

# 人工智能与模糊控制在电力系统 继电保护应用的研究现状及前景

聂一雄 尹项根

(华中理工大学电力工程系, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 对人工智能及模糊控制在电力系统继电保护中应用的国内外研究现状进行了综述,指出了需要进一步研究的方向和主要内容。

**关键词:** 继电保护; 人工智能; 模糊控制

**中图分类号:** TM77; TP273+.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-4897(2000)05-0001-05

## 1 引言

继电保护装置是电力系统的重要组成部分。它在保证系统安全、稳定和经济运行等方面起着非常重要的作用。快速而准确的故障诊断与识别是继电保护及时而可靠动作的基础;快速性、灵敏性、选择性及可靠性是对继电保护装置的基本要求。随着电力系统的不断发展,对保护的要求越来越高,继电保护的性能都力求能适应各种运行方式和各种复杂故障;但传统保护的自适应能力有限,利用微机极强的记忆能力及可实时跟踪、计算运行方式的变化的特点,开发研制新一代智能继电保护装置已势在必行。而人工智能技术及模糊控制理论的日益完善为计算机继电保护装置的研制成功提供了一条重要的途径。本文将就国内外在这方面的研究现状进行综述,并指出今后的主要研究方向及需要解决的问题。

## 2 在继电保护领域应用的研究现状

### 2.1 系统设计理论研究方面

自从 Zadel 提出模糊集(Fuzzy Set)理论以来,该理论近十多年来已得到了长足的发展,各种应用层出不穷,但在电力系统继电保护设计方面的文章尚不多见,文<sup>[1]</sup>即为其一。文中对模糊知识的表示,模糊设计规则的表达及模糊设计规则推理的方法均与 Zadel 模糊集理论一般无二,但在模糊规则冲突集的处理策略上颇有新意,包括:

(1) 当 L 条规则同时匹配成功,则应激励可信度最大的规则,并将结论及其可信度同时填入数据库。

(2) 对于新匹配上的规则所产生的结论已存在于数据库中的情况,如果新的可信度大于旧的可信度,则将可信度予以刷新。

(3) 当新匹配上的规则所产生的结论属性已经

存在于数据库中,但新旧的属性值不同且互不相容时,采用可信度比较方法予以执行。即如果新的可信度大于旧的可信度,则用新的属性值及其可信度予以刷新。

运用这种新的冲突消解规则,应可不断提高系统的智能水平,克服精确推理的局限性。从该文报道看也证实了这点:“扩大了系统的设计范围及能力,并为电气设计工作全面实现计算机智能化奠定了基础。”

文<sup>[2]</sup>提出了一种基于模糊神经网络的模糊控制器综合优化设计方法:首先建立一个仅含四条模糊控制规则的通用模糊控制系统,以减少和避免对经验的依赖;然后,针对通用模糊控制系统提出相应的模糊神经网络的构造方法,并在神经网络的权值和阈值与模糊控制系统的主要调整参数间建立一一对应的关系;最后,利用单纯形直接寻优法实现对隶属函数、模糊控制规则、模糊逻辑运算和比例因子的综合优化整定。

该方法特点在于不仅实现了通用模糊控制系统和神经网络之间的知识和信息转换,并且使学习后模糊神经网络内部权值和阈值的变化可以参照模糊系统来进行解释,易于理解;此外,还具有很强的实时性,实现了对影响模糊控制器控制品质的诸因素的综合调整,有效地提高了模糊控制器的控制品质。

文<sup>[3]</sup>针对遗传算法耗时过多的缺点,提出了在最优化过程中引进两种模糊逻辑控制器以自动修改交叉与突变率,进而加速交叉与突变过程、提高算法的收敛速度的遗传模糊算法(FCGA)。该算法不仅加快了传统遗传算法搜索过程的速度,而且提高了发送控制和负荷调度的精度。

### 2.2 变压器检测与保护

迄今为止,见诸报道最多的即为电力变压器的

故障诊断与保护的研究。归纳起来,大致可分为以下几种研究途径:

(1) 根据变压器电参数的变化,利用已知的输入和输出,运用模糊辨识技术建立模糊关系矩阵获得对变压器运行状况的正确诊断。

文<sup>[4]</sup>即为一例。它利用辨识的最小二乘法原理,采用模糊语义表示,将泄漏电流、电介质损耗、吸收比和绝缘电阻与历年相比的变化率作为输入,根据规则和相应的隶属函数进行量化处理,形成输入模糊矩阵  $X$ ,同时将变压器的绝缘状况分为三种类型:合格、有问题、不合格,进行量化处理形成输出模糊矩阵  $Y$ ;然后利用积累的经验数据作为扩展的模糊输入、输出矩阵,再运用最小二乘法原理通过迭代的方法得到关系矩阵  $R$ ,从而可以通过关系矩阵对新的试验数据进行分析判断。

文<sup>[5]</sup>提出了一种基于模糊集理论的多判据算法,它将传统的数字式继电保护的各种判据通过模糊处理分别赋予一隶属度函数,再根据实际电参数的测量计算从而确定各种判据的隶属度,经模糊运算后由模糊决策系统确定变压器的运行工况并发出动作指令。与传统保护相比,其灵敏度、选择性及可靠性均得以提高。

(2) 运用人工神经网络(ANN)方法对运行中的变压器的绝缘油中各种溶解气体含量进行分析(DGA),进而获知变压器的运行状态。其处理过程大致可分为三个步骤:

a) 输入特征向量的选择:一般在  $CH_4$ 、 $C_2H_2$ 、 $C_2H_4$ 、 $C_2H_6$ 、 $H_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$  等气体中进行挑选。目前见诸报道的有五节点<sup>[6]</sup>、六节点<sup>[7]</sup>、七节点<sup>[6]</sup>(每个节点对应一种特征向量(气体)的输入)分析法。节点数增加,计算量增大;但节点数减少,误差增大,因此,现在一般认为六节点为佳。

b) 网络结构的形成及算法的确定:文<sup>[7]</sup>在对具有不同隐层层数、相同输入及输出节点数的网络的收敛速度及训练误差进行比较后认为:具有单隐层(即三层网络)的神经网络分类效果最理想,它在具有最小运算量的同时能完全满足故障和原因之间的非线性映射的要求。

算法多采用 BP 算法,但各有千秋,如对迭代步长的改进即有采用“模拟退火法”思想的步长改变法和随样本训练次数增加而减少步长的变步长法。为克服 BP 算法的解易于落入局部最小点的弱点,文<sup>[8]</sup>设计了结合遗传算法的前馈网络:首先在全解空间中寻找代表知识的权值矩阵的最优解,然后以

此作为初始权值开始网络训练,从而避免局部最优。文<sup>[9]</sup>提出了在共轭梯度方向修正权值、使用概率接受原则确定目标函数值变化取舍的 CP-BP 算法,克服了 BP 算法存在的缺点,实现了在不同网络模型和初值下均有快速和全局收敛性能的目的。实践证明:将此网络用于变压器故障诊断,能有效地改善 DGA 分析方法的适用性和判断性能。

c) 搜集尽量多的样本数据进行机器学习。

如文<sup>[10]</sup>利用模糊隶属度的概念,通过对变压器绕组电流及油温、变压器油中溶解气体进行模糊化、确定隶属度函数,实现了对运行变压器绕组热点的一些不确定问题的解决,给出了变压器热点的定性描述。文<sup>[11]</sup>用 ANN 方法实现了对放电性故障和过热性故障的辨识。

文<sup>[12]</sup>则综合利用模糊集理论和 Kohonen 神经网络模型诊断与检测变压器的初期故障。通过模糊方法对溶解气体试验数据进行处理,得到每组试验数据所表示的变压器处于正常和故障状态的置信度;再以此置信度作为 Kohonen 神经网络的输入而对变压器运行状态进行判断,颇有新意。

(3) 利用励磁涌流识别故障的微机变压器保护。励磁涌流为变压器空载或外部故障切除后电压恢复时在变压器一侧可能产生的峰值很大、波形严重畸变的电流。目前实际的电流变压器保护中均使用单一的判据,采用定量的门槛区分励磁涌流和内部故障,但由于参数的模糊性,往往会造成误判,而利用人工智能模糊控制的特点进行变压器保护可获得很好的诊断效果。

文<sup>[13]</sup>提出了基于模糊集理论实现的变压器的数字保护算法来区分变压器的励磁涌流与内部故障,并用 EMTP 仿真程序得到的输出数据对该算法的性能进行了验证。

