

220KV 柳林变电站并联电容器 频繁损坏综合分析

李海星，邝石，陈正鸣

(郑州市电业局，河南郑州 450006)

摘 要：220KV 柳林变电站的并联电容器几经更换，每种类型的电容器均损坏频繁，通过分析计算发现该变电站限流电抗器影响电容器正常运行电压和保护接线缺陷，实际测量发现 3 次谐波过电流，找到了影响该变电站并联电容器众多原因，并制定了解决的对策。对电网中并联电容器故障的分析处理有很强借鉴作用。

关键词：电容器；故障；电压；阻抗；谐波

1 220KV 柳林变电站及其并联电容器简述

220KV 柳林变电站始建于 1986 年投运，装设两台 120MVA 容量的变压器，负责为郑州东部地区供电，在该变电站投运初期每台主变带 4 组 6600KVAR 容量的分散电容器，双星接线，不平衡保护。2001 由于原电容器损坏数量众多，将原 1#主变所带 1-4 组电容器改造成为干式自愈电容器，干式自愈电容器安装在原电容器位置，装于电容器小室内，为双星接线，原分散电容器放电线圈和平衡保护用 CT 留用。简单接线见下图：

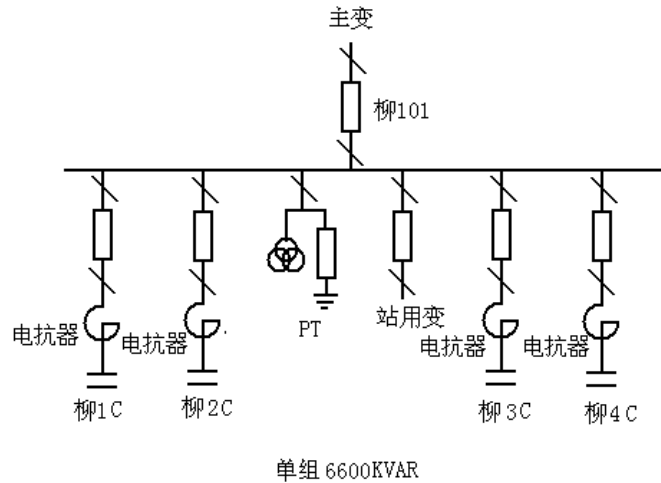


图 1 原电容器接线图

2002 年该变电站的两台主变扩容至 $2 \times 180\text{MVA}$ 。2002 年，1# 主变所带 1-4 组干式电容器组因散热空间过小，严重发热并且频繁烧毁而返厂更换；2004 年，返回变电站的这些干式自愈电容器采用散热空间大并且带制冷装置的电容器小室，投运后仍然频繁损坏，进而更换为 $4 \times 8000\text{KVAR}$ 集合式电容器运行至今。2003 年 2# 主变所带电容器更换为 $4 \times 8000\text{KVAR}$ 容量的电容器运行至今，两段电容器接线形式相同。简易接线见下图：

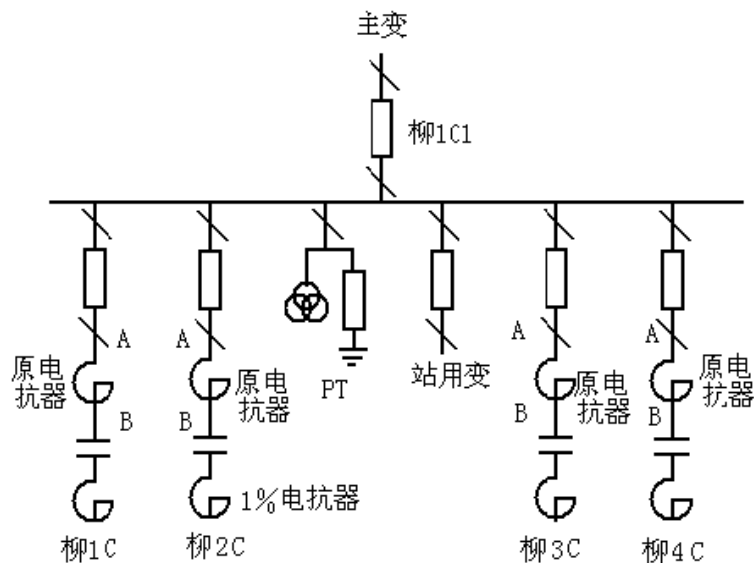


图 2 现电容器接线图

2005 年这些集合电容器开始频繁损坏。

2 220KV 柳林变电站并联电容器故障系统因素计算与分析

2.1 现场测量电容器与电抗器的端电压情况

见图 2，为计算限流电抗器的电抗数据，在电容器全投状态实际测量电抗器两端的电压，图 2 中的 A 与 B 点：

- 电抗器前的电压（A 点）对地电压为 6KV（母线电压 10.4KV）；
- 位于母线中部（2C、3C）两个电抗器后的电压（B 点）为 6.4KV；
- 位于母线端部（1C、4C）两个电抗器后的电压（B 点）为 6.3KV；

