

海洋平台 UPS 选型计算研究

郭治贵, 姚小华

(上海利策科技股份有限公司, 上海 200233)

摘要 不间断电源(UPS)是海洋石油平台供电系统的重要设备,在正常电源及应急电源失效后,满足通信、仪表控制、电气保护、关键机械设备的控制盘或工作站等重要负荷的供电要求。论述了 UPS 选型计算方法,并以某海洋石油平台 UPS 选型为例,进行了工程计算。所提出的计算方法简便易行,可用于海洋石油平台的电气设计。

关键词 海洋平台;供电系统;不间断电源;重要负荷;选型计算

中图分类号 TE54;TM744

文献标志码 A

文章编号: 2095-7297(2015)03-0201-04

UPS Sizing Calculation for Offshore Platform

GUO Zhi-gui, YAO Xiao-hua

(Shanghai Richtech Engineering Co., Ltd., Shanghai 200233, China)

Abstract Uninterruptible power supply (UPS) is a key device in the electrical system on the offshore oil platform. It supplies the key loads such as the communication equipment, instrument control, electric protection, and control panels or workstation for the key machines when the normal and the emergency power supplies both fail. We deal with the calculating method for sizing of UPS and perform engineering calculation on the UPS sizing of a certain offshore platform. It is proved that the calculating method is simple and convenient, and can be used for the electrical design of other offshore oil platforms.

Key words offshore platform; power supply system; uninterruptible power supply; key loads; calculation for sizing

0 引言

海洋石油平台上不间断电源(UPS)作为临时应急电源,当主发电机停运并且应急发电机失效时,为平台上仪表的工艺控制系统(PCS)、紧急关断(ESD)、火气系统(F&G)、通信系统设备、电气系统控制保护设备和重要机械设备的控制盘或工作站等重要设备供电。这些设备直接关系到人员及设施的安全^[1]。因此,正确进行 UPS 的选型计算在海洋平台电气设计中极为关键。科学的 UPS 选型计算方法及计算实例在海洋石油平台的电气设计工作中具有十分重要的实际应用价值。本文详细介绍了 UPS 的选型计算方法,并通过实例进行核实计算,证明该计算方法简便易行。

1 计算方法

UPS 的选型计算一般包括 UPS 容量、蓄电池

容量、充电机额定电流和逆变器额定电流的确定。其中 UPS 容量的确定又要以负荷计算为依据。下面分别加以说明。

1.1 UPS 预期负荷计算

首先确定 UPS 系统支持的负荷类型及数量,再将需要 UPS 供电的用电设备额定功率逐一输入到负荷计算书内,然后进行累加^[2]。在此基础上绘制负荷轮廓曲线、计算 UPS 容量及相应的电池容量。

使用自持法构建 UPS 系统负荷轮廓曲线。将自持时间内需要 UPS 供电的瞬时负荷体现在曲线图中,利用负荷轮廓曲线计算出 UPS 设计负荷(S_d)和设计能量需求(E_d),其中的自持时间是指电力系统供电中断后,用电设备需要 UPS 支持供电的小时数。自持时间可按如下经验取值:仪表设备(PCS、ESD、F&G、现场控制盘、仪表盘)自持时间取 0.5 h;所有电气盘柜的保护回路,需要的自持时间

收稿日期:2015-05-04

作者简介:郭治贵(1964—),男,工程师,主要从事海洋石油平台电气设计研究。

取0.5 h;所有通信设备的自持时间取1 h。

负荷曲线的具体构建方法如下:将收集的负荷清单转化为电气负荷表,不考虑负荷的性质分类(连续、间断、备用),将所有负荷视为连续工作负荷,并将有功功率换算为视在功率(S),其中负荷功率因数按0.5计算。将负荷表中的负荷容量及负荷的自持时间单独列表,形成负荷计算表,其中负荷用视在功率。再以时间(单位h)为横轴,用电负荷容量(单位V·A或kV·A)为纵轴构建坐标图;然后对每一个用电负荷以其自持时间为宽度,以其容量为高度构建能量方块(这个能量方块直观地反映了用电设备消耗的能量);最后将各个能量方块在坐标图中堆叠起来就构成了负荷轮廓曲线。在堆叠能量方块时,先放自持时间最长的方块,再依次按时间由大到小的顺序将各方块堆叠起来,所有方块左边与纵轴对齐。

