

DOI: 10.7667/PSPC170055

## 继电保护信息语义智能识别算法的研究与应用

钱海<sup>1</sup>, 邱金辉<sup>1</sup>, 张道农<sup>2</sup>, 姜健琳<sup>3</sup>, 尹浙洪<sup>3</sup>, 沈亚东<sup>3</sup>

(1. 国网辽宁省电力有限公司, 辽宁 沈阳 110006; 2. 华北电力设计院有限公司, 北京 100120;  
3. 上海泽鑫电力科技股份有限公司, 上海 201206)

**摘要:** 为了应对当前存在于继电保护领域的语义不标准现象, 设计一种继电保护信息语义智能识别算法。该智能算法基于字典管理、语义匹配、检索预处理以及检索管理4大模块。结合采集储存算法、预处理算法和文本相似度算法设计出一种智能自我学习的语义智能处理机制。该算法通过逐步提高计算机自识别率来实现对不标准继电保护语义的统计, 从而丰富语义知识积累库, 以便增加对不标准语义标准化的正确率。根据对不同类型不标准语义数据的测试, 对得到的标准语义数据进行分析验证, 证明了此继电保护信息语义智能识别算法具有准确的性能和良好的可行性。

**关键词:** 继电保护系统; 文本相似度算法; 人工智能

### Research and application of semantic intelligent recognition algorithm for relay protection information

QIAN Hai<sup>1</sup>, QIU Jinhui<sup>1</sup>, ZHANG Daonong<sup>2</sup>, JIANG Jianlin<sup>3</sup>, YIN Zhehong<sup>3</sup>, SHEN Yadong<sup>3</sup>

(1. State Grid Liaoning Electric Power Company Ltd, Shenyang 110006, China; 2. North China Power Engineering Co., Ltd, Beijing 100120, China; 3. Zexin Power Science & Technology Co., Ltd, Shanghai 201206, China)

**Abstract:** In order to deal with the semantic non-standard phenomena in the field of relay protection currently, this paper designs a kind of relay protection information semantic intelligent recognition algorithm based on four modules including dictionary management, semantic matching, retrieval pre-processing, and retrieval management. Combined acquisition and storage algorithm, pre-processing algorithm, and text similarity algorithm, an intelligent self-learning based semantic intelligent processing mechanism is designed, which realizes the semantic statistics of non-standard relay protection through gradually improving computer self-recognition rate, thereby enriching semantic knowledge accumulation and then increasing the accuracy of non-standard semantic standardization. According to the testing of different types of non-standard semantic data, the obtained standard semantic datum are analyzed and verified, which proves that the relay protection information semantic intelligent recognition algorithm has good performance and feasibility.

**Key words:** relay protection system; text similarity algorithm; artificial intelligence

## 0 引言

随着电网的不断发展, 不同厂家继电保护信息不规范的问题日渐凸显。鉴于继电保护信息是电网中重要的数据源之一, 国家电网公司“六统一”标准对优化后的保护对信息点表提出了统一的要求。但目前各现场存在大量存量传统保护, 此类传统保护对于保护信息没有标准的语义统一。新老保护的交替时期下, 对继电保护信息进行规范和统一显得尤其重要<sup>[1-4]</sup>。所以, 继电保护信息标准化解释库的构建十分必要。

在早期的应用之中, 常采用对数据按应用分类的方法和点表语义标定等方法对数据进行语义识别。此类方法在实际应用中的配置工作量繁重, 且当点表重新初始化后需重新配置<sup>[5-8]</sup>。这类方式繁琐且存在明显弊端, 因此本文提出的语义标准化算法在继电保护领域语义标准化过程中得到应用。这种方法对关键信息采用配置文件方式进行定义, 对各类继电保护信息和其描述进行枚举, 并通过智能语义识别计入到标准语义积累库中。这种方法结合了语义预处理与相似度算法。虽然在前期的工作量比较大, 但当系统运行一段时间之后便可以稳定。由于

高电压保护在国内应用很统一，厂家也较少，故此继电保护信息标准化解释库得以在其他地区进行推广。

目前涉及到的信息语义化配置仅限于部分信息，未对继电保护专业的语义进行系统化规划；另一方面不同厂家的信息点表特别是定值和动作事件等信息在文本上也存在着一定的相似性，还可通过标准化语义设定和文本相似度算法来实现信息的语义识别<sup>[9-11]</sup>。

