

单芯电缆金属护套接地方式比较分析

杨杰¹,周承启²,王磊³

(1. 乌鲁木齐电业局,新疆乌鲁木齐 830011; 2. 珠海供电局,广东珠海 519000;

3. 华北电力大学 电气与电子工程学院,河北保定 071003)

摘 要: 110 kV电力电缆以其设计寿命长、受外界自然条件影响小、日常维护工作量相对较小、不影响城市景观等优点得到广泛使用。但是,110 kV电力电缆是单芯电缆,必需考虑其金属护套上的环流问题。针对金属护套上的环流问题,对常见的110 kV单芯电缆金属护套接地方式进行分析,对比各种接地方式的优缺点,根据实际情况选择合理的金属护套接地方式。

关键词: 单芯电力电缆;金属护套;环流;接地方式

中图分类号: TM247

文献标志码: A

文章编号: 1673-7598(2011)02-0048-04

0 引言

随着我国电网改造的深入,由于电力电缆受外界因素(风雨雷电等)影响小,传输电能稳定,供电可靠率高,占地面积小,对市容环境影响小,且发生事故不易危及人身安全,现代电能传输中大量的架空线路被电力电缆取代^[1-3]。当然,电力电缆被敷设在地下,直埋或置于排管井及廊道内,运行维护方面较为困难,正确使用电力电缆是降低工程投资、保证安全可靠供电的重要条件。在城市配电网络中,应用最广的是10 kV电力电缆,一般使用交联聚乙烯铠装三芯电缆,而三芯电缆都采用两端接地方式,因为在电缆正常运行中,流过3个线芯的电流相量和为零,在电缆铜屏蔽层及金属铠装层两端基本上没有感应电压,三芯电缆铜屏蔽及金属铠装两端一般只需直接接地即可。由于单芯电缆(35~110 kV)内部构造不同于三芯电缆,因此金属护套的接地方式和三芯电缆有所不同^[4-6]。为了说明单芯电力电缆金属护套常见接地方式的优缺点,针对单芯电力电缆金属护套的4种接地方式进行分析。

1 单芯电力电缆结构

图1为较为常用的110 kV交联聚乙烯绝缘皱纹铝护套电力电缆,主要用于110 kV电压等级输电线

路固定敷设输送电能^[7-8]。由内而外有9个部分组成:导体线芯部分用于传输电能;导体屏蔽部分(俗称内半导层)可消除导体线芯表面不光滑的影响,因为线芯表面不光滑会引起表面电场强度增加,在导体线芯上绕包内半导层,可使绝缘和电缆导体有良好的接触,排除了气隙,消除和减少了局部放电,达到均

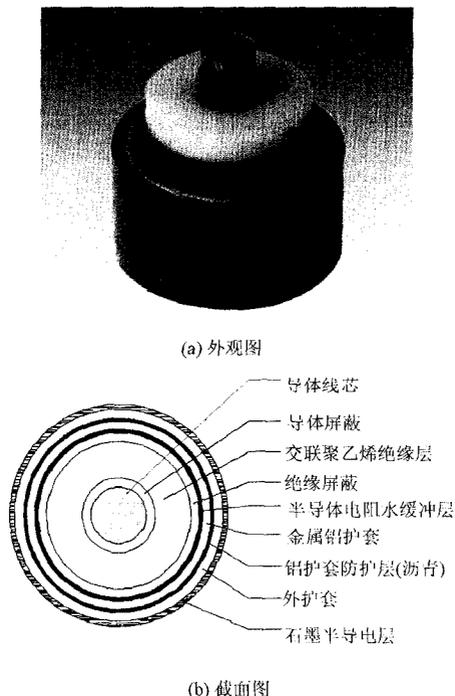


图1 110 kV交联聚乙烯绝缘皱纹铝护套电力电缆

收稿日期:2010-10-20

作者简介:杨杰(1985—),男,新疆乌鲁木齐人,助理工程师,从事输电线路勘测设计方面的工作。

匀电场强度的作用;交联聚乙烯绝缘层部分起绝缘作用,一般采用交联聚乙烯材料,是将高压电极与地电极可靠隔离的关键部位,能长期承受工作电压及过电压,具有较高的耐电强度,能承受发热导体的热效应;绝缘屏蔽部分(俗称外半导),与被屏蔽的绝缘层有良好接触,与金属护套等电位,从而避免在绝缘层与护套之间发生局部放电;半导体电阻水缓冲层部分主要在绝缘屏蔽和金属铝护套间起缓冲阻水的作用;金属铝护套部分起机械保护作用,能够使电缆承受一定正压力,提高电缆抗机械损伤的能力,并能起到一定的电磁屏蔽作用,如果电缆绝缘发生破损,泄露出来的电流可以顺屏蔽层流入接地网,起到安全保护的作用;铝护套防护层是在金属铝护套上附着了1层沥青,能防止金属铝护套被腐蚀;外护套部分起密封保护作用,针对各种使用环境,使电缆达到防火防水防腐蚀的要求;石墨半导体层部分是1层石墨附着于外护套上,石墨具有导电作用,以便于做电缆外护套试验。

