

浅谈电焊设备的配电设计

梁 静

(中国航空规划建设发展有限公司, 北京 100120)

摘 要:分析了电焊机的配电特点,包括电焊机有功功率的计算、隔离电器和短路保护电器的选择等,介绍了解决电焊机电压偏差问题的方法,并以某大型钣金焊装厂房为例,分析变压器容量的选择及适用于该厂房负载特点的无功功率补偿方法。

关键词:电焊机;配电设计;设备功率;隔离电器

0 引言

工业厂房的配电设计往往不同于一般民用建筑,在完成了某大型焊接厂房设计后,笔者总结了电焊机配电的一些特点,在下面将进行详细介绍。

1 电焊机配电设计

1.1 电焊机的设备功率

一般情况下我们只能从电焊机产品手册或铭牌上得到其额定容量,由于其自身的运行特点,电焊机工作周期很短,一般都小于 1 min,负载持续率很低,所以配电时电焊机的设备功率应是将额定容量换算到负载持续率 $\epsilon=100\%$ 时的有功功率。根据文献[1],其换算公式为:

$$P_e = S_r \sqrt{\epsilon_r} \cos\varphi_r$$

式中, S_r 为电焊机的额定容量(kVA); ϵ_r 为负载持续率(%); $\cos\varphi_r$ 为额定功率因数,见文献[1]表 1-1、表 1-7。

电焊机种类不同,其负载持续率也各不相同,设计时应根据工艺专业提供的电焊设备额定容量,将其换算到负载持续率 $\epsilon=100\%$ 时的有功功率。

1.2 电焊机保护电器的选择

电焊机配电设计中关键之一就是保护电器的选择。当我们确定了某台电焊机的有功功率以后,下一步就是根据有功功率计算出合适的保护电器。根据相关设计规范和文献[1],电焊机保护电器的选择应满足以下要求:

(1) 每台电焊机的配电线路应装设隔离电器和短路保护电器。

(2) 短路保护宜采用熔断器或低压断路器的瞬时脱扣器。采用熔断器时: $I_n \geq K_c I_{th} \sqrt{\epsilon_r}$ (适用于交流弧焊变压器、弧焊整流器、电渣焊机); $I_n \geq 0.7 I_{th}$ (适用于电阻焊机)。采用断路器时:

$$I_{set3} \geq K_{c3} I_{th}$$

式中, I_n 为熔断器的额定电流(A); I_{set3} 为低压断路器瞬时脱扣器的整定电流(A); I_{th} 为电焊机一次侧额定电流(A); ϵ_r 为电焊机额定负载持续率(%); K_c 为计算系数,一般取 1.25; K_{c3} 为低压断路器瞬时脱扣器计算系数(查文献[1]得)。

(3) 采用低压断路器的长延时脱扣器做过载保护时:

$$I_{set1} \geq K_{c1} I_{th} \sqrt{\epsilon_r}$$

式中, I_{set1} 为低压断路器长延时脱扣器的整定电流(A); I_{th} 为电焊机一次侧额定电流(A); ϵ_r 为电焊机额定负载持续率(%); K_{c1} 为低压断路器长延时脱扣器计算系数(查文献[1]得)。

1.3 配电导线或电缆的选择

选择配电导线或电缆时,既要考虑导体载流量与保护电器的配合,也要考虑到电焊设备工作周期这一因素。

根据《低压配电设计规范》,导体允许持续载流量 I_z 应大于低压断路器整定电流 I_n (当 $I_{set1} > I_n$ 时,即 $I_z > I_{set1}$)。由于电焊机属于断续工作用电设备,工作周期一般不超过 1 min,断续负载下电缆和导线的允许载流量应为长期负载下允许载流量乘以校正系数,校正后的载流量应不小于用电设备在额定负载持续率下的额定电流(即 I_{th})。校正系数 K_j 的计算公式为:

$$K_j = \sqrt{\{(1-e^{-T/t})/(1-e^{-\epsilon_r T/t})\}}$$

式中, T 为断续负载的工作周期; ϵ_r 为负载持续率; t 为电缆或导线的发热时间常数。

校正系数的计算比较复杂,文献[1]直接给出了不同情况下导线或电缆校正后的载流量,实际应用中可以直接在文献[1]上查表得到。

1.4 单相负荷的换算

在设计时我们经常会遇到一些单相电焊设备,单相用电设备应均匀分配到三相上,使各相的计算负荷尽量相近。当单相负荷与三相负荷同时存在时,应将单相负荷换算为等效三相负荷再与三相负荷相加。换算方法如下:

