

## 电压陡降的影响与消除

彭鹏 许朝华 鲁爱辉

河北钢铁集团矿业有限公司司家营南区分公司, 河北 唐山 063000

[摘要] 要保证大中型企业的生产稳定性, 最为重要的是需要配备充足的电源设备以及完整的供电系统。如果遇到外网出现短路情况或者是企业内部网络中任意一个分支发生短路情况的时候, 都会导致整个系统的电压短时间急剧下降, 并且出现短路情况的分支线路电压等级越高, 其波及范围就会越广, 电压下降参数也会越大。在短路情况出现之后, 这一分支线路的保护系统会随之进行调整, 将分支故障线路进行隔离。在短路情况的发生到故障线路隔离整个过程, 系统电压会出现幅度较大的波动, 这种现象被称为“陡降”, 电压陡降会给系统运行带来较大影响。

[关键词] 电压; 陡降; 消除方案

DOI: 10.33142/hst.v2i4.1084

中图分类号: TM912

文献标识码: A

## The Impact and Elimination of High Step-up Voltage

PENG Peng, XU Chaohua, LU Aihui

Sijiyang South Branch Company, Hebei Iron and Steel Group Mining Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

**Abstract:** To ensure the production stability of large and medium-sized enterprises, the most important thing is to have sufficient power supply equipment and complete power supply system. If there is a short circuit in the external network or a short circuit occurs in any branch of the internal network of the enterprise, the voltage of the whole system will drop sharply for a short time, and the higher the voltage level of the branch line in which the short circuit occurs, the range of the ripple will be The wider the voltage, the larger the voltage drop parameter will be. After the short circuit condition occurs, the protection system of this branch line will be adjusted accordingly to isolate the branch fault line. In the whole process from the occurrence of the short circuit condition to the fault line isolation, the system voltage will have a large amplitude fluctuation. This phenomenon is called “sudden drop”, and the voltage drop will have a great impact on the system operation.

**Keywords:** voltage; high step-up; elimination scheme

### 1 电压陡降的影响

#### 1.1 电压陡降对继电器影响

在科学技术水平不断进步的影响下, 使得继电器设备得到了优化完善, 进而被人们大范围的运用到了电力系统控制工作之中, 在高低压的机柜中非常的常见, 使用最为频繁的是电磁继电器。电磁继电器运行的原理是借助线圈内电流的运行所形成的电磁吸力将触电进行吸合, 在电流通过之后, 触点会发生反弹。如果继电器的控制电压在受到外界因素的影响而出现下降情况的时候, 继电器会从吸合的状态转变为释放。在电压逐渐复原, 这一继电器不会自行合并, 最终会导致生产工序的中断。低压控制主体回路中经常使用的交流接触设备的运行原理与继电器极为相似。

通常情况下, 继电器线圈电压低于标准电压参数的百分之五十, 持续时长超出一个周波的时候, 会自行释放, 因此就那些出现陡降情况的场合来说, 尤其是控制效果较好的继电器, 务必要确保继电器可以持续不间断的保持欠压的状态。

#### 1.2 电压陡降对电动机影响

被使用在工业生产工序中的电动机设备的类型通常都是异步电动机, 这类电动机的运转要保证充足的感性无功功率, 换句话说就是其励磁电流要保证稳定的供应, 这样才能维持旋转磁场的正常运行。如果是系统出现短路而造成的陡降情况, 系统不会继续为异步电动机提供所需要的励磁电流, 这个时候, 异步电动机就会转变为异步发电机, 原始磁场会随着旋转而对定子实施切割, 最终会形成定子电压为外部短路点给予必要的短路电流。从定子情况来看, 这个时候电机会产生一个短路时长参数, 这一参数会对电机运转造成一定的影响, 在历经一段时间的系统运转之后, 磁场能量会被完全消耗。

电压完成陡降, 系统内的电压复原之后所施加到电机定子上的电压会产生一个存在与异步机内的旋转磁场, 这个时候, 电网内异步电机设备提供的电流将会超出标准电流的六至七倍, 这个数值与设备的启动电流参数极为近似, 冲击持续时长大约在 100ms 左右。这一冲击电力能够对电机内部的微结构加以保护, 如果是多个电机设备同时启动, 巨

大的冲击电流会对整个线路造成损害,甚至会引发电机短时间内吸收大量的无功功率而导致电网电压不稳的情况发生。所以,如果可以在 100ms 之前,尤其是尽可能短的时间之内将电机的定子电压进行复原,那么整个电机的剩余电压以及磁场能量能够维持在百分之七十以上。因为时间要求非常短暂,整个过程中所产生的角度误差不能超过  $3^\circ$ ,这个时候电机的冲击电流都是模差所造成的,大约是电机启动时电流的百分之三十,无法施展出其对系统的保护作用。

