在正常的电源电压偏差和厂（站）用电负荷波动的情况下，厂（站）用电各级母线的电压偏差不宜超过额定电压的±5%；当仅接有电动机时可不超过+10%和-5%。

4.5.2 接于发电机电压母线的厂用电变压器，当发电机出口电压的波动范围不超过±5%时，宜采用无励磁调压变压器；当需由系统倒送供厂用电时，应验算电压偏差值，如超过容许值，则

应采用有载调压变压器。

4.5.3 经两级电压供电的低压厂用电变压器均可采用无励磁调压变压器；照明专用变压器的调压方式应经验算后确定。站用电变压器宜采用无励磁调压的变压器。

4.5.4 厂（站）用电电压调整计算见附录 C。

4.6 电动机启动时的电压校验

4.6.1 电动机正常启动时，所连接母线的电压降应满足下列要求：

1 电动机经常启动，应不大于 10%；不经常启动应不大于 15%。

2 电动机能保证生产机械要求的启动转矩，且在不破坏同一线路及其他用电设备供电的条件下，可不大于 20%。

3 电动机由单独的变压器供电且不经常启动时，应按生产机械要求的启动转矩确定，可大于 20%。

4.6.2 当电动机成组自启动时，低压厂（站）用电母线电压应不低于下列要求：

1 空载或失压自启动为 65%。

2 带负荷自启动或低压母线与高压母线串接自启动为 60%。

4.6.3 电动机自启动应按最不利的厂（站）用电接线与运行方式进行电压验算；对明备用变压器可按失压和空载自启动验算；对暗备用（互为备用）变压器应按带负荷自启动验算。当采用两级厂用电压供电时，对以上两种方式均应按高、低压厂用电母线串接自启动进行验算。

4.6.4 除过坝设施用的高压电动机外，高压电动机可不必验算正常启动时电压水平。低压电动机的功率（kW）大于 20% 变压器容量（kVA）时，应验算正常启动时电动机所连接母线的电压水平。对配电支线较长的低压电动机，应验算正常启动时电动机的端子电压降。

4.6.5 电动机启动电压校验方法见附录 D。

5 厂（站）用电电动机

5.1 电动机的型式、电压选择与容量校验

5.1.1 厂（站）用电电动机应采用高效、节能的交流电动机。当交流电源消失时仍要求工作的厂用电动机可采用直流电动机。

5.1.2 厂（站）用电电动机宜采用鼠笼型异步电动机，当重载启动经校验不能满足启动力矩要求及工作条件繁重的反复短时工作制的电动机可采用绕线型异步电动机。

5.1.3 电动机的外壳防护等级和冷却方式应与周围环境条件相适应。在潮湿环境（如水轮机水泵室、蜗壳层、闸门室、坝内廊道等），外壳防护等级宜达到 GB T 4942.1 中 IP44 级的要求；其他一般场所，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动机。厂（站）用电电动机的冷却方式宜采用封闭自扇冷式。

5.1.4 对用于特殊环境（如高原、湿热带和屋外等）的厂（站）用电电动机，应选用适应其条件的专用电动机。

5.1.5 厂（站）用电交流电动机的电压选择应符合以下要求：

1 厂（站）用电电动机宜优先采用 380V 电压电动机，如需采用高压电动机，应进行技术经济比较确定。

2 当需要采用高压电动机时，其电压宜与高压厂用电电压一致。

5.1.6 当电动机用于 1000~4000m 的高海拔地区时，而使用地点的环境最高温度随海拔升高而递减至 40℃ 以下，如电动机温升的递增值与使用地点环境温度的递减值的关系能满足式 (5.1.6-1) 时，则电动机可按铭牌规定的额定功率运行。

$$\frac{h-1000}{100}\Delta Q \leq 40-t_0 \quad (5.1.6-1)$$

式中 h ——使用地点的海拔，m；

ΔQ ——海拔每增加 100m 影响电动机温升的递增值，其值为电动机额定温升的 1%，℃；

t_0 ——使用地点的实际环境最高温度,℃。

当电动机温升的递增值大于使用地点环境温度的递减值,即满足式(5.1.6-2)时,电动机的允许极限工作温度按每超过1℃,降低额定功率1%使用。

$$\frac{h-1000}{100}\Delta Q \geq 40 - t_0 \quad (5.1.6-2)$$

5.2 电动机启动方式选择

5.2.1 鼠笼型厂(站)用电电动机应优先选用全压启动,当不能满足5.2.2条要求时,可选用降压启动方式。

5.2.2 鼠笼型电动机全压启动时,应满足以下要求:

1 电动机启动时,所连接母线的电压应满足4.6.1条要求。

2 电动机所配的生产机械允许全压启动。

3 供电设备的过负荷,不应超过允许值。由变压器供电时,经常启动(每天启动6次或以上)电动机启动时的总电流不超过变压器额定电流的4倍。由柴油发电机供电时,最大一台电动机启动时的总电流不宜超过柴油发电机额定电流的1.5倍,且应满足柴油机允许的冲击负荷要求。

4 电动机启动时,其端电压应保证有足够的启动力矩。

5.2.3 电动机采用降压启动时应满足5.2.2条第1及4款的要求。

5.2.4 鼠笼型电动机的降压启动方式,应在满足5.2.3条要求的前提下,按启动性能好、接线简单可靠、所用设备少、电能损耗小、价格合理等因素综合考虑确定。

5.2.5 对启动力矩大和有变速要求的较大容量低压鼠笼型电动机,宜采用变频启动装置。

5.2.6 中小容量绕线式电动机宜采用频敏变阻器启动,大容量绕线式电动机宜采用静止变频器或其他启动方式。

5.2.7 电动机启动电压计算见附录D。

6 厂（站）用电系统短路电流计算

6.1 高压系统短路电流计算

6.1.1 本节的短路电流计算仅适用于选择与校验高压厂（站）用电系统中的电器和导体。

6.1.2 高压厂（站）用电系统短路电流计算，可不计算断路器开断时的直流分量和短路冲击电流。

6.1.3 计算短路电流时，应按可能发生最大短路电流的正常接线方式，不考虑仅在切换过程中可能出现短时并列的运行方式。

6.1.4 同时运行的高压异步电动机总容量不大于 1500kW 时，高压厂用电系统的短路电流计算可不计电动机的反馈电流。

6.1.5 由发电机端或升高电压侧引接的厂用电电源，电源侧系统阻抗可忽略。而从地区电网引接厂（站）用电电源时，应计及系统阻抗。厂（站）用电系统的短路电流的周期分量在整个短路过程中可按不衰减计算。

6.1.6 高压厂（站）用电系统短路电流实用计算见附录 E.1。

6.2 低压系统短路电流计算

6.2.1 低压厂（站）用电系统短路电流计算，应考虑以下几点：

1 应计及电阻。

2 采用一级电压供电的低压厂（站）用电变压器的高压侧系统阻抗可忽略不计，对于两级电压供电的低压厂用电变压器，宜计及高压侧系统阻抗。

3 在计算主配电屏及重要分配电屏母线短路电流时，若供电变压器容量大于 500kVA，应在第一周期内计及 20kW 以上的异步电动机的反馈电流。配电屏以外支线短路时可不计。

4 计算 380V 系统三相短路电流时，回路电压应按 400V 计，计算单相短路电流时，回路电压应按 220V 计。

5 导体的电阻值应取达到额定温升时相对应温度下的电阻值。

6.2.2 厂（站）用电变压器容量在 500kVA 及以下，短路电流计算可不计电动机的反馈电流。

6.2.3 低压厂（站）用电系统短路电流实用计算方法见附录 E.2。

7 厂（站）用电系统电气设备和导体选择

7.1 高压电气设备和导体选择

7.1.1 高压厂（站）用电系统的电器和导体选择应符合国家或行业有关标准的规定。

7.1.2 选择高压厂用电变压器之后的高压断路器时，可不计短路电流非周期分量对断路器开断能力的影响。

7.1.3 高压厂（站）用电系统的载流导体截面可不按经济电流密度选择。

7.1.4 高压厂（站）用电系统电源回路的电力电缆应采用铜芯电缆。

7.2 低压电气设备和导体选择

7.2.1 低压电器的选择应满足其回路的工作电压、电流、频率、额定短时耐受电流、额定峰值耐受电流、准确等级、使用环境、用途和使用类别等的要求。对短路保护电器还应满足短路条件下的开断能力。

7.2.2 低压保护电器短路时的开断能力应按该保护电器安装地点的预期短路电流周期分量有效值校验。

7.2.3 下列情况低压电器和导体的额定短时耐受电流及额定峰值耐受电流可不校验：

1 用额定电流为 **60A** 以下的熔断器保护的电器和导体；对于用其他熔断器保护的电器应校验其额定峰值耐受电流。

2 当熔体的额定电流不大于电缆允许载流量的 **3** 倍，且供电回路末端的最小短路电流大于熔体额定电流的 **4** 倍时，可不校验电缆的额定短时耐受电流。

3 已满足额定短路开断能力的断路器，另装保护且延时动作时间大于断路器最大短延时时间时，应校验断路器的额定短时

耐受电流。

4 采用保护式磁力启动器或装设在单独动力箱或保护外壳内的接触器。

5 用限流断路器保护的回路电器和导体可不校验其额定短时耐受电流，其额定峰值耐受电流可按限流后最大短路电流值校验。

7.2.4 校验主配电屏及重要分配电屏低压电器的开断能力时，应计及容量大于 **20kW** 电动机的反馈电流。当厂（站）用电变压器容量在 **500kVA** 及以下时可不计及。

7.2.5 低压母线应按回路的电压、电流、短路电流和周围环境等条件选择，对配电用插接式母线槽、安全滑触线还应校验其电压损失；低压电缆应按回路的电压、电流、电压损失、短路电流、敷设环境和使用条件等选择，还应满足与保护电器的配合要求。

