继电保护及设备的电磁兼容技术和电磁干扰的抑制方法

韩天行[1]，李　秦[2]

(1. 许昌继电器研究所，河南　许昌　461000；2. 国务院三峡办公室，北京　100000)

中图分类号：TM77　　文献标识码：A　　文章编号：1003-4897(2000)11-0073-04

1　电磁兼容的基本概念

随着科学技术的发展，世界各国特别是欧洲一些先进国家，经过几十年对电磁干扰和抗干扰等问题进行研究和控制，已经将这些技术研究形成了一门新兴的学科 ——电磁兼容(Electromagnetic Compatibility 简称 EMC)。

电磁兼容(EMC)最浅显的解释是“电磁环境中共存的能力”。它的科学定义是由 IEC 给出的：“电磁兼容是设备和系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境的任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力”。根据 IEC 给出的科学定义我们可以用一种通俗说法：EMC 就是研究设备或系统的干扰和抗干扰的问题，也就是说所有的电子设备既不要成为对周围的其它设备成为一个电磁干扰源，又要能承受周围电磁环境所经过各种途径传输的各种干扰而保持自身的正常工作状态。

对于电力系统而言，随着电网能量不断增大，电压等级提高，传输电能的距离也越来越长。电力系统的发展要求电力系统继电保护必须具有动作迅速、灵敏度高和可靠性好的功能，因而近十余年经过研究将大量的电子元器件组成的数字电路或计算机应用到继电保护产品上，构成了新的一代静态型继电保护产品。这些产品在解决动作迅速、灵敏度高等方面取得较好的成果，但在可靠性方面却出现了不少的问题。其原因是由于电力系统本身就是一个极为复杂并存在多种干扰的电磁骚扰源，这样的电磁环境对静态产品的正常工作带来极为不利的条件。有时电力系统没有发生任何故障，但静态继电保护产品却在某种干扰的影响下产生动作现象即“误动”；有时电力系统发生了故障要求产品动作立即切除故障，但在某种干扰的影响下而拒绝动作，即“拒动”，这些现象都将严重影响电力系统的安全可靠运行，给国民经济带来巨大的损失。因此只有深入了解和解决静态产品的电磁兼容问题，才能保证电力系统的可靠安全运行。

综上所述，我们可以知道电磁兼容应包括两方面的内容，并且每一种电子设备都包含这二方面内容，如图 1 所示。

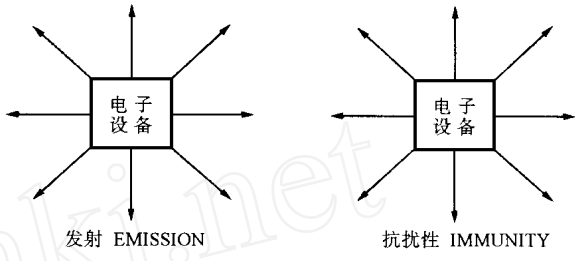

图 1　电磁兼容的内容

电磁兼容 EMC = 发射(EMISSION) + 抗扰性(IMMUNITY)

发射(EMISSION)：指设备在运行时发出的电磁能对周围环境及相邻设备的影响。

抗扰性(IMMONITY)：指设备对电磁骚扰的抵御能力。

2　电磁干扰

2.1　干扰的三要素

干扰源产生的干扰之所以能够对产品正常工作造成不良的影响，须经过一定的通道传输到被干扰的设备，这就构成干扰三要素：

传导和辐射电磁能量的干扰源、干扰传递的途径、对干扰敏感的接受设备。

2.2　干扰的耦合方式

电磁干扰进入设备可分为二大类、即传导和辐射。

辐射干扰：干扰信号是通过电磁波辐射传播的。

传导干扰：干扰信号是通过干扰源和被干扰设备之间的公共阻抗进行传播的。

以上二种干扰传播方式可能互相转换，辐射干扰可以通过导线转换成为传导干扰，而传导干扰又可通过导线形成辐射干扰。

(1) 干扰传播方式

干扰源传播途径和传播的方式通过干扰的耦合通道来完成，干扰耦合通道主要有二种，一种是金属导线，即将电磁干扰传输到金属导体能联接到的地

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

方,这种方式称之传导干扰。另一种是通过空间场,将电磁干扰辐射到空间的任何地方,这种方式称之为辐射干扰。

下面介绍这二种传播方式所具有的特性。

①传导干扰

通过金属导体,如导线或任何金属结构包括电感电容,以及变压器、电抗器等传播的干扰。金属导体在传导干扰的同时,由于导体本身的介质作用,也在消耗干扰源的能量,这就是传导干扰的一个特性。

