



蓝河电气
LANHE ELECTRIC

快速断路器与限流器的区别

陕西蓝河电气工程有限公司

2017 年 07 月

1 概念

1.1 快速真空断路器的定义

目前电力市场出现了一种快速真空断路器，这种断路器采用了改进的永磁机构，通过专用的控制装置快速识别故障电流并发出断路器操作命令，从故障发生到故障切除的总时间在 30ms 以内。之所以把这种断路器称为快速真空断路器，是为了与分闸速度更快（分闸时间可小于 2ms）的基于电磁斥力机构的真空断路器区别。

1.2 限流器的定义

故障电流限制器，也称短路电流限制器或简称限流器，英文名 FCL（Fault Current Limiter）或 SCCL（Short-Circuit Current Limiter），是一种串联于电气回路中、可对故障电流包括其第一峰值进行有效限制的阻抗变换器件或具有限流功能的快速开断设备。

2 技术参数

2.1 某型 12kV/1600A 快速真空断路器主要技术参数

序号	参数名称	要求值
1	额定电压	12kV
2	额定电流	1600A
3	额定断路开断电流	40kA
4	额定峰值耐受电流	100kA
5	额定开距	5±0.2mm
6	超行程	2±0.2mm
7	额定分闸时间	4~6ms
8	额定合闸时间	11~16ms
9	触头合闸弹跳及分、合闸不同期	≤2ms
10	断口工频耐压	42kV/1min
11	断口雷电冲击耐压	75kV
12	额定机械寿命	10000 次

2.2 某型 12kV/1600A 限流器技术参数

序号	参数名称	要求值
1	额定电压	12kV
2	额定电流	1600A
3	额定断路开断电流	40kA
4	额定峰值耐受电流	100kA
5	额定开距	——
6	超行程	——
7	全开断时间（从故障电流发生到切断）	$\leq 10\text{ms}$
8	额定合闸时间	——
9	触头合闸弹跳及分、合闸不同期	——
10	断口工频耐压	42kV/1min
11	断口雷电冲击耐压	75kV
12	额定机械寿命	——

备注：“——”表示没有此项目。

3 技术性能指标

3.1 开断故障电流时间

快速真空断路器的分闸时间为 4~6ms,合闸时间为 11~16ms，专用智能识别装置故障响应时间一般不大于 6ms,并可将燃弧时间缩短到 2ms 以内，所以说从故障发生到故障切除的最快总时间在 30ms 以内，而限流器（FCL）的主导电回路由爆破式高速隔离器和特种限流熔断器构成，一旦其专用控制器检测到故障电流信号即瞬间触发爆破式高速隔离器动作，故障电流在 1ms 时间内即可转移到特种限流熔断器中，并在大约 5ms 时间内完成限流开断。从故障发生到故障切除的总时间小于 10ms，远远小于真空断路器的切除故障总时间。

