

国家建筑标准设计图集

12SDX101-2

民用建筑电气设计计算及示例

国家建筑标准设计
国家建筑标准设计
国家建筑标准设计
国家建筑标准设计
国家建筑标准设计

中国建筑标准设计研究院

GUOJIAJIANZHUBIAOZHUNSHENJI 12SDX101-2

图集简介

12SDX101-2《民用建筑电气设计计算及示例》根据国家现行有关标准,并结合工程设计实际需要,编制民用建筑电气设计中常用计算及示例,供设计人员参考使用。图集主要包括:供电系统计算、短路电流计算与高低压电器选择、继电保护计算、导线和电缆截面的选择计算、电气照明计算、建筑物防雷与接地计算、弱电系统常用计算及工程设计示例。本图集通过计算原理、计算方法、规范要求及示例的方式,对建筑电气设计过程中常用的计算进行了介绍,以便设计人员能够正确、深入的理解和掌握建筑电气设计中常用的计算方法和相关规范要求。

相关图集介绍:

04DX101-1《建筑电气常用数据》根据国家现行有关标准,汇编了建筑电气常用数据。本图集提供了建筑电气工程设计中常用的参数、技术数据、施工要求等,并将现行国家规范中电气人员常用的数据归类、汇编、表格化。图集中的数据涵盖了供电系统、配变电所、低压配电、电线电缆选择及线路敷设、常用电气设备、电气照明、建筑物防雷与接地安全、火灾自动报警及联动控制系统、安全防范系统、通信网络系统、建筑设备监控系统、有线电视系统、有线广播系统、智能家居系统、机房工程等系统的常用数据。可以方便设计人员的查阅、提高设计人员的工作效率,同时也可供监理、施工、管理人员使用。

12DX011《建筑电气制图标准图示》适用于新建、改建、扩建中民用与一般工业建筑电气设计各阶段的设计图、竣工图、通用设计图、标准设计图等设计文件。图集分为两部分,第一部分为《建筑电气制图标准》条文解释图示,此部分以《建筑电气制图标准》条文的编排顺序,用图示和文字说明的方式进一步对条文进行解释,包括基本规定、常用符号和图样画法。第二部分为工程示例,此部分主要以35kV变配电所及水泵房施工图为例,将标准条文的规定更加具体和直观,以便设计人员能够正确、深入地理解和掌握标准。

ISBN 978-7-80242-780-8



9 787802 427808 >

定价: 78.00元

国家建筑标准设计图集 12SDX101-2

民用建筑电气设计计算及示例

批准部门: 中华人民共和国住房和城乡建设部
组织编制: 中国建筑标准设计研究院

中国计划出版社

图书在版编目(CIP)数据

国家建筑标准设计图集. 民用建筑电气设计计算及示例. 12SDX101-2 / 中国建筑标准设计研究院组织编制

—北京: 中国计划出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-80242-780-8

I. ①国... II. ①中... III. ①建筑设计—中国—图集
②民用建筑—电气设备—建筑设计—中国—图集 IV.
①TU206②TU85-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142511 号

郑重声明: 本图集已授权“全国律师知识产权保护协作网”对著作权(包括专有出版权)在全国范围予以保护, 盗版必究。

举报盗版电话: 010-63906404

010-68318822

国家建筑标准设计图集 民用建筑电气设计计算及示例

12SDX101-2

中国建筑标准设计研究院 组织编制

(邮政编码: 100048 电话: 010-68799100)

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

北京国防印刷厂印刷

787mm × 1092mm 1/16 7.75 印张 29.5 千字

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

☆

ISBN 978-7-80242-780-8

定价: 78.00 元

民用建筑电气设计计算及示例

批准部门 中华人民共和国住房和城乡建设部 批准文号 建质[2012]69号

主编单位 合肥工业大学建筑设计研究院
中国建筑标准设计研究院

统一编号 GJB1-1207

实行日期 二〇一二年六月一日

图集号 12SDX101-2

主编单位负责人 孙永
主编单位技术负责人 万力
技术审定人 万力
设计负责人 汪浩

目 录

目录	1	太阳能光伏电源系统容量计算	1-17
编制说明	3	谐波计算	1-18
1 变配电所负荷计算		2 短路电流计算与高低压电器选择	
设备功率计算	1-1	高低压系统短路电流计算	2-1
计算负荷的确定	1-2	柴油发电机供电系统短路电流计算	2-6
单相负荷计算	1-6	高压电器选择	2-10
尖峰电流计算	1-8	中性点接地设备选择	2-15
无功功率补偿计算	1-9	电流互感器选择	2-16
变压器容量计算	1-11	电压互感器选择	2-17
供电系统功率损耗计算	1-12	低压电器选择	2-18
供电系统电能损耗计算	1-13	3 继电保护	
建筑年电能消耗量计算	1-14	电力变压器的保护	3-1
柴油发电机容量计算	1-15	高压电力线路的保护	3-4
UPS和EPS装置容量计算	1-16		

目 录

图集号 12SDX101-2

审核 孙兰 汪浩 校对 汪浩 设计 万力 万力 页 1

电力电容器的保护	· 3-7
高压电动机的保护	· 3-8
高压母线分段断路器的保护	· 3-9
供配电系统微机保护设计	· 3-10

4 导线及电缆截面选择

导线及电缆截面的选择条件	· 4-1
按允许温升选择截面	· 4-2
按经济电流密度选择经济截面	· 4-3
按电压损失校验截面	· 4-4
按短路热稳定条件校验截面	· 4-5
低压配电系统中性线、保护线和保护中性线截面选择	· 4-7
硬母线截面选择	· 4-9

5 常用电设备

电动机	· 5-1
电梯	· 5-3

6 电气照明计算

利用系数法照度计算	· 6-1
概算曲线法照度计算	· 6-4
逐点计算法照度计算	· 6-5

7 建筑物防雷计算

建筑物年预计雷击次数	· 7-1
接闪杆的保护范围	· 7-2

接地电阻的计算	· 7-6
---------	-------

8 弱电工程常用计算

摄像机镜头选择	· 8-1
硬盘录像机容量选择	· 8-2
视频同轴电缆有效传输距离计算	· 8-4
广播系统功放容量与馈线的计算	· 8-5
扩声系统阻抗匹配、电压匹配计算	· 8-6
有线电视系统用户分配的相关计算	· 8-7
信息插座数量的估算	· 8-10
线缆数量的估算	· 8-11
光纤的衰减	· 8-12
机房、电信间、设备间面积计算	· 8-13
综合布线设备配置实例	· 8-14

