

11) 装置重量不大于 4 kg。

12) 与装置配套使用的设备为 FL-2 型零序电流互感器, 其外形及安装尺寸如图 8 所示。

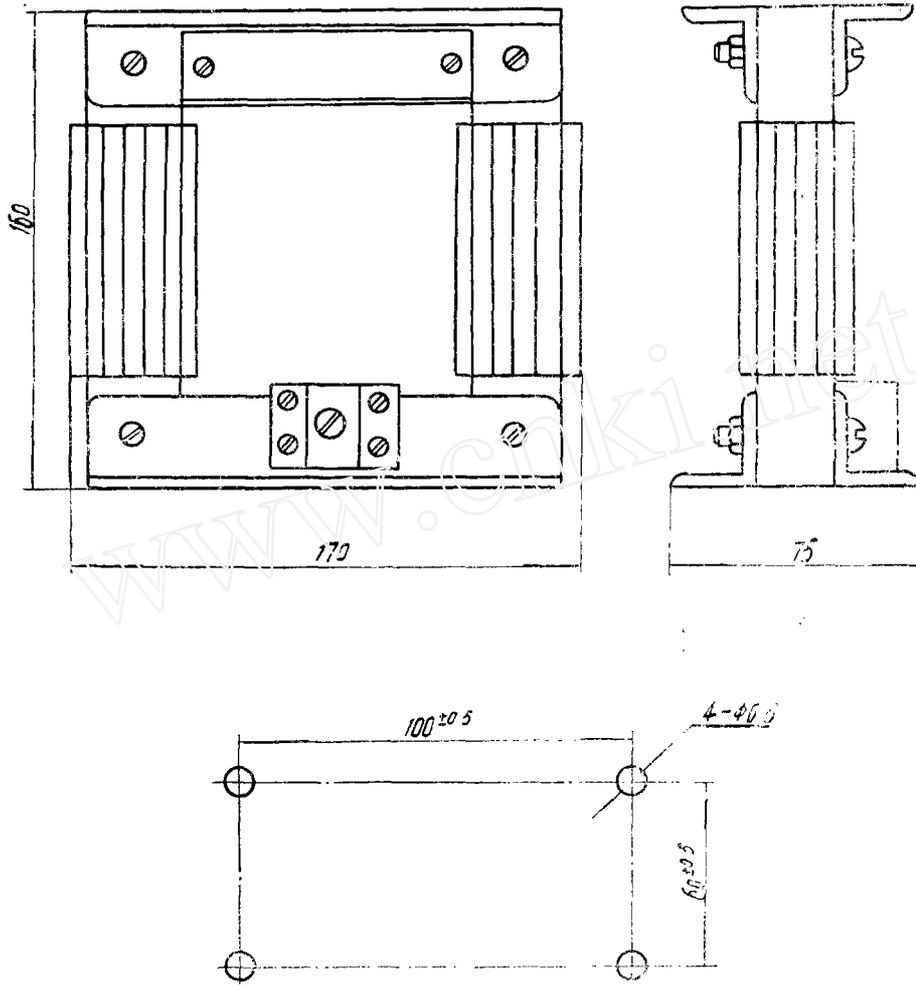


图 8

## 晶体管保护在山东电力系统应用情况简介

山东电力设计院 黄志超

### 一、概 况：

伟大领袖毛主席教导我们：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”毛主席还教导我们：“我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”

我省广大电业职工，遵循毛主席的伟大教导，从1968年起，开始逐步使用晶体管继电保护装置。经过波澜壮阔的无产阶级文化大革命及批林批孔运动的深入开展，进一步激发了广大职工的生产积极性，晶体管保护在电力工业中获得了日益广泛的推广和应用。据不完全统计，我省除从制造厂家购27套晶体管保护外，济南供电局、淄博供电局等单位，还自力更生，发动群众制作了晶体管线路保护和元件保护42套，初步积累了晶体管保护的制作和运行经验，为逐步推广使用晶体管保护奠定了良好的基础。

实践证明，晶体管保护具有灵敏度高、动作迅速、选择性好等优点，而且体积小、重量轻、耐震动、维护调试方便。几年来，晶体管保护在电力系统的运行过程中，已显示出其优越性及强大的生命力，这是基本的、主流的方面。1973年11月水利电力部在南京召开的晶体管保护提高可靠性经验交流会指出：在我国，晶体管保护是群众性的技术革新成果，是发展的方向。并确定在近期内整顿、巩固、提高，逐步推广使用的方针。

“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。”晶体管保护这个新生事物也不例外，是在充满着矛盾和斗争的过程中发展起来的。由于我省使用晶体管保护的时间尚短，缺乏足够的运行经验，加之某些保护抗干扰措施不完善、元件质量不好、制造工艺不良，因此在运行中还存在着一些问题，突出地表现在可靠性不够高，正确动作率较低。总的来说，元件保护正确动作率较低，线路保护较高，购买厂家的正确动作率较低，自制的较高，并且各单位的发展也不平衡。对于这些非主流方面的问题，我们必须予以正视，认真对待，采取对策，逐一解决。但是，当前有的人只看到存在的问题，采取否定一切的态度，片面夸大晶体管保护可靠性不高的缺点，不加分析，一概反对使用，是毫无根据的。我省济南供电局乙变电所和淄博供电局由于领导重视，放手发动群众，以科学态度，严肃认真地解决每一个存在的问题，使晶体管保护的运行水平不断提高，正确动作率分别达到98.1%和91%。事实说明，只要我们坚持前进，反对倒退，彻底清算刘少奇推行的“电子神秘论”和林彪一伙宣扬的反动的“电子中心论”，对晶体管保护的发展和使用时采取满腔热情的态度，提出具体措施，认真解决存在的问题，晶体管保护的可靠性一定会得到逐步提高，在毛主席革命路线的指引下，半导体技术在电力工业的继电保护和系统自动化领域一定会获得日益广泛的应用和日新月异的发展。

