

取消低压断路器欠压（失压）脱扣功能的危害及对策

马宇辉¹, 吴文宣², 江道灼¹

(1. 浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 福建省电力试验研究院, 福建 福州 350007)

摘要: 分析了配电网用户取消（闭锁）低压断路器欠压（失压）脱扣功能的原因, 讨论了在取消低压断路器欠压（失压）脱扣功能的情况下, 电网失压后恢复供电及电网欠压运行将带来的危害, 并针对因电网瞬时波动、闪变、断电等导致低压断路器欠压（失压）脱扣跳闸引起用户突然断电, 以及供电部门恢复供电时手动合闸工作量大、速度慢等情况, 提出了低压断路器宜采用延时欠压脱扣器及失压脱扣重合闸控制器的解决方案, 从而使低压断路器欠压（失压）脱扣功能更好地发挥作用。

关键词: 低压断路器; 欠压; 失压; 脱扣; 自动重合闸

Damage brought by canceling the under-voltage (no-voltage) release of low-voltage breaker and its solutions

MA Yu-hui¹, WU Wen-xuan², JIANG Dao-zhuo¹

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Fujian Electric Power Test and Research Institute, Fuzhou 350007, China)

Abstract: This paper analyzes the reason why some customers of power distribution network cancel the under-voltage (no-voltage) release of low-voltage breaker. Also, it discusses the damage brought by the power supply recovering and the under-voltage operation of power network, under the circumstance of canceling the under-voltage (no-voltage) release of low-voltage circuit breaker. Power network instantly fluctuating, flickering, supply interrupting may cause low-voltage breaker under-voltage (no-voltage) releasing and leads to customers' electricity failure. It is heavy human forces and much time needed, that the power supply department manually switches the breakers on when power supply recovering. Aiming at above two situations, the paper puts forward two solutions that low-voltage breaker should use delay under-voltage releaser and reclosing controller of no-voltage release in order that the under-voltage release can function much better.

Key words: low-voltage breaker; under-voltage; no-voltage; release; autoreclosure

中图分类号: TM561

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)18-0071-04

0 引言

低压断路器也称自动开关、自动空气开关, 在交流（直流）电压 1.2（1.5）kV 及以下电路中能自动接通、承载和分断正常条件下的电流, 也能在所规定的非正常电路条件下（如过载、短路、欠压）自动接通、承载和分断电流。

欠压（失压）脱扣功能是低压断路器带有的一项重要保护功能, 由与其同体安装的欠压脱扣器实现。国标 GB14048.1-2000《低压开关设备和控制设备 总则》规定欠压脱扣器的动作范围为额定电压的 70%~35%, 零电压（失压）脱扣动作电压是在额定电压的 35%~10%^[1]。欠压脱扣器安装在低压断路器内, 脱扣器与衔铁相连的拉杆和断路器的脱扣杆之间留有一定的间隙。其一般工作原理为: 当线路电压正常（85%~110%额定电压）时, 欠压脱扣器的衔铁被其铁芯吸住, 断路器处于运行（闭合）状态; 当线路电压降低到 70%额定电压以下时, 欠压脱扣

器的铁芯电磁吸力减小（吸不住衔铁），衔铁脱开并带动拉杆撞击断路器的脱扣杆，使断路器跳闸^[2]。

欠压脱扣器作为受电网在欠压或失压情况下的保护, 体现在当受电网出现欠压时, 欠压脱扣器将瞬动或经一定的延时后使断路器跳闸, 断开电源以保护电线、电缆、家用电器和重要电力设备。当受电网出现失压时, 为防止电网恢复供电时对电气设备产生冲击, 欠压脱扣器也会使断路器跳闸。

