

高压异步电动机保护方式的改进

天津市化工设计院 聂光启

在发电厂厂用系统及工矿企业中，广泛采用大、中型高压异步电动机拖着重要的机械负荷，这种电动机都采用直接启动方式，长期以来，这种电动机的继电保护在供电系统中是一个薄弱环节，很有加以改进的必要。

(一)

高压异步电动机除了特大型的（ 2000^{kW} — 300^{kW} 以上）采用差动保护和少数采用负序电流保护外，绝大多数采用GL型过流继电器构成速断及反时限过流均投跳闸的保护方式或采用DL型电流继电器构成速断及定时限过电流二段保护方式，其接线原理图如图1示。

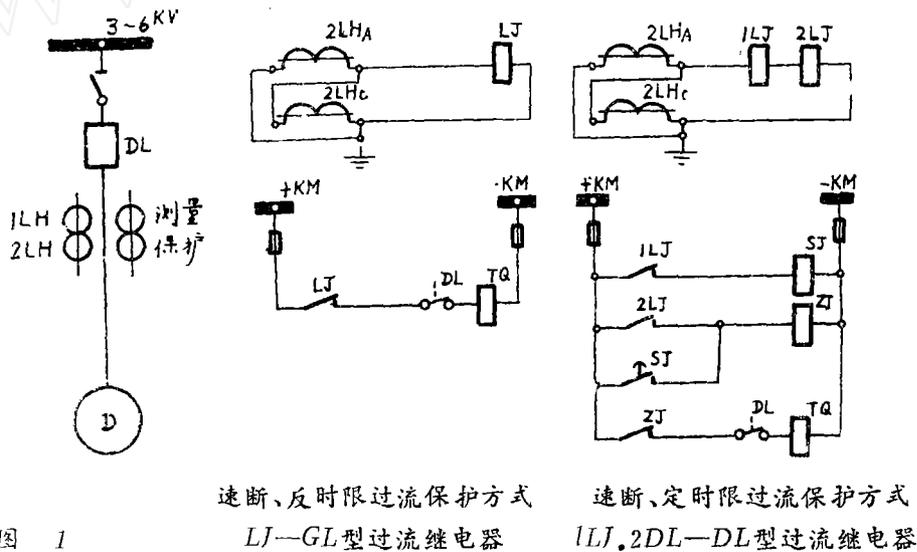
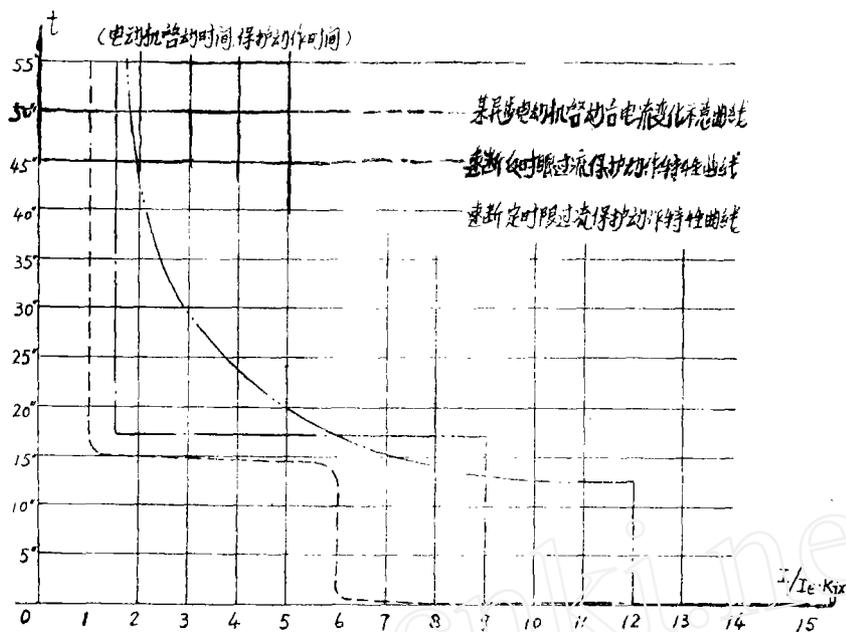


