

# 论微机保护的发展方向

西安交通大学 葛耀中

## 1 前言

电力系统继电保护经历了机电式、整流式、晶体管式和集成电路式几个阶段后发展到微机保护的阶段。利用计算机实现继电保护的设想早已在本世纪60年代提出〔1〕,尽管由于当时技术和经济条件的限制,计算机保护在此后的十多年中,除少量的试验装置外没有得到实际应用,但大量的研究成果却为计算机保护的进一步发展奠定了必要的理论基础〔2〕。随着微电子技术的迅速发展和微型计算机的出现,在70年代末期已出现了对微机保护的研制高潮〔3〕,由于微机保护与模拟式保护相比有许多优点,因此它一出现就很快地受到电力系统继电保护使用单位的热烈欢迎。迄今日、美、英等西方国家已生产出多种微机保护,它以比人们预料更快的速度向传统式保护提出了强有力的挑战,我国的微机保护的研制工作更如雨后春笋般地开展起来,在输电线路保护和元件保护各方面都取得了引人注目的成果,并在东北等电网中得到了较广泛的实际应用,我们可以毫不夸张地说,在国内广大的科研工作者,制造厂和运行单位的共同努力协作下,目前我国微机保护已居于国际先进水平。

作为一门科学技术,电力系统继电保护有其特点,正如文献〔4〕所指出的那样,继电保护是一门综合性科学,并且是理论和实践并重的,继电保护的发展是基于电力系统的需要,同时它必须从相关的科学技术中吸取新鲜血液使自己不断地得到完善和更新。我国有大量的科技工作者在从事电力系统继电保护的研制,生产和应用,但由于过去基础器件和生产工艺落后于西方,使我国的继电保护受到限制,改革开放为继电保护的发展提供了前所未有的良机,使我们有条件改变落后面貌进入国际先进行列,我们认为其先进水平体现在以下几个方面:

- (1) 保护原理,性能和新原理的开发。
- (2) 保护动作行为的分析研究方法。
- (3) 保护的硬件和制造工艺。
- (4) 保护的试验运行和管理。

以上几个方面是相辅相成的,要保持先进水平还有赖国内继电保护同行共同努力。

## 2 微机保护的特点

微机保护与传统的模拟式保护的基本区别在于数字化,现将其特点归结如下:

### 2.1 可靠性

数字化可使微机保护的可靠性得到提高。

2.1.1. 数字元件的特性不受电源电压波动、周围温度变化以及元件老化的影响。因此以数字

元件为基础的微机保护的性能比较稳定。

2.2.2. 在模拟式保护中, 由分立元件的晶体管式保护发展到集成电路式保护的主要原因之一是为了提高可靠性。而微机保护中采用的是大规模集成电路构成的芯片故可靠性更高。

2.2.3. 微机保护具有实时自诊断能力

理论分析和运行经验表明在传统的模拟式保护中附加自动检测装置可以显著提高其可靠性。微机自检系统则更为完善表现在:

a 为了达到自诊断的目的只需增加少量的硬件而主要任务由软件完成, 这意味着不仅可以减少费用, 更有意义的是可以免除由于增加大量硬件本身可能引入可靠性降低的因素。

b 自诊断是在经常不断地进行, 可以在每个采期间隔内(1~5ms)检查一次, 这样就可以及时发现装置故障, 随时进行处理。

c 自动检测系统可以检查到装置的每一个部位以防止可能出现的误动作。

此外, 由于微机保护工作在弱信号和脉冲数字状态, 同时又处在有强大干扰的发电厂或变电站内, 因此对装置的抗干扰性提出了非常严格的要求, 比较突出的干扰有电磁干扰, 无线电干扰和地电位差的干扰等。不难想象, 数据在干扰下产生错误就可能产生严重的后果。为了解决抗干扰问题现已进行了理论分析并采取一系列有效措施<sup>[5]</sup>。运行经验结果表明, 微机保护的可靠性是相当令人满意的。

