

临界失步阻抗特性圆整定,前者整定范围为: $X_{A1} = 0.5 \sim 10 \Omega/\phi$ (X_{A1} 在原点之下纵轴上), $X_{B1} = 20 \sim 100 \Omega/\phi$, 最大灵敏角为 $270^\circ \pm 5^\circ$; 后者整定范围为: $X_{A2} = 0.5 \sim 10 \Omega/\phi$ (X_{A2} 在原点之上纵轴上), $X_{B2} = 20 \sim 100 \Omega/\phi$ (X_{B2} 在原点之下纵轴上), 最大灵敏角, 对于 X_{A1} 为 $90^\circ \pm 5^\circ$, 对于 X_{B1} 为 $270^\circ \pm 5^\circ$ 。该继电器能适应大型发电机组失磁保护的多种整定需要;

10. LZ—24型阻抗继电器

继电器为整流式全阻抗继电器, 整定阻抗为 $2 \sim 20 \Omega/\phi$, 它能适应大型发电机组(低阻抗)后备保护的要求;

11. LCD—9型励磁机差动继电器

当制动电流为 $5 \sim 7 \text{ A}$ 时, 动作电流 $0.5 \sim 2.5 \text{ A}$, 制动系数为 $0.5 \sim 0.7$, 额定周率为 100 或 150 Hz, 可以用作 10~60 万瓦同步发电机组的交流主励磁机的主保护;

12. LCD—4型变压器差动继电器

继电器采用比率制动来躲过外部故障时的不平衡电流, 还采用二次谐波制动来躲过励磁涌流。动作电流为 $0.75 \sim 1.5 \text{ A}$ 。比率制动系数 $k_T = \frac{I_D}{I_T} = 0.2, 0.3, 0.4$ 三种。在三倍动作电流时, 动作时间不大于 0.035 秒。继电器可用作大型变压器的保护;

13. BS—7型时间继电器

延时整定范围分为 $2 \sim 10$ 分, $4 \sim 20$ 分, $5 \sim 30$ 分三种, 为直流长延时继电器, 在大型变压器的电控回路中作为辅助继电器。

至于发电机转子由一点接地转入两点接地保护的问题, 目前生产的 DD—2 型转子接地继电器可以满足需要, 但死区较大。今后准备按新原理设计新型的两点接地保护以弥补不足。

我们在大机组保护的研究工作方面, 只是做了初步的工作, 今后还要在生产和运行实践中不断总结经验, 继续进行改进和提高。上面介绍的 13 种继电器全部采用插件结构并采用嵌入式安装方式。我们深切希望各方面有关同志对我们的工作提出宝贵意见。

LD—3型转子一点接地继电器

许昌继电器研究所 何光华

近年来, 随着我国电力工业的飞速发展, 日益增多的中、大型水冷汽轮发电机投入运行。在运行中, 鉴于励磁回路接地故障可能性的增加以及机组的重要性, 广泛地采用一点接地保护装置代替了一点接地检查装置。目前国内生产的接地保护装置在不同程度上都存在问题, 有待进一步改进和完善。

为此, 我们研制了一种新型的转子接地保护装置即 LD—3 型转子一点接地继电器。本文仅对它的用途, 工作原理及主要技术性能作一简单的分析和介绍。

一、用途

LD-3型转子一点接地继电器(以下简称继电器)系作为监视大型发电机转子励磁回路对地绝缘之用,当发电机转子发生一点接地故障或某处绝缘下降到一定数值时继电器立即动作,发出故障信号或直接作用于跳闸。

二、保护装置的工作原理

1. 转子励磁回路的接地故障:

在正常运行的情况下,励磁回路对地之间有一定的绝缘电阻与分布电容,转子线圈一点接地故障对发电机的运行不发生直接影响,但一点接地后将使励磁回路对地电压升高,在此情况下,如果励磁回路开关或主断路器在故障中断开,其产生的过电压可能造成第二个接地点,其后果:

(1)一部分转子线圈中的电流增加,使气隙磁通不平衡,引起发电机剧烈振动,可能使电机遭到严重损坏。

(2)由于第二个接地点的存在引起局部发热,使转子缓慢变形而造成偏心,其结果同样会引起发电机振动和损坏。

(3)可能将励磁绕组和转子体烧坏。还将可能使汽机磁化。

因而保护装置应能及时、准确地反映绝缘水平的好坏和金属性接地故障对机组来说是十分重要的。

2. 几种保护装置原理简析:

(1) 定期监视:

对于小容量机组,这是最简单的方法,其电路如图1所示,用一个直流电压表定期测量励磁回路正负极对地电压。由于有泄漏电流存在,转子回路的对地电位由分布电阻 $r_1 \sim r_9$ 决定,当 $r_1 \sim r_9$ 是均匀分布的时候,则D点电位在转子的 $\frac{1}{2}$ 处,即电压表测得的正负极对地(D)的电压数值相等,且为全部励磁电压的 $\frac{1}{2}$ 。当某一极的 r_i 降低时,该极的对地电压即降低,但当转子中部绝缘电阻降低甚至直接接地时,电压表的读数不会发生变化,故有死区。

(2) 直流电桥原理:

其电路如图2所示,由线性电阻 R_1 、 R_2 和非线性电阻 R_f 构成一个分压器,接在励磁电压上。J为一高灵敏继电器,其一端接N点,一端接地。转子回路对地的分布电阻 $r_1 \sim r_9$ 构成保护装置的一部分电路。正常时,N点对地之间无电位差。当转子绝缘下降或一点接地

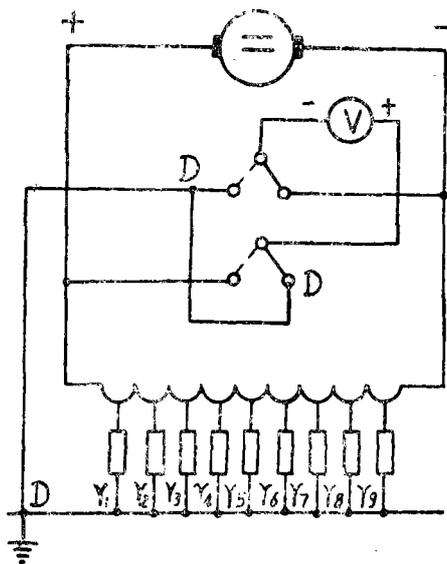


图1 定期监视

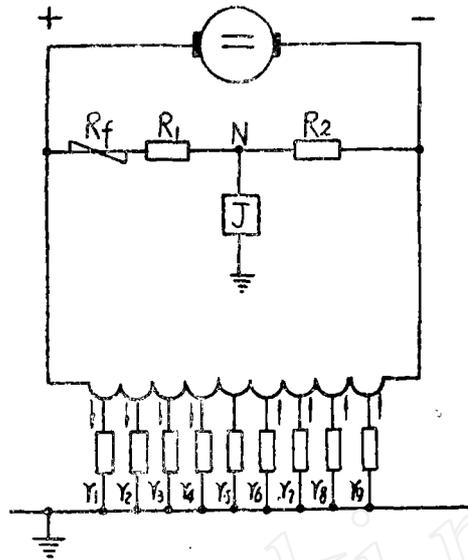


图2 直流电桥原理

后，N与地之间即出现电位差，其大小与励磁电压大小和故障点位置有关，如 $R_1 + R_f = R_2$ ，则中部为保护装置死区。非线性电阻R的阻值随电压而变，其作用是使保护装置的死区位置随励磁电压的大小而移动。