导线和导体传播干扰源还有另一个特性,就是当载有电流的导线在传播干扰时,载有电流的导线可以起到发射天线的作用,也就是说在传导干扰的同时,还要对导线周围空间产生辐射干扰。

②辐射干扰

辐射干扰是通过介质以电磁场形式传播,电磁场的能量由干扰源辐射而产生的,并且以波的传播规律向周围空间传输。

辐射干扰从产生干扰源的装置内部以多种途径向外传输,典型的传输方式有以下几种:

a. 透过设备的外壳向外辐射,由于外壳的材料不足以将穿过它的干扰磁场衰减掉(此外壳为塑料或者有开口的金属外壳)。

b. 透过设备外壳的缝隙向外辐射,由于外壳结构互相间的电气连接性能不好,也有许多设备外壳在设计上就没有考虑到防止辐射干扰问题,而只是为了设备在安装或装配上的方便,设计了许多轴孔、连接器孔、保险丝孔、端子孔等,致使外壳表面相互间的电气连接性能差。

c. 通过设备间的连接电缆向外辐射。

d. 非正常辐射(如表面生锈、电晕放电、零部件之间的充电和绝缘击穿等)。

e. 通过装配不好的连接器向外辐射。

f. 屏蔽性能不良,向外泄漏产生幅射现象。

除了以上六种途径外,还有许多途径都可以传输辐射干扰的特性。

辐射干扰特性主要有以下两方面:

a. 方向性:干扰源向外辐射能量时有一定的方向性。

b. 距离特性:干扰源向外辐射能量还有另一个明显特性,这就是辐射能量是随幅射距离的长短而变化,当距离越长时,干扰波的能量随之减弱。

(2) 干扰的耦合方式

①共阻抗耦合

当两个设备的电流流经一个公共阻抗时,电流在阻抗上产生的电压降会影响到另一个设备。

②电感性耦合

电感性耦合又称电磁耦合或磁场耦合,它是由两个电路之间的互感,使一个电路的电流变化并通过磁场链影响到另一个电路。

③电容性耦合

电容性耦合又称为静电耦合或电场耦合,它是由于二个电路之间存在着分布电容,使一个电路的电荷影响另一个电路,如印制线路板上的印制电路之间,变压器初、次级之间,都会存在这种分布电容,通过电容干扰传播到设备内。

3 电磁干扰的抑制方法

抑制电磁干扰的方法有三种。

3.1 接地

接地:是指在两点间建立导电的低阻抗的通路,把系统中电位和电子元件互相连接起来,或把它们同时与某个称作“地”的参考点连起来。

(1) 接地工作原理

将理想的接地体作为一个零电位、零阻抗的物理实体,作为与各有关电路中信号电平的参考点,任何不需要的电流通过它都不产生电压降。这种理想的接地体实际上是近似的,产品接地是为了使产品本身所流过的干扰电流经过接地线流入大地,减少和衰减干扰的传播和发出的能量。

(2) 接地的方式

接地的方式有三种:浮点、单点和多点接地。

浮点接地常应用于电路或产品工作状态不能与公共地或大地相连接时。它的原理近似于起到隔离变压器的作用。采用浮点接地易产生静电电荷积累。

单点接地是所有需要接地的引线全部接到一个点,再由这个点直接与地相接。

多点接地是指系统或设备中所需要接地的引线直接接到离它们最近的地上。

(3) 接地的注意事项

利用接地的方式可以减少或衰减干扰源的能量,但应注意以下几点:

①接地线要尽可能短;

②接地线阻抗要尽可能小;

