

低压电弧故障断路器 ——一种新型低压保护电器

陈德桂

(西安交通大学, 陕西 西安 710049)

摘要: 提出一种新型的低压保护电器——电弧故障断路器,用于防止故障电弧引起失火。介绍了其工作原理和应用场合及该断路器的发展动向。指出该断路器优点在于,与过电流保护装置相比,检测范围更大;与剩余电流保护装置相比,无需接地。

关键词: 电弧故障; 保护电器; 低压断路器

中图分类号: TM 561: TM 501+.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5531(2007)03-0007-03



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。

The Arc-Fault Circuit Interrupter ——A New Low Voltage Protection Apparatus

CHEN Degui

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

Abstract: A new low voltage protection apparatus—the arc-fault circuit interrupter was put forward to avoid fire by fault arc. The work principle, application field and development trend of this circuit interrupter were introduced. It was pointed out that the advantages of this circuit interrupter are bigger detection range comparing with over current protection device and no earthing comparing with residual current protection device.

Key words: arc-fault; protection apparatus; low voltage interrupter

0 概述

随着经济的飞速发展和人民生活水平的提高,用电量也在不断增加。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,日益受到人们重视。目前,剩余电流保护断路器已广泛采用,但它在一些场合起不到故障电弧保护作用,因而美国研制了一种电弧故障断路器(Arc-fault Circuit interrupter, AFCI)。用于家用 AFCI 已在市场上出售,用于航空、汽车和工业领域的也在开发中。

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(如电焊)的信号及其他类似信号区别开来,做到在清除故障电弧同时,不影响线路实际的工作。检测电弧故障需采用特殊的电子线路,是一种智能化电器,而配电系统智能化的发展使故障电弧的检测及其保护电器的发展变得广

泛而价廉。当前, AFCI 的开发和应用受到国际上低压电器领域的普遍关注,2002年在瑞士召开的21届国际电接触学术会议上,有多篇论文特别介绍了这种断路器^[1-3],并把它作为当前低压电器发展方向的一个重要内容。

1 电弧故障的类型和特征

故障电弧一般产生于两种情况: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;后者由于导体碰上接地管道,或是一束导体中部分被尖锐的金属体把绝缘割伤。在低压供配电线路中,有串联、线对线、线对地3类电弧故障(见图1)。

串联故障一般产生于1根导体(见图1(a)),例如一束导体中有1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

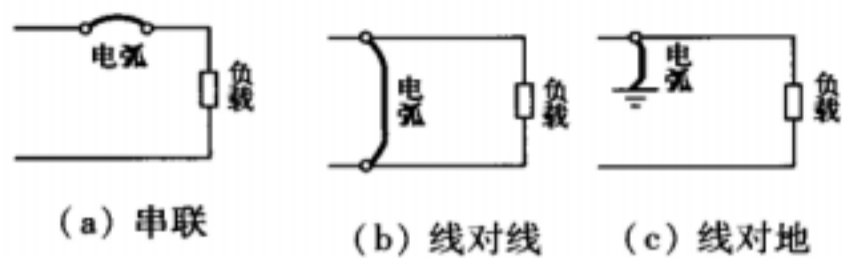


图1 电弧故障类型

载电流;线对线故障(见图1(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1(c))发生于有接地回路的情况。

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2为电阻负载串联故障的电流与电压波形。由图可见,电流与电压波形同相,并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,对串联故障来说,由于串联了电弧电压,其电流有效值和 I^2t 都比线路额定电流低,故不会引起过电流保护装置动作。

