

电力系统微机保护装置的抗干扰措施

张盛旺,林 风
(宁德电业局,福建 宁德 352100)

摘要: 归纳了微机保护装置常见的干扰源,主要有供电系统、静电感应、电磁感应及信号通道等干扰,分析了干扰对装置正常工作的影响。从硬件和软件两方面总结了抗干扰措施;硬件方面主要有电源滤波、屏蔽、隔离、接地等技术;软件方面主要有 WATCHDOG、空指令、数字滤波及软件陷阱等技术。并针对微机保护装置开入/开出信号给出了抗干扰措施。对提高微机保护装置的抗干扰性能有一定的实用参考价值。

关键词: 电磁干扰; 硬件抗干扰; 软件抗干扰

中图分类号: TM 774;TM 769 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2005)02-0093-04

0 引言

电力系统,特别是发电厂与变电所,在正常和异常运行状态下都会产生或遭受到各种电磁干扰。例如,高压电气设备的操作,低压交直流回路内电气设备的操作,短路故障等所产生的瞬变过程,电气设备周围的静电场和磁场、雷电、电磁波辐射、人体与物体的静电放电等。电能质量本质上也是一个电磁兼容问题,例如电压波动、电压突降和中断、电源频率变化、谐波等都会对电气、电子设备的正常运行构成干扰。而电气、电子设备本身由于其组成部分和局部电路的特性或者它们的工作信号也会形成干扰源,恶化电磁环境,影响其他设备或系统的正常工作。

收稿日期: 2004-11-01

干扰能量可以通过多种途径从干扰源耦合到受干扰的设备或系统上,归纳起来可以分为传导和辐射两大类。传导是指干扰源和受干扰设备间通过互连的导线、互感及静电电容等而起的耦合作用;辐射则是指干扰源通过空间电磁波的作用对被干扰对象产生干扰。这些干扰都会对微机保护的正常运行产生一定的影响。

1 微机保护装置常见干扰源及影响^[1~4]

微机保护装置是以微机为核心的自动控制系统,其硬件组成主要包括数据采集系统、微机系统、开关量输入/输出系统、人机对话系统。微机保护装置中干扰源较为复杂,有装置内部的也有装置外部的干扰信号,主要有列三种:

a. 供电系统干扰,其中电源噪声是微机系统中最重要的干扰来源,并且危害最严重;

b. 静电感应和电磁感应干扰,通过电磁波辐射窜入系统;

c. 信号通道干扰,通过与主机相连的输入/输出通道进入系统。

在干扰信号产生后,干扰信号对模拟元件和数字化器件的影响是不同的:对模拟量输出执行元件的影响是可能导致保护装置的误动作;对数字化微机芯片的影响是造成运算数据传送的错误或出现微处理器操作码错误,从而导致微机系统出现故障或功能障碍。干扰对微机保护装置的影响,主要表现在下面所述的 3 个方面。

a. 运算或逻辑出现错误。在微机保护装置运行时,其输入/输出数据、微处理器计算的中间结果、控制程序流程的标志字等,都是存放在数据缓冲区的随机存取存储器(RAM)中。由于 RAM 的抗干扰能力较差,在强电磁干扰信号作用下,有可能使存放在 RAM 中的数据发生变化;此外,在进行读/写数据时,数据总线和地址总线也可能在干扰信号作用下发生读/写数据错误或将数据传送到错误的地址中。如果数据是控制程序流向的标志字时,还将导致运算逻辑出现错误等问题。

b. 运算程序出轨。在微机执行运行程序期间,运行的程序通常存放在只读存储器(ROM)中,所谓程序只是微处理器可识别的机器码,在干扰信号作用下,这些机器码改变时,将可能出现微处理器无法识别的机器码,致使微处理器无法工作。此外,如果干扰信号改变了控制程序流向的标志字时,也将改变运行程序的执行顺序,使微机的运行程序跑飞,出现死机等问题。

c. 损坏微机芯片。在强电磁干扰作用下,微机中的一些半导体芯片可能受到损坏,使装置无法工作。

2 微机保护装置常见抗干扰措施

2.1 硬件抗干扰

硬件抗干扰措施主要有电源滤波、屏蔽、隔离、接地等技术。

2.1.1 电源滤波技术

供电系统的稳定性是关系到微机保护系统正常工作的重要因素之一。电源干扰的异常情况包括:

- 过压、欠压、停电(瞬时、秒级);
- 浪涌和跌落(毫秒级);
- 瞬变脉冲(0.5 ms 级);
- 尖峰脉冲(毫、微秒级)。

一般,对于过压、欠压的解决办法是用稳压器;浪涌和跌落由于幅值过大会损坏系统,常用快速响应的交流电源稳压器;瞬变脉冲则可用低通滤波器予以滤除;尖峰脉冲虽然持续时间短,不会对系统造