### 1.3 电压陡降对变频器影响

常用的变频器大都采用交-直-交电压型变频方式,图 1 是其原理图。

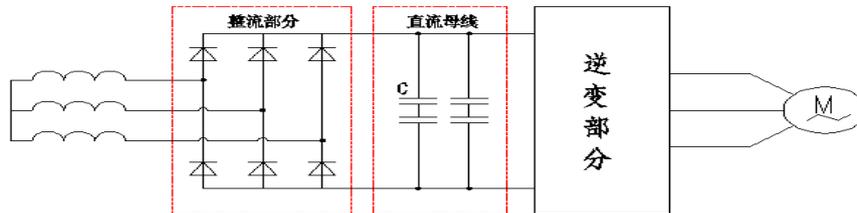


图 1 变频器整流原理图

当电网出现电压陡降时,直流母线电压高于交流侧电压,此时二极管受到反向电压而不导通,交流侧不能向直流侧提供能量。此时电容  $C$  上存储的电场能量  $w_c = \frac{1}{2}CU^2$  维持着向电机的运行,能量的输出导致电容上的电压下降,且在 42.5ms 时电压降到  $U_0$  的 36% 左右。在电压凹陷结束的時刻,交流电压突然恢复,通过整流线路重新在直流母线上产生陡升电压,它的幅值基本上是  $U_0$ ,与电容上的当时残存的电压  $U$  之间会出现一个电压差  $\Delta U = U_0 - U$ 。恢复的時刻越迟,  $U$  就越大,电容和整流二极管上产生的电流冲击就越大,严重时损坏电容和整流二极管。

图 2 和图 3 是一次外网晃电短路时现场实录的波形,图 2 记录了整流桥交流侧电流波形,图 3 是直流侧母线电压的波形。电压急剧下降之后,不会再出现电流涌入变频器的情况,这样就会导致主线的电压会逐渐的下降,等到下降到一定程度时就会停止,这是因为变频器具备良好的保护性能,对变频器的触发脉冲进行了封闭处理,阻断了电容量的输出。

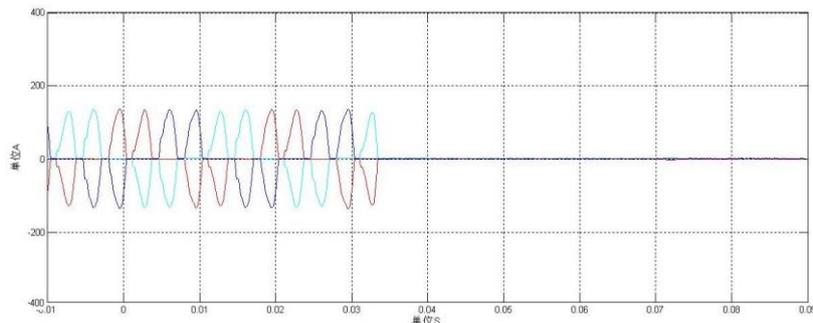


图 2 变频器交流侧电流波形

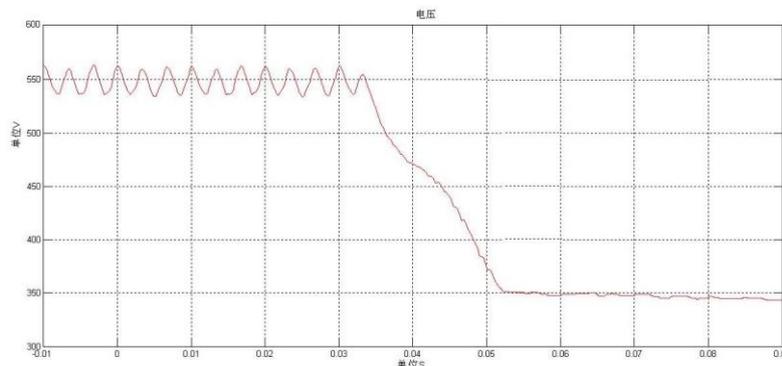


图 3 变频器直流侧电压波形

## 2 电压陡降的消除方案

### 2.1 防陡降交流接触器

防陡降交流接触器其是在普通接触器的基础上，进行了大量的研究创新而研发出来的新型设备。其结构相对较为简单，其作用就是对接触器释放电压的标准参数进行调整，因为就继电器线圈电压情况来说，电压下降到百分之八十到五十的整个过程往往持续时间较短，这就说明了防陡降交流基础器的电压调节作用不是很明显。这一接触器如果被运用到对雷电，短时间重合闸而导致的短时间陡降效果较好，但是对于那些长时间短路故障，或者是外界因素而导致的电压陡降以及电能供应不稳定的问题的解决效果不明显。

