

14084
〔日〕电气设计计算手册编辑委员会 编

电气设备设计计算手册

谢小平 陈刚 黄立培 译

ISBN 7-118-00883-4/TM·31

定价 36.70 元

电气设备设计计算手册

〔日〕 电气设备设计计算手册

编辑委员会 编

谢小平 陈 刚 黄立培 译

国防工业出版社

(京)新登字106号

内 容 简 介

本书内容新颖丰富,包括了强电工程方面的受电、变电、配电、用电等的设计计算内容。除了介绍有关设备的性能、参数和技术规范外,本手册的重点放在设计、施工、运行、维护所需的技术计算方面,收集了大量公式和计算方法,包括许多经验公式、经验方法及数据表格,并且附有大量的计算实例,因此具有很强的实用性和参考价值。

全书分五篇。第Ⅰ篇 受变电设备的设计计算,主要介绍受变电系统的一次部分,包括设备容量的计划和计算,系统设计和计算,设备选择。第Ⅱ篇 电力线路设备的设计计算,主要介绍各种电缆规格的选择和电气计算,电缆的施工安装、输电线路的参数计算及电缆参数。第Ⅲ篇 保护装置的设计计算,主要介绍电力系统中发生各种故障时的现象、危害,防止电气设备故障的措施,电力系统中各种电气设备的继电保护装置及构成、元件作用。第Ⅳ篇 动力设备的设计计算,主要介绍动力计算的基础,电动机的数据及运行特性,调速和控制特性,各种机械负载的特性。第Ⅴ篇 照明的设计计算,主要介绍各种环境下的照明设计计算。

本手册可供电力系统、电气设备制造、企业供电、建筑工程等部门从事规划设计、运行维护及技术改造等工作的有关技术人员参考,对于大、中专院校有关专业的师生也具有一定的参考价值。

電気設備技術計算ハンドブック

編集委員会 編

電気書院 1981年

*

电气设备设计计算手册

谢小平 陈刚 黄立培 译

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经营

北京昌平长城印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张44¹/₂ 1043千字

1992年8月第一版 1992年8月第一次印刷 印数: 0 001— 3 000册

ISBN 7-118-00883-4/TM·31 定价: 36.70元

译者的话

近年来，电气设备无论在数量上还是在质量上都取得了显著的进步。电能的利用已深深地渗透到日常生活与各种产业之中，设备容量与消耗的电能都显著增加。因此，越来越强烈要求电气技术人员能具有工厂工程师那样的人才素质，能有效地计划、运用电气设备。然而，实际情况是，应该成为设计及施工方针的技术文献和技术书籍非常少，从事实际工作的电气技术人员依据局限的经验进行设计、施工。许多科技人员迫切希望得到一本系统而具体介绍这方面内容的书，为此，我们节译了日本《電気設備技術計算ハンドブック》一书。

本手册是按照如下考虑而编的。对于作为主要电气设备，从受变电设备到地区配电、动力设备、照明设备及保护系统的所有内容，从设计、施工到运行中所必须的技术计算，按系统组成并尽可能地配合设计的顺序进行介绍。若按本手册的介绍进行计算，则可以实行合理的设计，此外还可检查将来运行时是否正确合理。

另外，本手册中所给出的公式，不仅包括理论上导出的公式，而且还广泛收集了现场使用的简略算式、经验公式及根据经验导出的有实用价值的计算方法。特别是在需要复杂计算技术的场合，往往以数据表格的形式给出，增强了实用性。

特别需要提请读者注意的是，本书有如下几个特点：

(1) 收集了对从事电气设备的设计、施工、运行、维修的工程技术人员在日常业务中有实用价值的、易于利用的内容。

(2) 把用于设计的基础数据汇集在表格中。

(3) 对于经常使用到的计算，在实例的基础上，以“例题”的形式加以实用说明。

(4) 对于与设备有关的理论进行了简明易懂的叙述，且提供了必要的数据。

(5) 在应用方面，则按工厂的不同，记载了丰富的应用实例，且考虑到对于其他设备方面也能适用。

(6) 考虑了在使用计算机的计算中应用的有关内容。

为了在我国各类企业中节省资源和能源，对各种设备深入研究越加变得重要。从事电气设备的设计、制造、运行的工程技术人员在原有知识的基础上进行基本的技术计算等已成为更加强烈的要求。从这个意义上来说，本手册亦将得到广泛地利用。