成损害,但对系统正常运行危害很大,会造成逻辑功能紊乱,可使用具有噪声抑制能力的交流电源调节器、参数稳定器和隔离变压器予以解决。因此,为了避免来自电源方面的干扰,需要对电源部分进行抗干扰设计,给予合理的供电配置,如图 1 所示。

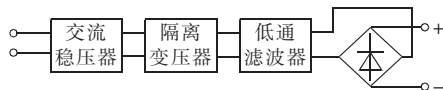


图 1 电源抗干扰设备示意图

Fig.1 The anti-interference equipment for power source

在直流输出后还应有滤波电路。另外,分散的独立功能的模块应分别供电,这样每个模块上可分别再通过三端稳压块(7805,7812 等)稳压,交流稳压器用以保证供电的稳定性;防止电源系统的过压与欠压,可提高系统的可靠性;隔离变压器由于在初级和次级之间均采用屏蔽层隔离,减少了分布电容,因而限制了高频噪声从此通过;低通滤波器则可滤去大部分高次谐波的干扰。

若考虑滤去 50 Hz 工频干扰时,则整流电路的滤波电路采用双 T 形网络,如图 2 所示。

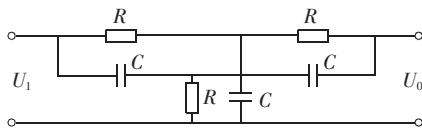


图 2 50 Hz 滤波电路

Fig.2 The 50 Hz filtering circuitry

其频率特性为

$$H(j\omega) = \frac{U_0}{U_1} = \frac{1 - (\omega RC)^2}{1 - \omega R^2 C - j4\omega RC}$$

当 $\omega = 1/(RC)$ 时, $U_0 = 0$, $f = 1/(2\pi RC)$; 当 $f = 50$ Hz 时, 只分别给定 R 与 C , 使 $RC = 1/(2\pi f)$ 即可。

除此以外,消除电源干扰的设备还有开关稳压器、干扰抑制器等,视具体情况分别采用。

2.1.2 屏蔽技术

屏蔽的作用就是抑制(降低或完全隔断)两个区域之间的电磁场耦合,它可以限制某一区域内部的电磁场越过该区域影响外界,也可以防止外界电磁场进入某一区域。

a. 静电屏蔽(电场屏蔽,电屏蔽)。其作用是消除容性耦合,适用于对静电场和准稳态电场的屏蔽。

b. 磁屏蔽(磁场屏蔽)。其作用是抑制感性耦合,适用于对静磁场和低频磁场的屏蔽。为了提高屏蔽效果,必要时可使用多层磁屏蔽。

c. 电磁屏蔽(辐射电磁场屏蔽)。其作用是抑制辐射电磁场的电磁耦合,它是由于金属屏蔽体对入射电磁波的反射损耗和吸收损耗而产生的。电磁波到达金属表面,一部分透入,一部分反射。透入导体的电磁波,在导体内感应产生涡流,引起功率损耗。故电磁波在导体内的传播过程中将不断衰减。

2.1.3 隔离技术

隔离的作用是隔离与外接线路(信号线,电源线)地电位的联接,以抑制共模干扰。从较远距离引至计算机或其他低电平电子器件的线路应经隔离器接入,要联接的两台设备(电路)两者的地电位可能相差很大时,应该经隔离器联接。常用的隔离器件有光电耦合器和隔离变压器。

a. 光电耦合器。这是借助于光电器件,先将发端电信号转换为光信号,再将受端光电信号转换为电信号。可以将发光器件(发光二极管)和光敏感器件(光敏二极管)封装在一起,构成一个光隔离器(光电耦合器)。一般,单个光隔离器可以隔离约 10 kV 电压,多用于计算机系统的接口,也可用于模拟量脉冲的传输。由于输入端和输出端之间存在杂散电容(1~10 pF),在高频下,光电耦合器抑制共模干扰的能力将很快下降。

b. 隔离变压器。隔离变压器的变比通常为 1:1,但原、副绕组间有较高绝缘强度的专用变压器。常用于交流电路中隔开接地回路,降低共模电压。对于 50 Hz 及较低频率,用隔离变压器几乎可以完全抑制共模干扰。高频下,由于原、副绕组间存在耦合电容,因此共模抑制比会降低。为此,可在绕组间加屏蔽。隔离变压器的作用不仅在于抑制共模干扰,其更重要的作用是避免发生反击。

