

矿山电气设备的 继电保护

馮良編

中国工业出版社

矿山电气设备的 继电保护

馮 良 編

中国工业出版社

本书分别論述了地面与井下高压和低压系统的继电保护以及各种继电保护装置的試驗。

本书针对矿山电气设备继电保护最薄弱的环节，如对过电流继电保护，过电流方向保护，变压器继电保护，低电压线路短路电流的計算方法，可熔保险絲的选择和继电器的試驗等做了比較詳細的闡明。它的特点是着重继电保护装置的鉴定和試驗，而不着重研究各元件的构造和原理。

本书可供煤矿机电技术人员和电工閱讀。

矿山电气设备的继电保护

馮 良 編

(根据煤炭工业出版社編印)

*

煤炭工业部书刊編輯室編輯 (北京東長安街煤炭工业部大樓)

中国工业出版社出版 (北京佟麟閣路丙30号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $4^{1/2}$ · 字数 87,000

1958年9月北京第一版

1963年5月北京新一版·1964年11月北京第二次印刷

印数1,101—3,170·定价(科六) 0.58元

*

統一书号: 15165·2470 (煤炭-120)

目 录

第一章 高压系统的繼电保护	3
第一节 地面变电所高压繼电保护	3
一、自一端供电线路的过电流繼电保护装置	3
二、线路的自动重合闸	27
三、电网的过电流方向保护	38
四、变压器的繼电保护	44
第二节 井下变电所高压繼电保护	65
一、井下YPB-6, YPB-6/3型高压配电箱的繼电保护	65
二、普通配电箱中的繼电器整定及試驗方法	68
第二章 井下低压系统的繼电保护	71
第一节 低压线路短路电流的计算	71
一、低压线路短路电流的分析计算法	71
二、低压线路短路电流的图表计算法	79
第二节 低压保护装置整定电流的选择	85
一、低压自动开关整定电流的选择	85
二、保险絲的选择	91
第三章 繼电保护装置的試驗	111
第一节 試驗前的工作	111
一、試驗用仪表	111
二、試驗前一般检查及注意事項	112
第二节 各种繼电器的試驗	115
一、过电流繼电器的試驗	115
二、过电流保护装置的整組試驗	122

三、电压繼电器試驗.....	125
四、电压繼电保护装置的整組試驗.....	130
五、時間繼电器的試驗.....	131
六、輔助繼电器的試驗.....	133
七、差动繼电器試驗.....	135
八、电流互感器特性試驗.....	137

第一章 高压系統的繼电保护

第一节 地面变电所高压繼电保护

一、自一端供电綫路的过电流繼电保护装置

(一) 定时限的过电流保护

自中央变电所（或开关站）到井口变电所（或开关站）一般常用的电压为35、10、6、6、3.3千伏，由中央变电所向井口变电所供电的綫路或由井下中央变电所供电的高压綫路都是較长的，电力設備也很复杂，因此对綫路的保护就有其重要的意义。

1. 时间的定置。在电力網的各段串联的綫路上安装时限不等的保护装置，这些时限是逐段上升的，即距电源愈近的保护装置时限愈大，也就是說逐段間的动作時間必須相差一个 Δt 秒（約为0.5—0.7秒）。在苏联繼电保护装置書中称 Δt 为时限阶段，約为0.5秒，以图1为例說明。

从图1可看出在1,3,5三处有繼电保护的选择性，必須在断路器1,3,5处装設繼电保护装置，如果在1处发生故障，靠近1的保护装置應該立即动作（因它是直接保护电动机的），因此它的时限 $t=0$ ；在3处的保护装置的时限應該大一級， $t=0.5$ 秒；在5处的保护装置时限比3处又大一級， $t=1.0$ 秒。

2. 保护装置的動作电流的选择

整定动作电流是非常重要的—项技术，现简要地加以说明(图2)。

线路1上发生的故障为A点。在消除事故后，线路2及3上的负荷电流小些，因发生故障那段负荷已被切断。但当短路被切断的当时，因为有电动机自己起动（因线路上电压由近于零而上升到额定），所以线路2及3上电流可能大一些，在整定动作电流及时限时必须估计这些因素，现举例说明。