2.2 经济性

在保证技术上满足要求的条件下, 经济性在能否推广使用微机保护方面具有决定性的意义, 实际上, 对经济性的评价应该是多方面的, 除包括研制、制造装置本身所需费用外, 还应包括运行维护费用, 因而经济性是一项综合性的指标。

微机保护装置主要由硬件和软件组成, 随着大规模集成电路技术的迅速发展和微型计算机的广泛使用, 微机硬件价格日益下降。软件费用具有一次性投资的性质, 软件编制一旦完成, 就可用于大量生产中去, 尤其在我国目前的具体情况下, 软件费可以说是相当低廉的。与此相反, 在过去20年中传统的继电保护装置价格一直在上涨, 其原因不仅在于传统继电保护的潜力已发掘殆尽, 改进起来比较复杂和困难; 而且还由于产量相对下降。目前, 我国的微机保护装置价格已和模拟式的价格持平或更低, 在性能价格比方面则更具有优势。可以预期, 上述发展趋势仍将持续下去。

从运行和维护费用看, 微机保护也较模拟式少。因为微机保护能及时发现本身故障, 使维护工作量大为减少。

顺便指出, 微机保护的经济性优势目前只表现在复杂保护方面, 对于简单的保护装置(例如过电流保护)传统的继电保护仍比较便宜。但微机保护的综合利用也许可以改变这种局面。

2.3 灵活性

数字化使微机保护比传统的模拟式保护更具有灵活性。微机保护的灵活性首先表现在可编程序方面。保护的特性和功能是由软件程序实现的, 使用不同的软件就可以得到不同的保护性能。可以在一个软件中设置不同的保护原理、特性和方案, 根据用户的需要自由地选择; 也可以根据系统的实际运行条件或故障情况实时自动地采取相宜的对策, 使保护具有自适应能力。这一点是模拟式保护望尘莫及的。其次是微机具有高速运算、逻辑判断以及记忆能力, 它为微机保护的灵活运用开辟了异常广阔的天地, 它使模拟式装置无法实现的新原理、

新方案和新特性得以实现，也使实时改变保护的性能或定值成为可能。最后，微机保护的灵活性还表现在便于与整体分层计算机控制和保护系统相配合，微机保护执行数据采集和故障处理的功能，并通过数据处理信息通路与变电站主计算机联系起来。

#### 2.4 方便性

微机保护的方便性主要表现在运行、维护和调试方面。这也是它迅速受到用户欢迎的一个主要原因。现从以下几个方面加以说明：

a 微机保护能在故障发生后给出较多的信息，例如：故障发生的时间，故障的类型，各种保护的動作情况和时序以及故障点的位置等。上述信息为运行人员分析和处理事故提供了必要的依据。

b 微机保护中采用的是数字元件，不必对各数字元件进行个别调整，除非元件损坏，都能得到正确结果。

c 微机保护的自诊断能力能检查到装置的各个部分，一旦出现异常情况，就能及时发现，迅速换用备用插件，使保护恢复工作。

d 改变定值和调试方便是微机保护的一个明显特点，例如用母联断路器代替线路断路器时，利用传统的继电保护通常需要相当长的时间进行装置的定值调整和试验，而用微机保护，则可方便地在装置上用开关操作进行，改变后的定值是否正确，可由液晶显示或打字机输出。

综上所述，微机保护的上述特点，是非常吸引人的。这也决定了它有着十分广阔的发展前景。

### 3 微机保护的开发和研制方向的探讨

我国自从推出WXB—01型微机式高压线路保护装置以来，又陆续研制和生产出多种性能更为完善的多CPU微机式高压线路保护装置；在电力主设备保护方面，则有微机发电机保护装置。微机变压器保护装置等相继问世，与国外同类型微机保护装置相比，我国生产的多种微机保护装置，在原理，性能，主要技术指标以及制造工艺方面已达到国际先进水平。更值得注意的是在今年召开的微机保护可靠性研讨会，根据东北、华北、华东等电网的统计，微机保护的正确动作率为95%左右，已完全可与传统保护相比美。这预示着微机保护在我国将进入大规模推广应用的阶段，我们在大约十年左右的时间内取得如此重大的成就是非常令人鼓舞的，但同时我们也应清醒地认识到，微机保护还处在发展的初始阶段，尚未经受长期运行考验，还会出现这样或那样的问题。我们要以科学的态度对待它们，及时处理解决，把已经取得的成果巩固下来，另一方面，我们更不可停滞不前，应该看到目前微机保护的智能作用还有待进一步开发，而对我们的任务是：针对传统的保护存在的问题和不足之处，充分发挥微机保护的潜力，密切结合电力系统发展需要，把微机保护推向更高的水平，为此，作者对微机保护的开发和研制方向提出以下几点看法，供大家讨论和参考。

