

电磁型与晶体管型设备在牵引变电所主变 差动保护中的应用和比较

铁道部第三设计院电化处 鲍 姍

继电保护是保证供电系统安全运行和提高供电质量的重要工具。它是反应供电系统电气设备发生故障或不正常工作情况而作用于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。没有它,要想维持正常运行是不可能的。选择性、速动性、灵敏性和可靠性是继电保护应满足的四个基本条件。在以往的电气化铁道变电所设计中,继电保护装置多采用电磁型。由于电磁型产品经济耐用,能完成短路故障时使断路器自动跳闸的任务,因此一直被广泛地采用,运行部门也比较欢迎。但随着电化铁道事业的迅速发展,运量的大量增加,尤其是先进技术、先进设备的不断采用,对继电保护的要求也越来越高。

在变压器的各种保护中,差动保护是主保护,它用来保护变压器内部、套管以及引出线上的多相短路及层间短路和接地短路故障。由于变压器两侧的电流的大小和相位都不相同,而且一、二次侧是通过电和磁来联系的,在实现差动保护时,使不平衡电流大大增加。因此,实现主变压器差动保护需要解决的主要问题是采取各种措施来躲过这不平衡电流的影响。同时在满足选择性的条件下,还要保证内部故障时有足够的灵敏度和速动性。为满足这些要求,差动继电器本身也在不断完善。最初采用的是带有速饱和变流器的FB—1和DC—11组成的差动继电器。但由于不能很好地抑制变压器励磁涌流中的非周期分量,后来又在此基础上生产出在速饱和变流器上加装短路线圈的BCH—2型差动继电器。目前,此型继电器广泛地应用在电气化铁道的牵引变电所中。

BCH—2型差动继电器的保护原理示意图如图1所示。

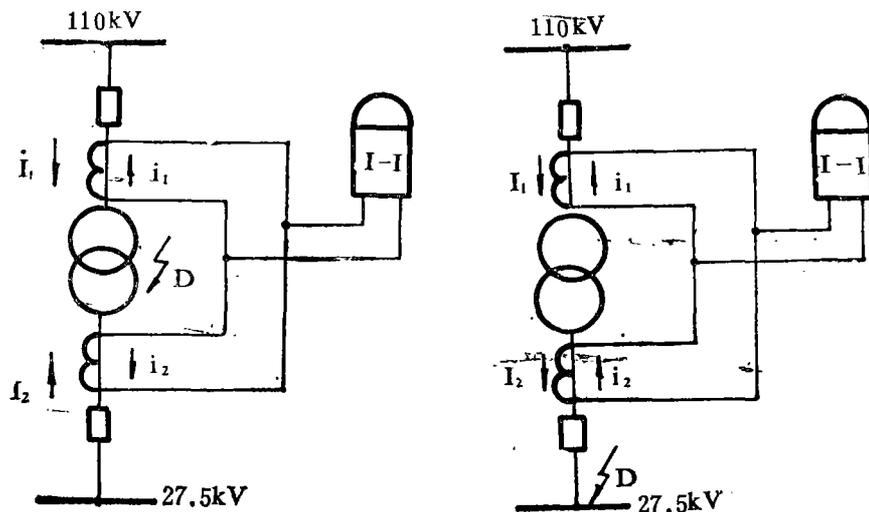


图 1

当保护范围内如 D_1 点短路时，流入继电器的电流 $i_i = i_1 + i_2$ （或 i_1 ）继电器保护动作。

当保护范围外部如 D_2 点短路时，本应 $i_i = i_1 - i_2 = 0$ 继电器不动作。但由于此时有一不平衡电流流过，这电流有时可能达到很高的数值，使继电器中流过的电流不为零。这个不平衡电流是由多种因素形成的。如：变压器空载投入以及外部故障切除后电压突然恢复的暂态过程中产生的励磁涌流、实际采用的电流互感器变比与计算值不同、两侧电流互感器型式不同、变压器调压分接头的改变都会在差动继电器中流入一个不平衡电流。虽然可以采用速饱和变流器及加平衡线圈等措施来减轻不平衡电流的影响，但由于电磁型继电器的结构简单，不能完成多种功能，所以仍有一残存的不平衡电流流入差动继电器。