本书节译工作是在黄眉教授主持下进行的。参加节译的有谢小平(第Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ篇)、陈刚(第Ⅰ篇)、黄立培(第Ⅳ篇)。王嗣敏、徐福媛参加了整理、校阅等工作。

由于我们的水平和知识面所限，错误与不妥之处在所难免，希望广大读者给予批评指正。

目 录

第 I 篇 受变电设备的设计计算

1	设备容量的计划和计算	1
1.1	计划的程序	1
1.2	负荷调查与统计	2
1.3	最大需要功率和设备容量的概算	6
1.4	配电电压	12
2	系统设计和计算	16
2.1	受配电方式与供电可靠性的计算	16
2.2	短路故障计算	21
2.3	抑制短路电流的对策	57
2.4	直流电路的短路故障计算	65
2.5	中性点接地系统的短路故障计算	73
2.6	电压波动	93
2.7	功率因数的改善	125
2.8	关于高次谐波的研究	136
2.9	失步现象	167
2.10	计算机在系统解析中的应用	169
3	受变电设备的选择	174
3.1	变压器	174
3.2	开关	228
3.3	避雷器	257
3.4	互感器	271
3.5	开关装置	284
3.6	电力电容器	288

第 II 篇 输电线路设备的设计计算

1	概述	296
2	电缆规格的选择	299
3	电缆的允许电流和电压降的计算	310
3.1	允许电流的计算式和各参数	310
3.2	电压降	320
4	汇流管道的额定电流和电压降	323
4.1	额定电流	323
4.2	短路容量	324
4.3	汇流管道的电压降	325

5 电缆、汇流管道的机械强度	326
5.1 短路	326
5.2 伸缩	328
5.3 敷设时施加于电缆上的力	331
6 线路参数	336
6.1 电阻	336
6.2 电感	339
6.3 静电电容	341
6.4 代表性的电缆线路参数	342
6.5 线路参数计算例	342

第Ⅱ篇 保护装置的设计计算

1 序论	350
1.1 电力设备的可靠性和保护	350
1.2 绝缘配合	351
1.3 继电保护装置	351
2 异常电压的产生	352
2.1 异常电压的种类	352
2.2 雷电波	352
2.3 行波	356
2.4 持续性过电压	364
2.5 接地时的暂态过电压	367
2.6 操作过电压	368
3 电气设备的绝缘强度	371
3.1 绝缘等级和试验电压	371
3.2 设备的绝缘强度	372
3.3 污染与绝缘强度	378
4 避雷器的动作	381
5 受变电设备的绝缘配合	382
5.1 受变电设备的雷屏蔽	382
5.2 接地设计	384
5.3 避雷器的应用	393
5.4 变压器的过渡电压	404
6 继电保护装置	410
6.1 继电保护装置的机能	410
6.2 继电保护装置的构成	410
6.3 保护继电器的动作原理和构造	413
7 仪表用变压器	414
7.1 变流器	414
7.2 零序变流器	417
7.3 测量仪表用变压器	418
7.4 电容型仪表用变压器	418

8	故障计算	122
8.1	阻抗计算	122
8.2	阻抗计算的实际	423
8.3	对称坐标法	428
9	受电回路的保护	446
9.1	受电设备的构成	446
9.2	辐射网受电回路的保护	446
9.3	环网受电回路的保护	448
9.4	平行双回线受电回路的保护	456
9.5	集中供电方式回路的保护	457
10	变压器的保护	460
10.1	变压器保护装置的设置标准	460
10.2	比率差动继电方式	460
10.3	三绕组变压器的比率差动保护方式	463
10.4	比率差动继电器的整定	466
10.5	变压器的过电流保护	466
10.6	变压器的接地保护	466
11	母线保护	467
11.1	母线保护方式	467
11.2	选择母线保护方式	470
12	配电线的保护	472
12.1	配电方式	472
12.2	单端电源配电线的短路保护	473
12.3	两端电源配电线的短路保护	473
12.4	配电系统的接地	476
12.5	接地故障时的电压和电流	479
12.6	配电线的接地保护方式	481