3.2 开断短路电流过程

快速真空断路器开断短路电流的过程如下图 1 所示

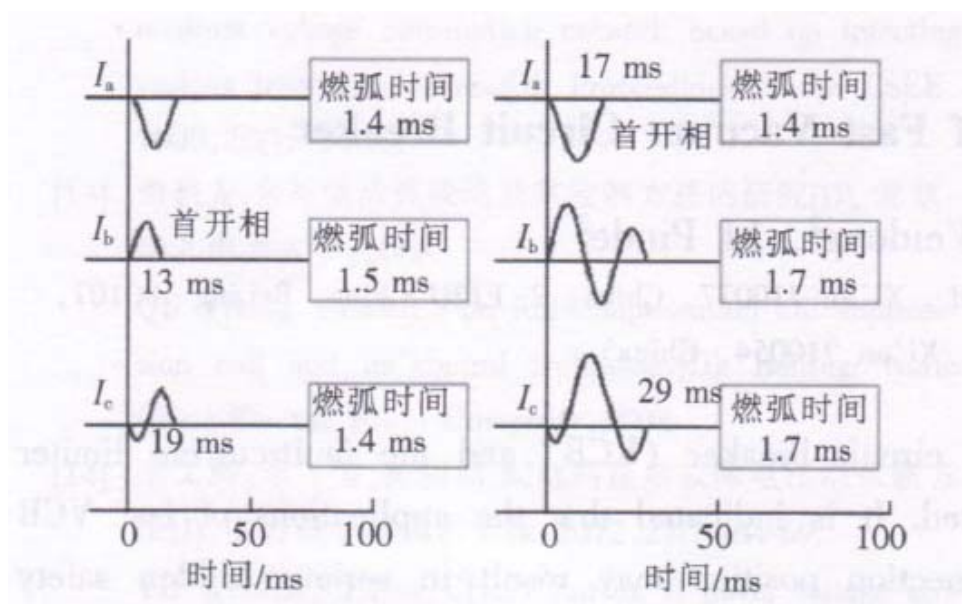


图1 快速真空断路器开断40kA 短路电流的典型波形

可以看出，真空断路器跟普通断路器一样，故障电流只有在自然过零时方可开断，所以其都有首开相与其他相开断时存在一定的时间差的问题。

而由下图2可以看出，限流器只要故障发生，一旦专用控制器监测到短路电流即瞬间爆破快速隔离器，1ms 内将短路电流转移到特种高压限流熔断器，约5ms 内完成限流开断。所以 FCL 只要发现短路电流即刻开始开断短路电流，无需等待自然过零状态。FCL 开断短路电流的过程如下图所示：

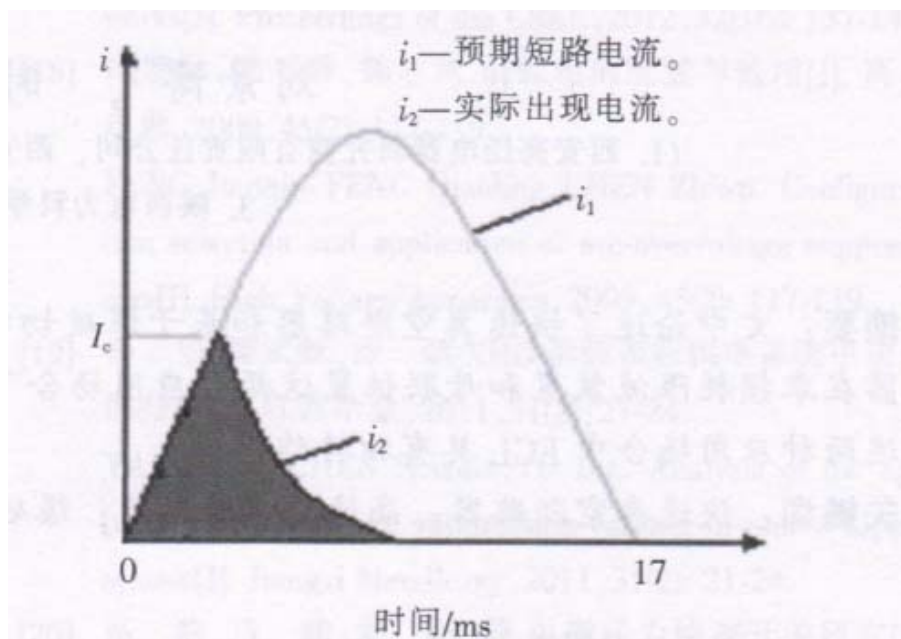


图2 限流器开断短路电流的典型波形

图2中 i_1 为预期的短路电流， i_2 为实际的短路电流，很明显经限流器开断之

后，短路电流远远小于预期的短路电流且耗时较短，最大程度的减少了因发生短路故障而对系统产生的冲击。

3.3 开断过程中的限流特性

快速真空断路器在开断的过程中不具有限流的特性，因为在断路器触头打开后会起弧，所以故障电流并不能立即被切断，整个切断的过程需耗时将近 30ms，只有断路器在故障电流自然过零点附近开断，电流才能顺利被切断。而限流器在开断的过程中具有限流功能，故障电流最终经过特种高压限流熔断器的燃弧、熄弧将短路电流切断，不需要过零切断故障电流。

3.4 举例说明

3.4.1 限流电抗器旁路应用快速真空断路器与限流器区别

若应用快速真空断路器，如下图 3、图 4 所示，在 t_0 时刻发生短路故障， t_1 时刻电流开始转移到限流电抗器， t_3 时刻短路电流被 VCB₂ 断开，但由于快速真空断路器在开断的过程中不具有限流的特性，所以再开断过程中的短路电流总量很可能已经超过 VCB₂ 及其它设备的承受能力，破坏相关设备的机械机构或者造成电气绝缘失效，虽然在 30ms 后短路电流会下降到 VCB₂ 及其它设备的承受范围内，但对其已经造成了一定的伤害，为系统安全埋下隐患。