## 二、××发电厂：

××发电厂共有晶体管保护16套，其中×号发电机—变压器组6套，×号高压厂变4套，高压备变4套，110千伏线路1套（以上为上海继电器厂产品），110千伏母线保护1套（水电部北京模型厂产品）。从1972年12月投运以来，共计动作9次，其中正确动作4次，误动5次，正确动作率为44.5%，是比较地偏低的。但因误动的保护都是投入试运的；或虽投跳闸，但属备用设备，所以并未因为误动造成供电的中断。而误动的原因，主要是因为运行维护经验不足、整定值调整不当，或电流互感器变比配置不当等。此外，直流电源也存在一定的问题。经一年多来的摸索，积累了不少运行经验，也相应制订了一套防止误动、提高可靠性的措施，保护的运行也开始走上了正轨。兹把有关保护配置及运行情况分别简介于后。

## I. 保护配置情况:

### 1. ×号发一变组:

投跳: (1) BFL-4型负序过电流过负荷保护;

(2) BD-6型转子接地保护;

(3) BL-8型低压闭锁过流保护;

(4) BD-4型变压器接地保护。

投试: BCD-5A型(带三侧制动)纵差保护。

投信号: BD-5型定子接地保护。

此外,另加BCH-1型有接点纵差保护投跳。

### 2. ×号高压厂变:

投跳: (1) 高压侧: BL-7A型过流保护(二相式);

(2) I段分支: BL-7A型过流保护;

(3) II段分支: BL-7A型过流保护。

投试: BCD-5A型纵差保护。

此外,另加两相式BCH-2型有接点纵差保护投跳。

### 3. 高压备变:

投跳: (1) 高压侧: BL-7A过流;

(2) I段分支: BL-7A过流;

(3) II段分支: BL-7A过流。

投试: BCD-5B(带两侧制动)纵差。

另加三相BCH-2型有接点纵差保护,投跳。

### 4. JMC-2型110千伏母线差动保护,投试。

5. 至××变电所110千伏输电线路PFL-12/Al型方向高频、整流型距离、零序及综合自动重合闸保护装置(其中方向高频部分为晶体管保护)。

## II. 保护运行情况:

### 1. 正确动作:

(1) 1973年10月24日,因冲灰水泵手车式开关柜隔离触头接触不良,发生弧光,造成6千伏厂用I段母线三相短路,I段分支BL-7A型过流保护正确动作,I段分支开关正确跳闸。

(2) 随即I段分支备用电源自投,由于故障尚未消除,I段备用分支BL-7A过流保护正确动作,I段备用分支开关正确跳闸。

(3) 强送I段备用分支开关,因故障仍未消除,I段备用分支BL-7A过流保护第二次正确动作,I段备用分支开关第二次正确跳闸。

(4) 1973年11月3日,用备用变压器带厂用电起动,冲灰水泵开关拒触头接触不良,造成6千伏厂用I段母线三相短路,I段备用分支BL-7A过流正确动作扳断。

### 2. 误动作:

(1) ×号高压厂变BCD-5A纵差1973年2月误动(投试,误发信号)。退出测试,不平衡电压达8伏。经分析,厂变变压比为13.8/6.3kv,即 $U_{H1} \approx 2U_{H2}$ ,故 $I_{H2} \approx 2I_{H1}$ ,而高低压侧电流互感器变比都取1000/5A,但调试时,却按常规取 $I_{H1} = I_{H2} = 5A$ 进行调试,

使不平衡电压趋于零伏。 $I_{T1} = I_{T2}$ 时没有不平衡电压则, $I_{T2} = 2I_{T1}$ 时不平衡电压就较大,故在负载较大时引起误动。后按 $I_{T2} = 2I_{T1}$ 重新调整,再没发生误动。如原设计对两侧互感器变比合理配置,亦不致造成误动。

(2)高压备变高压侧BL-7A过流于1973年5月误动。原因是BDN-1逆变器稳压回路损坏。本来由35伏稳至24伏,损坏后输出不是24伏,仍为35伏,把BL-7A触发器第二级管子击穿,造成误动。

(3)×号发一变组BCD-5A纵差于1973年6月误动,退出测试,发现出口回路放大和倒相用的三极管S5(PNP型,请参见上继厂《半导体元件保护》资料)损坏, $U_{BE}$ 摆动很大,工作点越过截止区到达线性放大区。后更换S5,整个装置即恢复正常。

(4)高压备变高压侧电流互感器变比原取300/5A,后嫌太大,更换为150/5A。更换后,次级电流增大一倍,但整定值未及时调整。当由高压备变带厂用电,在启动给水泵时造成BL-7A过流保护误动。