7.2.6 低压厂（站）用电系统载流导体的截面可不按经济电流密度选择。

7.2.7 低压厂（站）用电系统的载流导体宜采用铜材。

7.2.8 低压电器和载流导体的额定短时耐受电流、额定峰值耐受电流和保护电器的开断能力校验应采用回路首端三相短路电流；对保护动作灵敏度的校验应采用回路末端的单相短路电流。

7.2.9 电动机回路正常运行时的电缆电压损失不宜大于 **5%**，计算电流为电动机运行时可能出现的最大工作电流值。

7.2.10 对起吊设备，应按不经常运行工作制的启动条件校验电压损失，其允许的最大电压损失（包括起吊设备内部的电压损失 **2%~3%**）不宜超过 **15%**。

7.2.11 低压厂（站）用电主配电屏的电源进线和母联断路器宜采用智能型保护且有通信接口的断路器。

7.2.12 当用断路器或熔断器作电动机或馈电干线保护时，断路器过电流脱扣器的整定电流或熔断器熔体的额定电流应不小于电动机的额定电流或馈电干线的计算电流；当电动机正常启动或成

组自启动时，保护装置不应误动作；应按保护范围内最小短路电流校验其灵敏度。

7.2.13 用断路器保护的回路，断路器瞬时或短延时过电流脱扣器按 1.3 倍整定的整定电流值不应大于回路的短路电流，当末端单相短路的短路电流难以满足灵敏度要求时，可采用零序保护或带长延时过电流脱扣器的断路器。如选用长延时过电流脱扣器时，其动作时间不宜大于 15s。

7.2.14 断路器脱扣器整定电流应满足式 (7.2.14-1) ~ 式 (7.2.14-4) 的要求：

过负荷保护（长延时）脱扣器整定电流：

$$I_r \geq I_c \quad (7.2.14-1)$$

短路保护（短延时）脱扣器整定电流：

$$I_m = 1.35 I_{crmax} \quad (7.2.14-2)$$

短路保护（瞬时）脱扣器整定电流：

$$I_1 = K_1 I_{crmax} \quad (7.2.14-3)$$

接地故障保护脱扣器整定电流：

$$I_g = K_2 I_c \quad (7.2.14-4)$$

式中 I_r ——过负荷保护脱扣器整定电流，A；

I_c ——回路的正常工作电流，A；

I_m ——短延时保护脱扣器整定电流，A；

I_{crmax} ——对于电动机回路，即为启动电流，对于馈电回路应考虑回路中最大的一台电动机启动电流和除此之外的回路电流之和，A；

I_1 ——瞬时保护脱扣器整定电流，A；

K_1 ——可靠系数，动作时间不大于 0.02s，取 1.7~2.0；
动作时间大于 0.02s，取 1.35；

I_g ——接地故障保护脱扣器整定电流，A；

K_2 ——躲过回路三相不平衡电流的可靠系数，取 0.3~1.0。

7.2.15 热继电器的整定值应按电动机的额定电流选择，除下列情况外，应装设带断相保护的热继电器。

1 被操作的电动机定子为星形接线。

2 用断路器作短路保护。

7.2.16 断路器和熔断器的额定短路开断能力应按以下要求校验：

1 断路器和熔断器允许的额定短路开断能力应大于安装地点的预期短路电流值（周期分量有效值），断路器的开断能力尚应符合以下要求：

1) 当利用断路器本身的瞬时过电流脱扣器作为短路保护时，应按断路器的额定断路开断能力校验。

2) 当利用断路器本身的短延时过电流脱扣器作为短路保护时，应按断路器相应延时下的短路开断能力校验。

3) 当另装设继电保护时，如其动作时间未超过该断路器短延时脱扣器的最长延时，则应按短延时脱扣下的短路开断能力校验；其动作时间超过该断路器短延时脱扣器的最长延时，则应遵照产品制造厂家的规定。

4) 当电源为下进线时，应考虑其对断路器开断能力的影响。

2 对于动作时间大于 4 个周波的断路器，可不计异步电动机的反馈电流。

7.2.17 当断路器装设在封闭的柜内时，应考虑其对断路器额定电流降低的影响。

7.2.18 正常运行作为自动控制，要求失电后自启动的电动机不应装设失压脱扣装置；对不要求自启动的电动机，当变压器容量允许时，也可不装设失压脱扣装置。

7.2.19 低压厂（站）用电系统的电力电缆宜按以下条件选型：

1 对大容量、重要负荷回路的电力电缆宜采用铜芯交联聚乙烯绝缘电缆。

2 消防、地下厂房通风、应急照明等重要负荷回路的电力电缆应采用铜芯阻燃型电缆。

3 对配电干线或接有单相负荷时，应采用三相四芯电力电缆。

4 对仅接有三相平衡负荷（三相电动机）的负荷分支回路，宜采用三相三芯或三相四芯电力电缆。

5 对移动式设备、便携式设备等检修供电负荷回路，应装设漏电保护装置并采用三相五芯电力电缆；单相分支回路应采用三芯电力电缆或电线。

6 对接有产生高次谐波负荷的电源进线回路和以气体放电灯为主要负荷的照明回路，应采用中性线与相导体相同截面的电力电缆。

7 厂（站）内敷设的低压电力电缆的外护层宜根据敷设方式和条件，采用塑料护套或塑料护套钢带（丝）内铠装。其类型的选择尚应符合 SL 344 的规定。

7.2.20 低压厂（站）用电系统中，对用电负荷较大，分支回路较多，供电距离较长，采用电力电缆数量多且敷设不便的供电干线或有特殊供电要求的可采用插接式母线槽。插接式母线槽的选型应满足 7.2.5 条要求。

7.3 低压电器的组合

7.3.1 电动机供电回路中，宜装设隔离电器、保护电器及操作电器，也可采用保护和操作合一的电器。对于供电干线可只装设隔离电器和保护电器。隔离电器可采用隔离开关、负荷开关、隔离插头等，保护电器可采用断路器、熔断器等。操作电器可采用接触器、磁力启动器、组合电器、断路器、软启动器等。

7.3.2 厂（站）用电负荷宜装设单独的保护电器。在下列情况下也可数个负荷共用一套保护电器，但应保证能迅速切除任一负荷的短路故障。

- 1 工艺上密切相关的一组电动机。
- 2 不重要负荷。
- 3 不经常运行且容量不大的负荷。

7.3.3 在发生短路故障时，重要供电回路中的各级保护电器应有选择性地动作，具体要求如下：

1 当采用多级供电时，应满足厂（站）用电主配电屏与下级分配电屏之间的保护选择性要求。

2 当支线采用断路器作短路保护时，干线可采用带延时动作的断路器或熔断器作短路保护，熔断器熔体的熔断时间在考虑误差后应大于断路器的分闸时间。

3 当支线采用熔断器作短路保护时，干线上可采用带延时动作的断路器作短路保护，亦可采用熔断器作短路保护，其熔体应较支线上熔断器的熔体大一级差。

7.3.4 每个电动机供电回路均应单独装设操作电器，如运行需要，一组电动机可共用一套操作电器。

7.3.5 装在主配电屏及机旁配电屏上的启动器或交流接触器与其串联的短路保护电器应协调配合。

7.3.6 用于控制 I 类、II 类负荷电动机的交流接触器，不应将 2 台及以上装于屏、箱的同一间隔单元内。

7.3.7 照明电源回路和运行中有可能过负荷的电动机回路及其供电干线应装设过负荷保护。过负荷保护可采用断路器的热保护元件（模块）或长延时过电流脱扣器，也可采用熔断器；对电动机回路，如熔体电流过大，不能起过负荷保护作用时，可采用带热继电器的磁力启动器作过负荷保护。

7.3.8 过负荷保护宜采用反时限特性的保护电器。当采用低压断路器、封闭式或半封闭式一般用途熔断器、热继电器等电器作为过负荷保护时，保护电器与导体的配合，应满足式（7.3.8）的要求：

$$I_j \leq I_n \leq I_g \quad (7.3.8)$$

式中 I_j ——线路计算负荷电流；

I_n ——断路器长延时脱扣器整定电流或熔断器熔体额定电流或热继电器额定电流；

I_g ——导体允许持续载流量。

7.3.9 对有爆炸或火灾危险环境中使用的保护电器与导体的配合，应按相应技术标准要求执行。

8 柴油发电机组的选择

8.1 型式选择

8.1.1 厂（站）用电系统的柴油发电机组应采用燃油消耗低、噪声振动小、响应迅速和运行稳定的产品。可根据系统接线、布置和环境条件采用固定式、可运载式或移动式。

8.1.2 柴油发电机组应采用快速自启动的应急型，当厂（站）用电系统电源失去后，柴油发电机组应能自动启动。首次启动恢复供电的时间不宜大于 15s。

8.1.3 柴油发电机组应具有时刻准备自启动投入工作并能保证连续 3 次自启动成功投入的功能。当连续 3 次自启动失败，应能发出报警信号，并闭锁自启动回路。

8.1.4 柴油发电机组应装设手动启动、快速自动启动及电源自动切换装置。

8.1.5 柴油机宜采用高速及废气涡轮增压型。其冷却方式宜采用闭式循环水冷却；启动方式宜采用电启动，启动电源的容量应能满足 6 次启动的要求。

8.1.6 发电机额定电压宜采用 0.4kV，接线应采用星形接线，中性点应能引出。当受布置和接线等条件所限时，经技术经济比较，发电机额定电压也可采用 10kV 或 6.3kV。