由于具有欠压（失压）脱扣功能的低压断路器一般不具备自动重合闸功能, 跳闸后需要运行人员到现场操作合闸, 实际使用中存在误跳闸及跳闸后不能及时重新合闸恢复供电等缺陷, 不但造成用户不必要的损失, 也给供电部门带来诸多不便, 因此目前很多低压断路器的欠压脱扣器被取消（闭锁）。取消欠压脱扣器, 即取消欠压（失压）脱扣功能, 意味着受电网及用户失去了欠压（失压）保护。本文探讨出现这种现象的原因和可能导致的危害, 并提出一些有意义的建议。

1 低压断路器欠压（失压）脱扣功能使用现状

电力系统不可避免地存在瞬时电压波动、闪变、瞬间断电，例如冲击负载、大型电动机直接启动、供电系统短路故障、雷电等原因就有可能引起低电压闪变。据了解，有些用户配电系统 0.4 kV 低压侧带有瞬时欠压（失压）脱扣功能的低压断路器，时常因为这些原因发生跳闸^[2]。用户往往对突如其来的断电措手不及，因此意见很大。

另外，线路故障跳闸、限电、检修等情况下，0.4 kV 低压侧断路器也会因为欠压脱扣器失压而跳闸。当线路恢复供电时，必须由人工对低压断路器进行合闸操作：对于有值班电工的配电房，电工在得到线路复电信息后，可以及时将低压断路器合闸送电；对于无值班电工或供电部门管理的公用配电房，则必须由供电部门的运行或抢修人员到现场操作合闸。由于低压断路器安装面广、使用量大，因此出现上述情况时往往需要供电局运行检修人员到现场逐一操作合闸，工作量大，恢复供电时间长。另外，对于有些多雷地区或台风季节，或者电力供应紧张的时候，往往出现刚对恢复供电的线路复电，还没把沿线的低压断路器合闸操作完，线路又要因气象等因素的影响而出现限电的情况。

以上两种现象，一是电压短时波动、闪变引起低压断路器跳闸造成用户突然断电，二是检修停电后恢复供电时合闸工作量大，导致了用户不满意，抢修人员牢骚多，容易导致用户（包括一些供电单位）表面地误认为欠压脱扣器利小弊大，因此许多用户在安装低压断路器时都取消（闭锁）了欠压脱扣器。

2 取消欠压（失压）脱扣功能的危害

在配电网中低压断路器的工作位置是在供电设备和受电设备的连接处，我国低压供电电压为 400 V，受电电压为 380 V，功能上看欠压脱扣器是监测受电网电压的^[4]。低压断路器取消欠压（失压）脱扣功能后，当受电网处于欠压或失压状态时，低压断路器将不会进行跳闸保护。这样，虽然用户不再因电压波动带来低压断路器跳闸而断电，供电局也不用在限电或线路检修后各处逐一人工合闸断路器，但是，这种“解决办法”会对电网安全经济运行、用户负荷设备、国民经济生产带来程度不一的损害。

2.1 对电网安全经济运行的影响

受电网失压后，由于用户侧低压断路器取消了欠压（失压）脱扣功能，在线路故障跳闸、限电、检修

等情况下低压断路器将保持闭合。如果电网恢复供电，一方面由于操作过电压和冲击等原因，会造成瞬时的电压质量劣化，对用户设备造成严重威胁甚至损坏；另一方面，由于所有线路的低压断路器都保持闭合，所有用户设备将同时启动，启动电流很大，引起线路瞬时过载，对电网安全运行极为不利。

另外，国标 GB 50052-95《供配电系统设计规范》规定，中断供电将造成人身伤亡的、重大政治影响的、重大经济损失的一级负荷及部分二级负荷，必须配备备用电源^[5]。对这一类型的用户，如果拆除欠压脱扣器，在电网故障断电时，用户侧断路器将不跳闸，而此时备用电源切入供电将产生电流倒灌的情况，危害到电网及人身安全。

