10kV 不接地系统馈线接地保护整定的实用说明

张汝山　　王夫光

（万华化学（宁波）有限公司，浙江 宁波　315812）

摘要　本文通过我司 10kV 中性点不接地系统馈线接地保护的继电保护实际整定，结合工厂实际的供电结构和负荷特点，对馈线的接地保护的定值整定进行了实用性的总结和说明。

关键词：双回路双联络；单母线分段；中性点不接地系统；馈线；接地保护

The practical description on single-phase grounding protection setting for feeder line in the 10kV non-ground neutral system

Zhang Rushan　Wang Fuguang

(Wanhua Chemical (NingBo) Co., Ltd, Ningbo, Zhejiang　315812)

Abstract　In this paper, we made practical summary and illustration on the single-phase grounding protection setting for feeder line, based on the actual setting for 10kV single-phase grounding protection, and according to the actual power supply structure and the load characteristics in our plant.

Key words：double loop and double contact；single bus with a tie；non-ground neutral system；feeder line；single-phase grounding protection

对于用户级的 10kV 中性点不接地系统的馈出线路的单相接地保护，由于：①10kV 电压等级的平行变电所较多；②10kV 电压等级的高压电动机较多，并且常做冗余配置（热备电机较多），其实际运行数量与实际的生产计划密切相关，且变化较大。这种情况下，对于没有设置方向的馈出线路的单相接地保护而言，其整定计算具有一定的难度。本文通过我司 10kV 中性点不接地系统馈线的无方向的单相接地保护的实际整定，对该保护进行了具有实用性的总结和说明。

1　系统结构说明

1.1　系统主接线型式

系统的主接线形式采用单母线分段接线，双回路双联络互备用的接线方式，如图 1 所示。

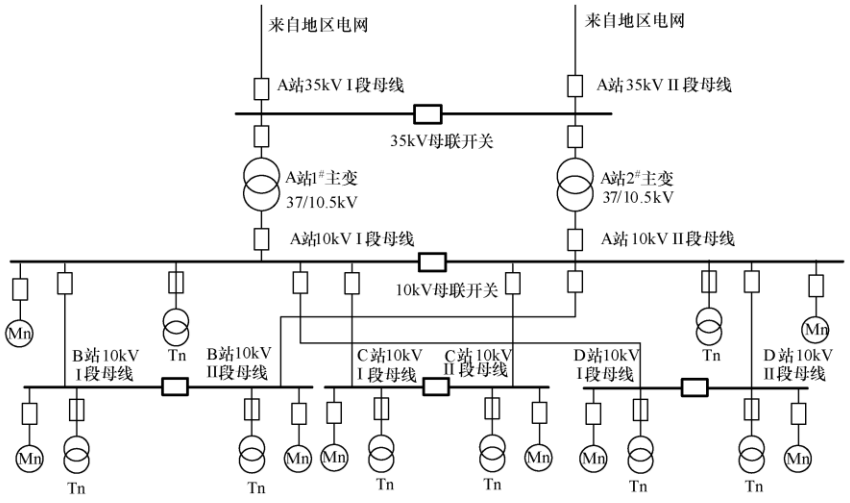


图 1　系统主接线形式

1.2 系统运行情况

1）10kV 中性点不接地。

2）正常情况下，两段母线分列运行。

3）A 站两台主变的负荷率均小于 50%，可以互相作为备用电源，即在任一条电源线路出现故障时，均可将相应变电站的母联开关投入，由另一条进线同时为两条母线供电。

4)每个 10kV 站内的配电变压器正常全部投用。

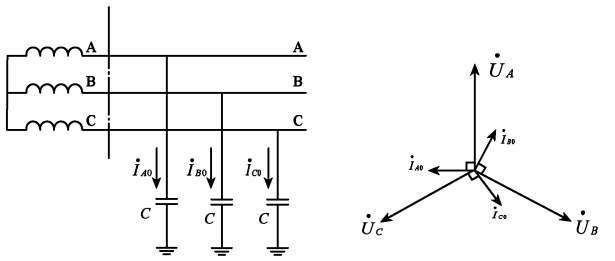
5)每个 10kV 站内每段均带有一定数量的 10kV 电动机，电动机的投用情况与公司的生产计划密切相关，且变化较大。