第IV篇 动力设备的设计计算

1	动力计算基础	485
1.1	直线运动	485
1.2	旋转运动	488
1.3	电动机所需输出功率的计算基础	496
2	电动机的铭牌数据及各种特性	501
2.1	铭牌数据与各种特性的关系	501
2.2	电动机的特性	514
3	电动机的起动	533
3.1	加速时间	533
3.2	加速过程中的发热量	541
3.3	起动电阻的计算	545
3.4	各种电动机的起动方法	551
3.5	起动容量与发电机输出功率	557

4. 制动与离合器	561
4.1 制动	561
4.2 离合器	563
4.3 无电压动作(无励磁动作)制动器的实例	564
5. 整流电路	568
5.1 接线方式	568
5.2 整流电压	568
5.3 由整流器构成的逆变装置	574
6. 电动机的调速	579
6.1 调速的一般概念	579
6.2 异步电动机的调速	583
6.3 直流电动机的调速	597
7. 各种负载所需功率计算	604
7.1 泵	604
7.2 送风机	606
7.3 压缩机	609
7.4 卷扬机	611
7.5 起重机	616
7.6 输送机械	621
7.7 电梯与自动扶梯	623
7.8 轧制	626
7.9 压力机	630

第V篇 照明的设计计算

1. 照明设计的步骤	634
1.1 照明设计的条件设定	634
1.2 照明的整体基本规划	638
2. 照明设计的作业	644
2.1 电灯	644
2.2 照明器具	658
2.3 照明器具的配置	665
2.4 照度设计的确定方法	672
2.5 室内平均照度的计算	687
2.6 逐点照度计算法	697

第 I 篇 受变电设备的设计计算

1 设备容量的计划和计算

1.1 计划的程序

1.1.1 基本要求

受电配电设备[●]的作用是以良好的效率供给负荷所需要的电能。但是，对于各种用户来说，负荷设备的种类、大小、台数、配置状况等等，是各不相同的。因此，没有一种能适用各种用户的所谓标准的受电配电系统。所谓合适的受电配电设备，主要是指根据用户的实际条件，从各个方面仔细地考虑，进行综合平衡，而能取得较满意效果的设备。

在计划受电配电系统时，必须从各方面进行研究。基本要求如下：

- (1) 安全性；
- (2) 可靠性；
- (3) 经济性；
- (4) 操作、使用简单；
- (5) 检查维修容易；
- (6) 电压波动小；
- (7) 注意环境对策；
- (8) 考虑将来发展。

以上的(1)~(3)项是基本要求，(4)~(8)项是由(1)~(3)内容引出的。

1.1.2 受电配电设备的计划程序

受电配电设备的计划首先从负荷调查开始，通过多次研讨，最终整理成电气系统图、配置图、所需费用等各种形式的文件。在工作过程中必须既要考虑前面的1.1.1节中的基本要求，还要多方面的进行技术上的计算研究，这势必头绪纷乱，所使用的方法、考虑的问题也是复杂困难的。但一般情况下，若按下述的程序进行，可以提高工作效率。

- (1) 负荷调查；
- (2) 了解负荷设备的分布；
- (3) 推算最大需要功率；
- (4) 调查特殊负荷；
- (5) 洽商受电条件；
- (6) 研究自备电源；
- (7) 计算变压器容量；

● 接受电力公司供电的变电配电设备。

- (8) 选择配电电压;
- (9) 作出单线系统图的草案;
- (10) 计算短路电流;
- (11) 计算电压波动;
- (12) 选择保护装置;
- (13) 研究控制方式;
- (14) 调查环境条件;
- (15) 选择变电所的形式;
- (16) 确定所需面积;
- (17) 检查增加设备的措施;
- (18) 作设备规格明细表;
- (19) 重复检验;
- (20) 比较方案。

1.2 负荷调查与统计

1.2.1 负荷调查

在进行设计时, 首先着手的工作是负荷调查。由于采用何种设备是根据负荷的内容决定的, 它们是选择设备的基础资料, 因此必须获取尽可能正确的内容。

在进行设计时负荷都尚未知道, 另外在调查过程中负荷也可能要发生变更, 所以很多方面不得不是由推断得出的近似结果。因此, 除采用那些已经明确的负荷部分外, 可以参考过去的经验以及其他各种统计数据, 依此进行推定计算。

