光纤纵联保护装置在企业配网线路的应用分析[*1]

刘艳芬

(内蒙古包钢钢联股份有限公司动供总厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了三种近年来在企业中压配电系统中应用的微机型线路光纤纵联保护装置,针对企业中压配电系统的特点,分别阐述了电流互感器饱和对保护装置启动值的影响以及保护对通讯的要求,最后对企业中压配电系统设备选择以及光纤纵联保护装置的通道维护给出了建议,对实际工作具有一定的指导意义。

关键词: 光纤纵联保护; 启动值; 电流互感器; 饱和; 通讯

中图分类号: TM773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2019)01 - 0087 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.01.022

Application Analysis of Optical Link Pilot Protection Device in Distribution Network Lines of Enterprises

Liu Yan - fen

(*Power Supply General Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, three types of optical link pilot protection device applied in the microcomputer - based line of mid - voltage power system in enterprises in recent years are introduced as well as the effects of saturation of current transformer on the starting value of protection device and the requirements of communication for protection are expounded respectively according to the characteristics of mid - voltage power system in enterprises. Finally, some suggestions on the equipment selection for mid - voltage power system in enterprises and channel maintenance for optical link pilot protection device are given, which are with certain guiding significance for the actual work.

Key words: optical link pilot protection; starting value; current transformer; saturation; communication

近几年随着包钢生产规模的扩大,包钢供电系统得到了空前的发展,同时继电保护配置也得到了极大提升。在 220 kV 及 110 kV 电压等级的母线及线路、变压器上均配置了能够快速动作的微机型母线差动保护及线路、变压器的纵差保护,而在 35 kV 及以下电压等级的中压配电系统,由于馈出线路短且同一电压等级多级串联供电的特点,传统的三段式电流保护很难整定,且时限配合困难,因此在 35 kV和 10 kV 馈出线路上也先后应用了 3 种微机型的线路光纤纵联保护装置,以提高线路保护的选择性、快速性、灵敏性和可靠性[1],但由于各自实现原理不同以及中压系统本身存在的一些问题,在实际应用中,还有必要认真分析,区别对待。

1 包钢中压配电系统的特点

(1) 中压系统一般为单母分段接线形式。

* 收稿日期: 2018 - 11 - 08

作者简介: 刘艳芬(1968 -),女,内蒙古包头市人,硕士,高级工程师,现从事企业供电系统技术工作。

(2) 包钢电网中压母线进出线回路数都很多，进线除了正式电源还有小电源联络线和事故联络线。

(3) 同一电压等级存在多级串联供电结构。

(4) 馈出线路都很短，一般都在1 km左右。

(5) 进出线电流互感器变比差异很大，一般在10倍以上，有的甚至达到20倍。

(6) 馈出线电流互感器特性较差，准确级一般为10P10。

(7) 企业中压母线一般处于电网末端，但负荷较重且多为大型启动设备。

(8) 馈出线保护装置通常在高压柜就地安装。

(9) 包钢配网目前已基本实现综合自动化。

2 微机线路纵联保护装置的实现原理

2.1 DEP－575N型方向纵联保护

DEP－575N型方向纵联保护是闭锁式方向保护，在被保护线路两端各安装一台保护装置，通过光纤进行通讯。系统正常运行时，通道无闭锁信号；而在外部故障时，由检测到短路功率方向为负的一侧装置持续发出闭锁信号，闭锁两侧保护装置，达到区外故障不动作的目的。

方向纵联保护需要复合电压启动元件和电流突变量启动元件共同作用才开放保护，并且满足正方向判据和电流启动门槛，且装置在规定的时间内没有收到对侧发来的闭锁信号，保护装置才动作出口，跳开本侧断路器。

2.2 DEP－576N型光纤纵差保护

DEP－576N是典型的比较线路两侧电流幅值和相位，来判断是保护区内还是区外故障，在保护区内故障时动作跳闸的光纤纵差保护装置，由分相电流差动保护和零序电流差动保护两部分组成。