#### 3.1 微机保护的硬件

微机保护由硬件和软件组成，它们是密切相关的。硬件的设计和软件的编制完全取决于继电保护所要实现的功能，因此二者应在继电保护功能要求的基础上统一起来。

由于可供微机保护硬件选用的芯片是多种多样的，而每个设计者又有不同的考虑和

好,因此硬件的多样化也是自然的。例如,目前国内已生产的微机保护装置所用的CPU有就M6809, Inter8086, MCS—51, MCS—96等。尽管如此,微机保护的硬件,一般总包括:数据采集系统, CPU主系统和开关量输入输出系统三大部分 [5],目前我国研制的多种硬件,虽然各有特色,并能满足微机保护的基本要求,但硬件的通用性问题还值得研究解决。

如前所述,微机保护的特点之一是具有较大的灵活性,一旦硬件制成,就可以编制不同的程序以实现不同类型的保护,这一点应用目前的硬件,基本上是可以作到的。但是实际应用中,还会出现许多问题,因此不得不重新设计硬件。

考虑到从硬件设计、制板到调试通过,需要较长的周期和大量的人时,因此研制人员和制造厂都迫切要求能有一个通用性的硬件。这一点对用户来说也是非常有利的。实际上,由于在电力系统中被保护的物体很多,诸如发电机、变压器、输电线路、母线等,各有特点。因此如用一个硬件来实现所有的保护,显然是不合理的。但对高压输电线路的成套保护来说,就应该有一个通用性的硬件,它不仅适用于单回线,也可用于双回线;用它实现纵联保护时,不仅能用于电力线载波通道而且也能与微波通道光纤通道相连接,这就为我们研制和开发高压输电线路的保护,提供了非常有利的条件。

为了满足上述要求,首先要有一个全盘的考虑,同时顾及各种用途的特殊需要,用模块化的方式,组成所需用的硬件。模块最好分为通用和专用两类。并用总线式结构或其它方式联系起来。

由于微电子技术的飞跃发展,微机硬件的更新是非常迅速的,因此也就产生了保护硬件是否也要随之更新的问题。考虑到电力系统继电保护要求的相对稳定和微机保护装置研制周期较长以及需要长期运行考验等特点,一般不应频繁更新。

通用硬件的研制,有着重要的迫切意义,它的明显优点是可以灵活方便地组成所需的硬件,因此有可能在很短的时间内完成新型保护的研制和改进,而无需对整套硬件重新设计。同时也便于局部更新。这将为我国从事微机保护的科技人员提供创造和革新的用武之地,也将会为科研成果迅速转化为生产力作出积极的贡献。

### 3.2 微机保护新原理的研究

微机独特的智能作用为新型微机保护的研制与开发创造了前所未有的良机。在短暂的十余年中,继电保护的面目已为之一新,其技术性能现已超过传统保护,但潜力还未充分发挥,因此开发出智能作用更强的微机保护是当前的重要发展方向。

微机保护新原理的研究一直是国内外重视的研究课题,其中以利用故障分量和自适应保护两方面的研究成果和动向最为引人注目。

#### 3.2.1 利用故障分量的微机保护。

故障分量的应用使新型微机保护的开发展现了非常光明的前景。故障分量可分为稳态和暂态,目前利用稳态分量的微机保护大多使用其中的工频成分;使用暂态分量时则主要建立在暂态行波成分基础上,故称为行波保护或超高速保护。