### 1 继电保护信息智能识别处理框架

继电保护语义标准化解释库的设计遵循电网公司的继电保护信息规范，对继电保护输出信息进行分组管理。整个继电保护信息标准化模块包含 4 个子模块，即字典管理、检索管理、检索预处理和语义矢量匹配模块<sup>[12-13]</sup>。字典管理模块主要是将标准语义以及智能识别出的非标准语义加载到语义知识积累库中。语义矢量匹配主要是将标准语义信息和枚举的非标准信息进行矢量匹配，并返回预先设定的标准语义的解释定义。检索预处理模块主要是将输入的非标准语义进行预处理，规范语义信息格式，有利于在语义知识积累库中识别。预处理主要包含大小写字母的转换，继电保护信息中可疑字符的替换以及输入继电保护信息首末两端可疑字符如标点和空格的剔除。检索管理模块主要提供外部检索入口以及相关的资源申请和释放接口。

根据整个模块的设计，将模块链接在一起，并按照图 1 所示的建模流程进行算法设计。

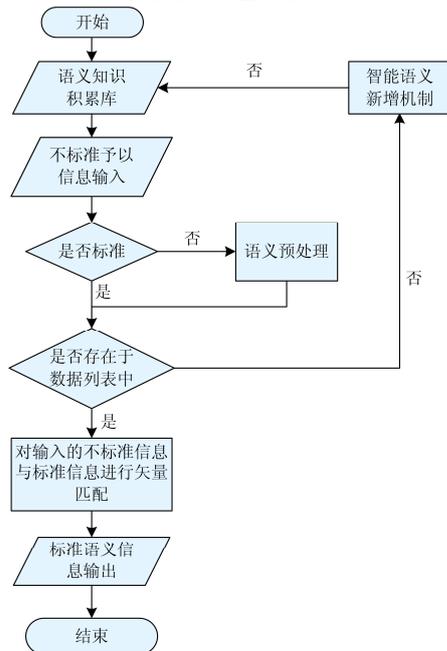


图 1 继保标准语义库建模流程

Fig. 1 Flowchart of relay protection semantic library

## 2 继电保护信息标准化解释库的算法机制

### 2.1 预处理算法分析

对输入继电保护信息的预处理是十分必要的。对输入的继电保护信息格式进行统一化，有利于语义知识积累库中的不标准语义的识别。本算法预处理部分主要分为 3 个模块，即继电保护信息中大小写字母的转换、首尾可疑字符的剔除和特殊字符的替换。1) 继电保护信息中大小写字母的转换。由于根据《继电保护信息规范统稿》的要求，所有标准语义中涉及到的字母都以大写为基准，故在对输入继电保护信息进行预处理时有必要先对其中字母的大小写进行转换，这样可以降低对语义知识积累库的编辑工作。2) 对首尾特殊字符的剔除，主要是针对空格以及 Tab 键。这样做是为了避免使用人员对输入的继电保护信息误操作。首尾出现空格或者 Tab 键符号时，使用人员很难识别自己所输入的继电保护信息存在错误，导致无法识别记录在语义知识积累库中的语义，所以对字符串首尾的特殊字符进行剔除是必要的操作。3) 主要是对继电保护信息中一些特殊字符的替换。在此部分算法之中采用再加载一个特殊字符替换配置文件的方法。将可能替换的字符写入特殊字符替换配置文件，之后再遇到有新的特殊字符替换便可在该文件中进行添加。此类特殊字符包括一些罗马数字的转换等情况。如在遇到无法输入罗马数字的时候会用大写的英文字母进行替代(如Ⅲ和 III)，这两个字符看似一样但是程序在判别时可能会识别不出，故这部分模块也是十分必要的。此部分仍然需要重视的一个问题是继电保护信息在语义知识积累库中需要进行排序，将字符大的字符排列在前面。原因在于，当遇到使用人员输入 III 时，程序是判断为 3 个 I 组成的 III，还是判断为 3 个独立的 I。两者所代表的显然不是同一个意思，这里使用者其实是想表达出罗马数字 III。所以，需要继电保护信息在语义知识积累库中进行大小排序。