2 单芯电缆金属护套环流的产生

在单芯电力电缆构成的交流电能传输系统中,电缆导体和金属护套的关系可以看作1个空心变压器,电缆导体相当于一次绕组,金属护套相当于二次绕组,金属护套处于导体电流的交变磁场中,在金属护套上会产生感应电流,电缆的两端会产生感应电压,而感应电压的高低与电缆线路的长度和流过导体的电流成正比,当电缆线路发生短路故障、遭受雷电冲击或操作过电压时,屏蔽上会形成很高的感应电压,危及巡检人员人身安全,过电压还可能击穿电缆外护套绝缘,造成电缆金属护套多点接地故障,大幅增加环流附加热损耗,严重影响电力电缆的正常运行,甚至大幅减少电缆使用寿命。一旦发生电缆金属护套多点接地故障,故障的测寻、定点和修复均比较困难,停电检修造成的电量损失较大。针对此情况,如果只将单芯电缆的金属护套两端做直接接地,此时金属护套会和大地形成回路,产生环流,环流大小可达到电缆线芯正常输送电流的30%~80%,导致金属护套发热,加速护套老化,增加电能损耗,影响线路输送容量,破坏线路正常运行^[9-10]。

3 单芯电缆金属护套的连接与接地分析

根据国内的规范和标准,交流单相电力电缆的金

属护套,必须直接接地,且在金属护套上任一点非接地处的感应电压应满足:在金属护套未采取防止人员任意接触的安全措施时,不得大于50 V;采取安全措施后,不得大于100 V。电缆金属护套应针对电缆长度和导体中电流大小采取不同的接地形式。交流单相电力电缆的金属护套的接地方式一般应按照具体线路选择不同的接地方式,常见的接地方式有以下4种:1)方式1:金属屏蔽层一端直接接地,另一端通过保护器非直接接地;2)方式2:金属屏蔽层中点直接接地,两端通过保护器接地;3)方式3:金属屏蔽层一端直接接地,若干个护层交叉互联接地,金属屏蔽层中点直接接地,若干个护层交叉互联接地,另一端金属屏蔽层直接接地;4)方式4:金属屏蔽层两端直接接地。

3.1 方式1

方式1的接线如图2所示。为了解决一端直接接地,在另一端会出现过电压的问题,电缆线路不长时,电缆金属护套应在线路一端直接接地,另一端经过电压保护器间接接地。电缆金属护套一端直接接地,另一端不接地,则电缆金属护套中无环流,但当操作过电压或雷电过电压波沿电缆线芯流动时,电缆金属护套不接地端会出现较高的冲击过电压;另外,当电缆较长时,电缆非直接接地端产生的感应电压较高,为保证人身安全,电缆在正常运行时,非直接接地端感应电压应限制在50V以内。因此,为了限制上述过电压对电缆金属护套的危害,保证巡检人员人身安全,应该在电缆金属护套非接地端加装护层过电压保护器。其一般采用氧化锌非线性电阻片作为保护单元,在电缆线路正常工作状态时,高压电缆护层保护器呈现高电阻状态,截断电缆金属护套中的工频感应电流回路;当电缆线路出现接地故障、雷电过电压、操作过电压导致电缆金属护套中出现很高的工频过电压或冲击过电压时,电缆护层保护器呈现低电阻导通状态,使故障电流经保护器迅速泄入大地,起到保护电缆外护套绝缘的作用。此种接地方式在非直接接地端产生较高的感应电压,但由于对地没有构成回路,电缆金属护套中无环流通过,有利于提高电缆的传输容量。一般适用于较短线路,线路的最大长度取决于非接地端所允许产生的最高感应电压。一端接地除了安装费用较高外,在短路和投切过程中金属护套的自由终端可能会出现较高的感应电压。故此种接地方式适用的电缆不能太长,仅适用于单芯电缆长度小于500 m的情况。