在稳态情况下，变压器差动保护的最大不平衡电流 I_{BPD} 由下式决定：

$$I_{BPD} = (K_{tz} \cdot 10\% + \Delta u + \Delta f) I_{D.D}$$

式中 K_{tz} —电流互感器的同型系数，不同型时 $K_{tz} = 1$ ；同型时 $K_{tz} = 0.5$ ；

10%—电流互感器容许的最大相对误差；

Δu —由于改变变压器调压抽头所引起的相对误差，等于调压范围的一半；

Δf —由于继电器平衡绕组的实用匝数与计算匝数不同而产生的相对误差，初算时先取 $\Delta f = 0.05$ ；

$I_{D.D}$ —差动保护范围外部最大短路电流。

根据实际情况，取 $K_{tz} = 1$ 、 $\Delta u = 0.05$ 、 $\Delta f = 0.05$ ，则 $I_{BPD} \approx 0.2I_{D.D}$ 。变压器差动保护的动作电流必须躲过这一不平衡电流。

动作电流为： $I_{DZ} = K_K \cdot I_{BPD} = 1.3I_{BPD} \approx 0.26I_{D.D}$

可见，电磁型差动继电器的整定是按外部短路电流来整定的，它要躲过主变压器外部短路时流过变压器的最大不平衡电流，同时还要满足27.5kV母线短路时最小短路电流下的灵敏系数（需大于2）。这在系统运行方式变化很大时，有时就难以实现。当我进行北同蒲线二次保护整定计算时，就发现了此类问题。

以宁武变电所为例，计算如下：

主变容量	31500kVA
主变额定电流	165A（110kV侧） 660A（27.5kV侧）
流互二次接线方式及变比	$\Delta/80$ （110kV侧） $Y/160$ （27.5kV侧）
二次回路额定电流	3.57A（11kV侧） 4.13A（27.5kV侧）
主变外部短路流过变压器的最大穿越电流 $I_{D.D}$ （归算至110kV）	986.3A
27.5kV母线短路的最小短路电流 $I_{D_2}^{(2)}$ （归算至110kV）	397.8A
继电器一次动作电流 $I_{DZ} \approx 0.26I_{D.D}$ （计算如前）	256.4A
继电器二次动作电流 I_{dz} （归算至27.5kV）	6.41A
最小短路电流下继电器的动作电流 I_{dz1}	9.95A

下面在选择差动继电器实际匝数来进行动作电流整定时出现了问题（BCH—2型差动继电器绕组的匝数为5、6、8、10、13、20匝）。如果选8匝，则继电器的动作电流为：

$$I_{dz.s} = 60 \text{安匝} / 8 \text{匝} = 7.5 \text{A} > I_{dz} = 6.41 \text{A}$$

此电流能躲过外部短路时流过继电器的不平衡电流，但按最小短路电流校验的灵敏系数为： $K_m = I_{dz} / I_{d.s} = 9.95 / 7.5 = 1.3 < 2$

此值不能满足灵敏度要求。

如果选10匝（或13匝），则动作电流为6A（4.6A），都不能躲过不平衡电流，而会使继电器产生误动。

由以上可见，在这种情况下，BCH—2型差动保护装置无法即满足可靠性又满足灵敏性的要求。也说明了电磁型继电器由于它结构简单、功能少，不能构成复杂的保护，因而不能满足某些运行条件的要求，限制了它的应用。

晶体管型保护装置是由电子电路组成的，容易构成复杂的保护，它可以由电子元件形成各种所需要的波形来完成一系列功能。因此能很好地满足不同运行方式的需要。在太岚线的设计中，二次保护我们全部采用了晶体管电路。主变差动保护选用了许昌继电器厂生产的BCD—23型晶体管成套装置。

BCD—23型保护装置单相示意图如图2所示。

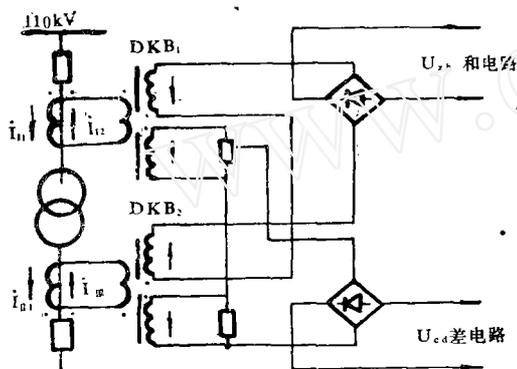


图 2

在交流回路中，两个电抗变压器DKB₁和DKB₂分别接入电流 \dot{I}_{12} 和 \dot{I}_{21} 。每个电抗变压器的二次侧都有两个绕组，按照正常运行和外部故障时的电流方向，其中一对绕组接成和电流回路，输出电压正比于 $\dot{I}_{12} + \dot{I}_{21}$ ，经整流滤波后供给制动回路，另一对绕组接成差电流回路，输出电压正比于 $\dot{I}_{12} - \dot{I}_{21}$ ，实际反应差动保护的不平衡电流。