在利用故障分量的微机保护方面,国内进行了全面系统的研究工作 [5—18] 已取得重要进展。理论研究结果表明,故障分量有以下主要特征:

- a 故障分量在系统发生故障时出现,在非故障状态中,不存在故障分量。
- b 故障分量与系统运行方式有关。
- c 故障点的电压故障分量最大,系统中性点的电压为零。

d 保护装设处的电压故障分量与电流故障分量间的幅值和相位关系仅由该处到系统中性点的阻抗决定,且不受故障点过渡电阻的影响。

e 线路两端的电流故障分量间的相位关系与电势和负载无关。

以上特征为故障分量在继电保护中的应用提供了基本依据。

迄今国内生产的微机保护在起动元件、选相元件和距离元件中,故障分量已得到实际应用<sup>[5]</sup>。在WXB—22型高压输电线路微机保护装置中<sup>[10]</sup>采用了反应正序故障分量的方向元件,该方向元件原理新颖,有创造性,达到国际先进水平。在利用故障分量解决同杆双回线故障选相、保护和测距难题方面,也取得突出成就<sup>[31]</sup>。WXB—21型同杆双回线微机保护装置也已通过鉴定。该装置能正确区分120种不同类型故障,选出故障线路和相别,在跨线故障时,只可靠地切除故障相。还解决了一些原来未解决的问题。在国外,也有利用故障分量的微机保护问世。

反应行波的方向比较式和电流差动纵联保护也已形成产品,由于行波和超高速保护具有快速判别故障的性能,是值得研究的。但诸如行波的故障特征、提取行波故障信息及克服干扰或其它因素影响的方法等,仍需深入研究解决。我国在行波和超高速保护方面,也进行了一些研究<sup>[19~23]</sup>并引进了国外产品。对这些引进设备的运行经验进行分析研究和总结,将有利于国内研究工作的开展。另一方面,我国已研制出利用行波的电力电缆和通讯电缆故障测距装置<sup>[21]</sup>,由于智能化强,操作简单、精度高,受到用户的普遍欢迎。可以预期,利用行波的高压输电线故障测距装置也将在我国首先研制出来。

目前在利用故障分量微机保护的研制,涉及面不够广,主要用在线路保护方面,此外,还有在重复性和转换性故障条件下,有关故障分量的理论和应用等大量问题有待进一步研究解决。

### 3.2.2 自适应保护

能根据电力系统的运行或故障状态而实时改变保护功能、特性或定值的保护,称为自适应保护。近年来,国内外在这方面的研究<sup>[2, 24~28]</sup>引起了人们的关注和兴趣。

事实上,传统的保护也力图适应系统运行方式变化和故障的条件,例如:电流速断定值的整定要考虑在所有运行方式和故障类型下,都能正确动作;差动保护中的制动特性,距离保护装置中考虑了转换性故障,并在系统发生振荡时,闭锁1、2段等。但由于定值必需按电力系统最严重的运行方式和故障条件整定,且装置本身也缺乏实时检测和处理的的功能,因此保护性能不能保持在理想状态。

微机的智能作用为获取更多的有用信息并及时加以处理提供了有利的条件,就地获取信息实现自适应保护简单易行,利用通道由远端用通讯方式获取信息比较复杂,但如对保护性能改进大,且通道可能,用这种方式实现自适应保护也是合理的。

下面以在文献<sup>[7]</sup>中提出的自适应电流速断保护原理,进一步说明如下:

设有一单电源线路上装设电流速断。传统保护的定值是按照在系统最大运行方式下,躲过线路末端三相短路的条件整定的,但是,在两相短路和最小运行方式下,保护范围将显著变小,甚至缩小到零。即使在经常出现的主要运行方式下,保护的作用也会明显恶化。