6）全厂内接地网良好。

2 馈线的接地保护（不带方向）整定计算

2.1 单根（回）10kV 线路的单相接地电流计算

正常运行时，中性点不接地系统的线路的对地电容电流如图 2 所示。



（a）简化电路图　　（b）向量图

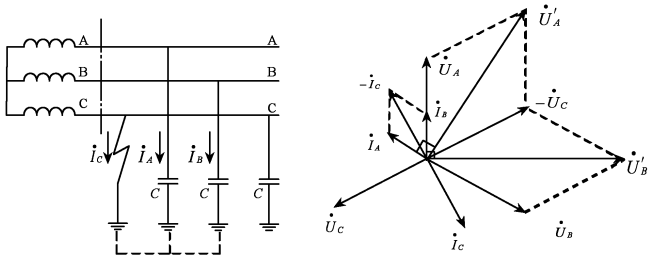
图 2　正常运行时电容电流分布图

不难看出，正常运行时，线路各相的对地电压等于各相的相电压，且三相的对地电容电流对称，即

$$I_{A0}=I_{B0}=I_{C0}=\frac{U_\varphi}{X_C} \qquad (1)$$

$$\dot{I}_{A0}+\dot{I}_{B0}+\dot{I}_{C0}=0 \qquad (2)$$

当线路发生单相接地故障时，以 C 相单相接地为例，线路的接地电流如图 3 所示。



（a）简化电路图　　（b）向量图

图 3　单相接地时接地电流示意图

由上图可知，线路单相接地时，非接地相电压由相电压升高为线电压，其对地电容电流也因而升高为原来的$\sqrt{3}$倍。即有：

C 相流入大地的接地电流为

$$\dot{I}_C=-(\dot{I}_A+\dot{I}_B) \qquad (3)$$

其接地电流的大小为：

$$I_C=\sqrt{3}I_A=\sqrt{3}I_B=\frac{\sqrt{3}U_N}{X_C}=3I_{A0} \qquad (4)$$

从而可得中性点不接地系统，单根（回）线路单相接地时的接地电流为

$$I_K=\frac{\sqrt{3}U_N\cdot\omega\cdot C'\cdot L}{1000} \qquad (5)$$

式中，C'为单位长度线路的单相对地电容值，μF/km；U_N为系统线电压，kV；L为单根（回）线路长度，km。

2.2 正常运行情况分析

以 A 站中馈出至 C 站的 10kV1#线路的接地保护整定为例。由于正常各母线均分列运行，故只以各站的 1 段线路来考虑。正常运行时系统 1 段的电流分布情况如上图 4 所示。

由图可知，正常运行情况下，10kV 馈出线路 C1 的零序互感器所能采集到的不平衡电流为 0。即：$I_{ub}=0\text{A}$。

2.3 区外故障时的情况分析

当区外线路发生单相接地故障时，系统 1 段的电流分布情况如图 5 所示。

此时，流过 10kV 馈出线路 C1 的零序互感器的不平衡电流为 C 站 1 段总的电容电流，即

$$I_{ub}=I_C(C\Sigma)=I_{C.C1}+I_{C.C2}+I_{C.C3} \qquad (6)$$

2.4 区内故障时的情况分析

当区内线路发生单相接地故障时，系统 1 段的电流分布情况如图 6 所示。

此时，流过 10kV 馈出线路 C1 的零序互感器的不平衡电流为 A、B、D 3 个站 1 段总的电容电流之和，即：

$$\begin{aligned}I_{ub}&=I_C(A\Sigma)+I_C(B\Sigma)+I_C(D\Sigma)\\&=I_C(\Sigma)-I_C(C\Sigma)\\&=I_{C.A1}+I_{C.A2}+I_{C.A3}\\&\quad+I_{C.B1}+I_{C.B2}+I_{C.B3}\\&\quad+I_{C.D1}+I_{C.D2}+I_{C.D3}\end{aligned} \qquad (7)$$