### 2.2 不间断电源（UPS）

现如今，使用最为频繁的 UPS 预防陡降的措施有两种：首先，借助微小功率的 UPS 设备为接触器控制线路的回路分支供应电能，这一方法与之前所讲述的方法极为类似，使用效果也保持一样。其次，是针对为主要回路内的设备提供电能，这一措施往往花费十分巨大，能够在短时间内保持稳定的电能供应，但是成本较大。在使用这一方法之后，需要结合设备的性能连接调换到电网备用电源。

### 2.3 快速切换装置的应用

结合电压陡降的实际情况和需要，并联系上述几种方法的弊端，行业内部专业人士逐渐的额认识到了高效率切换装置的重要性，并且研发除了多种切实可行的切换方法。开关的闭合和开启持续时间较长是导致电压陡降的主要根源，并且极易导致危险事故的发生。在实施快速切换工作的时候，需要保证断路器的开关动作效率达到既定的标准，只有这样才能保证电压变化不会出现明显的波动。

经过我们对市场中的现有产品情况进行统计分析我们发现，利用整体切换市场不超过十五毫秒的快速切换设备，能够为当前行业内各类敏感性负载设备提供稳定的能源支持。

## 3 解决实施效果

### 3.1 外网短路后连续性供电施工方案

外网支路一旦单路电源由于故障原因断电，受制于不允许双回路并网运行的约束，势必会造成该段母线所带负荷的全部断电，从停电到送电产生了较长时间的空白期，正是这段空白期对设备的正常使用、生产的运营以及作业人员的安全带来了极大的隐患。

为解决此项问题，可将两段母线的联络开关通过继电保护系统设置为当某一段母线失压后，通过失压继电器提供闭锁信号，联动联络柜合闸，使失压母线受电运行。但通过实验的比对，单纯的继电保护虽能够实现电源的转移，但仍然需要从停电到恢复的过程，虽然时间已经很短，却无法满连续性供电的要求。如图 4 所示，正弦波曲线有着超过一个波长的停止时间，正是这个停止时间，造成了连续性供电无法实现。根据前面的分析，以及当前对陡降和失电的方法存在的问题，主要还是断路器的固有动作时间在 40ms 以上，超过了  $1/50=20\text{ms}$  的波长保持时间，不能满足连续性供电的要求。



图 4 某 35KV 变电站电压录波曲线

原有断路器的固有动作时间是制约连续性供电的主要因素，因此采用快速联络开关实现双回路进线电源的瞬时切换，在 15ms 的时间内切换至另一路，实现外网故障后的连续性供电。图 5 为采用快速联络开关后，中间停电过程的正弦波虽然有所下降，但保持电压值在额定的 50%以上，且未出现明显的断点，电压陡降实现了平稳过渡，达到了连续性供电的要求。



图 5 某 35KV 变电站采用快速联络开关后电压录波曲线

### 3.2 内网短路后连续性供电施工方案

当内网电压发生支路短路故障后，短路电流激增导致母线电压陡降，造成本段母线其余支路的非正常断电事故，同时由此产生的对继电器、电机、变频器以及变电站的供电影响。



图6 某35KV变电站C相短路陡降电压录波值

某35KV变电站的出线支路发生短路故障后，可以通过图6的录波图看出，再从0.00-0.05秒的时间内，母线电压基本降至额定电压的10%，造成母线其余支路的大规模停电产生，这也是本次课题攻关的主要实施对象。

根据对系统参数地计算，某35KV变电站短路时对地二相短路电流为2.88KA，则三相短路电流3.23KA，而35KV母线短路电流4.22KA。另外，当10KV侧母线短路时，35KV母线残压只有23.4%，将导致全站因电压陡降而停电！因此，尽管能够满足选择性要求，但不能满足电压陡降要求，仍将受到较大影响！针对上诉问题，应在限制短路电流，满足保护的选择性要求，同时提高母线残压的总体原则来改造，具体方案如下：

#### 3.2.1 对目前各级保护重新计算和校验，满足保护选择性要求

按照继电保护选择性要求，可将10KV出线开关限时速断整定为0s，电流整定小于2.8KA，将35KV开关限时速断整定为0.2s，电流整定小于3.656KA，而在主变出口限时速断整定为0.5s，电流整定小于3.656KA，基本可以满足选择性。