8.1.7 发电机宜采用快速反应的无刷型自动励磁装置；应装设过电流保护和单相接地保护，还可根据需要装设纵联差动保护。

8.1.8 发电机额定电压为 0.4kV 时，其中性点的接地方式应满足下列要求：

1 当厂（站）用电系统中仅装设一台柴油发电机组时，发电机中性点应直接接地，发电机的接地形式宜与低压厂（站）用电系统的接地形式相一致。

2 当厂（站）用电系统中装设两台及以上柴油发电机组并

列运行时，发电机中性点宜经隔离开关接地；当发电机的中性导体存在环流时，应只将其中一台发电机的中性点接地。

3 当厂（站）用电系统中装设两台及以上柴油发电机组并列运行时，每台发电机的中性点可分别经限流电抗器接地。

8.2 容量选择

8.2.1 厂（站）用电系统中作为应急电源的柴油发电机组，其容量选择应考虑下列负荷的用电需要：

- 1 泄洪设施用电负荷。
- 2 渗漏排水用电负荷。
- 3 消防用电负荷。
- 4 涉及厂（站）安全的其他交流用电负荷。
- 5 当机组有黑启动要求时，尚应满足机组黑启动所必须的用电负荷。

8.2.2 柴油发电机组的容量选择应满足下列要求：

- 1 按最大计算负荷计算发电机容量。
- 2 按带负荷后仍满足最大单台电动机或成组电动机的启动需要校验发电机容量。
- 3 按空载启动最大的单台电动机时母线容许电压降校验发电机容量。此时厂（站）用电母线上的电压水平不宜低于额定电压的 75%，有电梯时不宜低于 80%。

8.2.3 柴油发电机组的容量计算见附录 F。

9 厂（站）用电电气设备布置

9.1 变压器布置

9.1.1 厂（站）用电干式变压器布置应满足以下要求：

1 厂（站）用电变压器宜设置安全防护外罩。相邻布置的三相变压器外罩之间最小距离不宜小于 1000mm。

2 由发电机电压母线或单元分支线上引接的厂用电变压器，布置上应使分支引接线尽量缩短。

3 由发电机电压封闭母线上引接电源的厂用电变压器，其引接线应采用封闭母线。

4 厂（站）用电变压器可不设单独小间，但其高、低压引线裸露部分应满足电气安全距离要求。

9.1.2 厂（站）用电油浸式变压器布置应满足以下要求：

1 厂（站）用电变压器的防火应满足 SDJ 278 的有关规定。

2 厂（站）用电变压器外廓与变压器室四壁的最小净距不应小于表 9.1.2 所列数值。

表 9.1.2 油浸式厂（站）用电变压器外廓
与变压器室四壁的最小净距 单位：mm

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

注：表中所列尺寸系从变压器外廓离地高度在 1.9m 以下的突出部分算起。

3 对于就地检修的厂（站）用电变压器，室内高度可按吊芯或吊罩所需的最小高度再加 700mm 确定，宽度可按变压器两侧各加 800mm 确定。

4 厂（站）用电变压器室的最高环境温度不应超过设备允

许的环境温度。

5 变压器上部不应作与其无关的电缆或母线通道。

9.1.3 500kVA 及以上变压器的 0.4kV 出线端子与其连接电缆间，宜设置过渡母线。

9.1.4 低压厂（站）用电变压器的布置应靠近相应的低压厂（站）用电配电装置，以使用母线引接。

9.2 配电装置布置

9.2.1 厂（站）用电配电装置的布置应结合厂（泵）房布置统一考虑，且应满足第一台机组投运时形成必要的厂（站）用电配电系统，并尽可能使设备布置有规律性，减少电缆交叉。配电装置各回路的相序排列宜一致。

9.2.2 大型水力发电厂的高、低压配电装置不宜集中布置在同一室内。布置在同一室内的配电屏（柜）母线段数不宜超过 3 段，对封闭式配电屏（柜）可适当放宽要求。

9.2.3 6~10kV 高压配电装置应采用成套高压开关柜，并宜设置单独的高压配电室。室内宜预留备用柜位置，当采用移开式开关柜时宜留有断路器手车的检修场地。

9.2.4 低压厂（站）用电配电屏布置宜靠近负荷中心。

9.2.5 标称电压超过交流 24V 容易被触及的裸带电体应设置遮护物，其防护等级不应低于 IP2X 级。

9.2.6 配电装置室通道上方裸带电体距地面的高度，屏前通道内不应低于 2.5m，屏后通道内不应低于 2.3m；否则应加遮护，遮护后的高度不应低于 1.9m，其宽度应符合 9.2.9 条中的规定。

9.2.7 当采用低压母线槽时，其布置应考虑运行维护与检修方便。

9.2.8 当机旁动力配电屏与机组保护、自动装置等二次屏呈一列布置时，其高度宜一致。

9.2.9 厂（站）用电配电装置室操作、维护通道最小尺寸及开关柜或配电屏的离墙距离见表 9.2.9。

表 9.2.9 厂（站）用电配电装置室的各种通道

最小尺寸及屏（柜）离墙距离

单位：mm

配电装置型式	操作通道		背面维护通道	侧面维护通道	靠墙布置时离墙距离	
	设备单列布置	设备双列（面对面）布置			背面	侧面
固定式高压开关柜	1500	2000	800	800	50	200
移开式高压开关柜	单车长+1200	双车长+900	800	800		200
低压固定式配电屏	1500	2000	800	800	50	200
低压抽屉式配电屏	1800	2300	800	800	50	200

注 1：表中的尺寸系从常用的开关柜或配电屏的屏面算起（即突出部分已包括在表中尺寸内）。
注 2：表中所列操作及维护通道的尺寸，在建筑物有个别突出时允许缩小 200mm。

9.2.10 成排布置的高压柜或配电屏，其长度超过 6m 时，屏后的通道应有两个通向本室或其他房间的出口，并宜布置在通道的两端。当两出口之间的距离超过 15m 时，其间还应增加出口。

9.2.11 布置在室外的高压开关柜及低压配电屏（箱）应选用屋外型。

9.2.12 潮湿场地的高压开关柜或低压配电屏（箱）宜布置在单独房间内，并加强通风防潮措施。

9.2.13 厂（站）用电配电装置顶部不应有油、水等管道通过。

9.3 柴油发电机组的布置

9.3.1 厂（站）用电系统柴油发电机组及其附属设备应布置在单独的房间内。其位置应根据工程布置并充分考虑通风、排烟、消声、减振、环境保护、电气接线等条件选择。

9.3.2 柴油发电机房设备布置应满足机组运行工艺要求，力求紧凑、经济合理、保证安全及便于维护、检修。

9.3.3 柴油发电机房宜设有机组间、控制及配电室、储油间、

备件贮藏间等，亦可根据具体情况对上述房间进行合并或增减。

9.3.4 柴油发电机组的布置应满足下列要求：

- 1 机房与控制及配电室毗邻布置时，发电机出线端及电缆沟宜布置在靠控制及配电室侧。
- 2 机组之间、机组外廓至墙的距离应满足设备搬运、就地操作、维护检修或布置辅助设备的需要。
- 3 机房内有关布置尺寸不宜小于表 9.3.4 中的数值要求。

表 9.3.4 机组外廓与墙壁间最小净距 单位：m

项目	功率 (kW)				
	<64	75~150	200~400	500~1500	1600~2000
机组操作面	1.5	1.5	1.5	1.5~2.0	2.0~2.5
机组背面	1.5	1.5	1.5	1.8	2.0
柴油机端	0.7	0.7	1.0	1.0~1.5	1.5
发电机端	1.5	1.5	1.5	1.8	2.0~2.5
机组间距	1.5	1.5	1.5	1.5~2.0	2.5
机房净高	2.5	3.0	3.0	4.0~5.0	5.0~7.0

注 1：当机组为水冷却方式时，柴油机端距离可适当缩小；当机组需要做消声工程时，布置尺寸应另行考虑；若机组设在地下层，其间距可适当加大。
注 2：移动式柴油发电机组的布置可不受表中尺寸限制。

9.3.5 柴油发电机房的建筑防火要求应满足 SDJ 278 和 JGJ 16 的有关规定。

9.3.6 当机房内不需设控制室时，控制屏和配电屏宜布置在发电机端或发电机侧，其操作检修通道均应不小于 2m。

9.3.7 机房门应采取防火、隔音措施，并应向外开启。

9.3.8 机房内可不设置电动起重设备，但应考虑设备吊装、搬运和检修等条件。

9.4 对土建的要求

9.4.1 厂（站）用电电气设备布置的防火应满足 SDJ 278 的

要求。

9.4.2 厂（站）用电配电装置室，搬运设备的门应按搬运的最大设备外形尺寸宽加 400mm，高度加 300mm，但其最小宽度不小于 900mm，门高不低于 2100mm。

