

天津配电网低电阻接地保护方式及整定计算的探讨

李延强 李锦敏 贾长朱 房亚因 天津电力局 (300010)

【摘要】 结合天津配电网的改造工程,对配电网的低电阻接地方式,Z型变的安装位置,接地保护的配置原则进行了论述。对接地保护装置的整定计算进行了探讨。

【关键词】 配电网 低电阻接地 整定计算

引言

近年来,天津市配电网的规模不断扩大,供电中电缆线路广为采用,单相接地电容电流值有了较大的增加。由于不断增长的电容电流,使得补偿消弧电抗器的容量数及占地面积之大,在工程中已难以实现。天津电网中采用了Z型接地变压器中性点经低电阻接地方式,当出现接地故障后由继电保护装置直接掉闸。目前已投入运行的有微型汽车110kV站、丁字沽35kV站、土城35kV站、安华35kV站。现就天津配电网低电阻接地保护方式、Z型变的安装位置、接地保护安装方式及整定计算原则进行探讨。

1 单相接地保护的分级配置

在配电网中,单相接地保护的配置方式如图1所示。

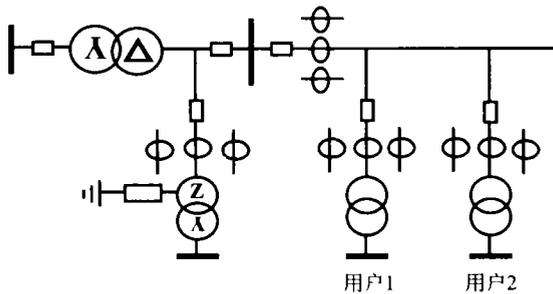


图1

可采用Z型接地变、主变受总、线路、用户等各级零序保护配置。接地变中性点保护作为主变压器10kV(或6kV)系统至受总开关前单相接地短路的主保护及线路单相接地短路的

后备保护跳主变两侧开关;主变受总设零序保护作为母线单相接地短路的主保护及线路的后备保护,在母线故障时可保持对Z型变/所用变供电;线路出口处设置的零序保护用来保护全部线路并作为用户站内单相接地故障的后备保护;用户站内的零序保护可保护入户线至变压器高压套管之间的线路,在这段线路发生单相接地故障时,将该范围的接地故障切除。

采用这样的分级配置方式,采取适当的整定方案,可最大限度地提高配电网供电可靠性,这在城市电网中是非常必要的。

因此在进行基建施工及城网的改造中,应按上述配置方式为配电网的单相接地保护预留零序CT或配齐三相CT组成零序滤过器及零序保护,为今后在城网中大面积采用低电阻接地网络准备必要的条件。同时,应有计划、有步骤地对城网中已运行设备加装零序保护,其一、二次设备改造工作已势在必行。

2 Z型变的设置方式

Z型变的设置根据主接线的方式不同分为两种(如图2所示)。

其一为Z型变与所用变分开,Z型变接于变压器出口处,所用变占10kV一个出线间隔。采用这种配置方式,可减少Z型变的掉闸机率,保护接地系统的运行稳定性;主变或Z型变发生故障跳开主变三侧开关,该段母线倒由另一段母线供电时不会失去所用变。但这种配置方式加大了一次设备的投资。因此这种配置方式适用于220kV变电所、110kV变电所。

其二为Z型变与所用变合用,接于变压器出口处,这种配置方式可节省一次设备的投资;但Z型变与所用变合用时,所用变所带负

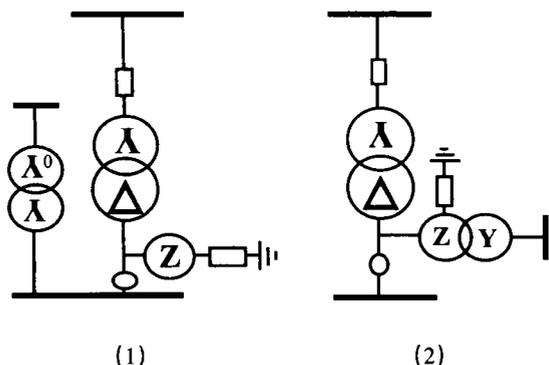


图 2

荷线故障,会增加 Z 型变的掉闸机率,造成主变三侧开关掉闸,降低供电可靠性。因此这种配置方式适用于 35kV 变电所。

3 Z 型变接地保护的安装方式

3.1 安装 Z 型变中性点零序 CT,将 Z 型变零序保护集中配置,分别作用于不同的断路器。如设置三段式零序保护,分别跳分段开关、10kV 受总开关、主变总出口。采用这种保护配置方式的优点是中性点零序 CT 不受区外相间短路的不平衡电流影响,保护装置灵敏度高,运行可靠。但采用这种配置方式,二次回路接线复杂,施工及日常运行维护工作量大,不安全因素多。