电网欠压运行，对电网的安全与经济运行都极为不利。在安全方面，运行电压过低（降到 70% 额定电压以下）时，将可能导致电网无功功率缺额增大与电压进一步下降的恶性循环，严重的最终可能导致配电网系统崩溃，从而造成大面积停电事故；另外，额定负载时变压器的有功损耗是其空载损耗的几倍甚至几十倍，因此当传输功率较大时，欠电压运行将导致变压器过电流^[6]，并可能因此损坏变压器，进而危及电网安全运行。在经济方面，配电网传输的功率不变（负载没变化）时，欠电压意味着过电流，而电流越大配网损耗（线路损耗、变压器损耗，与电流平方成正比）就越大。

2.2 对用户用电设备的影响

电网用户侧负荷主要有交流电动机及家用电器，且交流电动机占负荷的很大比例。国标 GB50055-9《通用用电设备配电设计规范》第 2.4.10 条指出，交流电动机的低电压保护应符合下列规定：低电压保护器件宜采用低压断路器的欠压脱扣器或接触器的电磁线圈^[7]。即如果用户有使用交流电动机，宜安装欠压脱扣器。

如果用户侧低压断路器取消欠压（失压）脱扣功能，则当欠电压很严重（如 < 70% 额定电压）时，低压断路器将不会跳闸，从而致使相关用户的用电设备处于欠压运行状态，这将产生许多不良后果，尤其是电动机。由于电动机的最大转矩与运行电压的平方成正比，因此它的最大转矩将随着电网电压的下降而急剧下降。当最大转矩下降到临界转矩（即正好与负载阻尼转矩相平衡的转矩）时，电压再稍有下降，电动机就会发生疲倒、堵转，致使其工作电流急剧上升并达到数倍额定电流，最终可能因电流过大而烧毁绕组、引起短路。例如，一台 380 V/13 kW 的异步电动机，其额定电流为 25 A、起动电流为 175 A，短路保护的熔断器熔体的额定电流选为 80 A，

过载保护的热继电器动作值整定为25 A。假设当电压下降到75%额定电压时,电动机发生了堵转,则堵转电流为 $175 \times 75\% = 131$ A,这个电流是其额定电流的5.25倍,若不采取任何保护措施,将很快烧毁电动机^[8]。另外,异步电动机端电压降低时,其定子和转子电流将增大,若长期处于低电压运行,势必加速其绝缘材料的老化,从而缩短使用寿命。

2.3 对国民经济生产的影响

随着生产力的发展,生产或使用电子设备的高新技术企业不断增加,对电压质量的要求也越来越高。一些机床用控制电器,如交流接触器、继电器等,在电压降低时,会导致电磁铁吸力不够,从而使操作控制失灵,并使电触头严重烧损或产生熔焊,甚至引起电气火灾^[9]。对于生产半导体或电子产品的企业,对电压变动非常敏感,当电压低于额定电压持续一段时间,将导致产品废品率明显增加,甚至发生生产停顿。再如医院中的一些医疗设备,如用计算机控制的脑外科、心血管外科、眼科手术等的医疗设备,当发生欠压而造成设备不能正常工作时将带来严重后果^[6]。

3 解决问题的对策

具有欠压(失压)脱扣功能的低压断路器在使用中存在的矛盾事实上只有两个:一是因电网瞬时波动、闪变、断电引起低压断路器跳闸导致用户突然断电;二是供电部门恢复供电时手动合闸工作量大、速度慢。只要解决好这两个问题,就无需取消欠压脱扣器,同时可以避免因此带来的种种危害。

第一个问题可采用延时欠压脱扣器加以解决。目前国内外断路器厂家大都可以生产延时欠压脱扣器,其一般工作原理是:在低压断路器开始工作时,电源通过欠压延时装置对欠压脱扣器充电,使其保持吸合并监视电网状态,同时欠压延时装置通过内部电路储备电能。当电网电压处于额定电压的70%~35%或瞬时断电时,电源无法提供足够的电压保持欠压脱扣器的吸合,此时欠压延时装置释放储备的电能,对欠压脱扣器供电,使其得以延时动作。一般地,电力系统中除因永久性故障引起的暂时不可恢复的供电外,大多数为瞬时性故障。采用延时欠压脱扣器后,对于一般性短时电压波动、闪变等,低压断路器将不会跳闸,对于长时低于欠压脱扣器动作电压即75%额定电压,此时的电网状况已非常恶劣,理应跳闸保护用户设备。