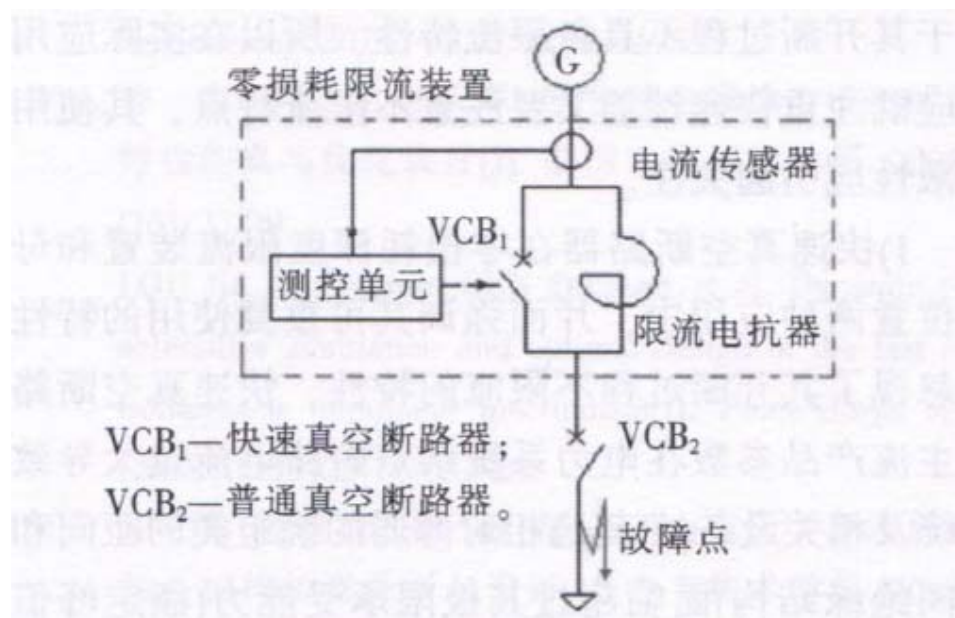


图 3 快速真空断路器应用示意图

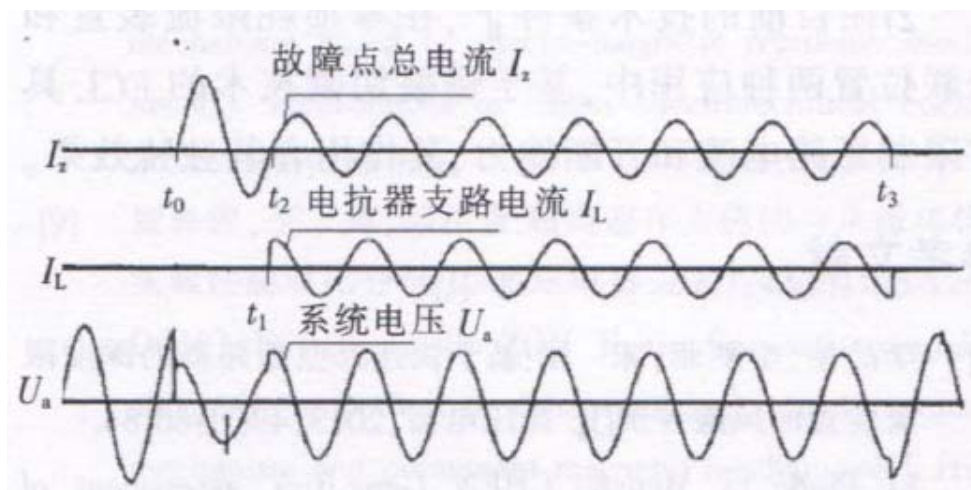


图4 通过快速真空断路器的短路电流波形示意图

若应用限流器，则会避免出现此类问题，如下图5所示，图中虚线是限流电抗器被旁路过的预期短路电流，实线为安装限流器之后主回路中实际出现的短路电流，由下图可以看出在安装限流器后，当出现短路故障时主回路中实际的短路电流等同于没有被旁路限流电抗器时的水平，并不会出现超出 VCB₂ 及其它设备的承受范围内的短路电流。

