

抗直流分量互感器的测试理论研究

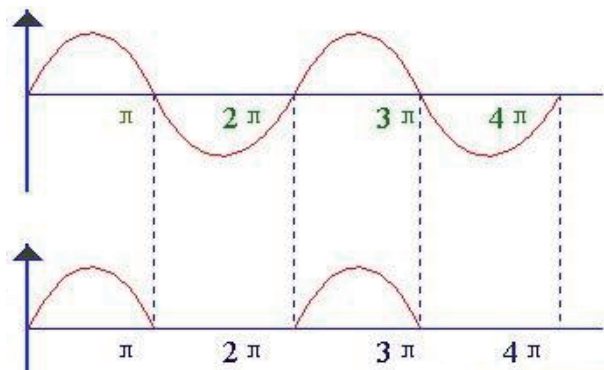
蒋大维

江阴市星火电子科技有限公司

当计量电表中一次电流产生直流分量时，抗直流分量互感器会具有较高的准确度，准确度符合 GB/T 17215.321-2008 的要求（即 1 级和 2 级表误差分别小于 $\leq 3\%$ 和 $\leq 6\%$ ）。

而普通的不具有抗直流分量的互感器遇到一次直流分量时互感器会急速饱和从而导致电表不能准确计量。本文研究的是如何将半波整流直流信号通过抗直流分量互感器检测出来，或者说半波整流直流检测的理论依据。

先来看半波信号的几个公式算法。



假设其峰值电流为： $I_{\text{峰}}$ ，全波有效值电流： $I_{\text{有效}}$ ，全波的平均值电流： $I_{\text{平均}}$ ，半波有效值电流： $I_{\text{有效}}'$ ，半波平均值电流： $I_{\text{平均}}'$ 。

半波是由直流分量、基波及偶次谐波组成。

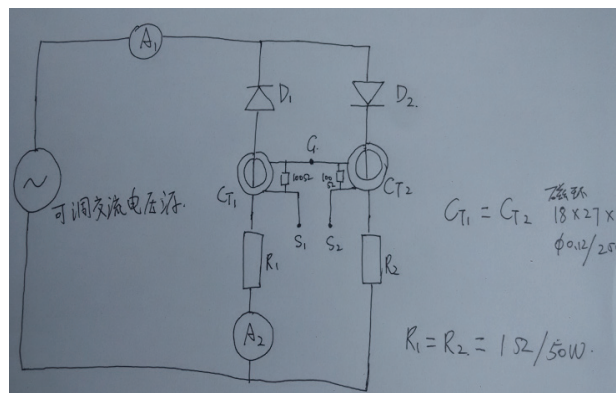
半波的直流分量 = 半波电流的平均值 = $I_{\text{平均}}' = I_{\text{峰}} / \pi$ ；

基波 = $I_{\text{有效}} / 2$ ；

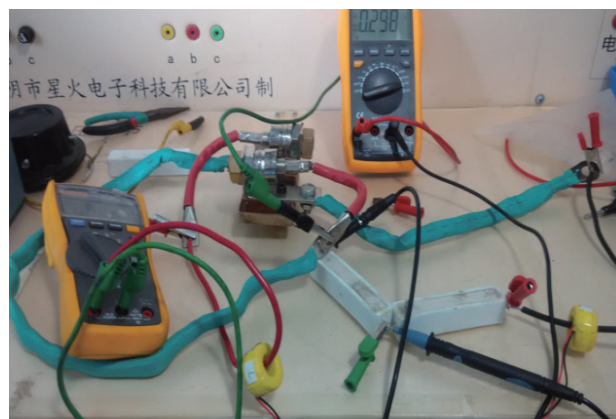
剩余部分为偶次谐波分量，几乎忽略不计。

所以测试半波直流整流的原理就是，互感器能有效的滤除直流分量从而测试出基波分量。

根据此原理，我们搭建一个大概输入电流为 10A 测试方案来验证它，测试示意图如下：



图一



图二

图一中元器件要求如下：

- 1、两个单向导通二极管 D1\D2，单向导通额定值要大于 10A；
- 2、两个被测互感器具有一定的抗直流分量能力，具体铁芯尺寸为 18*27*10，绕线参数为 0.12/2500T，负载电阻分别为 100Ω；
- 3、两个被测负载电阻分别为 1 欧姆，功率 50W；
- 4、按要求接两个万用表 A1、A2，接到电流档，根据要求切换交直流档；

如图示：两个回路中二极管 D1\D2 将交流正弦波分别切成上下两个半波，如果互感器能正确反应半波，则互感器的二次就能正确的反应一次的波形，即用示波器检测 G-S1,G-S2 是个半波输出,而 S1-S2 应该是个正弦波输出。下面我们就来验证。

过程：1、调节可调交流电压源，使 A1 表达到 10A 的交流；

2、将 A2 表达到直流，测试回路直流为：4.6A，见图三。



图三

A2 表的直流分量等同于半波的平均值，半波的平均值计算 $=10A * 1.414 / 3.14 = 4.5A$ ，验证正确。

2、将 A2 表打到交流档，回路的交流有效值为：7A。（见图四）



图四

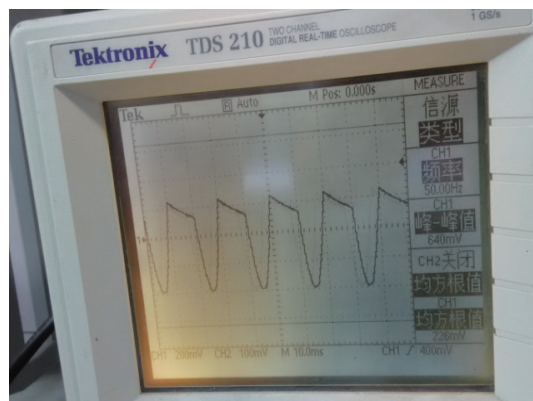
计算半波有效值 $=10A * 1.414 / 2 = 7.07A$ ，验证正确。