文<sup>[14]</sup>根据模糊贴近度的原理对变压器故障电流和励磁涌流进行了研究。通过比较实际采集电流的对称度隶属函数与通过理论分析计算出的理论电流的对称度隶属函数的相近程度实现对变压器的诊断,当贴近度大于某一定值时即判断为故障。

文<sup>[15]</sup>利用模糊测度的概念,通过对各模糊变量的“权”值的模糊化实现各个变量在不同的情况下对系统性能判定所作“贡献”进行模糊处理,从而实现信息的最佳利用。

文<sup>[16]</sup>提出了一种基于积分算法的波形对称原理区分电力变压器的励磁涌流和内部故障电流。该方法利用积分处理以提取变压器内部故障的短路电

流的波形对称特征,并在此基础上给出了应用模糊集理论区分变压器的励磁涌流和内部短路电流的模糊数学模型和判据,且用EMTP仿真程序进行了验证。

文<sup>[17]</sup>基于人工神经网络方法研究微机变压器保护。通过对变压器两端电流的采样值进行数据预处理后,结合变压器发生各种故障时的特征,考虑到神经网络本身所具有的自学习、自组织、自适应及容错能力强等特点,建立了一个三层前向神经网络模型,并利用EMTP仿真程序对此模型进行了大量的样本训练,使之对变压器的励磁涌流和各种故障状态能够作出正确的识别。

文<sup>[18]</sup>提出了类似的观点,并在实验室验证了该方法的有效性和正确性。

### 2.3 发电机保护与控制

发电机运行状态的监视与控制是电力系统继电保护的一个重要前提及组成部分。智能技术在该方面的研究工作也取得了相当的进步,并陆续有相关的报道<sup>[19]~[26]</sup>。

文<sup>[22]</sup>研究了多机电力系统中ANN电力系统稳定器(PSS)的设计问题,考虑到发电机电功率的非线性特性,采用了两个BP网络,一个用于估计在动态过程中发电机的电功率(称为神经辨识器),另一个用于估计所需的辅助控制信号(称为神经控制器),以期实现电机运行控制的最优化。

文<sup>[23]</sup>则报道了另一种途径解决常规模糊PSS所存在的需要凭经验确定模糊控制规则及隶属函数的问题,提出了综合采用ANN和模糊方法构成自适应网络PSS(ANF-PSS),利用ANN的学习能力自动调解模糊控制规则及隶属函数以实现电机运行的模糊控制的方法。

文<sup>[24]</sup>提出了一种模糊控制器的自寻优设计方案,避开了冗长复杂的完全凭经验的模糊推理过程而直接对模糊控制表进行优化;成功地解决了在模糊控制器的传统设计方法中存在的过分依赖于设计者预先选用的启发式知识及操作者的经验等问题,而强调设计者所掌握的受控系统的先验知识;并采用遗传算法实现了这一方案。

文<sup>[25]</sup>利用神经模糊系统的方法实现了水轮发电机的智能模糊控制。它针对如水轮机调节对象等模型不明确的控制任务会出现 $\partial x/\partial u$ 求解困难的实际情况,利用神经网络具有较强函数逼近能力及在辨识方面有好的效果等特点,采用神经网络对水轮机组动态特性进行辨识,并相应调整控制器的规

则和参数。

但目前关于发电机智能控制与保护方面的研究主要侧重于控制领域,保护方面的文章尚鲜见于报道。文<sup>[26]</sup>描述了一个用于监视发电机电气部分运行状态的专家系统,通过数字故障记录仪测量发电机实时状态量,用一些高级数据处理技术和专家系统识别其运行状态是否偏离正常状态及其严重程度。

### 2.4 输电线故障检测及保护

线路保护历来是电力系统继电保护的一个重要研究课题。智能模糊控制在这方面的研究亦相当深入,国内外均有大量有关这方面研究进展的报道<sup>[27]~[37]</sup>。文<sup>[27]~[29]</sup>报道了在故障分类方面研究的进展情况。

文<sup>[27]</sup>中以一个实际500kV输电网络为模型,提出了基于BP前馈网络和Kohonen自组织特征映射网络的高压输电线故障分类方法,利用三层BP神经网络,选择Kohonen网络作为自联想最邻近分类器,将任意连续值模式分类,采用竞争学习机制学习,寻找最优参考向量集合为一输出单元对应的连接权矢量,实现了对故障的判别与检测,并进行了仿真计算。文<sup>[28][29]</sup>作出了类似的报道。

