

基于抄表策略的配电网负荷模式分析

陈得治¹, 郭志忠^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学电气工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 许继电力科学研究院, 北京 100085)

摘要: 针对解决我国现阶段配电网自动化和无自动化并存的负荷分析问题, 提出一种基于抄表策略的配电网负荷模式分析方法。典型负荷模式结合运行人员经验, 去改进原有抄表工作步骤来累积无自动化量测用户的负荷“轮廓特征点”信息, 并对信息分析处理, 提出简化负荷模式的建立方法, 利用多元模糊模式识别方法来完善负荷模式, 综合完善的负荷模式、馈线首端自动化量测和用户的月电量信息, 为配电网运行管理提供基础负荷信息。算例结果表明了负荷信息所描述的负荷变化范围基本能够满足运行要求, 同时提出的分析方法在我国现阶段配电网中具有可操作性。

关键词: 典型负荷模式; 抄表; 简化负荷模式; 模糊模式识别; 配电网

中图分类号: TM714 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)05-0015-05

0 引言

综合多方面因素考虑, 在现有自动化技术条件下, 地域广阔的配电网全面安装自动化是不经济的, 自动化和无自动化将长期并存^[1]。而在电力市场逐步展开的今天, 高质量、经济、可靠地为用户提供电能这是供电部门的任务, 从而对配电网的运行管理提出了新的要求, 基于GIS的配网管理、配电网高级应用软件等都得到了广阔的应用。而数量有限的自动化限制了运行管理所需的基础负荷数据的获得和累计。在如此条件下, 配电网负荷分析的研究具有一定的价值, 同时其方法也具有特殊性。

在配电网负荷分析研究和实际应用上, 国内外作了大量的工作^[2~7], 取得了一定的成绩。缺少自动化量测数据的积累, 是配电网负荷分析的重大障碍, 普遍的思路^[2~4]是首先对研究地区的负荷用户运用数理统计中的采样、调查等分析方法, 得到代表此地区负荷变化规律的典型用户, 在典型用户装设量测表计, 累计量测数据, 然后进行数据的统计分析, 如概率分布函数计算, 置信度和置信区间的估计, 均值和方差的计算等, 得到代表本地区负荷变化规律的典型用户负荷模式; 上述方法固然比较全面、合理, 但也耗费了物力、人力, 现阶段国内配电网还不具备全面展开负荷研究的条件; 文献[5]根据自动化实时量测信息, 采用状态估计方法来完善负荷模型, 此种方法对于自动化量测依赖较强; 文献[6~7]用模糊、区间方法定量描述配电网缺乏统计性的负荷变化, 但文中只是利用了配电网变压器容量信息, 并没有考虑实际配电网中少数自动化量测信息和典型用户的负荷变化规

律, 使该负荷模型应用于配电网运行管理、规划分析的有效性和合理性有一定折扣。

本文总结已有研究成果, 结合我国配电网自动化配置现状和运行管理要求, 认为在我国配电网负荷分析中以下几点原则是很重要的:

1) 在理论上, 只有少部分自动化量测的配电网网络负荷分析是“不可观测”的。所以一味追求负荷分析的最优是不符合我国配电网实际, 不具有可实现性。

2) 负荷分析最终目的是为配电网运行管理提供基础负荷信息, 而配电网和输电网的运行管理相比较有一定区别^[8], 所以负荷分析的最优又是没有必要的, 但负荷分析的合理性必须保证, 使配电网运行管理有据可依。

3) 充分利用配电网已有的信息, 在运行人员可以接受的条件下, 来循序渐进地展开配电网负荷研究。

由此本文提出一种基于抄表策略的配电网负荷模式分析方法。分析有限的自动化用户负荷量测数据, 建立配电网的典型负荷模式, 结合运行人员经验, 制定抄表策略为配电网负荷模式分析累积数据, 分析数据得到完善的负荷模式, 综合负荷模式、馈线首端自动化量测和用户的月电量信息, 为配电网运行管理提供基础负荷信息。本负荷分析方法力求充分结合我国配电网实际, 具有合理性和可操作性。