随着变电站综合自动化技术的不断成熟,保护由集中走向分散已成必然趋势,这种使二次回路复杂化的保护配置方式显然不满足今后发展的需要。同时国内及国外大部分微型型保护,如 SEL、SIEMENS、ABB 等公司均采用装置内自产零序电流来实现接地保护,已基本实现分散式保护,改变了过去的二次回路相互联掉的方式。由此可见这种保护配置方式在实际使用中有很大的局限性。

3.2 采用三相式 CT 构成零序滤过器为保护装置提供零序电流,就地构成接地保护。这种配置方式,二次回路接线简单,施工及日常运行维护工作量小。但是采用这种保护配置方式,零序保护要受到区外相间短路故障产生的不平衡电流的影响。如在线路所带变压器低压侧母线故障短路电流较大的情况下,不宜采用此种

方式。然而,笔者通过计算,在天津电网配电线路中,由于变压器标么阻抗值较大,变压器低压侧母线故障时,短路电流较小,在零序滤过器中产生的不平衡电流较小。而在同电压等级线路上发生相间短路时的短路电流在零序滤过器中产生的不平衡电流,虽有可能使零序保护启动,但可通过对零序保护时限的调整达到选择性要求(见附录)。

采用这种分散配置的保护方式的另一个优点是适用于综合自动化系统。目前,综合自动化系统已发展到继电保护装置就地安装、就地配置,而且微机保护装置内的自产零序电流精度足以满足零序保护的需要。随着综合自动化系统的普及,这种接地保护的安装方式将广泛采用。

4 Z 型变保护的整定计算

通常,Z 型变的保护配置有:10kV 侧速断保护、定时限过流保护,Z 型变中性点零序保护。

4.1 Z 型变中性点零序保护及 10kV 分段开关零序保护、10kV 受总零序保护的整定。

Z 型变中性点零序保护作为主变压器 10kV 系统至受总开关前单相接地短路的主保护,并作为 10kV 配电线单相接地短路的后备保护,设置于 Z 型变中性点,延时跳开变压器三侧开关。基于以上的配置原则,在整定计算中将 Z 型变中性点零序保护与主变 10kV 受总零序保护、10kV 母线分段开关零序保护整定为相同电流定值,三段不同延时作用于相应断路器。

电流定值的整定按 10kV 母线单相接地短路时灵敏度大于 2 考虑。通过计算,对于接地电阻为 10Ω 的接地系统,10kV 母线单相接地短路的零序电流可限制在 400~600A 左右。考虑该定值同时作为配电线保护的后备保护,应对配电线末端单相接地短路有一倍以上的灵敏度,故不宜整定的过高,一次电流不应大于 120A。

10kV 分段开关零序保护取一段短延时。该段保护设置在 10kV 分段开关,作为母线充

电保护和自投到故障母线上的瞬时投入保护,在延时上不需与其它保护配合,瞬时跳开10kV分段开关。

10kV受总零序保护延时应与配电网零序保护延时配合,级差为0.3~0.5s。该段保护设置在10kV受总开关,作为本侧10kV母线单相接地短路的主保护和配电网单相接地短路的后备保护,延时跳开10kV受总开关,保留Z型变作为所用变继续运行。建议整定时限与主变10kV侧相间定时限过流保护相同。

中性点零序保护延时应与受总开关零序保护延时配合,级差为0.3~0.5s。该段保护设置在Z型变中性点,跳变压器总出口。建议整定时限与主变35kV侧相间定时限过流保护相同。

采用这样的整定方案,基本原则就是相间保护与零序保护采用同一整定时限。这样做最大的优点在于可以不考虑线路发生相间故障时对零序保护的影响,这对于由零序滤过器提供零序电流的保护装置是相当重要的。因为零序保护与相间保护延时相同,即使相间故障时的短路电流在三相CT组成的零序滤过器中产生的不平衡电流超过零序保护定值,也不会发生误动或拒动,即同级零序保护与相间保护同时发跳闸命令,增加了装置的可靠性,确保了装置的选择性。