9.4.3 厂（站）用电配电装置室的顶棚和内墙应用装饰涂料处理，顶棚不应抹灰，地面宜采用不起灰并有一定硬度的光滑地面。

9.4.4 厂（站）用电配电装置室不应作为与电气巡视无关的通道。

9.4.5 布置在坝内、地下或地面顶层的厂（站）用电配电装置室必须作防水、防渗处理，并设有排水设施。

9.4.6 厂（站）内的电缆沟应有排水措施，沟内不应有积水。

9.4.7 高、低压配电室，电缆沟进、出口洞，通气孔等应有防止鸟、雀、鼠等小动物钻入和雨雪飘入室内的设施。

9.4.8 吊重大于 1000kg 的厂（站）用电电气设备，宜在其所在位置的上方埋设吊钩或吊环。

9.4.9 厂（站）用电设备室和设备搬运通道荷载应满足有关标准要求。

附录 A 主要厂（站）用电负荷特性

表 A 主要厂（站）用电负荷特性表

序号	负荷名称	重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注
一	机组自用电					
1	机组压油装置油泵	I	经常断续	是	是	
2	机组漏油泵	II	经常断续	是	是	
3	高压油顶起油泵	I	经常断续	否	否	
4	机组（变压器）冷却水泵	I	经常连续	是	是	
5	顶盖排水泵	I 或 II	经常短时或断续	是	是	
6	轴承冷却循环水（油）泵	I	经常连续	是	是	
7	水冷瓦循环水泵	I	经常连续	是	是	
8	协联机构电动机	II	经常断续	是	是	
9	油水管路电动闸阀	I 或 II	经常断续	否	否	
10	主变压器冷却循环油泵	I	经常连续	是	是	
11	主变压器冷却风扇	I	经常连续	是	是	
12	机组起励电源	I	经常短时	否	否	
13	隔离开关操作机构电源	II	不经常断续	否	是	
14	注轴泵	II	不经常断续	否	否	
15	轴承润滑系统用泵	I	经常连续	是	是	
16	励磁系统冷却风扇	I	经常连续	是	是	
17	水内冷机组冷却水泵	I	经常连续	是	是	

表 A (续)

序号	负荷名称	重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注
18	水内冷循环水泵	I	经常连续	是	是	
19	各类进、出水阀压油装置油泵	I	经常断续	否	是	
20	电气制动用电源	II	经常断续	否	否	
21	发电机(电动机)恒温电热器	II	经常短时或连续	否	否	
22	发电机(电动机)断路器操作机构电源	I	经常短时	否	是	
23	机组盘车电源	III	不经常断续	否	否	
24	水泵调节电机	I	不经常断续	否	是	
25	灯泡式发电机冷却风机	I	经常连续	是	是	
二	全厂公用电					
(一)	供排水系统					
1	机组冷却供水泵	I	经常连续	是	是	每机一套时,列入机组自用电
2	厂房渗漏排水泵	I	经常短时	是	是	
3	机组检修排水泵	II	不经常连续	是	否	一般将一台排闸门渗漏水计入最大负荷
4	雨水排水泵	III	不经常短时	否	否	
5	生活用水泵	III	经常短时	是	否	
6	消防用水泵	I	不经常短时	否	是	
(二)	压缩空气系统					
1	压油装置用高压空压机	II	经常断续	是	是	
2	配电装置用高压空压机	I	经常短时	是	是	

表 A (续)

序号	负荷名称	重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注	
3	制动、维护、检修用低压空压机	Ⅱ或Ⅲ	经常短时	是	是		
4	调相用空压机	Ⅱ	经常短时	是	是		
5	进水口防冰空压机	Ⅲ	不经常短时	是	否		
(三)	油系统					一台机组检修, 其余机组运行时计入最大负荷	
1	透平油库油泵	Ⅲ	不经常短时	是	否		
2	绝缘油库油泵	Ⅲ	不经常短时	是	否	按一定的设备组合运行, 不应全部计入最大负荷	
3	压力滤油机	Ⅲ	不经常连续	是	否		
4	真空滤油机(加热器、真空泵等)	Ⅲ	不经常连续	是	否		
5	离心滤油机	Ⅲ	不经常连续	是	否		
6	真空泵	Ⅲ	不经常短时	是	否		
7	烘箱电热	Ⅲ	不经常连续	是	否		
8	油库、油处理室通风机	Ⅲ	不经常连续	是	否		
9	油化验室负荷	Ⅲ	不经常短时	是	否		
(四)	厂房起重设备						
1	厂内桥式起重机	主钩	Ⅱ	不经常断续	否	否	对双主钩, 则计主钩
		副钩	Ⅱ	不经常断续	是	否	
		大车行走	Ⅱ	不经常断续	是	否	
		小车行走	Ⅱ	不经常断续	否	否	

表 A (续)

序号	负荷名称		重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注
2	调压室闸门启闭机		Ⅱ	不经常断续	否	否	
3	尾水闸门起重机	吊钩	Ⅱ	不经常断续	否	否	
		行走	Ⅱ	不经常断续	否	否	
4	配电装置用电动葫芦		Ⅲ	不经常断续	否	否	
5	机坑电动葫芦		Ⅲ	不经常断续	是	否	
6	厂房电梯		I 或 II	经常断续	是	否	
(五)	通风与电热设备						
1	主厂房通风机(空调装置)		Ⅱ	经常断续	视气象条件及具体情况而定	如自动操作,一般为自启动	
2	各配电装置室通风机		Ⅱ 或 Ⅲ				
3	变压器室通风机		Ⅱ 或 Ⅲ				
4	整流装置通风机		Ⅱ 或 Ⅲ				
5	电缆层(洞、道)通风机		Ⅱ 或 Ⅲ				
6	中央控制室通风机(空调器)		Ⅱ	经常连续	是 ^a	是	
7	计算机室空调器		I 或 II	经常连续	是 ^a	是	
8	副厂房各室通风机(空调器)		Ⅱ 或 Ⅲ	经常连续或短时	视用途而定	否	
9	冷冻装置		Ⅲ	经常连续	是 ^a	否	
10	制冷供水泵		Ⅲ	经常连续	是 ^a	否	
11	加湿器		Ⅲ	经常连续	是 ^a	否	
12	主厂房电热		Ⅲ	经常连续	是 ^a	否	
13	副厂房电热		Ⅱ	不经常连续	是 ^a	否	
14	防火排烟阀电源		I	不经常连续	否	是	

表 A (续)

序号	负荷名称	重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注
(六)	直流、试验及二次负荷等					
1	充电装置	Ⅱ	不经常连续	是	否	多组蓄电池中，仅计容量最大的一组
2	浮充电装置	Ⅱ	经常连续	是	是	多组蓄电池中除一组容量大的外，均计入
3	蓄电池室通风机	Ⅱ	经常连续	是	是	
4	蓄电池室电热器	Ⅱ	经常连续	是	是	
5	载波、微波室电器	Ⅰ	经常连续	是	是	
6	中央控制室交流操作电源	Ⅰ	经常连续	是	是	
7	电子计算机室电源	Ⅰ	经常连续	是	是	
8	遥视系统电源	Ⅰ	经常断续	是	是	
9	电工试验室电源	Ⅲ	不经常短时	是	否	
10	仪表试验室电源	Ⅲ	不经常短时	是	否	
11	高压试验室电源	Ⅲ	不经常短时	否	否	
12	备用励磁电源	Ⅰ	不经常短时	否	否	
(七)	开关站（变电站）					
1	移动油泵	Ⅲ	不经常短时	否	否	
2	隔离开关操作机构	Ⅱ	不经常断续	否	是	
3	二次负荷	Ⅰ 或 Ⅱ	经常连续或短时	是	是	
4	断路器操作柜电热	Ⅱ 或 Ⅲ	经常连续	是	是	
5	断路器操作机构	Ⅰ	经常短时	是	是	
(八)	其他辅助设施负荷					

表 A (续)

序号	负荷名称	重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注
1	尾水泥浆泵	Ⅲ	不经常连续	否	否	
2	排污泵	Ⅲ	经常短时	是	否	
3	厂房钢卷门电动机	Ⅲ	经常断续	否	否	
4	管理楼负荷	Ⅱ 或 Ⅲ	经常连续	是	否	
(九)	坝区及水工建筑物					
1	坝上门式起重机	Ⅱ 或 Ⅲ	不经常断续	否	否	或计入行走机构负荷
2	坝上泄洪闸门启闭机	Ⅰ 或 Ⅱ	不经常断续	否	否	若全部机组运行时负荷最大, 则应计入
3	坝上其他闸门启闭机	Ⅱ	不经常断续	否	否	
4	进(出)水口启闭机液压泵	Ⅰ 或 Ⅱ	不经常断续	否	是	
5	坝内廊道排水泵	Ⅱ	经常连续	是	是	
6	坝内廊道灌浆机电源	Ⅲ	不经常短时	否	否	
7	坝缝止水沥青加热电源	Ⅲ	不经常连续	否	否	
8	拦污栅清污机	Ⅲ	不经常短时	否	否	
9	拦污栅悬臂吊或卷扬机	Ⅲ	不经常断续	是	否	
10	拦污栅冲草水泵	Ⅲ	不经常短时	否	否	
11	防冰冻空压机	Ⅲ	不经常短时	是	否	
12	坝内电梯	Ⅰ 或 Ⅱ	经常断续	是	否	
(十)	过坝设施负荷	Ⅰ 或 Ⅱ	经常短时或断续	是	是(液压), 否(卷扬)	一般单独供电, 计入厂用负荷

表 A (续)

序号	负荷名称	重要性类别	运行方式	是否计入最大计算负荷	是否需要自启动	备注
(十一)	照明	I 或 II	经常连续	是	是	
(十二)	检修负荷					
1	机械修配厂	III	经常短时或连续	是	否	按机组大修需要具体确定负荷
2	厂内小机修负荷	III	经常断续	是	否	按机组大修需要确定负荷
3	转轮检修补焊负荷 (电焊机)	III	不经常断续	是	否	转轮直径 $D < 4.1\text{m}$ 为 2 台焊机; $4.1\text{m} \leq D < 5.5\text{m}$, 4 台; $D \geq 5.5\text{m}$, 4~8 台
4	安装间检修用负荷 (电焊机)	III	不经常断续	是	否	
5	检修用临时加热干燥电源	III	不经常连续	是	否	
6	各级电压配电装置检修负荷	III	不经常短时或连续	是	否	
7	检修试验负荷	III	不经常断续或短时	是	否	
8	其他场所检修负荷	III	不经常断续或短时	是	否	
<p>注 1: 表中所列仅为大中型水力发电厂、泵站用电常见负荷, 具体工程设计时, 应按实际情况确定。</p> <p>注 2: “是否计入最大计算负荷” 栏仅适用于选择全厂 (站) 电源变压器容量用。</p> <p>a: 按水力发电厂、泵站机 (泵) 组运行方式及季节, 仅计入参加最大负荷时运行部分。</p>						