利用故障分量的方法,微机保护能实时获得故障时的实际系统阻抗值和故障类型。因此就能实时地确定出对应的电流速断定值和保护范围来。

在表1中给出了当系统阻抗(标么值) $Z_{s_{min}} = 0.357$ ,  $Z_{s_{in}} = 0.187$ 。线路阻抗(标

么值) 50km时为0.151和100km时为0.302的计算结果。

由表1可见, 自适应电流速断保护的效果是令人满意的。

再如, 变电站的整体分层计算机控制中的数据分享和信息交换, 反馈控制中反馈信息的充分利用, 为自适应保护的实现, 开辟了广阔的道路。

表1

线 长 (km)	保护范围(以百分数表示)		
	最 大	最 小	
		传统速断	自适应速断
50	0.627	-0.618 < 0	0.419
100	0.73	0.108	0.626

#### 4 微机保护的展望

我国已生产出多种微机式线路、变压器和发电机保护[28], 尚有不少新的微机保护正在研制开发中, 面对这种百花争艳的局面, 作者提出以下几个问题, 供同行参考。

##### 4.1 面向当前生产的需求问题。

电力生产的需求, 是微机保护发展的源泉, 也是我们研制工作的立足点。由于生产实际问题是多种多样的, 有时又很急迫, 这就给我们工作带来一定困难。因而需在装置的灵活性和方便性上狠下功夫, 以期最大限度满足用户要求。

灵活性应体现在研制、生产和使用各个方面, 除硬软件的模块化结构外, 自适应原理的应用则更有实用价值。在提高方便性方面, 主要是提供更多的信息使运行和实验维护人员更加得心应手, 此外, 也应尽量简化整定计算。

目前, 微机保护面临的主要任务是巩固现有成果, 并继续开发新产品, 以填补国内空白。

##### 4.2 面向未来的需求问题

电力系统的发展, 也必然带来新的问题, 这就要求加强预见性, 及早做好技术储备。例如我们现在就应该着手研究三峡水电站建设可能给继电保护带来的问题, 仅动作速度, 就有待进一步提高, 这就要求我们不仅要改进现有保护的硬件和算法, 而且也应对超高速保护的新原理和有关技术问题进行研究。由于近期经济效益不高, 中长期的研究课题往往会遇到困难。我们希望得到国家和有关部门的资助和支持。

##### 4.3 面向国际先进水平

我国微机保护的研制开发、生产和运行已进入国际先进行列, 这是值得自豪的; 与此同时, 我们也应在保护原理, 硬件构成及工艺、调试手段, 以及维护运行管理等方面不断提高, 并与国外发达国家的先进水平相对比, 取长补短, 使国产的微机保护在质量和性能价格比上优于国外产品, 并打入国际市场。

#### 参考文献

- [1] G.D.Rockefeller, Fault protection with a digital computer. IEEE PAS-88, NO.4, 1969.
- [2] IEEE电力系统继电保护委员会编 孙军等译. 微处理机式继电器和保护系统, 重庆

大学出版社, 1990.