9 工程设计示例

工程概况及用电设备负荷计算	· 9-1
用电设备负荷计算	· 9-2
变压器选型计算	· 9-4
自备应急电源容量计算	· 9-6
短路电流计算与高低压电器选择	· 9-7
继电保护计算	· 9-13
电缆和母线的选择计算	· 9-15
防雷计算	· 9-17

目 录

图集号					12SDX101-2
审核	孙 兰	校对	汪 浩	设计	万 力
页					2

1 编制依据

- 1.1 住房和城乡建设部建质函[2010]95号文《关于印发“2010年国家建筑标准设计编制工作计划”》的通知。
- 1.2 国家现行标准、规范:

《建筑照明设计标准》GB 50034-2004
《供配电系统设计规范》GB 50052-2009
《10kV及以下变电所设计规范》GB 50053-94
《通用用电设备配电设计规范》GB 50055-2011
《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010
《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2007
《建筑电气制图标准》GB/T 50786-2012
《民用建筑电气设计规范》JGJ 16-2008等

当依据的标准规范进行修订或有新的标准规范出版实施时,应对本图集相关内容进行复核后选用。

2 编制目的

建筑电气计算工作具有计算内容广泛,计算格式严谨和计算结果准确的特点,是电气专业设计的基础。本图集通过采用计算要点归纳、计算图示解析和计算过程实例等多种方法相结合,对建筑电气的常用计算方法进行综合介绍,以便广大设计人员能够快速、正确和深入地理解和掌握建筑电气常用的计算方法。

3 适用范围

本图集适用于民用建筑设计中的电气设计计算,同时可供电气设计人员学习、理解电气设计中的常用计算时使用。

4 内容简介

本图集内容包括:供配电所负荷计算、短路电流计算与高低压电器选择、谐波的计算、继电保护、电线和电缆的截面选择、常用用电设备配电设计、电气照明计算、建筑物防雷与接地计算、工程设计示例。

- 4.1 供配电所负荷计算,包括设备功率的确定、计算负荷的确定、单相负荷计算、尖峰电流计算、年电能消耗量计算、供电系统功率损耗计算、供电系统电能损耗计算、无功功率补偿的计算、变电所负荷计算、变压器容量计算、柴油发电机容量计算、UPS和EPS电源容量计算、太阳能光伏电源系统容量计算、谐波的计算等。
- 4.2 短路电流计算与高低压电器选择计算,包括高低压系统短路电流计算、柴油发电机供电系统短路电流计算、高压电器选择、中性点接地设备选择、电流互感器选择、电压互感器选择、低压电器选择等。
- 4.3 继电保护计算,包括电力变压器的保护、高压电力线路的保护、电力电容器

的保护、高压电动机的保护、高压母线分段断路器的保护等。

- 4.4 电线和电缆的截面选择计算,包括导线、电缆选择的一般条件、按发热条件选择导线和电缆截面、按经济电流密度选择经济截面、按电压损失校验截面、按短路热稳定条件校验截面、低压配电系统中性线、保护线和保护中性线截面选择、硬母线截面选择等。

- 4.5 常用用电设备计算,包括电动机、电梯的配电设计计算。

- 4.6 电气照明计算,包括利用系数法的照度计算、概算曲线法的照度计算、逐点计算法的照度计算等。

- 4.7 建筑物防雷与接地计算,包括建筑物年预计雷击次数计算、接闪杆的保护范围的计算、接地电阻的计算等。

- 4.8 弱电工程常用计算,包括安防、广播扩声、有线电视、综合布线等弱电系统的常用计算。

- 4.9 工程设计示例,包括工程概况、负荷计算、供电电压及电源的确定、无功功率补偿及变压器台数、容量的选择、短路电流计算与电气设备选择、继电保护计算、电缆和母线的选择计算、防雷计算等。

5 使用说明

- 5.1 图集所采用的原理、公式和计算方法均是现行国家、行业规范为依据,设计人员可直接引用。但图集集中的示例仅供设计人员学习使用,示例中所选列的数据、设计参数仅供示意,不作实际工程用途,设计人员应以现行国家、行业规范为依据选取设计数据和参数。

- 5.2 图集集中的【要点】部分是对建筑电气设计相关计算原理、概念和定义的简介。

- 5.3 图集集中的【计算方法】部分是对建筑电气设计相关计算方法、计算公式、计算过程进行的展开叙述。

- 5.4 图集集中的【示例】部分是相应计算内容的示例。

- 5.5 图集集中的【相关规范】部分是与相应计算内容有关的国家现行规范的具体条文。

- 5.6 为缩减版面,图示中的电压均为交流50Hz电源,如380V实际应标注为~380V 50Hz。

- 5.7 本图集集中的图形和文字符号采用《建筑电气制图标准》GB/T 50786-2012中的图形和文字符号,该规范中没有的,使用实际常用的符号。

编制说明

图集号

12SDX101-2

审核 孙兰

校对 汪浩

设计 万力

页

3

1 变配电所负荷计算

1.1 设备功率计算

【要点】

(1) 进行负荷计算时, 需要将用电设备按其性质分为不同的用电设备组, 然后确定设备功率, 它是变配电所负荷计算的基础资料和依据。

(2) 每台用电设备的铭牌上都标有额定功率或额定容量, 由于各用电设备的额定工作条件不同, 可分为连续工作制、短时或周期工作制, 其设备功率的计算不能简单地将这些设备的额定功率直接相加。

(3) 对于不同负载持续率下的额定功率或额定容量, 应换算为统一负载持续率下的有功功率, 即设备功率 P_e 。

【计算方法】

1. 单台用电设备

(1) 连续工作制用电设备的设备功率等于额定功率。

$$P_e = P_r \quad (1-1)$$

式中 P_r ——设备额定功率 (kW)。

(2) 短时或周期工作制用电设备的设备功率是指将铭牌额定功率换算到统一负载持续率下的有功功率。换算公式为:

$$P_e = P_r \sqrt{\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}} = S_r \cos \varphi \sqrt{\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}} \quad (1-2)$$

式中 ε_r ——设备铭牌上的额定负载持续率;

ε ——统一要求的负载持续率;