表1.1、表1.2是各种产品、建筑物等所需电力的例子。表1.3、表1.4是各种产业或设备的需要率、负荷率等。

$$\text{需要率} = \frac{\text{最大需要功率 (1小时平均)}}{\text{总设备容量}} \times 100(\%) \quad (1.1)$$

$$\text{负荷率} = \frac{\text{负荷的平均功率}}{\text{最大需要功率 (1小时平均)}} \times 100(\%) \quad (1.2)$$

$$\text{不等率} = \frac{\text{各负荷的最大需要功率之和}}{\text{总的最大需要功率}} \geq 1 \quad (1.3)$$

表1.1 每单位产量所需电能的例子

产品或工业种类	单位	电能 (kWh)	产品或工业种类	单位	电能 (kWh)
石油精炼	kl	15	甲醇	t	2200
棉纱 (20号)	t	1430	平板玻璃 (普通厚度)	10 ³ 箱	12100
棉布	10 ³ m ²	210	高炉生铁	t	50
尼龙 (长纤维)	t	8500	电炉钢	t	800
聚酯纤维 (短纤维)	t	1700	铁锰合金	t	3800
纸浆 (漂白牛皮纸浆)	t	650	电解铜	t	550
西洋纸 (上等)	t	1000	铅	t	18800
电石	t	3300	城市煤气 (制造)	10 ³ m ³	60
纯碱 (电解法)	t	3500			

表1.2 建筑物所需电力的参考值

(a) 给与1勒克司光照所需的瓦数

房间种类	器具种类	每平方米1勒克司光照所需瓦数
居 室	普通玻璃灯罩	0.33 (0.11~0.17)
办 公 室	普通玻璃灯罩	0.22(0.07~0.11)
	球形灯罩	0.24(0.08~0.12)
	半间接式照明灯具	0.30(0.1~0.15)
	间接式照明灯具	0.36(0.12~0.18)
工 厂	金属反射灯罩	0.22(0.07~0.11)

注：() 内表示采用日光灯照明的方式。

(b) 每单位面积的电灯插座设备的伏安数

建 筑 物 的 种 类	(VA/m ²)
工厂, 大会堂, 寺院, 教会, 剧场, 电影院, 曲艺场, 舞厅	10
旅馆, 俱乐部, 学校, 餐馆, 茶室, 饮食店, 公共浴室	20
住宅, 公寓, 商店	30
高层建筑物	15~40

注：(1) 对于商店另外要加算入厨房及广告用负荷。

(2) 对于剧场、电影院、舞厅等, 要另外加算用于舞台、照明、放映等的电灯负荷。

(c) 高层建筑物的动力设备所需电力

负 荷 分 类	(VA/m ²)	
冷 气 设 备	20~70	
一 般 用	给排水卫生用	4~20
	电 梯 用	7~15
	通讯设备用	3~4
	电子计算机用	3~6
	总 计	15~40

表1.3 需要率等参考值

(a) 生产工厂的需要率

种 类	需 要 率	种 类	需 要 率
矿山冶炼	50~60	陶器制造业	65~75
煤炭	50~60	钢铁工业	40~60
建筑业	45~60	制铝工业	50~60
食品工业	50~65	金属工业	35~50
纤维工业	55~75	机械工业	35~50
造纸, 纸浆工业	60~75	煤气(制造)	40~60
化学工业	60~80	煤气(供给)	70~90
制盐	70~80	造船厂	30~45
石油精制	50~70	自来水厂	55~80
橡胶	50~60		

(b) 高层建筑的需要率

分类	建筑物的种类	
	百货店 出租店铺	事务所 高层大楼
电灯负荷需要率	74.1~100.5	43.2~78.4
动力负荷需要率	38.0~63.3	41.0~53.8
冷气设备负荷需要率	44.7~57.7	56.3~80.2
综合需要率	47.9~62.7	41.4~55.1

(c) 动力负荷的需要率

负 荷 种 类	需要率的范围 (%)	决定输入容量的需要率 (%)
泵、压缩机、升降机、送风机	20~60	40
各种工厂半连续运转的电动机	50~80	60
纺织厂之类的连续运转的电动机	70~100	90
电弧炉	80~100	100
感应炉	80~100	80
弧焊机	30~60	40
电阻焊接机	10~40	30
电阻式加热器、干燥机	80~100	90

