

保护继电器 试验手册

许昌继电器研究所

1980. 10.

保护继电器试验手册



许昌继电器研究所

1980.10.

前 言

JL--S0181

本书是我所试验室及有关同志日常工作经验的总结。是在1975年编写的“继电器试验方法基础知识”一书的基础上，参考电力部及兄弟单位的宝贵经验而重新编写的。

全书共分二篇，第一篇主要是介绍保护继电器基本试验方法及基础知识，第二篇主要是介绍以许昌继电器厂生产保护继电器为主的各种保护继电器具体试验方法。

编写本书的目的是为了更好地指导保护继电器试验人员从事试验工作，可以作为校验人员，检查人员在工作的参考；也可以作为从事继电保护调试人员在调试工作中的参考，在试验方法后面附有产品的技术条件、特性曲线和内部原理线路图等、仅供参考。

全书由韩天行同志编写，在编写过程中得到有关同志的大力支持和帮助。对本手册的第二篇第一章至第五章经行业厂审查批准为行业产品质量评比的标准试验方法。

由于水平有限，时间比较仓促，书中存在不少缺点，错误，请批评指正，并提出宝贵意见。

许昌继电器研究所

一九八〇年九月

目 录

第一篇：保护继电器基本试验方法	(1)
概述	(1)
第一章：保护继电器试验要求与试验内容	(8)
第二章：一般检查	(19)
第三章：接触电阻及其测试方法	(21)
第四章：动作与返回值测试方法	(25)
第五章：功率损耗及其测试方法	(35)
第六章：时间参数及其测试方法	(39)
第七章：温升试验	(65)
第八章：低温和高温试验	(75)
第九章：振动和冲击试验	(78)
第十章：潮湿试验	(85)
第十一章：绝缘试验	(101)
第十二章：触点断开容量和过载能力试验	(110)
第十三章：寿命试验	(124)
附录一：衡量周期性函数波形的几个物理量	(132)
附录二：高次谐波振幅和相位角	(134)
附录三：电参数的测量	(136)
附录四：常用仪表的使用方法	(143)
第二篇：保护继电器试验	(192)
第一章：电流、电压继电器(DL-10、DJ-100系列,DL-20、 DY—20系列,DL-30、DY—30系列)	(192)

第二十六章:	Z X J—2	辅助导线监视装置	·····	(508)
第二十七章:	J J J—1	直流绝缘监视继电器	·····	(514)
第二十八章:	Z Y X—1	中央信号装置	·····	(519)
第二十九章:	J C—2	冲击继电器	·····	(528)
第三十章:	Z Y—1	电压抽取装置	·····	(534)
第三十一章:	D J—2	计数继电器	·····	(538)
第三十二章:	D L S—20	双位置继电器	·····	(542)
第三十三章:	D T—1	同步继电器	·····	(548)
第三十四章:	L X B—2 A	电流相位比较继电器	·····	(556)
第三十五章:	D B—1	电压回路断相闭锁继电器	·····	(565)
第三十六章:	L B—1	电压回路断相闭锁继电器	·····	(569)
第三十七章:	L P—1	平衡继电器	·····	(578)
第三十八章:	L C D—3	线路纵联差动继电器	·····	(590)
第三十九章:	D L H—1	电流横差继电器	·····	(606)
第四十章:	L C D—8	发电机差动继电器	·····	(614)
第四十一章:	D C D—2	差动继电器	·····	(626)
第四十二章:	D C D—4	差动继电器	·····	(638)
第四十三章:	D C D—5	差动继电器	·····	(652)
第四十四章:	L C Z—1	差周率继电器	·····	(664)
第四十五章:	B D Z—2	低周率继电器	·····	(671)
第四十六章:	B G Z—2	高周率继电器	·····	(677)
第四十七章:	I G—10	功率继电器	·····	(683)
第四十八章:	L F G—10	负序功率继电器	·····	(695)
第四十九章:	L G—1	逆功率继电器	·····	(706)
第五十章:	L Z—21	阻抗继电器	·····	(716)
第五十一章:	L Z—22	阻抗继电器	·····	(735)
第五十二章:	L Z—24	阻抗继电器	·····	(750)

