

低压电器智能化发展的几个动态

陈德桂

(西安交通大学, 陕西 西安 710049)

摘 要: 智能技术是把电器元件和配电装置以及整个配电系统连接和综合起来的纽带,也是促进低压电器向多功能、高性能和小型化发展的关键。从低压断路器智能脱扣器功能的增强和扩展、接触器的异步组合式智能控制及电弧故障断路器几个方面来介绍近期低压电器智能化发展的动态。

关键词: 智能与综合技术; 电子脱扣器; 智能控制接触器; 电弧故障断路器

中图分类号: TM 52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5531(2007)01-0001-05



陈德桂 (1933 -), 男,教授,博士生导师,中国电工技术学会低压电器专业委员会主任委员,研究方向为低压电器。

Some Trends of Low Voltage Intelligent Electrical Apparatus

CHEN De-gui

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Intelligent technique is a link to connect electrical elements and distribution system, and also a key to facilitate the low voltage electrical apparatus toward the way of multi-function, high performance and small size. The some trends of low voltage intelligent electrical apparatus including new function of electronic release, asynchronous modular contactor with intelligent control and arc fault circuit breaker were introduced.

Key words: intelligent and integrated technique; electronic release; contactor with intelligent control; arc fault circuit breaker

0 引 言

随着电力事业的发展,低压开关电器的需求量日增,对低压电器经济技术指标的要求也越来越高,这就促进了低压电器向小型化、智能化、多功能、高性能、节能和环保方向发展,而智能化更是把电器元件和配电装置以及整个配电系统连接和综合起来的纽带,它也是促进低压电器向多功能、高性能和小型化发展的关键。本文以**低压断路器和交流接触器**两大类应用最广泛的**低压电器**来介绍近期**低压电器智能化发展的动态**。

1 低压断路器智能脱扣器功能的增强和扩展^[1]

在电力事业飞速发展的今天,工作环境中人身安全是至关重要的,电力设备故障时的电弧喷射是造成伤害的一个重要的安全问题,近期国际上通过研究,对工作在电力设备附近的人们由于电弧喷射的伤害和其危险性制定了标准,如美国

的 IEEE 1584 和 NFPA 70E-2004 (National Fire Protection Association Standard 70E),后者定义电弧伤害为“由于电弧释放的能量所造成的危险”。在一个电弧喷射 (Arc Flash) 事故中,电能转变为热能、压力、可见光和辐射能,当估计电弧喷射的危害时,主要考虑热能,用 J/cm^2 来表示。当事故能量 $< 5 \text{ J}/\text{cm}^2$ 时,按 NFPA 70E 标准定伤害程度为 0 级。

要防止电力设备电弧喷射的危害,可采用如下 4 种措施:① 采用遥控技术使操作人员远离电力设备;② 降低故障电流;③ 采用动态电弧喷射检测技术。利用一传感器,当检测到有工作人员接近电力设备时,自动降低断路器的脱扣时间,以减少电弧能量和提高安全性;④ IEEE 1584 规定工作人员接近电力设备时,为避免电弧喷射必须穿戴特殊的防护服。

西门子公司新推出的 WL 框架断路器的智能脱扣器已具有上述第③项措施的功能;而 Cutler-Hammer 公司则用该技术改造原有的智能脱扣

器,并把该技术称为“防弧开关(Arc Flash Reduction Maintenance Switch)”,智能脱扣器装配了该技术后,可大大降低故障的能量水平。