接下来计算设计负荷及能量需要。设计负荷是整流器、逆变器、电缆、熔断器、断路器等功率转换、分配、保护装置的瞬时功率,计算公式为

$$S_d = S_p(1 + k_g) \times (1 + k_c), \quad (1)$$

式中: S_p 为UPS总用电负荷的视在功率峰值,来源于负荷轮廓曲线的顶部纵坐标; k_g 为未来增长系数,主要是考虑未来负荷增长的可能性,按10%考虑; k_c 为计算裕量系数,主要是考虑在负荷统计过程中,可能存在评估不准确问题及由于维修不当引起的不理想的运行条件,其取值为10%。

设计能量需求计算公式为

$$E_d = E_t(1 + k_g) \times (1 + k_c), \quad (2)$$

式中: E_t 为用电设备总的能量需求,由负荷曲线下的面积求和得出。

1.2 蓄电池选型及计算

1.2.1 选择电池类型及其特性

蓄电池选型应考虑如下几个因素:蓄电池的物理特性(如尺寸、重量、容器材料、内部电池联接、接线端子)、应用设计寿命、各电池预期寿命、放电的频繁度及深度、环境温度、充电特性、维修要求、通风要求、电池定位要求和振动因素。

目前应用于UPS的蓄电池主要有两类,一类是镍镉蓄电池(碱性蓄电池),另一类是阀控式密封铅酸蓄电池(VRLA),后者又分为胶体电池(GEL)和吸液式或贫液式电池(AGM),贫液式电池比胶体电池用得更多。

与铅酸蓄电池比较,碱性蓄电池有结构坚固、维护简便、腐蚀性小、寿命长、耐过充电和过放电能力强、自放电电流小等优点,并且可以用不同的板极结构来适应不同倍率电流的放电,但其造价比铅酸蓄电池高。

在工程设计时,需根据业主规格书要求及项目的具体情况确定蓄电池的类型。

蓄电池的特性可由制造商的数据表获得,在进行计算时需要收集如下特性数据:蓄电池容量、电池温度、满充时电极密度(对铅酸蓄电池而言)、电池浮充电压和电池终止放电电压(EODV)。

1.2.2 确定串联电池数量

对于特定的具体蓄电池组额定电压,对应的串联电池数量是确定的,如表1所示。

表1 蓄电池组中的电池数量
Table 1 Number of cells in battery group

蓄电池组额定电压/V	铅酸电池数量	镍镉电池数量
12	6	9~10
24	12	18~20
48	24	36~40
125	60	92~100
250	120	184~200

1.2.3 确定蓄电池组的容量

在整个指定的自持时间内,在满足设计负荷要求的情况下,要求的最小的蓄电池容量取值可按以下公式计算:

$$C_{\min} = \frac{E_d(k_a \times k_t \times k_c)}{V_{dc} \times k_{dod}}, \quad (3)$$

式中: C_{\min} 为蓄电池最小容量; E_d 为整个自持时间内的设计能量需求; k_a 为电池老化系数(或衰减系数),为了确保蓄电池在其使用寿命期内满足容量要求,考虑1.25的衰减系数; k_t 为温度修正系数,蓄电池的容量一般是按25℃的标准操作温度给出的,而安装现场的实际环境温度可能不同,因此需要考虑温度修正系数,对通气型电池,IEEE485给出了指导值; k_c 为容量倍率系数,考虑到蓄电池放电期间的电压降低,引入该系数,其值可用制造商的推荐值[对于镍镉电池,IEEE1115的附录C对浮充电使用的情况建议取值为额定容量的安时值除以放电电流的安培值(针对指定的放电时间和终止放电电压)];

V_{dc} 为蓄电池组所联接的直流母线标称电压; k_{dod} 为蓄电池的最大放电深度系数。

选择蓄电池组的容量时,其值应大于按式(3)计算的结果,同时应指定蓄电池的放电率,也就是蓄电池的规格应包括安时容量和放电率(如 500 A·h,C10)

