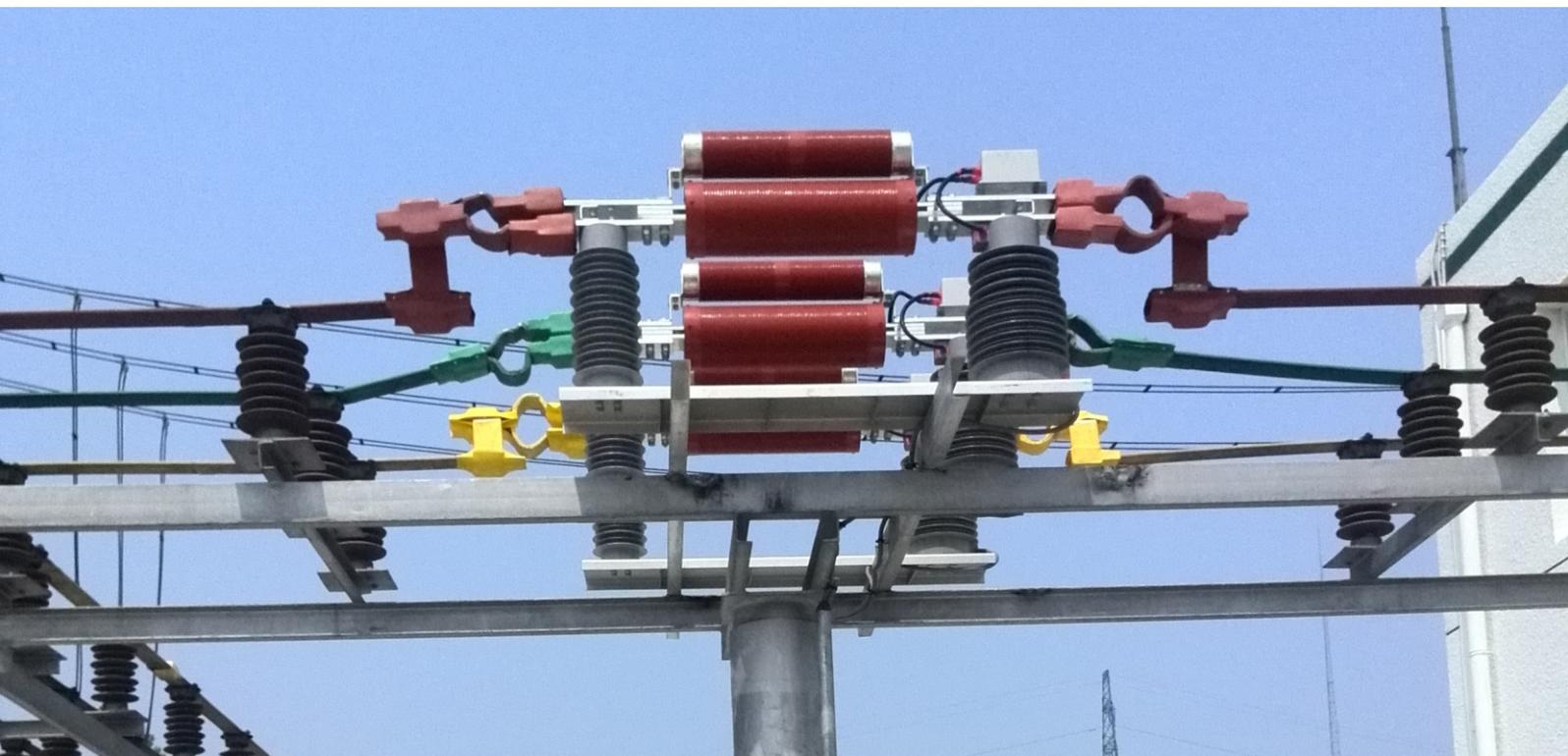


DDX1系列短路电流限制器



- 一种实用的首半波限流器
- 世界上开断速度最快的开关装置
- 额定电压3.6kV~40.5kV
- 额定短路开断电流50kA~200kA
- 额定电流630A~6300A
- 全开断时间小于10ms

陕西蓝河电气工程有限公司

SHAANXI LANHE ELECTRIC ENGINEERING CO.,LTD.

