

# 瞬态脉冲骚扰及抑制方法

韩青,尹项根

(华中科技大学电气与电子工程学院,湖北 武汉 430074)

**摘要:** 随着电子技术的发展,量度继电器、继电保护及自动化装置(以下简称继电器及装置)已实现微机化及数字化。电力系统恶劣的电磁环境中经常出现电磁骚扰,严重影响量度继电器及装置的正常工作,其中影响较大的是瞬态脉冲骚扰。从分析瞬态脉冲骚扰的产生原因着手,总结出各种瞬态脉冲骚扰的特征进而提出抑制的方法。

**关键词:** 瞬态脉冲骚扰; 电磁兼容; 抑制方法

**中图分类号:** TM93      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2003)08-0046-03

## 1 引言

在电力系统的电磁环境中存在着一些短暂的高能量的脉冲骚扰源,这些骚扰对继电器及装置的正常工作有非常大的影响,严重时甚至会损坏元器件,甚至损坏设备以至整个系统,这些骚扰源就称为瞬态脉冲骚扰源。产生瞬态脉冲骚扰源的原因有:雷电放电、静电放电、电力系统的开关动作过程等。常见的瞬态脉冲骚扰源有:电快速瞬变脉冲群骚扰、静电放电骚扰、浪涌(冲击)骚扰及1 MHz脉冲群骚扰等。

## 2 瞬态脉冲骚扰的产生原因

### 2.1 瞬态脉冲骚扰产生的机理

在开关断开电感负载电路的过程中,在电感上要产生反电势。根据楞次定律:这个反电势应为  $E = -L \frac{di}{dt}$ 。反电势要向寄生电容C反向充电,当充电电压升高到一定数值时,在触点之间要出现击穿现象,形成导电通路。一旦出现导电通路,电容C便开始放电,使电压下降。当电压降到维持触点导通电压以下时,触点又将处于断开状态。上述过程重复发生,直至电容上电压不能使触点间再击穿为止。当电容不能通过击穿触点放电时,就通过电感回路放电,直至电感中能量消耗完为止。

在上述过程中,电容C上的电压每次击穿触点时都要向电源回路反向充电,因此,在电源回路上形成很大的脉冲电流。由于电源回路也有阻抗存在,脉冲电流通过电源回路时,在其两端就要形成脉冲电压,因而共用此电源回路的其它的电路(或继电器及装置)就要受到该脉冲电压的影响。这就是瞬态脉冲骚扰形成的原因。随着触点间隙的变化,击穿触点间隙所需要的电压是变化的。当触点间隙越来越大时,击

穿电压会越来越高。因此,电容C上的电压也要越来越高。当触点击穿所需要的电压越高时,电容充电的时间就越长,振荡波形的频率就越低。

### 2.2 主要的瞬态脉冲骚扰的产生及特点

#### (1) 电快速瞬变脉冲群骚扰

电快速瞬变脉冲群骚扰是电路中断开感性负载时产生的。它的特点是:骚扰信号不是单个脉冲,而是一连串的脉冲群。一方面由于脉冲群可以在电路的输入端产生积累效应,使骚扰电平的幅度最终可能超过电路的噪声容限;另一方面脉冲群的周期较短,每个脉冲波的间隔时间较短,当第一个脉冲波还未消失时,第二个脉冲波紧跟而来。对于电路中的输入电容来说,在未完成放电时又开始充电,容易达到较高的电压,这样对电路的正常工作影响甚大。

电快速瞬变脉冲群骚扰源的电压的大小取决于负载电路的电感、负载断开速度和介质的耐受能力。

这类骚扰电压的特征是:幅值高、频率高。当触点断开时,电感电路中的电流企图继续通过,在触点之间产生高压,并引起电弧的重燃,这样就会出现一连串电压脉冲叠加到继电器及装置连接的电源上。

电快速瞬变脉冲群骚扰电压主要是共模电压。它通过电容耦合间接传输至其它电路,当由一个电路的电压产生的电场和第二个电路的导体交链时就会产生电容耦合。

#### (2) 浪涌(冲击)骚扰

浪涌(冲击)骚扰是雷电在电缆上感应产生的骚扰,它也可能在很大功率的开关的断开过程中产生。冲击(浪涌)骚扰的特点就是能量很大。在室内,浪涌(冲击)电压可达到6 kV;室外可达10 kV以上。浪涌(冲击)骚扰不像电快速瞬变脉冲骚扰发生那么频繁,但每发生一次产生的危害是十分严重的,会导