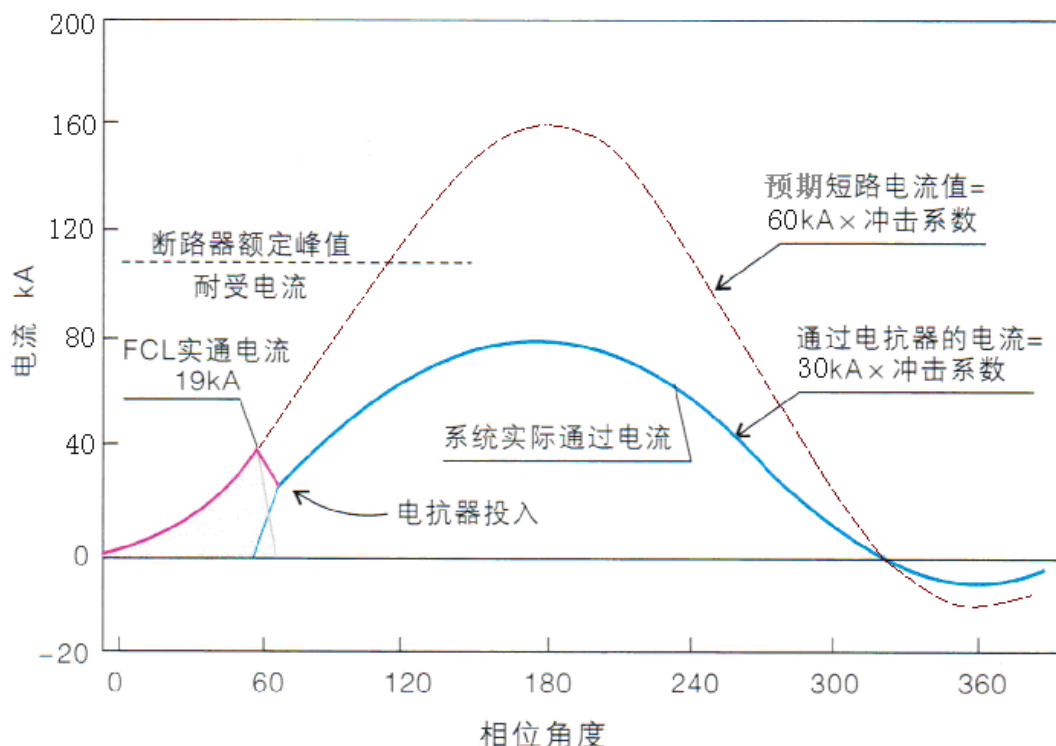


图5 通过限流器的短路电流波形示意图

3.4.2 母联位置应用快速真空断路器和限流器区别

在母联位置安装快速真空断路器。

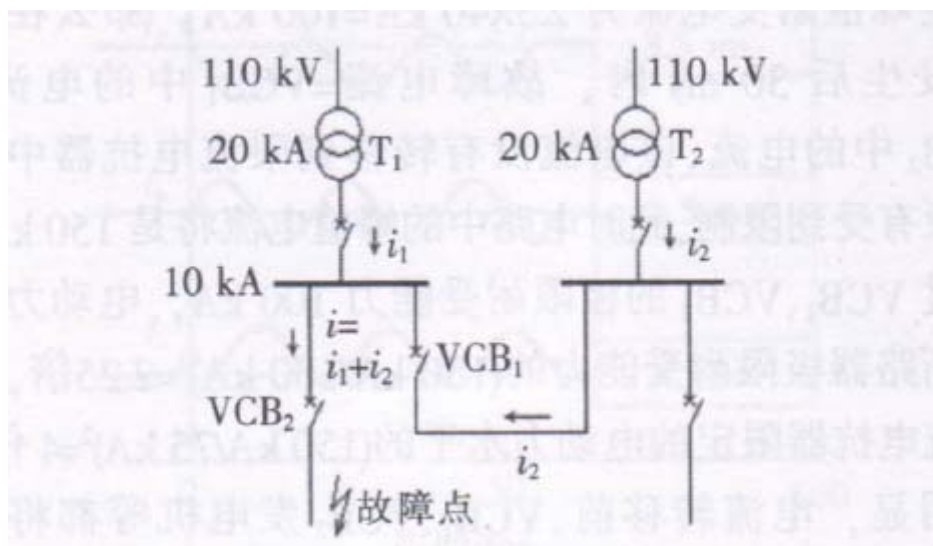


图 6 原理图

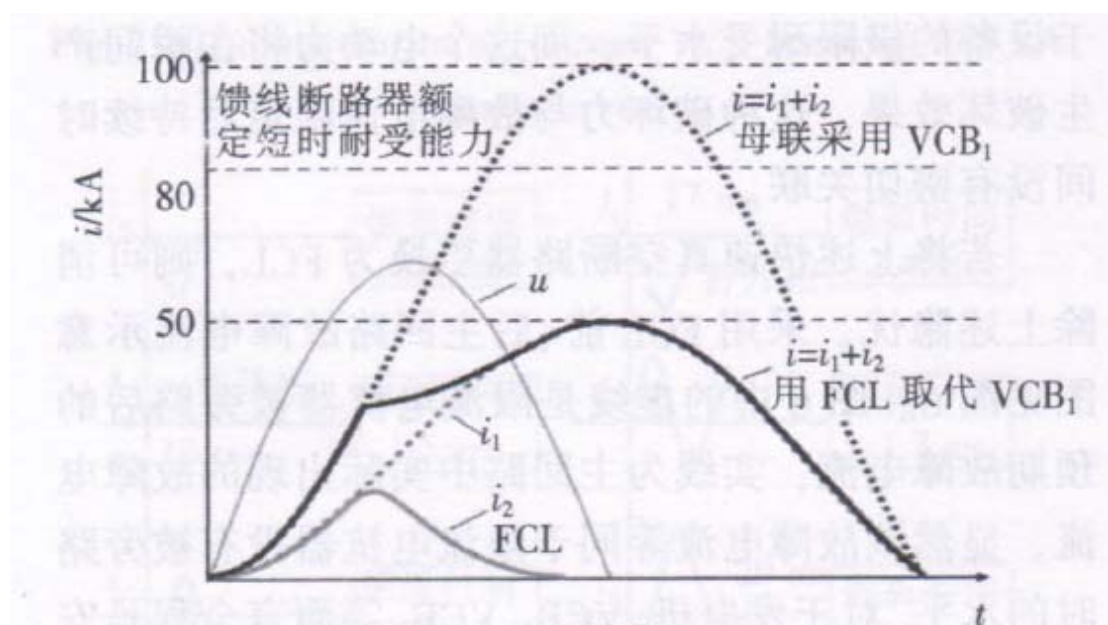


图 7 波形图

如图 7 所示，假设两台 110kV 变压器分别可向 10kV 侧故障点提供 20kA 短路电流，母联开关 VCB₁ 采用快速真空断路器（额定短时耐受电流 31.5kA，额定峰值耐受电流 80kA），VCB₂ 为普通真空断路器（额定短时耐受电流 31.5kA，额定峰值耐受电流 80kA），若母联并联运行，馈线发生短路时故障电流稳态值将达到 40kA，此电流馈线断路器 VCB₂ 将无法安全承受。虽然母联断路器 VCB₁ 是快速真空断路器，但其开断故障电流的时间大约需要 30ms，在 30ms 之内，故障电流的大半波曲线为虚线所示的 $i = i_1 + i_2$ ，显然其峰值达到了 100kA，超过了馈线断路器 VCB₂

额定峰值耐受电流 80kA 的极限值，这时 VCB₂ 虽然还只是连接在电路中不会立即执行开断行为，但其在 100kA 峰值电流作用下由于电动力效应而导致结构损坏也是常有的事情，事故隐患已明显呈现。

若应用限流器，则情况大不相同，实线 i_2 显示的故障电流即为通过限流器的电流，这时通过故障点或流过馈线断路器 VCB₂ 的电流曲线如图实线 $i=i_1+i_2$ 所示，显然此电流没有超过单台变压器提供的短路电流，对系统和 VCB₂ 而言都是安全的。

4 结论

4.1 快速真空断路器最快切除故障电流的时间可以缩短到 30ms 以内，但限流器切除故障电流的时间是小于 10ms。限流器明显优于快速真空断路器。

4.2 快速真空断路器切除故障电流时，只能在电流自然过零时开断，而限流器不需要过零开断。

4.3 快速真空断路器在开断故障电流时，不具有限流特性，而限流器在开断故障电流时，具有明显的限流特性。

通过上面的总结可以看出，在一些应用场合，快速真空断路器是不能代替限流器解决系统短路电流超标的问题。