正常运行时，差动回路中只流过变压器的励磁电流和不平衡电流，这电流远小于继电器的整定值，所以保护不会动作。

变压器外部故障时，“和电流”回路输出为变压器两侧电压之和，“差电流”回路输出为两侧电流之差，由比率制动回路将保护可靠地制动。

变压器空载合闸时，本电路采用的是利用波形间断角的原理来鉴别励磁涌流和短路电流的区别。因短路电流是连续的正弦波，而空载合闸的励磁涌流则是波形较窄、两波之间出现一个间断角的非正弦波。因此当电路鉴别出波形中出现大于某度的间断角时，保护将可靠制动。

变压器内部故障时，由于“差回路”输出为变压器两侧电流之和，而“和回路”为两侧电流之差，所以差回路电压远大于制动电压。此外，“差回路”输出波形没有间断，因此满足了上述保护动作的两个条件，保护能可靠动作。

由以上看出,由于BCD—23型保护用比率制动回路来防止外部短路时保护误动,因此继电器的动作电流可以不必按外部短路时引起的不平衡电流整定,而只需按制动回路未启动时在继电器中引起的不平衡电流来整定。这电流很小,一般用额定电流来代替。

则不平衡电流为:

$$I'_{BP} = (K_{ix} \cdot 10\% + \Delta u + \Delta f) I_E = K_{zh} \cdot I_E \approx 0.2 I_E$$

式中 I_E 为额定电流; K_{ix} 、 Δu 、 Δf 同前述电磁型计算中数值。 K_{zh} 为制动系数。

$$\text{动作电流为 } I'_{Dz} = K_K \cdot I'_{BP} = 1.3 \times 0.2 I_E = 0.26 I_E$$

再拿宁武变电所为例,如采用BCD—23型保护装置,则一次动作电流为:

$$\begin{aligned} I'_{Dz} &= K_K (K_{ix} \cdot 10\% + \Delta u + \Delta f) I_E \\ &= 0.26 I_E = 0.26 \times 660 = 171.6 \text{ A} \end{aligned}$$

二次动作电流为:

$$I'_{dz} = I'_{Dz} / 160 = 171.6 / 160 = 1.07 \text{ A}$$

此值与电磁型保护动作电流 $I_{dz} = 6.41 \text{ A}$ 相比大大地减少了。

$$\text{灵敏系数 } K'_m = I_{dz} / I'_{dz} = 9.95 / 1.07 = 9 > 2$$

此值与电磁型保护灵敏系数 $K_m = 1.3$ 相比,提高了约7倍。

可见,由于晶体管电路能构成各种复杂的保护回路,因此能适应各种不同的运行方式,解决电磁型保护不能解决的难题。除此之外,晶体管保护装置是由电子电路构成,无触点。因此无磨损及接触不良情况,且消耗功率小,动作时间短。又由于晶体管保护为成套装置,不但包括保护回路,还包括信号回路,因此占用盘面面积小,又能减少盘后接线。

综上所述,晶体管保护与电磁型保护相比,优越性很大。随着电子工业的迅速发展。晶体管性能也不断改进,已进入超大规模集成电路时代。灵敏性、可靠性、速动性大大提高,产品更加小型化、微型化。我认为电气化铁道的继电保护装置应尽快更新为晶体管、集成电路型,并进而向微机保护迈进。

机电部《继电器》杂志开展广告业务征稿启事

《继电器》杂志系我国机械电子部许昌继电器研究所主办的国内外公开发行的科技期刊。本杂志创刊二十多年来,深得广大读者喜爱,自1992年改为邮局发行以来,发行量扩大一倍多。现已发行到全国30个省市的电力系统、铁道、冶金、化工、石油、轻纺等部门的各设计院、运行调度、维护、施工、工矿企业各部门及相关大专院校。为适应改革开放的需要,促进科技成果的推广,加强产销和用户之间的联系和信息交流,本刊1993年正式开展办理广告业务(包括技术市场专栏),欢迎各生产厂家到本刊登广告,一定竭诚服务。来函请寄河南省许昌市建设路183号《继电器》编辑部收。