

# 220 kV 变电站中建设融冰配电变压器的设想

邓 健

(湘潭电业局, 湖南 湘潭 411102)

**摘 要:** 2008 年 1 月的冰灾中融冰实例证明, 传统串接多线路的融冰方法存在对系统影响大、操作复杂等缺点。用合适的电压等级对单一线路进行融冰优点明显。针对地区电网 110 kV 线路的长度等特点, 提出了在 220 kV 变电站中建设融冰配电变压器的设想, 并经计算证明该配电变压器能够实现对绝大多数的 110 kV 线路的单一线路融冰。

**关键词:** 110 kV 线路; 融冰; 配电变压器

**Abstract:** The ice-melting experiences in ice and snow disaster in January 2008 prove that the traditional ice-melting method of series multiline has some drawbacks such as having a great influence on the system and complex operation. It has many obvious advantages to adopt the suitable voltage grade in ice-melting method of single power line. According to the features of local 110 kV transmission line such as length, the assumption of building ice-melting distribution transformer in 220 kV substation is put forward, which has been proved by calculations.

**Key words:** 110 kV transmission line; ice-melting; distribution transformer

**中图分类号:** TM417 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)05-0017-04

## 0 引 言

随着社会经济的发展, 变电站的布点越来越密集, 各个电压等级的输电线路越来越短。经过今年的冰冻、融冰实践证明传统串接多线路的融冰方法存在对系统运行影响大、融冰操作复杂等缺点, 使之在短线路融冰中无法实施, 而用合适的电压等级对单一线路进行融冰的优点明显<sup>[1,2]</sup>。地区电网以 110 kV 线路为主, 线路相对比较短, 针对单一 110 kV 输电线路进行融冰的合适电压等级如何确定和获取是一个值得探索的问题。根据不同电压等级融冰电压对不同型号的线路融冰有效范围和 110 kV 输电线路长度特点, 提出了在 220 kV 变电站中建设融冰配电变压器的设想。

## 1 常用融冰电压等级对各型号 110 kV 线路融冰的有效长度

不同型号的线路由于受最大允许融冰电流和融冰所需最小电流的限制, 不同电压等级的融冰电源对不同型号的线路融冰有其最大和最小有效长度。在一定电压等级融冰电源下, 被融冰线路长度超过其最大有效长度, 则融冰电流达不到融冰所需最小电流, 无法实现融冰。被融冰线路长度未达到其最小有效

长度, 则融冰电流超过了线路最大允许融冰电流, 则被融冰线路将因过载而受损。

现根据常见 110 kV 线路的型号及线路最大允许融冰电流和融冰所需最小电流, 计算出了在 T1 和 T2 两个气象条件下, 用常用的 6 kV、10.5 kV 融冰电压等级融冰电源对不同型号 110 kV 线路融冰最大和最小的有效长度。其结果见表 1、2 (T1 气象条件为被融冰线路附近气温  $-3^{\circ}$ 、风速 3 m/s; T2 气象条件为被融冰线路附近气温  $-5^{\circ}$ 、风速 5 m/s)<sup>[3]</sup>。

## 2 110 kV 输电线路适用融冰电压等级的探索

地区电网以 110 kV 输电线路为主, 其长度一般为 10 km 以内的短线路, 导线型号以 LGJ-185 和

表 1 在 T1 条件下不同型号 110 kV 线路融冰的最大和最小有效长度

导线型号	6 kV		10.5 kV	
	最大 /km	最小 /km	最大 /km	最小 /km
LGJ-95	31.5	10.7	55.1	18.6
LJG-120	29.4	9.9	51.4	17.3
LGJ-150	27.8	9.4	48.6	16.3
LGJ-185	24.4	8.2	42.8	14.4
LGJ-240	21.6	7.3	37.9	12.7
LGJ-300	17.8	6.0	31.3	10.4
LGJQ-300	20.9	6.3	36.7	11.0

表 2 在 T2 条件下不同型号 110kV 线路融冰的  
最大和最小有效长度

导线型号	6 kV		10.5 kV	
	最大 /km	最小 /km	最大 /km	最小 /km
LGJ-95	22	9.1	38.5	16.0
LJG-120	20.5	8.5	35.9	14.9
LGJ-150	19.4	8.0	34.0	14.0
LGJ-185	17.1	7.1	29.9	12.3
LGJ-240	15.1	6.2	26.5	10.9
LGJ-300	12.5	5.1	21.8	9.0
LGJQ-300	13.1	5.4	23.0	9.4