(d) 电灯负荷的需要率

类 别	电 灯 负 荷 的 需 要 率 (%)		
	最 小	最 大	平 均
住宅 (10盏灯以上)			10~30
商店			40~100
事务所, 银行			57~87
西餐馆			52~62
工厂			53~56
旅馆			28~55
学校	54.40	84.30	68.62
停车场			75~95
剧场, 会馆			49~80
商业地区	79.90	95.00	87.76
工业地区	69.90	95.00	73.26
住宅地区	23.80	96.60	56.94
医院	38.14	70.00	51.26

(e) 负 荷 率

单位 (%)

类 别	负 荷 率	类 别	负 荷 率
矿山冶炼	60~75	钢铁工业	40~65
煤炭	60~70	制铝工业	90~95
食品工业	50~65	金属工业	55~75
纤维工业	55~85	机械工业	30~50
造纸、纸浆工业	70~90	船 舶	35~45
化学工业	70~90	国营铁路	50~65
制盐	70~90	私营铁路	45~60
石油精炼	75~80	煤 气	60~75
橡胶	40~60	自来水厂	70~80
陶器制造业	60~85		

(f) 不 等 率

分 类	不 等 率	分 类	不 等 率
照明变压器与动力变压器之间	1.10	动力变压器相互之间	1.36

表1.4 各类负荷的功率因数

	负 荷 种 类	功率因数概略值 (%)			功率概略值	
		满载	1/2 负荷	空载		
电 灯 类	白炽灯	100			5W~100kW	
	弧光灯	30~70			1~3kW	
	霓虹灯	40~50			30~150W	
	高压水银灯	50			300W	
	钠蒸汽灯	70			100W	
电 动 机 类	三相感应 电动机	0.75kW (4极鼠笼式低压)	82	68	16	
		7.5kW (6极绕线式低压)	86	72	14	
		75kW (8极绕线式高压)	86	72	11	
		750kW (20极绕线式高压)	80	66	6	
		750kW (60极绕线式高压)	68	50	5	
	单相感应电动机	0.1kW(分相起动作)	62	43	21	
		0.2kW(推斥起动作)	66	45	18	
		0.4kW(推斥起动作)	72	54	17	
		台式电风扇	65~75			40W
		吊 扇	50~70			100~150W
电钻(交直流两用)		90			100~800W	
电 热 器 类	普通电热器	100			20W~100kW	
	感应电热器	85			1~100kW	
	暖 风 机	99			1kW	
杂 项	交流弧焊机	30~40			5~20kW	
	交流电阻焊接机	65			1~50kW	
	电弧炉	85			100~10,000kW	
	低频感应炉	60~80			50~500kW	

根据这些表,由工厂生产品种和生产量或建筑物的用途、规模(总面积)等可以概算出需要功率、设备容量等等。

这类表,抓住了总容量作为计算需要功率、契约功率的参考。但是,要进行配电系统的设计,仅有这样的结果是不够的,还应包括随之出现的负荷的配置关系,有必要把它们都收集统计出来,因此必须作出分成适当区划的分区负荷表。

1.2.2 负荷表

因为负荷表须把负荷设备的容量和配备位置一台一台进行整理,列表格的形式,所以是件麻烦的工作,但是,这又是十分必要的。

在负荷表中,对于尚未确定的负荷可依照各种参考资料来推算,当有准确数值时进行订正。负荷按其使用电压分类统计,并记入设备台数与经常运行的台数。另外,还须将初期工程与二、三期工程分开,分别作表。在统计负荷表时,须对负荷的重要性进行

分级评价。例如，绝对不许停电或停止运转的负荷；允许数分钟的停电、停止运转，但原则上必须继续运转的负荷；在工厂的生产过程中，建筑物的设备中等必须考虑连续运转的负荷；以及根据情况作为限负荷对象的停电或者可能部分停电的负荷等，就这些情况预先加以研究。

1.3 最大需要功率和设备容量的概算

1.3.1 最大需要功率

在决定变电所的设备容量或者确定契约功率时，必须知道其最大需要功率。另外，在决定分区变电所的设备容量方面，也必须知道各分区的最大需要功率。

由表1.1至表1.4，可以根据每单位产量所需电能或设备容量和需要率推算出最大需要功率。这种方法虽然是粗略的，但由于它是过去的实际数据的平均值，因此可以参考。为了求其真实结果，必须作出1.2.2节所述的负荷表。另外，最大需要功率还必须考虑变压器、线路导线等送配电设备中产生的功率损耗。功率损耗可以由变压器的容量、负荷率、电缆线路的规格与通过电流等经过计算求得。