(1) 分相电流差动保护动作方程如下：

$$\begin{cases} I_{D\Phi} > 0.75 \times I_{R\Phi} \\ I_{D\Phi} > I_L \end{cases}$$

$$\Phi = A,B,C$$

其中：$I_{D\Phi}$为差动电流，$I_{D\Phi} = |I_{M\Phi} + I_{N\Phi}|$即为两侧电流矢量和的幅值；$I_{R\Phi}$为制动电流；$I_{R\Phi} = |I_{M\Phi} - I_{N\Phi}|$即为两侧电流矢量差的幅值；$I_L$为分相差动保护“启动电流定值”和1.5倍$I_{BPH}$的大值；$I_{BPH}$为正常运行时差流的平均值。

(2) 零序差动保护动作方程如下：

$$\begin{cases} I_{D0} > 0.75 \times I_{R0} \\ I_{DP} > I_{L0} \\ I_{MSUM} > 0.75 \times I_{M0} \\ I_{MSUM} > I_{N0} \end{cases}$$

其中：I_{D0}为零序差动电流，$I_{D0} = |I_{M0} + I_{N0}|$即为两侧零序电流矢量和的幅值；$I_{R0}$为零序制动电流；$I_{R0} = |I_{M0} - I_{N0}|$即为两侧零序电流矢量差的幅值；$I_{M0}$，$I_{N0}$必须为两侧装置第4路交流通道引入的外部零序电流，该电流可以是中性线零序电流或套管零序电流，但必须保持两侧装置的选择一致。如果任意一侧装置不存在外接零序电流，装置将自动退出零序差动保护。I_{MSUM}、I_{MSUN}分别为两侧三相电流的矢量和。I_{L0}为零序差动保护“启动电流定值”和1.5倍I_{BPH0}的大值；I_{BPH0}为正常运行时差流的平均值。

2.3 RCS－9613C线路光纤纵差保护装置

差动继电器实现时取两侧电流综合量而未采用分相电流差动。差动方程如下：

$$DI_{\sum} = |I_{\sum L} + I_{\sum R}| - 0.7(|I_{\sum L}| + |I_{\sum R}|) \geqslant 0.3I_{\sum N}$$

其中：$I_{\sum L}$为本侧电流综合量，$I_{\sum R}$为对侧电流综合量，为额定工况下的电流综合量(5A或1A)。

电流综合量$I_{\sum} = I_1 + 4I_2$

其中：I_1为正序电流分量，I_2为负序电流分量。

差动保护由差动启动电流定值启动开放或者由对侧通过光纤通道远传过来的差动保护跳闸信号开放，从而实现全线路的快速故障切除。由于差动保护受稳态过量保护判据闭锁，增加了差动继电器本身的安全性。

3 对保护装置启动值的影响

3.1 对DEP－575N型方向纵联保护装置的影响

3.1.1 DEP－575N的整定原则

基于方向纵联保护的工作原理，低灵敏电流I_{CLZD}不宜整定得太低，可以最小运行方式下线路末端两相短路时具有足够灵敏度来整定，也可以大于最大负荷电流并具备一定可靠系数来整定。由于高灵敏电流起动定值I_{QF}固定为0.8倍的低灵敏电流I_{CLZD}，且负责启动发信，因而以最大负荷电流为依据的整定值必须保证高灵敏电流起动元件正常运行时不会时常处于动作状态下。

3.1.2 电流互感器饱和对DEP－575N的影响

方向纵联保护不同于常规电流差动保护，它对线路两侧 CT 特性要求不高，当两侧 CT 变比一致时，两侧的低灵敏电流定值 I_{CLZD} 应整定相同，当两侧 CT 变比不一致时，两侧的低灵敏电流定值 I_{CLZD} 整定时应保证保护定值折算到 CT 原边侧时电流是相同的。即要求两侧一次电流的整定值必须保证相同。当电网发生故障且 CT 出现暂态饱和时，只要电流方向不发生误判，方向纵联保护的区内外特性仍然很明确，保护一般不会出现拒动或误动。除了出现一种极端情况，即区外故障，且两侧 CT 出现非常大的暂态不一致现象，而暂态特性好的 CT 又恰巧装设在电源侧，此时该侧保护检测到故障电流超过了方向纵联保护启动电流并判为正方向，而安装在线路负荷端的保护却因 CT 出现严重的暂态饱和，检测到的故障电流小于 0.8 倍的方向纵联保护启动电流，因而未持续发区外故障闭锁信号，此时保护装置将误判为单侧电源区内故障，这时方向纵联保护才有可能误动。