护套一端接地的电缆线路,还必须安装1条沿电缆线路平行敷设的导体,导体的两端接地,这种导体

称为回流线。为了避免正常运行时回流线内出现环形电流,敷设回流线时应使它与中间一相电缆的距离为 $0.7d$ (d 为相邻电缆轴间距离),并在电缆线路的一半处换位。单相接地短路故障时,接地短路电流可以通过回流线流回系统的中性点,特别是当接地故障发生在回流线的接地网中时,接地电流的绝大部分通过回流线。由于通过回流线的接地电流产生的磁通抵消了一部分电缆导线接地电流所产生的磁通(两者电流方向相反),因而装设回流线后可降低短路故障时护套的感应电压,同时也防止了电缆线路附近的二次信号和通信用的电缆产生很大的感应电压,回流线的两端应可靠接地,截面积应满足短路电流热稳定的要求。

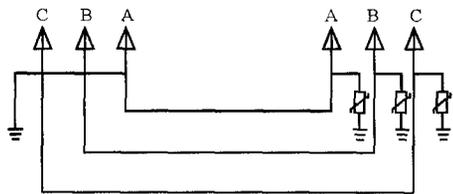


图2 方式1接线示意图

3.2 方式2

电缆金属护套中间直接接地、两端经保护器接地,是一端直接接地的引伸,可以把一端直接接地电缆的最大长度增加1倍,接线方式和原理与一端直接接地一样,其适用于长约1 000 m的电缆线路,如图3所示。

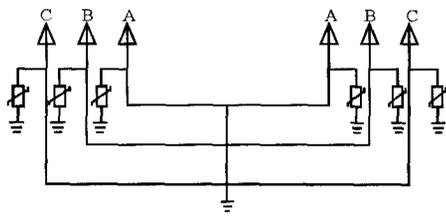


图3 方式2接线示意图

3.3 方式3

对于更长一级的单芯电缆,且负载率很高的单芯电缆宜划分适当的单元设置绝缘接头,使电缆金属护套分隔在3个区段以交叉互联接地,如图4所示。图4中画出分区段互联接地的2个单元。把1个交叉互联接地段看作是1个单元,由于该单元金属护套是两端直接接地,所以任何长度的电缆都可以分成若干个单元。在此,需要就图4中所示的直通接头及绝缘接头做出解释。直通接头是连接2根电缆形成连续电路的接头,特指接头的金属外壳与被连接电缆的金属屏蔽和绝缘屏蔽在电气上连续的接头;绝缘接头就是将电缆的金属护套、金属屏蔽和绝缘屏蔽

在电气上断开的接头。

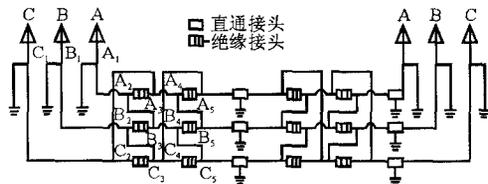


图4 方式3接线示意图

现单就1个区段讲解交叉互联原理,如图5所示,A相护套中的感应电流从 A_1 点经A相护套至 A_2 点,经过换相至 C_3 点,再经C相第二段电缆护套的护套至 C_4 点,随后换相至 B_5 点,再经B相第三段电缆的护套至 B_6 点接地,从而完成金属护套的完全换位。B相和C相护套采用同样换位方法,由于此三根单芯电缆的3个换位段长度大致相等,如果三段电缆中每个护套段距离相等,经以上方法换位后其电流的矢量和为零,那么电缆末端金属护套感应电压就是零,可以直接将其接地,而不会在金属护套中出现环流。所以任何长度的电缆,都可以分成若干个单元,理论上这种接线方式适用于各种长度的电缆,但其投资较大,常用于1 000 m以上且输送容量很大的单芯电缆。

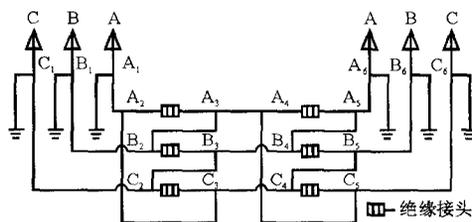


图5 方式3单区段接线示意图

3.4 方式4

出于经济方面的考虑,对一些电缆长度很短,负载也很小的情况下,当金属护套环流很小、传输功率较小时,金属护套上的感应电压极小,损耗不显著,对载流量影响不大,也可以将金属护套的两端直接接地,如图6所示。两端直接接地,就是将金属护套的两端均直接接地,不需要装设电缆护层保护器可减少运行维护工作,这种方式感应电压会引起金属护套内产生环流,产生附加损耗,不需加装保护器,这与护套上的电能损耗相比还是经济的,其安装及后期维护都较为容易。