附:安华#2T主变保护及Z型变零序保护整定原则。

4.2 Z型变相间速断保护的整定。

Z型变速断保护的电流值整定可从三方面考虑。

(1) 躲过Z型变低压侧短路。计算公式为:

$$I_{dz} = K_K * I_{dmax}$$

I_{dmax} 为Z型变低压侧最大短路电流。

K_K 为可靠系数,一般取1.3。

(2) 躲过10kV母线单相接地短路时的零序电流。通过故障分析理论的对称分量法计算,此时流过电流继电器的电流为1/3倍的 $3I_0$,故计算公式为:

$$I_{dz} = K_K * (1/3) * 3I_{0max}$$

$3I_{0max}$ 为10kV母线单相接地短路最大零序电流。

K_K 为可靠系数,一般取1.3。

(3) 躲空充Z型变时的励磁涌流。计算公式为:

$$I_{dz} = K_K * I_E$$

I_E 为Z型变额定电流。

K_K 为可靠系数,一般取8~10。

取其中大者作为电流整定值,0s跳主变总出口。

4.3 Z型变相间定时限过流保护的整定。

Z型变定时限过流保护的整定可从三方面考虑。

(1) 按Z型变低压侧短路时该保护灵敏度大于等于2整定。计算公式为:

$$I_{dz} = 0.866 * I_{dmin}/2$$

I_{dmin} 为Z型变低压侧三相短路时的最小短路电流。

(2) 与中性点零序电流保护配合。计算公式为:

$$I_{dz} = K_p * I_{0dz}/3$$

I_{0dz} 为Z型变中性点零序电流保护整定值。

K_p 为配合系数,一般取1.15。

(3) 按Z型变额定电流整定。计算公式为:

$$I_{dz} = K_K * I_e$$

I_e 为Z型变额定电流。

K_K 为可靠系数,一般取1.5~2。

取其中大者作为电流整定值,并保证Z型变低压侧两相短路时灵敏度不小于2。延时应与10kV受总零序保护延时配合,跳变压器总出口。建议整定时限与主变35kV侧定时限过流保护相同。

5 装有Z型变的主变压器差动保护整定计算的两点考虑

由于Z型变一般都接于主变压器低压侧受总开关上口,故仍处于主变压器差动保护的保

护范围内 (Z 型变无差动 CT), 因此在对主变压器的差动保护整定计算时, 也应考虑 Z 型变的存在, 以保证对电网的安全供电。

5.1 对于 Z 型变与所用变合用的考虑

Z 型变与所用变合用时, 所用变低压侧母线处于主变压器差动保护保护范围内。当所用变 380V 负荷线故障时, 其故障电流会在主变压器差动回路中产生动作电流。如故障电流超过差动保护电流启动值, 有可能造成主变压器差动保护误动。因此应对主变压器差动保护电流启动值进行验算, 保证可靠躲过 Z 型变/所用变低压侧母线故障的最大短路电流, 满足继电保护装置的选择性。

5.2 应考虑零序电流在主变压器差动回路中产生的影响

在配电系统发生单相接地故障时, 零序电流通过主变压器低压侧流向 Z 型变, 仅在主变压器低压侧 CT 二次回路会出现零序电流分量, 从而在主变压器差动回路中形成零序差流, 若零序差流大于差动保护电流启动值时, 变压器差动保护将发生误动作。

尤其是采用比率差动原理的差动保护, 其动作电流门坎值一般整定为 0.2~0.3 倍的主变压器额定电流 (未考虑零序分量), 若 10kV 母线发生接地故障, 零序电流在 10kV 侧 CT 中产生的电流增量有可能越过门坎值。以安华 #2T 为例, 主变压器容量为 20MVA, 安华 10kV 母线单相接地故障时在 10kV 侧 CT 中产生的电流增量为 199A (绝对理想化计算结果, 未考虑短路过程中的暂态过程及其他因素), 即 0.18 倍变压器额定电流, 接近差动保护动作电流门坎值。因此, 采用该原理保护装置时, 若装置软件或硬件不能实现减掉零序分量, 应在变压器差动保护整定时考虑此原则。差动保护启动电流值计算公式为:

$$I_{QD} = K_K * (1/3) * 3I_{0max}$$

K_K 为可靠系数, 一般取 1.3。

$3I_{0max}$ 为配电系统接地故障最大零序电流。

上述原则也同样适用于其他原理的主变压器差动保护。

6 结论

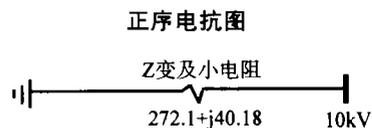
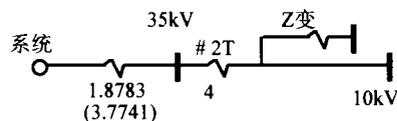
本文结合天津配电网的改造工程, 对配电网的低电阻接地方式、Z 型变的安装位置、接地保护的安装方式进行了论述。认为在天津配电网中应广泛采用多级、分散式配置的接地保护, 在配电网发生单相故障时实现跳闸, 通过对 Z 型变保护及接地系统零序保护的整定计算, 提出了一套切实可行、符合继电保护“四性”要求的整定计算方案。