(5)×号发一变组BD-6型转子接地保护,按上继厂数据,一点接地灵敏度整定范围为5~30kΩ。实际上×号机系双水内冷机组,其转子对地绝缘电阻本来就较低,而BD-6接地保护又是附加交流电源的,因此发电机转子对地电容实际上和对地绝缘电阻构成并联回路,故转子回路对地总阻抗平常就较低,只有2~3kΩ左右。故当按厂家的技术条件整定在最不灵敏的5kΩ时,还会经常发出一点接地信号。后把定值改为2kΩ,并把与调整电位器 $R_2$ 相串联的电阻 $R_7$ 的阻值从500Ω降至270Ω,保护的動作即趋于正常。

综上所述,说明××电厂晶体管元件保护的正確動作率暂时还低于电磁型的水平(电磁型为60%),但问题也并不是那么严重,误动大多数是由于设计不当、运行经验不足引起的,只要提高认识明确方向,抓紧措施,问题是不难发现,也是不难解决的。

### 三、济南供电局:

济南供电局从1968年起,开始自制晶体管保护,分别在甲和乙变电所投入运行。迄今共自制晶体管保护22套,其中甲变9套,乙变13套。甲变于1970年10月投运。投运初期,由于对晶体管保护的规律性认识不足,加上可控硅抗干扰性能较差,造成误动次数较多。其后,在乙变晶体管保护的研制过程中,汲取了甲变的经验教训,出口回路改用小中间继电器,逻辑电路加闭锁,加强抗干扰措施,直流电源从复式整流改为电容储能,加强元件的老化筛选工作等,从1971年4月投运以来,共计动作57次,其中正确动作56次,误动1次,正确动作率达98.1%。实践证明:只要我们善于总结经验,用马列主义、毛泽东思想分析研究晶体管保护的发生和发展过程,加速我们的认识从必然王国向自由王国的方向发展,我们就能较快地掌握晶体管保护的内在联系,逐步提高它的运行可靠性,使晶体管保护达到并超过机电型正确动作率的水平。兹把两个变电所的配置及运行情况分述于后。

#### 甲变电所

本所系从110千伏输电线T接的一次变电所,110千伏单母线联接。目前仅一台变压器,远景发展为两台,到时35千伏及10千伏母线均由单母线发展为内桥接线方式。10千伏线路为两线一地制。

## 1. 变压器保护:

### 1. ×号主变保护装置的配置:

(1) 主保护: 瓦斯及速断, 0秒三跳侧开关。

(2) 后备保护: 110千伏侧两段过流, 第一段跳35千伏侧, 第二段跳三侧。  
10千伏侧一段过流, 跳本侧。

### 2. 保护装置的组成部分:

(1) 电压形成: 晶体管执行部分的起动元件是一个触发器, 其信号为—电压。为此, 需要送来的信号源是一个电压源。同时, 执行部分为弱电, 而电流互感器及电压互感器的输出为强电(5A, 100V)。电压形成回路的作用就是把强电信号变换为弱电信号, 并使之成为电压源。

甲变采用中间变流器LH及负载电阻R作为电压形成回路。LH是一种变流器, 一次输入电流, 二次输出也是电流, 通过负载电阻形成电压。本装置之所以采用变流器而不采用电抗变压器, 主要是因为变流器的励磁阻抗较小, 在同样的磁通密度下一次安匝可以较小, 因而铁芯窗口面积及硅钢片总消耗量较小。对没有特殊相角要求的过电流保护, 通常都是采用电流变换器。

(2) 整流滤波: 其作用是把中间变流器出来的交变信号变为脉动很小的直流信号。整流方式为单相全波桥式整流。为了简化测量电路, 将A、B、C相的整流输出端并联, I段(连断)及II段(过流)分别用不同的电位器作定值调节。这样虽简化了电路但也带来了相间影响和段间影响的问题。所谓相间影响是指A、B、C相电流定值之间的相互影响。如在B、C相电流为零时调好A相定值, 则当B、C相通入电流时, A相定值将发生变化。发生相间影响的主要原因是经整流滤波后输出信号不是纯粹的直流, 包含各种谐波分量, 而三及其倍数次谐波是同相的, 互相叠加, 造成相互影响。本装置采用加大滤波电容、降低波纹系数的办法来解决, 但同时却带来了保护复归时间增长的不良后果。所谓段间影响, 是指I段与II段电流定值的相互影响。如I段动作, 则使回路的负载增大, 整流滤波回路上的压降也增大, 这样, 将使II段定值发生变化。为了减小段间影响, 本装置采取增大各段执行回路的输入阻抗和减小各段电位器阻值的措施, 使各段的负载电流与电位器上通过的电流比较, 相对很小, 这样, 就把段间影响减至最小的限度。

(3) 整定, 限幅: 保护装置动作值应有一定的调节范围。考虑到用中间变流器的二次抽头改变定值, 既不能达到平滑调整, 又易引起变流器二次回路开路, 而电位器调节方便, 又能平滑调整, 故本装置用电位器作为定值调节器。又考虑到在主变压器引线或套管上短路时, 故障电流较大, 输入信号急剧增大, 会造成执行元件第一级管子 $S_1$ 击穿。为了保护 $S_1$ , 用稳压管构成限幅回路, 以限制输入信号的大小。

(4) 执行元件(起动元件): 采用带4伏门槛电压的单稳态触发器作为过电流执行元件。门槛电压由电阻及二极管的正向压降构成。串入二极管作门槛电压, 同时又能起到对 $S_1$ 的BE间管压降的温度补偿作用。