文<sup>[30]</sup>提出了一种基于BP网络的距离保护实现方法并探讨了其在辐射型配电系统中应用的可能性。通过大量的仿真实验,用ANN离线模拟不同的地区、不同的电弧电阻下的故障情况,探讨了在线应用时根据一些实时阻抗量测量用BP网络判断保护是否应该动作的问题,对于解决配电系统发生电弧故障时由于难于准确测量故障阻抗导致常规距离保护不能可靠动作的困难很有实际意义。文<sup>[31][32]</sup>也从不同的角度论述了用ANN实现距离保护的原理和方法。

文<sup>[33]</sup>采用剪枝法优化多层前馈神经网络的结构从而确定隐蔽层神经元的数目,用如此获得的ANN应用于输电线的单端故障定位,使保护更加快速、准确且有较好的推广能力。

文<sup>[34]</sup>介绍了一种基于故障分量的电压暂态高频分量的模糊选相新原理,利用电压故障分量中的高频成分提取三相电压以不同相为基准的模变换的频域特征利用模糊集合对分量特征进行处理以实现故障选相,具有类似行波保护的超高速的特点。但选相并不仅限于利用行波波头的特征,且不受过渡电阻和故障初始角的影响,对故障中发生的故障也能可靠地选出故障相,具有较强的鲁棒性,并在

EMTP上得到了理想的效果。文<sup>[35]</sup>则利用短路电压、短路电流、线路长度和线路阻抗等参数在不同故障情况下的变化,基于模糊集理论和模糊隶属度的概念实现了单相接地、两相短路及两相短路接地等故障的辨识。

文<sup>[36]</sup>介绍了建立在故障定位基础上的线路保护的实现方法。

文<sup>[37]</sup>介绍了一种基于多层前馈神经网络(MFNN)实现的输电线保护方向鉴别器。ANN采用三层BP模型,训练样本由EMDC模拟产生。该鉴别器采用TM320C30数据信号处理器,利用线电压和线电流的瞬时量作出判断。文中给出了网络的设计及测试结果。经EMDC和现场故障录波数据测试表明:这种基于ANN的鉴别器仅需2.4ms就能鉴别出故障电流方向,且不受故障类型、潮流条件、故障位置、过渡电阻等因素的影响,可用于高速方向比较继电器。

### 3 今后的研究方向及主要内容

综合利用模糊理论及人工神经网络各自的特点形成的模糊神经网络已成为研究提高电力系统继电保护可靠性、快速性、灵敏性及选择性的一个重要发展方向。由于模糊神经网络中已经融入了模糊控制系统的所有信息,包括影响模糊控制器控制性能的所有参数,因此,可通过对其权值和阈值的调整来实现对模糊控制系统参数的综合优化调整,提高控制器的控制精度,保证系统的可靠运行。

智能技术在继保领域应用的研究人员目前大多从应用的观点出发,在某些方面虽完成了不少出色的工作,但也存在一些问题,如自适应优化算法方面如何利用ANN来实现比常规的优化算法获得更快的运算速度和更好的性能及利用ANN去实现一些以往难以实现的新算法;再如保护定值及动作特性的自适应调整方面如何利用ANN的自学习和自适应能力,根据系统不同的运行工况自适应调整各种运行参数下的保护定值和保护的動作特性等问题都需要研究人员对神经网络理论作更深入的理解,以从不同的角度去研究、探讨,搞清其与相关领域如模糊集理论、小波分析理论等的关系以有机地将各种理论完美地结合起来,扬各种理论之长。同时,算法的研究、特征样本变量的选取的研究对于加快运算速度、提高判断的可靠性;对于保证网络的分类能力、网络的推广能力及网络的容错能力等都具有十分重大的意义。

另一个需要重点突破的方向是自动重合闸技术及发电机保护方面的研究。采用ANN技术对暂时性和永久性故障进行判别并结合系统运行参数对断路器是否重合、何时重合等进行自适应优化控制;对于发电机组的定子匝间保护、失磁保护及定子绕组一点接地保护等常规保护做得难以令人满意的各种故障保护应用模糊集理论及ANN算法进行分析判断以确定最佳的保护动作都是今后研究的重点。目前在这方面的研究报道相当罕见<sup>[38]</sup>,相信随着人工智能在电力系统中应用研究的日渐深入,陆续会有这方面的研究成果面世。