对于第二个问题,则可以设计一种智能自动合闸控制装置,它能够在线路恢复供电时,自动将因失压脱扣动作而跳闸的低压断路器合闸,从而避免

繁重的人工合闸。根据低压断路器与欠压脱扣器的工作特点,这种智能自动合闸控制装置应具备以下功能:

- (1) 能够自动识别低压断路器的跳闸是否因欠压(失压)脱扣引起,若是则在具备合闸条件时控制断路器自动合闸,否则控制器不输出合闸信号(如由于人工分断或过流保护分断时);
- (2) 能够设置或随机生成合闸延迟时间,以避免多个断路器同时合闸给电网带来的冲击;
- (3) 具有负荷侧有电时闭锁合闸并发出告警信号的功能,以防止用户自备电源投入运行时向电网倒送电;
- (4) 具有合闸失败告警与再次合闸的功能,以确保合闸成功;
- (5) 实现自动合闸与手动合闸互为备用。

目前国内已有利用专利技术(03240867.6^[10])开发出来的低压断路器失压脱扣重合闸装置并已在浙江、安徽、广东等部分地区投入应用,效果良好。该装置的核心部分由检测单元和主逻辑控制单元组成,原理框图如图1所示,基本原理如下:当“失压脱扣检测”先于“开关位置检测”动作,即先失压后跳闸,且无“过流速断检测”、“跳闸脉冲检测”、“手动分闸检测”的任一脉冲,则判断为因失压引起的断路器脱扣跳闸,将触发电路置位,允许装置重合闸。同时,需“开关位置检测”检测到开关确在分闸位置,“电源质量检测”检测到电源质量符合要求,此时条件判断电路才输出启动重合闸延时电路,可预置延时电路按照延时随机产生电路或延时人工整定电路提供的延时时间工作,待延时时间到后,输出重合闸脉冲,经驱动电路驱动自动开关的合闸线圈执行重合闸。后备电源能在电网失压后对主逻辑控制电路继续供电,保持判断结果,保证电网恢复后重合闸装置电路的正常工作。

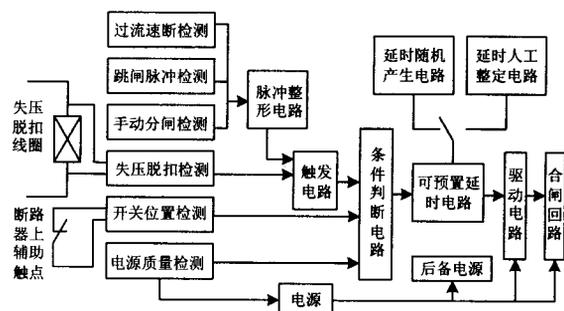


图1 低压断路器失压脱扣重合闸装置原理图

Fig 1 Schematic diagram of low-voltage breaker no-voltage release reclosing controller

4 结论

本文结合低压断路器欠压脱扣器在供电网中的实际使用情况,分析了取消欠压脱扣器,即取消欠压(失压)脱扣功能的原因,讨论了取消欠压(失压)脱扣功能会对电网安全经济运行、用户负荷设备及国民经济生产带来的诸多不利,因此不能取消欠压(失压)脱扣功能。另外,本文针对取消欠压(失压)脱扣功能的原因,提出了给低压断路器使用延时欠压脱扣器及失压脱扣重合闸控制器的方案,既可避免误动,又可保护用户设备,还可节省来电合闸的工作量,提高供电可靠性,提高配电自动化程度。