目 录

- 1 概述
- 2 关于电力系统的短路电流及首半波限流器
- 3 产品的基本构成、结构及工作原理
- 4 DDX1限流器的技术特点
- 5 技术参数
- 6 产品配置
- 7 典型应用
- 8 现场调试及相关服务



助力节能降耗

促进双碳目标

1 概述

DDX1系列短路电流限制器及其组柜产品DGXK2大容量高速限流开关装置（短路电流限制器柜）是我公司历经二十余年专注打造的拳头产品，适用于交流及直流变配电系统，公司拥有该产品相关的多项自主专利。自1999年以来经过多次技术迭代，形成了额定电压3.6kV~40.5kV、额定电流630A~6300A、额定短路开断电流63kA~200kA、全开断时间小于10ms的全系列产品，产品的稳定性、可靠性及适用性已得到上千个工程的充分验证。

DDX1将军用定向微爆技术、高压限流技术、电子测控技术及高电压绝缘技术完美地结合在一起，可在短路电流瞬时值还远没上升到预期峰值之前将其快速限流开断，有效的保护发电机、变压器等电力主设备免受灾难性短路电流的冲击。同时，DDX1还可用来优化配电系统的运行方式，达到节能降耗、改善电能质量、提高供电可靠性的效果。

上述产品在国家高压电器质量监督检验中心通过了大电流开断能力、温升及EMC（电磁兼容）等全部型式试验，并已广泛应用到电网公司、冶金系统、化工行业、发电公司等大型企业的变配电系统。DDX1的某些技术指标已经达到甚至超过国际先进水平。

2 关于电力系统的短路电流及首半波限流器

2.1 短路电流的暂态波形

设 $t=0$ 时发生短路， α 为短路时刻的相角，则系统电压为 $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$ ，其中 U_m 为系统电压的幅值， ω 为角频率。这时短路电流 i_d 的近似表达式为：

$$i_d = \text{周期分量} + \text{非周期分量} = I_m \sin(\omega t + \psi) - I_m \sin \psi e^{-t/T} \quad \dots \textcircled{1}$$

短路电流变化率 di_d/dt 的近似表达式为：

$$di_d/dt = \text{周期分量} + \text{非周期分量} = \omega I_m \cos(\omega t + \psi) + (I_m/T) \sin \psi e^{-t/T} \quad \dots \textcircled{2}$$

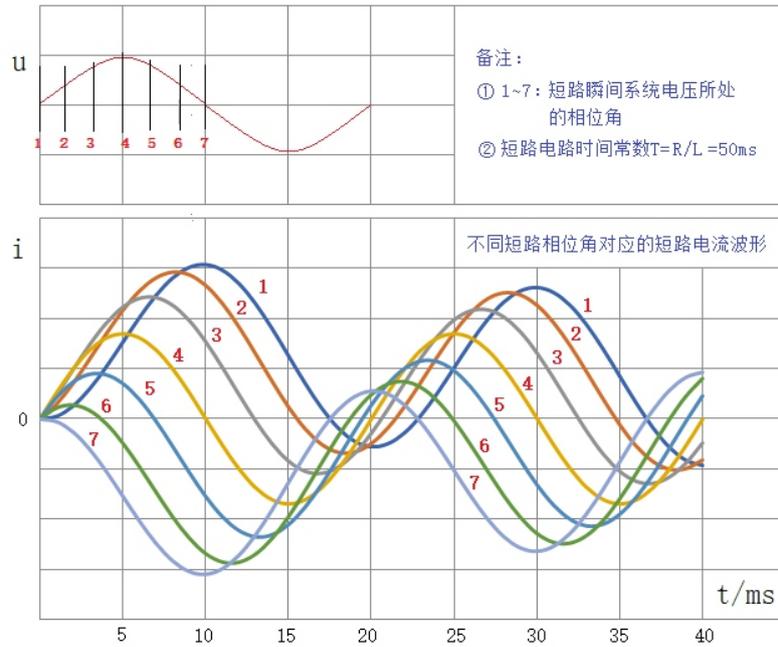
式中，

I_m ---短路电流的周期分量幅值， $I_m = U_m/z = U_m/\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ ；

