

故障电流限制器的分类

简介

以下介绍的故障电流限制器仅考虑适用于中压网络 ($1\text{ kV} < U_r \leq 36\text{ (40.5) kV}$) 和高压网络 ($U_r \geq 52\text{ kV}$) 的故障电流限制器。不包括低压网络 ($U_r < 1\text{ kV}$) 中的应用的故障电流限制器。

故障电流限制器的限流性能与不同限流设备的其它相关功能（例如损耗）的比较超出了本概述的范围。

被动和主动故障电流限制措施之间存在区别（图 1）[5]。被动措施在正常和故障情况下都利用了已经很高的电源阻抗以限制系统预期的短路电流，而主动措施仅在故障情况下才使源阻抗快速增加而限制电流，两者存在着本质的区别。

主动型故障电流限制器可以进一步表征如下：

- 自触发或外部触发
- 仅具有电流限制或具有电流限制和开断的功能
- 可复位或不可复位（故障限流器的一部分在操作后需要更换）

限制短路电流的措施

应该注意的是，当短路电流水平增加超过系统设备额定值时，如果不采用故障电流限制器，也可以通过以下措施来解决：

- 升级现有的所有开关设备和其它材料或部件
- 通过重新规划网络，例如电网解列或母线分段等
- 引入更高的电压等级
- 使用复杂的控制策略，例如顺序跳闸
- 等等

类型	特征	限流措施	措施级别
被动型措施	在正常运行和短路故障时实时增加网络阻抗	电网分裂 母线分裂 引入更高电压等级	拓扑级措施
		高阻抗变压器 限流电抗器	
主动型措施	正常运行时阻抗很小，短路故障时阻抗迅速增大	高压限流熔断器	设备级措施
		火工技术型快速限流器 (Is-limiters or UFCL-limiters)	
		新技术 超导故障电流限制器 PTC-电阻故障电流限制器 液态金属 固态开关等	

已实现商业化的故障电流限制器

表 1 已经商业化的故障限流器设备

类型	特征				电压等级	备注
	被动/主动	触发方法	是否开断	是否可复位		
限流电抗器	被动	---	---	---	MV, HV	
高阻抗变压器	被动	---	---	---	MV, HV	
高压限流熔断器	主动	自触发	是	否	MV	
火工技术型快速限流器 (Is-limiter or UFCL-limiter)	主动	外部触发	是	否	MV	
串联谐振型故障电流限制器	主动	自触发			MV, HV	

如：



火工技术型快速限流器 (UFCL-limiter)



串联谐振型故障电流限制器

注：常规的高阻抗变压器、限流电抗器、高压限流熔断器未被列出

采用新技术故障的电流限制器

在表 2 中，给出了仍处于研究或开发状态的故障电流限制设备的概述。这种设备的样机可能已经安装在系统中或正在试用阶段。

表 2：新技术故障电流限制器总览

类型	特征				电压等级	备注
	被动/主动	触发方法	是否开断	是否可复位		
超导故障电流限制器：电阻型	主动	自触发	否	是	MV	
超导故障电流限制器：屏蔽铁芯型	主动	自触发	否	是	MV	
超导故障电流限制器：饱和铁芯型	主动	自触发	否	是	MV	
超导故障电流限制器：控制器型	主动	外触发		是	MV	
故障电流限制器：基于 PTC 电阻	主动	自触发	是	是	MV	
液态金属故障电流限制器	主动	自触发	否	是	---	
限流固态开关	主动	外触发	是	是	MV	
具有限流阻抗的固态故障电流限制器	主动	外触发	是	是	MV	
基于混合原理的固态故障电流限制器	主动	外触发	是	是	MV	
基于高弧压技术的故障电流限制器	主动	外触发	是	是	MV	

如：



多年来，全球范围内已经涌现出许多不同类型的故障限流器。本文尽量的一一罗列，但是不能完全覆盖所有这些设备。

然而尽管过去已经进行了大量研究，并且目前正在故障限流装置领域中的现有技术，但是常规解决方案仍然还是：限流电抗器，高压限流熔断器，基于火工技术的快速限流器，对于中压或高压电网其它的新技术还不是经济上可接受的解决方案。