LGJ-240 两种居多。以湘潭电网为例,湘潭电网目前共有 110 kV 输电线路 44 条,线路导线型号为 LGJ-185 和 LGJ-240 的有 32 条,导线长度有 30 条在 10 km 以内,主要分布在 2.5~10 km 之间。从目前电网存在可以利用来融冰的电压等级来看,一般是 10.5 kV 和 6 kV 两种电压等级。从表 1 和表 2 中可以看出这两个融冰电压等级无法实现对大部分 110 kV 线路进行单一线路融冰。而且随着社会经济的发展,220 kV 变电站布点的增加,110 kV 输电线路长度将越来越短,目前采用的融冰电压等级将无法满足不同电压等级单一线路融冰的需要。因此,如何实现从目前电网获取合适的更低电压等级的融冰电源显得非常重要。考虑到线路应在 T1、T2 两种气象情况下均能可靠融冰,且融冰范围不和目前常用融冰电压等级的融冰范围冲突。根据测算,将更低一级的融冰电压等级定为 5 kV、2.5 kV、1.25 kV 便可以满足需要。为了使 T1、T2 气象条件下都能实现融冰,不同型号的线路融冰范围由 T1 条件下导线最大允许融冰电流和 T2 条件下导线融冰所需最小电流为限制条件来计算。此三种电压等级融冰电源对不同型号 110 kV 线路的融冰范围计算如表 3。

表 3 5 kV、2.5 kV、1.25 kV 电压等级对 110 kV 线路融冰的  
最大及最小有效长度

导线型号	5 kV		2.5 kV		1.25 kV	
	最大 /km	最小 /km	最大 /km	最小 /km	最大 /km	最小 /km
LGJ-95	18.3	8.9	9.1	4.5	4.5	2.3
LJG-120	17.1	8.3	8.5	4.2	4.2	2.1
LGJ-150	16.2	7.8	8.1	3.9	4.0	2
LGJ-185	14.2	6.9	7.1	3.5	3.5	1.8
LGJ-240	12.6	6.1	6.3	3.1	3.1	1.6
LGJ-300	10.4	5.0	5.2	2.5	2.6	1.3
LGJQ-300	10.9	5.2	5.4	2.6	2.7	1.3

### 3 在 220 kV 变电站中建设融冰配电变压器的设想

由于 110 kV 线路相对比较短,目前常用的融冰电压等级无法满足单一线路融冰的要求,如何获取合适的融冰电压成为实现对 110 kV 线路单一线路融冰的关键。考虑到大部分 110 kV 线路是从 220 kV 变电站出来的出线,特提出在 220 kV 变电站的 10 kV 融冰间隔装设融冰配电变压器,通过此融冰配电变压器的变压,获取适合 110 kV 线路单一线路融冰所需电压等级的融冰电源,其接线如图 1。

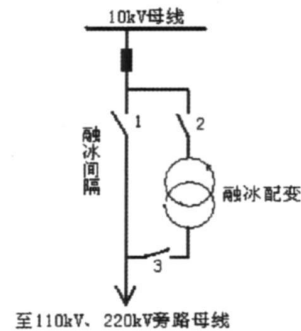


图 1 融冰配电变压器接线图

此融冰配电变压器为无载调压变压器,其高压侧为 10.5 kV,低压侧为 5、2.5、1.25 kV 三个可调电压等级,经测算该融冰配电变压器的容量要配置为 12 MV·A。为了减少融冰配电变压器的容量,降低融冰配电变压器的制造成本,可以将该配电变压器的低压侧电压等级增加为 5.45、4.35、3.25、2.15、1 kV 九个电压等级,配电变压器容量可以配置为 6.5 MV·A。该融冰变压器和融冰出线并联接线,能够实现 10.5、4.5、4.35、3.25、2.15、1 kV 十个融冰电压等级。为了进一步减少融冰配电变压器的容量,可在融冰配电变压器低压侧并联一个融冰无功补偿电容器,电压等级为 5 kV,容量为 3 Mvar 融冰配电变压器容量可降为 3.5 MV·A,接线如图 2。

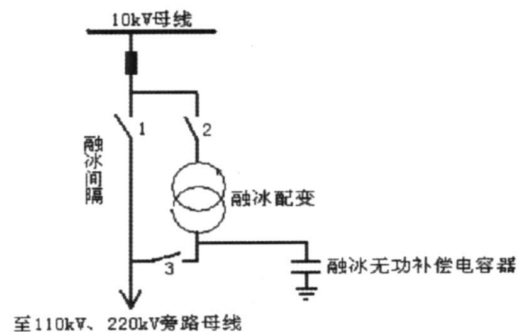


图 2 融冰配电变压器 + 融冰无功补偿电容器接线图

以 LGJ-300、LGJ-240、LGJ-185 三种型号的导线为例, 计算用该融冰配电变压器融冰的条件下每一个融冰电压等级融冰的有效融冰范围及所需最大融冰容量及融冰电流, 其数据见表 4、5、6。