IEEE 1584 提供了由实验室试验获得最大机率的电弧电流以及它的 85 % 两个数值,基于这两个数据,电弧危害的等级可由电弧喷射事故的能量来划分,它决定于事故清除时间。图 1 为采用了防弧开关后一台额定电流为 600 A 断路器的保护特性匹配,断路器的保护特性(见图 1 中曲线 1)整定要避开电动机的起动电流(见曲线 2),电弧电流为 5.1 kA。由于脱扣时间长,对应的电弧能量大于 167.5 J/cm^2 ,按 NFPA 70E 标准,大于 4 级伤害程度。采用防弧开关技术后,智能脱扣器在有工作人员接近电力设备时,自动把保护特性曲线由 1 移至 3,使故障清除时间减少到 50 ms,事故能量低于 16.7 J/cm^2 ,相当于 NFPA 70E 危害标准等级 1,大大降低了故障的危害程度。图 2 为带防弧开关的断路器智能脱扣器的外形。

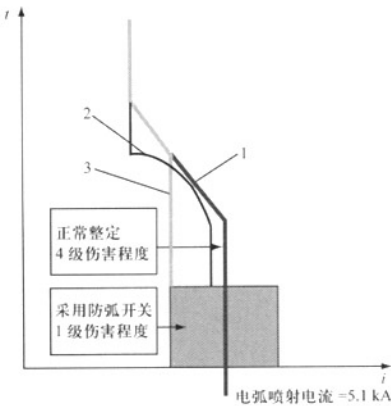


图 1 带防弧开关智能脱扣器的保护特性



图 2 带防弧开关智能脱扣器的外形

除以上的特殊功能外,近期推出的新一代低
— 2 —

压断路器的智能脱扣器还增加了不少新功能,如日本寺崎(Terasaki)公司的 TemPower 2 框架断路器具有以下新功能:① 反时限特性可以有多种选择,包括 $I^{0.02}t$ 、 I^2t 到标准反时限(S.I.)、过反时限(V.I.)和超反时限(E.I.),如图 3 所示。为适应多种保护对象的要求,有各种脱扣器型号,如 AGR-L 用于线路和变压器保护,AGR-S 用于发电机保护。② 双电源转换的报警作用。当后备电源为了保证连续供电而需要起动时,该功能起报警作用。③ 发电机反向功率保护。用于并联发电机保护时,如发现有反向功率传输时,保护作用动作。④ 中线保护。对三相四线制系统,当存在谐波畸变时,大量三次谐波电流会通过中心线,该保护功能能避免三次谐波电源对中线的烧损。⑤ 触头温度检测功能。对框架断路器的触头温度进行监控,当触头温度超过 155°C 时发出警报。

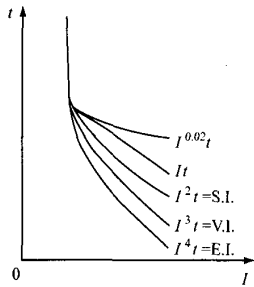


图 3 多种可调反时限特性

近年来,低压断路器及其配电系统的通信功能也有大幅度提高,例如西门子公司推出的新一代 SENTRON WL 框架断路器,与老产品 3W6 相比,老产品只能连接 Profibus-DP,新产品发展到能连接 Profibus-DP、EtherNet、Modbus、LonWorks 多种总线,开关内并配置了 Cubiclebus 内部总线,其 Profibus-DP 的通信接口 Com 15 连接 EtherNet 的数据适配器 BDA,可进一步连接 EtherNet/Intranet/Internet,COM 15 支持扩展的 Profibus 规约 DPV 1,可传送各种信息,包括非周期信息。通信功能的增强进一步加强了低压电器元件和配电系统的联系,由此,西门子公司提出了“综合电力(Integrated Power)”的新概念,它把 ACCESSTM电能监测系统、低压开关柜、电动机控制中心、母线和电力变压器综合在一起,这种综合还包含制造厂对用户的综合服务,即从系统的初始规划、设

计、运输、安装、开车、投产连接起来,实行全面服务,给用户最大的方便。ACCESSTM是一种基于 Web 的电能监控系统,它提供实时企业级电力质量和工作可靠性监控,ACCESSTM提供最新电力质量监控的硬件和软件技术,从该系统可获得大量的系统级数据信息,供分析、储存和共享。由于 ACCESSTM是基于 Web 的,故用户可在任何地点、任何时间方便地存取数据。