1.3 UPS 选型计算

1.3.1 UPS 容量选择

根据 UPS 的所有用电负荷并不同时工作的实际情况,在考虑整个 UPS 的额定容量时,需要引入一个同时系数 k_s ^[3],一般按 0.8~1.0 考虑。按照前面的计算步骤算出设计负荷后,再乘以同时系数,由此来选择 UPS 的额定容量。一般的供货商有标准的额定容量,因此,只要在其标准序列中选比计算负荷大的第一个标准值即可。

1.3.2 整流器/充电器的选型

根据以满负荷给逆变器供电的同时又以最大的充电电流给蓄电池充电的要求来选择整流器/充电器。设计直流负荷电流的计算公式为

$$I_{l,dc} = S/V_{dc}, \quad (4)$$

式中: $I_{l,dc}$ 为设计直流负荷电流(满负荷),A; S 为选择的 UPS 额定容量, $V \cdot A$; V_{dc} 为蓄电池组所联接的直流母线标称电压,V。

最大的蓄电池充电电流计算公式为

$$I_c = C \times k_1/t_c, \quad (5)$$

式中: I_c 为最大的直流充电电流,A; C 为 UPS 相对应的蓄电池选型容量,A·h; k_1 为蓄电池的再充电效率(损失系数),典型取值是 1.1; t_c 为蓄电池最小充电时间,h。

整流器/充电器的最小电流为 $I_{dc} = I_{l,dc} + I_c$ 。选择额定电流大于计算结果的整流器/充电器即可满足要求。

1.3.3 逆变器选型

为了持续为 UPS 负荷供电,逆变器的额定参数可使用设计交流负荷电流(基于 UPS 额定容量, $kV \cdot A$)来选取^[4]:

$$\begin{cases} \text{三相 UPS} & I_l = S/(\sqrt{3}V_o) \\ \text{单相 UPS} & I_l = S/V_o \end{cases}, \quad (6)$$

式中: I_l 为满负荷时的设计交流负荷电流,A; V_o 为标称输出电压。选取额定电流超过设计交流负荷电流的逆变器可满足要求。

2 计算实例

以 BZ34-1 油田开发项目中的 WHPE 平台的 UPS 选型为例,进行实际工程计算。

2.1 UPS 预期负荷计算及负荷轮廓曲线

UPS 用电负荷统计如表 2 所示。按表 2 的信息可以构建如图 1 所示负荷轮廓曲线。

表 2 UPS 负荷表

Table 2 UPS loads

用电设备描述	负荷容量/(kV·A)	自持时间/h
电气负荷	7.765	0.5
仪表负荷	14.275	0.5
通信负荷	10.726	1

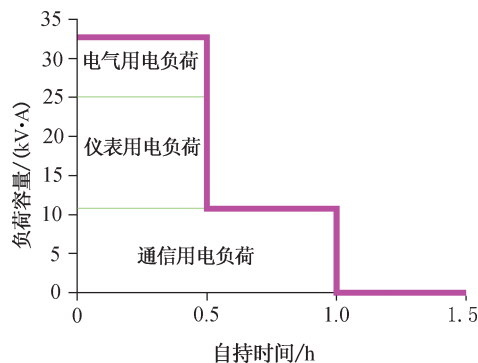


图 1 负荷轮廓曲线

Fig. 1 Contour line of loads

图 1 中负荷峰值 $S_p = 32.766 \text{ kV} \cdot \text{A}$,则设计负荷为

$$S_d = S_p(1+k_g) \times (1+k_c) = 32.766 \times (1+0.1) \times (1+0.1) = 39.647(\text{kV} \cdot \text{A}).$$

2.2 设计能量需求

图 1 中负荷曲线下的面积为 $E_t = 21.746 \text{ kV} \cdot \text{A} \cdot \text{h}$,则设计能量需求即用电设备总的能量需求为

$$E_d = E_t(1+k_g) \times (1+k_c) = 21.746 \times (1+0.1) \times (1+0.1) = 26.313(\text{kV} \cdot \text{A} \cdot \text{h}).$$