图 1

直接启动异步电机，启动电流的交流值可达额定电流的4~8倍，持续时间为几秒、十几秒以至更长，在整定上述保护定值时必须考虑躲过启动电流以保证电动机启动成功，图2表示了某电动机保护定值整定状况及保护动作特性曲线（该电动机启动电流倍数为6，最大启动时间为15"，GL型继电器可靠系数取2.0，DL型继电器可靠系数取1.5）。



2 图

电动机在运行中出现故障的形式是多样的，其中多数故障是在长期连续运行中由于绝缘老化后被击穿而造成本相匝间短路或相间短路而相间短路又可能出现在绕组接线的不同部位。

由于故障形式不同故障电流大小也不相同，计算及事实表明，初始的匝间短路及相当一部分相间短路所出现的故障电流达不到速断保护的整定值，此时反时限或定时限过流可以起动，但图 2 动作特性曲线所表明需要十几秒以至数十秒后方能作用于跳闸，在这段时间里由于电源未切除故障必然扩大、蔓延或者扩大到故障电流达到速断定值，或者持续到过流保护的動作时间保护才能作用于跳闸切除故障，总之故障未能及时排除。

目前，通常采用的电动机保护其速断保护虽动作很快但灵敏度很差，存在着很大的“保护死区”，过流保护虽能灵敏起动但动作时间太长缺乏快速性，这就是目前普遍采用高压异步电动机继电保护方式的缺陷。

由于继电保护上的弱点，电动机出现故障不能及时切除，加重了故障的后果，电动机烧损程度增加，修复工作量加大，工期拖长甚至造成电动机报废，故障切除时间增长也影响对附近负荷的正常供电，因此对高压异步电机继电保护方式加以改进是生产中提出的一个课题。

(二)

这里提出的保护改进方案的着眼点在于，区分电动机处在启动过程之中还是处于正常运行状态中，并且根据不同状态表现出不同的速断保护定值，这样既能保证电动机启动成功，又能使电动机在正常运行时有定值低起动灵敏，动作快速的保护。

电动机新的继电保护方式如图3，方框示意图所表示

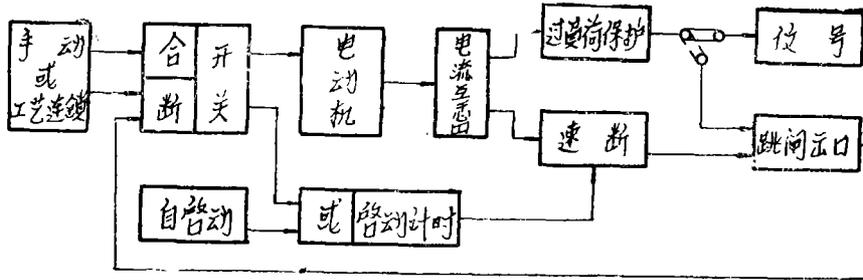


图 3

在电动机开关合闸电动机启动时保护方式与原保护相同，只是合闸时利用开关辅助结点启动一计时回路计时其时间略大于电动机最大的启动时间，在电动机启动过程完成以后由启动计时回路向速断保护发出指令改变速断保护定值（由第一段高定值改变为第二段低定值）为了适应某些电动机自启动方式的需要在电动机机端电压消失或降低后速断保护定值重新恢复一段高定值保证自启动成功，自启动时计时回路重新工作启动完成后再次将定值改变为第二段低定值，第二段定值可大大低于启动电流只须高于正常过负荷电流即可并且与第一段一样可以以接近瞬时动作的速度作用于跳闸，这样，第一，大大地提高了电动机在长期运行中继电保护的性能既具有快速性又具备很好的灵敏性可以最大限度地缩小“保护死区”。第二，如果电动机或所拖动的机械负荷异常，启动时间超过正常最大启动时间导致第二段起作用于跳闸使运行人员得以对设备进行检查也起到保护电动机的作用。

对于这种新的保护方式现拟出三种原理接线图，图4所示方案一和方案二由电磁元件构成，方案一适合于启动时间小于20"，方案二适合于启动时间大于20"的电动机，图5所示方案三由晶体管线路配合出口继电器构成。