致电路、继电器及装置损坏。

### (3) 静电放电骚扰

由于人体在某些环境条件下会产生静电。当人体接触继电器及装置后就会对继电器及装置产生静电放电现象,静电放电虽然也属于瞬态脉冲骚扰,但它的耦合方式与其它瞬态脉冲骚扰的耦合方式不同。一般瞬态脉冲骚扰的耦合方式都为传导耦合,而静电放电骚扰除了有传导耦合外,还有辐射耦合,但从本质上应属于辐射骚扰。静电放电会导致继电器及装置严重损坏及工作失常。静电放电能量传播方式有两种:一种是通过金属体表面传播;另一种是通过激励一定频宽的脉冲能量在空间传播。

### (4) 1 MHz 脉冲群骚扰

对电力系统量度继电器、保护及自动化装置来说,它属于一种振荡衰减波的骚扰。它的产生也是由于在辅助电源回路中,开关的开闭过程会引发一个短暂的放电过程,在该过程中要产生一短时尖峰的骚扰电压,并以一连串的衰减振荡波的形式出现。

1 MHz 脉冲群骚扰的耦合方式是以传导骚扰为主的电磁骚扰。它主要是通过各种输入导线(导体)直接传导传输到继电器及装置上。同时,也产生电感应耦合或磁感应耦合传输骚扰信号。

脉冲群骚扰电压作用于产品主要反映为共模骚扰电压和差模骚扰电压两种形式。

## 3 瞬变脉冲骚扰的抑制方法

### 3.1 电快速瞬变脉冲群骚扰

(1) 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验过程中所存在的问题。

如果受试产品在电源端没有良好的滤波性能,电快速瞬变脉冲群骚扰信号就会通过传导耦合进入继电器及装置的电路中去。现在继电器及装置中的电子电路对脉冲骚扰是比较敏感的,如果电子电路中含有数字电路,对脉冲骚扰更为敏感。进入电子电路的电快速瞬变脉冲群的骚扰信号通过直接触发和电感应耦合,使电子电路工作异常。

进入电路的电快速瞬变脉冲群骚扰信号还可以通过印制线路板的地线共阻抗耦合到继电器及装置其它的敏感部分。由于任何地线都具有电阻和电抗,所以,只要有电流通过,就要产生电压降。对于电快速瞬变脉冲群骚扰信号,其电流变化极快,并且含有大量高频分量。根据  $V = -L \frac{di}{dt}$ ,可知在公共地线上很容易产生电位差。当此电压低于电路的

抗扰度电平时,就不会产生干扰,否则,就可能对共用的地线的其它电路产生骚扰。

由于继电器及装置的绑线不合理,当通过电快速瞬变脉冲群骚扰信号时也会引起骚扰。如强电和弱电回路的导线绑在一起或信号线与强电电源放在一起时,当骚扰信号通过其中的电路时,由于电路之间的距离太近,它们之间相互耦合,产生“串扰”现象,造成继电器及装置的不正常工作。

### (2) 抑制电快速瞬变脉冲群骚扰的方法

使用电快速瞬变脉冲群骚扰的滤波器和吸收器;减小印制线路板的地线共阻抗值;将电快速瞬变脉冲群骚扰源远离敏感电路;在软件中加入抗骚扰指令;正确使用接地技术;合理布线,强电、弱电、信号线应分别绑线,接入印制线路板的输入、输出线应尽量短。

## 3.2 浪涌(冲击)骚扰

### (1) 浪涌(冲击)骚扰的防护

对于浪涌(冲击)骚扰应采用抑制浪涌的元器件来防范浪涌(冲击)骚扰所产生的电磁干扰。

抑制浪涌骚扰的元器件主要有避雷管、压敏电阻和瞬态抑制二极管,这些元器件属于对瞬态瞬变脉冲的吸收器。

避雷管:又称气体放电管,管内充有一定种类和一定数量的惰性气体,当浪涌电压出现时管内的惰性气体被电离,形成短路状态。于是,避雷管两端电压迅速降到一个很低的电压值,它使大部分的浪涌骚扰所产生的骚扰能量被泄放掉了,这就是避雷管抑制浪涌(冲击)骚扰的工作原理。

避雷管具有很强的吸收浪涌电流能力的特点,它能承受的电流大,同时产生的寄生电容很小。另外,在起弧前还具有很高的绝缘电阻。

压敏电阻:压敏电阻是电压敏感型器件,当加在压敏电阻两端上的电压低于标称电压时,它的电阻几乎是无穷大,一旦超过其电压值后压敏电阻的电阻值便急剧下降,从而将浪涌骚扰中的能量泄放,并将浪涌电压限制在一定的幅度内,整个过程的响应时间为 ns 级。

压敏电阻的引线的感抗会影响压敏电阻的高速响应。引线越长,由引线电感产生的附加感应电压越大。因此,在采用引线安装压敏电阻时要求其安装引线越短越好。

瞬态抑制二极管(TVS):瞬态抑制二极管全称是硅瞬变电压吸收二极管。它具有极快的响应时间和非常高的浪涌吸收能力,可用于保护继电器及

装置或电路免受静电、切断电感负载以及感应雷所产生的瞬态脉冲骚扰。在正常时,瞬态抑制二极管是不工作的,当出现了瞬态脉冲骚扰(包括冲击浪涌)时,器件中的硅 PN 结的雪崩效应,使瞬时过电压的尖峰箝位,方式限制在电路可以允许的范围内。这就是瞬态抑制二极管的工作原理。

