

# 发电机的差动保护

帅网兰 周洋

**摘要** 针对发电机保护中存在的盲区,提出了采用差动保护的必要性,并对差动保护的构成、工作原理和安装调试中应注意的事项进行了介绍,对确保船舶电站安全、连续供电和减少发电机的损坏事故有一定的意义。

**关键词** 发电机 纵联差动保护 横联差动保护

发电机是船舶电站中最重要的电气设备,它的安全运行对电力系统的连续供电起着决定性的作用。因此,发电机的保护应当具有选择性、速动性、可靠性和灵敏性,以避免故障扩大,防止发生设备重大损坏事故和降低发生火灾的危险。

## 1 差动保护的必要性

船舶电站中的发电机,通常使用断路器作短路保护和过载保护。但是,无论断路器的脱扣器有几段保护,都不能保护发电机内部绕组,在发电机绕组引出线和中性点侧存在保护盲区。

前几年,某船厂建造的 1 艘滚装船,其发电机采用断路器进行过载长延时、短路短延时、短路瞬动三段保护,主电路如图 1 所示。由于该发电机功率小于 1500kW,采用三段保护已满足规范要求。可是该船在进行电站试验时,因发电机至主配电板之间的电缆绝缘被压破造成 B、C 相短路。从图 1 可以看出,主配电板上断路器的三段保护不能对发生相间短路的发电机进行保护,结果造成了发电机组的严重损坏。因为发电机保护有盲区,使上述发电机损坏而报废,影响了交船期。

发电机本身造价高,发生故障后修理费用大,检修时间长,而且进出舱也较困难。因此在发电机保护装置的可靠保护范围方面,在保护装置的快速动作和反映故障的灵敏度方面,都应当有更高的要求。

## 2 差动保护的构成

装设差动保护的目的是为了当发电机绕组内部及其引出线端子至发电机断路器之间这段线路上发生故障时,差动保护装置能对发电机进行可靠保护。

作者简介:帅网兰,周洋现工作于江苏省镇江船厂。

收稿日期:2004-12-08

差动保护有纵联差动保护和横联差动保护 2 种。

### 2.1 纵联差动保护

纵联差动保护的构成如图 2 所示。

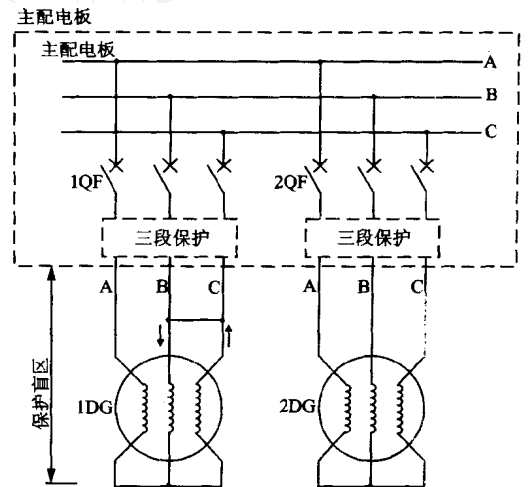


图 1 发电机的保护盲区

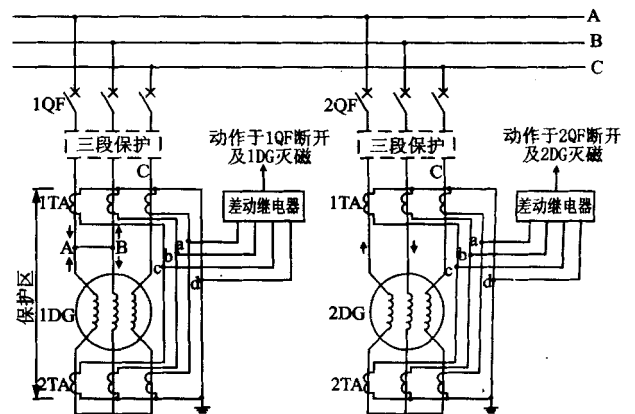


图 2 发电机纵联差动保护的构成

发电机的纵联差动保护,是发电机定子绕组及其引出线发生相间短路时的主保护。2 台以上发电机并列运行时,当发电机 1DG 的 A、B 相引出线发生相间短路时,A、B 之间的总短路电流是由 2 部分供给的,一部分是由 1DG 供给,另一部分是由 2DG 供给,所以当 1DG 绕组或引出线发生相间短路时,

不仅要使 1DG 的 1QF 断开,以切断 2DG 供给的短路电流,而且要使 1DG 灭磁,以消除 1DG 供给的短路电流。

纵联差动保护由 2 组电流互感器 1TA 和 2TA 组成,1TA 安装在发电机出口断路器附近,2TA 安装在发电机中性点引出线上,1TA 和 2TA 之间的范围即为保护区。