③应采用金属材料相同的导线作为接地线;

④接地点应有良好的导电性能;

⑤接地线的连接点要有足够的力学强度。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.2　屏蔽

屏蔽是限制内部的电磁能量越出某一区域和防止外来的幅射能量进入某一区域。

(1) 屏蔽的工作原理

从屏蔽的作用来看,它是限制内部的电磁能量传输至产品的外部,同时也将限制外部的幅射能量传入到产品内部。一般常用于隔离和衰减辐射干扰,屏蔽的实质是由一个全封闭的壳体,壳体一般由具有良好的导电性能的金属材料制成,壳体的形状应根据产品或部件的结构形式来决定,但必须是完全封闭的,壳体表面不允许有可能泄漏电磁能量的缺陷。

(2) 屏蔽隔离的注意事项

采用屏蔽隔离衰减幅射干扰电磁场能量应注意以下几点:

①选用合适的能满足衰减要求的金属材料,在常用的屏蔽材料中选用铁和铜,它们既能满足屏蔽的要求又经济实惠。

②要保证屏蔽体的完善性,接合处应采用密焊或卷接的方法。

③接缝中应填充导电衬垫并用密布的螺钉紧固。

④屏蔽体的接地应保持良好的导电性能。

(3) 屏蔽的方式

①电场屏蔽(又称静电屏蔽):主要是抑制寄生电容的耦合干扰,如电源变压器的初级和次级之间的屏蔽就是一种电场屏蔽,防止高频信号通过寄生电容进入到设备中去。这种屏蔽方式的屏蔽体必须可靠接地,否则其效果比未屏蔽的更坏。屏蔽一般用低电阻的金属材料制作。

②电磁屏蔽:它是采用低电阻的导电材料如铜和铝等,主要用来防止高频电磁场的影响。利用电磁感应现象在屏蔽壳体表面产生涡流的反磁场来达到屏蔽的目的。

仅仅对于电磁屏蔽而言,即使不接地对防止高频干扰也是有效的,但是屏蔽体未接地,会增加静电耦合,即增加对干扰电压的感应。总而言之,电磁屏蔽还是接地的效果好,它既能起到电场屏蔽作用又能起到电磁屏蔽的作用。

③磁场屏蔽

它是利用磁性材料的高导磁率和高饱和率对干扰磁场分路并吸收损耗的原理,一般用铁、硅钢片,玻莫合金等材料构成,主要是防止低频磁场的干扰。

3.3　滤波

①滤波的工作原理

滤波是利用滤波器来抑制传导干扰,大部分用于抑制低频或中频干扰,抑制的频率可达 300MHz。

滤波器是由集中参数的电阻、电感和电容,或者是分布参数的电阻、电容和电感构成的一种网络,这种网络只允许某些频率通过包括直流分量,而阻止其它的频率通过以达到抑制电磁干扰的目的。

②滤波器的种类

常用的滤波器有 T 型滤波器,π 型滤波器,L 型滤波器及 C 型滤波器、电容低通滤波器和电感低通滤波器等。

在采用滤波方法抑制传导干扰时,首先要了解干扰源的频谱,干扰源在频带中的分布情况,干扰波的幅值等,可以通过干扰仪器来检测,获得干扰源的频带分布和幅值,有针对性地选择滤波器的种类或者针对性地设计滤波器。

4　电源的干扰及其抑制方法

4.1　干扰的方式

电源干扰是一种很复杂的干扰,产生的原因是多样的,并包括了许多可变的因素,反映出干扰的形式也是多种多样,但从干扰的方式上可归为共模干扰和差模干扰两类。

共模干扰是由电源输入线对大地或中线对大地之间的电压差所形成的。对于三相电源而言,共模干扰存在于任何一相与地之间。共模干扰又称共态干扰、对地干扰和不对称干扰。

差模干扰存在于电源线间、线与中线间。对于三相电源还存在于相线与相线之间,差模干扰又称串模干扰、正态干扰或对称干扰。

干扰的方式反映出干扰源与耦合通道的关系,差模干扰发生在同一电源电路上,而共模干扰是因辐射和串扰耦合到电路中去,通常在电源的输入线上的干扰电压都会有共模电压分量和差模电压分量,由于线路阻抗的不平衡,这两种干扰电压在传输过程中会相互转换,情况十分复杂。

