

# 变电站场地信号电缆抗干扰方法的分析

尚 春

(广东佛山电力工业局,广东 佛山 528000)

**摘要:** 抗干扰问题对电力系统的安全运行十分重要。然而,由于认识上的原因,目前对信号传输过程中的抗干扰及接地问题尚未给予足够的重视。从理论上对变电站干扰的产生及防治措施进行了分析,并提出了具体的接线方式。针对现场应用中的实际问题,对各种屏蔽接地的要点加以说明和解释。

**关键词:** 变电站;场地;信号电缆;抗干扰;屏蔽;接地

**中图分类号:** TM63      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2001)02-0047-02

变电站保护、测量和控制系统的精度以及可靠性取决于组成系统的三个部分:一是信号采样装置(CT、PT、传感器等);二是信号的传输(电缆、光纤等通道);三是信号的处理,即保护测量和控制装置本身。

目前,信号采样装置材料和工艺不断改善,高精度、数字化的集成电路型,以及微机型保护、测量和控制装置在电力系统中应用愈来愈广泛,为电力系统的安全可靠运行提供了良好的条件。然而,由于传统认识的原因,对信号传输过程中的抗干扰及接地问题未给予足够的重视,使得进入信号处理装置本身的信号掺杂了干扰的信号,从而整个系统的精度大大降低,甚至引起装置的误动作。因此了解变电站干扰源,采取强有力的抗干扰措施,提高整套系统的精度和可靠性已经势在必行。

变电站的干扰主要通过电磁耦合和静电耦合两种途径对信号传输线及设备的信号产生影响。如图1(a)所示,变电站母线和其他大电流导线的交变电流及高压导体的电晕、放电等通过电磁场在信号系统中感应出干扰电流和干扰电压,这种传播途径称为电磁耦合。如图1(b)所示,变电站高压母线及其他弱电、监控线及设备上的交变电压,通过分布电容在信号系统中产生干扰电压和干扰电流,这种传播途径称为静电耦合。

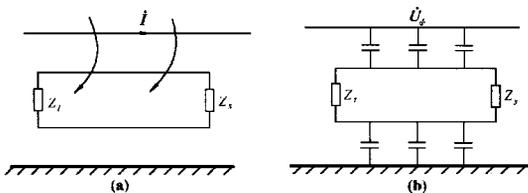
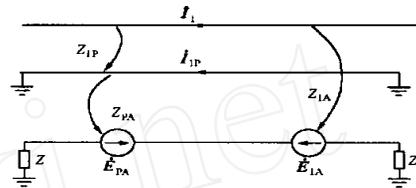


图1 变电站的干扰途径

## 1 电磁耦合对信号的影响,两端接地的外屏蔽的抗干扰作用

如图2所示:



下标1——干扰源;下标2P——外屏蔽;下标A——信号芯线  
图2 两端接地外屏蔽的抗干扰原理

当无外屏蔽P时,干扰电流  $I_1$  在信号芯线A上感应的纵向电势  $\dot{E}_{AO} = \dot{I}_1 Z_{1A}$ 。

$Z_{1A}$  ——干扰线与芯线之间的互阻抗。

当有外屏蔽P时,忽略芯线电流作用,可得:

$$\begin{cases} \dot{I}_P Z_P - \dot{I}_1 Z_{1P} = 0 \\ \dot{I}_1 Z_A - \dot{I}_P Z_{AP} = \dot{E}_A \end{cases}$$

其中  $\dot{E}_A$  ——芯线上感应的纵向电势,

$$\text{即 } \dot{E}_A = \dot{E}_{PA} + \dot{E}_{1A}$$

$Z_{AP}, Z_{1P}, Z_P$  分别为 A、P 间互阻抗, 1、P 间互阻抗及 P 的自阻抗。

从以上两式可解得

$$\dot{E}_A = Z_{1A} \dot{I}_1 \left[ 1 - \frac{Z_{1P} Z_{AP}}{Z_{1A} Z_P} \right]$$

$$\text{屏蔽系数} = \frac{\dot{E}_A}{\dot{E}_{AO}} = 1 - \frac{Z_{1P} Z_{AP}}{Z_{1A} Z_P}$$