假定线路2的正常电流为170安，变电所B所需的负荷电流为100安，线路1的保护装置的时限为0.5秒，而线路2的保护装置时限为1.0到2.0秒；事故发生的瞬时，线路电流上升，经过0.5秒以后，线路1保护装置应当动作（实际上可能在0.8秒后，才切断线路，因开关本身动作时和继电器误差之和有0.3秒）。短路刚切断后，线路2上的电流并非马上就是100安而是电动机的起动电流（假设为250安），0.6秒以后，即电动机起动完后才是100安，因为电动机的起动电流为正常负荷电流的2.5倍，线路正常电流的1.5倍。为了在发生短路时不使线路的保护装置无选择地动作，返回电流应当不仅根据正常电流来选择，还应当考虑电动机自己自动起动时的起动电流。如果F点发生故障，在短路一段被切断后，线路2供电的用户可能不变，这时自动起动的电动机就增多了，其严重性也比上述情况大得多了。

现在以曲线表示(图3)，当线路1上发生短路及用户的电动机继之自动起动时线路2上的电流变化。

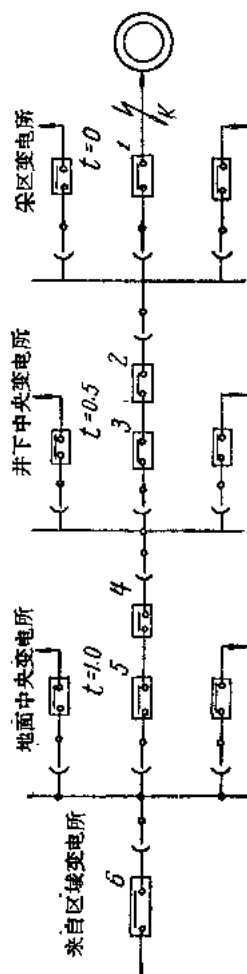


图 1 矿山供电线路示意图

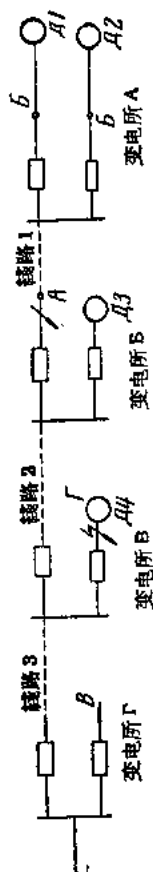


图 2 辐射式线路系统示意图

圖 1 之 圖 例

符 号	名 称	用 途 及 簡 单 动 作 原 理
	变电所母綫	作供配电汇流之用，亦称汇流母綫
	隔离开关（亦称刀閘）	作隔离电源之用，但不能带負荷断开
	油断路器	作切断負荷之用，有自动的和手动的， 在本書內均是指自动跳閘的
	綫路供电方向	輸送电能
	电 动 机	驅动生产机械
	短路地点之符号	

从曲綫看出了时限阶段为0.5秒，与前述是符合的。

繼电器的一次动作电流与正常負荷电流有关，对綫路來說正常电流就是最高負荷电流，过电流保护装置的动作电流按苏联的規定：动作电流（一次側）= 正常电流 × 常备系数 / 返回系数。

即

$$I_{s.c} = K_s \frac{I_n}{K_{\phi}} \quad (1-1)$$

$I_{s.c}$ ——保护装置的一次側动作电流；

I_n ——被保护綫路的額定电流；

K_{ϕ} ——繼电器的返回系数（約为0.7—0.92）；

K_n ——常备系数（即安全系数）约为1.2，

将系数值代入公式得出 $\frac{I_{x.c}}{I_n} = 120-170\%$ 。发电机油开关

用的继电器之起动电流以额定电流之120—200%为范围，变压器按短路标准在25倍电流时，应可承受2秒钟，14倍电流时应可承受5秒钟，因此在选择继电器起动电流时，应选其额定电流的140—200%。