### 2.2 语义智能识别

语义智能识别是先对语义进行预处理，再判断是否存在于语义知识积累库中。若不存在，则对语义积累库中标准信息进行搜索，依次进行相似度计算。选取其中相似度最高值与所设定的阈值 K(可设定，即为相似度判断的一个依据)进行比较。小于阈值时，则表明无任何相关的标准语义，不做任何处理，认定该输入的语义无效。大于阈值时，则将输入的预处理之后的继电保护信息写入该相似度最高值所对应的标准语义信息列表中，并记录到语义知

识积累库中。语义智能识别结构流程如图 2 所示。

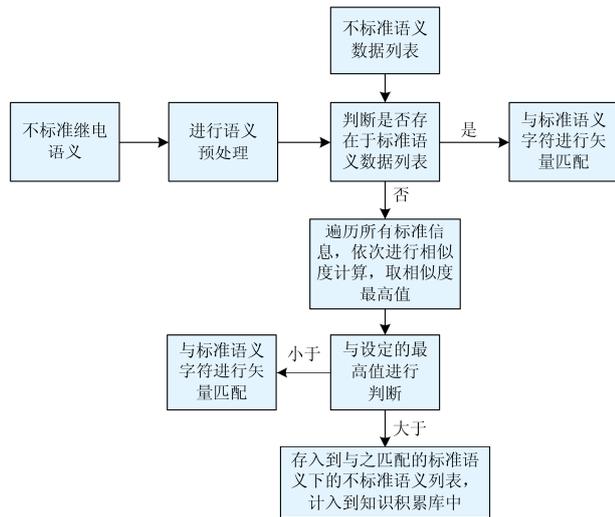


图 2 语义智能识别结构流程

Fig. 2 Flowchart of demantic intelligence recognition

字符串的相似度在很多领域都有应用, 本文在语义智能识别中对字符串相似度进行应用。字符串的相似度就是找寻两个字符串的公共子串, 对公共子串的长度进行计算来判断相似度的大小<sup>[14]</sup>。P 表示较短的字符串, T 表示较长的字符串, 两字符串之间的字符匹配对集合用  $R_s$  表示, 则相似度可用式(1)<sup>[15]</sup>表示。

$$S(P,T) = \frac{|\{p_i | (p_i, t_j) \in R_s\}| + |\{t_j | (p_i, t_j) \in R_s\}|}{|P| + |T|} \times 100 \quad (1)$$

式(1)中,  $|\cdot|$  表示元素个数, 公式表明此相似度是一个  $R_s$  元素个数与 P, T 中元素个数之和的比值。

关于字符串相似度的计算, 主要是智能新增语义模块会依据这个相似度进行判断然后新增。相似度的精确程度直接影响智能新增语义模块。所以对于相似度的计算应采用合适的算法让相似度更精确。本文采用字符串改变操作次数的算法来进行相似度的计算, 该算法涉及两个字符串转换过程中存在的最少操作次数。其中可以给予不同的操作不同的权值, 如添加、删除操作为 1, 替换操作为 2。对于具体的算法机制可以使用矩阵的方式进行理解。如计算保护启动与保护起动两条语义的相似度。

语义编辑距离矩阵如表 1 所示。

矩阵中的数据都是代表字符串转换需要的步数。此矩阵表按以下规则进行填充。首先黑色部分一目了然, 即直接是添加操作, 字符有  $n$  个那就显

表 1 编辑距离矩阵

Table 1 Matrix of Levenshtein distance

		保	护	启	动
	0	1	2	3	4
保	1	0	1	2	3
护	2	1	0	1	2
起	3	2	1	1	2
动	4	3	2	2	1

示有  $n$  步。红色部分的每格数字都由其左边、右边和左上数据决定。如果该格子所对应的两个字符串中的字符相同, 则左上数据加 0, 否则加 1, 同时该格子左边和上边数据同时加 1, 此时得到三个数据, 取这三个数据的最小值。拿最右下角的数据举例, 其所对应的三个数据为 1、3、3, 所以取最小值 1。此值即为“保护起动”转化为“保护启动”仅需要一步, 即将第三个字符替换。当然, 替换的权值可以应情况而定。

$$\text{Sim} = 1 - \frac{\text{dis}}{\text{maxstr}} \quad (2)$$

式(2)<sup>[15]</sup>中:  $\text{dis}$  代表所需要的步数;  $\text{maxstr}$  代表较长字符串的长度。此公式仅是一个简单求取相似度的算法, 并不够精确。但足以对智能新增语义模块起到判断作用。