(1) 单相负荷为线间负荷时:

$$P_d = 1.73 P_{UV} + 1.27 P_{VW}$$

式中, P_d 为等效三相负荷; $P_{UV} > P_{VW} > P_{WU}$ 为线间负荷。

当只有 P_{UV} 时, $P_d = 1.73 P_{UV}$ 。

(2) 只有相负荷时,等效三相负荷取最大相负荷的 3 倍。

(3) 当多台单相用电设备功率小于计算范围内三相负荷设备功率的 15% 时,可不进行换算,按三相平衡负荷计算。

1.5 计算实例

下面分别以弧焊机和点焊机为例,对比一下换算到负载持续率为 100% 时与不换算时保护电器和导线的选择(表 1)。

通过以上对比可看出,按换算到 $\epsilon=100\%$ 时的有功功率选择的保护电器和导线要比直接按额定容量选择的保护电器和导线小,且 ϵ 越小以上特点越明显。例如上面第二个例子,点焊机 $\epsilon_r=0.2$,如果不换算需选择整定电流为 400 A 的低压断路器,框架电流选择 400 A 以上;而换算后只需选择整定电流为 200 A 的低压断路器就可满足电焊机的正常工作,断路器框架电流选择 200 A 或 250 A 即可。这样就减小了断路器外型尺寸,从而减小了配电箱的尺寸及数量。所以设计时首先要将电焊机的额定容量换算为 $\epsilon=100\%$ 时的有功功率,这样既节省了导线又保证了电焊机的正常工作,还合理选择了保护电器。

通过以上两个例子我们可以发现,当按照导体允许持续载流量 I_z 应大于低压断路器整定电流 I_n 选择导线或电缆时,将其换算成断续负载下导线允许载流量都大于用电设备在额定负载持续率下的额定电流 I_{th} ,所以在设计时可以只按低压断路器整定电流 I_n 来选择导线。

表1 保护电器和导线的选择

电焊机给定参数	短路保护和过载保护的计算参数	考虑负载持续率时的计算结果	不考虑负载持续率时的计算结果
1. 弧焊机额定容量: $S_e = 75 \text{ kVA}$ 2. 电焊机一次侧额定电流: $I_{eh} = S_e / (0.38 \sqrt{3}) = 114 \text{ A}$	有功功率: $P_e = S_e \sqrt{\epsilon_r} \cos \phi_r$ 计算电流: $I_{sj} = (S_e \sqrt{\epsilon_r}) / (0.38 \sqrt{3})$ 低压断路器整定电流 I_n	40.7 kW 88 A 125 A	52.5 kW 114 A 150 A
3. 电焊机额定负载持续率: $\epsilon_r = 0.6$ 4. 电焊机额定功率因数: $\cos \phi_r = 0.7$	瞬时脱扣器整定电流: $I_{set3} \geq K_{cl} I_{eh} \sqrt{\epsilon_r}$ $I_{eh} = 3.7 I_{eh}$ 长延时脱扣器整定电流: $I_{set1} \geq K_{cl} I_{eh} \sqrt{\epsilon_r}$ $I_{eh} = 1.3 \times 0.77 \times I_{eh} = I_{eh}$ 导线选择: BV 型导线	$I_{set3} \geq 422 \text{ A}$ (4.2 I_n) $I_{set1} \geq 114 \text{ A}$ (0.9 I_n) 3×50+1×25 导线在连续负载下允许载流量: 134 A 换算成断续负载下导线允许载流量: 168 A ($\geq I_{eh}$)	$I_{set3} \geq 422 \text{ A}$ (3.4 I_n) $I_{set1} \geq 148 \text{ A}$ (I_n) 3×70+1×35 导线在连续负载下允许载流量: 171 A 换算成断续负载下导线允许载流量: 216 A
1. 点焊机额定容量: $S_e = 250 \text{ kVA}$ (三相 380 V 供电) 2. 点焊机一次侧额定电流: $I_{eh} = S_e / (0.38 \sqrt{3}) = 380 \text{ A}$ 3. 点焊机额定负载持续率: $\epsilon_r = 0.2$ 4. 点焊机额定功率因数: $\cos \phi_r = 0.6$	有功功率: $P_e = S_e \sqrt{\epsilon_r} \cos \phi_r$ 计算电流: $I_{sj} = (S_e \sqrt{\epsilon_r}) / (0.38 \sqrt{3})$ 低压断路器整定电流 I_n 瞬时脱扣器整定电流: $I_{set3} \geq K_{cl} I_{eh} \sqrt{\epsilon_r}$ $I_{eh} = 2.2 I_{eh}$ 长延时脱扣器整定电流: $I_{set1} \geq K_{cl} I_{eh} \sqrt{\epsilon_r}$ $I_{eh} = 1.1 \times 0.44 \times I_{eh} = 0.49 I_{eh}$ 导线选择: BV 型导线	67 kW 170 A 200 A $I_{set3} \geq 836 \text{ A}$ (4.2 I_n) $I_{set1} \geq 186 \text{ A}$ (0.93 I_n) 3×120+1×70 导线在连续负载下允许载流量: 239 A 换算成断续负载下导线允许载流量: 530 A ($\geq I_{eh}$)	150 kW 380 A 400 A $I_{set3} \geq 836 \text{ A}$ (2.1 I_n) $I_{set1} \geq 418 \text{ A}$ (I_n) 2×(3×120+1×70) 导线在连续负载下允许载流量: 478 A 换算成断续负载下导线允许载流量: 1 060 A