2.3 蓄电池选型及计算

BZ34-1 WHPE 平台根据项目环境条件,选用镍镉电池,蓄电池组电压选用 250 V,查表 1 可知电池个数可为 192 只。取 $k_a = 1.25$;根据该项目的最高环境温度 34.6 °C,按 IEEE485 取 $k_t = 0.93$;取 $k_c = 1.1$;取 $k_{dod} = 0.8$; $V_{dc} = 250 \text{ V}$ 。因此有

$$C_{\min} = \frac{26\,313 \times (1.25 \times 0.93 \times 1.1)}{250 \times 0.8} \\ = 168.24 (\text{A} \cdot \text{h}).$$

显然,选取 200 A·h, C10 较为合理。

2.4 UPS 选型计算

首先是 UPS 容量选择。BZ34-1 WHPE UPS 的设计负荷 $S_d = 39.647 \text{ kV} \cdot \text{A}$, 同时系数 k_s 取 0.85 时的实际计算负荷为

$S_{dr} = S_d \times k_s = 39.647 \times 0.85 = 33.70 (\text{kV} \cdot \text{A})$, 选用 40 kV·A 的 UPS 即可满足要求。

其次是整流器/充电器的选型。直流负荷电流

$$I_{l,dc} = S/V_{dc} = \frac{40\,000}{250} = 160 (\text{A});$$

最大的蓄电池充电电流在 $t_c = 2 \text{ h}$ 时为

$$I_c = \frac{C \times k_l}{t_c} = \frac{200 \times 1.1}{2} = 110 (\text{A}).$$

因此,整流器/充电器的最小电流为

$$I_{dc} = I_{l,dc} + I_c = 160 + 110 = 270 (\text{A}).$$

根据以上计算结果,可选 300 A 的整流器/充电器。

最后是逆变器选型。WHPE 平台的 UPS 的

230 V 母线为单相二线制,则

$$I_l = S/V_o = \frac{40\,000}{230} = 173.91 (\text{A}).$$

选取额定电流 200 A 的逆变器即可满足要求。

3 结 语

UPS 是海洋石油平台上的临时应急电源,其选型计算直接关系到生产安全。本文针对 UPS 选型计算给出了简便易行的计算方法。对已完成的 BZ34-1 油田开发项目中的 WHPE 平台上 UPS 选型进行了核实计算,验证了该计算方法。本研究可为今后海洋石油平台的电气设计提供参考。

参 考 文 献

- [1] 中国船级社. 海上移动平台入级与建造规范[S]. 2005.
- [2] 海洋石油工程设计指南编写组. 海洋石油工程设计指南(第三册)[M]. 北京:石油工业出版社,2007.
- [3] 任会元. 工业与民用配电设计手册(第三版)[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [4] Open Electrical. AC UPS sizing [EB/OL]. http://www.openelectrical.org/wiki/index.php?title=AC_UPS_Sizing.

• 书 讯 •

船舶 CAD/CAM

上海市“085工程”资助出版精品教材

战翌婷 编

上海交通大学出版社出版

定价:¥42.00

内容简介:

本书是船舶与海洋工程专业的专业基础课程教材。围绕教学目标,本教材介绍了船舶 CAD/CAM 的有关概念和方法,着重从二维船舶绘图和三维船舶设计两个方面进行介绍并描述。以 CAD/CAM 实际知识为主线,从综合运用角度出发,将 CAD 的基本理论、CAM 的基本思路与方法与大量实例结合进行介绍和描述。力图使读者在学会使用软件的同时,加强由二维到三维思维模式的转换和空间想象能力,巩固设计理论、丰富实践经验。

目 录

- 1 CAD/CAM 技术概述
- 2 船舶 CAD 基本绘图
- 3 船舶 CAD 绘图编辑
- 4 CAD 二次开发图形绘制
- 5 船舶结构基本图形绘制
- 6 SolidWorks 基本 3D 绘图操作

- 7 船舶结构 3D 建模
- 8 SolidWorks 宏命令绘图编辑
- 9 SolidWorks 装配体设计
- 10 船舶 CAD 软件设计
- 参考文献

船舶CAD/CAM

