

# 某 750 kV 主变压器中性点电抗器配置及过电压绝缘配合研究

庄书<sup>1</sup> 印欣<sup>2</sup>

(1. 国网新疆电力公司巴州供电公司 新疆 库尔勒 841000;  
2. 国网新疆电力公司检修公司 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 为了限制 750 kV 乌北变电站单相或两相短路电流水平, 保证电网安全稳定运行, 对乌北变电站加装电抗器进行过电压及绝缘配合研究。通过研究, 提出了 750 kV 中性点的工频及操作过电压水平; 通过中性点电抗器的工频稳态及暂态电流, 达到了优化电网结构, 提高安全稳定运行的目的。

**关键词:** 变压器; 中性点电抗器; 短路电流; 过电压与绝缘配合

**Abstract:** In order to limit the single-phase or two-phase short-circuit current level of 750 kV Northern Urumqi Substation and guarantee the safe and stable operation of power grid, the overvoltage and insulation coordination is studied by installing reactor in main transformers of Northern Urumqi Substation. Through the research, the power frequency and operating overvoltage level in neutral point of 750 kV main transformers are put forward. By steady state and transient power frequency current of neutral point reactor in main transformer, it achieves the purposes of optimizing the structure of power grid and improving the level of safe and stable operation.

**Key words:** transformer; neutral point reactor; short-circuit current; overvoltage and insulation coordination

中图分类号: TM864 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2016)05-0054-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.05.012

## 0 引言

随着乌鲁木齐北部地区大量电源的接入, 网架结构的加强, 750 kV 乌北变电站短路电流超标。2014 年根据计算结果, 在全接线方式下短路电流将大大超过断路器额定开断容量。为确保短路电流不超标, 保证电网安全稳定运行, 最后采用在中性点加装小电抗器的方式降低短路电流, 消除电网安全隐患。

采用电力电子及电磁暂态计算程序(EMTPE), 对乌北变电站主变压器中性点加装电抗器进行过电压及绝缘配合研究。主要研究了以下两点:

- 1) 主变压器中性点加装电抗器时通过电抗器的工频稳态和暂态电流;
- 2) 主变压器中性点电抗器的工频暂态过电压和最大操作过电压。

通过对系统运行方式、设备参数、输电线路参数建模与仿真分析, 计算出主变压器中性点工频耐压与操作耐压水平, 达到了优化电网运行方式, 保证新疆 750 kV 主网安全稳定运行的目的。

## 1 系统研究条件

### 1.1 系统概况及运行方式

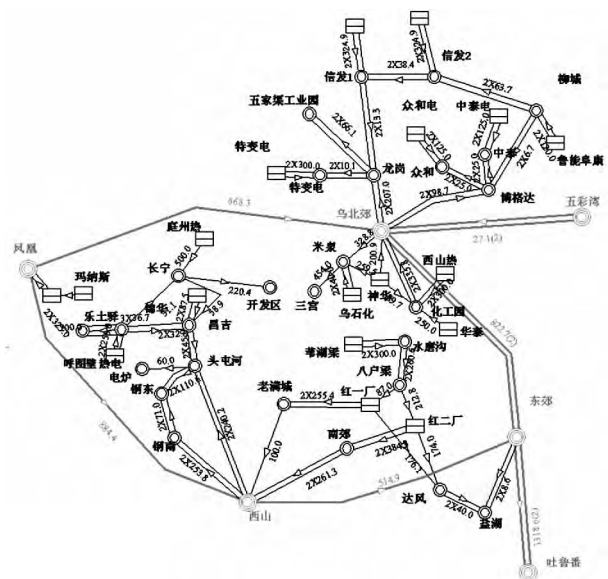


图 1 乌北站附近输电系统潮流及接线图  
根据目前乌北地区网架结构及电源运行情况,

750 kV 乌北变电站有 2 台主变压器,其 750 kV 出线有 5 回,分别至 750 kV 凤凰、达坂城及五彩湾变电站;220 kV 出线 8 回,分别至 220 kV 龙岗、博格达、化工园、神华及米泉变电站。所研究的系统运行方式采用 2014 年目标网架数据包(设备参数、输电线路参数以 2014 年目标网架为准,以下简称 2014 年方式),该方式下,乌北变电站 750 kV 和 220 kV 侧单相短路电流分别为 19.5 kA 和 54.6 kA,乌北变电站附近 750 kV 和 220 kV 输电系统的潮流及接线图如图 1 所示。