S_r ——设备额定容量 (额定视在功率) (kVA);

$\cos \varphi$ ——设备额定功率因数。

(3) 照明设备的设备功率为光源的额定功率加上附属设备的功率, 如气体放电灯、金属卤化物灯等, 为光源的额定功率加上镇流器的功耗; 低压卤钨灯、节能灯、LED灯等, 为光源的额定功率加上其变压器的功耗。

2. 用电设备组

成组用电设备的设备功率, 是指组内不包括备用设备在内的所有单个用电设备的设备功率之和。

3. 消防用电设备

消防用电设备容量小于平时使用的总用电设备容量时, 可不列入总设备容量。

4. 季节性用电设备

季节性用电设备 (如制冷设备和采暖设备等) 应选择其中较大者计入总设备容量。

【示例】

【例1-1】某会展中心380V线路上供电5台断续周期工作制的电动机组, 其中1台7.5kW ($\varepsilon_{r1}=60\%$), 2台3kW ($\varepsilon_{r2}=15\%$), 2台22kW ($\varepsilon_{r3}=40\%$), 如图1-1所示。试求将该电动机组换算到负载持续率为100%时的总设备容量。

计算过程: 根据题意要将该电动机组的设备容量统一换算到 $\varepsilon=100\%$, 由计算公式可得5台电动机组的总容量为:

$$\begin{aligned} P_e &= n_1 P_{r1} \sqrt{\frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon}} + n_2 P_{r2} \sqrt{\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon}} + n_3 P_{r3} \sqrt{\frac{\varepsilon_{r3}}{\varepsilon}} \\ &= 1 \times 7.5 \times \sqrt{\frac{60\%}{100\%}} + 2 \times 3 \times \sqrt{\frac{15\%}{100\%}} + 2 \times 22 \times \sqrt{\frac{40\%}{100\%}} \\ &= 35.96 \text{ kW} \end{aligned}$$

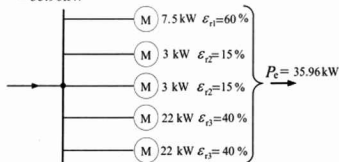


图1-1 电动机组示意图

设备功率计算				图集号	12SDX101-2
审核	万力	校对	孟磊	设计	汪兴强
				页	1-1

【相关规范】

《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16-2008

3.5.1 负荷计算应包括下列内容和用途:

1 负荷计算,可作为按发热条件选择变压器、导体及电器的依据,并用来计算电压损失和功率损耗;也可作为电能消耗及无功功率补偿的计算依据;

2 尖峰电流,可用以校验电压波动和选择保护电器;

3 一级、二级负荷,可用以确定备用电源或应急电源及其容量;

4 季节性负荷,可以确定变压器的容量和台数及经济运行方式。

3.5.3 当消防设备的计算负荷大于火灾时切除的非消防设备的计算负荷时,应按消防设备的计算负荷加上火灾时未切除的非消防设备的计算负荷进行计算。

当消防设备的计算负荷小于火灾时切除的非消防设备的计算负荷时,可不计入消防负荷。

1.2 计算负荷的确定

【要点】

(1) 计算负荷是按发热条件选择变压器、导体及电器的依据,也是计算电压损失、功率损耗、电能损耗、电能消耗量及无功功率补偿的依据。

(2) 计算负荷通常采用30min的最大平均负荷,其热效应与同一时间内实际变动负荷所产生的最大热效应相等。

(3) 方案设计阶段可采用单位指标法;初步设计及施工图设计阶段,宜采用需要系数法。

(4) 其他计算方法如二项式法和利用系数法等,目前在民用建筑中实际已很少使用,所以本图集未列入。

【计算方法】

1. 单位指标法

(1) 单位面积功率法(又称负荷密度法):

$$P_c = \frac{P_{ei} S}{1000} \quad (1-3)$$

式中 P_c ——计算有功功率(kW);

P_{ei} ——单位面积功率(负荷密度)(W/m²);

S ——建筑面积(m²)。

(2) 单位指标法:

$$P_c = \frac{P_{ei} N}{1000} \quad (1-4)$$

式中 P_{ei} ——单位用电指标(W/户、W/床或W/人);

N ——单位数量(户数、床位数或人数)。

2. 需要系数法

(1) 需要系数的定义:同类用电设备组(示意图如图1-2所示)在实际运行中,用电设备组中各设备可能不会同时运行,运行的设备也未必全部在满负荷下工作,而且用电设备及配电线路在工作时都会产生功率损耗,综合考虑运行中可能出现的这些现象,定义需要系数的计算公式如下:

$$K_d = \frac{K_x K_L}{\eta_e \eta_{WL}} \quad (1-5)$$

式中 K_d ——同类用电设备组(或工艺性质相同、需要系数相近的用电设备组)的需要系数;

K_x ——设备组的同時使用系数;

K_L ——设备组的负荷系数;

η_e ——设备组的平均效率;

η_{WL} ——配电线路的平均效率。

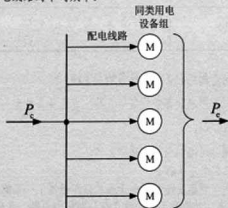


图1-2 同类用电设备组的供电示意图

计算负荷的确定

图集号

12SDX101-2

审核 万力 吕力 校对 孟磊 设计 汪兴强

页

1-2

(2) 单台三相用电设备: 一般可长期连续工作的单台用电设备, 设备功率即是其计算有功功率, 即 $P_c = P_e$ 。单台电动机及其他需要计及效率的单台用电设备, 其计算有功功率为: $P_c = P_e / \eta$, η 为设备效率。

(3) 三相用电设备组:

① 同类用电设备组: 对三相用电设备组进行分组计算时, 同类用电设备组的供电情况如图1-2所示, 其计算负荷的计算公式如表1-1所示。

表1-1 同类三相用电设备组的计算负荷

计算项目	计算公式
计算有功功率 (kW)	$P_c = K_d P_e$
计算无功功率 (kvar)	$Q_c = P_c \tan \varphi$
计算视在功率 (kVA)	$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi}$
计算电流 (A)	$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} U_e}$

表中 P_e ——同类用电设备组的设备功率 (kW);

K_d ——同类用电设备组的需要系数。当设备台数为3台及以下时, K_d 取1;

$\cos \varphi$ ——同类用电设备组的功率因数;