## 2.2 横联差动保护

横联差动保护是用于对发电机同一相定子绕组的匝间短路进行的保护,同时也能对定子绕组的脱焊进行保护。

横联差动保护的构成是将 1 只电流互感器 TA 安装在发电机 DG 两组星形中性点的连接线上,在 TA 的二次侧上装 1 只差动继电器 KA,电路如图 3 所示。

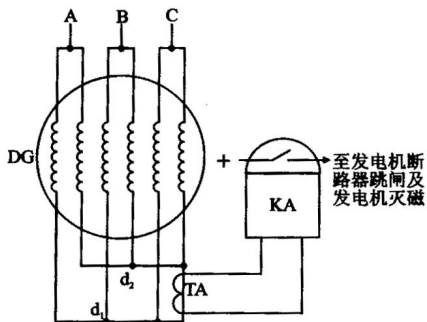


图 3 发电机横联差动保护的构成

图 3 这种发电机横联差动保护装置,只要当发电机定子绕组的任何一相发生匝间短路或脱焊时,都能在 TA 二次侧产生电位差,使 KA 动作。由于只有 1 只电流互感器,不受 2 个电流互感器误差影响,也不必按电流互感器极性接线,比较简单可靠。

## 3 差动保护的原理

### 3.1 纵联差动保护

纵联差动保护的原理如图 4 所示。

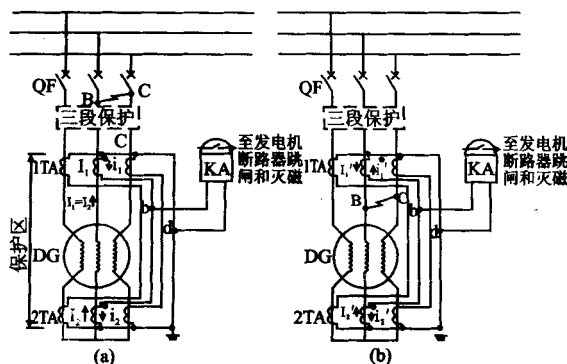


图 4 发电机纵联差动保护原理

以图四 (a) 的中相为例 (其它两相的继电器未画出,原理相同),当发电机正常运行或在差动保护区外,

例如断路器的 B、C 相短路,此时 1TA 和 2TA 一次侧通过的电流大小相等、方向相同。由于 1TA 和 2TA 的同名端朝向同一方向,1TA 和 2TA 的二次侧异极相连并列接在差动继电器 KA 的线圈上,KA 中流过的差动电流  $i_{KA} = i_1 - i_2 = 0$ ,所以 KA 不动作。

如图 4 (b) 所示,若在差动保护区内发生相间短路,例如发电机引出线 B、C 之间发生相间短路,2TA 一次侧流过的电流是发电机送至故障点的短路电流  $i_2$ ,单机运行时,1TA 一次侧电流几乎为零,多机并列运行时,1TA 一次侧流过的是母排上其他发电机送至故障点的短路电流  $i_1$ ,和正常运行时或外部短路故障时相比,流过 1TA 的电流方向改变了,此时 KA 中的电流  $i_{KA} = i_2 + 0 = i_2$  或  $i_{KA} = i_1 + i_2$ ,KA 中流过的与短路故障点电流大小成比例的差动电流,使 KA 动作,瞬时切除故障和灭磁。

### 3.2 横联差动保护

从图 3 可以看出,发电机 DG 的 A、B、C 三相各有 2 组绕组,形成了 2 个中性点  $d_1$  和  $d_2$ ,当发电机通过正常负荷电流或外部短路电流时,2 个中性点  $d_1$  上的电位  $\phi_1$  和  $d_2$  上的电位  $\phi_2$  相同,中性点连接线上没有电流通过,继电器 KA 不动作。当任一相的 1 组绕组发生匝间短路或绕组脱焊时, $d_1$  和  $d_2$  之间的电位差  $\phi = \phi_1 - \phi_2$ ,中性点连接线上就有电流通过,若此电流能够启动继电器 KA,即可动作于发电机的断路器跳闸和发电机灭磁。

## 4 差动保护的安装与整定值计算

纵联差动保护和横联差动保护可以单独使用,也可以同时采用。由于差动保护需要在发电机中性点侧安装电流互感器,因此在发电机订货时,需向供货商说明对发电机中性点侧预留引出线的要求或事先将电流互感器安装在发电机接线箱内。

纵联差动保护要求 2 组电流互感器的特性参数 (型号、变比、误差等) 完全相同。安装接线时,2 组电流互感器的极性同名端应朝向同一方向。2 组电流互感器的二次侧按循环电流方式异极相连,如图 4 所示,将 1TA 的负极性端与 2TA 的正极性端相连接,从 b、d 两点接差动继电器 KA,KA 中流过的电流是  $i_1$  和  $i_2$  之差,该回路称为差动回路。

从理论上来说,在发电机正常运行或外部短路时,差动回路中的电流为零。但实际上由于 1TA 和 2TA 的特性曲线总会有差异存在,1TA 和 2TA 到主配电板的距离也不相同,因而差动回路中有可能出现不平衡电流。为防止差动继电器误动作,可在差动回路 (例如如图 4 的 b 点与继电器 (下转第 44 页))