语义智能识别的设计能够提高语义知识积累库中数据的覆盖性, 减少工程人员整理语义知识积累库的工作量<sup>[16]</sup>, 提高工作效率以及避免现场施工人员的操作遗漏。

### 2.3 语义知识积累库

继电保护标准信息存储采用语义知识积累库进行储存。将继电保护标准信息划分为五大类, 即保护动作信息、告警信息、在线监测信息、状态变位信息以及中间节点信息。每类信息单独存储到自己的语义积累文件中, 共五类语义积累文件。每类信息均包含线路保护、变压器保护、母线保护、母联分段保护、断路器保护、高抗保护、短引线保护等七类保护信息。七类信息下包含各自所属标准语义信息, 每条信息条目中包含 6 种属性: 宏定义名称、标准语义名、标准语义描述、所属原件名、所属组名和所属等级。每条信息条目下则包含通过语义智能识别进行采集的不同厂家所用的非标准语义名。此类非标准继电保护信息即为使用人员可能会输入非标准语义信息。如果遇到的新的非标准语义信息不在语义知识积累库中时, 则此类非标准语义信息会通过语义智能识别功能记录到语义积累库中, 以便下次输入此条继电保护信息时能够辨别。上面所述语义知识积累库数据存储架构如图 3 所示。

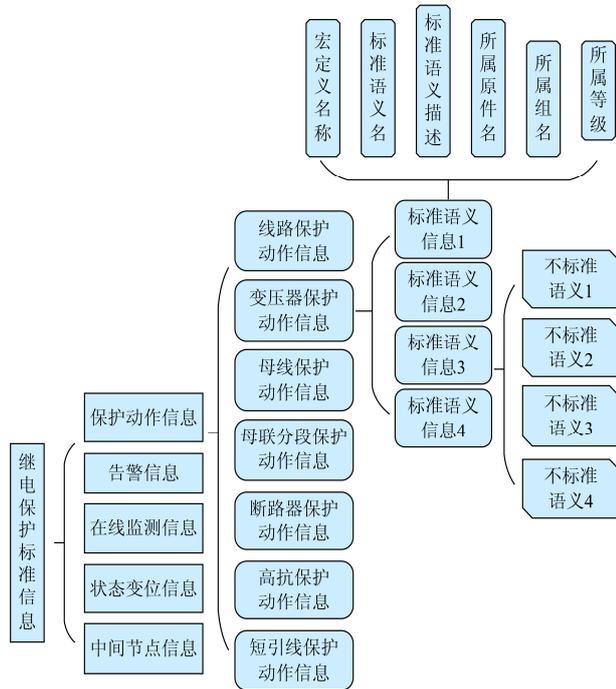


图3 语义知识积累库存储架构

Fig. 3 Storage architecture of semantic accumulation library

关于语义智能识别功能，是通过对不标准语义与语义知识积累库中的标准语义进行遍历比较。计算两者相似度。找出相似度中的最大值与设置的阈值进行比较，如果超过则判断该不标准语义归于相对应的标准语义信息下。如果低于设定的最大阈值，则忽略该不标准语义，不将该语义计入到语义积累库中。语义积累库也因此得到了积累。具体流程如图4所示。

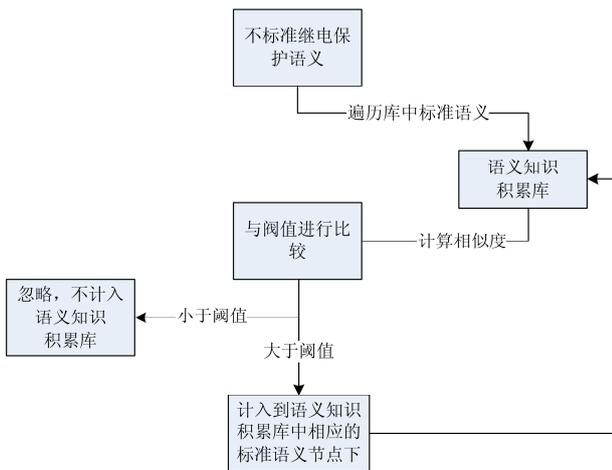


图4 语义知识积累库积累流程

Fig. 4 Semantic accumulation library accumulation process

### 3 应用效果分析

#### 3.1 模拟不同类型数据测试

对应用效果进行测试，模拟出如下四种语义信息易出现错误的情况，即1：大小写字母的转换。2：字符串中出现需替换的字符，如II需要转换为Ⅱ。3：首尾特殊字符的替除。4：不标准语义信息枚举。