U_e ——额定电压 (kV)。

② 不同类多组用电设备 (低压配电干线或低压母线): 不同类 (n类) 用电设备组的总容量应按有功功率和无功功率负荷分别相加求得, 其计算公式如表1-2所示。

表1-2 不同类三相用电设备组的计算负荷

计算项目	计算公式
计算有功功率 (kW)	$P_c = K_{\Sigma p} \sum_{i=1}^n P_{ci} = K_{\Sigma p} \sum_{i=1}^n (K_{di} P_{ei})$
计算无功功率 (kvar)	$Q_c = K_{\Sigma q} \sum_{i=1}^n Q_{ci} = K_{\Sigma q} \sum_{i=1}^n (K_{di} Q_{ei})$
计算视在功率 (kVA)	$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}$
计算电流 (A)	$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} U_e}$

表中 $K_{\Sigma p}$ ——有功功率同时系数, 可取0.8~1.0;

$K_{\Sigma q}$ ——无功功率同时系数, 可取0.93~1.0;

P_{ci} 、 P_{ei} ——第*i*类用电设备组的计算有功功率、有功设备功率 (kW);

Q_{ci} 、 Q_{ei} ——第*i*类用电设备组的计算无功功率、无功设备功率 (kvar);

K_{di} ——第*i*类用电设备组的需要系数;

U_e ——额定电压 (kV)。

(4) 配电所或总降压变电所: 计算负荷为各终端变电所计算负荷之和再分别乘以同时系数 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$, 配电所的 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 可以分别取0.85~1和0.95~1。总降压变电所的 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 可以分别取0.8~0.9和0.93~0.97。

3. 逐级计算法确定建筑物的总计算负荷

逐级计算法是指从建筑物的用电端开始, 逐级上推, 直至求出电源进线端的计算负荷为止, 下面以图1-3所示配电系统为例, 说明逐级计算法确定建筑物总计算负荷的步骤。

计算负荷的确定

图集号

12SDX101-2

审核 万力 王力 校对 孟磊 设计 汪兴强 汪兴强

页

1-3

图1-3中, 35kV电压等级的电源通过总降压变电所降至10kV电压等级, 然后由10kV配电线向10kV用电设备及各终端负荷变电所供电, 通过终端变压器降压至220/380V, 最后经过低压配电母线-低压配电干线-低压配电支线, 向各用电设备组供电。

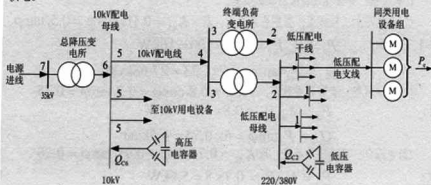


图1-3 供电系统示意图

具体计算方法如下:

(1) 根据各用电设备组的设备功率 P_e , 采用需要系数法确定低压配电干线上的计算负荷 (P_{c1} 、 Q_{c1} 、 S_{c1}), 需要考虑不同类型用电设备组之间的同时系数。

(2) 确定终端变压器低压配电母线的计算负荷 (P_{c2} 、 Q_{c2} 、 S_{c2}), 需要考虑不同配电干线之间的同时系数 ($K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$)。

$$P_{c2} = K_{\Sigma p} \sum P_{c1} \quad (1-6)$$

$$Q_{c2} = K_{\Sigma q} \sum Q_{c1} \quad (1-7)$$

$$S_{c2} = \sqrt{P_{c2}^2 + Q_{c2}^2} \quad (1-8)$$

若在终端变压器低压母线上装有无功补偿用的静电电容器, 其容量为 Q_{C2}

(kvar), 则在计算 Q_{c2} 时, 需减去无功补偿容量, 即

$$Q_{c2} = K_{\Sigma q} \sum Q_{c1} - Q_{C2} \quad (1-9)$$

计算负荷 S_{c2} 用于选择终端变压器的容量和低压导体截面。

(3) 将终端变压器低压侧的计算负荷加上该变压器的有功和无功功率损耗 (ΔP_T 、 ΔQ_T), 确定终端变压器高压侧的计算负荷 (P_{c3} 、 Q_{c3} 、 S_{c3}), 即:

$$P_{c3} = P_{c2} + \Delta P_T \quad (1-10)$$

$$Q_{c3} = Q_{c2} + \Delta Q_T \quad (1-11)$$

$$S_{c3} = \sqrt{P_{c3}^2 + Q_{c3}^2} \quad (1-12)$$

该计算负荷值用于选择终端变压器高压侧进线导线截面。

(4) 将多台终端变压器高压侧计算负荷相加, 确定终端负荷变电所高压母线上的计算负荷 (P_{c4} 、 Q_{c4} 、 S_{c4}), 即:

$$P_{c4} = \sum P_{c3} \quad (1-13)$$

$$Q_{c4} = \sum Q_{c3} \quad (1-14)$$

$$S_{c4} = \sqrt{P_{c4}^2 + Q_{c4}^2} \quad (1-15)$$

(5) 将10kV配电线路末端的计算负荷加上线路的功率损耗 (ΔP_L 、 ΔQ_L), 确定总降压变电所10kV母线各引出线上的计算负荷 (P_{c5} 、 Q_{c5} 、 S_{c5}), 即:

$$P_{c5} = P_{c4} + \Delta P_L \quad (1-16)$$

$$Q_{c5} = Q_{c4} + \Delta Q_L \quad (1-17)$$

$$S_{c5} = \sqrt{P_{c5}^2 + Q_{c5}^2} \quad (1-18)$$

(6) 将总降压变电所各条10kV引出线上的计算负荷相加后乘以同时系数 ($K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$), 确定总降压变电所10kV母线上的计算负荷 (P_{c6} 、 Q_{c6} 、 S_{c6}), 即:

$$P_{c6} = K_{\Sigma p} \sum P_{c5} \quad (1-19)$$

$$Q_{c6} = K_{\Sigma q} \sum Q_{c5} \quad (1-20)$$

$$S_{c6} = \sqrt{P_{c6}^2 + Q_{c6}^2} \quad (1-21)$$

若根据技术经济比较结果, 需要在总降压变电所10kV母线侧采用高压电容器进行无功功率补偿, 则在计算 Q_{c6} 时, 应减去无功补偿容量 Q_{C6} (kvar), 即:

$$Q_{c6} = K_{\Sigma q} \sum Q_{c5} - Q_{C6} \quad (1-22)$$

计算负荷 S_{c6} 是选择总降压变电所主变压器容量的依据。

(7) 将总降压变电所10kV母线上的计算负荷加上主变压器的功率损耗 (ΔP_T 、 ΔQ_T), 确定建筑物的总计算负荷 (P_T 、 Q_T 、 S_T), 即:

$$P_T = P_{c6} + \Delta P_T \quad (1-23)$$

$$Q_T = Q_{c6} + \Delta Q_T \quad (1-24)$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} \quad (1-25)$$