(5) 时限元件: 采用由RC充电回路构成的时限元件。

(6) 出口元件: 采用可控硅出口, 可控硅KG动作后, 把正电源送至跳闸线圈, 称为可控硅“正极输出”。

(7) 信号回路: 采用氖灯作信号回路, 由串在正极回路中的按钮复归。

(8) 稳压电源：采用硅稳压二极管（齐纳二极管）直流降压集中稳压方式，整个主变保护共用一套稳压电源。

#### Ⅱ、35千伏输电线路保护：

##### 1. 保护装置的配置：

- (1) 主保护：速断保护。
- (2) 后备保护：两段过流保护。
- (3) 三相一次自动重合闸装置。

##### 2. 保护装置的组成部分：

(1) 测量回路（包括电压形成、整流滤波、整定限幅等部分）。与变压器保护完全相同。

(2) 逻辑回路（包括执行回路、时限回路、出口回路等部分）。与变压器保护基本相同。

(3) 重合闸起动及延时回路：按断路器位置与控制开关状态“不对应”的原理起动，以电容器充电作延时。

(4) 一次重合电容回路：电容器完全充电所需的时间，称为“重合闸记忆时间”，本装置取为15秒。

(5) 重合闸出口执行回路：由三极管反相器构成。

(6) 重合闸后加速回路：由后加速记忆回路及两段过流保护组成的与门构成。

以上均为常用的电路，不作赘述。

#### Ⅲ、10千伏配电线路保护

- (1) 主保护：速断。
- (2) 后备保护：一段过流。
- (3) 三相一次自动重合闸装置。

组成情况与35千伏输电线路相类似。

#### Ⅳ、保护运行情况：

由于甲变晶体管保护是济南供电局首次试制，缺乏经验，故误动次数较多，正确动作率较低。从1970年10月投运以来，保护动作情况如下表所列。

$$\text{综合正确动作率} = \frac{2 + 7 + 208}{22 + 25 + 296} = 63.2\%$$

从下面的统计表可以看出：整个变电所的正确动作率是比较低的，尤以变压器保护为甚，而引起误动的原因，又推可控硅元件质量不良为最。以变压器保护装置为例，共计误动20次，其中因可控硅质量不良造成误动即达10次，占50%，基于这些统计资料，甲变从几率论出发，从1972年起，把变压器保护出口回路从可控硅改为小中间继电器。改动之后，迄今未曾发生过误动。

必须指出：下表所列的误动，大多是在投运初期发生的。据统计，从1970年10月至1971年5月半年时间内，误动次数即高达37次，约占总误动次数126次的三分之一。随着运行经验的积累和出口回路的更改，运行已开始逐步走上正轨。因此，即使对综合正确动作率较低的甲变，任何对晶体管保护盲目否定的悲观的论点、无所作为的论点，以及在晶体管保护抗干扰问题上的不可知论，都是错误的、毫无根据的。

动作类型	保护名称	变 压 器	35KV输电线	10KV配电线	备 注
	动作次数	保 护 装 置	保 护 装 置	保 护 装 置	
正 确 动 作		2	7	208	
误 动 作	可控硅元件质量不良	10	5	29	
	三极管损坏或其特性变劣	1	1	2	
	操作相邻断路器造成误动	—	2	6	
	投、解操作保险器	1	4	3	
	检查绝缘监察装置	1	5	4	
	拉、合直流电源	2	1	4	
	高 温 60°C以上	—	—	—	
	低 温 -20°C以下	—	—	—	
其 他	5	—	40		
共 计 动 作 次 数		22	25	296	
其 中 误 动 次 数		20	18	88	
正 确 动 作 率		9.1%	28%	70.2%	

### 乙变电所

本所系有两条110千伏进线、两台主变进线侧按内桥接线的终端降压变电所。×号主变为三卷变，于1972年4月投运，×号主变为双卷变，计划于最近的将来投运。

#### I、保护方式：

1. 6KV线路：一段过流及三相一次重合闸。
2. 35KV线路：两段过流及三相一次重合闸。
3. 变压器：

主保护：瓦斯。

后备保护：110KV侧过流

35KV侧过流

6KV侧过流

乙变为终端变，现只有×号主变，由××线供电，因线路的速断保护已伸至主变，故主变不另设速断作为主保护；另外，因为保护装置下放就地，为了节省控制电缆，故后备保护为三侧过流，每侧分别装设。除此而外，保护装置的设置与甲变基本相同。

稳压电源采用串联式晶体管集中稳压电路。

## II、保护装置的运行情况：

乙变晶体管保护是在总结甲变保护的基础上研制而成的。为了消除误动，提高可靠性，作了如下的改进：

1. 出口电路改为有接点出口：甲变的运行经验说明，在目前可控硅质量尚欠完善的情况下，并考虑到可控硅抗干扰性能较差等因素，故乙变全部保护改为小中间继电器出口，运行情况良好。

2. 逻辑回路改用硅管：考虑到锗管温度特性较差，其穿透电流及放大倍数受温度影响较大，故乙变执行、时限、出口等回路均改用硅管，以改善温度特性。

3. 直流电源：考虑到复式整流波容易畸变，而电容储能波形比较平滑，且抗低频干扰信号性能较佳，故乙变保护及跳闸直流电源均改用电容储能装置，且保护与跳闸用的电源分开，隔离了断路器跳、合闸时对于保护电源的干扰影响。