ABB 公司也提出了一个类似的总体解决方案,称为工业 IT,使新型的 Emax 框架断路器、Tmax 塑壳断路器和产品都作为一个完整解决方案的一部分,每个功能单元可执行测量、控制、优化和相互协调、配合等功能,并为用户提供安装、使用及维护指导,实现产品到用户服务综合解决方案。Emax 框架断路器有很强的通信功能,其通信模块 PR 120/D-M 可连接 Modbus 网络,通信系统中 BT030 装置可与笔记本电脑用蓝牙技术进行通信,EP 010-FBP 作为一个总线插接件,采用 ABB Fieldbus plug 新概念,像一个插座,可以选择连接到 Profibus、DeviceNet 或 AS-I 总线网络。

2 接触器的异步组合式智能控制

近年来,国内外对接触器的智能控制做了大量的工作,利用操作电磁铁“软着陆”、减少触头弹跳和铁芯振动来提高 AC3 电气寿命的控制方案已被大多数国外大公司所采用,主要用于额定电流在 100 A 以上的交流接触器。但要提高 AC4 的寿命,主要应着重于提高接触器的分断性能。用智能控制方式提高接触器的分断性能,英国的 Nouri^[2]对于接触器进行了定相合闸控制,找出了合闸相角与触头磨损的关系,但仅能应用于单相分断;国内也有方案通过机械上不同步来解决三相接触器定相控制问题,但用机械方式定相准确度很难解决。最近,美国 Eaton 公司提出一种异步组合式智能控制方案^[3],解决了三相电路定相分、合闸问题,并采用定相分、合闸统一的方法对接触器实现了智能控制,提高了接触器的 AC3 和 AC4 寿命。该方案采用组合式结构是指用 3 个小规格的接触器组合代替传统的大规格接触器,控制额定电流大的电动机。采用多个小尺寸接触器的组合是因为,小尺寸接触器生产成本低,而更重要的是每一极用一个单独接触器便于对三相中每

一极单独进行定相控制,小容量接触器通过三相并联作为一个极就可以提高其控制功率。该智能接触器采用直流操作电磁铁是因为,能提供准确的吸合和释放时间,便于作定相控制,而交流操作电磁铁的吸合和释放时间会随合、分闸相角而改变。异步组合式智能接触器通过对每一极的定相分闸,能使每一极在电流接近零前分断,以使触头在 AC4 条件下大幅度减轻电弧的电气侵蚀,提高接触器的分断性能。为了保证触头过零后,不致发生重燃,还应让触头有足够的分断间隙。该接触器的定相合闸是为了清除电动机起动时的直流瞬态分量,减小电流和电动机起动转矩的冲击,从而减轻触头的电弧侵蚀,保护电动机及其传动设备免遭机械损伤。

要清除电动机起动时的直流瞬态分量,合闸过程要分成两个阶段,根据理论仿真结果,不同连接的电动机 A、B、C 三相的合闸相角应按表 1 选择。

表 1 不同电动机绕组连接时的合闸相角

接 法	相 位		
	A 相	B 相	C 相
Y	U_{AB} 为 90°	U_{AB} 为 90°	U_{AB} 为 180°
Δ	U_{AB} 为 90°	U_{AB} 为 90°	U_{AB} 为 180°

若电动机绕组为 Δ 接法,第 1 阶段先让 A 和 B 相在线电压 U_{AB} 为 90° 时同时合闸;第 2 阶段当 U_{AB} 为 180° 时,让 C 相合闸完成起动过程,图 4 为电动机绕组为 Δ 接法时两个阶段的起动过程。