ψ --- $\psi = \alpha - \phi$ ， ϕ 为功率因数角， $\phi = \arctg(\omega L/R)$ ；

T ---为时间常数， $T = L/R$ ， R 、 L 分别为短路回路的等效电阻和电感。

通常，在电力系统可以假设时间常数 $T = 0.05s$ ，在同一点短路时，虽然稳态电流相等，但在短路瞬间系统电压所处的相位角不同时短路电流暂态波形差异很大，见下图。短路电流冲击系数最大可以达到1.8，即短路电流暂态过程中的最大峰值可以达到短路电流稳态峰值的1.8倍。而对于短路电流变化率而言，公式②显示出其非周期分量最大仅可以达到周期分量峰值的大约6%，对于相关保护装置而言这个影响几乎是可以忽略的。



大中型发电机组附近短路时，除了时间常数 T 将会更大外，由于暂态电抗及超暂态电抗的影响，周期分量也是衰减的，这就导致短路电流暂态过程中前几个周波可能没有自然过零点，这对传统断路器而言显然是个重大挑战。

2.2 短路电流的效应

(1) 热效应：短路电流会导致主导电回路导体或元件急剧发热，发热量正比于 $\int i_{\text{rms}}^2 R dt$ ，电气设备的相关标准规定，电气设备应能承受其额定短时耐受电流持续 $1\text{s}\sim 4\text{s}$ 的热效应冲击；

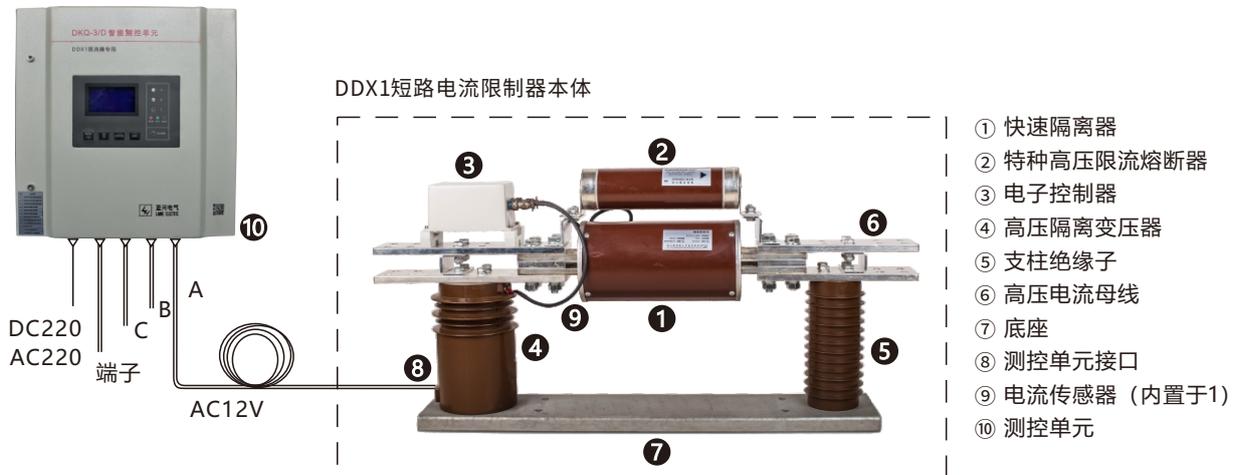
(2) 力效应：电气系统短路时，短路电流会对自身回路及相邻回路产生电磁力，此电磁力的最大值正比于短路电流暂态峰值的平方 i_{peak}^2 ，具体参见《GB/T 35698.1 短路电流效应计算 第1部分：定义和计算方法》。力效应会对电气设备几何结构、层间及匝间绝缘造成破坏，电气设备所遭受的最大峰值电流不应超过其额定峰值耐受电流。