附录 B 厂（站）用电最大负荷计算

B.0.1 选择厂用电变压器容量的最大负荷即计算负荷，宜按综合系数法确定。

1 当全厂公用电与机组自用电分别供电时，采用式 (B.0.1-1) 计算：

$$S_{\text{js}} = K_{\text{Z}} \sum P_{\text{Z}} + K_{\text{g}} \sum P_{\text{g}} \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中 S_{js} ——厂用电最大负荷，kVA；

K_{Z} ——机组自用电的综合系数，取值见表 B.0.1；

K_{g} ——全厂公用电的综合系数，取值见表 B.0.1；

$\sum P_{\text{Z}}$ ——所有同时参加最大负荷运行的机组自用电负荷额定功率的总和，kW，计算原则见 4.1.3 条；

$\sum P_{\text{g}}$ ——所有同时参加最大负荷运行的全厂公用电负荷额定功率的总和，kW，计算原则见 4.1.3 条。

表 B.0.1 综合系数值

综合系数	电站规模	
	大型	中型
K_{Z}	0.76	0.76
K_{g}	0.77	0.78
K_0	0.75~0.78 ^a	0.78~0.79 ^a

a: 电站规模较大者取小值，反之取大值。

2 当全厂公用电与机组自用电混合供电时，采用式 (B.0.1-2) 计算：

$$S_{\text{js}} = K_0 \sum P_0 \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中 K_0 ——全厂或混合供电时厂用电负荷的综合系数，取值见表 B.0.1；

$\sum P_0$ ——所有同时参加最大负荷运行时负荷的额定功率的总和，kW。

3 当采用近似计算时,采用式 (B.0.1-3) 计算:

$$S_{\text{js}} = 0.72 \sum P_0 \quad (\text{B.0.1-3})$$

B.0.2 厂用电变压器容量的最大负荷即计算负荷,也可采用式 (B.0.2) 的负荷统计法计算:

$$S_{\text{js}} = K_{\text{v}} [K_{\text{kg}} K_{\text{tg}} \sqrt{(\sum P_{\text{g}})^2 + (\sum Q_{\text{g}})^2} + K_{\text{zz}} K_{\text{z}} \sqrt{(\sum P_{\text{z}})^2 + (\sum Q_{\text{z}})^2}] \quad (\text{B.0.2})$$

式中 S_{js} ——厂用电最大负荷, kVA;

K_{v} ——厂用电系统网损率,取 1.05;

K_{kg} ——全厂公用电负荷率,取 0.72~0.74,厂用电负荷中电热负荷较大时取大值,反之取小值;

K_{tg} ——全厂公用电同时率,取 0.73;

K_{z} ——机组自用电负荷率,取 0.7;

K_{zz} ——机组自用电同时率,取 0.77;

$\sum P_{\text{g}}$ ——所有同时参加最大负荷运行的全厂公用负荷额定有功功率的总和, kW;

$\sum Q_{\text{g}}$ ——所有同时参加最大负荷运行的全厂公用电负荷额定无功功率的总和, kvar;

$\sum P_{\text{z}}$ ——所有同时参加最大负荷运行的机组自用电负荷额定有功功率的总和, kW;

$\sum Q_{\text{z}}$ ——所有同时参加最大负荷运行的机组自用电负荷额定无功功率的总和, kvar。

B.0.3 选择站用电变压器容量的最大负荷即计算负荷,宜按分析统计法确定。可按泵站最大运行方式下的站用最大可能运行负荷,并计入功率因数、同时系数、负荷系数及网络损失系数确定,并用发生事故时,可能出现的最大站用负荷校验,此时可考虑变压器短时过负荷能力。变压器容量可采用式 (B.0.3-1) ~ 式 (B.0.3-4) 计算:

$$S_{\text{b}} \geq C_1 C_2 S_{\text{p}} \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$S_{\text{p}} = k_1 \sum S_1 + k_2 \sum S_2 \quad (\text{B.0.3-2})$$

$$S_1 = p_{ed} \eta_d \cos \varphi_d \quad (\text{B.0.3-3})$$

$$S_2 = p_{eg} \eta_g \cos \varphi_g \quad (\text{B.0.3-4})$$

- 式中 S_b ——站用电变压器容量, kVA;
 C_1 ——网络损失系数, 一般取 1.05;
 C_2 ——各种不同用电设备的平均负荷系数, 根据统计及运行经验确定, 一般取 0.8;
 S_p ——计算容量之和, kVA;
 S_1 、 S_2 ——单项计算容量, kVA;
 k_1 、 k_2 ——同时系数, 根据具体情况确定;
 p_{ed} ——电动机功率, kW;
 η_d ——电动机效率;
 $\cos \varphi_d$ ——电动机功率因数;
 p_{eg} ——硅整流及其他负荷等, kW;
 η_g ——硅整流及其他负荷的功率;
 $\cos \varphi_g$ ——硅整流及其他负荷的功率因数。

附录 C 厂（站）用电电压调整计算

C.1 无激磁调压变压器

C.1.1 当电源电压和厂（站）用电负荷正常变动时，厂（站）用电母线电压可按下列条件及式（C.1.1-1）～式（C.1.1-3）计算，算式中各标么值的基准电压取 0.38kV 或 10（6）kV，基准容量取变压器额定容量 S_B 。

1 按电源电压最低、厂（站）用电负荷最大 [当由系统受电供厂（站）用电时，厂（站）用电负荷取该运行方式下的最大值]，计算厂（站）用电母线的最低电压 $U_{m,\min}$ ，并宜满足 $U_{m,\min} \geq 0.95$ 。

2 按电源电压最高、厂（站）用电负荷最小 [当由系统受电供厂（站）用电时，厂（站）用电负荷取该运行方式下的最小值]，计算厂（站）用电母线的最高电压 $U_{m,\max}$ ，并宜满足 $U_{m,\max} \leq 1.05$ ；当厂（站）用电母线仅接有电动机时，宜满足 $U_{m,\max} \leq 1.10$ 。

$$U_m = U_0 - SZ_\varphi \quad (\text{C.1.1-1})$$

$$Z_\varphi = R_B \cos \varphi + X_B \sin \varphi \quad (\text{C.1.1-2})$$

$$U_0 = \frac{U_g U_{2e}}{1 + n \frac{\delta_U \%}{100}} \quad (\text{C.1.1-3})$$

$$R_B = 1.1 \frac{P_t}{S_B}$$

$$X_B = 1.1 \frac{U_z \%}{100}$$

$$U_g = \frac{U_G}{U_{1e}}, \quad U_{2e} = \frac{U'_{2e}}{U_j}$$

式中 U_m ——厂（站）用电母线电压（标么值）；

S ——厂（站）用电负荷（标么值），以变压器额定容量

S_B (kVA) 为基准;

Z_φ ——负荷压降阻抗 (标么值);

R_B ——变压器的电阻 (标么值);

P_t ——双绕组变压器的额定铜耗, kW;

$\cos \varphi$ ——负荷功率因数, 一般取 0.83~0.85, 大型水电厂 (泵站) 取大值 (对泵站, 计算 $U_{m,\min}$ 时应计及无功补偿装置投入的因素, 计算 $U_{m,\max}$ 时则不应计及)。

X_B ——变压器的电抗 (标么值);

$U_z\%$ ——为双绕组变压器的阻抗电压百分值;

U_0 ——变压器低压侧的空载电压 (标么值);

U_g ——电源电压 (标么值), 对连接于发电机电压母线或单元分支线上的厂用电变压器, 最高与最低电源电压宜分别取 1.05 与 0.95; 对经主变压器由系统倒送的厂 (站) 用电变压器以及接到地区电网的厂 (站) 用电变压器, 电源电压的最高与最低值应根据具体情况确定;

U_G ——电源电压, kV;

U_{1e} ——变压器高压侧额定电压, kV;

U_{2e} ——变压器低压侧额定电压 (标么值);

U'_{2e} ——变压器低压侧额定电压, kV;

U_j ——变压器低压侧母线基准电压, kV;

n ——分接位置, n 为整数, 负分接时为负值;

$\delta_U\%$ ——级电压, %。

C.1.2 变压器分接开关的参数选择宜符合下列要求:

1 为适应电源电压的正常波动, 分接开关的调压范围 (从正分接到负分接) 应取 10%。

2 分接开关的级电压宜采用 2.5%。

3 额定分接位置宜在调压范围的中间。

C.2 有载调压变压器

C.2.1 母线电压的计算公式见式 (C.1.1-1) 和式 (C.1.1-2)，但应计及分接头位置可变的因素及无功功率补偿装置投入与否的因素，即以与不同的电源电压和负荷相适应的分接头位置计算空载电压 U_0 。

C.2.2 变压器分接开关的参数选择宜符合下列要求：

- 1 调压范围宜采取 20% (从正分接到负分接)。
- 2 调压装置的级电压不宜过大，对 220kV 的变压器一般采用 1.46%，发电机电压级的变压器最大不超过 2.5%。
- 3 额定分接位置宜在调压范围的中间。

