

基于 TRIZ 进化理论的继电保护装置创新研究

郑义兵, 任工昌

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要: 将 TRIZ 理论引入继电保护领域, 用于继电保护装置的创新研究。将继电保护装置分为硬件实体、保护原理及其研究方法两部分, 用 TRIZ 理论的观点, 根据提高理想化水平、增加系统集成度再进行化简、增加系统动态性和可控性等 TRIZ 进化理论的进化模式。对继电保护装置的发展过程进行了分类分析, 指出了各进化模式下的进化路线, 得出了各进化模式下的进化方向, 并对各进化方向进行了总结, 结合综合分析得出了可以只保留核心的逻辑部分、通用的保护原理及其配置单元等未来继电保护装置发展的形态特点。

关键词: TRIZ; 继电保护; 技术进化; 进化路线; 创新

Innovative research of relay protection device based on evolution theory of TRIZ

ZHENG Yi-bing, REN Gong-chang

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: TRIZ theory is applied to the field of relay protection for the creative research of relay protection devices. Relay protection devices contain hardware entities, protection theory and research methods. Using TRIZ theory and in accordance with the TRIZ evolutionary model such as the enhancement of idealized level and high integration, then simplification and the increasing systematic dynamics and controllability, the process of relay protection devices development is sorted and analyzed, and the evolutionary routes and orientation of each evolutionary model are pointed out and summarized. The conclusion about features of future relay protection devices development is reached that core logic section, general protection principles and their allocation units, etc. are remained only.

Key words: TRIZ; relay protection; technology evolution; evolutionary line; innovation

中图分类号: TM77; F273.1 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)02-0083-05

0 引言

TRIZ 是俄文“Teorijz Rezhenija Izobretatel'skich Zadach”的词头缩写, 意思为发明问题解决理论, 其英文缩写为 TIPS (Theory of Inventive Problem Solveing)。它是由苏联发明家、发明家协会主席根里奇·阿奇舒勒 (Genrich S. Altshuller) 于 1946 年开始, 花费 1 500 人·年, 在研究了世界近 250 万份高水平专利的基础上, 发现了发明背后存在的模式并形成了 TRIZ 理论的原始基础, 进而提出了一整套具有完整体系的发明问题解决理论和方法。

继电保护装置作为电力系统的二次设备对于电力系统的安全、稳定运行有十分重要的意义, 所以,

继电保护装置的创新发展也具有很重要的意义。而 TRIZ 理论正是解决发明创造问题的方法学, 是一套科学有效地解决发明创造的问题的工具。将 TRIZ 理论与继电保护装置创新研究相结合, 用 TRIZ 理论的工具去对继电保护装置的发展、现状进行分析, 对继电保护装置研发过程中出现的难点解决方法和途径给予启示, 对未来进行预测, 将会促进继电保护产品的创新发展, 增强企业的研发能力, 从而促进整个行业的提升与发展。

1 TRIZ 的技术进化理论

技术进化理论是 TRIZ 的核心理论之一。TRIZ 技术进化理论的主要观点是技术系统的进化不是随机发生的, 而是遵循一定的规律 (客观的进化模式), 即所有的系统都是向“最终理想化”进化的。TRIZ 的技术进化理论的研究结果有多个版本, 本文选用

基金项目: 陕西科技大学研究生创新基金资助

A.Zusman 等的 DE (Directed Evaluation) 有 8 种进化模式^[1]。

模式一 技术系统的 S 曲线进化法则。技术系统的成长一般经历婴儿期、成长期、成熟期、衰退期四个阶段。

模式二 提高理想度法则。

模式三 子系统的不均衡进化法则。

模式四 动态性和可控性进化法则。

模式五 增加集成度再进行化简的法则。

模式六 子系统协调进化法则。

模式七 向微观级和增加场应用的进化法则。

模式八 减少人工介入的进化法则。

2 继电保护装置的进化规律分析

继电保护装置可以分为硬件实体、保护原理及其研究方法两部分。从这两方面对其进化过程进行分析,找出进化的某些规律,再结合 TRIZ 相应的进化模式就能够得出一些结论。

2.1 继电保护装置硬件平台进化分析

继电保护技术的关键在于正确识别、获取和处理故障信息。继电保护产品硬件平台为识别和处理故障信息创造了条件,是各种保护原理具体实施的载体。硬件平台的发展与机械、电子工业的发展紧密相关,所以其进化过程就有规律可循,总体上可以从以下几个方面进行分析。