计算负荷的确定

图集号

12SDX101-2

审核 万力 巨力 校对 孟磊 设计 汪兴强 汪兴强

页

1-4

计算负荷 P_c 是用户向供电部门提供的建筑物最大计算有功功率, 作为申请用电之用。

上述各级负荷计算中, 凡多组计算负荷相加 (分有功和无功两部分), 都要依组数多少考虑同时系数, 组数越少, 同时系数越接近于1。

无功补偿容量的计算方法参见第1.5节内容, 线路损耗、变压器损耗的计算方法参见第1.7节内容。

【示例】

【例1-2】某设备机房共有11台380V的水泵, 其中2台7.5kW, 3台5kW, 6台15kW, 如图1-4所示。试求该水泵设备组的计算负荷和计算电流。

计算过程: 根据同类用电设备组设备功率的计算方法, 此水泵设备组的总容量应为各台水泵的设备功率之和, 即:

$$P_e = 7.5 \times 2 + 5 \times 3 + 15 \times 6 = 120 \text{ kW}$$

查国家标准设计图集DX101-1《建筑电气常用数据》中的需要系数表, 得:

$$K_d = 0.75, \cos \varphi = 0.8, \tan \varphi = 0.75, \text{ 则:}$$

$$\text{计算有功负荷: } P_c = K_d P_e = 0.75 \times 120 = 90 \text{ kW}$$

$$\text{计算无功负荷: } Q_c = P_c \tan \varphi = 90 \times 0.75 = 67.5 \text{ kvar}$$

$$\text{计算视在负荷: } S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi} = \frac{90}{0.8} = 112.5 \text{ kVA}$$

$$\text{计算电流: } I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} U_r} = \frac{112.5}{\sqrt{3} \times 0.38} = 170.93 \text{ A}$$

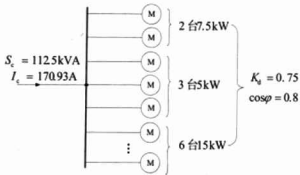


图1-4 相同类型用电设备组示意图

【例1-3】某高校实训车间380V线路上, 接有金属冷加工机床组40台共100kW, 通风机5台共7.5kW, 电阻炉5台共8kW, 如图1-5所示。根据需要系数法确定此线路上的计算负荷。

计算过程: 先求各设备组的计算负荷。

(1) 金属冷加工机床组: 查需要系数表, 取 $K_{d1} = 0.16, \cos \varphi = 0.5, \tan \varphi = 1.73$, 故:

$$P_{c1} = K_{d1} P_{e1} = 0.16 \times 100 = 16 \text{ kW}$$

$$Q_{c1} = P_{c1} \tan \varphi = 16 \times 1.73 = 27.68 \text{ kvar}$$

(2) 通风机组: 查需要系数表, 取 $K_{d2} = 0.8, \cos \varphi = 0.8, \tan \varphi = 0.75$, 故:

$$P_{c2} = K_{d2} P_{e2} = 0.8 \times 7.5 = 6 \text{ kW}$$

$$Q_{c2} = P_{c2} \tan \varphi = 6 \times 0.75 = 4.5 \text{ kvar}$$

(3) 电阻炉: 查需要系数表, 取 $K_{d3} = 0.7, \cos \varphi = 0.98, \tan \varphi = 0.20$, 故:

$$P_{c3} = K_{d3} P_{e3} = 0.7 \times 8 = 5.6 \text{ kW}$$

$$Q_{c3} = P_{c3} \tan \varphi = 5.6 \times 0.20 = 1.12 \text{ kvar}$$

因此380V线路上总的计算负荷为 (取 $K_{\Sigma p} = 0.95, K_{\Sigma q} = 0.97$):

总的计算有功负荷:

$$P_c = K_{\Sigma p} \sum_{i=1}^3 P_{ci} = 0.95 \times (16 + 6 + 5.6) = 26.22 \text{ kW}$$

总的计算无功负荷:

$$Q_c = K_{\Sigma q} \sum_{i=1}^3 Q_{ci} = 0.97 \times (27.68 + 4.5 + 1.12) = 32.30 \text{ kvar}$$

总的计算视在负荷:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{26.22^2 + 32.30^2} = 41.60 \text{ kVA}$$

总的计算电流:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} U_r} = \frac{41.60}{\sqrt{3} \times 0.38} = 63.20 \text{ A}$$

计算负荷的确定

图集号

12SDX101-2

审核

万力

巨力

校对

孟磊

设计

汪兴强

汪兴强

页

1-5

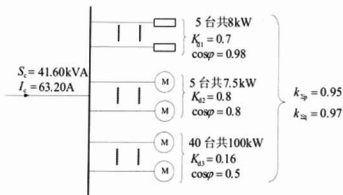


图1-5 不同类型用电设备组示意图

【例1-4】某餐厅的建筑面积为4000m²，负荷密度为100W/m²，根据单位指标法求该餐厅的有功计算负荷。

计算过程：根据单位面积功率法，该餐厅的有功计算负荷为

$$P_c = \frac{P'_{ei} S}{1000} = \frac{100 \times 4000}{1000} = 400 \text{ kW}$$

【相关规范】

《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16-2008

3.5.2 方案设计阶段可采用单位指标法；初步设计及施工图设计阶段，宜采用需要系数法。

1.3 单相负荷计算

【要点】

(1) 单相用电设备应均衡分配到三相上，使各相的计算负荷尽量相近。

(2) 单相负荷与三相负荷同时存在时，当单相负荷的总计算容量小于计算范围内三相对称负荷总计算容量的15%时，应全部按三相对称负荷计算；当超过15%时，应将单相负荷换算为等效三相负荷，再与三相负荷相加。