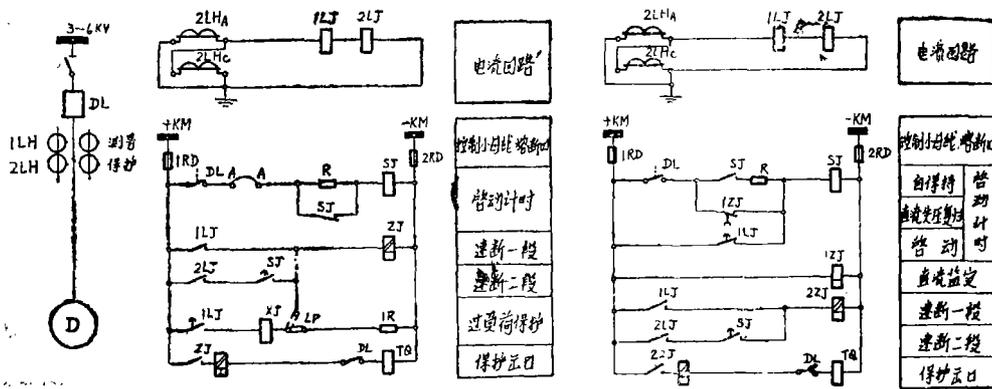


图 4

方案一

方案二

1 L J—GL—14 过流继电器；
2 L J—DL—11 电流继电器；
S J—DS—24 A 时间继电器；
Z J—DZS—136 中间继电器；

1 L J—GL—14 过流继电器；
2 L J—DL—11 电流继电器；
S J—DS—24 时间继电器；
1 Z J、2 Z J—DZS—36 中间继电器。

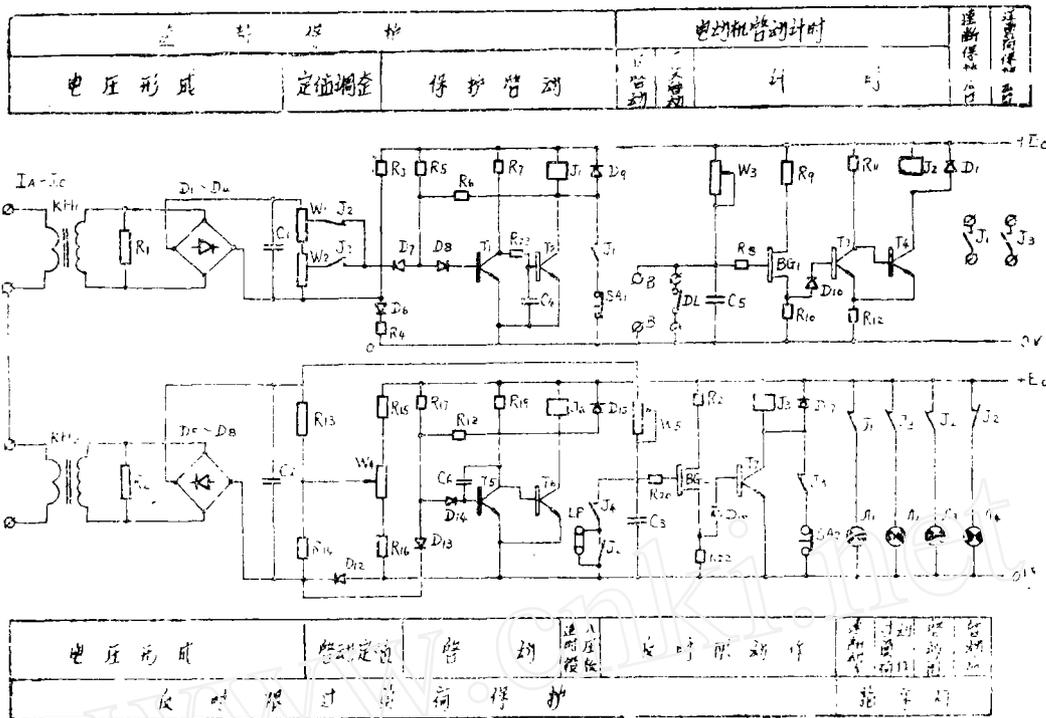


图 5

在方案一中，电动机启动， DL 闭合使 SJ 励磁， SJ 最大延时为 $20''$ ，在启动后的延时接通时间内 $2LJ$ （速断二段）被 SJ 延时接点闭锁仅 $1LJ$ 的瞬动接点（速断一段）跳闸回路畅通，保护表现第一段高定值， SJ 延时接点闭合后（即电动机启动过程已完成） $2LJ$ 接点闭锁解除保护表现为低定值，开关断开电动机停运后 DL 打开 SJ 复归准备再次启动，若该电动机参加自启动则 $A-A$ 短接线打开接至自启动小母线或自启动继电器结点，（自启动说明见三）， $1LJ$ 反时限结点构成过负荷保护可由 LP 切换至跳闸或发信号。

由于直流时间继电器最大动作时间为 $20''$ ，因此启动时间超过 $20''$ 的电动机保护需采用方案（二）。 SJ 由 $1LJ$ 反时限结点启动然后自保持，在整定 $1LJ$ 反时限动作特性时，应使电动机最小启动时间大于启动时 $1LJ$ 反时限结点接通时间，最大启动时间小于反时限结点接通时间与 SJ 延时（如 $20''$ ）之和，方案二增加一直流监察回路，在短时失去直流电源后（如直流回路区故障）恢复直流电源时利用 $1ZJ$ 的延时动开结点使 SJ 励磁以维持二段定值，这种重载长时间启动电机一般不考虑参加自启动。

方案三的基本接线与原反时限过流继电器相似，仅增加了电动机启动或自启动计时回路，计时出口继电器 J_2 的动开、动合结点控制了速断保护的定值并可以使反时限保护启动后延时投入以使反时限动作曲线整定更符合对电动机过负荷保护的要求而不必考虑启动电流的影响。

