

# 电焊机电磁兼容技术中的 几个名词术语

齐绍荣

(天津市焊接设备高新技术开发公司, 天津 300230)

**摘要:** 给出了电磁骚扰和电磁干扰的定义和区别。详细介绍了电焊机产品工作时产生的电磁骚扰包括: 谐波电流发射、传导骚扰发射和辐射骚扰发射三方面的内容。分析了分贝在电焊机电磁兼容测试和电磁兼容设计方面作用。

**关键词:** 电磁骚扰; 电磁干扰; 分贝

**中图分类号:** TG403

**文献标识码:** C

**文章编号:** 1001-2303(2007)02-0020-03

## Several terms about the EMC technology of electric welding machine

QI Shao-rong

(Tianjin Welding Equipment High New Technology Develop Co., Tianjin 300230, China)

**Abstract:** This paper gives the definition and distinction of electromagnetic disturbance and electromagnetic interference. It introduces the electromagnetic disturbance produced by electric welding machine on the work in detail, including harmonic current emission, conduction disturbance emission and radiation disturbance emission. And it analyses the effect of decibel in the EMC test and electromagnetic design.

**Key words:** Electromagnetic disturbance; electromagnetic interference; decibel

## 1 电磁骚扰和电磁干扰

电磁骚扰(Electromagnetic Disturbance)是指任何可能引起装置和设备、系统性能降低或对有生命或无生命物质产生损害作用的电磁现象。

电磁干扰 EMI(Electromagnetic Interference)是指电磁骚扰引起装置、设备或系统性能的降低。

电磁骚扰仅仅是一种电磁现象,它可能引起装置、设备或系统性能的降低或损害,但并不一定造成后果。而电磁干扰是电磁骚扰引起的直接结果。因此“骚扰”与“干扰”分别有明确的、概念上的区别。

按照上述定义,电焊机 EMC 标准规定产品应作电磁骚扰条款方面的检测。而电焊机内部各电磁回路产生的电磁骚扰引发的电磁干扰,如弧焊电源主电路对控制电路、TIG 焊机高频引弧电路对控制电路以及数字电路对模拟电路产生的电磁干扰以及

电焊机成套设备内的电磁干扰都应加以抑制或消除。

## 2 电焊机产生的电磁骚扰

电焊机产品自身工作时产生的电磁骚扰包括: 谐波电流发射; 传导骚扰发射和辐射骚扰发射。这里的自身是指不包括电焊机负载,比如弧焊电源工作时的电弧负载,阻焊机工作时的非线性电阻负载等。

### 2.1 谐波电流发射

很多电焊机主电路是非线性电路,比如工频阻焊机输入(一次)电路是由反并联晶闸管组成的相控电路;晶闸管弧焊电源输出(二次)电路是晶闸管相控整流电路;没有功率因数校正的逆变电焊机输入整流、电容滤波电路等。另外还有工频电焊机主变压器磁路 B~H 曲线的非线性也会产生谐波电流的发射(一般来讲考虑谐波电流发射的设计和工艺,其谐波电流的发射很容易控制在合理的范围内),此外控制电路的非线性同样会产生谐波电流发射,但一般来讲能量较小、影响不大。

收稿日期: 2006-06-02

作者简介: 齐绍荣(1935—),男,天津人,高级工程师,享受政府津贴,主要从事电焊机产品自主研发和定型产品技术攻关及其改型升级工作。

通过电焊机稳态工作时的谐波电流频谱分析,我们知道像其他工频设备一样,谐波电流中的低频分量能量大而高于40次的谐波能量小。40次以内的谐波电流是指3~39次的奇次谐波电流和2~40次的偶次谐波电流。另一方面“低频”谐波电流对电网干扰很大,高于40次的谐波电流对电网的干扰小,正因如此,标准规定了2~40次的谐波电流限值。

另一方面,从能量分析的角度看,相对电焊机来说工频供电网络可以认为是一个低内阻抗的基波(工频)电压源,基波能量进入电焊机后,由于其等效电路的非线性,电焊机工作时会将一小部分基波能量转化为谐波能量回馈电网(谐波电流发射)。从谐波等效电路来讲,电焊机谐波内阻抗很大而供电网络很小,因此可以把电焊机“谐波发生器”电源看作“恒流源”。正因如此,电焊机标准考核的是输入电流谐波电流限值,而不是电压限值。

