

浅谈AFCI技术在电气防火领域的应用

瑞萨科技（北京）有限公司，和瑞电子（绵阳） 作者：罗雷 刘晖

摘要

随着社会的不断发展，电气化程度越来越高，电路保护也越来越重要。电气中的故障电弧能量大，温度高，危害是极大的，非常容易引起火灾，甚至爆炸。但是，传统的断路器是只可以保护漏电（GFCI），过流和短路，而许多严重的火灾事故却是由低于额定电流的故障电弧引起的，传统的断路器是绝对不能检知或防止这种故障。随着电弧故障引起的事故越来越凸显，对电弧故障进行检测的要求越来越迫切，针对电弧故障的研究也越来越多。

为了避免此类火灾灾难的发生，我们开发出了电弧故障断路器(AFCI)控制板，在很大程度上解决了这个问题，在传统断路器的基础上，它可以在瞬间检测到电弧，并区分电弧的性质，及时做出相应的处理。本文将阐述 AFCI 产品在生活中的应用，以及 AFCI 产品可衍生出来的其他应用，希望 AFCI 产品可以造福人类。

关键字

AFCI, GFCI, 断路器, 防火监控, Zigbee 网络, 故障电弧, 漏电保护

AFCI产品的必要性

据统计，电路老化造成的火灾在所有火灾事故中占有最高的比例，在我国，电气线路老化，线路分布不合理的情况比比皆是，春节刚过，于 2009.02.05 日，武汉的汉正街发生火灾，整个汉正街的商铺被大火吞噬，直接经济损失超过 3000 万元，死亡 1 人。经过调查，起火原因是电气线路老化走火（故障电弧）引发的。根据 CPSC(美国消费品安全委员会)1998 年的统计，每年由于配电线路老化引起电弧造成的火灾有超过 40000 起，（占电气火灾的 83 %）造成直接经济损失\$16.8 亿美元。所以 CPSC 要求所有的住宅的卧室必须安装这种 AFCI 断路器和墙插座，所有的空调要安装 AFCI 插座。

这仅是所有火灾事故中很小的一些实例，为了避免这类灾难的重演，除了我们应该适当注意用电安全外，就是利用 AFCI 产品的优势，在火灾隐患发生时得到最及时的处理，这就是 AFCI 产品存在的必要性。

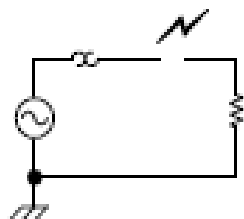
AFCI产品的相关知识

● 电弧的种类：

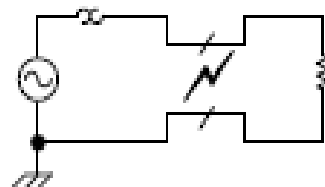
线路上的电弧可分为两种，一种是正常的操作弧，称《好弧》，另一种是故障电弧，称《坏弧》。

1. 《好弧》是指当电机旋转产生的弧，如电钻，吸尘器等。另外当人们开关电器，插拔电器时产生的弧也是《好弧》。
2. 《坏弧》是故障电弧，故障电弧的类型基本上可分两类。A 类和 B 类。A 类称串型电弧，B 类称并型电弧，图示如下：