第五三章：LZ—2 失磁继电器	(762)
附录：二部协商会议提出基本类型继电器主要 技术要求	(788)

继电器试验一般分为出厂试验，型式试验（包括新产品定型试验）和动态模拟试验。任何一种试验都是对实际情况的模拟，即在试验室中人为创造一些特殊条件，在尽可能的短的时间内如实全面地反映出继电器的质量状况。这就要求对试验条件的先进性和试验方法的科学性提出比较严格的要求。

第一章：保护继电器试验 要求及试验内容

一、试验环境条件：

试验环境条件要求包括温度，相对湿度和气压三个方面。这些条件不仅影响被试继电器的基本性能，而且对测试仪器设备的工作状态也有影响。为了排除外界因素的干扰，参考国内外资料，根据我国现实情况，对试验环境条件作如下的规定：

温度： 15℃—35℃ (25℃ ± 10℃)

湿度： 45—75% (60 ± 15%)

气压： 660—780mmHg (720 ± 60mmHg)

二、试验电源：

试验电源不但影响被试继电器的基本特性而且会引起测试结果失去真实性。

根据我国实际情况规定如下：

直流电源波纹系数：不大于5%。

交流电源频率：50 ± 0.5Hz。

交流电源波形畸变系数（失真度）：不大于5%。

1. 直流电源波纹系数及测试方法：

老式直流电源一般采用直流发电机，硒整流器和蓄电池，而随着电子技术的发展，目前在继电器研制和试验中，已广泛采用晶体管整流设备，将工频电网的交流电直接转换成直流电沅，然而这种经交流电转换的直流电沅，并不是很平稳的，特别是单相整流电路，它的输出脉动很大。这种直流电源的脉