实际上,由于芯线上与外皮的距离同它们与干扰线的距离相比可忽略不计,即有  $Z_A \approx Z_{1P}$ ,故

$$= 1 - \frac{Z_{AP}}{Z_P} = \frac{R_P - R_{AP} + j(L_P - L_{AP})}{R_P + jL_P}$$

上式中的  $R_P$  与  $L_P, R_{AP}$  与  $L_{AP}$  分别为屏蔽线的自阻和自感及芯线与屏蔽线之间的互阻和互感,因而有

$$L_P \approx L_{AP} \quad \text{和} \quad R_{AP} = 0$$

所以  $\dot{U}_s = \frac{R_P}{R_P + j L_P}$

从上式可以看出,为了提高信号的抗电磁耦合干扰能力,应尽量减小外屏蔽直流电阻和增大屏蔽的电感  $L_P$ 。

实际上屏蔽电缆抗电磁干扰的物理意义就是:交变电磁场在屏蔽层和信号芯线上产生干扰信号,而完全耦合 ( $L_P = L_{AP}$ ) 的外屏蔽电流对芯线产生的干扰信号正好抵消了外界电磁场对芯线信号的干扰,即  $\dot{E}_{PA} = -\dot{E}_{IA}$ 。

### 2 静电耦合干扰及其消除方法

高压导体对芯线的静电耦合是通过导体与芯线的杂散电容  $C_{s1}, C_{s2}, \dots, C_{sn}$  而产生作用的,作用的强弱和高压导体与信号芯线间的介质、距离及相对位置有关。

$\dot{I}_{co}$  在信号芯线上产生纵向电势,形成对信号的干扰电压。

静电耦合产生的干扰可以用外屏蔽一端或两端接地的方法加以消除,原理如图 3 所示。高压设备对电缆的杂散电容电流之和

$$\dot{I}_{c1} + \dot{I}_{c2} + \dots + \dot{I}_{cn} = \dot{I}_{co} \text{ (外屏蔽一端接地)}$$

$$\dot{I}_{c1} + \dot{I}_{c2} + \dots + \dot{I}_{cn} = \dot{I}_{co} + \dot{I}_{co} \text{ (外屏蔽两端接地)}$$

$\dot{I}_{co}$  或  $\dot{I}_{co} + \dot{I}_{co}$  经外皮流入地网,减少芯线所受的影响,从而达到抗干扰的目的。

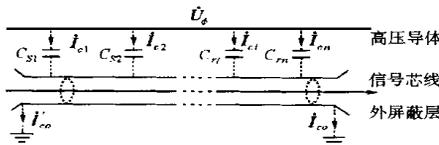


图 3 抗静电耦合干扰原理

### 3 双屏蔽电缆的抗干扰作用

从以上分析我们知道,外界干扰源通过电磁耦合在芯线上感应干扰电压,可以被两端接地屏蔽线上电流产生的反电势抵消,而且从导出的屏蔽系统

式  $\dot{U}_s = \frac{R_P}{R_P + j L_P}$  可知,外屏蔽直流电阻愈小或屏蔽层电感愈大,屏蔽效果愈好。为此,首先应减小外屏蔽的直流接地电阻,但屏蔽层接地电阻过小,同时会引起环流,这种流经外屏蔽的地电流,虽然在两根芯线间引起的是共模干扰,但对小信号精确测量的场合如容性设备介质损耗及局部放电监测,还有避雷器泄漏电流监测等会造成较大的数据分散性。因

此,在这些情况下,可以采用增大屏蔽电感的方法,即将屏蔽线绕在高导磁材料的铁心上,从而一方面减小环流,另一方面加大了  $L_P$ ,增强了抗电磁干扰的作用。不过此时屏蔽层可能带有电位,给芯线造成静电耦合干扰,详见图 4。



图 4 双屏蔽电缆的抗干扰接线

在采用双屏蔽电缆时,内屏蔽两端接地即可以消除这种干扰。

双屏蔽电缆外屏蔽两端接地,内屏蔽一端接地,并将电缆绕铁芯数圈的抗干扰方法,可以满足小信号精确测量的要求。

### 4 抗干扰原理在现场中的应用

信号电缆屏蔽层两端接地可以有效地抗变电站的强静电干扰。但变电站设备在运行过程中,由于电网不均匀及各点入地电流不同等原因,地网各点的电位不尽相同,即会有地网环流  $\dot{I}_d$  流经屏蔽层,  $\dot{I}_d$  在信号芯线中将感应出纵向电势  $\dot{E}_d$ ,如图 5。

参照图 2 知  $\dot{E}_{PA} = \dot{E}_{IA}$ ,如果信号传输采用双芯

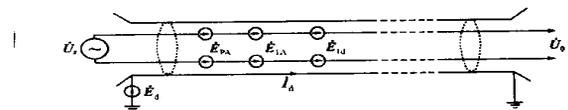


图 5 地网环流对信号芯线的影响

线,则  $\dot{U}_s = \dot{U}_o$ ,双根芯线上的  $\dot{E}_{Id}$  在电缆末端为共模干扰,但如果采用单芯线(以大地作回线)则  $\dot{U}_o = \dot{U}_s \pm \dot{E}_{Id}$ ,  $\dot{E}_{Id}$  在电缆末端产生差模干扰。因此,一般应采用双芯信号线传输信号。对于高频单芯电缆,外屏蔽应两端接地以防工频和高频干扰。此时外皮的环流将在芯线上产生差模干扰,特别是在现场有大电流入地时(如母线接地故障,雷电引起避雷器放电等)外皮环流相当大,可以对芯线造成足够大的干扰,而引起高频保护误动作。所以,应紧靠高频电缆敷设截面足够大的两端接地的铜导线。