电焊机谐波电流发射可能会使同一供电网,特别是临近的电动机、无功补偿电容器等设备增加附加损耗、过热,增大电动机等设备的噪声,引发电网信号系统,保护继电器系统控制设备误操作,导致电网中线过热等。因此减小限制电焊机谐波电流发射应该引起足够重视。

## 2.2 电磁骚扰发射

频率在0.15~30 MHz的电磁骚扰主要以传导发射为主,频率在30~1 000 MHz的电磁骚扰主要以辐射发射为主。

传导发射是以电流形式沿导线传播,而辐射传导是以电磁波的形式通过空间传播。辐射发射的两个必备条件是天线和流过天线的交变电流。天线的两个基本结构是电流环和电偶极,如图1所示。

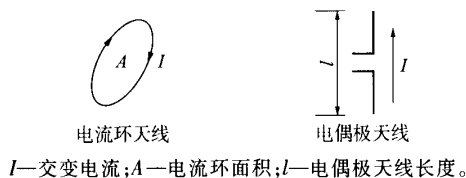


图1 电流环、电偶极基本结构

电流环和电偶极辐射分别代表了磁场波和电场波。TIG弧焊机高频引弧火花发生器是比较典型的电偶极天线,电焊机中的空芯式磁心线圈可以看作电流环天线。

### 2.2.1 波阻抗

采用屏蔽的办法衰减电磁波辐射是常用的一种手段。屏蔽设计时必须对电磁波的波阻抗有所了解。

解。波阻抗的定义为

$$Z_m = E/H,$$

式中  $Z_m$  为波阻抗(单位:  $\Omega$ );  $E$  为电磁波中的电场分量(单位: V/m);  $H$  为电磁波中的磁场分量(单位: A/m)。

电磁波中  $E$  较大时,则波阻抗较高称为高阻波。反之,  $H$  较大时,则称为低阻波。电流环和电偶极辐射的电磁波代表了典型的低阻波(磁场波)和高阻波(电场波)。

### 2.2.2 电磁波中的近场区和远场区

电流环天线辐射和电偶极天线辐射的近场区和远场区是相同的。

$$\text{近场区: } D < \frac{\lambda}{2\pi}; \text{远场区: } D > \frac{\lambda}{2\pi}.$$

式中  $D$  为观测点到电流环或电偶极之间的距离(单位: m);  $\lambda$  为电流频率对应的波长(单位: m)。

### 2.2.3 电磁波在均匀介质中的传播速度

$$v = v_0 \frac{1}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}},$$

式中  $v_0$  为真空中的光速即  $3 \times 10^8$  m/s;  $\mu_r$  为相对磁导率;  $\epsilon_r$  为相对介电系数。

空气中的电磁波传播速度为  $3 \times 10^8$  m/s。

以空气为介质的30 MHz电磁波为例,其  $\frac{\lambda}{2\pi}$  值按下式即可求出

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{30 \times 10^6} = 10 \text{ m}, \frac{\lambda}{2\pi} = 1.6 \text{ m}.$$

电流环天线和电偶极天线的波阻抗与观测点的距离  $D$  的关系如图2所示。

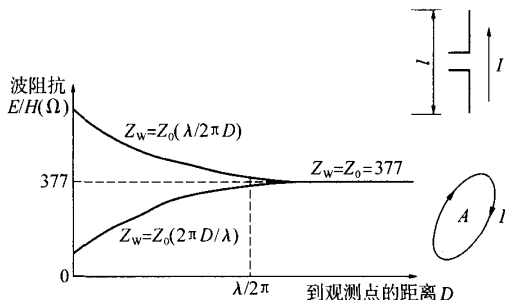


图2 电流环天线和电偶极天线的波阻抗

电焊机产品中干扰源和敏感源(受干扰影响电路或器体)之间的距离大多数情况小于  $\frac{\lambda}{2\pi}$ , 即辐射干扰是近场辐射干扰。电流环天线近场区的磁场辐射强度

$$H = \frac{IA}{4\pi D^3},$$

式中  $I$  为电流环路中的电流(单位: A/m);  $A$  为环路面积(单位:  $m^2$ );  $\lambda$  为电流频率对应的波长(单位: m)。

电偶极天线近场区的电场强度(单位: V/m)

$$E = \frac{Z_0 IL \lambda}{8\pi^2 D^3},$$

式中  $Z_0$  为空气空间的波阻抗, 通常为  $377 \Omega$ ;  $I$  为电偶极中的电流(单位: A);  $L$  为电偶极的长度(单位: m);  $\lambda$  为电流频率对应的波长(单位: m)。