可见，限流电抗器压降为 400V 左右，当天测试发现电容器有过电流现象，电流值为 450A（额定值为 420A）。

2.2 计算电抗器对并联电容器的影响与阻抗匹配

由图 2 可见，该变电站的并联电容器多了一个限流电抗器（老旧水泥电抗器），设计方为限制短路电流保存，需要考虑限流电抗器对电容器电压的抬高。该电抗器铭牌参数为：

热容量	3470	千伏安
无功功率	277	千伏安
电流	600	A
电抗率	8%	

表 1 老水泥电抗器铭牌参数

经过计算该系统各个阻抗值得到以下电容器系统数据表格：

容量为 8000KVAR	1%串联电抗的感抗	0.151		
	电容器容抗 $R_C=Q/I^2$ (I=420A)	15.116		
	实测限流电抗器压降	V	300	400
	限流电抗器感抗 $R_{ln}=U_{ln}/I_{ln}$		0.714	0.952
	原电抗器电抗率		4.725%	6.300%
	总电抗率		5.725%	7.300%
	电容器的电压水平	KV	11.023	11.210
	电容器超过额定电压水平值		0.21%	1.91%
	当电容器存在过电流(450A)时电 容器超额定电压水平		0.57%	2.41%

表 2 柳林电容器系统计算结果

通过计算可见：该电容器存在过电压运行的情况，其中位于中间位置的 2C、3C 较为严重，而该变电站每台主变所带电容器确实是 2C、3C 首先开始损坏的。10KV 母线电压是允许在 10.7kV 运行的，在 220KV 柳林变电站系统中 10KV 线圈是半容量，并且不对外供电，少量电容器投入运行时会造成 10KV 母线电压水平比测试时更加偏高。以上各种原因造成电容器长期过电压运行。

2.3 放电线圈、保护接线的影响

在早期分散式电容器和干式自愈电容器接线中，放电线圈并联在电容器与电抗器相串联的回路中(见图 3)。当放电线圈二次电压接成开口三角时，图 3 中无中性线 L 时，开口三角电压反映的是三相母线电压不平衡，不能用于电容器组的不平衡保护；有中性线时，开口三角电压是反映三相电容器的不平衡情况，可以用做电容器组不平衡保护，但不足是：放电线圈与电容器承受的不是相同的电压，二者电压相差串联电抗器端电压的数值。在运行中电容器端电压如果达到 1.1 倍额定电压时，放电线圈二次电压达不到 1.1 倍的额定电压，过压保护不动作，电容器在过电压的情况下运行，易造成电容器的损坏。改为集合式电容器后这种接线方式得到了改善。

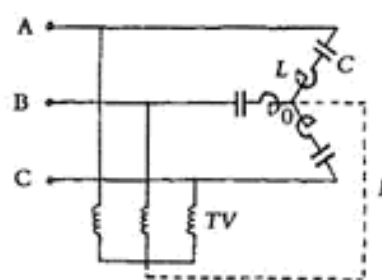


图 3 放电线圈的接线

3 220KV 柳林变电站谐波分析与实际测量情况

3.1 谐波来源与系统情况分析

经过分析发现柳林变电站所带柳五线为电气化铁路牵引站，而电气化铁路牵引站为两项运行而且是冲击性负荷，会给电网中带来大量 3 次谐波，220KV 主变 10KV 低压侧为三角型接线，理论上 10KV 是

不会有 3 次流通谐波的 ,但是实际上主变的线圈绕制与布置肯定不会完全对称(空载变压器本身就是 3 次谐波源) ,会导致低压侧出现多种来源的 3 次谐波。柳林变电站在实际测量中发现电容器组有过电流情况,这也是谐波存在的现象之一,故怀疑该变电站 10KV 系统存在 3 次谐波。

3. 2 串联电抗器对 3 次谐波的作用

并联电容器装置会造成谐波的放大 ,同时谐波会造成电容器的过电压而损坏 ,目前对于谐波的限制主要手段是根据地区电网谐波情况确定串联电抗器电抗率 :调整限制合闸涌流时 ,建议电抗器选择 $X_L=(0.1\% \sim 1\%)X_C$;抑制 5 次以上谐波时 ,建议电抗器选择 $X_L=(5\% \sim 6\%) X_C$;抑制 3 次以上谐波时 ,建议电抗器选择 $X_L=(12\% \sim 13\%)X_C$ 。而表 1 中可见,该变电站并联电容器的串联电抗器和限流电抗器对 3 次谐波没有抑制作用。