2.3 首半波限流器

可对超过动作整定值的故障电流包括其第一大半波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。显然，首半波限流器可以有效缓解短路电流的热效应及力效应冲击，是确保电力系统及电气设备安全的最佳选择。

3 产品的基本构成、结构及工作原理

3.1 基本构成及结构



- 快速隔离器：基于军用定向微爆技术，强电流脉冲触发，动作时间约0.1ms；
- 特种高压限流熔断器：基于后备式高压限流熔断器技术，其弧前时间与快速隔离器绝缘恢复特性相匹配，其阻抗决定了主回路电流的分流比；
- 电子控制器：位于高压侧，每相配置一套，对故障电流作出监测及分析，电流及电流变化率双判据鉴别，满足条件则输出强电流脉冲信号触发快速隔离器，同时通过高压隔离变压器向低压侧传递动作信号；
- 高压隔离变压器：其支撑及绝缘隔离作用，给电子控制器供电，同时也是电子控制器动作信号向低压侧传输的通道；
- 支柱绝缘子：起绝缘支撑作用；
- 电流传感器：特制的罗氏线圈，内置于快速隔离器中；
- 测控单元：分智能型及模拟型，一方面给高压隔离变压器供电，另一方面分析动作信号，做出相应的指示并提供对应的接点信号。

3.2 工作原理

(1) 主回路电流：由快速隔离器及特种高压限流熔断器按分流比共同承载，由于前者电阻为微欧级，后者电阻为毫欧级，故正常运行情况下母线电流几乎全部流过快速隔离器；

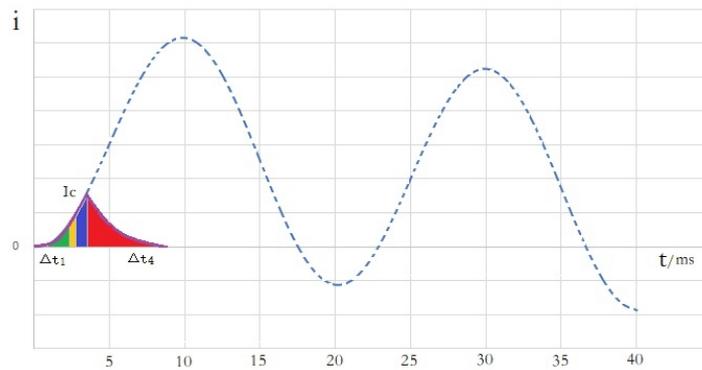
(2) 故障电流监测及分析：电子控制器对主回路电流信号进行实时的监测及识别，若满足双判据条件，则向快速隔离器输出强电流脉冲触发信号。上述时间为电子控制器响应时间 Δt_1 ，一般在 $600\mu\text{s}\sim 2\text{ms}$ 之间，与判据门槛、短路相角及预期故障电流大小等因素直接相关；

(3) 快速隔离器动作及电流转移：收到触发信号，快速隔离器大约在0.1ms以内动作，电流随即转移到特种高压限流熔断器中，此时间称为快速隔离器动作时间 Δt_2 ；

(4) 熔体熔化及燃弧：大电流进入高压限流熔断器内，熔体很快熔化、汽化，随即起弧限流、截流，弧前时间 Δt_3 大约为1ms，燃弧时间 Δt_4 一般小于5ms。