故当励磁电压为额定值时，死区在转子中部，而当励磁电压降低时，死区向负极移动。

(3) 迭加直流原理：

如图3所示，正常运行时，继电器J中有不大的电流 I_0 流过；

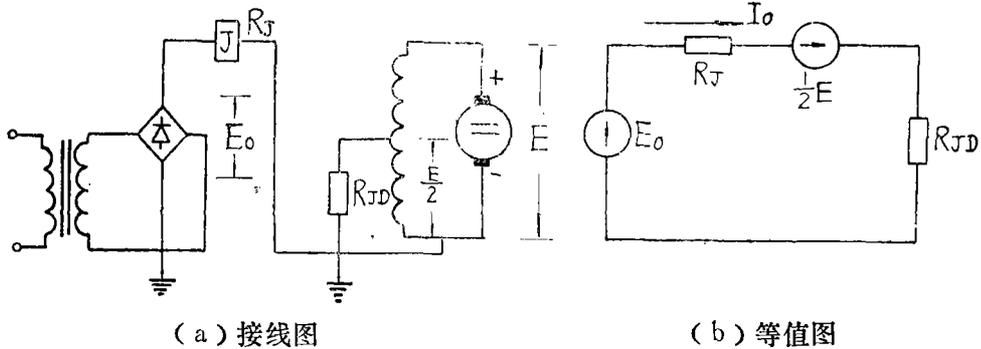


图3 迭加直流原理

$$I_0 = \frac{E_0 + \frac{1}{2}E}{R_J + R_{JD}} \dots \dots \dots (1) \text{ 字母意义如图3所示。}$$

当转子回路绝缘降低或直接接地时，电流增大，继电器动作，此时 I_{dz} 为继电器动作电流：

$$I_{dz} = k \cdot I_0' = k_k \frac{E_0 + \frac{1}{2}E}{R_J + R_{JD}'} \dots \dots \dots (2) \text{ 式中，} I_0' > I_0. R_{JD}' \text{ 为绝缘下降时的阻}$$

值, k_k 为可靠系数 $k_k > 1$

最不灵敏的情况为转子负极接地时, 流经继电器中的电流为:

$$I_L = \frac{E_0}{R_J} \dots \dots \dots (3)$$

为使继电器动作, I_L 必须大于 I_{dz} , 并保证一定的灵敏系数 k_L , $k_L > 1$

$$\text{即 } \frac{E_0}{R_J} \geq k_L \cdot k_k \cdot \frac{E_0 + \frac{1}{2}E}{R_J + R_{J'D}} \dots \dots \dots (4)$$

由上式可得到

$$\frac{R_{J'D}}{R_J} \geq \left(1 + \frac{E}{2E_0}\right) k_L \cdot k_k - 1 \dots \dots \dots (5)$$

$\frac{R_{J'D}}{R_J}$ 的比值约为 4 ~ 6 倍, 只有在此条件下, 继电器才能保证正、负极接地时的

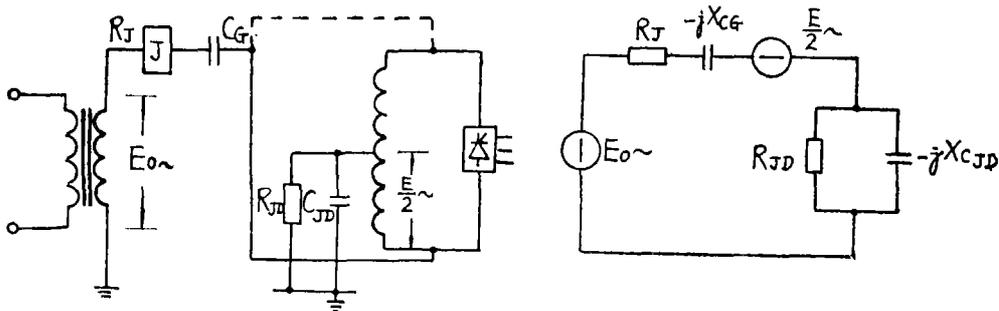
灵敏度。正、负极接地时的灵敏度是不同的, 如图 4 所示。但 R 由于功率消耗等原因不能作得太小, 故 $R_{J'D}$ 不能整定的太低, 因而对于转子绝缘电阻本来就低于这个数值的发电机, 如双水内冷发电机, 保护装置就不能应用。