(3) 在进行单相负荷换算时，一般采用计算功率。

【计算方法】

1. 单相设备只接于相电压时，等效三相负荷取最大相负荷的3倍。

2. 单相设备只接于线电压时：

(1) 接于同一线电压，等效三相负荷 P_{eq} 为：

$$P_{eq} = \sqrt{3} P_\phi \quad (1-26)$$

式中 P_ϕ ——接于同一线电压的计算功率 (kW)。

(2) 接于不同线电压：将各线间负荷相加，选取较大两项数据进行计算。设 P_1 为接于不同线电压时的最大线间负荷，功率因数角为 ϕ_1 ， P_2 为接于不同线电压时的次最大线间负荷，功率因数角为 ϕ_2 ，其等效三相负荷为：

$$P_{eq} = \sqrt{3} P_1 + (3 - \sqrt{3}) P_2 \quad (1-27)$$

$$Q_{eq} = \sqrt{3} P_1 \tan \phi_1 + (3 - \sqrt{3}) P_2 \tan \phi_2 \quad (1-28)$$

3. 单相设备分别接于线电压和相电压时：

(1) 先将线间负荷换算为相负荷，各相负荷分别为：

$$P_U = P_{UV} P_{(UV)U} + P_{WU} P_{(WU)U} \quad (1-29)$$

U相：

$$Q_U = P_{UV} q_{(UV)U} + P_{WU} q_{(WU)U}$$

V相：

$$P_V = P_{UV} P_{(UV)V} + P_{VW} P_{(VW)V} \quad (1-30)$$

$$Q_V = P_{UV} q_{(UV)V} + P_{VW} q_{(VW)V}$$

W相：

$$P_W = P_{VW} P_{(VW)W} + P_{WU} P_{(WU)W} \quad (1-31)$$

$$Q_W = P_{VW} q_{(VW)W} + P_{WU} q_{(WU)W}$$

式中 P_{UV} 、 P_{VW} 、 P_{WU} ——接于UV、VW、WU线间负荷 (kW)；

P_U 、 P_V 、 P_W ——换算为U、V、W相有功负荷 (kW)；

Q_U 、 Q_V 、 Q_W ——换算为U、V、W相无功负荷 (kvar)；

$P_{(UV)U}$ 、 $q_{(UV)U}$ ……接于UV线间负荷换算U相负荷的有功及无功换算系数，见表1-3，其他类推。

单相负荷计算

图集号

12SDX101-2

审核 万力

校对 孟磊

设计 汪兴强

汪兴强

页

1-6

表1-3 线间负荷换算为相负荷的功率换算系数

功率换算系数	负荷功率因数								
	0.35	0.40	0.50	0.60	0.65	0.70	0.80	0.90	1.00
$P_{(UV)U} \setminus P_{(VW)V} \setminus P_{(WU)W}$	1.27	1.17	1.00	0.89	0.84	0.80	0.72	0.64	0.50
$P_{(UV)V} \setminus P_{(VW)W} \setminus P_{(WU)U}$	-0.27	-0.17	0	0.11	0.16	0.20	0.28	0.36	0.50
$q_{(UV)U} \setminus q_{(VW)V} \setminus q_{(WU)W}$	1.05	0.86	0.58	0.38	0.30	0.22	0.09	-0.05	-0.29
$q_{(UV)V} \setminus q_{(VW)W} \setminus q_{(WU)U}$	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.80	0.67	0.53	0.29

(2) 各相负荷分别相加, 选出最大相负荷, 总的等效三相有功计算负荷为其最大有功负荷相的有功计算负荷的3倍, 等效三相无功计算负荷则为最大有功负荷相的无功计算负荷的3倍。

【示例】

【例1-5】如图1-6所示某高职院校实训楼380/220V三相四线制线路上, 接有220V单相电热干燥箱4台, 其中2台14kW接于U相, 1台42kW接于V相, 1台28kW接于W相。此外接有380V单相电焊机4台, 其中2台14kW ($\varepsilon=100\%$) 接于UV相间, 1台20kW ($\varepsilon=100\%$) 接于VW相间, 1台30kW ($\varepsilon=60\%$) 接于WU相间。试求此线路的计算负荷。

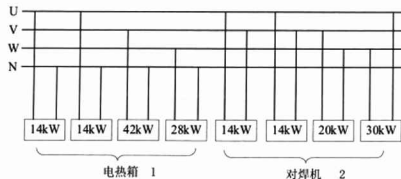


图1-6 三相四线制的负荷示意图

计算过程: 先求各组的计算负荷。

(1) 电热干燥箱的各相计算负荷:

查需要系数表, 取 $K_d = 0.5, \cos \varphi = 1, \tan \varphi = 0$, 因此只需计算其有功计算负荷:

$$U \text{ 相 } P_{cU1} = K_d P_{eU} = 0.5 \times 2 \times 14 = 14 \text{ kW}$$

$$V \text{ 相 } P_{cV1} = K_d P_{eV} = 0.5 \times 1 \times 42 = 21 \text{ kW}$$

$$W \text{ 相 } P_{cW1} = K_d P_{eW} = 0.5 \times 1 \times 28 = 14 \text{ kW}$$

(2) 对焊机的各相计算负荷:

先将接于WU相间的30kW ($\varepsilon=60\%$) 换算至 $\varepsilon=100\%$ 的容量, 即:

$$P_{wU} = 30 \times \sqrt{0.6} = 23.24 \text{ kW}$$

查需要系数表, 取 $K_d = 0.35, \cos \varphi = 0.7, \tan \varphi = 1.02$, 再由表1-3查得 $\cos \varphi = 0.7$ 时的功率换算系数, 即:

$$P_{(UV)U} = P_{(VW)V} = P_{(WU)W} = 0.8$$

$$P_{(UV)V} = P_{(VW)W} = P_{(WU)U} = 0.2$$

$$q_{(UV)U} = q_{(VW)V} = q_{(WU)W} = 0.22$$

$$q_{(UV)V} = q_{(VW)W} = q_{(WU)U} = 0.8$$

因此各相的有功和无功设备容量为:

$$U \text{ 相 } P_U = 0.8 \times 2 \times 14 + 0.2 \times 23.24 = 27.05 \text{ kW}$$