1 典型负荷模式分析

文献[3]研究论证同类型负荷用户用电特性相似, 累计典型用户类型负荷数据, 分析其规律来代表同类型用户负荷的变化规律, 定义为典型负荷模式。

限于我国配电网自动化典型用户负荷量测有限,得到具有代表性的典型负荷模式是不可能的,但有限的典型负荷模式会对无自动化负荷量测用户的负荷分析起到一定指导作用。模糊语义在运行人员描述用户负荷变化规律时经常出现,如“上午 11 点左右出现峰值”等。量测信息是客观的,而基于经验和专家看法是主观的,建立两者的联系,是解决配电网负荷分析的一个突破口。

根据用电特性的不同,将待研究地区自动化量测用户首先分为 L 大类,本文中暂且认为 ($L=3$),即工业、商业和居民,进一步选取特征量,运用模式识别理论将每个 L 再细分为 l 数据量完整的模式识别有很多方法可以解决此问题^[9],本文不赘述。用 $L(l)$ 典型负荷模式来代表本地区配电网负荷变化的规律。

归一化的随机变量数字特征:“平均值” $\mu_{L(l)}$ 和“方差” $\sigma_{L(l)}$,来表示 $L(l)$ 典型负荷模式,计算公式文献 [3] 已详细给出:

图 1 是为一种居民用户类型的典型负荷模式“数字特征”。

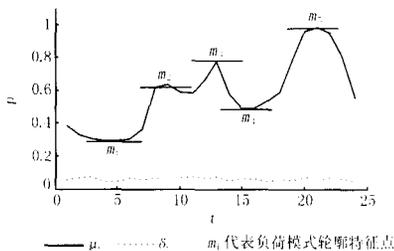


图 1 负荷模式的数字特征

Fig 1 Numerical characteristics of load pattern

使用直观的直方图或 Pearson χ^2 检验法^[10]能得到,一段时间内某时刻自动化量测负荷变化一般符合正态分布,从而利用概率——模糊转化将负荷随机变量 y_t 转化为模糊变量 μ_t ,用梯形隶属函数 $A(y_t): [\mu_t - 2.58\sigma_t, \mu_t - \sigma_t, \mu_t + \sigma_t, \mu_t + 2.58\sigma_t]$ 来描述典型负荷模式,其一般性数学表达式为^[11]:

$$A(y_t) = \begin{cases} 0 & y_t < \mu_t - 2.58\sigma_t \\ \frac{y_t - (\mu_t - 2.58\sigma_t)}{(\mu_t - \sigma_t) - (\mu_t - 2.58\sigma_t)} & \mu_t - 2.58\sigma_t \leq y_t < \mu_t - \sigma_t \\ 1 & \mu_t - \sigma_t \leq y_t < \mu_t + \sigma_t \\ \frac{(\mu_t + 2.58\sigma_t) - y_t}{(\mu_t + 2.58\sigma_t) - (\mu_t + \sigma_t)} & \mu_t + \sigma_t \leq y_t < \mu_t + 2.58\sigma_t \\ 0 & y_t \geq \mu_t + 2.58\sigma_t \end{cases} \quad (1)$$

模糊隶属函数表示的典型负荷模式包含更全面

的信息,有利于下文对无自动化量测的负荷分析。

2 抄表策略完善负荷模式

由于用户用电特性不一,自动化量测稀少的配电网典型负荷模式不具有代表性,需不断完善。图 1 中典型负荷模式的轮廓特征点 m_i 基本能代表负荷变化走势,这正和运行人员脑中早已存在的经验,如“此居民用户在 4 点左右出现全天最低负荷 y_{m1t} ”吻合。轮廓特征点出现的时间段和大小,对于完善负荷模式是有用的信息。本文利用典型负荷模式、运行人员经验制定运行人员可以接受的策略,来得到无自动化量测用户的合理简化负荷模式,以完善典型负荷模式。