迭加直流原理的优点在于不受励磁回路交流电压和对地电容电流的影响。保护无死区。

(4) 迭加交流原理:

如图 5 所示, 与迭加直流原理相似, 增加一隔直电容 C_G , $E \sim$ 为励磁电压中的交流分量。正常运行时, 流过继电器 J 中的电流为:

$$I_0 = \frac{E_0 + \frac{1}{2}E}{R_J - jX_G - j \frac{R_{JD} \cdot X_{JD}}{R_{JD} - X_{JD}}} \dots \dots \dots (6)$$



(a) 接线图

(b) 等值图

图 5 迭加交流原理

同样，保护装置在正极、负极接地时，流过的电流分别为：

$$I_+ = - \frac{\dot{E}_0 + \dot{E}_{\sim}}{R_j - jX_G} \dots\dots\dots(7)$$

$$I_- = - \frac{\dot{E}_0}{R_j - jX_G} \dots\dots\dots(8)$$

由式(6)、(7)、(8)可以看出，流过保护装置的电流受对地电容和励磁回路交流电压的影响，排除这些影响的方法还是存在的。对于大型机组，问题显得更为突出。

其优点，对保护来说，正极、负极接地时灵敏度一样，无死区，消耗功率小。

综上所述：目前采用的这四种保护原理在不同程度上都存在一些问题，对于大型容量的机组是不能满足其要求的，迭加直流和迭加交流原理需进一步加以完善。

3. LD-3型转子一点接地继电器原理

我们可以看到，一般转子接地继电器，用转子接地电流作为测量判据，而这个新型的继电器用转子的绝缘电导作为测量判据，即测量转子接地电阻并进行监视。它与转子的接地电容无关，只根据电机温升和电机容量而变化。这样，继电器就具有很高灵敏度，即使用在具有很高转子接地电容的最大功率电机也不例外。

测量回路的导纳 \underline{Y} 的几何轨迹在图6中以 g_{JD} 和 b_{JD} 做为参量画出。我们可以得到当以 $g_{JD} =$ 变量， $b_{JD} =$ 常量以及 $g_{JD} =$ 常量， $b_{JD} =$ 变量时 \underline{Y} 的两组圆的特性曲线族。代表的面积由外面的半圆（这里 $g_{JD} = 0$ ， $R_{JD} = \infty$ 即完全绝缘）和横坐标（这里 $C_{JD} = 0$ 即无接地电容）所划定。

虚线圆是 $b_{JD} =$ 常量时， \underline{Y} 的几何轨迹，实线圆为 $g_{JD} =$ 常量时 \underline{Y} 的几何轨迹。我们可以清楚地看到，实线圆是一个 g_{JD} 为一常量的圆，这个圆与 b_{JD} 的变化无关。

在图7中表示出继电器可以整定的动作圆 g_d 由圆心 g_M 和它与横坐标轴的交点 g_∞ 所限定。

故当 $g_{JD} =$ 常量时的圆，对应于继电器上可以整定的 g_d 相应特性，用此方法，可以测出 g_{JD} 而与 b_{JD} 无关。当 $g_{JD} = g_d$ 时，这两个圆应当重合。