最后,ANN在电力系统继电保护中应用的可靠性问题是妨碍人工智能在继电保护领域获得广泛应用的障碍。众所周知,继电保护对保护装置的基本要求就是可靠性,随着电力系统容量的不断增大,对装置的可靠性的要求愈来愈高,而ANN基于对过往经验学习基础上的自学习及自适应原理使电力系统从业人员不敢将其投入到实际系统中运营,因为事物毕竟是在不断变化的,现有经验不可能涵盖一切可能发生的故障,因此,解决ANN在实际应用中的可靠性问题是人工智能能否在继电保护领域获得应用的关键只所在;而自学习及自适应是人工智能的精华之所在,舍弃了这些,人工智能将失去它令人眩目的光彩。

### 4 结束语

模糊神经网络在继电保护中的应用研究才刚刚开始,虽然因种种原因目前尚未在电力系统继电保护中实际应用,但由于它既发挥了神经网络的自学习功能,又加强了模糊系统解决不确定问题的能力,定将在未来的电力系统继电保护中发挥重大作用。

#### 参考文献:

- [1] 刘力丰,高中德,等.电力系统继电保护设计专家系统的模糊知识处理.电力系统自动化,1997,21(6):34~38.
- [2] 高峰,秦翼鸿.基于模糊神经网络的模糊控制器综合优化设计.电力系统自动化,1996,20(7):9~12.
- [3] 王平洋,王广生,等.加快遗传模糊算法的搜索过程.电网技术,1999,23(5):3~7.
- [4] 徐文,王大忠,等.模糊辨识在电力设备故障诊断中的应用.电力系统自动化,1996,20(3):45~49.
- [5] Wiszniewski A, Kasztenny B. A Multi-criteria Differential Transformer Relay Based-on Fuzzy Logic. IEEE Trans on Power Delivery,1995,10(4):1786~1792.
- [6] Zhang Y, Ding X, et al. An Artificial Neural Network to Transformer Fault Diagnosis. IEEE Trans on Power Deliv