A 类：



B 类：



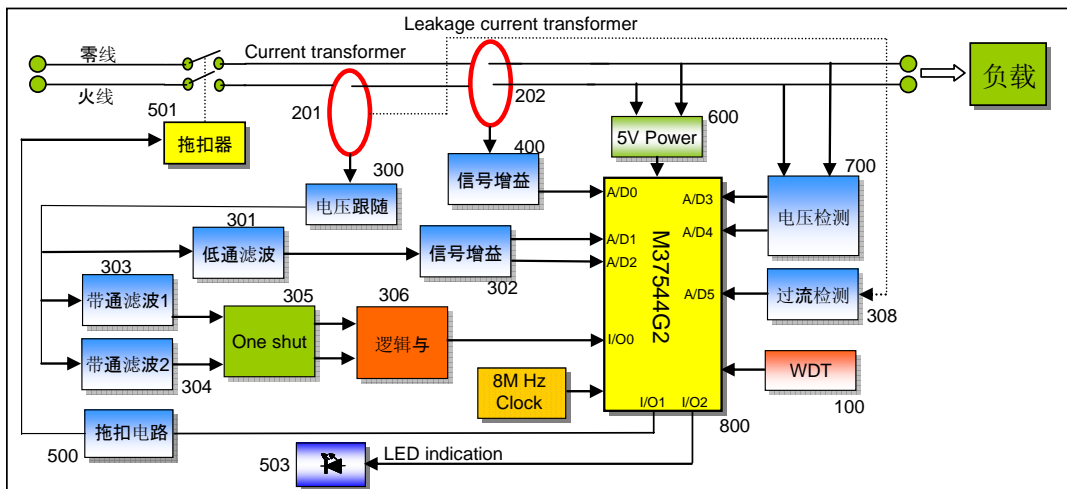
- **UL1699 标准:**

UL1699 是为了规范 AFCI 产品而定制的标准。AFCI 产品发展于上世纪 90 年代，用以识别由过电流产生的电弧而造成的家庭火灾。传统的断路器可以对过电流提供保护，然而研究发现在没有过电流发生的情况下由小电流引起的故障电弧也有足够的能量引发打火从而引起火灾。现在 UL1699 可用于规范 AFCI 技术在普通断路器、墙式安装插座、以及便携式 AFCI (Cord AFCI) 的应用。

- **AFCI 如何工作:**

根据 UL1699 的标准，在 AC 线路上，当 AFCI 在 0.5 秒内察觉到 8 个半周的故障电弧（坏弧），AFCI 断路器执行脱扣，切断 AC 线路，脱扣时间小于 0.2 秒。

- **AFCI 的原理:**

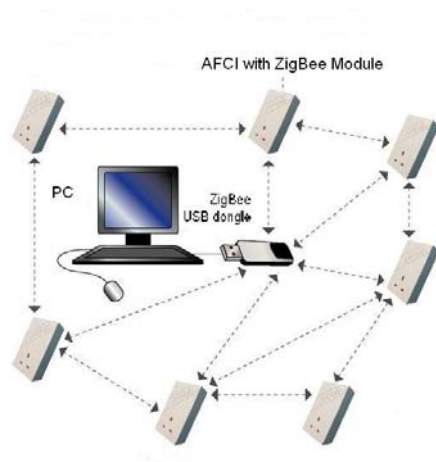


上图中 800 (M37544) 是 Renesas 740 系列的 8 bit 单片机，它的最小指令时间为 0.25us, ROM size 8—32K, RAM size 256—2048, 有可编程 I/O 口 25 个, 3 个定时器, 6 个 8bit A/D 转换器, A/D 的转换速度非常快, 约 8us, 12 个中断源, 一个 WDT, 宽电源范围 2.2-5.5V。因为 M37544 是三菱的产品, 所以有很好的 EMC 和 EMI 性能, 是强电控制的首选。

在开发软件方面, 它支持 C 语言加汇编语言的组合编写。编译器为 IAR Systems 的 M3T-ICC740。仿真工具方面, 仿真器为三菱的 PC4701U+M38000TL2-FPD, 仿真 MCU 的型号是 M37544RSS。

AFCI 主要产品简介

1. 利用 ZigBee 无线网络的 AFCI 火灾隐患监控系统



上图是一个报警系统的示意图，

因为此系统中的 AFCI 断路器包含 1 个高性能的微处理器 (MCU) ,所以 AFCI 可以将火灾隐患的数据通过低成本的 ZigBee 无线网络直接传送到监控中心进行分析和处理。

每个 AFCI 断路器可以将电流, 电压, 漏电, 电流相位, 电弧信号等数据及时传送到终端计算机。如发现了火灾隐患, 可以及时派人去现场检查 and 消除火灾隐患。