附录 D 电动机启动电压计算

D.1 电动机正常启动电压计算

D.1.1 高压厂用电电动机（忽略高压电动机至母线的电缆阻抗）启动电压采用式（D.1.1-1）计算：

$$U_{d*} = \frac{1.05}{1 + \frac{S_{qd} + S_1}{S_{nb1}} U_{z1}} \quad (\text{D.1.1-1})$$

$$S_{qd} = \sqrt{3} U_{nd} I_{qd} = \frac{K_{qd} P_d}{\eta_d \cos \varphi_d}$$

$$I_{qd} = K_{qd} I_{nd}$$

式中 U_{d*} ——电动机启动时端电压（标么值）；

S_{qd} ——电动机的启动容量，kVA；

U_{nd} ——电动机的额定电压，kV；

I_{qd} ——电动机的启动电流，A；

K_{qd} ——电动机的启动电流倍数，简化计算时取 6.0；

P_d ——电动机的额定容量，kW；

$\eta_d \cos \varphi_d$ ——电动机额定效率和额定功率因数的乘积，简化计算时取 0.80；

I_{nd} ——电动机的额定电流，A；

S_1 ——启动前厂用电高压母线上已带负荷，kVA；

S_{nb1} ——高压厂用电变压器额定容量，kVA；

U_{z1} ——高压厂用电变压器的阻抗电压。

D.1.2 0.38kV 电动机启动电压宜采用式（D.1.2-1）～式（D.1.2-3）计算：

1 启动时母线电压：

$$U_{m*} = \frac{1.05}{1 + \frac{S_{qd} + S_2}{S_{nb2}} U_{z2}} \quad (\text{D.1.2-1})$$

$$S_2 = S_{nt2} - 0.85 P_{nd} \quad (\text{D.1.2-2})$$

式中 U_{m*} ——启动时母线电压 (标么值);

S_2 ——启动前厂 (站) 用电低压母线上已带负荷, kVA,
如果计算中, S_2 值不易确定时, 可按最严重情况计算, 即采用式 (D.1.2-2) 取值;

S_{nt2} ——低压厂 (站) 用电变压器额定容量, kVA;

U_{z2} ——低压厂 (站) 用电变压器的阻抗电压;

P_{nd} ——启动电动机的额定容量, kW;

其余符号意义同前。

2 启动时电动机的端电压:

$$U_{d*} = \frac{U_{m*}}{1 + \frac{\sqrt{3} I_{qd} (r_1 \cos \varphi_d + x_1 \sin \varphi_d) L}{U_{nd} \times 10^6}} \quad (\text{D.1.2-3})$$

式中 U_{d*} ——电动机启动时端电压 (标么值);

I_{qd} ——电动机的启动电流, A;

r_1 、 x_1 ——导线单位长度的电阻、电抗, mΩ/m;

L ——导线长度, m;

$\cos \varphi_d$ ——电动机启动时的功率因数, 鼠笼式取 0.35, 绕线式取 0.5~0.65;

U_{nd} ——电动机的额定电压, kV, 取 0.38kV。

注: 当采用 2 台互为备用的低阻抗配电变压器供电, 电动机容量 (kW) 是变压器容量 (kVA) 的 1/10 及以下时, U_{m*} 可取 1.0 计。

D.1.3 多层辐射形供电电动机启动典型接线如图 D.1.3 所示, 其电压计算宜按以下要求进行。

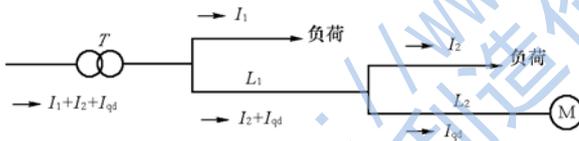


图 D.1.3 多层辐射形供电电动机启动典型接线

1 启动时变压器的电压降按式 (D.1.3-1) 计算:

$$\Delta U_b = \frac{\sqrt{3} I_{qb} U_{nt2}^2 U_{Z2}}{S_{nt2}} \times 10^{-3} \quad (\text{D.1.3-1})$$

$$I_{qb} = I_{fqb} + I_{qd}$$

式中 ΔU_b ——启动时变压器的电压降, V;

S_{nt2} ——变压器额定容量, kVA;

U_{Z2} ——变压器的阻抗电压;

U_{nt2} ——变压器低压侧额定电压, 取 400V;

I_{qb} ——电动机启动时, 通过变压器的电流, A;

I_{fqb} ——电动机启动前, 变压器的负荷电流, A, 如图

D.1.3 所示负荷电流 I_1 与 I_2 之算术和, 当不易

确定时, 按严重情况取 $I_{fqb} = I_{nt2} - 0.85 I_{nd}$;

I_{nt2} ——变压器低压侧额定电流, A;

I_{nd} ——电动机的额定电流, A;

I_{qd} ——电动机的启动电流, A。

注: 较精确计算时, I_{fqb} 与 I_{qd} 按向量相加, 若取负荷电流功率因数为 0.80, 则

$$I_{qd} = \sqrt{(0.8 I_{fqb} + I_{qd} \cos \varphi_d)^2 + (0.6 I_{fqb} + I_{qd} \sin \varphi_d)^2}$$

2 主分屏间线路 L_1 上的电压降采用式 (D.1.3-2) 计算:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_2 (0.8 r_{11} L_1 + 0.6 x_{11} L_1) \times 10^{-3} + \sqrt{3} I_{qd} \times (r_{11} L_1 \cos \varphi_d + x_{11} L_1 \sin \varphi_d) \times 10^{-3} \quad (\text{D.1.3-2})$$

式中 I_2 ——分屏上除启动的电动机外其他负荷的计算电流, A;

x_{11} 、 r_{11} ——主、分屏间线路单位长度的电阻、电抗, $\text{m}\Omega/\text{m}$;

L_1 ——主、分屏间线路长度, m。

3 分屏至电动机线路 L_2 上的电压降采用式 (D.1.3-3)

计算:

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} I_{qd} (r_{12} L_2 \cos \varphi_d + x_{12} L_2 \sin \varphi_d) \times 10^{-3} \quad (\text{D.1.3-3})$$

式中 L_2 ——分屏至电动机线路长度, m;

r_{12} 、 x_{12} ——分屏至电动机线路单位长度的电阻、电抗, $\text{m}\Omega/\text{m}$ 。

4 启动时电动机端电压降及端电压采用式 (D.1.3-4) 和

式 (D.1.3-5) 计算:

$$U_d\% = \frac{\Delta U_b + \Delta U_1 + \Delta U_2}{U_{nd}} \times 100 \quad (\text{D.1.3-4})$$

$$U_d = \frac{U_{nd} - (\Delta U_b + \Delta U_1 + \Delta U_2)}{U_{nd}} \quad (\text{D.1.3-5})$$

式中 $U_d\%$ ——启动时电动机端电压降的百分数;

U_d ——启动时电动机端电压与额定电压之比值;

U_{nd} ——电动机的额定电压, 取 380V。

5 上述计算中, 均未考虑启动电流因电压降低而减少的因素, 所求得的电动机端电压是偏低的。如计算结果不能满足电动机启动力矩的要求时, 应考虑这一影响, 用试探法进行上述计算。如果已知电动机需要的端电压 U'_d , 可首先考虑电压降低对启动电流的影响, 按 $I'_{qd} = U'_d / U_{nd} \times I_{qd}$ 代替上述 I_{qd} 计算, 若其结果 $U_d > U'_d$ 则满足要求。

D.2 成组电动机自启动时母线电压计算

D.2.1 高压电源切换, 高、低压厂用电变压器串接担负自启动时高、低压厂用电母线电压标么值采用式 (D.2.1-1) 和式 (D.2.1-2) 计算:

$$U_{1*} = \frac{1.05}{1 + \frac{\sqrt{3} I_{q1} U_{nd1} + \sqrt{3} \times 0.38 I_{q2} + S_1 U_{z1}}{S_{nb1}}} \quad (\text{D.2.1-1})$$

$$U_{2*} = \frac{U_{1*}}{1 + \frac{\sqrt{3} \times 0.38 I_{q2} U_{z2}}{S_{nb2}}} \quad (\text{D.2.1-2})$$

式中 U_{1*} ——自启动时, 厂用电高压母线电压 (标么值);

U_{2*} ——自启动时, 厂用电低压母线电压 (标么值);

I_{q1} ——接于高压母线上的自启动电动机启动电流之和,
A, 按慢速切换, 电动机启动电流倍数可按 5 倍计;

I_{q2} ——接于低压母线上的自启动电动机启动电流之和,

A, 按慢速切换, 电动机启动电流倍数可按 5 倍计;

U_{nd1} ——高压电动机的额定电压, kV;

S_{nb1} ——高压厂用电变压器的额定容量, kVA;

S_{nb2} ——低压厂用电变压器的额定容量, kVA;

U_{z1} ——高压厂用电变压器的阻抗电压;

U_{z2} ——低压厂用电变压器的阻抗电压;

S_1 ——担负自启动的高压母线上在自启动以前已接有的计算负荷, kVA, 对空载或失压自启动, $S_1=0$ 。

D.2.2 低压电源切换, 高、低压厂用电变压器串接担负自启动时高、低压厂用电母线电压标么值采用式 (D.2.2-1) 和式 (D.2.2-2) 计算:

$$U_{1*} = \frac{1.05}{1 + \frac{S_1 + \sqrt{3} \times 0.38 I_{\varphi} U_{z1}}{S_{nb1}}} \quad (\text{D.2.2-1})$$

$$U_{2*} = \frac{U_{1*}}{1 + \frac{S_2 + \sqrt{3} \times 0.38 I_{\varphi} U_{z2}}{S_{nb2}}} \quad (\text{D.2.2-2})$$

式中 S_1 ——担负自启动的高压母线上在自启动以前已接有的计算负荷, kVA;

S_2 ——担负自启动的低压母线上在自启动以前已接有的计算负荷, kVA, 对空载或失压自启动, $S_2=0$;