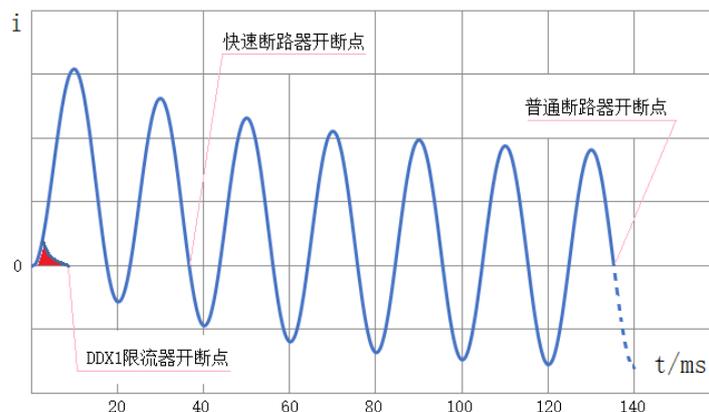


上述时序可描述为：快速识别→快速切割→电流转移→限流开断，见下图：



- Δt_1 , 控制器响应时间
 - Δt_2 , 快速隔离器动作时间
 - Δt_3 , 熔断器弧前时间
 - Δt_4 , 熔断器燃弧时间
- 采用限流器后的实际故障电流波形
 - - - 无限流措施的预期故障电流波形
 - I_c - - - - - 限流峰值，截止电流

DDX1开断特性与断路器开断特性的比较，见下图：



上图为电力系统典型短路电流的波形，图中给出了DDX1、快速断路器及普通断路器的开断点示意位置。可以看出，DDX1在短路故障发生后10ms内完成限流开断，普通断路器则由于继电保护和操作机构的固有特性需要经过数个周波、在短路电流自然过零时才能开断，三相电路中的快速断路器也得经历一个多周波后在电流自然过零点开断。

4 DDX1限流器的技术特点

- 属于首半波限流器，全开断时间小于10ms；
- 快速隔离器及特种高压限流熔断器采用全密封设计，无动作噪音及喷溅物污染，提高了产品的可靠性及环境适应能力；
- 全系列产品单隔离器及单熔断器配置，简化了产品结构，提高了产品可靠性；
- 电流传感器采用内置式罗果夫斯基（Rogowski）线圈,简化了产品结构，克服了传统CT的大电流饱和问题，在大短路电流下具有良好的测量精度；
- 每相配置一套高压侧电子控制器，避免了电流信号及触发信号传输的中间环节，且使其引线最短化，提高了检测及触发效率，提高可靠性。既可分相独立控制，也通过选配的光纤接口实现三相同步联动；
- 采用短路电流瞬时值 i 和短路电流陡度瞬时值 di/dt 双判据触发，提高了抗干扰能力，保证产品动作的快速性及可靠性；
- 低压侧测控单元分为智能型及模拟型，具有联动和动作信号远传功能，产品的输出接点可用于断路器的联动跳闸，也可用于闭锁、遥信、报警等；
- 安装及运行方式灵活：既可分相安装，也可安装在高压开关柜内与隔离开关、断路器等设备一起构成DGXK2大容量高速限流开关装置（短路电流限制器柜）；既可用于户内，也可用于户外；
- 备品备件：熔断器及快速隔离器更换方便。



快速隔离器



特种高压限流熔断器



电子控制器

5 技术参数

DDX1技术参数

额定电压 U_e	3.6kV~40.5kV
额定电流 I_e	630A~6300A
额定短路开断电流 I_{ek}	…200kA
全开断时间	<10ms
截止电流/预期电流峰值	15%~50%
限流器本体防护等级	IP64
辅助电源	220VAC或220VDC/2A
单相重量（与 U_e 及 I_e 相关）	45kg~92kg