### 3.3 1 MHz 脉冲群骚扰

1 MHz 脉冲群骚扰的危害性比电快速瞬变脉冲群骚扰要小,它的耦合方式除共模耦合外,还有差模耦合,它也是一种以传导骚扰为主的骚扰源。因此,抑制 1 MHz 脉冲群骚扰的方法可以按照抑制电源骚扰中共模骚扰和差模骚扰的方法。

#### (1) 共模骚扰的抑制方法

浮地屏蔽法; 平衡电路法; 隔离变压器和共模扼流圈法; 光电耦合方法; 输入滤波器方法。

#### (2) 差模骚扰的抑制方法

双绞线的输入方法(使干扰电势互相抵消); 屏蔽接地方法(抑制电场干扰的影响); 输入端接入低通滤波器法(减少高频骚扰的输入); 分离各种电源线输入方法(减少磁场骚扰的影响)。

### 3.4 静电放电骚扰

静电放电骚扰的防护有如下方法:

(1) 按电磁兼容设计的原则设计一个完整的封闭金属导体外壳,但从电路到壳体之间还可能产生二次燃弧,发生传导耦合。因此,在设计外壳时,在金属屏蔽体外再设计一个绝缘外壳,以加强金属壳体的绝缘性能;或者在金属壳体的局部(如面板部分)用绝缘材料,这样带电导体接触绝缘导体,就不会发生静电放电现象。另外,大多数外壳在保持完整性的基础上,设有孔洞、排气口、螺杆等。对于这些壳体上的开孔,应遵循“用几个小孔代替一个大孔”的原则,这样对抑制电磁发射更有利。当外壳有缝隙边沿存在时,应在两缝隙间采用电连接,以减小电磁噪声。

(2) 为继电器及装置设计一个良好的接地系统,即为静电放电电流提供一个低阻抗的放电路径,

并将放电电流有效地限制在此路径中。

(3) 采用滤波方式,阻止幅射骚扰耦合到继电器及装置中。一般滤波器应为分流电容或一系列电感,以及由以上两种滤波器组成的混合方式。

(4) 通过印制线路板的设计来提高系统的静电放电抗扰度的能力。印制线路板上的印制线可以成为静电放电中产生电磁发射的天线,为了降低这些天线的耦合作用,在设计印制线路板上的印制线时应尽可能的短,印制线包围的面积应尽可能小;在设计时,所有的元器件应均匀分布于印制板的整个区域,以减小共模耦合;使用多层印制线路板和栅格的走线方式也可以减小耦合,抑制共模辐射骚扰。

(5) 对电缆进行屏蔽和滤波,防止电缆成为接收电磁骚扰的天线。另外,特别是电缆与外壳相连时,电缆也应能提供一个低阻抗的通道。

(6) 在继电器及装置的软件设计中增加对静电放电抑制措施,可有效避免继电器及装置工作严重失常。这些措施有“刷新”、“检查”、“恢复”等。“刷新”过程涉及到周期性复位到休止状态,并刷新显示器和指示器状态;“检查”过程用于决定程序是否正确执行,它们在一定间隔时间被激活,以确认程序是否在完成某个功能;如果这功能没有实现,一个“恢复”程序被激活。

### 参考文献:

- [1] 全国无线电干扰标准化委员会,全国电磁兼容标准化联合工作组,中国实验室国家认可委.电磁兼容标准实施指南[M].北京:标准化出版社出版,1999.
- [2] 陈伟华.电磁兼容实用手册[M].北京:机械工业出版社出版,1998.

收稿日期: 2002-11-11; 修回日期: 2003-05-06

作者简介:

韩青(1973-),男,在职硕士研究生,主要从事电力系统继电保护电磁兼容的研究;

尹项根(1956-),男,教授,博士生导师,主要从事电力系统继电保护和综合自动化的研究。

## The transient burst disturbance and its suppression method

HAN Qing, YIN Xiang gen

(School of Electrical Power & Electronics Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** With the development of electronic technology, the measuring relay and equipment have realized microcomputerization and digitalization. The severe electromagnetic environment of power system often appears electromagnetic disturbance which affects the normal performance of the measuring relay and equipment seriously. Transient burst disturbance is one of the severest disturbing factors. Starting with the analysis of the reason what the transient burst disturbance come into being, this paper summarizes the characteristics of all kinds of transient burst disturbances and brings forward some suppression solutions.

**Key words:** transient burst disturbance; electromagnetic compatibility; suppression solutions