动，对继电器的工作特性要产生一定的影响，造成某些误差。因此对整流电源在输出端前面要增加滤波回路，以改善直流的脉动情况。这种电路的构成见图 1—1：

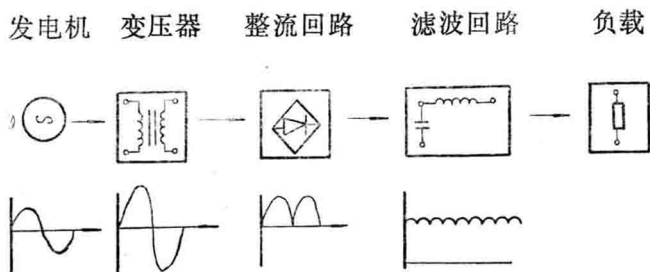


图 1—1 整流直流电源的构成

滤波回路的种类很多，常用的主要有两大类：即“T”型和“ Π ”型，构成有L—C滤波回路和R—C滤波回路见图1—2。

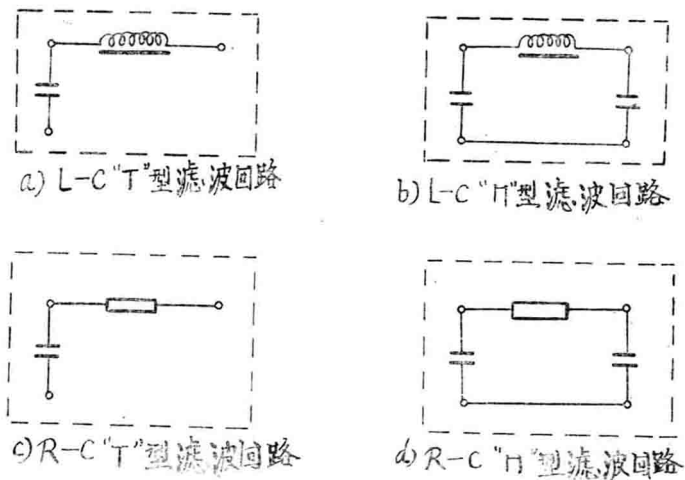


图 1—2 常用的主要滤波回路

滤波后的直流电源仍然存在着少量的脉动，因此在试验时，对整流电源的脉动情况仍然要注意。对于其它直流电源（除蓄电池外）也可能存在着这种脉动。

一般用直流电源的脉动系数来表示负载上电压（或电流）的脉动程度，这种脉动量说明加在负载上的电压（或电流）中交流分量的大小，交流分量中高次谐波成分通常是很小的，主要是基波分量。

$$\text{脉动系数 } S = \frac{\text{基波幅值}}{\text{直流平均值}} \times 100\% \dots\dots\dots (1-1)$$

由于交流仪表一般读取交流波的均方根值（即有效值），所以工程上对直流输出的脉动量用波纹系数来表示。

$$\text{波纹系数 } K_f = \frac{\text{交流分量有效值}}{\text{直流分量有效值}} \times 100\% \dots\dots\dots (1-2)$$

当高次波谐忽略不计时，波纹系数与脉动系数可用下式表达：

$$K_f = \frac{S}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (1-3)$$

波纹系数测试方法可按图 1—3 线路进行：

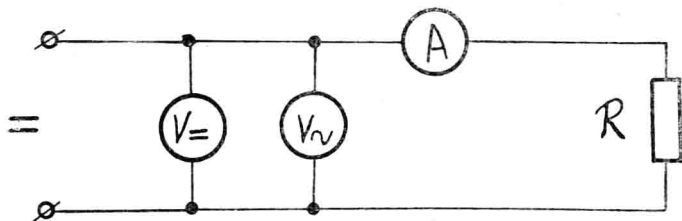


图 1—3 直流电源波纹系数测试线路

图中：从直流电压表 $V =$ 读取直流电源的平均值。从交流电压表 $V \sim$ 读取交流分量的有效值。

$$\text{得：} K = \frac{V \sim}{V =} \times 100\% \dots\dots\dots (1-4)$$

对于波纹系数超过 5 % 的直流电源可以通过改变滤波回路中的各种参数来改变波形，从而得到脉动最小的直流电源。

2、交流波形畸变与测试方法：

一般讲交流电源是按正弦函数变化的，但实际使用的交流电流和电压，或多或少与理想正弦波有所区别，这是因为在交流发电机中，由于空气隙内的磁感应的分布与理想的正弦波间存在一定的差异。因此在绕组内感应出来的电动势不是完全的正弦波，而是一种非正弦周期性的波形，这样的电源在线性电路内产生的电压或电流就不是正弦波，而是非正弦波。其另一原因是作用于同一电网中的几个正弦波电动势，由于它们的频率，相位等有所差别时，也要引起波形的畸变。一般来讲以上各种原因引起波形畸变系数在 3 % 左右。而目前试验室使用的电源大都取自工频电网中的电源；在进行试验中还要运用一些电气设备，如非线性电阻、变压器、变流器、移相器、电抗器、稳压器，互感器等等。这些设备也要引起波形畸变，其波形畸变系数要大大超过 5 %，这将引起大家的注意。

由于以上各种原因，目前使用的电源都是一种周期性非正弦波形。对于任何非正弦周期函数可以利用数学方法分解为傅里衷级数。

$$\text{即 } f(t) = A_0 + A_1 m \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 m \sin(2\omega t + \varphi_2) \\ \dots\dots + A_k m \sin(K\omega t + \varphi) + \dots\dots$$