### 4. 加强抗干扰措施：

(1) 使执行元件延时 3 ~ 4 毫秒动作，以躲过干扰脉冲。在执行元件的第一级常开管的集一基间加  $0.1 \sim 1 \mu\text{F}$  电容，在常闭管的射一基间加  $0.1 \mu\text{F}$  电容。

(2) 为防止断路器跳、合闸瞬间产生的反电势进入保护装置造成误动，在跳闸线卷及合闸接触器两端，并联接入二极管 2CP24，使切、合电感电流形成的反电势经由二极管形成闭路，削弱反电势的影响。

5. 逻辑电路加闭锁装置：防止执行、时延回路中某元件工况翻转造成误动。乙变采用出口三极管的基极与门方案，其方框图及原理接线图如图 1 所示。

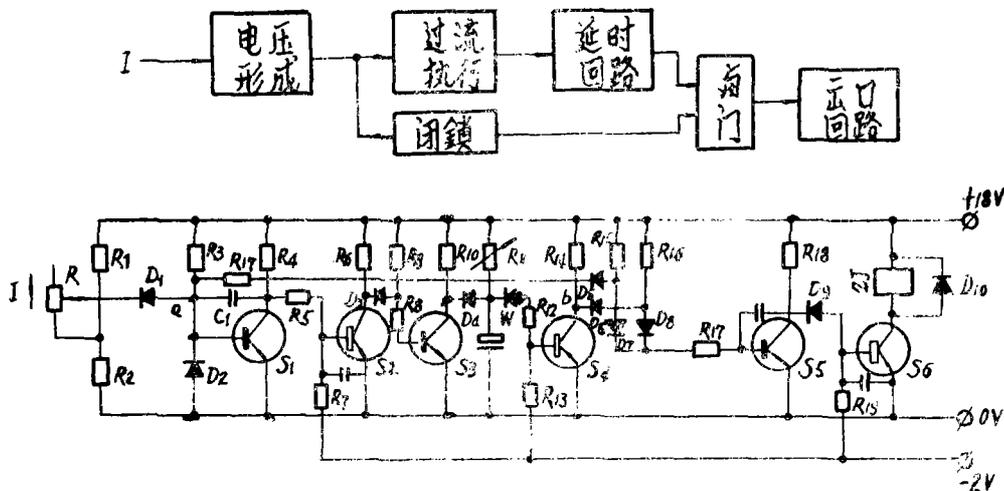


图1. 防止保护误动的闭锁电路方框图及原理接线图

图中，由三极管  $S_1$ 、 $S_2$  组成执行回路， $S_3$ 、 $S_4$  组成时延回路， $S_5$ 、 $S_6$  组成出口回

路，二极管D5组成闭锁回路。在出口回路三极管S5的基极，与输入信号直接联通的二极管D5和时延回路组成与门。常态下， $S_1$ 、 $S_3$ 导通， $S_2$ 、 $S_4$ 截止，电流I在整定电阻R上的压降小于门槛电压，故a点电位比较正，因而D5截止。而D6因 $S_4$ 截止，b点电位很高，亦同时截止。故 $S_5$ 分别从 $R_{14}$ 、 $R_{15}$ 获得两路偏流， $S_5$ 导通 $S_6$ 截止，出口小中间ZJ不动作。如果由于某种原因（元件质量不良或电路参数配合不当等），执行或时延回路中某元件（例如 $S_1$ ）的工况翻转，若无出口三极管基极的与门闭锁，则 $S_1$ 的翻转将会造成各级管子逐级翻转，导致ZJ动作。设置了闭锁回路后，虽 $S_1$ 翻转引起 $S_2$ 、 $S_3$ 乃至 $S_4$ 翻转，使D5导通， $S_5$ 失去一路偏流，但因为无信号输入，a点电位仍然比较正，D5依然截止， $S_5$ 继续从 $R_{14}$ 获得偏流而保持导通， $S_5$ 、 $S_6$ 不会翻转，保护不会误动。只有当故障时，电流I增大，使压降IR大于门槛电压，a点电位变负，执行回路和闭锁回路才会同时动作，使 $S_5$ 的两路偏流同时消失， $S_5$ 、 $S_6$ 才会翻转，ZJ才能动作。

这种闭锁回路是最简单的闭锁回路。它对于防止因元件损坏、焊接不良等因素造成的误动是有效的，但对于强干扰的侵入而引起的误动，在某些情况下则不能防止。为了防止这类误动，可以采用“双重化保护原理”的闭锁方式，即采用两套原理相同的直流逻辑电路并联工作，其中一套作为闭锁电路，定值较低，灵敏度高于主电路，但接线可适当简化。这两套电路的出口回路可用接点串联方式，亦可用无触点与门电路，如图2所示。只有两套保护均起动时才能发出跳闸脉冲，当其中一套误动时只发出信号，不会误跳闸。