### 1.2 主变压器参数

750 kV 乌北变电站主变压器参数如表 1 所示。

表 1 750 kV 乌北变电站主变压器主要参数

参数	额定值
额定容量/MVA	1 500/1 500/450
额定电压/kV	765/3 : 230/3 : 63
调节范围/%	230/3 ± 2 × 2.5%
$U_{K1-2}/\%$	19.0
$U_{K1-3}/\%$	43.0
$U_{K2-3}/\%$	23.0

乌北变电站 750 kV 主变压器高、中压公共中性点采用 66 kV 电压等级绝缘水平耐压水平如下:

- 1) 1 min 工频耐压: 140 kV(有效值)
- 2) 雷电冲击全波耐受电压: 325 kV(峰值)

### 1.3 主变压器中性点电抗器参数

目前,750 kV 乌北变电站 220 kV 断路器额定开断容量为 50 kA,根据限制短路电流的系统仿真研究结果,乌北变电站 750 kV 变压器中性点加装电抗器的阻值为 12 Ω 时,220 kV 断路器最大短路电流(单相短路情况下短路电流)不超过 50 kA,其关键技术参数初步按如下选取:

- 1) 绝缘水平(66 kV 电压等级)  
1 min 工频耐压: 140 kV(有效值)  
雷电冲击全波耐受电压: 325 kV(峰值)
- 2) 短时热稳定电流 6 kA(10 s)

## 2 非对称故障下变压器中性点工频电压及电流

对各种非对称故障的计算分析表明,变电站母线或出线侧发生单相或两相接地故障时,变压器中性点电抗器的工频电压最高。表 2 分别给出了 2014 年方

式下,发生非对称短路故障时,750 kV 乌北主变压器中性点电抗器的工频电压及电流的计算结果。

表 2 750 kV 主变压器中性点电抗器工频过电压及电流

故障位置	故障形式	电抗阻值 /Ω	电抗器电压 /kV (有效值)	电抗器电流 /kA (有效值)
220 kV 母线或出线侧	单相接地	12	51.3	4.3
	两相接地		46.2	3.8
750kV 母线或出线侧	单相接地	12	12.7	1.1
	两相接地		12.0	1.0

由表 2 的计算结果可知,乌北变电站 750 kV 主变压器中性点加装 12 Ω 电抗器后,主变压器中性点的最大工频电压为 51.3 kV,通过电抗器的最大工频电流为 4.3 kA。

需要说明的是,变压器中性点加装电抗器后,对 750 kV 和 220 kV 系统的工频过电压影响极小,工频过电压都比较低。主要原因是: 1) 乌北变电站有 5 回 750 kV 出线和 8 回 220 kV 出线,系统联系强,短路容量大; 2) 每回线的线路长度较短,其中 750 kV 线路最长为 160 km,220 kV 线路最长为 27 km。

## 3 变压器中性点操作过电压和暂态电流

### 3.1 接地故障

在 2014 年方式下,计算了接地故障情况下乌北变压器中性点电抗器上的操作过电压、最大暂态电流和中性点避雷器的能耗,计算结果列于表 3。图 3 给出了变压器中性点最大电流的波形。

表 3 乌北变电站变压器中性点操作过电压

故障位置	故障类型	电抗器电压 /kV(峰值)	电抗器电流 /kA(峰值)	中性点避雷器能耗/kJ
750 kV 母线	单相接地	42.3	2.7	<1
	两相接地	43.1	3.7	<1
220 kV 母线	单相接地	133.5	11.1	<1
	两相接地	133.4	15.7	<1

由表 3 可以看出: 乌北变电站 750 kV 变压器中性点电抗器上的最大操作过电压为 133.5 kV,最大暂态电流为 15.7 kA,出现在 220 kV 母线发生两相接地故障的暂态过程中。这时,变压器中性点避雷器的能耗都小于 1 kJ。