图6中还绘出了复数导纳 \underline{Y} 作为绝缘电阻下降的函数曲线。在 $b_{JD} =$ 常量的特性曲线上，导纳矢量的末端，从高电阻移向低电阻，

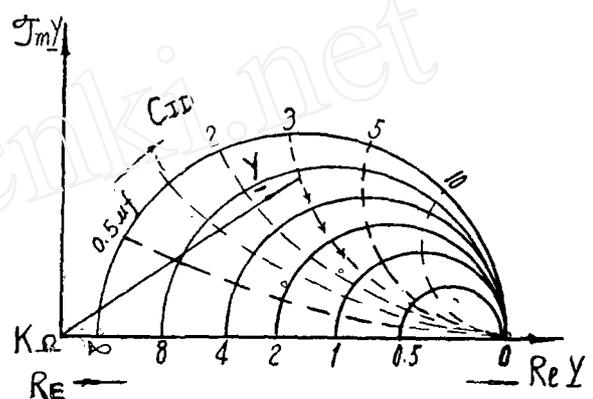


图6

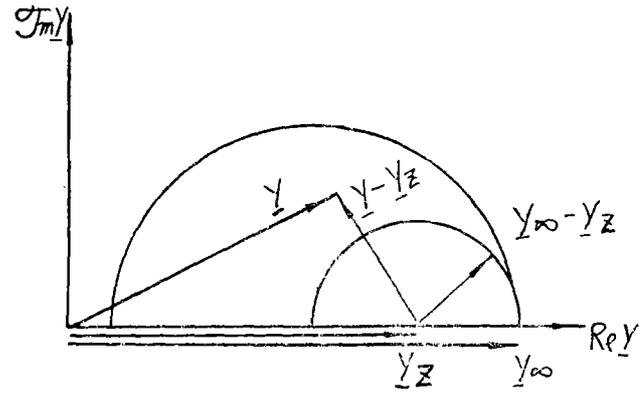


图7

至 $g_{JD} = \infty$ ($R_{JD} = 0$, 金属性接地故障)。如果电阻降低到整定值 g_d , 即当导纳 \underline{Y} 进入 $g_d = g_{JD}$ 的圆内时, 继电器立即动作。

因此, 继电器的跳闸条件(动作条件)可用数学式表达如下:

$$|\underline{Y} - \underline{Y}_d| \leq |\underline{Y}_\infty - \underline{Y}_d| \dots\dots\dots (9)$$

对于完好的绝缘, \underline{Y} 位于动作圆之外, 此时其条件为:

$$|\underline{Y} - \underline{Y}_d| > |\underline{Y}_\infty - \underline{Y}_d| \dots\dots\dots (10)$$

将跳闸条件乘以辅助测量电压 u , 得到等效电流不等式, 它由桥形电路得到。电流的矢量差由电抗变压器 DkB_1 及 DkB_2 的一次绕组获得, 其和(算术平均值)由二极管 D_1 至 D_2 获得, 在极化继电器中流过正比于电压的电流, 当达到跳闸条件时, 它即动作。

原理接线图如图8所示。继电器由测量装置, 参考电导, 带通滤波器所组成, 被测设备由测量对地绝缘电导 g_{JD} 以及接地电纳 b_{JD} 所确定, 测量回路的导纳 \underline{Y} 包括被测设备, 带通滤波器和参考电导。另外, 用于隔离转子回路电压的电容器与带通滤波器构成一个整体。

继电器采用了嵌入式插拔机构, 正面有聚苯乙烯压制的透明盖子, 便于使用和维护, 不必停电就能进行调整、调试和更换。继电器外形及安装开孔尺寸如图9所示。

三、主要技术条件

1. 额定电压: 100V; 220V
2. 额定频率: 50Hz
3. 变差: 不大于5%
4. 电容影响: 按下表中的整定值范围 $C_{JD} \neq 0$ 与 $C_{JD} = 0$ 之差不大于 $\pm 10\%$

整定范围 R_{JD} (K Ω)	接地电容 C_{JD} (μf)
0.5~20	≤ 2

5. 电压影响: 当电源电压为额定值的90—110%时, 其动作值与额定电压下动作值之差 不大于10%

6. 返回系数: 不大于5

7. 温度影响: 环境温度在 $-20^\circ C \sim +40^\circ C$ 范围内变化时, 其动作值与 $+20^\circ \pm 5^\circ C$ 时 动作值之差 不大于 $\pm 10\%$