由于 CT 暂态饱和持续时间一般不超过 0.1 s，而在单侧电源辐射型网络中出现上述极端情况时，纵联保护的动作时间恰好略大于 0.1 s，因此即使线路两端的 CT 以及保护装置内的小 CT 暂态特性差异较大，一般也不会因 CT 饱和而引发保护装置误动作。

与电流速断保护类似，当发生区内两相故障时，保护装置动作可能略有延时，而保护区内三相短路则一般不会发生延迟动作。保护区外故障时，由于方向纵联差动保护启动值一般比实际故障电流小得多，因此即使 CT 发生暂态饱和，两侧故障电流仍然均大于启动值，方向纵联保护仍能保证可靠不动，所以实际上 CT 暂态饱和对方向纵联保护的影响很小[2]。

3.2　对 DEP－576N 型光纤纵差保护装置的影响

3.2.1　DEP－576N 的整定原则

通过直接比较被保护设备两端电流的幅值和相位实现的差动保护不需要与上下级保护相配合，可以实现快速动作，保护整定只需要躲过区外故障时流入保护装置的最大不平衡电流即可。若两侧 CT 变比相同，准确度等级相同，且相对于短路电流而言，CT 不饱和，则定值可以小一些。但由于中性点不接地或经消弧线圈接地的小电流接地方式运行的中压电网中发生单相接地故障时，接地电流很小，系统一般允许继续运行 2 h，而发生两相或三相短路故障时，即便是最小运行方式下，其故障电流也往往远大于线路额定电流。因此差动保护的启动定值，一般可取 1.2～1.8 倍的线路额定负载电流。一方面可以保证线路发生相间短路时仍然有足够的灵敏度，另一方面也可以保证在线路正常运行时，如果线路一侧发生 CT 断线，即便 CT 断线不闭锁差动保护，也不会导致差动保护误动作。这样可以大大提高线路差动保护动作可靠性。

中性点经小电阻或中电阻接地的中压系统，要求在发生金属性接地故障时，零序差动保护具有 2～5倍的灵敏度整定，例如 300 A 接地电流的小电阻接地系统，零序差动保护启动值可以整定为 60～150 A之间，这样对于经高过渡电阻接地的故障，零序差动保护仍具有较高的灵敏度。而中性点不接地或经消弧线圈接地的中压系统，零序电流为比较小的电容电流，一般不投零序差动保护。

3.2.2　电流互感器饱和对 DEP－576N 的影响

由于零序电阻较大，不容易出现零序 CT 非周期分量饱和现象，因此零序差动保护不会误动。

分相电流差动保护则对线路两侧 CT 变比、准确度等级以及系统短路电流都有一定的要求。两侧 CT 变比差异较大，例如超过 2 倍，则发生区外故障时有可能一侧 CT 已饱和，而另一侧 CT 还工作在线性区，差动不平衡电流会较大。同样，两侧 CT 变比相同但准确度等级不同，例如一侧为 10P10，另一侧为 10P20，当发生区外故障流经线路两侧的短路电流是 CT 额定电流的 10～20 倍之间时，由于两侧 CT 传变误差不同，差动不平衡电流也会较大，差动保护装置有可能误动作。这两种情况下，可以采取适当提高分相电流差动保护启动值的办法来避免差动保护误动。

由于 TA 发生暂态饱和时，保护装置将采集到很大的二次谐波分量，本装置检测到 CT 饱和时自动将制动系数 K 抬高到 1.2，同时采用波形鉴别原理判断出 CT 不饱和后恢复 K 值，从而保证了在较严重的饱和情况下不会误动。

3.3　对 RCS－9613C 型光纤纵差保护装置的影响

3.3.1　RCS－9613C 的整定原则

由于正常运行时线路中流过的是三相对称的负荷电流，只在线路发生不对称故障时才有负序电流流过，而在线路发生三相对称短路时，即便是最小运行方式下，其故障电流也往往远大于线路额定电流。因此差动保护的启动定值按相电流整定，大于正常负荷电流，保证装置不至于频繁启动，同时必须小于区内故障时的最小故障电流，以保证区内故障时装置能可靠启动。因此差动保护启动定值一般取线路