需要说明的是上述的式（6）、式（7）两式均没有考虑电气设备提供的电容电流。

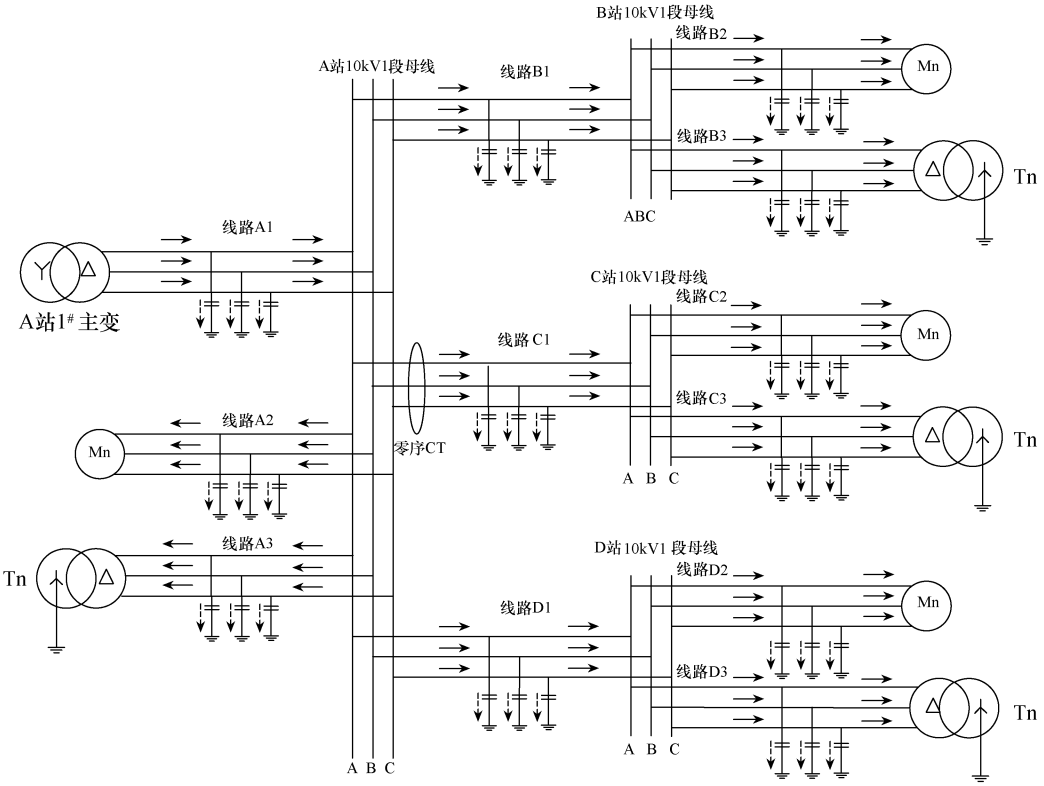


图 4　中性点不接地系统正常运行时电流分布图

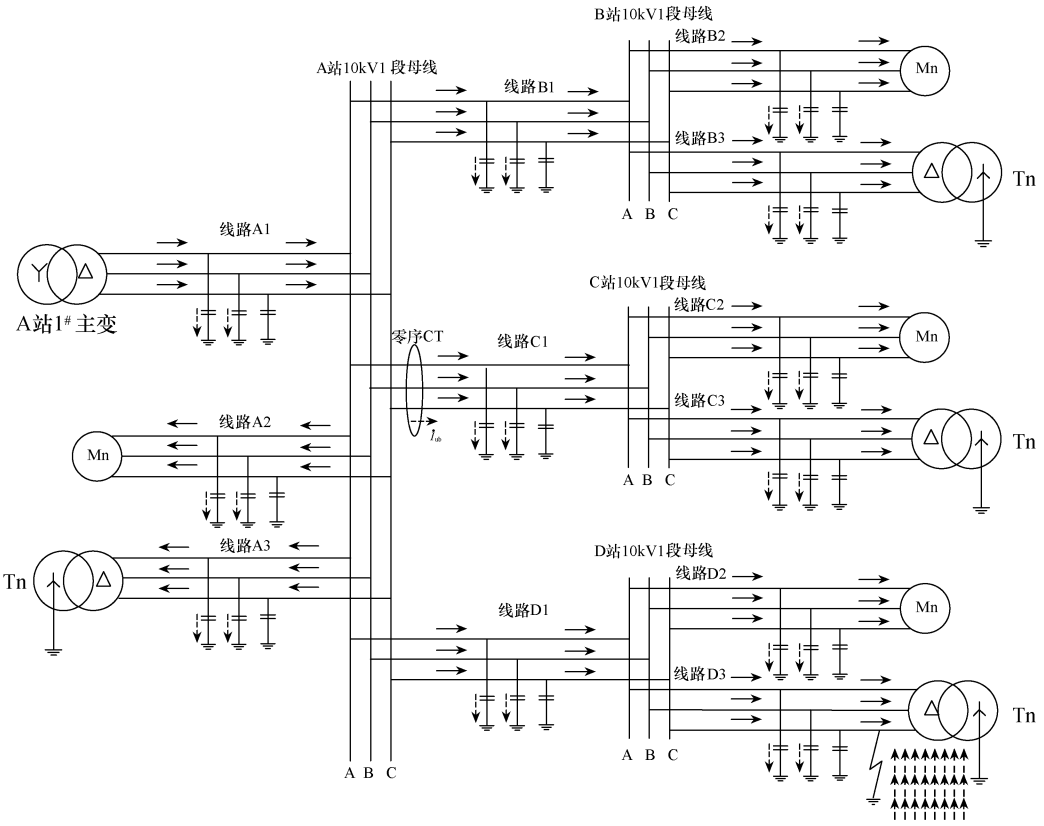


图 5　中性点不接地系统区外故障时电流分布图

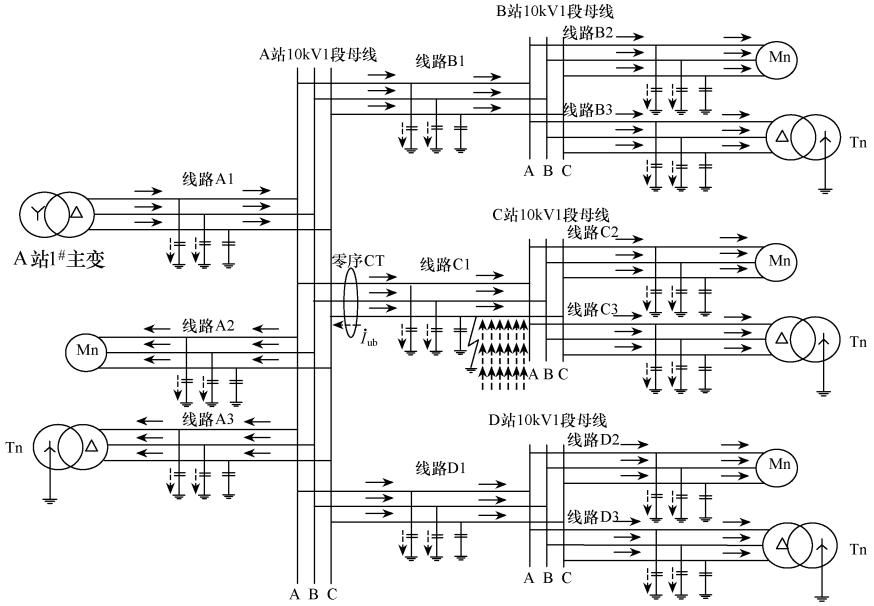


图 6　中性点不接地系统区内故障时电流分布图

2.5　馈线 C1 的单相接地保护的整定计算

根据以上分析，馈线 C1 的单相接地保护的整定应按以下原则进行。

1）按躲过外部线路故障时流过保护安装处的最大电容电流整定。此处的最大电容电流应考虑 C 站所有线路（包括所有的电动机线路）的电容电流，且考虑变电站附加的接地电容电流（即电气设备提供的电容电流）。则

$$I_{op.K} \geqslant K_{rel} \cdot \frac{K_{ad} \cdot I_C(C\Sigma)}{n_{TA}} \qquad (8)$$

式中，K_{rel} 为可靠系数，用于单相接地保护且有时限时，取 1.5～2.0；K_{ad} 为变电所的附加系数，10kV 站取 1.16，35kV 站取 1.13。

2）按区内故障时流过保护安装处的最小电容电流且按灵敏系数 1.25 整定。此处的最小电容电流应不考虑 1 段系统所有电动机线路的电容电流，在无法整定时可以根据实际情况增加部分确定长期运行的电动机线路的电容电流。则