1.3.2 变压器及线路电缆的功率损耗的计算

变压器以某负荷率使用时的功率损耗可以由变压器的效率求得：

$$\text{变压器的效率} = \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \times 100\% = \frac{\text{输出功率}}{\text{输出功率} + \text{内部损耗}} \times 100\% \quad (1.4)$$

$$\text{变压器的内部损耗} = \frac{\text{输出功率} \times 100}{\% \text{效率}} - \text{输出功率} = \text{输出功率} \times \frac{100 - \% \text{效率}}{\% \text{效率}} \quad (1.5)$$

变压器一般效率较高，大容量变压器效率在99%左右，小容量的配电变压器的效率也达97~98%。所以，在实用上为了计算简单，在效率为99%的情况下，将余下的1%的损耗部分，可用输出功率×0.01来近似。

$$\text{简易算法的功率损耗} = \text{输出功率} \times \frac{100 - \% \text{效率}}{100} \quad (1.6)$$

例 1.1 5000kVA 的变压器的效率为99%时，有下式：

$$\text{详细算法的功率损耗} = 5000 \times \frac{100 - 99}{99} = 50.5 \text{ kW}$$

$$\text{简易算法的功率损耗} = 5000 \times \frac{100 - 99}{100} = 50 \text{ kW}$$

上述是100%负荷率时的值，而变压器很少以100%的负荷率连续运行。在计算设备容量时，由于系统运行的原因等，一般使用在55~75%的程度。但若由假设的负荷百分数计算，则前面所述的差别也不成问题，所以可以采用简易算法。

变压器的内部功率损耗从大的方面可进一步分为铁损和铜损。一般铁损与铜损大约是1与3~3.5之比，铁损与变压器的负荷率无关，大致上是一定的。与此相反，铜损是根据 I^2R 的关系，随着负荷率而大幅度的变化（负荷率为50%时，因 $0.5^2=0.25$ ，是100%负荷率的 $1/4$ ）。因此功率损耗的计算，若不采用实际负荷率，则不符合实际情况，但这样做很麻烦。对于用于安全方面的概算值，可以使用100%的负荷率时的值。

下面给出以某负荷率使用时变压器功率损耗的计算方法。

- (1) 从空载到满载, 铁损与负荷率无关, 认为一定;
 (2) 铜损按负荷率的平方增减;
 (3) 铁损与铜损的合计作为变压器的全部损耗;
 (4) 变压器的负荷率为 100%、效率为 99% 的时候, 余下的 1% 是铁损 + 铜损的全部损耗;

(5) 由 100% 负荷率时的效率与 50% 负荷率时的效率 (75% 负荷率时的效率也可以), 把内部损耗分解成铁损和铜损。

若设 100% 负荷率时的损耗 = 铁损 + 铜损 = X , 50% 负荷率时的损耗 = 铁损 + 铜损 / 4 = Y , 则

$$X - Y = \frac{3 \times (\text{铜损})}{4} \quad (1.7)$$

$$\text{铜损} = \frac{4 \times (X - Y)}{3} \quad (1.8)$$

$$\text{铁损} = X - \text{铜损} \quad (1.9)$$

(6) 由所要计算的变压器的负荷率算出铜损后, 把它与铁损相加作为在此负荷率下的变压器的功率损耗。

例 1.2 变压器容量是 5000kVA, 变压器的效率在 100% 负荷率时为 99.08%, 75% 负荷率时为 99.18%, 50% 负荷率时为 99.20%。求变压器负荷率为 65% 时的功率损耗。

解 100% 负荷率时的损耗 = $5000 \times (1 - 0.9908) = 46 \text{ kW}$

50% 负荷率时的损耗 = $5000 \times (1 - 0.9920) = 20 \text{ kW}$

若设铁损为 W_F , 铜损为 W_C , 则

$$46 = W_F + W_C$$

$$20 = W_F + \frac{W_C}{4}$$

$$46 - 20 = (W_F + W_C) - \left(W_F + \frac{W_C}{4} \right) = W_C - \frac{W_C}{4} = \frac{3W_C}{4} = 26$$

$$W_C = \frac{4 \times 26}{3} = 34.67 \text{ kW}$$

$$W_F = 46 - 34.67 = 11.33 \text{ kW}$$

65% 负荷率时的铜损 = $34.67 \times (0.65)^2 = 14.65 \text{ kW}$

65% 负荷率时的全部损耗 = $11.33 + 14.65 \approx 26 \text{ kW}$

所求的答案约为 26 kW。

线路电缆的功率损耗, 由所使用的电压及电流通过的路径产生各种损耗, 而对于一般需要的人来说, 为了求得需要功率, 在计算功率损耗部分时, 根据线路的电阻 R 和通过的电流 I , 利用 $I^2 R$ 求出其值即可。