有和集体船厂的职工,下岗后合伙经营船厂。也有的是看到近几年航运事业的发展,造船形势大好,急匆匆参与到造船行列中来。他们对造船工序的复杂性、繁重性认识不够,造船质量意识淡薄,船厂内部无人专管造船质量,致使船舶质量难以保证。

## 2.2 船厂设备简陋 工作环境极差

内河船厂规模小,设备简陋。有的船厂连起码的剪切、折边、滚边、起吊等设备都没有,硬是靠船厂工人用榔头锤打来改变钢板的各种形状。安装一块船壳板要十几个工人一起来抬,既费时又费力,还不能保证安装精度。有的船厂连工棚都没有,造船在露天作业。因此,船厂设备简陋,工作环境恶劣也是影响船舶建造质量不可忽视的因素。

## 2.3 技术人员匮乏 检测设备不全

内河船厂技术人员严重匮乏,是一个普遍现象。船厂为了通过生产条件的许可,与一些专业技术人员签订了技术协作协议,但这些技术人员很难得到船厂去指导或解决技术难题。因此船厂工人在造船中遇到技术难题,无处请教,只有凭自己的感觉和经验去处理。

内河船厂检测设备不全,也是无法保证造船质量的一个重要因素。比如没有焊角规无法检测焊角

是否符合规范要求;没有探伤仪无法检查焊接内部缺陷。诸如测厚、测振、测爆等仪器不具备,无法检查船舶建造中的质量问题。其实添置这些检测设备并不难,关键在于使用这些检测设备的专业技术人员难寻。归根结底,还是技术人员匮乏的问题。

## 2.4 船舶质量监督部门监管不力

内河船舶的建造质量基本上由地方船检部门来监督。但是目前地方船检部门人员的配置严重不足,船检人员仅应付日常营运船舶的检验及新建船舶的办证就已经焦头烂额了,根本无法顾及建造船舶的质量问题。另外,部份船检人员对内河船舶的质量问题不够重视,对内河船舶的建造质量持放任的态度,也是影响内河造船质量的一个极其重要的因素。

## 3 结语

要提高船舶的质量,必须增强船厂的质量意识,提高船厂造船技术的整体水平。船检部门应该帮助船厂培训技术人员和技术工人,督促船厂添置必要的造船设备及检测工具,敦促船厂严格按造船规范标准建造船舶。

(上接第 36 页)

之间)串 1 只 5 ~ 10 的电阻或采用速饱和中间变流器,以限制不平衡电流,并且使发电机外部短路的一瞬间出现的不平衡电流迅速消除。

纵联差动保护的继电器动作电流  $I_{d.b}$ ,一般按经验公式计算整定值,即

$$I_{d.b} = 1.3 K_j I_e / N$$

式中:  $K_j$  为接线系数(即电流互感器二次侧电流和流经继电器线圈电流之比,与继电器接线方式有关);  $I_e$  为发电机的额定电流, A;  $N$  为电流互感器变比。

计算出的  $I_{d.b}$  应能躲过电流互感器引起的最大不平衡电流。

横联差动保护的继电器动作电流  $I_{b.d}$ ,一般按

经验公式计算整定值,即  $I_{b.d} = (0.25 \sim 0.3) I_e / N$

额定负载运行时,实测三相负荷不平衡电流到二次侧时应小于  $I_{b.d}$  的 10%。在调试时,要求差动继电器不仅动作于发电机出口断路器瞬时跳闸,要特别注意能瞬时切断发电机励磁回路以迅速灭磁。

## 5 结语

综上所述,差动保护对发电机的绕组和引出线能提供可靠的保护。差动保护的投入不大,可靠易行,选择性好,灵敏度高,如果在船舶电力系统中能突破 1 500kW 以上的发电机才应当采用差动保护的规定,而更加广泛地将差动保护用于船舶发电机的保护,是对发电机的安全可靠运行十分有意义的。

(上接第 38 页)

的部分。本文所阐述的环境模拟子系统具有典型性,可以推广应用到其他仿真系统中。

## 参考文献:

- [1] 程启明. 船舶操纵模型硬件模拟器的设计与实现 [J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(7): 4 - 8
- [2] 胡耀华. 船舶运动控制仿真平台 [J]. 大连海事大学学报,

2000, 26(2): 25 - 28

- [3] 孙季丰, 聂卫国, 苏泽坚. 基于虚拟现实的船舶操纵训练系统相关技术 [J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 67 - 71.
- [4] 郭晨, 杨国勋, 孙建波等. 船舶运动控制虚拟现实交互式仿真系统 [J]. 系统仿真学报, 2004, 16(5): 940 - 942
- [5] 胡圣武, 潘正风. 虚拟现实技术的应用及其需要解决的问题 [J]. 矿山测量, 2004(1): 13 - 17.