2.1.1 提高理想化水平

TRIZ 中的理想化就是在问题解决之初,抛开各种限制条件,建立各种理想模型(最优的模型结构),来分析问题并以取得最终理想解作为终极追求目标。

提高理想化水平是总则。理想化水平用理想度^[1]来表示。用公式表示为:

$$I = \frac{\sum UF}{\sum HF}$$

式中: I 为理想度; $\sum UF$ 为有益功能之和; $\sum HF$ 为有害功能之和。

按照上边的公式,增加理想化水平的途径就是增加有益功能与减少有害功能的组合。以此作为分析的方向。①传统的机电式继电保护装置。有益功能:自使用以来积累了丰富的运行经验,工作比较可靠。有害功能:机电式继电器以通电线圈产生磁场吸引两导体实现“开/关”,线圈产生的磁场对其他元件会产生磁干扰,是一种电磁干扰和射频干扰源。且机电式继电器通电时,簧片在开/关的瞬间会产生“火花”,这种“火花”不仅会损坏电路,在一

些需要严格防火的应用场合也很危险。其体积大、动作速度慢、功率消耗大。机械转动部分和触点容易磨损或粘连,调试维护比较复杂。②晶体管式和集成电路式继电保护装置。相对于传统的机电式继电保护装置减小的有害功能为:体积小、功率消耗小、动作速度快,无机械转动部分,因而不会出现触点粘连和“火花”现象。静态继电器采用光电隔离,所以不会产生干扰和串扰。有害功能:调试工作量仍然很大。③微机保护装置。增强的有益功能:强大的计算、分析和逻辑判断能力,有存储记忆功能,因而能够实现任何性能完善且复杂的保护原理。还可兼有故障录波、故障测距、时间顺序记录、和调度计算机交换信息等辅助功能。减小的有害功能:安装调试方便。由此可见,各代继电保护装置的进化过程就是一个理想度不断提高的过程。

对于继电保护装置硬件而言,理想化模型所包含的要素可以是理想系统和理想机器。理想系统就是没有实体,没有物质,也不消耗资源,但能实现所需要的所有功能;理想机器就是没有质量、体积,但能完成所需要的工作。按照这些最终理想化模型的要求,结合实际,理想的继电保护硬件应该体积足够小,功耗足够低,能极快速处理数据、工作可靠,一套装置就能适应各种情况(例如,所有的线路保护装置都使用一种硬件平台),升级容易。现有的微机保护装置所采用的处理器芯片性能越来越强,以处理繁多的信息,提高反应速度,芯片内部集成度越来越高,降低了对片外资源的依赖,同时简化了电路设计。采用通用平台,模块化设计,适应性强,升级便捷。未来的保护装置在已确定的理想化方向上,会更突出其特点,将采用更高性能的处理器芯片或其组合,通用性更好,模块化程度更高,各保护装置生产厂家在装置的用户需求规范上将会有统一的标准,有利于升级改造^[2]。

2.1.2 增加系统集成度再进行化简

TRIZ 理论认为:技术系统首先趋向于集成度增加的方向,紧接着进行简化。比如先集成系统功能的数量和质量,然后再用更简单的系统提供相同的或更好的性能来进行替代。

增加系统集成度的路径为:创建功能中心→附加或辅助子系统加入→通过分割、向超系统转化或向复杂系统的转化来加强易于分解的程度。

简化的路径可以为:①通过选择实现辅助的最简单路径来进行初级简化。②通过组合实现相同或相近功能的元件来进行部分简化。③通过应用自然现象或“智能”物替代专用设备来进行整体简化。④当技术系统进化到一个较高程度时,实现某项功

能的子系统就会从系统中剥离出来,进入超系统(超系统是系统所在的环境,环境中其他相关的系统可以看作是超系统的构成部分),这样在子系统功能加强的同时也简化了原来的系统。

传统继电保护装置的功能中心可以认为是由测量部分、逻辑部分和执行部分组成^[3],来完成故障时动作或异常运行时发信号的功能,上文已经提到晶体管和集成电路式继电保护装置在向微型继电保护装置进化之后,除了保护功能之外,还可兼有很多辅助功能。

功能是由具体的硬件来实现的,功能的增强往往表现在硬件数量的增加上或质量的提高上。现在微型继电保护装置已经成为市场的主流。微型继电保护装置的发展经历了单 CPU、多 CPU、高性能单片机、DSP、工控机等系统。其中单 CPU 系统典型的硬件组成框图^[4]如图 1 所示。