### 3.2 合闸操作

表4给出了2014年方式下,乌北变电站合空载变压器、空载线路断路器合闸、单相重合闸操作情况下,变压器中性点电抗器的操作过电压情况。

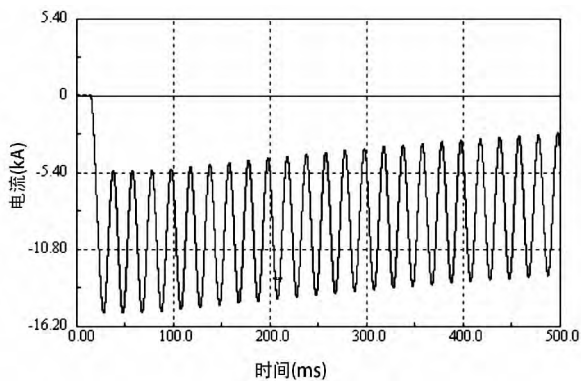


图2 乌北变电站220 kV母线发生两相接地故障变压器中性点最大电流波形

表4 各种合闸方式下,乌北变电站中性点操作过电压

操作方式	操作侧	电抗器电压/kV(峰值)	电抗器电流/kA(峰值)	中性点避雷器能耗/kJ
合空载变压器	750 kV	110.6	2.7	<1
	220 kV	101.1	4.6	<1
合空载线路	750 kV	7.8	0.1	<1
	220 kV	31.8	0.1	<1
线路单相重合闸	750 kV	3.9	<0.1	<1
	220 kV	24.5	0.1	<1

结果表明,乌北变电站合空载变压器操作时,变压器中性点最大操作过电压为110.6 kV,电抗器的最大电流为4.6 kA;线路合闸和重合闸操作时,变压器中性点最大操作过电压为31.8 kV,电抗器的最大电流为0.1 kA。可以看出合闸操作时变压器中性点电抗器上的过电压比发生不对称短路故障时的过电压要低一些。

上述变电站中性点加装电抗器后,对750 kV和220 kV系统的合闸及单相重合闸操作过电压影响也极小。此外750 kV侧断路器合闸电阻也对过电压有抑制作用。研究时即使考虑变压器和线路在检修方式,变压器中性点加装电抗器前后,750 kV线路合闸及单相重合闸操作,母线侧和线路侧最大统计操作过电压都不超过1.24 p.u.;220 kV线路合闸及单相重合闸操作时,母线侧和线路侧最大统计操作过电压都不超过1.88 p.u.,与操作过电压要求值(750 kV系统为1.8 p.u.;220 kV系统为3.0 p.u.)相比还有较大的裕度。

## 4 结 论

通过仿真结果分析表明:

1) 乌北变电站变压器中性点加装电抗器后,对系统的工频和操作过电压影响较小,工频和操作过电压比较低,与规程的要求值相比有较大的裕度。变压器中性点加装电抗器后,不影响变电站的绝缘配合。

2) 乌北变电站主变压器中性点加装电抗器后,主变压器中性点及电抗器为66 kV电压等级绝缘水平,与中性点额定电压为96 kV的避雷器保护配合,可满足过电压与绝缘配合的要求,无需在中性点增加放电间隙。

3) 对于主变压器零序电流保护,由于其动作整定值与零序电流 $3I_0$ 直接有关。当主变压器中性点经小电抗器接地时,接地短路电流幅值变小,保护装置的灵敏度变差,需要根据主变压器中性点串接小电抗器接地后的零序短路电流,重新对保护装置进行整定,并对保护装置的灵敏度进行校验,修改保护定值,满足相关要求。

通过所研究的结果,验证了中性点接入电抗器后工频耐压与操作耐压水平符合要求,降低了变电站短路电流,达到了优化电网结构,保证西北750 kV主网安全稳定运行的目的。

### 参考文献

- [1] 周沛洪, 姜颖, 戴敏, 等. 750 kV 宝鸡至乾县送变工程内过电压研究[J]. 电源与清洁能源, 2008, 24(1): 19-23.
- [2] 吕景顺, 王寅仲, 王欣, 等. 330 kV 升压变压器中性点保护问题讨论[J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(1): 45-47.
- [3] 文春雷, 王微波, 张亚扶, 等. 500 kV 变压器中性点加装小电抗影响分析与试验研究[J]. 电工技术, 2014(4): 53-55.
- [4] 李晓华, 张波, 傅龙辉, 等. 多个500 kV 站点自耦变中性点加装小电抗对零序电量叠加影响的研究[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 1074-1082.
- [5] 李景禄, 周羽生. 关于配电网中性点接地方式的探讨[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(8): 85-86.
- [6] 刘渝根, 丁伯剑, 袁涛. 山区35 kV 电网中性点新型运行方式研究[J]. 高电压技术, 2006, 32(1): 32-34.