过电流保护定值的1.3倍。

3.3.2 电流互感器饱和对RCS-9613C的影响

装置虽然采用了两侧电流综合量而不是分相电流来实现差动保护功能，但这仅仅是由于通讯的原因，为提高数据采样密度而采取的对策，当然，增加负序分量也大大提高了装置对线路不对称故障的判别能力，但对于没有负序分量的三相对称短路故障而言，要求差流大于0.3 $I_{\sum N}$ 时保护装置才启动，提高了保护的动作门槛。

同DEP-576N一样，差动保护对线路两侧CT变比、准确度等级以及系统短路电流都有一定的要求。两侧CT变比差异较大或准确度等级不同，当发生区外故障时，由于两侧CT传变误差不同，差动不平衡电流也会较大，差动保护装置有可能误动作。因此装置明确要求线路两侧CT的一次额定值差异小于4倍。同时当两侧变比不一致时，门槛值由0.3 $I_{\sum N}$ 变为0.3 $I_{\sum N}$ ×对侧CT一次额定值/本侧CT一次额定值，以避免区外故障时装置误动。

三种线路光纤纵联保护启动电流定值及对两侧CT的要求见表1。

表1 三种线路光纤纵联保护启动电流定值及对两侧CT的要求

序号	型号	启动电流定值	两侧CT变比要求	两侧CT准确度要求
1	DEP-575N	线路过电流定值/0.8	不要相差太大	不要相差太大
2	DEP-576N	1.2~1.8倍线路额定负载电流	不超2倍	准确度等级相同
3	RCS-9613C	1.3倍线路过电流定值	小于4倍	准确度等级相同

4 对通讯的要求

4.1 DEP-575N对通讯的要求

由于安装在被保护线路两侧的装置相互之间仅传递“0”或“1”两种开关量信号，因而保护对辅助通道构成要求很低，它可以为普通四芯屏蔽线，也可以为光纤通讯。其中光纤通讯方案最佳，它可以保证方向纵联保护两端的装置完全彻底的隔离。

4.2 DEP-576N对通讯的要求

装置光纤接口要求单模光纤，专用通道，2 048 kbit/s的传输速率。

两侧装置一侧作为同步端，另一侧作为参考端。参考端实时跟踪电网频率，并在每一采样间隔中固定向对侧发送一帧信息。同步端从参考端发来的报文中获取同步信息，实时调整采样间隔，直到满足同步条件为止，来实现采样同步。

4.3 RCS-9613C对通讯的要求

光纤接口要求单模光纤，采用异步通讯方式和较低的通讯波特率。差动保护固有动作时间小于50 ms，当装置误码率较高时可能导致保护固有动作时间加长。

两侧装置一侧为主机方式，采样间隔固定，另一侧为从机方式，采样间隔与主机保持同步。

5 结论

(1) 利用光纤构成快速保护切除中低压系统故障已成为趋势。

(2) 考虑包钢供电系统不断扩大、小电源增加，导致短路容量增大，对设备动、热稳定性的要求不断提高，CT变比的选择不能仅从负荷容量和计量的角度考虑，为满足动、热稳定性的要求，包钢中压10 kV系统CT变比应选择150/5及以上。

(3) 基于中压系统主变压器及线路差动保护的广泛应用，以及系统短路电流的增大，应用于差动保护的CT准确度等级取10P20及以上。

(4) 随着线路光纤纵差保护的广泛应用，对光纤通道的维护也提出了更高的要求。

(5) 随着包钢电力调度自动化系统及能源管控中心的建设，厂区光纤网覆盖面也越来越广，为光纤保护的应用提供了更加有力的条件。

参 考 文 献

[1] 贺家李. 电力系统继电保护原理[M]. 北京：水利电力出版社，1991.

[2] 刘艳芬. 电流互感器饱和对继电保护的影响及对策[J]. 包钢科技，2011，37(4)：66-68.