对于定时限过流保护，因为时延回路的时限往往大于干扰信号的持续时间，本身即有防止强干扰侵入造成误动的作用，故上述的简单闭锁回路对于防止保护误动是行之有效的。

6. 信号回路不用氖灯，改用6.3V的XD $X_1 \sim 6$ 型小型白炽灯。

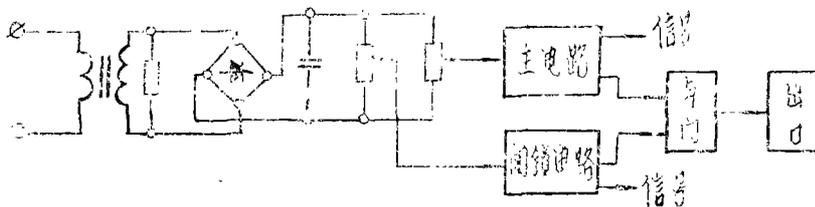


图2. 双重化电流保护的闭锁方式

### 7. 加强元件的老化、筛选工作。

采取上述措施后，保护装置工作可靠，运行情况正常，迄今为止，只误动过一次（是由于保护装置下放到屋外配电装置就地安装，室外保护装置箱内温度高达 $68^{\circ}\text{C}$ ，超过 $60^{\circ}\text{C}$ 的试验温度而引起的）。从1972年4月投运以来装置的动作情况如下表所列：

动作类型	保护名称	变 压 器	35KV线路	6 KV线路	备 注
	动作次数	保 护 装 置	保 护 装 置	保 护 装 置	
正 确 动 作		—	18	38	
误 动 作	可控硅元件质量不良	—	—	—	
	三极管损坏或其特性变劣	—	—	—	
	操作相邻断路器造成误动	—	—	—	
	投、解操作保险器	—	—	—	
	检查绝缘监察装置	—	—	—	
	拉、合直流电源	—	—	—	
	高 温 60°C 以上	1	—	—	
	低 温 -20°C 以下	—	—	—	
其 他	—	—	—		
共 计 动 作 次 数		1	18	38	
其 中 误 动 次 数		1	0	0	
正 确 动 作 率		0	100%	100%	

$$\text{综合正确动作率} = \frac{18 + 38}{18 + 38 + 1} = 98.1\%$$

上面的统计说明：只要不断在实践中积累经验，逐步提高运行水平，晶体管保护的规律性是可以认识的，晶体管保护的可靠性是能够提高的。今后只要坚持积极、慎重和有组织有领导地逐步发展的方针，晶体管保护就一定会越来越显示出其优越性，在电力系统中发挥越来越大的作用。

#### 四、淄博供电局：

淄博供电局从1969年开始研制晶体管保护装置，分别在A和B变电所投入运行，迄今共制成晶体管保护10套，其中A变8套，B变2套；另各所均有晶体管中央信号装置各一套。

A变于1970年5月投运，B变于1973年7月投运。由于领导重视，广大群众积极参加，坚持“鞍钢宪法”，大搞三结合，发扬自力更生精神，用废电度表壳装配晶体管继电器，还自己动手，因陋就简，自制冰箱等设备，对元件进行老化筛选及高、低温试验，用小中间继电器出口，故自制的晶体管保护装置质量较好。投运以来，该局对健全制度、加强管理方面也比较重视，每年进行两次以上定期测试，把隐患消灭在萌芽状态，所以运行一直比较正常。全局晶体管保护投运以来，共计动作22次，其中正确动作20次，误动2次，正确动作率为91%，达到机电型保护的平均水平。发生误动的原因，是由于A变主变过流保护时延回路第一级三极管特性变劣，由常态下的饱和导通状态变为放大状态，管压降增大，造成出口误动，重合后又误动一次，共计误动两次。更换管子后即恢复正常。兹将装置的概况简介于后。

#### I、保护装置的配置：

##### 1. A变：

(1)主变容量5100KVA，主保护为瓦斯保护。此外，考虑A变系由××线T接，故一次侧加装速断作主保护，同时设一段过流作后备保护。二次侧装设一段过流，作为10KV配电线保护的后备。

(2)10KV配电线为一段过流加三相一次自动重合闸。

##### 2. B变：

(1)主变及6KV配电线因时间紧，自制晶体管保护赶不上需要，故全部采用有触点保护。

(2)35KV输电线路装设晶体管速断（主保护）及过流（后备保护），并有三相一次自动重合闸装置。

#### II、晶体管中央信号装置：

利用两只可控硅的交替导通和关断来构成闪光继电器，利用可控硅元件主回路导通后，控制电流即使消失，管子仍然导通的特点来构成冲击继电器，并以此构成中央复归重复动作的事故信号装置和予告信号装置。

上述晶体管中央信号装置，经过几年来运行的考验，运行情况良好，淄博供电局准备在今后新建的变电所中推广使用。

总之，淄博供电局近年来的运行实践说明晶体管保护和晶体管中央信号装置具有一系列固有的优点，其优越性是应予肯定的，而其可靠性也是能够不断提高的。

## 五、几点不成熟的意见：

I、实践证明，晶体管保护具有灵敏度高、动作迅速、选择性好等优点，而且体积小、重量轻、耐震动、维护调试方便，其优越性应予充分肯定。它不仅更能适应超高压远距离输电线路和大型机组对保护提出的要求，而且对66KV以下线路及元件保护，也充分显示出它的优越性。例如上述变电所6~10KV配电线路，如用机电型保护直接放在开关柜仪表小室上，常因操动时的震动影响定值甚至造成误动，往往需要移至专用的保护屏上，多占地位，多花投资，而晶体管保护，因为有防震的优点，就可以直接放在开关柜仪表小室上，使装置大为简化。又如乙变，原为2×1800KVA的35KV变，现扩建为1×15000+1×10000KVA的110KV变，容量增大8倍，电压升高三倍，但主控制室完全不需扩建，还显得很宽敞，