8. 线圈温升: 当环境温度在 $+40^\circ C$ 时, 在110%额定电压下, 装置各线圈的温升不超过 $60^\circ C$ 。

9. 寿命: 继电器动作500次后, 其性能应仍符合本技术条件第4—第6条要求规定。

10. 接点容量: 在直流有感负荷电路内, 其时间常数不大于 5×10^{-3} 秒, 电压不高于220 伏, 电流不大于0.5安时, 保护接点断开容量不小于20W。

11. 绝缘强度：继电器所有导电部分对外壳应能耐受交流50周，电压2000伏历时1分钟而无击穿闪络现象。

12. 功率消耗：不大于11伏安。

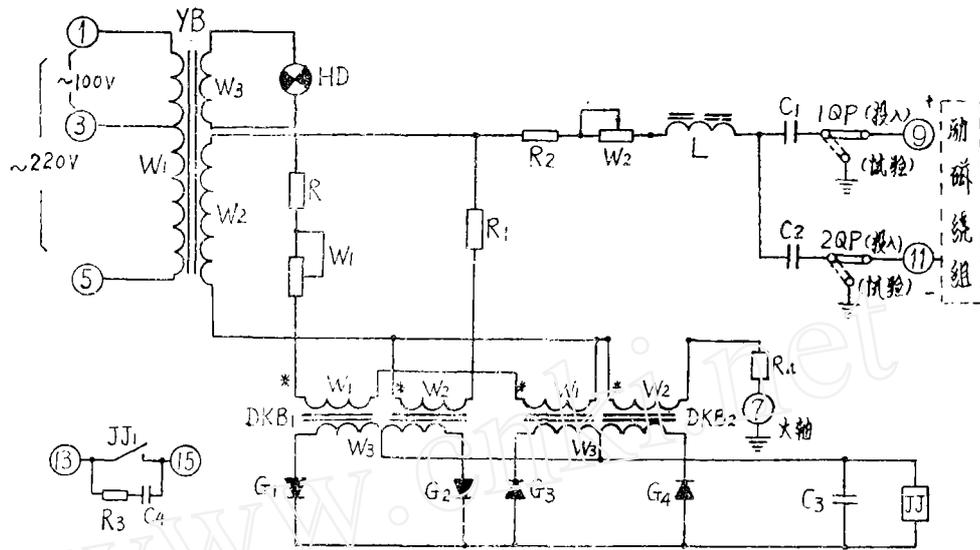
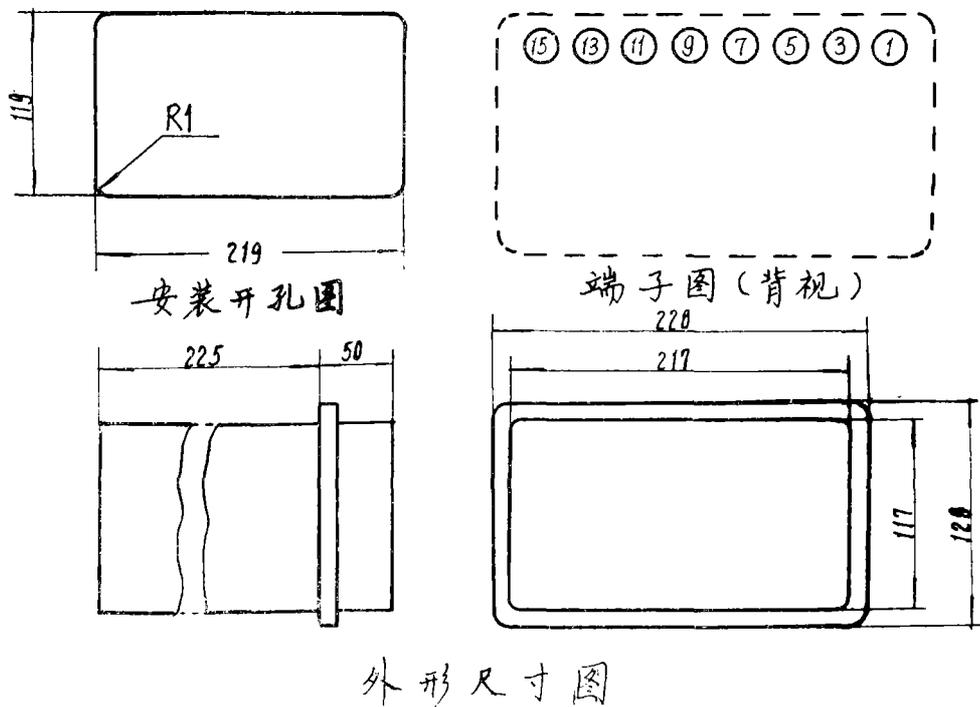