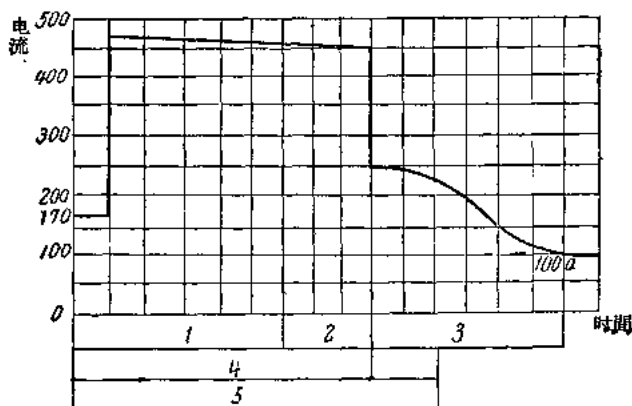


图3 当线路1上发生短路及用户的电动机继电器自己起动时，线路2上的电流变化图

1—线路1保护装置的时限0.5秒； 2—开关本身动作时间与继电器误差之和（共为0.5秒）； 3—用户电动机自己起动时的持续时间0.6秒； 4—短路持续时间0.8秒； 5—线路2的保护装置设定时限1.0秒。

现以实例计算一下：设某线路变压器容量为1000千伏安，线电压为3.3千伏，如图4所示3号保护装置上的，变流比为100倍，则变流器二次侧额定电流 = $1000/\sqrt{3} \times$

$3.3 \times 100 = 1.75$ 安(一次侧为 175 安), 繼电器的动作电流肯定比 1.75 安大。繼电器插上(以 HT-80 系列繼电器为例)有 2—5 安的及 4—10 安对应的插头位置, 現我們取 3 安, 为 1.75 安的 171%, 这样只有选择 HT-81/2 或 HT-80 型的繼电器其动作电流选择范围为 2—5 安或 2—10 安, 10 倍动作电流时最大时间为 4 秒, 适合于我們的需要。此时, 其起动容量(指一次侧) $= 3 \times 100 \times 3.3 \times \sqrt{3} = 990 \times 1.73 = 1710$ 千伏安。

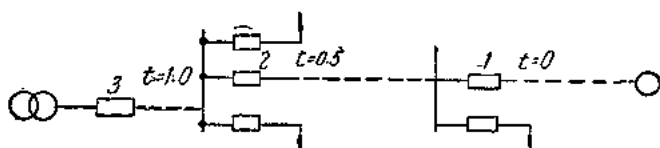


图 4 辐射式供电线路图

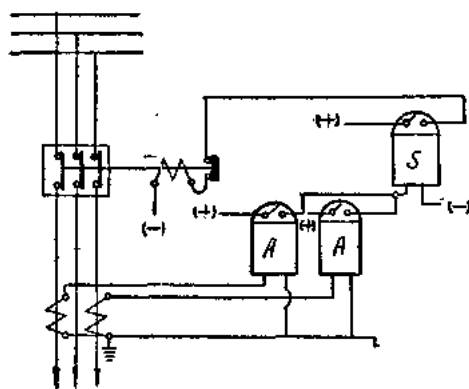


图 5 定时限过电流保护装置于两相保护方式下的接线原则图

此时应注意的是当线路内有感应电动机在别的线路发生短路时并当它不断开，考虑自动启动时 K_n 约为3—4。

3. 接线方法:

图5中之过电流继电器宜于采用瞬时的过电流继电器（可采DT型520系列的）。时间继电器一般采用DB-180, 200型。其产品规格请参考变压器保护一节。

(二)有限的反时限过电流保护

1. 动作电流及继电器的选择

反时限保护装置或有限反时限保护装置与定时限保护装置比较起来，有时可以保证比较迅速地将电源附近的短路切断。

因短路电流值与电源至短路点之间的线路的阻抗值有关。所以短路点愈靠近电源则其短路电流愈大；如果保护装置的时限决定于电流时，则当短路电流愈大时，保护装置的動作也应愈快。