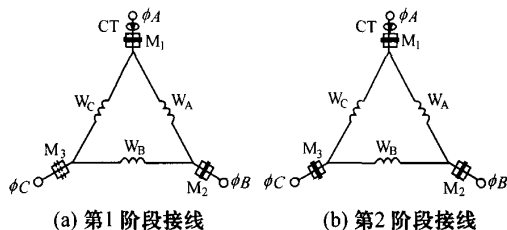


图 4 绕组为 Δ 接法时,电动机智能合闸控制的两个阶段接线

若取额定电流为 100 A 的交流接触器用异步组合式定相控制,在 AC4 条件下,分断 6 倍额定电流,即 600 A,做 6 000 次操作,测得其电弧能量为 11 J,而常规接触器在 AC4 试验中测得电弧能

量约为 100 J,因而分断过程的电弧能量大幅度降低,触头电弧侵蚀程度很轻。对同一电动机按传统方式和按上述两阶段方式在 AC3 条件下进行起动控制,电动机起动转矩和三相起动电流波形

如图 5 和图 6 所示。试验结果表明,采用智能控制起动转矩的冲击值减少了近 40 %,起动冲击电流降低了近 30 %,显著减少了 AC3 条件下触头的电弧侵蚀。

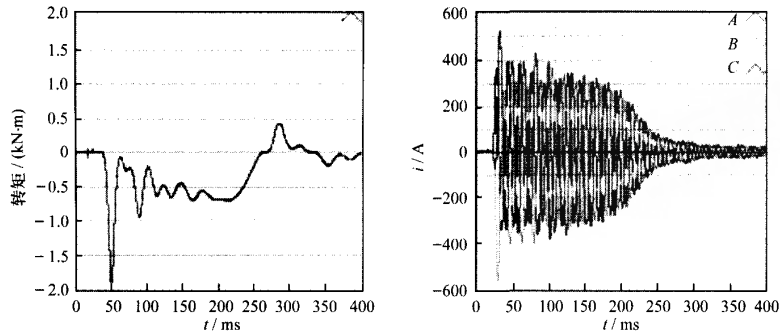


图 5 Δ 接法电动机常规起动转矩和电流波形

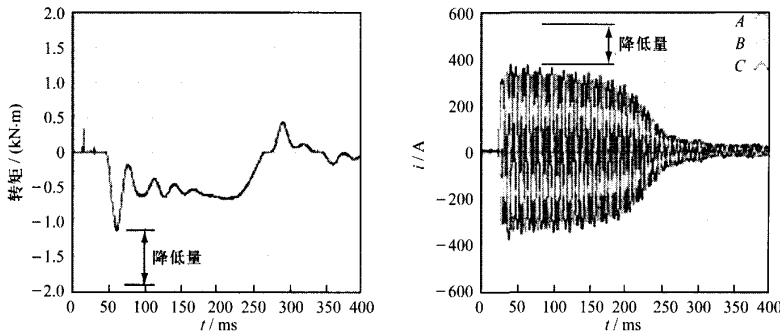


图 6 Δ 接法电动机智能控制的起动转矩和电流波形

3 电弧故障断路器^[4,5]

为了用电安全,包括人身安全和防止漏电或电弧故障引起的火灾,剩余电流保护断路器目前已广泛采用,但剩余电流断路器在一些场合不能保护故障电弧,因而在国际上发展了一种称为电弧故障保护断路器,用于家用的这种断路器已在市场上出售,称为 AFCI(Arc-fault Circuit Interrupter);用于航空、汽车和工业领域的这种断路器也在开发中。

电弧故障常由于一束导线中某几根导线绝缘损伤或导电回路接头处脱开而引起,其电流可能小于线路的额定电流,故检测故障电弧必须把它和正常工作电弧(比如电焊)信号及其他类似信号区别开来,必须做到在清除故障电弧同时不影响线路实际的工作。检测电弧故障需要采用特殊的电子线路,是一种智能化电器。