2.1.4 接地技术

接地就是把电气或电子设备的某一点或某些点用导线与埋于地下的接地极相连,其目的是保持该点为零电位,或者尽可能接近零电位,从而保证设备的正常工作和人身与设备的安全。接地可分为工作接地和安全接地。

a. 安全接地。将仪器外壳机架等接地,以防人身触电或静电放电。二次设备的安全接地通常与一次设备的接地共用一个接地网,接地线应尽量短,降低可能出现的瞬时过电压。

b. 工作接地。其目的是为电子设备的各类电路提供一个电位基准。接地线也可能作为各级电路之间信号传输的返回通路以及各级电路供电线路的回路。为了减少电磁干扰,对工作接地最主要的要求是:在任何情况下,工作接地各点的电位都应尽量保持一致以减少共模干扰。

微机保护装置的接地方式可分为单点接地和多点接地。单点接地是在一个线路中,只有一个物理点被定义为接地参考点。所有需要接地的点都接到参考点上。单点接地方式只适用于低频情况。如果系统的工作频率很高,则接地线间互感和杂散电容的影响将表现出来,即使采用并联单点接地的方式也避免不了地线彼此间通过电磁耦合带来的影响。而且,接地线的电感也会导致设备本身的接地阻抗过大。为了尽可能减小接地阻抗,高频情况下总采用多点接地方式,即系统中各个需要接地的点都以最短的连线直接接到距它最近的接地平面上。这里所

谓的接地平面可以是设备的底盘或结构框架,也可以是敷设于所有设备下面的金属板、带或网格。

2.2 软件抗干扰

软件抗干扰措施主要有 WATCHDOG、空指令、数字滤波及软件陷阱等技术。

2.2.1 WATCHDOG

WATCHDOG 实际上是一个软件监视系统,通常利用软件定时器或硬件定时器的中断,在中断程序中查询某个设定的标志,若标志不为零,则清零或减 1 后退出;若标志为零,则执行复位指令或转向出错处理程序,在出错处理程序中完成各种善后工作,再使系统复位。在系统程序中根据要求的监视时间的长短设置标志,一旦程序未能在给定的时间内重置标志,就会导致系统复位。软件狗对不带硬件狗电路而有定时器中断的微机系统特别有用,其缺点是额外占用了—个定时器。

2.2.2 空指令

空指令是指在一些对程序流向起着决定作用的指令(如跳转指令)及对系统工作状态至关重要的指令(如中断指令)前面,人为地插入几条空操作指令,以保证跑飞的程序能重返正常轨道以实现指令冗余。该方法的前提是程序跑飞到程序区并执行了空操作,否则指令冗余不起作用。应当注意的是在一个程序中空指令不要使用过多,以免降低程序的执行效率。

2.2.3 数字滤波

数字滤波主要是数据采集误差的软件抗干扰措施。数字滤波实质上是一种程序滤波,即通过一定的计算程序,对采样信号进行平滑加工,减少干扰在有用信号中的比重。常用的数字滤波法有均值滤波法、一阶递推数字滤波法、比较取舍法、中值滤波法等。

2.2.4 软件陷阱

软件陷阱是指在非用户程序(如未使用的 EPROM 区、未使用的中断向量区、数据表格区的周围)填充空操作指令并周期性写入一条指引指令,当程序跑飞到这些区域时,强行将程序引向一个指定的地址,在那里有一段专门对程序出错处理的程序,以便引导程序进入正常的运行状态。

3 微机保护装置开入/开出信号抗干扰措施

开入/开出量是指装置输出的控制断路器动作的控制信号和断路器位置的状态信号,开入/开出量在很大程度上决定了装置的抗干扰性能,因此,对开入/开出量在电气上进行抗干扰处理是很有必要的。

对引入装置的开入量而言,必须通过隔离技术降低引入量的电压范围至 CPU 可正常接受的程度,通常需要从 110~220 V 降低到 5 V 甚至更低;另一方面可以大大降低外界干扰信号对核心控制部分的干扰。常用的隔离方式有光耦隔离和电磁隔离两种,和后者相比,光耦隔离的灵敏度较高,同时隔离元件的体积较小,因此在微机保护装置中较为常见。对于

开出量而言,一方面,为了防止外界或是装置自身的干扰信号导致出口误动,同样也必须对连接装置内外部的信号加以电气上的隔离;另一方面,为了使得控制 CPU 的弱电信号足够驱动诸如断路器之类的现场装置,还必须加以驱动。