情况1，根据标准语义规范的要求，标准语义字符串中的字母全为大写，但在实际操作过程当中，现场施工人员可能会将字符串中的大写字母写成小写。这样会导致无法匹配到配置文件中枚举的字符串。所以字符串中大小写字母的转换显得十分必要，既提高了字符串的匹配率，又降低了现场施工人员编写配置文件时的麻烦<sup>[10]</sup>。

情况1对比结果如表2所示。

表2 情况1处理结果对比

Table 2 Comparison of application results of case 1

不标准语义信息	处理后语义信息	“六统一”标准
a 相跳闸	A 相跳闸	A 相跳闸
ct 断线	CT 断线	CT 断线
sv 检修不一致	SV 检修不一致	SV 检修不一致
goose 总告警	GOOSE 总告警	GOOSE 总告警
高压侧 pt 断线	高压侧 PT 断线	高压侧 PT 断线
I 母 pt 断线	I 母 PT 断线	I 母 PT 断线
母联1 充电过流 I 段有效	母联1 充电过流 I 段有效	母联1 充电过流 I 段有效
中复流 III 段有效	中复流III段有效	中复流III段有效

情况2，关于字符串中特殊字符的转换，指的是字符串中罗马数字与字母I之间的转换。也适用一切字符串中字符的替换。使用人员不清楚罗马数字的写法，自行适用大写字母I,V代替。虽然看上去一样，但无法与配置文件进行匹配，故进行字符替换。关于字符的替换所采用的配置文件匹配与相关注意细节在上文中的预处理算法分析中已经提到，故不再阐述。

情况2对比结果如表3所示。

表3 情况2处理结果对比

Table 3 Case 2 Comparison of application results

不标准语义信息	处理后语义信息	“六统一”标准
接地距离 II 段动作	接地距离Ⅱ段动作	接地距离Ⅱ段动作
距离保护 II 段有效	距离保护Ⅱ段有效	距离保护Ⅱ段有效
高复流 I 段有效	高复流段 I 有效	高复流段 I 有效
低 I 复流 I 段有效	低 I 复流 I 段有效	低 I 复流 I 段有效
I 母差动 b 相有效	I 母差动 B 相有效	I 母差动 B 相有效
I 母 pt 断线	I 母 PT 断线	I 母 PT 断线
a 相发信	A 相发信	A 相发信
a 相 ct 断线	A 相 CT 断线	A 相 CT 断线

情况3，首尾特殊字符的删除主要针对在遇到首尾存在空格或 tab 键的字符串时。肉眼无法识别差异，但仍然会导致无法与字典配置文件相匹配。

故将字符串首尾存在的特殊字符删除的操作是十分有效的。

情况 3 对比结果如表 4 所示。

表 4 情况 3 处理结果对比

Table 4 Comparison of application results of case 3

不标准语义信息	处理后语义信息	“六统一”标准
[空格]a 相跳闸	A 相跳闸	A 相跳闸
[空格]ct 断线	CT 断线	CT 断线
[空格]sv 检修不一致	SV 检修不一致	SV 检修不一致
[tab 键]goose 总告警	GOOSE 总告警	GOOSE 总告警
[tab 键]高压侧 pt 断线	高压侧 PT 断线	高压侧 PT 断线
[空格]I 母 pt 断线	I 母 PT 断线	I 母 PT 断线
[空格]a 相发信	A 相发信	A 相发信
[tab 键]a 相 ct 断线	A 相 CT 断线	A 相 CT 断线

情况 4, 此模块是整个匹配枚举法的基础。使用人员将各个厂家不标准语义以及可能会将写错的语义用枚举的方法写入语义知识积累库中。所有预处理的算法, 都是将使用人员输入的不标准语义优化, 使不标准字典配置文件能与之完全匹配。此外, 如果仍然还有未被枚举的不标准语义, 程序进行识别。如果不存在于配置文件中, 则通过智能新增语义机制将此不标准语义写入到语义知识积累库中。