附录: 安华 #2T (容量 20MVA) 主变保护及 Z 型变零序保护算例

由于篇幅有限, 本文只列出与零序保护有关部分的整定计算算例。

1 短路电流计算:

系统正序电抗图及零序电抗图如下, 图中系统、线路、变压器参数均为 1000MVA 基准容量下的标么值。



零序电抗图

1.1 10kV 配电线出口发生两相短路故障时的最小短路电流。

$$I_{K(2)min} = 0.866 * 55000 / (3.7741 + 4) = 6127A$$

1.2 10kV 配电线出口发生单相接地故障时的最大零序电流。

$$3I_{0max} = 3 * 55000 / 276.8 = 596A$$

1.3 10kV 配电线出口发生单相接地故障时的最小零序电流。

$$3I_{0min} = 3 * 55000 / 277.8 = 594A$$

1.4 Z 型变低压侧故障时主变压器 35kV 侧流过的最大短路电流。

$$I_{K(3)max} = 16500 / (1.8783 + 4 + 100) = 156A$$

2 主变压器差动保护整定计算:

主变压器差动保护为 SEL-587 型差动继电器,原理为二次谐波制动的比率差动保护,其定值考虑以下原则:

2.1 躲 10kV 母线单相接地短路时流过的零序电流。

$$I_{dz} = 1.3 \times (1/3) \times 596A = 258A = 0.23I_E$$

I_E 为主变压器额定电流,折算至 10kV 侧为 1100A。

2.2 躲 Z 型变 / 所用变低压侧故障。

$$I_{dz} = 1.3 \times 156A = 202.8A = 0.61I_E$$

I_E 为主变压器额定电流,折算至 35kV 侧为 330A。

2.3 躲不平衡电流。

$$I_{dz} = (0.1 + 0.075 + 0.06 + 0.15)I_E = 0.385I_E$$

0.1 为 CT 10% 误差引起的不平衡电流。

0.075 为电压分头误差引起的不平衡电流。

0.06 为继电器误差引起的不平衡电流。

0.15 为可靠系数。

经过综合考虑,最终取 $0.7I_E$ 。

3 Z 型变中性点零序保护整定计算:

安华站的零序保护采用就地配置就地保护的方式,分别配置在 Z 型变中性点、10kV 受总开关、10kV 分段开关,相应跳总出口、2021、2442。在整定计算中整定为相同零序电流定值,不同延时来实现选择性,具体方案如下:

3.1 计算零序动作电流值(一次):

按 10kV 母线发生单相接地短路时,零序保护灵敏度大于 3 考虑。

$$I_{0dz} = 596/3 = 199A$$

最终取 150A(一次值;因继电器最小规范为 150A,故定值较大)。

3.2 分段开关零序保护作为母线充电保护及自投到故障母线的瞬时投入保护瞬时跳开 2442 开关,延时取 0.2s。

3.3 受总开关零序保护,延时取 1.4s,与主变 10kV 侧复合电压闭锁相间定时限过流保护延时相同。

3.4 中性点零序保护,延时取 1.7s,与主变 35kV 侧复合电压闭锁相间定时限过流保护延时相同。

4 10kV 配电线发生相间故障时,对零序保护的影响

安华站零序保护分散配置,采用零序滤波器提供零序电流,故应考虑区外相间故障时不平衡电流的影响。现以安华站配电线出口短路为例,进行不平衡电流的计算,并讨论其对零序保护的影响。

$$I_{bph} = 0.1 * I_{k(2)\min} = 612.7A \gg 150A$$

0.1 为 CT 10% 误差系数。

$I_{k(2)\min}$ 为 10kV 配电线出口两相短路的最小短路电流。

由以上计算可知配电线出口两相短路在零序 CT 中产生的不平衡电流已远远超过了零序保护的整定值。在这种情况下,靠提高零序保护电流定值躲开不平衡电流已不能实现,只能靠延时来躲开不平衡电流。此时最行之有效的方案为零序保护整定时限与跳相应开关的相间保护整定时限相同,这样可在保证选择性的前提下,尽量保证快速性。这种方案唯一的不足是有可能在相间故障跳闸时出现零序、相间保护同时动作的信号,使运行人员不能区分故障类型,但不会造成越级跳闸。

DISCUSSION ON LOW RESISTANCE EARTH PROTECTION MODE AND ITS SETTING CALCULATION IN TIANJIN DISTRIBUTION NETWORK

Lin Yanqiang, Li Jinmin, Jia Changzhu (Tianjin Electric Power Bureau, 300010, China)

Abstract The low resistance earth protection mode, the mounting position of Z-type transformer and the arrangement principle of earth protection in the improving project of Tianjin distribution network are described. The setting calculation of the earth protection is discussed.

Keywords distribution network low resistance earth setting calculation