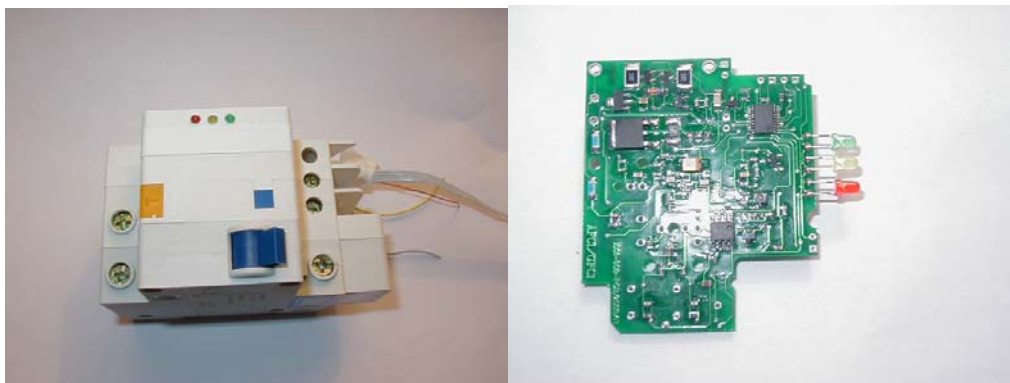
ZigBee 是一个低成本、低耗能、双向无线通信网络系统, 由可多到 65000 个无线数传模块组成的一个无线数传网络平台, 十分类似现有的移动通信的 CDMA 网或 GSM 网, 每一个 ZigBee 网络数传模块类似移动网络的一个基站, 在整个网络范围内, 它们之间可以进行相互通信; 每个网络节点间的距离可以从标准的 75 米, 到扩展后的几百米, 甚至几公里; 另外整个 ZigBee 网络不仅可以“无限”扩展开来, 而且还可以与现有的其它的各种网络连接。分别是 7 个 AFCI 断路器 (带 ZigBee 功能), 当某个 AFCI 的下游负载线路出现了故障电弧或漏电, 这个火灾隐患的信息将通过 ZigBee 网络在第一时间发送到终端计算机。由于 ZigBee 网络是一个双向的网络, 所以终端计算机也可以随时查询每个 AFCI 断路器的监控数据。这样就实现了一套高效而安全的火灾报警系统。

2. 支路 AFCI 产品(Branch/Feeder AFCI)



这类产品大多安装在支电/配电线路, 如在配电箱附近安装的断路器, 用来防止在支电线路或配电线路上发生的电弧故障。支路 AFCI 管理集中, 且便于扩展其他功能, 如上文提到的火灾报警系统等等。

下图为绵阳和瑞电子 AFCI 研发中心开发的 AFCI 产品实例:



右图中的 AFCI 板有 3 个 LED, 可以显示电弧故障, 漏电故障和正常工作的三种状态。(带有故障记忆功能)

左图中的 AFCI 断路器有过流保护, 短路保护, 欠压保护, 过压保护, 电弧保护, 故障记忆等功能。

3. 组合 AFCI 产品(Combination AFCI)



一整套支路 AFCI 产品和墙插座 AFCI 产品就构成了组合 AFCI 产品。

4. 墙插座式 AFCI 产品(Outlet Circuit AFCI)



这类产品被设计在插座上，用来保护用电线路上的负载和供电线路。它可检测 5A 的电弧，一般为串型电弧，如松动的电缆产生的电弧。

5. 绳索类 AFCI 产品(Cord AFCI)



此类产品被连接到插座容器内，或者直接连接电器设备，相对简单，一般只对故障电弧保护，额定电流一般是 5A，用来保护特定负载。

6. 便携 AFCI 产品(Portable AFCI)



一种插入式 AFCI 产品，如插线板，用来保护连接到扩展线路上的设备以及供电线路。

7. 航空器的 AFCI 开关



用于飞机的电气系统，单相开关，额定电压 115V, 额定电流 5A,10A,15A,20A,25A 频率 400Hz。

结束语：

上述 AFCI 的应用是电气防火领域的一部分，在汽车，船舶领域也有应用。AFCI 是一个新的产业，它是防火技术的创新。

参考文献：

1. 家用电弧断路器（AFCI）的开发（建筑电气期刊 2006.2）
2. 防范电气火灾新技术（Taiwan 台电月刊 2008. 9）
3. Arc fault testing arc faule scenarios (2002 Underwriters laboratories inc)
4. Microcomputer Based Feeder Protection and Monitoring System-Utility Experience", Martin Narendorf, B. Don Russell, Mike Aucoin, IEEE
5. Detecting Arcing Downed-Wires Using Fault Current Flicker and Half-Cycle Asymmetry", A. F. Sultan, G. W. Swift, D. J. Fedirchuk, IEEE Transactions on Power Delivery; vol. 9, No. 1; Jan. 1994; pp. 461-469.



刘晖

2001 加入三菱电机半导体，从事 MCU 软件开发，专业应用于家电及计量仪表领域；

2003 至 2008 就职于瑞萨科技（北京）有限公司，从事数字电视，AFCI,GFCI 软件设计。
现就职于绵阳和瑞电子有限公司



罗雷

1997 加入三菱电机半导体，从事 MCU 硬件开发，专业应用于家电及计量仪表领域；

2003 至 2008 就职于瑞萨科技（北京）有限公司，从事 AFCI,GFCI 及家电的硬件设计。
现就职于绵阳和瑞电子有限公司