3. 3 谐波的实际测量情况

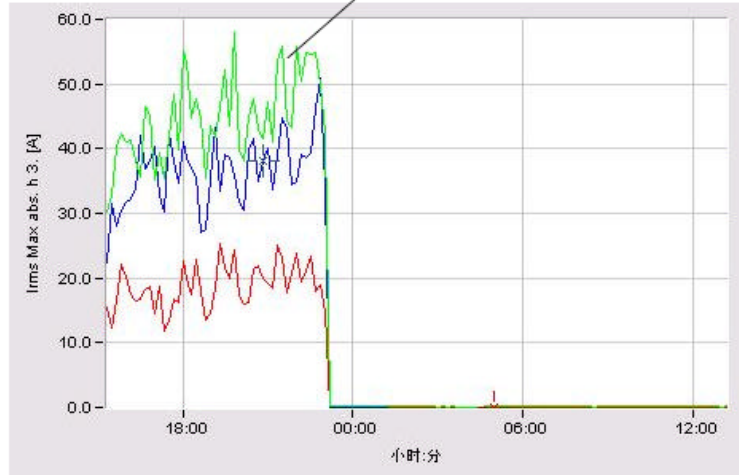
我们采用测试仪器是 LEM PQPT— 1000 电能质量测试仪,在柳林变电站监测了 26 小时,结果发现柳林系统确实存在 3 次谐波过电流情况: 3 次谐波电流值最大为 58A, 3 次谐波电流畸变率为: 20—26%, 3 次谐波电流已经达到额定电流的 14%, 另外通过计算和仿真结果是系统存在 3 次谐波则系统可能发生并联谐振放大的可能。

3 次谐波电流值

测量周期: 21.07.2005 15:20:00,000000 - 22.07.2005 13:10:00,000000

数量	相 1	相 2	相 3	N	测量方法	单位
Irms Max abs. h 3	---	---	---		10 分钟数据库	[A]

C 相 3 次谐波电流



A 相: Irms Max abs. h [A]
B 相: Irms Max abs. h [A]
C 相 3: Irms Max abs. h [A]

图 4 测试中发现的 3 次谐波电流

4 220KV 柳林变电站并联电容器损坏原因总结与对策

4.1 柳林电容器改造对策

- 首先要解决 3 次谐波的影响，采用 13% 的串联电抗器，为有利于保护电容器，电抗器前置于电容器前，这样流入电容器的 3 次谐波分量非常小，基本能够消除谐波影响；
- 对柳林变电站进行仿真计算，核定并联电容器组的容量，使柳林系统避开谐振点；
- 采用优质的电容器，电容器相应的额定电压定为 $12/\sqrt{3}$ ，采用进口的单只大容量过电压与过电流运行能力强的电容器；

- 拆除原来的水泥串联电抗器，为限制短路电流需要在主变出口加装限流电抗器；更换电容器专用断路器，在无法更换电容器专用断路器的情况下为真空开关加装过电压吸收器。

我们找到了影响 220KV 柳林变电站并联电容器正常运行的各种因素，并制定相应的对策，经过这样改造能够解决目前柳林变电站并联电容器的故障隐患。

4.2 220KV 柳林变电站并联电容器损坏原因总结

柳林变电站故障原因从系统接线与阻抗、系统参数匹配、产品质量、谐波影响到继电保护的配合均对电容器故障有影响：串联电抗器使得电容器过电压，3 次谐波存在导致电容器过电流，保护接线不完善都使得电容器工作条件进一步劣化。这些诸多原因导致柳林电容器长时间多次损坏。柳林变电站的并联电容器故障原因复杂、比较隐蔽、非常典型。这些经验对于以后电容器损坏的原因分析，改造接线选择都具有很强借鉴作用。

作者简介：

李海星（1963—），男，硕士，高级工程师，郑州市电业局生产副局长，长期从事电力生产管理工作。

邝 石（1972—），男，工程师，主要从事变电检修，绝缘监督与电力生产技术管理工作。

陈正鸣（1957—），男，高级工程师，郑州市电业局生产副总工兼生产技术部主任，长期从事电力生产管理工作。

参考文献

[1] 串联电抗器的选取

周存和

联系方式：

李海星： TEL： 0371-68808213 13903713439 郑州市电业局 邮编 450006

邝 石： TEL： 0371-68808117 13838142582 郑州市电业局生产技术部

陈正鸣： TEL： 0371-68808110 13703842970 郑州市电业局生产技术部