图6表示正常工作方式下的负荷电流数值，和事故状态下的短路电流数值，这些短路电流数值不相等的原因是因为短路发生的地点不同所致。

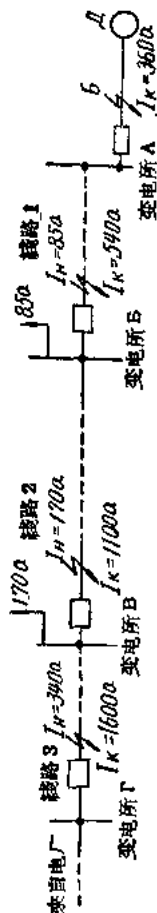


图 6 为供电线路保护装置计算所需的正常负荷电流及短路电流

运行中的负荷电流距电源愈远，其数值也愈小，这是因为每一变电所均需把一些电力送往由该变电所供电的一些用户方面去。

同样的短路电流于发生地点距电源愈远时，其数值愈小，这是因为短路地点距电源愈远时，短路回路的阻抗愈大所致。

为了避免因用户的电动机于自己自动起动时产生大电流而影响到保护装置的动作失去选择性，规定保护装置的返回电流较正常负荷电流大20%，因此，如IT-80型继电器的返回系数为0.85，则可求得保护装置的一次侧动作电流如下：

$$\text{在綫路 1 上, } I_{s.e.} = \frac{85}{0.85} \times 1.2 = 120 \text{ 安培。}$$

$$\text{在綫路 2 上, } I_{s.e.} = \frac{170}{0.85} \times 1.2 = 240 \text{ 安培。}$$

$$\text{在綫路 3 上, } I_{s.e.} = \frac{340}{0.85} \times 1.2 = 480 \text{ 安培。}$$

电压在35仟伏以下，断路器具有手动操作装置的电气装置，通常采用由交流操作回路供电的有限反时限的继电器，较广泛的采用IT式的感应继电器。下面把IT式继电器的技术数据列出。

IT-80型系列

动作电流 2—10安，动作时间延时及瞬时，返回系数 0.85以上，接触点有常开及常闭。

HT-80型系列的繼电器数据

表 1

型 号	額定电流	动作电流选定范围	10倍动作电流最大時間
	安	安	秒
HT-81/1	10	4—10	4
HT-81/2	5	2—5	4
HT-82/1	10	4—10	16
HT-82/2	5	2—5	16

各单位可根据实际的最大負荷电流及原有的变流器的变流比来选择使用。

2. 时限特性的选择

从距电源最远的一点开始，即从綫路 1（如图 6）开始。当变电所 A 处的某一用戶側发生短路时，綫路 1 的保护装置时限应較用戶的保护装置时限大一阶段。茲假定时限阶差为 0.5 秒，且用戶的保护装置为瞬时动作的保护装置，因此当短路发生在 B 点时，綫路 1 的保护装置动作时限应为 0.5 秒。这样的—个时限，适合于与用戶側所发生的短路电流相等的电流，也就是当短路电流为 360 安时，在綫路 1 的保护装置时限定为 0.5 秒后，我們才可能保証这一保护装置动作的选择性，因为較小的时限只能当短路电流大于 360 安培时才能发生，而大于 360 安培的短路电流的产生，仅当綫路 1 的本身发生短路时（靠近电源）才有可能。为了求得 HT-81 型繼电器时限杠杆所必須的位置，需求出短路电流与动作电流比較的倍数：