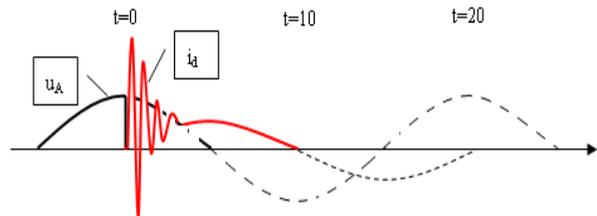


图7 10KV出线开关校验峰值图

#### 3.2.2 对10KV开关间隔改造，加装母线电压快速恢复装置（ZRD）

在出线端一侧连接配备ZRD的装置，将出现线路与ZRD出线线路进行连接，之后将出线线路另一侧与ZRD进线线路使用电缆进行连接。

一个完整的ZRD系统是由多个分支设备组合而成的，快速识别设备借助高保真测量设备对整个系统内流经的电流进行监督，如果短路电流超出标准层按树的时候，高速DSP借助专门的极短方法，能够在最短的时间内，准确的对三相短路电流的参数进行判断，并且释放出操作信号。设备中设置的转换器能够在较短时间内完成断开工作，短路电流调换线路，进入到新的线路之中，造成短路线路内的电流快速的极具下降。

整个系统能够在支路出现短路问题之后的十秒之内，将主体线路残留电压维持在标准电压范围之内，确保整个线路稳定运行。其次，能够控制短路电流对核心设备造成的不良影响。分支系统内短路问题被隔离之后，分支线路电流与标准电流接近的时候，会操控换流器进行闭合，系统维持正常运转。

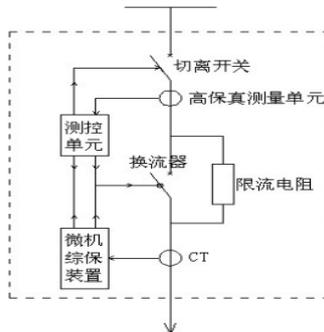


图8 SHK-ZRD原理图

如果系统因为出现故障而引发陡降情况的时候,控制器可以借助高保真测量单元对出线的电流实施监督,吐过短路线路的电流超出标准规定的时候,DSP 可以二级助专业的计算方法,在短时间内准确的对三相短路电流参数进行判断,并且释放出调整信号,使装置中的换流器在 5ms 左右快速开断,短路电流换流进入特制的限流阻抗中,限制短路电流,短路电流幅值控制在 1000A。使母线残压控制在 95%水平。经过 0.3s 后,控制器将换流器重新投入,继续检测系统电流情况,若此时电流已经正常,说明前期故障是瞬时性故障,换流器投入后不再分开,并进行报警。

在通过调整继电保护和加装母线电压快速恢复装置(ZRD)后,补偿效果如图所示,正弦波型的陡降影响基本消除。

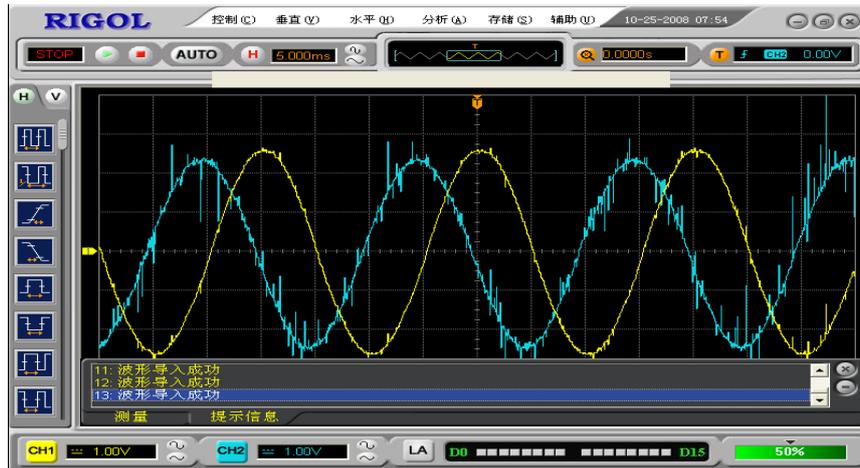


图9 加装母线电压快速恢复装置(ZRD)后的模拟采集图

#### 4 结论

电压陡降的影响广泛存在电网系统的各个环节中,尤其针对于大型企业中,更是会造成较大的经济损失,综上所述,快速切换装置的应用可以有效地保护主供电设施及子系统的供电管理,使系统运行连续可靠,满足保护选择性配合及提高母线残压要求,使企业的敏感负荷能可靠连续的工作。

#### [参考文献]

- [1]杨磊,刘晓飞,高敏,等.电压稳定性能分析[J].电工技术,2007(11):12.
- [2]王永华,陈玉国.现代电气控制及连续性供电[M].北京:航空航天大学出版社,2003.
- [3]苏陈云.中高压变频器谐波分析[J].应用技术,2013(5):52.

作者简介:彭鹏,男,(1986-),河北人,工程硕士,工程师,研究方向:控制工程。