主要就是因为采用了晶体管保护。因此，晶体管保护的优点是毋庸置疑的。它是继电保护领域中具有强大生命力的新生事物，是群众性技术革新的伟大成果，是今后继电保护发展的方向，对此不能有丝毫的怀疑与动摇。当然，它还存在一些非主流方面的问题，突出地表现在正确动作率不高、运行可靠性较低这一点上，但正如××电厂等单位的运行经验所证明的，只要我们善于总结经验，加强管理，问题是不难发现，也是不难解决的。事实说明，晶体管保护动作可靠性不高的问题并不如某些人所渲染的那么严重，对它采取轻易否定的态度是毫无根据的。对这一新生事物到底是满腔热情地扶植支持，还是吹毛求疵，横加否定；是大搞群众运动，还是专家路线；是独立自主、自力更生，还是依赖进口、崇洋迷外，这是两条路线斗争在继电保护领域的反映。我们认为，水电部及有关部门必须对此有一明确的态度和具体的措施，从生产、设计到科研方面都应有具体的规划，大力促进这一新生事物的成长，而决不能停留在口头上、纸面上，甚至让其自生自灭。否则，就会辜负了时代的要求，落后于形势的发展。

Ⅰ、关于较大容量(原规程规定单独运行容量为7500 K V A及以上、并列运行容量为5600 K V A及以上)的变压器是否可以取消纵差保护，以瓦斯保护作为主保护的问题，我们认为应当慎重。济南供电局甲变单独运行的10000 K V A主变及乙变目前单独运行的15000 K V A主变都取消了纵差保护，其主要根据是瓦斯保护比纵差保护灵敏。这个问题还需要分析。如果以目前普遍使用的B C H型有触点纵差保护而言，灵敏度确实不高，因为它的整定值要躲过励磁涌流和不平衡电流(后者往往是控制条件)，使定值必然大于额定电流，这就大大降低了它的灵敏度。但是，如果使用晶体管纵差保护(相位鉴别原理或二次谐波制动等)，则纵差保护的灵敏度将可大大提高。当然，瓦斯保护亦可通过降低整定流速来提高其灵敏度，火电一处并曾在××电厂作过有价值的试验，但还应考虑到如下因素：

1. 瓦斯继电器过去浮角往往渗油，且缺乏防震措施，容易造成误动。即使下浮角改为档板，解决了渗油问题，水银接点改为干簧接点，解决了防震问题，但在穿越性故障造成线圈蠕动或油面扰动时，仍会引起误动。淄博供电局瓦斯继电器改档板后就曾误动过6次。青岛第一发电厂1973年瓦斯继电器在穿越性短路时亦曾误动3次。因此，瓦斯继电器的运行情况还不能说是完全正常的。而且，瓦斯继电器停用的机会比较多：如变压器定期换硅胶、充氮，以及变压器运行中进行改进工程(如加装强迫油循环装置)等。因此，要完全取消差动保护目前还会遇到相当困难。

2. 变压器高、低压侧套管及引线故障，据我省不完全统计，还是比较多的。例如甲变从1970年投运以来，主变发生故障两次，一次是老鼠窜入造成主变10 K V侧引线短路，另一次是雷击造成套管闪络，主变故障全部为套管及引线故障。青岛第一发电厂从1962年到1973年主变纵差动作3次，其中有一次就是因为35 K V引线支持绝缘子闪络引起的。如仅以瓦斯作主保护，不装设纵差保护，则变压器套管及引线故障只能由后备保护切除，时间失之过长，将会引起故障进一步扩大，造成严重后果。

考虑到以上情况，我们认为变压器差动保护还是应当装设的。建议有关单位迅速定型并成批生产晶体管变压器纵差保护。

为了提高晶体管纵差保护的灵敏度，一般可按继电器整定范围的中值整定，此值往往小于额定电流。这样，当二次回路断线时，纵差保护将会误动。为此，建议制造厂将晶体管纵差保护制动特性的起始部分提高，以防止断线时误动，并增加断线信号装置。

Ⅲ、关于中央信号装置所用冲击继电器的选型问题，过去通用CJ<sub>1</sub>型由电压互感器及极化继电器组成的有触点冲击继电器。据调查，这种继电器的触点因动作频繁，有粘连及损坏现象属淘汰产品，现阿城继电器厂已基本停产，代之以ZC-21型干簧冲击继电器。但干簧继电器本身的触点是基于磁感应的原理动作，由于剩磁的影响，同样存在粘连的问题。因此，要用有触点冲击继电器来解决触点粘连及损坏的问题，实际上不可能达到理想的目标。要彻底解决问题，就有效的办法，就是取消触点本身，用晶体管无触点冲击继电器来代替电磁型有触点冲击继电器。在这方面，淄博供电局有比较成熟的经验。他们敢于打破常规，解放思想，克服各种困难，自己动手，研制晶体管无触点冲击继电器，并已成功地应用于中央信号装置上，经历了多年运行的考验。伟大领袖毛主席教导我们：“在某种意义上来说，最聪明、最有才能的，是最有实践经验的战士。”我们认为淄博供电局工人师傅的实践经验是宝贵的，建议有关单位予以总结，加以适当改进，使之更臻完善，以创造出适合我国国情的晶体管无触点冲击继电器及全新的中央信号系统。