在新的电动机保护方式中需要整定四个数值，即：（1）速断保护一段电流数值，

$I dz_1$ 。(2)速断保护二段电流数值, $I dz_1$ 。(3)启动计时时限 T_D 。(4)过负荷保护反时限特性。

其中:(1) $I dz_1$: 整定原则和电动机原保护方案相同

$$I dz_1 = K_k \cdot K_{jx} \cdot I / K_i$$

$I dz_1$: 电动机启动电流交流值, K_i : 电流互感器变比。

K_k 可靠系数方案一、二取1.8~2.0, 方案三, 取1.4~1.5或更小一些。

K_{jx} : 接线系数, 由于保护灵敏度增只考虑单继电器接线取1.73。

(2) $I dz_1$: 应躲过运行中可能出现的最大过负荷电流, 并且应避免由于外部网络发生短路的初瞬间由电动机反馈的冲击电流而动作, 其中后者数值较大但衰减很快, 因此在方案一、二中出口继电器采用 $DZS \sim 136$ 型延时动作(延时0.06"以上)方案三中采用延时动作单稳触发器延时0.06"~0.10", 可以躲过此冲击电流, 在整定 $I dz_1$ 时只考虑躲过前者。

$$I dz_1 = K_k K_{jx} \cdot I_{Hmax} / K_i$$

I_{Hmax} : 最大过负荷电流, K_k : 可靠系数1.2~1.5

K_i : 电流互感器变比, K_{jx} : 接线系数1.73。

(3) T_D , 对于方案一、三应稍长于电动机最大启动时间。

$$T_D = t_{Dmax} + \Delta t$$

t_{Dmax} : 电动机最大启动时间, Δt , 2"~4"

对于方案二如上文所述 $t_{Dmin} > T_{LJ}$ $t_{Dmax} < (T_{LJ} + T_S)$

t_{Dmin} : 电动机最小启动时间, T_{LJ} : 启动时反时限结点闭合时间。

t_{Dmax} : 电动机最大启动时间, T_S : 时间继电器延时时限。

(4) 过负荷保护反时限特性: 在方案一中一般可投入信号, 方案三中, 过负荷保护可以延时投入, 反时限特性曲线可以尽量靠近电动机允许过负荷特性曲线。

(三)