6 产品配置

DDX1分散配置



限流器本体+测控单元

DGXX2产品配置

- DDX1短路电流限制器+开关柜
- DDX1短路电流限制器+固定式或手车式隔离开关+开关柜
- DDX1短路电流限制器+固定式或手车式真空断路器+开关柜



7 典型应用

7.1 应用领域

绿色能源



- 水力发电
- 余热发电
- 生物质发电
- 垃圾发电
- 热电联产
- 光伏发电
- 风力发电

电力系统



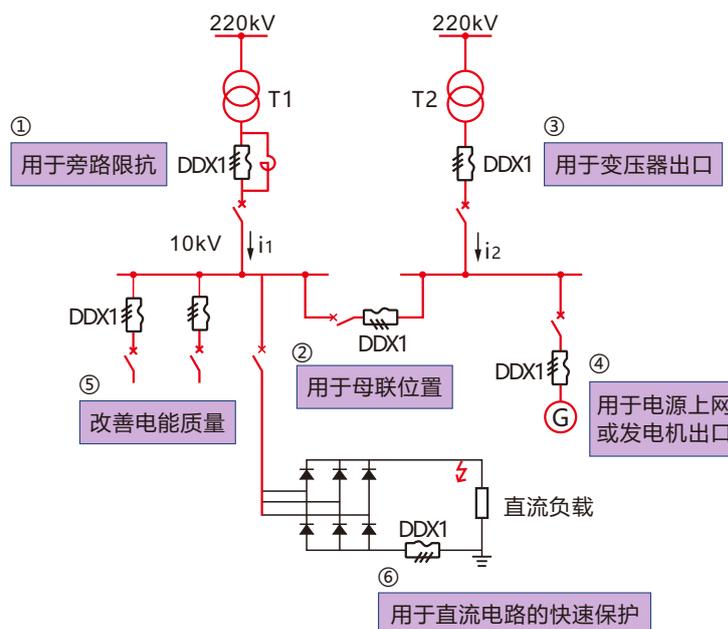
- 电网公司
- 发电公司
- 电网联结

工业领域



- 石油、石化
- 造纸、糖业
- 水泥
- 化工
- 钢铁、铝业
- 制造业

7.2 典型应用



特别提醒：本图仅作应用示例介绍，并非用户电力系统限流器的实际配置。

① 旁路限抗用法的优点

- DDX1动作后将电抗器投入，不会导致整段母线失电而影响其他馈线的正常运行；
- 环保：消除电抗器的电磁污染；
- 提高供电质量：消除电抗器压降；
- 节能降耗：消除电抗器巨大的有功及无功损耗。



② 母联位置用法的优点

- 优化负荷分配；
- 降低网络阻抗；
- 提高供电质量及可靠性；
- 降低系统阻抗，节能降耗；
- 提高变电站运行方式的灵活性。



③~④ 发电机、变压器出口短路保护或发电机上网保护的优点

- 变压器、发电机出口及厂分支母线理想的保护方式；
- 减少短路电流对发电机、变压器等抗短路能力较弱的电力设备的冲击；
- 不需要采用价格昂贵的发电机出口断路器；
- 与断路器配合实现短路电流的全面保护，更有利于系统及主设备的安全；
- 不需要更换已有的母线、电缆系统及开关设备；
- 机组上网不增加原系统的短路容量。



⑤ 提高电能质量用法的优点

应用于对电能质量有特殊要求的场合，保证母线电压质量不受短路期间电压跌落的影响，比如有的用户要求在短路过程中供电系统电压降落时间小于20ms,否则会对其工业生产造成重大损失。

⑥ 直流系统快速保护用法的优点

应用于大功率电力电子系统，包括小型直流输电系统，为电力电子设备提供快速短路保护，避免整流器件和其它设备损坏的严重事故。

8 现场调试及相关服务

专业的测试仪

- 整定值辅助校验
- 现场设备模拟测试
- 模拟故障电流及其变化率信号
- 响应时间测试



售前及售后技术服务

- 技术沟通及咨询
- 现场考察
- 限流策略评估
- 安装调试
- 技术培训
- 产品运维
- 产品升级



建议：用户应按照相关规程定期对产品进行维护，维护周期3-5年。

温馨提示：因为我们不能期望所有用户都成为限流器技术专家，您只需要放心将相关工作交给我们。由于产品升级等原因，本说明书可能会发生局部变化，恕不另行通知。

陕西蓝河电气工程有限公司

SHAANXI LANHE ELECTRIC ENGINEERING CO.,LTD.

地址：中国 陕西 西安 高新区 西部大道190号

电话：029-84251056

传真：029-84251056

E-mail: sxlhdq@126.com

网站: www.sxlhdq.com