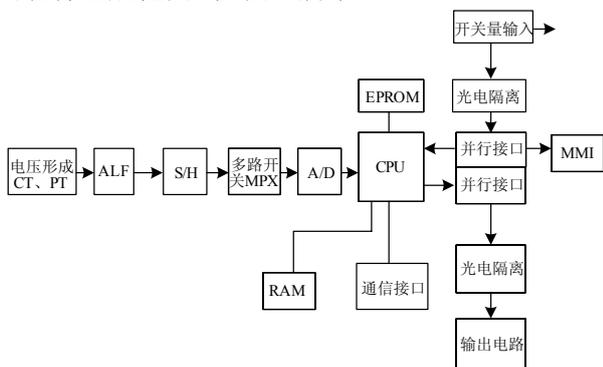


图1 微机保护装置硬件组成框图

Fig.1 Block diagram of microcomputer hardware protection device

早期的微机保护装置大部分采用一片单片机完成数据采集和处理功能,随着变电站技术的发展,其数据处理速度和功能已经不能满足要求。采用多CPU的微机保护装置能够满足测控一体化的功能要求,其硬件框图^[4]如图2所示。



图2 多 CPU 微机保护装置组成框图

Fig.2 Block diagram of multi-CPU microcomputer protection device

图2中采用一片单片机组成数据采集单元,一片组成主控单元,一片组成人机接口单元。从这两幅图中我们可以看到,在单CPU到多CPU的进化过程中,其硬件部分通过分割并用单独的一片功能更强的单片机代替原来的子系统,结果增强了子系统

的功能,也简化了系统。而高性能单片机、DSP、x86系统则是用性能更好的系统替代了原系统,达到了整体简化。

智能型集成式开关设备^[5],例如PASS(Plug And Switch System)系统,它直接从一次设备进行数据采集经过其本身实现模数转换,通过光纤直接将数字量传递给二次设备的保护装置,保护装置则直接运用此数据进行逻辑运算。我们可以认为数据采集系统已经从传统的微机保护装置内部转移到了PASS系统内部,即传统保护装置中的数据采集单元已经分离出来,从而实现了简化。

未来微电子技术的发展,只会使硬件的集成度更高,也就意味着复杂程度更高,这必然要求对硬件系统进一步简化,所以,进化的一个方向是会用更好的硬件芯片来构成系统,进行整体简化。此外,依照数据采集单元的简化,未来的继电保护装置硬件部分可以只保留最核心的功能——逻辑部分,再加上附带的其他必需的部分,而将其他与一次设备雷同的功能剥离出去,与其他设备进行功能合并,达到最终简化。

2.2 继电保护原理及其研究方法的进化分析

故障信息的识别、处理和利用是继电保护技术发展的基础^[5]。继电保护原理及其研究方法就是如何获得及处理故障信息的方法。随着电工技术的发展,对于故障信息的识别和处理也获得了很大的发展,在很多方面都呈现出了进化的一个过程,具体分析如下。

2.2.1 增加集成度再进行化简

传统的保护只采集保护装置安装处的信息,对于其他保护装置安装处的信息无法获知,从而不能获得更多的信息,进而不能全面分析,在系统发生故障或不正常运行时有可能误动或者拒动,如果保护装置能够分享其他保护安装处的信息,就相当于增加了信息的集成度。

传统的继电保护原理是建立在工频电气量的基础之上,忽略了故障在暂态过程所产生的有用信息^[6]。随着对保护装置性能要求的提高,需要更高频段电气量的信息,有些保护装置需要全频域信息的综合分析。而未来的保护装置在硬件越来越强大的同时,势必在“选择性、速动性、灵敏性、可靠性”上有更高的要求,这必然促使保护装置对所采集信息的量有更高的要求,采集更多频段或者全频段信息就成为了一种解决方法。这也相当于增加了信息的集成度。