$$\frac{360}{120} = 3.$$

如今只需要根据适合于时限为 0.5 秒及电流为繼电器动作电流三倍的条件来选择时限杠杆的位置。

根据上述情况对綫路 1 的保护装置所选出的时限特性曲綫示于图 7。

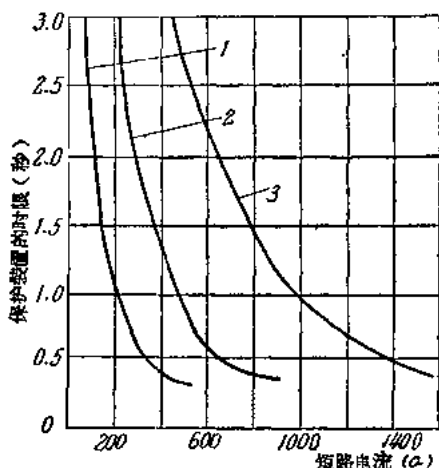


图 7 用 T-81 型繼电器保护綫路 1, 2, 3, 但不使其担任高速度断流装置作用时的时限特性曲綫

曲綫 1 的終端为 540 安, 因为比此較大的电流仅可能发生在綫路 1 以前, 例如在綫路 2 上 (靠近电源側), 但綫路 2 上所产生的短路在綫路 1 上已不需要考虑。

为了保証綫路 2 保护装置的動作选择性, 必須使保护装置的时限較变电所 B 側保护装置的最大时限大一时限阶段, 即大 0.5 秒。在所举例中, 变电所 B 側共有两个用戶, 保护装置时限最大的用戶是綫路 1。綫路 2 的保护装置时限应較綫路 1 上产生最大短路电流时的时限大一时限阶

段。綫路 1 的最大短路电流为 540 安时其保护装置时限为 0.35 秒（图 7）。所以綫路 2 的保护装置时限应为

$$0.35 + 0.5 = 0.85 \text{ 秒。}$$

为了求得时限杠杆所必須的位置，需求知 540 安的电流与綫路 2 的保护装置动作电流相比較的倍数。

$$\frac{540}{240} = 2.25.$$

現在需要用实验方法来选择适合于时限为 0.85 秒及电流为动作电流的 2.25 倍的时限杠杆位置。合于这种条件的保护装置时限特性，对于綫路 2 講来是图 7 当中所示的曲线 2。这一曲线的终端电流为 1100 安培，因为更大的电流只能当短路发生在綫路 2 以前（靠近电源侧）才有可能，当然那种电流是不经过綫路 2 的。

同样可以对于綫路 3 选出其保护装置的时限性，这一特性为图 7 中的曲线 3。

研究了图 7 中所选定的保护装置特性曲线以后，我們就可以看到不論在任何一点发生短路时，均能保证保护装置的选择性，因为串联的各段綫路的保护装置时限之間有一个时限阶段存在，这时限阶段在算例中为 0.5 秒。当任何一点发生短路时，該綫路的保护装置的时限不超过 0.85 秒，而如果短路发生在任何綫路首端附近时，則該綫路保护装置的时限約为 0.35 秒。如对綫路 3 來說其此时的时限要比用定时限的保护装置的时限至少要减少到四分之一。

有限反时限保护装置的时限及选择性条件与短路电流

大小有很大关系，这一点也就是这种保护装置的缺点。

例如，当短路电流计算值大于实际的数值则保护装置可能在很大的时限下动作。如线路3上发生短路时，由于电弧的影响，短路电流可能不是1100—1600安培而仅是700安培，则从曲线3上得知其时限此时为1.8秒，也就是说，较定时限保护装置动作慢（按定时限线路3的保护装置时限约为1.5秒）。

如果实际短路电流较计算的数值大时，则可能造成保护装置动作无选择性。例如线路1上发生短路，其实际短路电流较计算值大30%时，也就是说不是540安培而是700安培，则线路1及2间的保护装置时限阶段将降低0.18秒（参考曲线）。这样的时限阶段就可能不足以达到保护装置的动作选择性。

由于LT型继电器具有有限反时限的特性，即当实际短路电流与计算规定短路电流相差不太大时，它的动作与这差别有关，其时限跟随电流的增长而减少，如果相差很大，超过一定的界限时，它的动作就是瞬时性的了。因此目前仍广泛采用。

（三）高速度断流装置

1. 高速度断流装置的作用范围

高速度断流装置继电器是高速度瞬间过电流保护装置，其选择性借选择适当的动作电流来得到保证。

前已指出，短路电流的大小与故障地点有关。故障点距电源愈远时，其短路电流愈小。例如图6中当短路发生在变电所B母线的附近时，通过的短路电流为1100安培。