$$I_{op.K} \leqslant \frac{K_{ad} \cdot \{I_C(\Sigma) - I_C(C\Sigma)\}}{1.25 n_{TA}} = \frac{K_{ad} \cdot \{I_C(A\Sigma) + I_C(B\Sigma) + I_C(D\Sigma)\}}{1.25 n_{TA}} \qquad (9)$$

3　结论

1）在接地网非常良好的情况下，可不考虑远方变电所的电容电流在流向接地点时在大地中的衰减。

2）本文 2.5 的整定条件（1）中的可靠系数 K_{rel} 在使用微机保护的情况下可以降低至 1.2。

3）10kV 电动机较多的系统，由于电动机运行情况变化较大，在单相接地保护整定的条件（2）中，为保证足够的灵敏度，应尽可能的不考虑电动机线路的电容电流。甚至在本站电容电流足够大的情况下，可以只用本站（本例中为 A 站）的电容电流来进行整定。

4）如果馈线下级站（本例中为 C 站）的电容电流较大（已考虑电动机线路的电容电流），则为方便进行整定，可以适当将可靠系数 K_{rel} 降至 1.2。

5）如果馈线下级站（本例中为 C 站）的电容电流大于全系统 1 段电容电流之和的一半（已考虑电动机线路的电容电流），则采用无方向的单相接地保护将无法整定，需采用方向零序保护。

6）按单段电容电流进行整定的单相接地保护，在某条馈线检修，导致母联开关投用时，另一条馈线的单相接地保护应暂时改为只投信号，不跳闸。

参考文献

[1]　贺家礼，宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 3 版. 北京：中国电力出版社，1994.

[2]　任元会，等. 工业与民用配电设计手册[M]. 3 版. 北京：中国电力出版社，2005.

作者简介

张汝山（1978-），男，山东省济南市人，本科，电气工程师，从事电气运行及电气检维修的技术管理工作，万华化学（宁波）有限公司。