由此可知在近场区, 电流环天线辐射的磁场分量强度  $H$  和电偶极天线辐射的电场分量  $E$  均与距离的三次方成反比, 增加距离是衰减其强度十分有效的方法。

用以上两个基本天线模型查找电焊机内部和外部(如连接的电缆线等)构成的寄生天线是很有帮助的。只要存在电流环路就构成一个电流环路天线; 只要存在电压驱动的两个导体就构成一个电偶极天线。但用上述公式计算时, 因实际电路很难符合基本天线中的假设条件误差可能很大, 但作为定性分析是很有用的。

### 3 分贝

电焊机电磁兼容性测试和电磁兼容设计都要使用分贝这个单位。分贝最初是在电信技术领域中表示信号功率衰减程度的, 测定值是贝(bel), 其基本公式为

$$\text{损失(单位: bel)} = \lg \frac{\text{输入功率}}{\text{输出功率}},$$

在实际应该中 bel 值显的太大, 不实用。所以工程技术领域中使用  $1/10$  bel 单位 decibel, 简称为 dB (分贝)。前述公式变为

$$\text{损失} = 10 \cdot \lg \frac{\text{输入功率}}{\text{输出功率}} \text{ (单位: dB)},$$

当输出、输入阻抗相同时, 功率

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

式中  $U$  为电压;  $I$  为电流;  $R$  为电阻。因此

$$\text{功率增益} = 10 \cdot \lg \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \text{ (单位: dB)},$$

$$\text{电压增益} = 20 \cdot \lg \frac{\text{输出电压}}{\text{输入电压}} \text{ (单位: dB)},$$

$$\text{电流增益} = 20 \cdot \lg \frac{\text{输出电流}}{\text{输入电流}} \text{ (单位: dB)},$$

当输出功率小于输入功率时, 其功率增益值为负值, 负值代表了功率损失的 dB 值。

分贝微伏、分贝微安:

为了说明电磁辐射的电平强度, 常用  $1 \mu V$  或  $1 \mu A$  (有效值) 作为基准(参数标准值, 阻抗为  $50 \Omega$ )。其符号分别为 dB  $\mu V$  和 dB  $\mu A$ 。有些频谱分析仪电平标准的单位是 dB  $\mu$ , 实际就是 dB  $\mu V$ 。

分贝值虽然是两个量相除的对数值, 但它是有基准的, 若基准选定  $1 mV$ , 则其分贝单位就是 dBmV。用分贝表示电磁辐射的电平不仅简明, 而且从数学运算上讲, 对数能将两乘除变量为对数量的加减(如  $\lg A \cdot B = \lg A + \lg B$ )。这给设计、计算带来方便。另外用分贝作单位的自变量、因变量坐标图上(纵坐标、横坐标均为分贝值), 不仅清晰反映全貌, 而且易于理解、分析和计算。

### 保护性线路连通性的例行检验

保护性线路连通性的例行检验除试验时间为 1 s 外, 其余应按 GB/T 5226.1 的要求进行, 其规定如下:

当机械安装和电气连接(包括连接电源)完成时, 通过回路阻抗测试可以检验保护接地电路的连续性。试验方法为

(1) 保护接地电路的连续性应通过引入来自 PELV (保安特低电压) 电源的 50 Hz 或 60 Hz 的低电压、至少 10 A 电流和至少 10 s 时间的验证。该试验在 PE 端子和保护接地电路部件的有关点间进行。

(2) PE 端子和各测试点间的实测电压除不应超过表 1 所规定的值。

选择焊接电源可能会带电的外壳零部件作为测试点时, 不必考虑以下零件(GB/T 5226.1, 8.2.5 条):

——不能大面积触碰到或不能用手握住和尺寸很小

表 1 保护接地电路连续性的检验

被测保护导线支路 最小有效截 面积 $S/mm^2$	最大的实测电压降 (对应测试电流为 10 A 的值) $U/V$
1.0	3.3
1.5	2.6
2.5	1.9
4.0	1.4
>6.0	1.0

(小于  $50 mm \times 50 mm$ ) 的零件;

——位于不大可能接触带电部分的位置或绝缘不易于失效的零件。

例如: 螺钉、铆钉和铭牌等小零件, 以及装在柜内的与尺寸大小无关的零件(如接触器或电器的电磁铁、器件机械部分)。