另外,交变电磁场在双信号芯线间交链的磁通将在末端产生差模干扰,干扰电压的大小与交变电磁场的强度及信号芯线间的面积成正比。因此,减小芯线间的距离,芯线绞缠在一起可以有效地消除干扰。这也是为什么各相电流线和电压线应分别与其中线置于同一电缆内的原因。(下转第 58 页)

数据的共享性,使电网用户更及时、准确地了解系统的能量运行情况,为今后电力市场的运作提供有力的技术基础。

电能计费系统中的通信速率应逐渐提高、旁代路等功能还需进一步加强完善。

### 3 结束语

电能计费系统的开发及建设在国内还刚刚起步,因此要结合中国国情,开发和建设符合用户需要的、技术先进、功能完善、效益明显的电能计费系统还需各方做大量工作。

### 参考文献:

[1] 王思彤,王长瑞.大区电网电力市场的网关及其电能计

量系统.电网技术,1999,23(6):62-65.

收稿日期: 2000-08-23

作者简介: 刘志坦(1973-),男,工程师,硕士,从事华北电网电能计费系统的规划、建设及应用研究工作; 谭志强(1964-),男,高工,硕士,从事电能计量及华北电网电能计费系统的规划、建设及应用研究工作; 傅军(1970-),男,工程师,双学士,从事华北电网电能计费系统的建设、应用研究及系统开发工作。

### Energy metering system and its status and development trend

LIU Zhi-tan, TAN Zhi-qiang, FU Jun

(North China Electric Power Research Institute, Beijing 100045, China)

**Abstract:** In this article we introduce the inevitability, construction feature and the development situation of the Energy Metering System and point out its development trend in the future.

**Keywords:** commercialized; energy metering; energy metering system; status; trend

(上接第48页)

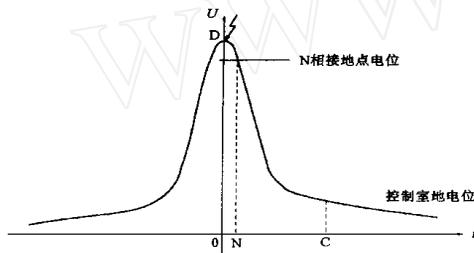


图6 大电流入地网时地网电位分布示意图

从原理上讲,电缆中的备用芯线两端接地也会在信号芯线中产生与外界电磁干扰电压相反的纵向电势,有一定的抗干扰作用。但前面我们已提及变电站场地与控制室的地电位可能不同而在备用接地芯线上产生环流,环流将在其他信号芯线中产生差模干扰,所以,一般不允许用电缆备用芯线两端接地的方法作为抗电磁干扰的措施。

同样原因,电流互感器及电压互感器的二次回路的中线(N相)U必须分别有且只能有一点接地。

现在假设选择互感器中线(N相)在场地一端接地。如果在N相接地端附近D点有大电流接地(如母线接地故障、避雷器动作,雷击避雷针等),这时,从地网电位分布示意图可以看出,各点电位随距离D点的距离l增大而降落很快,N点接地点与控制室地电位可能相差几千伏。这样D点附近的高电位将经N线引到控制室的二次设备,可能造成设备的损坏,这是不允许的。因此,N线接地点应选在控制室,开关场地的接地点应断开。但这时,控制室的地电位与互感器安装处的地电位相差很大,严重时可能会将互感器二次线圈击穿,所以,有必要在开关场地将二次线圈中线经放电间隙或氧化锌阀片接地。

综上所述,变电站抗电磁干扰方法简单有效,只要我们电力设计、安装和维护人员提高认识,共同协作,必将在短期内收到良好的效果。

收稿日期: 2000-06-29

作者简介: 尚春(1966-),男,硕士,主要从事高电压技术及继电保护的研究工作。

### Analysis on signaling cable anti-interference against the field in substation

SHANG Chun

(Foshan Electric Power Bureau of Guangdong, Foshan 528000, China)

**Abstract:** It is very important for safe operation of the electric power system to prevent from interference. But up to now it doesn't attract much attention to the interference-proof and earthing issues in the process of signal transmission. Therefore, in this paper, the causes of interference to substation and the corresponding measures are analyzed and a detailed wiring mode is proposed. Some cautions for earth shielding are described upon the practical application on site.

**Keywords:** substation; field; signaling cable; anti-interference; shield; earthing