故障电弧一般可能有两种情况:① 沿着绝缘体部分导电表面;② 产生于非常接近的 2 个电极。前者由于绝缘体长期受热或发生偶然性电火花,造成绝缘表面碳化而形成电弧通道;后者是由于导体碰上接地的管道,或是一束导体中部分被尖锐的金属体割伤了绝缘。在低压供配电线路中,有 3 类电弧故障,它们是串联、线对线和线对地。

串联故障一般产生于一根导体(见图 7(a)),例如一束导体中有一根发生机械断裂,或在导体接头处松开,或在插头处有一个极断开。串联故障的电流受到负载的限制,因而电流可能小于负载电流;线对线故障(见图 7(b))是一种短路,例如把一束导体中 2 根导体绝缘表面机械损伤而相碰,这种电弧电流决定于线路阻抗的大小;线对地故障(见图 7(c))发生于有接地回路

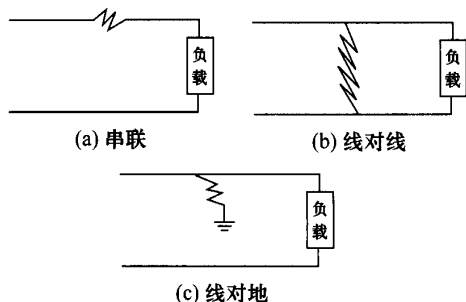


图7 电弧故障类型

的情况。

检测电弧故障要从民用建筑中可能发生的电弧特性出发,图8表示电阻负载串联故障的电流与电压波形。电流与电压波形同相,且在电流每次过零附近出现肩部平坦的波形,这是由于每次过零时点燃和熄弧过程引起的;电压波形除在电弧点燃和熄弧部分外,近似矩形波。国外已有若干专利利用检测电弧特性构造电弧故障断路器的结构原理。

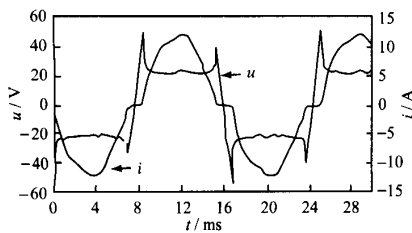


图8 电阻负载串联故障的电流与电压波形

当前,家用电弧故障断路器已经出现在美国,其规格为120 V,额定电流15和20 A,航空和汽车领域用的类似保护装置也在开发中。由于现代航空电气设备中采用了大量的电子装置,而这些电子装置存在的电流波形和故障电弧非常相似,因而区别这些信号的难度比家用电弧故障保护装置更复杂。电弧故障保护装置向工业和商业用途发展,负载的种类更是多样化,例如电弧炉、电焊机等有各种使用特征,因而以不同用途类别来开发电弧故障保护装置是可能选择的一种方案。

【参考文献】

- [1] ZHOU X, ZOU L, HETZMANNSEDER E. Asynchronous Modular Contactor for Intelligent Motor Contact Applications [C]// Holm Conference, 2005: 55-62.
- [2] NOURI H, DAVIDS T S, HEAD J. Influence of AC Interruption Points on AC Arc Erosion of Silver Based Contact Materials [C]// 44th IEEE Holm Conference on Electrical Contact, 1998: 207-213.
- [3] MECHLER P. Simulation of AC Arc Faults in Aircraft Electrical Networks [C]// 21st International Conference on Electrical Contacts, Switzerland, 2002: 290-295.
- [4] HETZMANNSEDER E, ZUERCHER J C, HASTINGS J K. Method for Realistic Evaluation of Arc Faults Detection Performance [C]// 21st International Conference on Electrical Contacts, Switzerland, 2002: 296-302.

收稿日期:2006-05-26



《低压电器》隆重推出“现代建筑电气”篇

2007年1月《低压电器》全新改版为半月刊!

上半月刊“通用低压电器”篇 下半月刊“现代建筑电气”篇
“现代建筑电气”篇以3C技术融合为基础,以智能建筑为先导!
全力打造建筑电气领域最新研究成果和行业信息的传递平台!

您的需要,我们的追求!

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告