其余符号意义同前。

D.2.3 当厂(站)用电采用一级电压供电, 低压厂(站)用电变压器担负自启动时, 0.4kV 厂(站)用电母线电压标么值采用式 (D.2.3-1) 计算:

$$U_{2*} = \frac{1.05}{1 + \frac{S_2 + \sqrt{3} \times 0.38 I_{\varphi} U_{z2}}{S_{nb2}}} \quad (\text{D.2.3-1})$$

式中符号意义同前。

附录 E 厂（站）用电系统短路电流实用计算

E.1 高压厂（站）用电系统短路电流实用计算

E.1.1 高压厂（站）用电系统的短路电流由厂（站）用电电源和电动机两部分供给，并按相角相同取算数和计算。运行电动机总容量在 1500kW 及以下时，可不计电动机反馈电流。

E.1.2 三相短路电流周期分量的起始值可采用式 (E.1.2-1) ~ 式 (E.1.2-3) 计算：

$$I'' = I''_B + I''_D \quad (\text{E.1.2-1})$$

$$I''_B = \frac{I_j}{X_x + X_B + X_L} \quad (\text{E.1.2-2})$$

$$I''_D = K_{qd} I_{nd} \times 10^{-3} \\ = K_{qd} \frac{P_{nd}}{\sqrt{3} U_{nd} \eta_{nd} \cos \varphi_{nd}} \times 10^{-3} \quad (\text{E.1.2-3})$$

式中 I'' ——短路电流周期分量的起始有效值，kA；

I''_B ——厂（站）用电电源短路电流周期分量的起始有效值，kA；

I''_D ——电动机反馈电流周期分量的起始有效值，kA；

I_j ——基准电流，kA，当取基准容量 $S_j = 100\text{MVA}$ 、基准电压 $U_j = 6.3\text{kV}$ 时， $I_j = 9.16\text{kA}$ ，当 $U_j = 10.5\text{kV}$ 时， $I_j = 5.5\text{kA}$ ，当计算接于机端或升高电压侧的高压厂（站）用电变压器的母线短路电流时，可取 S_j 为变压器的额定容量 S_{nb} (MVA)，则 I_j 为短路电流计算侧的变压器额定电流；

X_x ——系统电抗（标么值），当厂（站）用电电源直接取自机端或升高电压侧时， $X_x = 0$ ，当厂（站）用电电源取自其他方式时， $X_x = S_j S_x$ ；

X_B ——厂（站）用电变压器（电抗器）的电抗（标么值），

$$\text{对变压器, } X_B = \frac{U_Z\% S_j}{100 S_{nb}}, \text{ 对电抗器, } X_B = \frac{X_K\%}{100} \times \frac{U_{nk} S_j}{\sqrt{3} I_{nk} U_j^2};$$

K_{qd} ——电动机的平均反馈电流倍数，一般可取 5.5；

I_{nd} ——计及反馈的电动机额定电流之和，A；

P_{nd} ——计及反馈的电动机额定功率之和，kW；

U_{nd} ——电动机的额定电压，kV；

$\eta_{nd} \cos \varphi_{nd}$ ——电动机平均的额定效率和功率因数乘积，一般可取 0.8；

X_L ——厂（站）用电电源至短路点间线路电抗（标么值）；

其中

S_X ——厂（站）用电电源引接点的系统短路容量或与系统连接的断路器的断流容量，MVA；

$U_Z\%$ ——以厂（站）用电变压器额定容量 S_{nb} 为基准的阻抗电压百分值；

$X_K\%$ ——电抗器的电抗百分值；

U_{nk} ——电抗器的额定电压，kV；

I_{nk} ——电抗器的额定电流，kA。

E.1.3 短路冲击电流可采用式 (E.1.3) 计算：

$$i_{ch} = i_{chB} + i_{chD} = \sqrt{2}(K_{chB} I'_B + K_{chD} I'_D) \quad (\text{E.1.3})$$

式中 i_{ch} ——短路冲击电流，kA；

i_{chB} ——厂（站）用电电源的短路冲击电流，kA；

i_{chD} ——电动机的反馈冲击电流，kA；

K_{chB} ——厂（站）用电电源短路电流的冲击系数，厂（站）用电电源从机端或从升高电压侧取时，取 1.78，其他方式视具体情况经计算确定；

K_{chD} ——电动机反馈电流的冲击系数，一般可取 1.6。

E.1.4 t 瞬间三相短路电流可采用式 (E.1.4-1) 和式 (E.1.4-2) 计算：

$$I_{Z(t)} = I_{ZB(t)} + I_{ZD(t)} = I'_B + K_{D(t)} I'_D \quad (\text{E.1.4-1})$$

$$\begin{aligned} I_{Z(t)} &= I_{ZB(t)} + I_{ZD(t)} \\ &= \sqrt{2} (K_{B(t)} I'_B + K_{D(t)} I'_D) \end{aligned} \quad (\text{E.1.4-2})$$

式中 $I_{Z(t)}$ —— t 瞬间短路电流的周期分量有效值, kA;
 $I_{ZD(t)}$ —— t 瞬间短路电流非周期分量有效值, kA;
 $I_{ZB(t)}$ —— t 瞬间厂(站)用电电源短路电流周期分量有效值, kA;
 $I_{ZB(t)}$ —— t 瞬间厂(站)用电电源短路电流非周期分量有效值, kA;
 $I_{ZD(t)}$ —— t 瞬间电动机反馈电流周期分量有效值, kA;
 $I_{ZD(t)}$ —— t 瞬间电动机反馈电流非周期分量有效值, kA;
 $K_{D(t)}$ ——电动机反馈电流的衰减系数, $K_{D(t)} = e^{-t/T_D}$, 一般可取 $T_D = 0.045\text{s}$;
 $K_{B(t)}$ ——厂(站)用电电源非周期分量的衰减系数, $K_{B(t)} = e^{-t/T_B}$, 厂(站)用电电源从机端或升高电压侧取时, $T_B = 0.040\text{s}$, 其他方式视具体情况经计算确定;
 t ——短路电流计算时间, s, 用于校验断路器开断电流时, t 为主保护装置动作时间和断路器最小分闸时间之和。

E.1.5 三相短路电流热效应可采用式 (E.1.5-1) 和式 (E.1.5-

2) 计算:

$$\begin{aligned} Q_i &= \int_0^t i^2 dt = I_B'^2 (t + T_B) \\ &\quad + 4 I_B' I_D' \left[\frac{T_D}{2} (1 - e^{-t/T_D}) + \frac{T_B T_D}{T_B + T_D} \right] + 1.5 I_D'^2 T_D \end{aligned} \quad (\text{E.1.5-1})$$

$$i = i_B + i_D = \sqrt{2} I_B' (e^{-t/T_B} - \cos \omega t) + \sqrt{2} I_D' e^{-t/T_D} (1 - \cos \omega t) \quad (\text{E.1.5-2})$$

式中 Q_i ——短路电流热效应, $\text{kA}^2 \cdot \text{s}$;

i ——短路电流瞬时值, kA;

i_B ——厂（站）用电电源短路电流瞬时值，kA；

i_D ——电动机反馈电流瞬时值，kA；

t ——短路电流热效应计算时间，s，用于校验电缆额定短时耐受电流最小截面，对普通系列断路器，当无延时时 t 取 0.1s，有延时按实际时间取值。

当运行电动机总容量为 1500kW 及以下时，可不计及电动机反馈电流对热效应的作用，短路电流热效应可采用式 (E.1.5-3) 计算：

$$Q_t = \int_0^t i^2 dt = I_B'^2 (t + T_B) \quad (\text{E.1.5-3})$$

E.2 低压厂（站）用电系统短路电流实用计算

E.2.1 低压主配电屏及重要分配电屏的短路电流，由厂（站）用电电源（变压器）和异步电动机两部分供给，并按相角相同取算术和计算，对带有抱箍制动和单机容量在 20kW 以下的异步电动机不计其反馈电流。

E.2.2 三相短路电流周期分量的起始值可采用式 (E.2.2-1) ~ 式 (E.2.2-3) 计算：

$$I'' = I_B' + I_D' \quad (\text{E.2.2-1})$$

$$I_B' = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}} \quad (\text{E.2.2-2})$$

$$I_D' = 4.3 I_{nd} \times 10^{-3} = 8.2 P_{nd} \times 10^{-3} \quad (\text{E.2.2-3})$$

式中 I'' ——三相短路电流周期分量的起始有效值，kA；

I_B' ——厂（站）用电电源（变压器）供给的短路电流周期分量起始有效值，kA；

I_D' ——电动机反馈电流周期分量的起始有效值，kA；

U ——厂（站）用电电源（变压器低压侧）线电压，取 400V；

R_Σ 、 X_Σ ——每相回路的总电阻和总电抗，mΩ；

I_{nd} ——计及反馈的电动机额定电流之和，A；

P_{nd} ——计及反馈的电动机额定容量之和，kW。

E.2.3 短路冲击电流可采用式 (E.2.3-1) 和式 (E.2.3-2) 计算：

$$i_{ch} = i_{chB} + i_{chD} \approx \sqrt{2} K_{chB} I_B' + \sqrt{2} K_{chD} I_D' \quad (\text{E.2.3-1})$$

- 式中 i_{ch} ——低压主配电屏及重要分配电屏的短路冲击电流, **kA**;
 i_{chB} ——厂(站)用电电源(变压器)供给的短路冲击电流, **kA**;
 i_{chD} ——电动机的反馈冲击电流, **kA**;
 K_{chB} ——厂(站)用电电源短路电流的冲击系数, 可根据回路中 X_{Σ} / R_{Σ} 比值从图 E.2.3 中查得;
 K_{chD} ——电动机反馈电流的冲击系数, 取 1.15; 经电力电缆后的 K_{chD} , 可取 1.0。