$$Q_U = 0.22 \times 2 \times 14 + 0.8 \times 23.24 = 24.75 \text{ kvar}$$

$$V \text{ 相 } P_V = 0.8 \times 20 + 0.2 \times 14 = 21.60 \text{ kW}$$

$$Q_V = 0.22 \times 20 + 0.8 \times 14 = 26.80 \text{ kvar}$$

$$W \text{ 相 } P_W = 0.8 \times 23.24 + 0.2 \times 20 = 22.59 \text{ kW}$$

$$Q_W = 0.22 \times 23.24 + 0.8 \times 20 = 21.1 \text{ kvar}$$

各相的有功和无功计算负荷为:

$$U \text{ 相 } P_{cU2} = 0.35 \times 27.05 = 9.47 \text{ kW}$$

$$Q_{cU2} = 0.35 \times 24.75 = 8.66 \text{ kvar}$$

$$V \text{ 相 } P_{cV2} = 0.35 \times 21.60 = 7.56 \text{ kW}$$

$$Q_{cV2} = 0.35 \times 26.80 = 9.38 \text{ kvar}$$

$$W \text{ 相 } P_{cW2} = 0.35 \times 22.59 = 7.91 \text{ kW}$$

$$Q_{cW2} = 0.35 \times 21.1 = 7.39 \text{ kvar}$$

单相负荷计算

图集号

12SDX101-2

审核 万力

校对 孟磊

设计 汪兴强

设计 汪兴强

设计 汪兴强

设计 汪兴强

页

1-7

(3) 各相总的有功和无功计算负荷:

$$\begin{aligned} \text{U相} \quad P_{\text{U}} &= P_{\text{cU1}} + P_{\text{cU2}} = 14 + 9.47 = 23.47\text{kW} \\ Q_{\text{cU}} &= Q_{\text{cU1}} + Q_{\text{cU2}} = 0 + 8.66 = 8.66\text{kvar} \\ \text{V相} \quad P_{\text{V}} &= P_{\text{cV1}} + P_{\text{cV2}} = 21 + 7.56 = 28.56\text{kW} \\ Q_{\text{cV}} &= Q_{\text{cV1}} + Q_{\text{cV2}} = 0 + 9.38 = 9.38\text{kvar} \\ \text{W相} \quad P_{\text{W}} &= P_{\text{cW1}} + P_{\text{cW2}} = 14 + 7.91 = 21.91\text{kW} \\ Q_{\text{cW}} &= Q_{\text{cW1}} + Q_{\text{cW2}} = 0 + 7.39 = 7.39\text{kvar} \end{aligned}$$

(4) 总的等效三相计算负荷:

因V相的有功计算负荷最大, 故取V相计算等效三相计算负荷, 由此可得

$$\begin{aligned} P_{\text{c}} &= 3P_{\text{cV}} = 3 \times 28.56 = 85.68\text{kW} \quad Q_{\text{c}} = 3Q_{\text{cV}} = 3 \times 9.38 = 28.14\text{kvar} \\ S_{\text{c}} &= \sqrt{85.68^2 + 28.14^2} = 90.18\text{kVA} \quad I_{\text{c}} = \frac{90.18}{\sqrt{3} \times 0.38} = 137.01\text{A} \end{aligned}$$

【相关规范】

《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16-2008

3.5.5 单相负荷应均衡分配到三相上, 当单相负荷的总计算容量小于计算范围内三相对称负荷总计算容量的15%时, 应全部按三相对称负荷计算; 当超过15%时, 应将单相负荷换算为等效三相负荷, 再与三相负荷相加。

1.4 尖峰电流计算

【要点】

(1) 尖峰电流主要用于计算电压波动与电压损失、选择熔断器和低压断路器、整定继电保护装置及校验电动机自启动条件等。

(2) 尖峰电流指单台或多台用电设备持续时间1~2s的短时最大负荷电流。

(3) 一般取启动电流的周期分量作为计算电压损失、电压波动和电压下降以及选择电器和保护元件等的依据。在校验低压断路器瞬动元件时, 还应考虑启动电流的非周期分量。

【计算方法】

1. 单台设备

在民用建筑中, 常见的尖峰电流是电动机的启动电流, 单台电动机的尖峰电流为:

$$I_{\text{p}} = I_{\text{st}} = K_{\text{st}} I_{\text{r}} \quad (1-32)$$

式中 I_{p} ——尖峰电流(A);

I_{st} ——电动机启动电流(A);

I_{r} ——电动机额定电流(A);

K_{st} ——电动机的启动电流倍数, 笼型电动机一般为4~7, 绕线型电动机一般不大于2倍, 直流电动机为1.5~2。其中笼型电动机为民用建筑的常用类型, 计算时, 应以制造厂家提供的产品样本等资料数据为依据。

2. 多台分别启动的电动机

接有多台电动机的配电线路, 只考虑一台电动机启动时的尖峰电流, 即:

$$I_{\text{p}} = (K_{\text{st}} I_{\text{r}})_{\text{max}} + I'_{\text{c}} \quad (1-33)$$

式中 $(K_{\text{st}} I_{\text{r}})_{\text{max}}$ ——启动电流为最大一台电动机的启动电流(A);

I'_{c} ——除启动电动机以外的配电线路计算电流(A), 需考虑电动机组的同時系数。

3. 自启动的电动机组

自启动电动机组的尖峰电流为所有同时参与自启动的电动机的启动电流之和。

【示例】

【例1-6】某条AC380V三相供电线路, 供电给表1-4所示4台电动机, 各台电动机分别启动, 同时系数为0.9, 电动机组如图1.7所示。试计算该线路的尖峰电流。

表1-4 电动机电气数据表

参数	电动机			
	M1	M2	M3	M4
额定电流 I_{r} (A)	5.8	5.0	35.8	27.6
启动电流 I_{st} (A)	40.6	35.0	197.0	193.2

尖峰电流计算

图集号

12SDX101-2

审核 万力

巨力

校对 孟磊

设计 汪兴强

汪兴强

页

1-8

计算过程：由上表可知，电动机M3的启动电流为197A，是该电动机组内的最大启动电流，因此该线路的尖峰电流（同时系数取0.9）为：

$$I_p = (K_{st} I_r)_{\max} + I_c' = 197 + 0.9 \times (5.8 + 5 + 27.6) = 231.56A$$