- [ 3 ] 葛耀中. 数字计算机在继电保护中的应用. 继电器, 1978 3.
- [ 4 ] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理(第二版). 水利电力出版社, 1980.
- [ 5 ] 杨奇逊. 微型机继电保护基础. 水利电力出版社, 1988.
- [ 6 ] 葛耀中, 王安定. 故障信息与继电保护. 全国高校电力系统及其自动化专业第二届学术年会论文集. 西安交统大学出版社, 1987.
- [ 7 ] 葛耀中, 王安定, 陶惠良. 论利用故障分量继电保护的检测原理. 中国电机工程学报, 1991. 年增刊.
- [ 8 ] 葛耀中, 索南, 李兵. 相位比较式对称分量选相元件. 继电器, 1990,1.
- [ 9 ] 王安定, 葛耀中. 一种新型数字式故障选相元件. 中国电机工程学报 1990,3.
- [ 10 ] 葛耀中, 王安定 陶惠良. 故障分量电流相位比较式纵联保护的研究. 电力系统及其自动化学报, 1989, 1.
- [ 11 ] 王安定, 葛耀中. 反应正序故障分量的方相元件及其计算机仿真. 中国电机工程学报 1986, 3.
- [ 12 ] 王安定. 反应模故障分量的微机高压输电线路保护原理及装置研究. 西安交通大学博士学位论文, 1988.
- [ 13 ] 索南加乐. 同杆双回线的故障分析及继电保护. 西安交通大学博士论文, 1991, 4.
- [ 14 ] 徐丙垠. 利用暂态行波的输电线路故障测距技术. 西安交通大学博士论文 1991, 5.
- [ 15 ] H.L.Tao Z.H.Chen Y.Z.Ge. A new microprocessor-based pilot Directional relay. International Conference on Power System relaying Technology, Beijing, 1991.
- [ 16 ] Q.S.Yang and I.F.Morrison, Microprocessor-based algorithm for high-resistance earth-fault distance protection, IEEE Proceedings-C, March 1986.
- [ 17 ] 蔡德礼. 高压输电线路故障点距离的计算机算法, 重庆大学硕士论文.
- [ 18 ] Yin Xianggen Chen Deshu. Digital generator protection based on fault component against asgmmetrical fault. International Conference on Power System Technology, Beijing, 1991.
- [ 19 ] 贺家李, 葛耀中. 高压输电线路的故障分析与继电保护. 科学出版社 1987.
- [ 20 ] 何奔腾. 行波故障测距. 浙江大学硕士学位论文, 1986.
- [ 21 ] 徐丙垠, 马长贵, 朱锡贵. 行波特征鉴别式距离保护原理的研究. 中国电机工程学报, 1987, 3.
- [ 22 ] Xu Bingying Ge Yaozhong, Automatic power cable fault location based on impulse current method. International Conference on power System Technology 1991.
- [ 23 ] Wu Zhong Ming. Microcomputer protection in HVDC system and its operation analysis. International Conaference on Power System Technology, Beijing, 1991.

# 300、600波特单片数传MODEM的研制

许昌继电器研究所 顾思宝

**摘要** 本文介绍了一种适合于电力线载波系统用的复用数据调制解调器(MODEM),主要由高集成度的XR2206及XR2211芯片构成。与其它数据传输速率相同的传统数传MODEM相比具有简单、灵活和使用维护方便等特点,省去了复杂的滤波器设计,只需对外围电路的几个参数设计、计算,就能实现300、600bit/s的数据传输速率。实验结果表明,其频率稳定性和相位抖动性能又大大优于传统的数传MODEM,尤其误码率指标有新的突破,优于国内同类产品指标。因此,特别适合于县调一级远动通道中作为低速的MODEM使用,其性能价格比十分优越,并能满足电力系统电力线载波复用调制解调器技术要求。

**关键词** 调制解调器 电力线载波 数据传输速率 误码率

## 1 概述

由于电力系统通讯话路拥挤,因此充分利用复用电力线载波机的上音频段的频率具有十分重要意义。我们研制的MODEM采用FSK调制方式,其工作中心频率3000Hz,占用频带宽度±150Hz,即在电力复用载波机上音频段2650Hz~3400Hz频率范围内可以有效的传送300波特或600波特速率的数据信号,这样在有限的频带内解决了话路拥挤问题。

本调制解调器一发一收装在尺寸为253×146mm的印制板上,采用我厂生产的标准的JJX—12绕接式机箱,机箱尺寸为720×180×290mm,接插件接触可靠,插拔灵活。根据用户需要其通道数任选,一机箱最多可以提供10路通道数,也可为用户单独设计提供1路MODEM插件板。

- ~~~~~
- [24] 张之哲。自适应式微型计算机距离保护的研究。华中工学院博士学位论文,1985。
  - [25] 张自哲,陈德树。微型计算机距离保护中的自适应对策。中国电机工程学报,第8卷第3期,1988年。
  - [26] CHen Deshu Liu Pei et al. Adaptive Principle in Protective Relaying. International Conference on Power System Technology, Beijing, 1991.
  - [27] J.S.Jhorp, S.H.Horowitz and A.G.phadke, The application of an adaptive techonology to power system protection and control, CIGRE 1988.
  - [28] S.H.HOROWITZ, A.G.Phadke, and S.J.Thorp. Adaptive transmission system relaying, IEEE PES, Summer Meeting, July 1987.
  - [29] 南京电力自动化设备厂产品目录,1992。