图8 LD-3原理接线图



外形尺寸图

图9

我们认为,利用导纳原理能较好地避开接地电容电流的影响,准确地反映机组励磁回路绝缘水平的好坏,是较为有效的。如何能更进一步可靠地判别出转子绕组接地故障与励磁回路接地故障是值得我们共同研讨的新课题。

L D—3 型转子一点接地继电器已投入某电厂 30 万千瓦双水内冷发电机试运行,有效地排除了励磁回路中一点接地故障,反映性能良好。

晶体管保护的抗干扰问题

东北电力设计院 梁 懋

晶体管保护的优点是速度快、灵敏度高以及调试维护方便等。其缺点是抗干扰能力差,干扰容易引起保护误动或造成元件损坏。因此提高晶体管保护的抗干扰能力是提高其可靠性的主要措施之一。国外对于干扰问题进行了一系列的研究。我国各地区也分头对于干扰进行了大量的研究和实测,特别是南京自动化研究所和华东电管局成立了抗干扰研究小组,翻译了一系列国外有关干扰方面的资料,并于干扰的实测和抗干扰措施方面进行了深入的工作。在学习他们研究成果的基础上,谈谈晶体管保护有关干扰问题的体会供大家参考。有不当之处,希批评指正。

一、干扰的产生及耦合到保护回路的途径

干扰主要是由于一次回路或二次回路的操作,以及继电器本身的切换动作,导致这些回路的参数突然变化所产生的暂态过程引起。例如操作空载母线,电容式电压互感器及直流回路拉、合电感负载等都可能产生较严重的干扰。产生干扰的另一个原因是由于系统出现故障,如系统短路及雷击等。

干扰可以通过电容耦合,磁耦合,公用元件的耦合作用以及经电磁波的传播作用,经由电流互感器,电压互感器,直流电源线,设备的分布电容,通信通道,大地和空间等进入到保护装置中。

以下介绍几种在发电厂、变电所内最常见的干扰耦合到保护回路的途径。

1 电容耦合

由于干扰源与被干扰元件之间存在着分布电容,暂态干扰电压将通过电容耦合到被干扰元件中。如图 1 所示,设干扰源电压为 U_s , 在被干扰元件中所产生的干扰电压为 U_T , 其间的分布电容为 C , 由于 $\frac{1}{j\omega C} \gg Z_T$, 则所产生的干扰电压 U_T 可由下式求出:

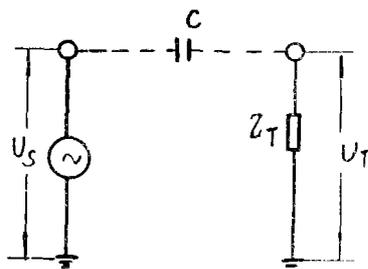


图 1 电容耦合示意图

$$U_T = \frac{U_s}{1 + j\omega C Z_T} \cdot Z_T = j\omega C U_s \cdot Z_T \quad (1)$$