情况 4 对比结果如表 5 所示。

关于生成的数据结果, 误差主要集中在计算字符串相似度上。由于采用的是编辑距离算法, 故相似度存在一定误差, 大约控制在 10%之内。此算法对相似度的精度并不高, 相似度主要起一个判断作用。故编辑距离算法完全满足需求。

表 5 情况 4 处理结果对比

Table 5 Comparison of application results of case 4

不标准语义信息	处理后语义信息	“六统一”标准
a 相跳闸动作	A 相跳闸	A 相跳闸
保护起动	保护启动	保护启动
sv 检修存在不一致	SV 检修不一致	SV 检修不一致
goose 发出总告警	GOOSE 总告警	GOOSE 总告警
高压一侧 pt 断线	高压侧 PT 断线	高压侧 PT 断线
重合闸动作	重合闸出口	重合闸出口
线路长度定值	线路长度	线路长度
三跳启动重合	闭锁重三跳	闭锁重三跳

### 3.2 实施应用效果

对于实际测试方面, 对某省使用的五个厂家保护的点表信息进行测试。测试结果如图 5。

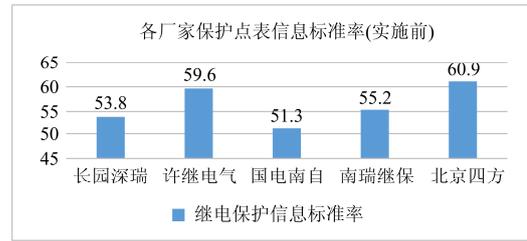


图 5 各厂家保护点表信息标准率柱状图

Fig. 5 Manufacture protection information standard rate histogram

由图 5 可知, 主要厂家保护的点表信息存在较大差异。与国家电网“六统一”标准存在 40%~50% 的差异。在采用本文提供的方法将各厂家保护点表不标准信息进一步规范。标准率均达到 99%左右。可见效果明显。实施后结果如图 6 所示。

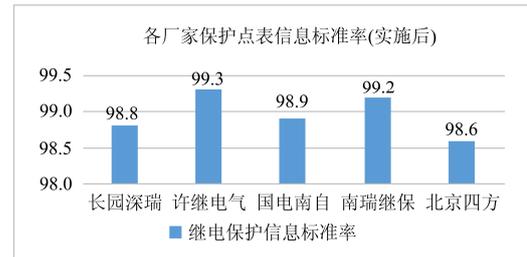


图 6 各厂家保护点表信息标准率柱状图

Fig. 6 Manufacture protection information standard rate histogram

## 4 结论

本文为继电保护各类信息不标准现象提供一个有力的解决办法。基于不同厂家使用的各种不同的不标准语义, 采用匹配语义知识积累库中的不标准语义枚举信息的方法, 辅以字符串预处理以及根据相似度更新配置文件的算法, 实现了继电保护信息标准化功能的设计。经反复验证以及算法的改进, 使得本算法完美实现了预期的目标, 提高了工程技术人员在使用过程中的容错性, 大大减少了工程技术人员编写配置文件中不标准语义字符串的工作量。从而更好地提高了各厂家保护信息标准率, 达到国家电网公司“六统一”标准的要求。

### 参考文献

- [1] 郝永贵, 侯滨. 信息系统促进继电保护标准化管理[J]. 山西电力, 2012(增刊 1): 30-32.  
HAO Yonggui, HOU Bin. Information system promotes accurate management and standardized execution on relay protection[J]. Shanxi Electric Power, 2012(S1): 30-32.
- [2] 王宁, 牛四清, 李钢. 继电保护标准化设计的研究与应用[J]. 电力设备, 2008, 9(4): 11-16.