4.2　共模干扰和差模干扰的抑制方法

a. 共模干扰的抑制

①采用浮地屏蔽法; ②采用变压器电场屏蔽法; ③采用平衡电路法; ④采用隔离变压器和共模扼流圈法; ⑤采用光电耦合方法; ⑥采用输入滤波器方法。

b. 差模干扰的抑制方法

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

①采用双绞线的输入方法(使干扰电势互相抵消);

②采用屏蔽接地方法(抑制电场干扰的影响);

③输入端接入低通滤波器法(减少高频干扰的输入);

④分离各种电源线输入方法(减少磁场干扰的影响)。

4.3 几种典型的滤波器

(1)电源滤波器对工频电流没有衰减的作用,主要是衰减高频信号,即高频干扰,常用的电源滤波器是共模扼流圈,它是由一个框流扼和三个电容所组成的。

对电源滤波器的要求是:

a.频率特征的一般衰减量为40dB～60dB。

b.选择的泄漏电流要适中,漏电流大虽然抗干扰性能好,但安全性差。

c.旁路电容的耐压要高。

d.通过最大电流时,电压降要小、温升要低。

e.外壳应用金属材料制作。

安装注意事项:

a.滤波器输入端和输出端的引线必须相互分开,以免由于分布电容耦合降低滤波性能。

b.滤波器直接安装在电源线入口处,理想的情况下应与壳体相连,如装在产品内部,布线不要过长。

c.滤波器外壳对地的射频阻抗必须接近零,接触面必须清洁、光滑、完整,并且接触紧密和稳定。

d.滤波器应安装在靠近需滤波的地方,其连接线要屏蔽。

(2)高频滤波器

为了防止干扰进入或防止高频辐射,常采用屏蔽法对某部分电路进行屏蔽,因此对所有进出屏蔽盒的引线都要进行滤波,这种滤波器一般应为高频滤波器,滤去高频干扰。

高频滤波器的典型结构类似于π型滤波器,但是它采用的电容器是穿心式电容器,其电感小高频阻抗小;电感采用铁氧体瓷芯制成,高频滤波器的体积较小。

(3)铁氧体磁环

铁氧体磁环是一种吸收型的滤波器,它使高频干扰的能量转化为热损耗。一般是将铁氧体套在产品的电源输入线上,具有单环扼流圈的特性,其阻抗随着电流的频率变化,对高频磁导率高,阻抗增大,起抑制高频作用,而对低频、磁导率低、阻抗小,对低频无作用。这是一种简易衰减高频干扰的方法,对开关动作引起的瞬变干扰和高频振荡波特别有效。

(4)其它限制电源干扰的方法

①瞬变干扰抑制器可以对预定过电压进行能量转移,属于这类范畴有气体放电管,金属氧化物压敏电阻及齐纳二极管。

这些器件不管是对共模干扰或差模干扰的瞬变干扰都有较大的抑制作用,这些抑制器必须安装在电源输入线的线与线或线与地之间。

②隔离变压器

a.普通隔离变压器; b.屏蔽变压器; c.噪音免除变压器。

噪音免除变压器又称为超级隔离变压器,是一种多重屏蔽的变压器。它利用漏感来削弱差模干扰,利用容抗来削弱共模干扰。

超级隔离变压器在结构上是比较特殊的,关键在于处理好初级与次级绕组间的屏蔽关系,保证变压器具有一定量的漏感抗。

③各类净化电源和UPS系统等。

收稿日期: 2000-05-11

作者简介: 韩天行(1943-),男,大学本科,高级工程师,从事电磁兼容及电测技术的研究; 李秦(1955-),男,大学本科,高级工程师,从事输变电技术的研究。

EMC technology of relaying protection and equipment and suppression on EMI

HAN Tian-xing[1], LI Qin[2]

(1. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China;

2. The Three-Gorges Administration Office of the State Council, Beijing 100000, China)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net