微机保护装置首先将 TTL 电平的出口信号经由三极管,以提高其驱动能力,再通过光耦元件和中间继电器的双重隔离后输出,同时通过中间继电器提高信号的电压范围使之符合现场元件的动作要求。为了进一步提高装置的抗干扰性能,装置还可以采用下面的一些技术。

a. 正常状态下开出量的“出口不带电”技术。如前所述,出口部分的抗干扰性能极其重要,否则一个极小的电压(不超过 5 V)波动就有可能导致整个装置的误动作。因此,采用如图 3 所示的方法对正常状态下出口的中间继电器的电源加以闭锁,当装置按照给定的判据判定需要动作时,先将中间继电器的电源投上,再动作相应的出口中间继电器。这样,在正常工作状态下,出口部分的电路处于无电状态,一方面降低了电压波动对出口误动的影响,同时也解决了装置掉电会导致出口误动的问题。

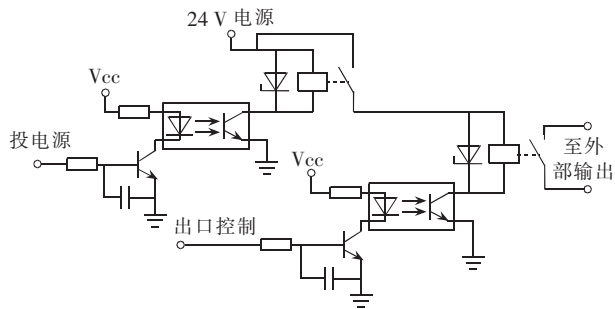


图 3 “出口不带电”技术示意图

Fig.3 Technique of “non-electrified outlet”

b. 强抗干扰要求下的 3 取 2 技术。当装置应用的电压等级提高时,提高了对装置不误动和不拒动的要求。为了满足强干扰工作环境下的这些要求,用 3 个 I/O 口控制 3 个继电器,再将这 3 个继电器采用如图 4 所示的方法连线,控制一个出口信号,这样,当装置判定需要动作时,给出 3 路 I/O 信号

驱动一个出口。装置的误动需要有任何 2 个继电器同时发生误动,而装置的拒动也需要有任何 2 个继电器发生拒动,这样就同时将防误动和防拒动的可靠性提高了一倍。再和如上所述的“出口不带电”技术结合在一起,就可以基本上避免装置由于出口模块的原因产生误动作。

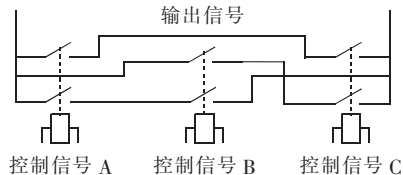


图 4 “3 取 2”技术示意图

Fig.4 Technique of “two of three”

4 结语

微机保护装置抗干扰方法很多,本文仅给出一些比较常用和有效的措施。作者已将上述若干抗干扰措施应用在自行研制的新型微机保护装置中取得了良好的效果,大大提高了系统的抗干扰能力和可靠性。

参考文献:

- [1] 杨新民,杨隽琳. 电力系统微机保护培训教材[M]. 北京: 中国电力出版社,2000.
- [2] 陈德树,张哲,尹项根. 微机继电保护[M]. 北京: 中国电力出版社,2000.
- [3] 张松春. 电子控制设备抗干扰技术及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社,1995.
- [4] 李华. 微型继电器保护装置软硬件技术探讨[J]. 电力建设,2001,22(5):44-47.

LI Hua. Inquire into software and hardware technique of relay protections for computers[J]. **Electric Power Construction**,2001,22(5):44-47.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

张盛旺(1967-),男,福建宁德人,工程师,主要从事电力系统自动化工作(E-mail: zsw_nddl@yahoo.com.cn);

林风(1966-),男,福建宁德人,高级工程师,主要从事继电保护自动化及自动、运动工作。

Anti-interference measures in microprocessor-based protective equipment of power system

ZHANG Sheng-wang, LIN Feng

(Ningde Electric Power Bureau, Ningde 352100, China)

Abstract: The common interference sources of microprocessor-based protective equipment are summarized, including power supply interference, electrostatic and electromagnetic induction interference, signal channel interference, and so on. Their influences on the operation of protective equipment are analyzed. The anti-interference measures are summarized from hardware and software. Techniques, such as source filtering, shielding, isolating and grounding, are available in hardware, while WATCH-DOG, false instruction, digital filtering and trap are available in software. Some anti-interference measures are suggested for the binary input and output signals. The paper provides some references to improve the anti-interference capability of microprocessor-based protective equipment.

Key words: electromagnetic interference; hardware anti-interference; software anti-interference