参考文献

- [1] GB14048.1-2000,低压开关设备和控制设备总则[S]. GB14048.1-2000,Low-voltage Switch Gear and Control Gear General Rules[S].
- [2] 连理枝.低压断路器设计与制造[M].北京:中国电力出版社,2003.
LIAN Li-zhi.Design and Produce of Low-voltage Breaker[M].Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [3] 尹亚军.0.4 kV 低压进线和母联断路器运行现状调查和建议[J].电气应用建筑电气专刊,2005,(4): 18-19.
YI Ya-jun.Research and Advice to the Operation Status of 0.4kV Low-voltage Inlet Wire and Bar Coupling Breaker[J].Electrotechnical Application Building Electric Special, 2005,(4): 18-19.
- [4] 迟长春,张浩.低压空气断路器的运行故障研讨[J].天津城市建设学院学报,2002,8(2): 123-124.
CHI Chang-chun, ZHANG Hao.Failures of LV Air Breaker in Electric Power System[J].Journal of Tianjin Institute of Urban Construction, 2002,8(2): 123-124.
- [5] GB 50052-1995,供配电系统设计规范[S].
GB 50052-1995,The Design Norm of Power Supply and Distribution System[S].
- [6] 程浩忠,艾芊,张志刚,等.电能质量[M].北京:清华大学出版社,2006.
CHENG Hao-zhong, AI Qian, ZHANG Zhi-gang, et al.Power Quality[M].Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [7] GB50055-9,通用用电设备配电设计规范[S].
GB50055-9,The Design Norm of General Electro-equipment Distribution[S].
- [8] 陈昌奎.接触器对电动机欠压保护的探讨[J].电气时代,2004,(1): 64-66.
CHEN Chang-kui.Discussion of Contactor's Under-voltage Protection to Electromotor[M].Electric Age, 2004,(1): 64-66.
- [9] 连理枝.线路和设备的欠压与保护[J].华通技术,2002,(3): 29-31.
LIAN Li-zhi.Under-voltage on Line and Equipment and Their Protection[J].Huatong Technology, 2002,(3): 29-31.
- [10] 贾晓东.自动开关失压脱扣重合闸装置[P].中国专利:03240867.6,2005-11-09.
JIA Xiao-dongAutomatic Switch No-voltage Release Reclosing Equipment[P].China Patent:03240867.6, 2005-11-09.

收稿日期:2007-02-07; 修回日期:2007-03-08

作者简介:

马宇辉(1983-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统现场智能测控技术及配电网自动化技术;E-mail:funcyng@163.com

吴文宣(1960-),男,高级工程师,研究方向为电力系统测控技术与试验方法研究;

江道灼(1960-),男,教授,主要研究方向是交直流电力系统运行与控制技术、电力电子及柔性交流输电应用技术、电力系统现场智能测控技术及配电网自动化技术等。

(上接第70页 continued from page 70)

能,是保护系统中重要的组成部分,是实现高炉鼓风机电源快速自投的主要判据。分析和理解矢量跳跃原理,能帮助我们正确地应用其功能。将此技术推广应用到发电机、站,大中型同步电动机,大中型主变压器的保护中,有着十分重要的经济和社会价值,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 西门子公司.7UM62 继电器技术手册[Z].
Siemens Company 7UM62 Relay Technology Handbook[Z].

- [2] 何仰赞,温增银,汪馥英,等.电力系统分析[M].武汉:华中理工大学出版社,1988.

HE Yang-zan,WEN Zeng-yin, WANG Fu-ying, et al. Power System Analysis[M]. Wuhan: Huazhong University of Technology Press,1988.

收稿日期:2007-05-29; 修回日期:2007-06-13

作者简介:

颜红建(1962-),男,高级技师,从事继电保护试验及技术管理工作;E-mail:Ldyhhj.2007@163.com

张时明(1963-),男,工程师,从事继电保护与实践工作。