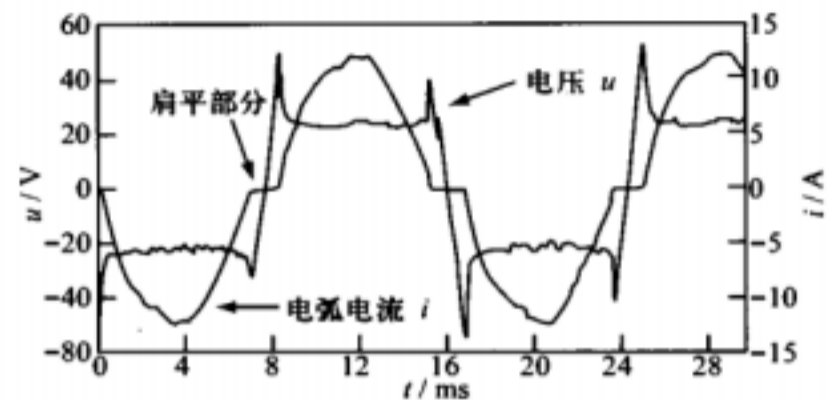


图2 串联电弧故障的电流与电压波形

图3为线对线故障电弧电流和电压波形。由于这种故障一般是间断发生的,故电弧电流和电

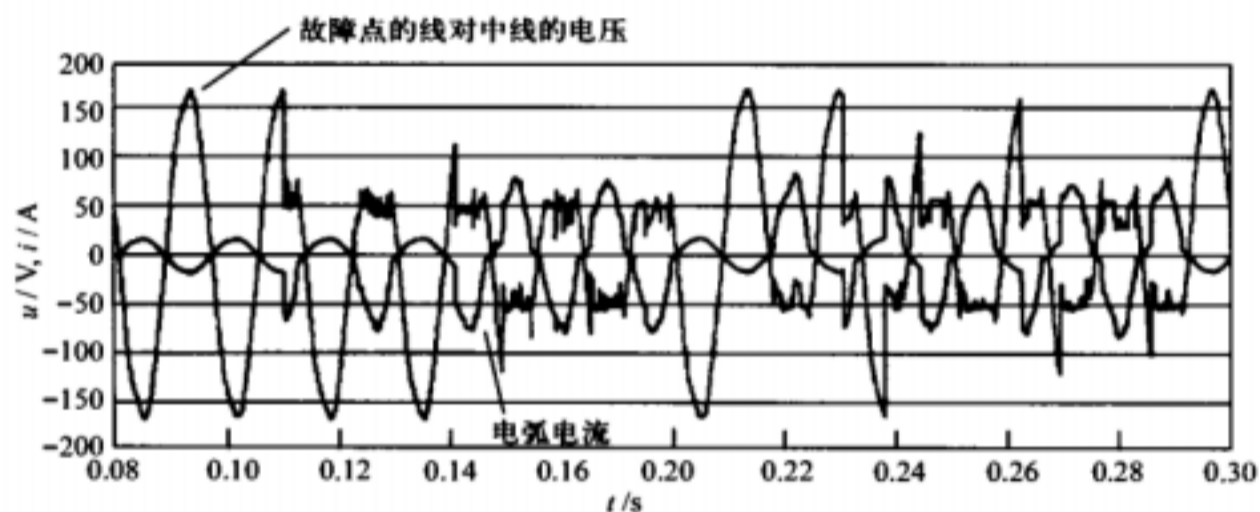


图3 线对线故障的电流与电压波形

压的波形也是间断产生的,其电流有效值和都要较直接短路情况要小,在燃弧期间电流波形也出现肩部。

以上故障电弧波形十分类似于由开关电源供电的计算机负载波形,如图4所示的带4台计算机的起动过程和稳态时电流波形也呈现出类似于故障电弧平坦的肩部,因而检测故障电弧信号是一个艰巨的任务。