Ⅳ、关于晶体管保护的出口回路，目前分无触点出口和有触点出口两种。前者多用可控硅出口，后者多用小型中间继电器或干簧继电器出口。无触点出口具有快速动作，耐震动等优点，但抗干扰性能差，容易误动。因为一般的可控硅所能承受的动态电压 $\frac{du}{dt}$ （即正向电

压上升率）为30~100V/ $\mu$ S，如果大于允许的 $\frac{du}{dt}$ 值可控硅就会误动。电源电压瞬时大幅度的变化（峰值超过 $U_H$ 的25%），就有可能使处于导通状态的可控硅截止，截止的可控硅击穿损坏，造成保护误动。因此，当采用无触点出口时，除进一步提高可控硅元件的质量和加强抗干扰措施外，比较有效的办法是选用正向转折电压较高的可控硅元件，一般此值应为出口电路正常工作电压的4倍左右。例如220V的操作电源，选1000V的可控硅就比较可靠，选700V的就较易引起误动。因此，对于操作电源额定电压为48V的小型发电厂及中、小型变电所，选用400V或500V的可控硅出口就相当可靠。我院1970年与蓬莱电厂在蓬莱二期扩建工程中，共同设计、试制的JBL-1型晶体管线路过电流保护和自动重合闸装置，就是用500V可控硅出口，投运三年多来，运行基本正常。而且操作电压为48V时，对CD<sub>2</sub>型操动机构，跳闸电流即达11.5A，选择额定电流这么大的小中间或干簧继电器都有困难。因此，什么情况下用无触点出口，什么情况下用有触点出口，要根据具体情况，区别对待。对无触点出口持一概否定的态度，也是没有根据的。至于用小中间继电器出口，目前上海继电器厂生产的小中间继电器接点容量较小，建议成批生产接点额定电流为5A及以上的小型中间继电器。

Ⅴ、晶体管保护的特点之一是高度灵敏，这是它的优点，但同时也就带来了易受外界干扰造成误动的问题。现有的抗干扰措施很多，就我们所看到的，认为以下几种比较有效：

1. 生产厂和运行单位普遍反映，执行元件第一级三极管正常时导通并处于深度饱和状态，可以增强抗干扰能力。因为干扰信号容易使截止管导通，但不易使导通管截止。

2. 在合直流电源瞬间，触发器各三极管的工况不易固定，可能造成误动。为此，可在第一级导通管的基极回路加入一微分电路，与偏流电阻并联以固定导通管的工况。第一级管的工况固定了，其余各级也就相应一一固定。有的运行单位反映，这是防止误动的一种行之有效的办法。

3.截止管正常时不处于完全截止状态而是处于放大状态,是引起保护整定值飘移、造成误动的重要原因之一。为了保证截止管可靠截止,必须在其发射结加入一适当的反向电压(即偏置电压),此偏压值一般为1.6~2 V左右,可用两个硅二极管的正向压降构成,亦可用适当的稳压管构成。

4.乙变的运行经验证明,在保护装置的逻辑电路中加装闭锁装置,对防止保护误动效果很好。

5.执行电路的三极管加抗干扰电容(延时电容),经常导通的三极管加在集一基之间,经常截止的三极管加在射一基之间。

6.为防止断路器跳、合闸瞬间产生的反电势进入保护装置造成误动,在跳闸线圈及合闸接触器两端并联接入二极管,使切、合电感电流形成的反电势经由二极管形成闭路,以削弱反电势的影响。

7.对于两相式结构的保护装置最好各相分别采用单独的测量电路和各自的执行电路,然后经或元件进行逻辑连接,这样的电路结构容易实现,并且相间互不影响。如果两相的执行电路合并,相间影响往往甚大,容易造成误动。如果为了减少相间影响而增加一射极输出电路(利用其输入阻抗高、输出阻抗低的特点),则整个电路结构也并不简化,而且相间影响并不能完全消除。若用加大滤波电容、降低脉动系数的办法来减少相间影响,效果并不理想,而且造成保护复归时间增长,都不太合适。

以上意见,均很不成熟。由于我们水平有限,了解的面也很狭窄,电路参数又未经复核验算,不能充分反映我省晶体管保护的全貌,更谈不上对工人群众技术革新成果进行总结。即使提到的一些单位,也是挂一漏万,七四年以后的情况未能包括,甚至有歪曲之处,诚恳地期待同志们批评指正。

## 发电机——变压器组定子接地保护 三次谐波电压的利用问题

清华大学电力工程系

### 一、基本情况:

对于“利用发电机本身固有的三次谐波电压能够作成100%定子接地保护”这一点,于一九七二年底还曾经是国内外争论的一个问题,现在在国内已很少有人再怀疑了。但是对于如何利用三次谐波电压来构成100%定子接地保护还是有各种不同意见。目前我国已经研制了几套不同方案的利用三次谐波电压的100%定子接地保护装置,有的已经试运行近两年,现场试验和试运行结果,初步证明是可行的。现在的问题是如何进一步提高灵敏度和可靠性。

匈牙利作者L·PAZMANDI在一九七二年国际大电网会议上的论文报告“大型发电机静子对地漏电保护”,普遍地引起人们的重视,因为该报告指出“这种保护用敏感元件甚至