- WANG Ning, NIU Siqing, LI Gang. Design and application of relay protective standardization[J]. Electrical Equipment, 2008, 9(4): 11-16.
- [3] 赵有铖, 赵曼勇, 贺春. 继电保护故障信息系统建设经验谈[J]. 电力系统保护与控制, 2006, 34(6): 64-66, 70.
- ZHAO Youcheng, ZHAO Manyong, HE Chun. Experience in the project construction of fault information system for relay protection[J]. Power System Protection and Control, 2006, 34(6): 64-66, 70.
- [4] 孙辉, 陈继侠, 张艾华. 基于 ORACLE 建立继电保护数据管理系统[J]. 电力系统保护与控制, 1994, 22(1): 7-10.
- SUN Hui, CHEN Jixia, ZHANG Aihua. Development of relay protection data management system based on ORACLE[J]. Power System Protection and Control, 1994, 22(1): 7-10.
- [5] 肖寒, 孙广芝, 邢立强. 面向应用的电力设备标准语义标注模型初探[J]. 标准科学, 2014(6): 78-83.
- XIAO Han, SUN Guangzhi, XING Liqiang. Preliminary research on application-centered semantic annotation model of electric equipment standards[J]. Standard Science, 2014(6): 78-83.
- [6] 邱金辉, 钱海, 张道农, 等. 基于 PFIS 的继电保护常态特性在线监视与隐性故障诊断[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(8): 145-149.
- QIU Jinhui, QIAN Hai, ZHANG Daonong, et al. Online monitoring of normal behavior and diagnosis of hidden failures in protection system based on PFIS[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 145-149.
- [7] 师元康, 姜振超, 安寸然. 智能变电站继电保护装置状态评估实用化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(10): 119-125.
- SHI Yuankang, JIANG Zhenchao, AN Cunran. Research on practical state evaluation of protection device in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(10): 119-125.
- [8] 邱智勇, 韩学军, 李雪冬, 等. 基于 MSHC 继电保护一体化智能分区算法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(19): 25-31.
- QIU Zhiyong, HAN Xuejun, LI Xuedong, et al. Intelligent partitioning in integrated relay graph splicing based on MSHC algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(19): 25-31.
- [9] 刘之尧, 刘正超, 杜杨华. 继电保护及故障信息系统的通信协议与信息语义标识[J]. 广东电力, 2007, 20(1): 30-33.
- LIU Zhiyao, LIU Zhengchao, DU Yanghua. Communication protocol and information semantic identification of relay protection and fault information system[J]. Guangdong Electric Power, 2007, 20(1): 30-33.
- [10] 宋人杰, 陈禹名. 基于变权系数的继电保护状态模糊综合评价方法[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(3): 46-50.
- SONG Renjie, CHEN Yuming. Fuzzy synthetic evaluation of relay protection based on variable weight value[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(3): 46-50.
- [11] 陈泾生, 陈久林, 郑海雁, 等. 继电保护检验标准化作业专家系统的研发和应用实践[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(16): 108-111.
- CHEN Jingsheng, CHEN Jiulin, ZHENG Haiyan, et al. Experimental research and application of relay protection test standardization operation expert system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(16): 108-111.
- [12] 高湛军. 继电保护及故障信息系统数据建模和应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.
- GAO Zhanjun. Research on data modeling and application of relay protection and fault information system[D]. Jinan: Shandong University, 2006.
- [13] 马晋辉, 赵文博, 杨耀文, 等. 火力发电厂继电保护管理信息系统的研究与开发[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(8): 63-66, 148.
- MA Jinhui, ZHAO Wenbo, YANG Yaowen, et al. Research and development of relay protection management information system in coal-fired power plants[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(8): 63-66, 148.
- [14] LAKOFF G, 廖东平. 模糊限制词和语义标准[J]. 当代语言学, 1982(2): 22-27.
- LAKOFF G, LIAO Dongping. Hedges and semantic criteria[J]. Contemporary Linguistics, 1982(2): 22-27.
- [15] 牛永洁, 张成. 多种字符串相似度算法的比较研究[J]. 计算机与数字工程, 2012, 40(3): 14-17.
- NIU Yongjie, ZHANG Cheng. A comparative study of a variety of string similarity algorithm[J]. Computer and Digital Engineering, 2012, 40(3): 14-17.
- [16] 李钊, 张韬, 许元戎, 等. 继电保护数据管理系统的开发及应用[J]. 电力系统保护与控制, 1999, 27(6): 37-38.
- LI Zhao, ZHANG Tao, XU Yuanrong, et al. Development and application of relay protection data management system[J]. Power System Protection and Control, 1999, 27(6): 37-38.

收稿日期: 2017-01-10; 修回日期: 2017-03-23

作者简介:

钱海(1972—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事继电保护相关工作, 负责继电保护故障信息系统运行管理工作;

邱金辉(1962—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力系统及继电保护专业管理工作;

张道农(1961—), 男, 教授级高级工程师/设计总工程师, 主要从事继电保护及安全自动装置的设计与研究以及大型工程项目的项目管理工作。E-mail: zhangdn@ncpe.com.cn

(编辑 葛艳娜)