2 电焊机电压波动问题

电压波动是衡量电能质量的重要指标之一,属于电压波动范畴的电压偏差是指供电系统在正常运行方式下各点的实际电压对系统标称电压的偏差。用电设备端子电压实际值偏离额定值时,其性能将直接受到影响。当电压正偏差过大时,电阻焊机出热量会过大而造成焊件过熔,负偏差过大时会焊接热量不足而造成虚焊。

解决电压波动问题一般以下几种措施:(1)减少系统阻抗来减小用电设备端的电压偏差。当单台电焊机设备容量很大并且大容量设备位置比较集中时,建议采用插接式母线配

电。(2)设置专用变压器并合理补偿无功功率。当电焊设备总安装容量很大时,建议为电焊机配电设置专用变压器,在其低压侧母线段采用可控硅动态无功补偿,使线路及变压器电压损失减少,从而使用电设备的电压偏差减少。为电焊机配电设置专用变压器,同时还可以避免电焊机工作时的冲击性负载对其他用电设备的干扰,如照明设备等。(3)为设备配置稳压电源,可减少电压波动对焊接设备的影响。

对于一些精密的电焊设备,为保证其焊接精度,建议配置专用稳压电源。

3 变压器容量的选择及无功功率补偿方法

(1)大型焊装厂房电焊设备比较多,单台电焊设备额定容量大。在这种情况下对厂房内电焊设备单独设置变压器比较合适。某大型焊装厂房电焊设备总安装容量将近 4 000 kVA,换算到负载持续率为 100% 时的总有功功率为 2 427 kW,同时使用系数为 0.5,这时选用两台 1 000 kVA 的变压器,将用电负荷平均分配后,变压器的负荷率在 67% 左右。如果直接按照电焊设备总安装容量来选择变压器,同时使用系数为 0.5,这时则需选用两台 1 250 kVA 的变压器。目前实际运行的变压器无论其负荷率大小,供电部门均按其安装容量收取一定的基本电价费。全国大部分地区基本电价费均为 15 元/kVA·月,比较下来单这一项,选用两台 1 000 kVA 变压器每年就可以节省 90 000 元,另外还减少了投资。以上对比进一步说明了电焊设备配电设计时一定要将其安装容量换算到负载持续率为 100% 时的有功功率,这样才能选择合理的变压器容量。

(2)大部分电焊机属于冲击性负载,负载持续率低,负载功率因数也比较低。电焊设备负载变化范围大、变化速度快,这时对系统的无功功率补偿就比较重要了。在大型焊装厂房采用可控硅动态无功功率补偿是一种比较好的方式,其由无功功率发生电源与可控硅动态无功功率补偿器相结合,对冲击负荷、时变负荷能够实时监测、动态补偿,同时还可以动态抑制谐波,降低变压器损耗。

4 结语

本文结合实际工程,着重介绍了在电焊设备配电设计中应重视的几个问题:首先,电焊机的额定安装容量不能直接用于保护电器和导线的选择,必须将其转换为负载持续率 $\epsilon = 100\%$ 时的有功功率,再进行相关计算;其次,导线选择时既要满足导体允许持续载流量大于低压断路器整定电流,又要满足导体允许断续载流量不小于用电设备在额定负载持续率下的额定电流;最后,设计时还应考虑电压偏差、无功功率补偿等问题,并采取有效措施以及合理选择变压器。

[参考文献]

- [1] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册 [M]. 3 版. 北京:中国电力出版社,2005.

收稿日期:2015-04-22

作者简介:梁静(1979—),女,北京人,工程师,研究方向:工业建筑电气。