以上所分析的都是增加集成度上,TRIZ理论认为在信息集成度增加时,必然会导致对信息分析

利用过程的复杂化,增加了分析的时间,这就需要
对信息分析利用阶段进行化简,用更好的算法或更
强的硬件缩短分析时间。

2.2.2 增加系统动态性和可控性

传统的保护不能适应或者不能完全适应系统运
行方式的变化和故障状态。

自适应继电保护^[6-8]就是能根据电力系统运行
方式和故障状态的变化而实时改变保护原理、特性
或定值的保护。电力系统设备众多,包括电源设备、
送变电设备、线路和各种用户。其运行状态频繁变
化(包括用户负荷的变化、设备的投切、发电机的
出力变化等),除上述正常运行情况外,电力系统中
还可能发生各种类型的故障,故障可能是瞬时性或
永久性的,又可能是金属性短路或经过渡电阻短路。

电力系统继电保护本质上属于电力系统自动控
制范畴,当我们考虑自适应保护时,就必须进一步
考虑电力系统运行状态和故障过程的变化。由此看
来,自适应保护实质上是一个具有反馈的控制系统^[7]。

因此从 TRIZ 进化理论研究的角度能看出从传
统保护到自适应保护的进化路线就是:无反馈控制
→反馈控制。最终的结果就是通过自适应的灵活性
增加了系统的可控性。同时,自适应保护可以在线
自动整定,免除了现有微机保护繁琐的人工整定计
算^[9-12],增加了系统的自动化水平。

2.2.3 子系统的协调进化

TRIZ 理论认为:技术系统的进化是沿着各个子
系统相互之间更协调的方向发展。对于整个电力系
统而言,继电保护装置和它所保护的线路或元件都只
是其中的一个子系统。例如对于输电网络,电压等级
有较大差别,对于较低电压等级和特高压输电线路
的继电保护装置,其保护的原理及各种配置是不
同的,这就是保护与线路之间协调、匹配的问题,
而其发展过程肯定是由不匹配到匹配。我们可以这
样设想,例如对于线路保护,可以建立一个通用的
保护原理及其配置单元,根据输电线路电压等级
的不同,选择配置适合的保护原理,这样就大大简
化了继电保护装置,促进了电力系统子系统间的
协调发展。

3 综合分析

按照硬件平台和保护原理及其研究方法这两
方面进行综合分析,所得分析如下。

硬件平台:①提高理想度法则。进化的最终方
向是性能更强的芯片提供更快的反应速度和统一
的用户需求标准以提供更好的通用性。②增加集
成度再进行化简。进化的方向是用更强的芯片和
硬件代

替原有系统,最终的进化方向是只保留最核心
的继电保护功能,其他辅助功能的硬件部分都分
离出去,与其他设备合并。

保护原理及其研究方法:①增加集成度再进
行化简。进化的方向是集成更多的信息,包括更
广的频段信息和更多的其他保护装置的信息。这
就要求保护装置要具有网络化功能,能够互联传
输信息,同时对信息的处理能力更强。②增加系
统动态性和可控性。进化的方向是保护能自动
适应电力系统的变化,同时,自适应保护最后也
要达到整定计算的在线自动整定。③子系统的
协调进化法则。进化的方向是建立通用的保护
原理及其配置单元,可以根据输电线路电压等
级或元件的不同,自动配置适合的保护原理,自
动匹配。

由以上两方面的分析,可以最终得到未来继
电保护装置所具有的一些技术特点:硬件功能更
强,可以处理海量的信息,同时硬件大大简化,
只保留最核心的保护功能单元;更高层次的模
块化,搭配方便,更小体积,更低功耗。网络
化;自适应,整定计算的自动在线整定;通用
化,统一的保护原理及其配置单元,自动匹配。

4 结论

TRIZ 是基于专利研究出的通用理论,对于各
个行业都有很高的指导意义,但目前 TRIZ 的研
究多集中在机械领域,对于其他专业涉及较少。
本文将 TRIZ 的进化理论引入到继电保护领域,
通过对继电保护硬件平台和保护原理及其研究
方法的分析,结合 TRIZ 进化理论中的若干条
进化模式,对继电保护装置的发展过程进行了研
究,并指出了具体的进化路线,预测了未来继电
保护装置的发展方向 and 可能具备的一些技术
特点,希望能对未来继电保护的发展提供一条
思路。

参考文献

- [1] 杨清亮. 发明是这样诞生的: TRIZ 理论全接触[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
YANG Qing-liang. This invention is born: the keys of TRIZ[M]. Beijing: China Machine Press, 2006.
- [2] 苏忠阳, 叶石丰. 微机保护新“四统一”设计原则探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(19): 137-140.
SU Zhong-yang, YE Shi-feng. Discussion of new “four-unification” design principle of microprocessor-based protection[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(19): 137-140.
- [3] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 三版. 北京: 中国电力出版社, 1998.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. The principle of power system