关于母线及线路电缆的电阻值, 参考其他章节中所记载的数值, 关于通过的电流 I , 由负荷表中的需要功率, 用功率因数对电流值进行修正, 然后进行计算即可。

若用 R 表示每根线路电缆的电阻, I 表示通过的电流, 则三相电路的功率损耗,

$$W_L = I^2 R \times 3$$

在距离短、电流小的场合, 此值可以忽略, 而大电流、长距离的时候则不能忽略。

例 1.3 250mm^2 的三心电缆, R 为 $0.0756\Omega/\text{km}$, 在流过 500A 的电流时, 每公里的功率损耗为

$$W_L = 500^2 \times 0.0756 \times 3 = 56700\text{W} = 56.7\text{kW}$$

对变压器、线路之类的功率损耗一一加以计算是麻烦的, 在概算中, 可以把全部负荷需要功率的 $5\sim 10\%$ 作为功率损耗进行估算。

1.3.3 需要功率与设备容量

如果已知需要功率又知道负荷的功率因数, 则由此可决定必须的供给容量。在决定送配电的设备容量时, 必须根据配电系统的运行、电压波动、维护检修, 今后的发展、短路电流与设备定额之间的关系, 从经济上对设备计划等各个方面加以研究, 归纳出能满足这些要求的内容。

在先前的负荷调查中, 应将所得内容分成初期部分与将来部分。在设置后的数年内必须增加设备的情况下, 是到必须增加的时候再增加呢, 还是在初期就同时设置呢? 关于这个问题, 要在它们之间进行有关经济性比较的研究。一般的说, 约五年以后, 对于负荷容量的大量增加, 作为二期工程在后期设置是经济的, 在一到二年的比较近的将来, 负荷容量少量增加时, 在初期就同时设置就变得经济。基本上是估计最终阶段的情况, 设置其中的一部分设备, 这样做是正确的, 也是最经济的方法。即使在难以决定最终阶段的情况时, 例如要估计十年后的情况, 若经过考虑也容易解决。

即使是将来不增加设备, 负荷基本也不变的情况下, 但由于预想的与实际的误差、设备的更新、增添少量设备等, 要留有余地。一般来说, 也须要估计约 $10\sim 20\%$ 的裕度。在制定电气设备计划时, 必须考虑到设备的故障。由于突然事故而造成的损失, 通常比电源设备的费用还大, 损失额相差悬殊。恰当的做法是, 即使根据负荷的情况, 允许电源设备有片刻的停电 (数秒~数分钟), 但在设计时也不允许有长时间的停电 (10min 以上)。根据这个条件 (可以用必须的最低限度供电可靠性来评价), 首先第一步是严格执行安全检查、进行预防性维修、减少突然性事故的发生频率; 其次是必须尽可能设法利用系统的切换操作等使停电的地方尽早恢复供电。

为了通过系统的切换操作进行供电, 作为电源设备就必须要有备用容量。一个明显的例子是, 一台变压器时, 必须有另外一台作为备用, 两台变压器时, 认为不可能两台同时故障, 此时也必须采用预置一台备用变压器的复式系统。

因此, 需要功率与设备容量虽然没有一定的比例关系, 但根据从另外的角度研究的结果 (请参照下一节), 一般取下面的比例:

必须供给容量: 设备容量 $\approx 1:1.5\sim 2.5$

1.3.4 设备容量的概算

在计算确定设备容量时, 需要深入研究的项目有如下几项:

(1) 将来的发展计划

如前面需要功率与设备容量中所述, 根据经济性方面的考虑, 必须建立预测到的将来十年的设备设置的顺序表 (概略的即可)。另外还要整理出需要功率随年度的变化, 根据必须供给容量与设备容量之间的关系进行计算。

(2) 系统的运行方式

即必须设法在维修、发生事故等时候能切换系统, 继续向负荷供电。系统运行方式