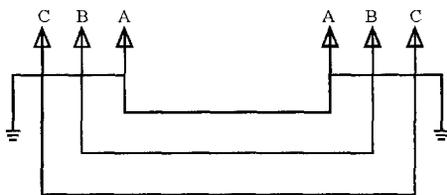


图6 方式4接线示意图

综上所述,可以看出由于方式1和方式2中的护套另一侧不直接接地,故护套上无环流,损耗较小,但由于护套上感应电压问题,其只适合于较短的电缆。以上2种方式都加装了护层保护器,所以会增加运维检修工作。方式3可有效降低感应电压,减小护套环流,有利于提高电缆传输容量。此种接线方式投资较大,施工工艺较为复杂,同时也增加了后期运行维护工作,故只应用于长距离大负载电缆。方式4接线较为简单,运行维护方面也较为简单,但由于其两端直接接地后,金属护套与大地形成回路,在电能输送过程中会带来一定的损耗,相对于其他几种接地方式此种方式较为经济,但只适合于很短的电缆,且电缆的负载率不高的情况。

4 结论

单芯电缆金属护套的接地直接影响电缆运行,金属护套采取合适的接地方式,不仅可以提高电缆载流量,降低工程造价,而且对今后设备的运行维护都非常重要。因此在电缆线路设计施工中,应特别注意金属护套的接地方式。在高压单芯电缆的设计中,由于电缆金属护层感应电压的存在,在单点直接接地、两端直接接地、分区段交叉互联接地3种接地方式中采取何种适宜的接地方式,主要是考虑感应电压的幅值是否小于50V,从而可保证巡视检修人员安全,并采取较为经济的方法减少环流的危害也是在设计中需要考虑的重要问题。110 kV电力电

缆的金属护套接地问题涉及电缆线路设计、安装、运行维护、投资等各个方面,必须根据实际情况综合各方面因素选择较为合适的接地方式,才能保证电缆线路的长期安全可靠运行。

参考文献

- [1] 蒲路,郑建康,景晓东,等.交联电力电缆运行维护新技术评估[J].陕西电力,2009,37(7):57-61.
- [2] 陈强.安康城区电缆入地改造中的技术分析[J].陕西电力,2006,34(6):37-38.
- [3] 罗俊华,周作春,李华春,等.单芯电力电缆金属护层过电压保护器参数设计[J].高电压技术,2008,34(2):355-358,372.
- [4] 李文豪,崔校玉,陈维荣,等.客运专线10 kV单芯电缆接地方式的研究[J].铁道工程学报,2009,26(4):39-42.
- [5] 王敏.10 kV单相电力电缆屏蔽层的感应电压和环流[J].高电压技术,2002,28(5):30-32.
- [6] 盛鹏,李杰.110kV电缆线路护层接地方式及护层保护的一些措施[J].四川电力技术,2008,31(8):91-94.
- [7] 郑肇骥,王琨明.高压电缆线路[M].北京:水利电力出版社,1981.
- [8] 刘子玉,王惠明.电力电缆结构设计原理[M].西安:西安交通大学出版社,1995.
- [9] 贾欣,喻明,王瑛,等.三回路单芯电缆护套感应电势的计算[J].高电压技术,2000,26(5):61-62.
- [10] 陈创庭,张国胜,周志成,等.环流法监测XLPE电缆金属护套多点接地[J].高电压技术,2002,28(7):28-29,40.

(责任编辑 张健)

Comparative Analysis on Metal Sheaths Grounding Modes of Single-core Cables

YANG Jie¹, ZHOU Cheng-qi², WANG Lei³

(1. Urumqi Power Supply Bureau, Urumqi 830011, China; 2. Zhuhai Power Supply Bureau, Zhuhai 519000, China; 3. North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Along with the accelerating of city construction and the improvement of electric grid structure, the 110 kV electric cables have been widely used in urban electric grid system for its long life, minimal influence from natural environment, little daily maintenance, no influence to city scenery. Four common grounding modes in metal sheaths of 110 kV single-core cables are analyzed, the advantages and disadvantages of each grounding mode are compared. It is suggested to select reasonable metal sheath as per real condition.

Key words: single-core cables; metal sheaths; circulating current; grounding mode