式中： A_0 —— 恒定分量或直流分量

$A_1 m \sin(\omega t + \varphi_1)$ —— 基波或一次谐波

A_{1m} ——基波振幅

φ_1 ——基波初相位

$A_{2m} \sin(2\omega t + \varphi_2)$ ——二次谐波

A_{2m} ——二次谐波振幅

φ_2 ——二次谐波初相位

其余称为三次谐波，四次谐波……，

其中：基波、三次谐波、五次谐波等称为奇次谐波，二次谐波，四次谐波、等称为偶次谐波。除恒定分量和基波外，其它次谐波均称为高次谐波。

周期性函数（电动势、电压、电流）的有效值是根据：

$$F = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [f(t)]^2 dt} \text{ 来决定的。}$$

非正弦周期性函数展开为福里哀级数后则其有效值应为

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [A_0 + \sum_{K=1}^{\infty} A_{km} \sin(K\omega t + \varphi_k)]^2 dt} \\ &= \sqrt{A_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k^2} \\ &= \sqrt{A_0^2 + A_2^2 + \dots + A_k^2 + \dots} \quad (1-6) \end{aligned}$$

式中： $A_k = \frac{A_{km}}{\sqrt{2}}$ ——为K次谐波的有效值，

顺便指出非正弦周期性函数的有效值仅与各次谐波有效值有关，与它们的初相位角无关。而直流分量 A_0 又视为零次谐波分量。 A_0 本身即是最大值，又是平均值，也是有效值。

以电动势为例：

$$\text{若 } E(t) = E_0 + E_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1) + E_{2m} \sin(2\omega t + \varphi_2)$$

$$+ E_{3m} \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots + E_{km} \sin(K\omega t + \varphi_k) + \dots$$

$$\dots \dots \dots (1-7)$$

则它们的有效值： $E = \sqrt{E_0^2 + E_1^2 + \dots + E_K^2 + \dots}$

$$(1-8)$$

$$E_K = \frac{E_{km}}{\sqrt{2}} \quad (1-9)$$

对于电流、电压有效值为：

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + \dots + U_K^2 + \dots} \quad (1-10)$$

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_K^2 + \dots} \quad (1-11)$$

在支流发电机中，由于它的结构对称，电枢各绕组内感应出来的电动势只包括奇次谐波因此它的福里哀级数表示是：

$$f(t) = F_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1) + F_{3m} \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots$$

$$(1-12)$$

其有效值

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_3^2 + F_5^2 + \dots} \quad (1-13)$$

它的一般特性是无直流分量和偶次谐波分量。

由于非正弦电流和电压施加于继电器，会引起继电器特性的变化，同时影响试验数据的正确性，因此进行试验时对此问题也应有足够的认识。在波形畸变的情况下，当高次谐波的比例增大时，对机电型交流继电器来说：阻抗要相应增大，从而使动作值增大，而对晶体管型继电器：由于基波和高次谐波的初相位不同会引起动作值增高或者降低，其值根据波形来决定。

为了使试验结果准确，必须测量出交流电流或电压的波形畸变，利用 S_2-1A 和 S_2-3A 失真度测量仪来测量，测试线路如图1-4所示。该仪器基本原理是利用一个基波滤除网路滤掉

基波分量，然后用真空管电压表测量高次谐波的总的有效值。并与输入讯号的有效值电压相比，其比值即为失真度百分数，它可以从仪表刻度上直接读取。

该仪器测量的失真度（畸变系数）为：

$$K_{d0} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_K^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_K^2 + \dots}} \times 100\% \quad (1-14)$$

即被测讯号中各高次谐波的总有效值电压与被测讯号有效值电压的百分比。

而根据失真度的定义应为：

$$K_d = \frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_K^2 + \dots}{U} \quad (1-15)$$