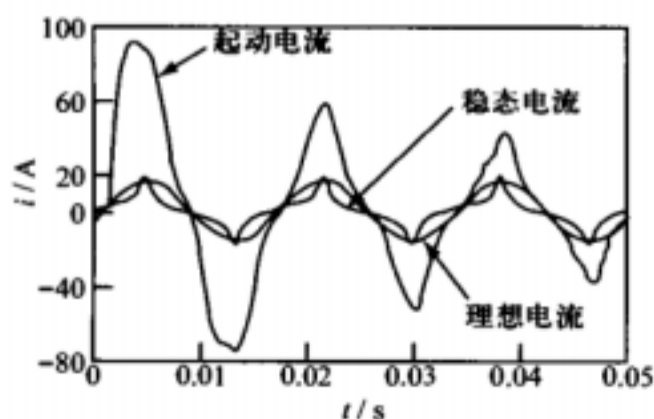


图4 当负载为4台计算机时,从起动到稳态的电流波形

2 与过电流保护、剩余电流保护装置的比较

如上所述,电弧故障产生的电流可能低于线路额定值,或发生的过程是间断的,因而采用过电流保护装置可能检测不到该故障。图5所示为一

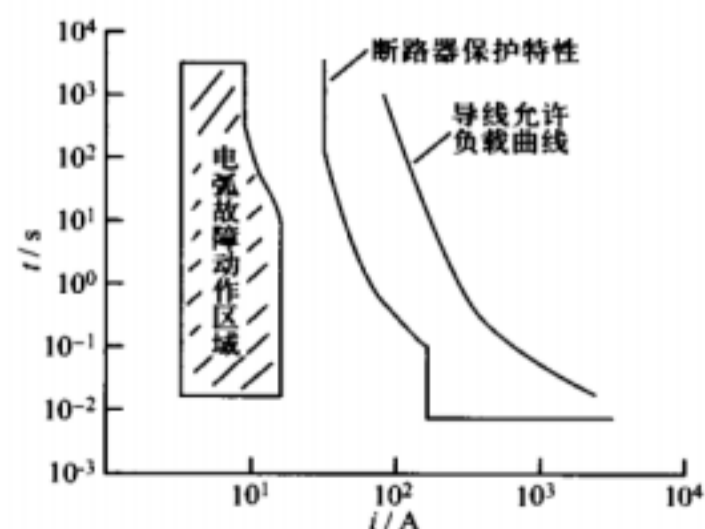


图5 20 A 小型断路器保护特性

个家用 20 A 小型断路器的保护特性,它能对家用线路起很好的保护作用,但电弧故障存在的区域(在图中打斜线的部分)过电流保护就不能起作用。

剩余电流保护装置能很好地对接地故障起保护作用,但线路必须有接地才能起作用,所以它对电弧故障起的保护作用有一定的限制,并且市场上出售的漏电插座只能对连接到插座的导线和设备起漏电保护作用。

3 发展前景

当前家用电弧故障断路器已在美国出现,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。在航空和航天器的电气网络中,电缆束的电弧通道问题已存在 20~30 年,它由两种情况引起:一种为湿电弧通道,是由于清洁剂渗入到电缆束内,逐步破坏了电缆的绝缘;另一种为干电弧通道,是由于电缆绝缘表面的机械损伤。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,因而区别这些信号难度比家用电弧故障保护装置更为复杂。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,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] BRANSTON D W. Innovation in Low Voltage Switching Technology [C]//21st International Conference on Electrical Contacts. Switzerland, 2002;283-289.
- [2] MECHLER P. Simulation of AC Arc Faults in Aircraft Electrical Networks [C]//21st International Conference on Electrical Contacts. Switzerland, 2002;290-295.
- [3] HETYMANNSEDER 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:2006-10-10

(上接第 6 页)

目前,主要的工业以太网协议有:EtherNet-IP、Profinet、Modbus-TCP/IDA 等。由于各种工业以太网技术在实时性、开放性、实现的功能上都有很大差异,统一的工业以太网协议在相当长一段时间内可能还无法实现。但是,网络的实时性、安全性(在开放的同时防止非法的侵入)和适合工业环境等方面有很多共性技术,有可能通过合作建立统一的基础,这将有利于工业以太网技术的快速发展和在低压电器等领域的推广应用。

7 结 语

综观国外新一代低压电器的发展均从系统考虑,配电保护电器可提供几安培至几千安培额定电流的整体解决方案,控制电器可提供几千瓦至上兆瓦控制功率产品,保护功能从基本的至高级的,还有附加功能。这种全方位的工业控制与保

护的理念将成为今后低压电器发展的主流。

新一代低压电器除进一步提高产品的技术性能和可靠性外,最主要的特点是将计算机、微电子和通信技术与传统产品结合,将智能技术融入低压电器,使低压电器产品的功能和技术取得了突破性的进展。随着电子技术的发展,低压电器将加速向可通信、网络化发展,低压电器与工业现场总线和工业以太网密切结合,必将对低压配电和控制装置及系统的发展产生不可估量的影响。

【参考文献】

- [1] 尹天文,阮于东. 总线技术在低压电器领域的应用与发展[J]. 低压电器,2006(6):3-6.
- [2] 何瑞华,尹天文. 我国低压电器行业现状与发展趋向[J]. 低压电器,2004(1):3-7.

收稿日期:2006-11-30