- relay protection[M]. Third edition. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [4] 田国政, 谭伟. 微机保护装置的发展[J]. 电网技术, 2006, 30(增): 358-361.
TIAN Guo-zheng, TAN Wei. The development of microprocessor-based protection[J]. Power System Technology, 2006, 30(S): 358-361.
- [5] 陈立. 微机保护硬件平台的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2002.
CHEN Li. Research of microprocessor-based protection's hardware platform[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2002.
- [6] 葛耀中. 新型继电保护和故障测距的原理和技术[M]. 2版. 西安: 西安交通大学出版社, 2007.
GE Yao-zhong. New principles and technologies of relay protection and fault location[M]. Second edition. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2007.
- [7] 葛耀中. 自适应继电保护及其前景展望[J]. 电力系统自动化, 1997, 21(9): 42-46.
GE Yao-zhong. Adaptive protection and prospect[J]. Automation of Electric Power Systems, 1997, 21(9): 42-46.
- [8] 刘焕聚. 继电保护整定计算自适应技术研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.
LIU Huan-ju. Research of adaptive protection setting calculation[D]. Jinan: Shandong University, 2006.
- [9] 唐茂林, 王伟, 陈军, 等. 基于保护装置模版的四川线路继电保护整定计算系统[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(15): 96-99.
TANG Mao-lin, WANG Wei, CHEN Jun, et al. Line protection coordination system of Sichuan province based on protection devices model[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(15): 96-99.
- [10] 李银红, 段献忠. 电力系统线路保护整定计算一体化系统[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(9): 66-69.
LI Yin-hong, DUAN Xian-zhong. Study on line protection integrative coordination system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(9): 66-69.
- [11] 段献忠, 杨增力, 程道. 继电保护在线整定和离线整定的定值性能比较[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 58-61.
DUAN Xian-zhong, YANG Zeng-li, CHENG Xiao. Performance analysis of relay settings determined according to off-line calculation and on-line calculation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(19): 58-61.
- [12] 曾耿晖, 刘玮. 继电保护在线整定系统的探讨[J]. 继电器, 2004, 32(17): 38-42.
ZENG Geng-hui, LIU Wei. Discussion about on-line coordination system of relay protection in power system[J]. Relay, 2004, 32(17): 38-42.

收稿日期: 2010-01-07; 修回日期: 2010-03-31

作者简介:

郑义兵(1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为产品创新、机械电子等; E-mail: zhyb911@163.com

任工昌(1962-), 男, 博士, 教授, 硕导, 研究方向为现代设计方法、工业自动化控制等。

(上接第 82 页 continued from page 82)

- ZHU Hao-jun, CAI Ze-xiang, HOU Ru-feng, et al. Research on object-oriented and graph based protective relaying setting software for district power network[J]. Power System Technology, 2004, 28(22): 24-29.
- [5] 葛耀中, 赵梦华, 彭鹏, 等. 微机式自适应馈线保护的研究和开发[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(3): 19-22.
GE Yao-zhong, ZHAO Meng-hua, PENG Peng, et al. Study and development of microprocessor based adaptive protection for distribution feeders[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(3): 19-22.
- [6] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架: 二 广域信息、在线量化分析和自适应优化控制[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(2): 1-10.
XUE Yu-sheng. Space time cooperative framework for defending blackouts: part II reliable information, quantitative analyses and adaptive controls[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2): 1-10.
- [7] 余贻鑫, 栾文鹏. 智能电网[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(1): 7-11.
YU Yi-xin, LUAN Wen-peng. Smart grid[J]. Power System and Clean Energy, 2009, 25(1): 7-11.
- [8] 谢开, 刘永奇, 朱治中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008, 41(6): 19-22.
XIE Kai, LIU Yong-qi, ZHU Zhi-zhong, et al. The vision of future smart grid[J]. Electric Power, 2008, 41(6): 19-22.
- [9] U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. Modern grid initiative a vision for modern grid [EB/OL](2007-03-01)[2008-10-10]. http://www.netl.doe.gov/modern_grid/

收稿日期: 2010-01-12

作者简介:

郝文斌(1976-), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护、变电所综合自动化及调度管理系统等; E-mail: hwb760817@163.com

洪行旅(1956-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护及调度管理系统等。