为了进一步减少投资成本, 降低融冰配电变压器的容量, 可以利用 220 kV 变电站内现有的电容器作为融冰时专用电容器, 以湘潭电网 220 kV 茶园变电站为例, 其接线如图 3 所示。

在茶园变电站四台电容器上引出线至 10 kV 融冰间隔。这四台电容器在平常时 7 隔离开关在断开位置, 仍然是做补偿系统无功用。当在线路融冰时, 四台电容器可以任意组合切换至融冰间隔侧做融冰无功补偿用。在 5 kV 电压等级下, 茶园变电站每组电容器容量为 1 500 kvar 融冰无功补偿可以是 1 500、3 000、4 500、6 000 kvar 四个补偿等级。经计算,

这样融冰配电变压器的容量可设置为 2 MV·A, 且无需为融冰单独配置电容器。在用 10.5 kV 电压等级去融冰的时候同样可以通过 7 隔离开关直接补偿电容, 避免了 312 开关及 TA 容量问题。

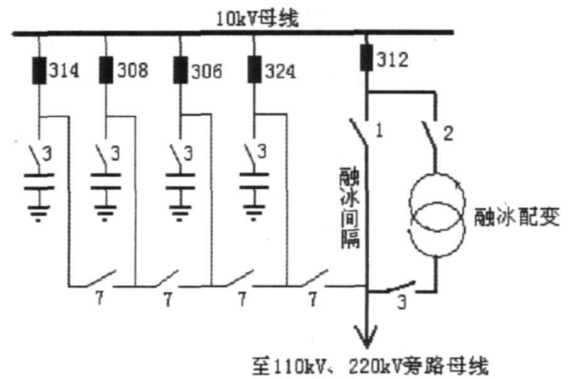


图 3 利用 220 kV 变电站内电容器的 10 kV 配电变压器融冰系统接线图

表 4 融冰配电变压器对 LGJ-300 型导线融冰的相关数据

融冰电压等级 /kV	融冰范围 /km	所需最大融冰容量 /MV·A	所需最大融冰电流 /A
5.0	9.3~10.4	6.51(1.69+jβ.29)	751.4
4.5	8.3~9.3	5.91(1.53+jβ.7)	757.8
4.0	7.2~8.3	5.38(1.39+jβ.2)	776.5
3.5	6.2~7.2	4.78(1.24+jβ.62)	789.0
3.0	5.2~6.2	4.19(1.09+jβ.05)	806.3
2.5	4.1~5.2	3.69(0.96+jβ.56)	852.2
2.0	3.1~4.1	3.12(0.81+jβ.02)	901.7
1.5	2~3.1	2.72(0.71+jβ.63)	1048.2
1.0	1.5~2	1.61(0.42+jβ.56)	931.8

表 5 融冰配电变压器对 LGJ-240 型导线融冰的相关数据

融冰电压等级 /kV	融冰范围 /km	所需最大融冰容量 /MV·A	所需最大融冰电流 /A
5.0	11.3~12.6	5.24(1.63+jβ.99)	605.6
4.5	10~11.3	4.8(1.49+jβ.56)	615.9
4.0	8.8~10	4.31(1.34+jβ.1)	622.1
3.5	7.5~8.8	3.87(1.2+jβ.68)	638.7
3.0	6.3~7.5	3.39(1.05+jβ.22)	651.7
2.5	5~6.3	2.96(0.92+jβ.82)	684.3
2.0	3.7~5	2.56(0.8+jβ.44)	739.8
1.5	2.5~3.7	2.13(0.66+jβ.03)	821.2
1.0	1.5~2.5	1.58(0.49+jβ.5)	912.4

表 6 融冰配电变压器对 LGJ-185 型导线融冰的相关数据

融冰电压等级 /kV	融冰范围 /km	所需最大融冰容量 /MV·A	所需最大融冰电流 /A
5.0	12.8~14.2	4.41(1.69+jβ.07)	509.2
4.5	11.4~12.8	4.01(1.54+jβ.7)	514.6
4.0	9.9~11.4	3.65(1.4+jβ.37)	526.7
3.5	8.5~9.9	3.25(1.25+jβ)	536.8
3.0	7.1~8.5	2.86(1.1+jβ.64)	550.8
2.5	5.7~7.1	2.48(0.95+jβ.29)	571.7
2.0	4.2~5.7	2.15(0.83+jβ.99)	620.7
1.5	2.8~4.2	1.81(0.7+jβ.68)	698.3
1.0	1.5~2.8	1.51(0.58+jβ.39)	869.0