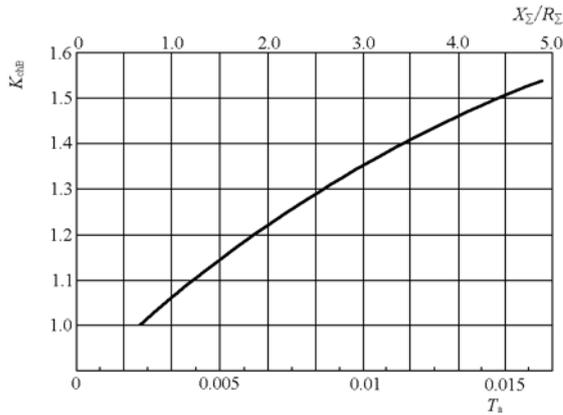


图 E.2.3 K_{chB} 与 X_{Σ} / R_{Σ} 的关系曲线

将式 (E.2.1-3) 及经电力电缆后的 K_{chD} 值代入式 (E.2.3-1), 则:

$$\begin{aligned} i_{ch} &\approx \sqrt{2} K_{chB} I_B' + 6.1 I_{nd} \times 10^{-3} \\ &\approx \sqrt{2} K_{chB} I_B' + 11.6 P_{nd} \times 10^{-3} \end{aligned} \quad (\text{E.2.3-2})$$

E.2.4 t 瞬间三相短路电流的周期分量可采用式 (E.2.4) 计算:

$$I_{z(t)} = I_B' + K_{D(t)} I_D' \quad (\text{E.2.4})$$

式中 $I_{z(t)}$ —— t 瞬间短路电流的周期分量有效值, **kA**;

$K_{D(t)}$ —— t 瞬间电动机反馈电流周期分量的衰减系数,

$$K_{D(t)} = e^{-t/T_D};$$

T_D ——电动机周期分量衰减时间常数， $T_D=0.0181\text{ s}$ 。

E.3 低压网络单相短路电流计算

E.3.1 单相短路分三种，即相线分别与中性线（N）、保护线（PE）和保护中性线（PEN）短路。水力发电厂（泵站）低压网络，单相短路的典型接线如图 E.3.1 所示。

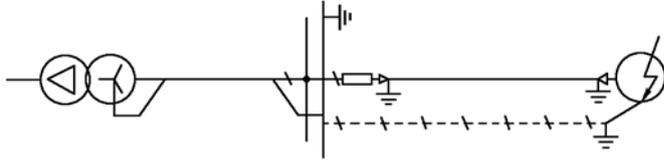


图 E.3.1 单相短路的典型接线

E.3.2 单相短路典型接线的等值网络如图 E.3.2 所示，图 E.3.2 所示为相线与保护线短路，如相线与中性线或保护中性线短路，则相应改变 $X_{0\Sigma}$ 组成即可。

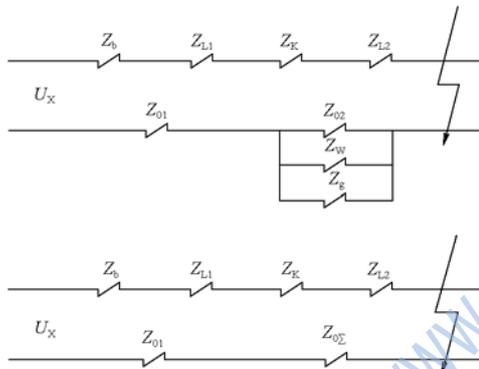


图 E.3.2 单相短路典型接线等值网络

根据等值网络，单相接地短路电流可由式 (E.3.2-1) 和式 (E.3.2-2) 求得：

$$I^{(1)} = \frac{U_x}{Z_b + Z_{L1} + Z_K + Z_{L2} + Z_{0\Sigma} + Z_{01}}$$

$$= \frac{U_x}{\sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} \quad (\text{E.3.2-1})$$

$$Z_b = \frac{1}{3}(2Z_1 + Z_0) \quad (\text{E.3.2-2})$$

式中 $I^{(1)}$ ——单相短路电流周期分量(有效)值, kA;

U_x ——网络的相电压, V, 取 220V;

Z_b ——变压器的计算阻抗, mΩ;

Z_1 、 Z_0 ——变压器的正序、零序阻抗, 对 D, yn11 接线组别变压器, 可取 $Z_b \approx Z_1$;

Z_{L1} ——变压器至主配电屏间线路 L_1 相线的单相短路时阻抗, mΩ;

Z_k ——刀开关等低压电器的接触电阻, mΩ;

Z_{L2} ——主配电屏至短路点间电缆段 L_2 的相线在单相短路时的阻抗, mΩ;

Z_{01} ——变压器至主配电屏间线路 L_1 中性线或保护中性线在单相短路时的阻抗, mΩ;

$Z_{0\Sigma}$ ——主配电屏至短路点间保护线或中性线或保护中性线在单相短路时的组合抗, mΩ; 如为保护线阻抗, 一般为主配电屏至短路点电缆段 L_2 的第 4 芯(如选用电缆第 4 芯作保护线)阻抗 Z_{02} 、电缆金属护层阻抗 Z_w ($X_w \approx 0$) 及接地扁钢阻抗 Z_g 三者并联组成的阻抗, 具体组成应按设计实际采用的接地网络确定(计算中接地扁钢等值规格一般可为: 在主厂房范围内或主厂房以外的配电点及电缆沟相通的负荷点, 或有接地干线直接通过的负荷点, 按 2 根 50×5 扁钢计算, 在主厂房以外的其他用电设备按 1 根 50×5 扁钢计算);

$\sum R$ ——单相短路回路电阻之和, mΩ;

$\sum X$ ——单相短路回路电抗之和, mΩ。

附录 F 柴油发电机组的容量计算

F.1 计算负荷

F.1.1 柴油发电机组的负荷可采用式 (F.1.1) 计算:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma} \cos \varphi} \quad (\text{F.1.1})$$

式中 S_{Σ} ——计算负荷, kVA;

P_{Σ} ——可能同时运行的应急负荷 (包括旋转和静止的负荷) 的额定功率之和, kW;

η_{Σ} ——应急负荷的计算效率, 一般取 0.82~0.88;

$\cos \varphi$ ——计算负荷的功率因数, 可取 0.80。

F.1.2 计算时应考虑应急负荷的投运规律。对于在时间上能错开运行的应急负荷不应全部计算, 可以分阶段统计同时运行的应急负荷, 取其最大者作为计算负荷。

F.2 发电机容量选择计算

F.2.1 发电机连续输出容量应大于最大计算负荷, 可采用式 (F.2.1):

$$S_{G1} \geq S_{\Sigma} \quad (\text{F.2.1})$$

式中 S_{G1} ——发电机的额定容量, kVA。

F.2.2 按带负荷后仍满足最大单台电动机或成组电动机的启动应校验发电机容量, 见式 (F.2.2):

$$S_{G2} = \left(\frac{P_{\Sigma} - P_m}{\eta_{\Sigma}} + \frac{p_m K C \cos \varphi_m}{\eta_d \cos \varphi_d} \right) \frac{1}{\cos \varphi_G} \quad (\text{F.2.2})$$

式中 S_{G2} ——按最大单台电动机或成组电动机启动校验的发电机容量, kVA;

P_m ——启动最大单台电动机或成组电动机的容量, kW;

$\cos \varphi_m$ ——电动机的启动功率因数, 一般取 0.4;

$\eta_d \cos \varphi_d$ ——电动机额定效率和额定功率因数的乘积，简化计算时取 0.80；

K ——电动机的启动倍数；

C ——按电动机启动方式确定的系数，全压启动 $C=1$ ；

$\cos \varphi_G$ ——发电机的功率因数，可取 0.80。

F.2.3 按空载启动最大的单台电动机时母线容许电压降校验发电机容量，可采用式 (F.2.3)：

$$S_{GS} = \frac{P_n K C X'_d}{\eta_d \cos \varphi_d} \left(\frac{1}{\Delta E} - 1 \right) \quad (\text{F.2.3})$$

式中 S_{GS} ——按空载启动单台最大的电动机时母线容许电压降校验的发电机容量，kVA；

P_n ——最大的单台电动机功率，kW；

X'_d ——发电机次暂态电抗，一般取 0.25；

ΔE ——厂（站）用电母线允许的瞬时电压降，一般取 0.25（有电梯时取 0.2）。

F.3 柴油机输出功率的复核

F.3.1 实际使用地点的环境条件与标准使用条件不同时，应按式 (F.3.1) 对柴油机的输出功率进行修正：

$$P_x = C P_r \quad (\text{F.3.1})$$

式中 P_x ——柴油机的实际输出功率，kW；

P_r ——标准使用条件（海拔 0m，空气温度 20℃，相对湿度 50%）下柴油机的实际输出功率，kW；

C ——海拔、空气温度和相对湿度的综合修正系数。

F.3.2 在全厂（站）停电 1h 内，柴油发电机组应具有承担最大应急负荷的能力。柴油机 1h 允许承受负载能力为 $1.1 P_x$ ，其实际输出功率可采用式 (F.3.2) 计算：

$$P_x = \frac{\beta P_\Sigma}{1.1 \eta_G} \quad (\text{F.3.2})$$

式中 η_G ——发电机的效率；

β ——柴油机与发电机的功率配合系数，一般取 1.1~1.15。

F.3.3 制造厂保证的柴油发电机组首次加载能力，应不低于额定功率的 50%。为此要求柴油机的实际输出功率，应不小于 2 倍初始投入的启动有功功率，可采用式 (F.3.3)：

$$P_x \geq 2K \frac{P'_{\Sigma}}{\cos \varphi_d} \cos \varphi_m \quad (\text{F.3.3})$$

式中 P'_{Σ} ——初始投入启动的电动机的额定功率之和，kW。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

http://www.sljzjxx.com
水利造价信息网