在新的保护方式中必须区分电动机是处于启动状态还是处于正常运行状态之中, 某些电动机由于参加自启动因此在方案一的 AA 处及方案三的 BB 处需接入自启动信号。

自启动信号可以取自通常采用的低电压保护回路, 此回路如图5示。

自启动信号可以借用0.5"跳闸出口继电器 $1ZJ$ 的动作情况得到, 母线电压消失或降低0.5"后认为有自启动可能, 靠 $1ZJ$ 的结点发出信号若参加自启动电机较多可设置自启动辅助小母线, $1ZJ$ 动开结点所接小母线正常运行时接通失压后0.5"断开适合于方案一接至 AA $1ZJ$ 动合结点所接小母线为正常运行时断开失压0.5"后接通适合于方案三接至 BB 。

母线电压消失或降低0.5"后, 认为有可能出现自启动, 这个时间间隔是允许的, 而且对于电动机故障后在定值没有重新提高以前跳闸完毕也是完全必要的。

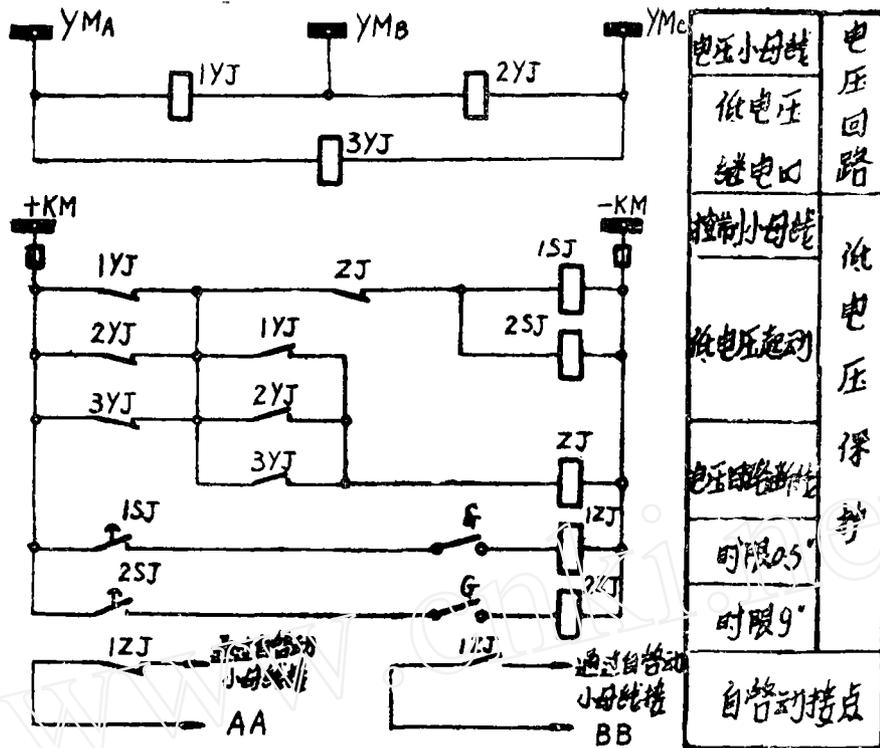


图 6

(四)

新的保护方式接线图列出三种，它们的共同特点是都具有随启动过程自动切换保护定值的性能，在正常运行中速断保护定值一般只相当额定电流 2 倍左右较改进前的速断定值（10 倍左右额定电流）大大降低因而保护范围大，灵敏度高，保护性能可以和差动保护，负序电流保护相比较，而所需设备和接线则比其两者简单得多，所以这种保护方式容易实现和价格低廉，为了适应自启动的需要也只需对通用的低电压保护做不大的更动和补充，这样保护装置可以作到简单、可靠、性能优良。

方案（一）、（二）和方案（三）为两种采用不同元件的保护接线，方案（一）、（二）采用成熟可靠的电磁继电器使保护装置性能稳定、价格低廉也宜于现场人员掌握，若继电器生产单位制成组合型保护装置，则对于设计人员选用，施工人员按装调试等带来很大便利，如果对原有电动机保护按新方式加以改造则采用方案（一）或（二）也很方便。

方案（三）主要采用晶体管元件，如果元件参数选用适当，定值调正范围可以较大，并有体积小等晶体管保护装置的优点。