即被测讯号中各高次谐波的总的有效值与被测讯号中基波有效值的百分比。

当失真度小于30%则： $K_{d0} = K_d$ 。

而当失真度大于30%则可按下式换算：

$$K_d = \frac{K_{d0}}{\sqrt{1 - K_{d0}^2}} \quad (1-16)$$

凡波形畸变超过5%的电源是不能使用的。

三、工频电源频率：

电源频率变化不但影响继电器的阻抗，相位和动作值，而且影响测试仪器的精度，尤其对电动式测时仪表的影响更明显。

按我国的情况规定工频电源频率为 $50 \pm 0.5\text{Hz}$ ，实际上电网有时达不到这个要求，因此我们在实验工作中对于电源频率变化引起被试产品和测试仪器的误差，应有足够的重视，必要时可以进行换算。

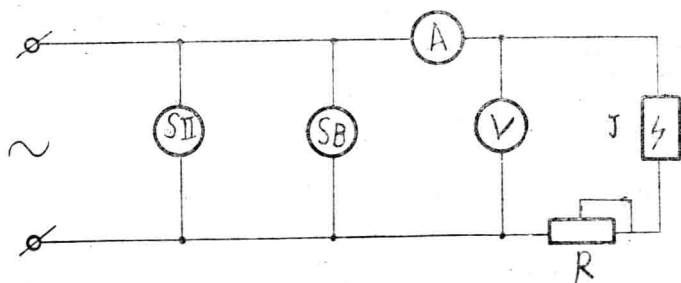


图 1—4 失真度测试线路

S II—失真度测仪器

S B—示波器

四、对仪器仪表的一般要求：

为了保证测试结果的准确性，应根据被测量的特性，选择比较合适型式的仪表，所用仪表精度一般不低于0.5级，试验用的变阻器，调压器等应具有足够的热稳定性，其容量大小应根据电流电压的高低，整定值的要求和试验接线误差而定，并保证能够均匀平滑地调整。

做一次型式试验，将使用不少的仪器仪表一般试验中使用最多的有如下几种类型：如磁电式、整流式、电磁式、电动式、感应式或数字式仪表，使用以上不同类型的仪表进行测试其测量结果都不可能绝对准确，即不可避免地与被测量的实际值之间存在不同程度的差别。这种差别称为测量误差，引起测量误差的原因除了仪表的基本误差和附加误差外，还有一个重要的原因就是由于某些测量方法和仪表选择不合理所造成，要合理选择仪表，正确使用仪表就要对仪表的技术性能要有比较全面的了解，尽可能保证测试结果正确。

各类仪表技术特性比较见表一：

表一：各类仪表技术特性比较

类型	磁性	磁电式	整流式	电磁式	电动式	感应式
	性能	直流或交流 量中恒定分 量	交流平均值 (正弦波时 有效值)	交流有效值 或直流	交流有效值 或直流	交流有效值 或直流
用途	直流或交流 量中恒定分 量	交流平均值 (正弦波时 有效值)	交流有效值 或直流	交流有效值 或直流	交流有效值 或直流	也可测交流 电流或电压
使用频率 范围	45~1000Hz	50Hz 频率变化时 误差大	50Hz	50Hz	50Hz	50Hz
准确度	高 一般为0.5~1级 可达0.1~0.05 级	低 一般为0.5~2.5 级 可达0.1~0.05 级	低 一般为0.5~2.5 级 可达0.2~1.0级	高 一般为0.5~1级 可达0.1~0.5级	低 一般为1.0~3 级	
测量 量程	几个毫安 ~几十安	几个毫安 ~几十安	几个毫安 ~100安左右	几个毫安 ~几十安	几十毫安 ~几十安	几十毫安 ~10安
	几个毫伏 ~1千伏	1伏~ 数千伏左右	10伏~ 1千伏左右	10伏~ 1千伏左右	10伏~ 几百伏	几十伏 ~几百伏

续表一

功耗	小	小	大	大	大
波形影响		测量非正弦有效值误差大	可测量非正弦有效值	可测量非正弦有效值	可测量非正弦有效值
控制磁场能力	强	强	弱	弱	强
刻度特性	均匀	接近均匀	不均匀	不均匀	均匀
过载能力	小	小	大	小	大