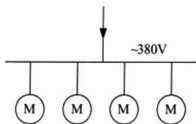


图1-7 电动机组示意图

【相关规范】

《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16-2008

3.5.1 负荷计算应包括下列内容和用途：

2 尖峰电流，可用以校验电压波动和选择保护电器。

1.5 无功功率补偿计算

【要点】

(1) 当采取合理选择变压器容量、线缆及敷设方式等措施以后，仍不能达到电网合理运行的要求时，应采用人工补偿无功功率措施。最广泛使用的无功补偿装置是静电电容器，其补偿容量取决于补偿前后的功率因数要求。

(2) 根据《国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则》、《中国南方电网公司电力系统电压质量和无功电力管理标准》中的要求：100kVA及以上高压供电的电力用户，在用户高峰负荷时变压器高压侧功率因数不宜低于0.95；其他电力用户，功率因数不宜低于0.90。

(3) 在方案设计时，无功补偿容量可按变压器容量的15%~30%估算。在初步设计和施工图设计阶段时，应进行无功功率计算，并按计算结果确定补偿电容器的容量。

【计算方法】

1. 功率因数计算

(1) 用户自然平均功率因数 $\cos \varphi_1$ 为：

$$\cos \varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\beta_{av} Q_c}{\alpha_{av} P_c} \right)^2}} \quad (1-34)$$

式中 P_c 、 Q_c ——分别为计算负荷的有功功率 (kW) 和无功功率 (kvar)；

α_{av} 、 β_{av} ——分别为年平均有功负荷系数（一般取0.7~0.75）和年无功负荷系数（一般取0.76~0.82）。

2. 补偿容量的计算

(1) 要使自然平均功率因数由 $\cos \varphi_1$ 提高到 $\cos \varphi_2$ ，则所需补偿的无功功率为：

$$Q_c = P_c (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (1-35)$$

式中 Q_c ——所需补偿的无功容量 (kvar)；

$\tan \varphi_1$ ——补偿前计算负荷功率因数角的正切值；

$\tan \varphi_2$ ——补偿后功率因数角的正切值。

3. 并联电容器个数选择的计算

计算公式为：

$$n = Q_c / \Delta q_c \quad (1-36)$$

式中 n ——所需用的电容器个数；

Q_c ——所需补偿的无功容量 (kvar)；

Δq_c ——单个电容器容量 (kvar)。

无功功率补偿计算

图集号

12SDX101-2

审核 万力

校对 孟磊

设计 汪兴强

设计 汪兴强

设计 汪兴强

设计 汪兴强

页

1-9

【示例】

【例1-7】某建筑拟建一座变电所，装设一台主变压器。已知变电所低压侧计算有功功率为600kW，计算无功功率为450kvar。为了使变电所高压侧的功率因数不低于0.90，如果在低压侧装设并联电容器补偿，需装设多少补偿容量及补偿前后需选择多大容量的变压器？

计算过程：

(1) 补偿前应选变压器的容量及功率因数。变电所低压侧的计算视在功率为：

$$S_c = \sqrt{600^2 + 450^2} = 750 \text{ kVA}$$

因此在未进行无功补偿时，根据单台变压器负载率一般不应大于85%的要求，其容量可选为1000kVA。

这时变电所低压侧的功率因数为： $\cos\varphi_1 = 600/750 = 0.8$

(2) 无功补偿容量。按规定变电所高压侧的 $\cos\varphi > 0.90$ ，考虑变压器的无功功率损耗 ΔQ_T 远大于有功功率损耗 ΔP_T ，一般 $\Delta Q_T = (4 \sim 5)\Delta P_T$ ，因此在变压器低压侧进行无功补偿时，低压侧补偿后的功率因数应略大于高压侧补偿后的功率因数0.90，这里取 $\cos\varphi_2 = 0.92$ 。

为使低压侧功率因数由0.8提高到0.92，低压侧需装设的并联电容器容量应为：

$$Q_C = 600 \times [\tan(\arccos 0.8) - \tan(\arccos 0.92)] = 194.4 \text{ kvar}$$

取 $Q_C = 200 \text{ kvar}$ 。

(3) 补偿后选择的变压器容量。补偿后变电所低压侧的计算视在功率为：

$$S'_c = \sqrt{600^2 + (450 - 200)^2} = 650 \text{ kVA}$$

根据单台变压器负载率一般不应大于85%的要求，补偿后变压器容量可选800kVA。

【相关规范】

《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16-2008

- 3.6.1 应合理选择变压器容量、线缆及敷设方式等措施，减少线路感抗以提高用户的自然功率因数。当采用提高自然功率因数措施后仍达不到要求时，应进行无功补偿。
- 3.6.2 10(6) kV及以下无功补偿宜在配电变压器低压侧集中补偿，且功率因数不宜低于0.9。高压侧的功率因数指标，应符合当地供电部门的规定。
- 3.6.3 补偿基本无功功率的电容器组，宜在配电变电所内集中补偿。容量较大、负荷平稳且经常使用的用电设备的无功功率宜单独就地补偿。

《供配电系统设计规范》 GB 50052-2009

- 6.0.1 供配电系统设计中应正确选择电动机、变压器的容量，并应降低线路感抗。当工艺条件允许时，宜采用同步电动机或选用带空载切除的间歇工作制设备。
- 6.0.2 当采用提高自然功率因数措施后，仍达不到电网合理运行要求时，应采用并联电力电容器作为无功补偿装置。
- 6.0.3 用户端的功率因数，应符合国家现行标准的有关规定。
- 6.0.4 采用并联电力电容器作为无功补偿装置时，宜就地平衡补偿，并符合下列要求：
 - 1 低压部分的无功功率，应由低压电容器补偿。
 - 2 高压部分的无功功率，宜由高压电容器补偿。
 - 3 容量较大，负荷平稳且经常使用的用电设备的无功功率，宜单独就地补偿。
 - 4 补偿基本无功功率的电容器组，应在配电变电所内集中补偿。
 - 5 在环境正常的建筑物内，低压电容器宜分散设置。
- 6.0.6 基本无功补偿容量，应符合以下表达式的要求：

$$Q_{Cmin} < P_{min} \tan\varphi_{1min}$$

式中： Q_{Cmin} ——基本无功补偿容量(kvar)；

P_{min} ——用电设备最小负荷时的有功功率(kW)；

$\tan\varphi_{1min}$ ——用电设备在最小负荷下，补偿前功率因数角的正切值。

无功功率补偿计算

图集号

12SDX101-2

审核 万力

巨力 校对 孟磊

设计 汪兴强

汪兴强

页

1-10