表 7 湘潭电网部分 110 kV 线路单一线路融冰的相关数据

序号	线路名称	起止地点	导线型号 长度 /km	融冰电压 等级	融冰短路 电流 /A	融冰有功 /MW	融冰无功 /Mvar	融冰时间 T1	融冰时间 T2
1	白易线	白 516—易 502	LGJ—185/9.937	3.5	459.1	1.07	2.57	70	170
2	荷易线	荷 524—易 504	LGJ—185/9.976	3.5	457.3	1.06	2.56	69	168
3	茶五线	茶 506—五 502	LGJ—240/9.026	4.0	549.1	1.71	3.40	67	144
4	荷五线	荷 516—五 504	LGJ—185/7.541	3.0	518.6	1.03	2.49	44	67
5	茶瓦线	茶 508—瓦 508	LGJQ—300/8.286	4.0	671.1	1.21	4.49	59	110
6	荷瓦线	荷 514—瓦 504	LGJ—240/2.964	1.5	692.6	0.56	1.71	35	46
7	野霞线	野 512—霞 504	LGJ—240/2.485	1.0	550.8	0.30	0.91	67	147
8	茶霞线	茶 526—霞 502	LGJ—240/3.920	2.0	698.3	0.75	2.30	32	44
9	茶潭线	茶 516—潭 500	LGJ—240/5.093	2.5	671.8	0.90	2.77	38	52
10	茶野线	茶 502—野 508	LGJ—300/2.270	1.5	923.6	0.62	2.32	27	36

从经济上考虑, 110 kV 线路大部分是从 220 kV 变电站出线。随着电网的发展, 110 kV 线路均从 220 kV 变电站出线是发展的趋势, 220 kV 变电站的一个融冰配电变压器就可满足多条 110 kV 线路单一线路融冰的需要, 可减少或取消在 110 kV 变电站建设融冰间隔, 在 110 kV 变电站只需要考虑融冰短路点的建设问题, 使得融冰建设的整体成本将更低。

线路, 而且随着电网的发展, 线路的长度将越来越短。目前针对 110 kV 线路融冰的融冰电压等级已不适用单一线路融冰需要。因此, 提出了在 220 kV 变电站装设 10 kV 的特殊变比配电变压器的设想, 以满足 110 kV 线路单一线路融冰的需要。并经理论计算, 证明装设该变压器能够实现可以对绝大多数 110 kV 线路单一线路融冰。

#### 4 融冰适用的电压等级及相关计算

#### 参考文献

根据上面的计算和分析, 根据湘潭电网 110 kV 输电线路的实际情况, 确定了每一条线路的适用电压等级, 并计算了单一线路融冰的相关理论数据。经计算证明在 220 kV 变电站中装设融冰配电变压器能够满足湘潭电网绝大多数 110 kV 输电线路单一线路融冰的需要。部分相关数据见表 7。

- [1] 邓健, 肖顺良, 姚璞, 等. 220kV 线路融冰方案的改进 [J]. 电网技术, 2008, 32(4): 29—30.
- [2] 姚璞, 易炜溟, 邓健, 等. 35kV 线路融冰方案的改进 [J]. 电网技术, 2008, 32(7): 100—102.
- [3] 湖南省电力公司. 湖南电网主网线路融冰方案 (2007—2008 年度) [Z].

#### 作者简介:

邓 健 (1978—), 男, 汉族, 湖南湘乡人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事电网调度工作。

(收稿日期: 2009—06—01)

#### 5 结 论

110 kV 线路大多是长度不超过 10 km 的短

- [2] 刘福鑫. 高压直流电源中 DC/DC 变换器的研究 [D]. 南京航空航天大学硕士学位论文, 2004.
- [3] 李传琦. 电力电子技术计算机仿真实验 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

#### 作者简介:

贾 周 (1981—), 男, 江苏徐州人, 在读研究生, 学士学位, 研究方向为电力电子与电力传动。

王金梅 (1968—), 女, 宁夏大学物电学院教授, 博士学位, 研究领域为电力电子与电力传动。

封俊宝 (1982—), 男, 河南南阳人, 在读研究生, 学士学位, 研究方向为电力电子与电力传动。

(收稿日期: 2009—07—09)

(上接第 12 页)

#### 5 结 论

对 H 桥 DC/DC 变换系统电路进行了理论分析, 建立了基于 MATLAB/Simulink/Power System 工具箱的 H 桥 DC/DC 变换系统电路的仿真模型, 其仿真结果与理论分析十分吻合, 达到了电动机负载在四象限运行的目的, 验证了所建模型的正确性, 完成本课题——基于 PFC 和软开关的大功率开关电源研究所指定的科研任务。

#### 参考文献

- [1] 易卫东, 张建峡, 谢静. 一种新型全桥 DC/DC 软开关电源的仿真研究 [J]. 现代机械, 2009, (2): 23—26.