- ery, 1996, 11(4) : 1836 ~ 1841.
- [7] 丁晓群,等. 神经网络应用于电力变压器故障诊断. 电力系统自动化, 1996, 20(2) : 32 ~ 35.
- [8] 徐文,等. 结合遗传算法的人工神经网络在电力变压器故障诊断中的应用. 中国电机工程学报, 1997, 17(2) : 109 ~ 111.
- [9] 常炳国,刘君华. 基于模糊集合理论的变压器绕组热点研究. 中国电机工程学报, 1999, 19(7) : 22 ~ 25.
- [10] 周建华,胡敏强,等. 基于共轭梯度方向的CP-BP算法在变压器油中溶解气体诊断法中的应用. 中国电机工程学报, 1999, 19(3) : 41 ~ 45.
- [11] Vanegas O, Mizuno Y. Diagnosis of Oil-insulated Power Apparatus by Using Neural Network Simulation. IEEE Trans on Dielectrics and Electrical Insulation, 1997, 3(4) : 290 ~ 295.
- [12] Kim C J et al. A Kohonen Neural Network Approach for Transformer Fault Diagnosis Using Dissolved Gas Analysis. ISAP '97, 1997 : 336 ~ 340.
- [13] Park C W P et al. A Digital Protective Relaying Using a Fuzzy Theory for Power Transformer Protection. ISAP '97, 1997 : 269 ~ 273.
- [14] 梁国坚,梁冠安. 用模糊贴进度识别变压器故障电流和励磁涌流的研究. 中国电机工程学报, 1998, 18(5) : 310 ~ 314.
- [15] 王增平,高中德,等. 模糊理论在变压器保护中的应用. 电力系统自动化, 1998, 22(2) : 13 ~ 16.
- [16] 焦邵华,刘万顺. 区分变压器励磁涌流和内部短路的积分型波形对称原理. 中国电机工程学报, 1999, 19(8) : 35 ~ 38.
- [17] 段玉倩,贺家李,等. 基于人工神经网络方法的微机变压器保护. 中国电机工程学报, 1998, 18(3) : 190 ~ 194.
- [18] Perez L G, Flechsig A J, Meador J L et al. Training an Artificial Neural Network to Discriminate Between Magnetizing Inrush and Internal Faults. IEEE PWRD, 1994, 9(1) : 434 ~ 441.
- [19] Lu Q, Sun Y Z. Nonlinear Stabilizing Control of Multimachine Power System. IEEE Trans on PES, 1989, 4(1) .
- [20] Cheng S J, Chow Y S, Malik O P, Hope G S. An Adaptive Synchronous Machine Stabilizer. IEEE Trans on PWRD, Vol. PWRD-1(3) : 101 ~ 109.
- [21] Cao Y J, Jiang L, Cheng S J et al. A Nonlinear Variable Structure Stabilizer for Power System Stability. IEEE Trans on EC, 1994, 19(3) : 489 ~ 496.
- [22] Park Y M et al. A Wide Range Operation Power System Stabilizer Design with Neural Networks Using Power Flow Characteristics. ISAP '96 : 294 ~ 298.
- [23] Harii A et al. Self-Learning Adaptive-network-based Fuzzy Logic Power System Stabilizer. ISAP '96 : 299 ~ 303.
- [24] 文劲宇,程时杰. 基于遗传算法的发电机模糊式综合励磁控制器的研究. 中国电机工程学报, 1998, 18(2) : 91 ~ 95.
- [25] 景雷,叶鲁卿,等. 一种新型水轮发电机组智能模糊控制系统. 中国电机工程学报, 1998, 18(1) : 42 ~ 47.
- [26] Kezunovic M, et al. Implementation Framework for an Expert System for Generator Monitoring. ISAP '96 : 140 ~ 144.
- [27] 王晓茹,伍思涛,等. 一种基于神经网络的高压输电线路故障分类器. 电力系统自动化, 1998, 22(11) : 28 ~ 31.
- [28] Thomas Dalstein, Bernd Kulicke. Neural Network Approach to Fault Classification for High Speed Protective Relaying. IEEE Trans on Power Delivery, 1995, 10(4) : 1002 ~ 1009.
- [29] Chowdhury B H, Wang Kunyu. Fault classification Using Kohonen Feature Mapping. Proceedings of the Conference on Intelligent System Application to Power System, USA : 1996, 194 ~ 198.
- [30] Mohamed E A, Rao N D. Artificial Neural Network Based Fault Diagnostic System for Electric Power Distribution Feeders. Electric Power Systems Research, 1995, (35) : 1 ~ 10.
- [31] 段玉倩,贺家李. 基于人工神经网络的距离保护. 中国电机工程学报, 1999, 19(5) : 67 ~ 70.
- [32] Qi W et al. An Artificial Neural Network Application to Distance Protection. ISAP '96 : 226 ~ 230.
- [33] Chen Z H et al. Optimization of Artificial Neural Network Structure for Power System Protection Problems. ISAP '97, 1997 : 259 ~ 263.
- [34] 焦邵华,刘万顺,等. 基于故障分量的电压暂态高频分量的模糊选相新原理. 电力系统自动化, 1999, 23(9) : 15 ~ 18.
- [35] Ferrero A, Sangiovanni S, et al. A Fuzzy-set Approach to Fault-type Identification in Digital Relaying. IEEE Trans on Power Delivery, 1995, 10(1) : 40 ~ 47.
- [36] Thomas Dalstein et al. Multi Neural Network Based Fault Area Estimation for High Speed Protective Relaying. IEEE Trans on Power Delivery, 1996, 11(2) : 740 ~ 747.
- [37] Sidhu T S, Singh H, Sachdev M S. Design, Implementation and Testing of an Artificial Neural Network Based Fault Direction Discriminator for Protecting Transmission Lines. IEEE PWRD, 1995, 10(2) : 697 ~ 706.
- [38] 刘沛等. 基于模糊综合决策的自动重合闸优化判据的研究. 电力系统自动化, 1997, 21(9) : 31 ~ 34.

收稿日期: 1999-12-21

作者简介: 聂一雄(1964 - ),男,博士生,主要研究方向为智能检测与控制; 尹项根(1954 - ),男,教授,博导,系主任,主要研究方向为电力系统自动化及计算机保护。

### Present situation and developing prospect of artificial intelligence and fuzzy control in power system protection relay

NIE Yi-xiong, YIN Xiang-gen

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A brief review about the present researching situation of artificial intelligence and fuzzy control in power system protection relay is presented. Some valuable ideas and main work needed to do in future are proposed.

**Keywords:** protection relay; artificial intelligence; fuzzy control