[7] 林耀洲,陈秀娟,陈维江,等. 110 和 220 kV 不接地运行变压器中性点保护方式[J]. 电网技术, 2012(4): 256-259.

[8] 王育路,魏宾,郝西伟,等. 西安电网供电主网变压器中性点经小电抗接地的研究[J]. 高压电器, 2010, 46(2): 91-94.

[9] 胡晓松,陈旭峰,赵强. 110 kV 主变压器中性点间隙击穿跳闸分析及对策[J]. 四川电力技术, 2010, 33(1): 89-91.

[10] 刘超,何林海,崔晓云,等. 110 kV 变压器中性点零序保护配置方式研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(2): 114-117.

[11] 石树平. 主变中性点过电压保护配置原则探索[J]. 电力系统保护与控制, 2001, 29(5): 41-44.

[12] 董恩伏,郑良华. 吉林省电网 220 kV 变压器中性点保护间隙的选择[J]. 吉林电力, 2007, 35(5): 26-28.

[13] 武万才,宋仕军,张晓磊. 主变压器中性点间隙击穿零序保护误动分析与建议[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(14): 90-94.

(收稿日期: 2016-04-18)

## 《四川电力技术》投稿须知

《四川电力技术》是国网四川省电力公司主管、四川省电机工程学会和国网四川省电力公司电力科学研究院联合主办的国内外公开发行的综合性学术的电力科技期刊,主要刊登电力系统的科研、规划、生产运行、设备和系统维护等方面的研究报告、专题论述、应用研究、经验交流、技术讨论等文稿,尤其是科研创新方面的论文。本刊热诚欢迎投稿。根据科技论文规范化的要求,本刊对来稿提出以下要求:

- 1) 文稿内容应具有科学性、创新性和实用性;论点明确、数据可靠、说明严谨、数学推导简明;语言流畅、文字简练、层次分明、重点突出。学术论文请按 GB 7713-1987《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》书写,篇幅以版面不超过 5 000 字(包括图表所占篇幅)为宜。
- 2) 文稿须写有中文摘要、关键词。摘要内容包括研究目的、方法、结果和结论四要素。摘要在 150~300 字之内。关键词是反映论文的词组,选 3~8 个。摘要及关键词、文章题目均附英文译文。
- 3) 文稿表格尽量采用“三线表”。表格上方写表序和表名。表注放在表底。插图应清晰、少而精,插图下方应有图序和图名。能用文字和表格描述的尽可能不用插图。
- 4) 来稿计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》和符号。
- 5) 文中或公式中外文字母符号要注明文种、大小写、上下标、正体、斜体。
- 6) 参考文献应尽量选用公开发表的资料,按在正文中出现的先后次序列于文后,以 [1]、[2]……标识序号,且与正文中的指标序号一致。按 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》、CAJ-CD B/T 1-2006《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范修证版试行稿》的要求著录文后参考文献。

文献类型及其标识为:普通图书[M];会议论文[C];报纸文章[N];期刊文章[J];学位论文[D];报告[R];标准[S];专利[P];汇编[G];档案[B];古籍[O];参考工具[K];其他未说明的文献类型,例如可公开的政府行政部门编号文件、行业或大公司的技术规范或工作手册[Z];网上期刊[J/OL];网上电子公司[EB/OL]。电子文献尚需在载体标记后加上发表或更新日期(加圆括号)、引用日期(加方括号)和电子文献网址。

- 7) 投稿可通过 E-mail 提供电子文档,信箱为 cdscljs@163.com。稿件上注明详细地址、邮政编码、联系电话,并请自留底稿,本刊一律不退稿。作者在投稿 3 个月后可致电 028-87082036 或 E-mail 编辑部了解审稿情况。
- 8) 本刊投稿自愿,文责自负。对录用稿件编辑部有权进行必要的删改,如不愿被删改,请在原稿上注明。
- 9) 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、北极星网站、万方数据库、《中国期刊全文数据库》等网站,稿件一经录用刊登,作者著作权使用费用及稿酬已一次付清,如作者不同意收录,请在来稿时提出声明,本刊将作适当处理。

本刊地址:四川省成都市青华路 24 号  
 邮政编码:610072  
 电话:(028) 87082036 87082037  
 E-mail: cdscljs@163.com