3、测试 G-S1 或者 G-S2 的波形，如图五：



图五

单独来张示波器的照片：



图六

有效值显示：226mV（见图六）。

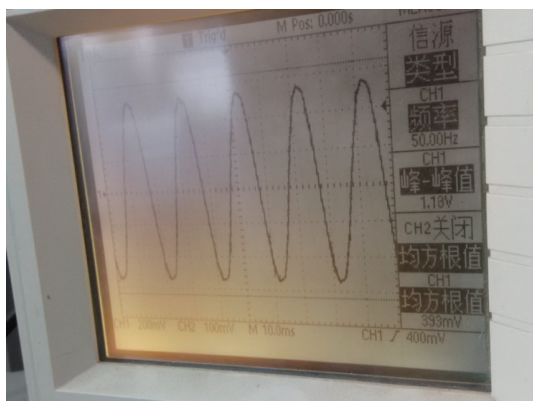
来验证一下：理论值 = 基波 $/2500T * 100 = 10/2/2500 * 100 = 200mV$ ，误差的原因可能是有一部分偶次谐波。



图七

让我们来测试下两个互感器二次合并的波形，即测试 S1-S2 是，示波器显示（见图七）：

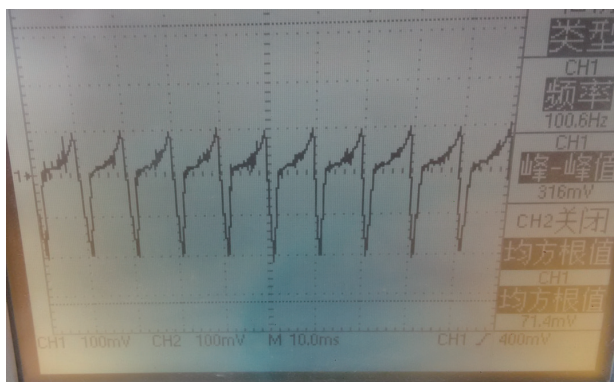
单独来张示波器的照片：



图八

两个互感器波形合并，是标准的正弦波，有效值为：393mV，如果没有二极管，是正弦波 10A 输入，输出标准值为：400mV。计算误差等级：误差 % = (393/400-1) * 100 = 1.75%，在电流 10A 情况下，此互感器符合一级表标准。

将 CT1、CT2 或者不抗直流的铁芯，同样是 2500T，A1 中通过 10A 正弦波的情况下，见示波器（图九）：



图九

输出有效值 71.4mV，误差 % = (71.4/400-1) * 100 = 82.15%，基本没有输出，同时波形畸变厉害。

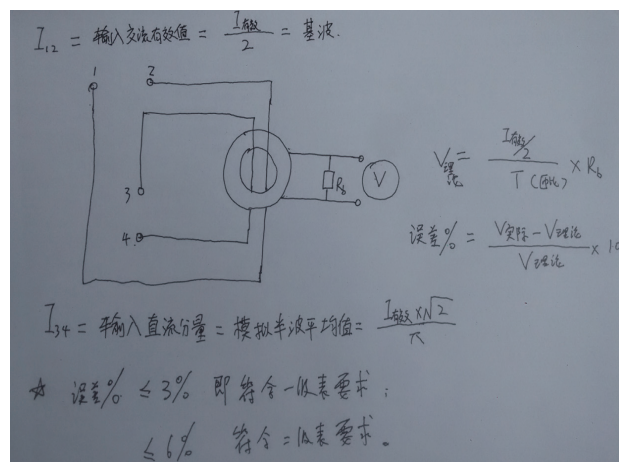
以上实验得到的结论：

1、半波可以经过抗直流分量互感器来测量；

2、半波是由基波、直流分量以及偶次谐波构成，并理论值和实测值基本一致；

3、半波的交流分量是由基波及偶次谐波构成，所以经过互感器的输出波形略大于理论值。

根据以上实验结果，我们可以这样来测试抗直流互感器（见图十）：



图十

实例：北京首冶：18*24*10 的抗直流分量互感器，参数是 0.12/2500T，产品要求性能参数是：120A/48mA，负载电阻 Rb=5Ω。按照图三的测试方法，实测结果如下：

18*24*10抗直流铁芯 Φ0.12/2500T 120A/2500T RB=5Ω						
参考值	10	20	50	80	100	120
输入AC	5	10	25	40	50	60
输入DC	4.503185	9.006369	22.51592	36.02548	45.03185	54.03822
输出 mA	1	1.99	3.96	9.88	15.07	16.94
	2	1.97	3.95	10.27	15.17	17.08
	3	1.98	3.96	9.86	15.61	16.34
	4	1.96	3.94	9.75	15.45	18.54
	5	1.97	3.95	9.85	15.05	16.96
误差%	1	-1	-1	-1.2	-5.8125	-15.3
	2	-3	-1.25	2.7	-5.1875	-14.6
	3	-2	-1	-1.4	-2.4375	-18.3
	4	-4	-1.5	-2.5	-3.4375	-7.3
	5	-3	-1.25	-1.5	-5.9375	-15.2

图十一

发现 50A 以下，误差还是满足 3%，到了 80A 误差已经到了 6%，到了 100A 以后误差已经非常大了。

所以要达到 1 级表的标准，这款铁芯适合 50A 左右的抗直流分量的互感器；如果 2 级表标准，则适用于 80A 左右。