2.1 抄表信息

抄表电量是功率的积分和,用下式表示:

$$w = \int_0^t p(t) dt \quad (2)$$

式中 t 是时间间隔; w 是此段时间内抄收的电量;而 $p(t)$ 是随时间变化的功率。

在实际抄表工作中,时间间隔 t 内电表的读数变化是 w ,在这段时间内功率可以默认为常数,且当电表表计倍率达到一定精度要求,那么由下式可以得到这段时间内的功率:

$$p = \frac{w}{t} = \frac{\int_0^t p(t) dt}{t} \quad (3)$$

此式为无自动化用户的负荷分析提供了有用的近似功率信息。

3.2 抄表策略

图 1 中某居民类型用户负荷轮廓特征点 m_i 出现的时间段 m_{it} ,以 5:00、9:00、13:00、15:00 和 21:00 代表。用 m_{it} 来指导运行人员每月抄收电量的操作时间,并同时读取 m_{it} 和 $m_{it} + t$ 两时刻电量值,公式 (3) 近似求得轮廓特征点的功率值 $y_{m_{it}}$ 。通过一年的操作累计,尽管在抄收电量时增加了一次抄收工作量,但在各个轮廓特征点的负荷功率数据至少记录两次,分析记录数据,完善典型负荷模式。

表 1 抄表信息

Tab 1 Information of meter reading						
抄表	1(3:00 ~ 6:00)	2(8:00 ~ 11:00)	3(13:00)	4(15:00 ~ 16:00)	5(20:00 ~ 22:00)	12(8:00 ~ 11:00)
y_{m1t}/kW	48					...
y_{m2t}/kW		96				100
y_{m3t}/kW			128			...
y_{m4t}/kW				80		...
y_{m5t}/kW					160	...
W/kWh	73 728	73 690	73 500	73 790	73 800	73 900

2.3 完善负荷模式

2.3.1 抄表信息预处理

考虑电量和时间比值得到的功率所带来的计算误差,将 y_{mit} 表示成模糊集 f_{mit} ,用三角形隶属函数量化表示,并将记录功率数据归一化,这样既能够抵消一部分由于表计所带来的量测误差,同时又能够和归一化的典型负荷模式表示形式相一致。

为了便于运算,三角隶属函数统一为梯形隶属函数表示。 f_{mit} 的模糊隶属函数为 $[y_{mit} - m_{it}, y_{mit}, y_{mit}, y_{mit} + m_{it}]$, m_{it} 为电量计算功率可能带来的最大误差。 $y_{mmax} = \max(y_{m1t}, y_{m2t}, \dots, y_{mit})$, f_{mmax} 的模糊隶属函数为 $[y_{mmax} - m_{max}, y_{mmax}, y_{mmax}, y_{mmax} + m_{max}]$ 。

利用模糊集的除法运算得到归一化的轮廓特征点功率模糊隶属函数:

$$\bar{f}_{mit} = f_{mit} / f_{mmax} = [(y_{mit} - m_{it}) / (y_{mmax} + m_{max}), y_{mit} / y_{mmax}, y_{mit} / y_{mmax}, (y_{mit} + m_{it}) / (y_{mmax} - m_{max})] \quad (4)$$

$$\bar{f}_{mmax} = f_{mmax} / f_{mmax} = [(y_{mmax} - m_{max}) / (y_{mmax} + m_{max}), 1, 1, (y_{mmax} + m_{max}) / (y_{mmax} - m_{max})] \quad (5)$$

2.3.2 完善模式分析

以图 1 的居民用户负荷为例。

1) 模式识别自动化量测数据,得到了 $L(l)$ 居民用户负荷类型。

2) $L(l)$ 典型负荷模式中的轮廓特征点 m_i 用模糊梯形隶属函数 $A(y_{L(l), m_i t})$ 表示:

$$[\mu_{L(l), m_i t} - 2.58 \mu_{L(l), m_i t}, \mu_{L(l), m_i t} + \mu_{L(l), m_i t}, \mu_{L(l), m_i t} + \mu_{L(l), m_i t}, \mu_{L(l), m_i t} + 2.58 \mu_{L(l), m_i t}] \quad (6)$$

3) 待识别居民用户的轮廓特征点 m_i 抄表功率信息,用模糊梯形隶属函数 $B(\bar{f}_{mit}) = [a, b, b, c]$ 表示,具体形式如式 (4) 和 (5) 所示。

表 2 轮廓特征点模糊隶属函数参数

Tab 2 Parameter of fuzzy membership function of profile characteristic point

轮廓点	1类		2类		...	L(1)类		待识别用户类		
	μ	μ	μ	μ		μ	μ	a	b	c
m1	0.2	0.04	0.1	0.03	...	0.3	0.02	0.1	0.2	0.3
m2	0.5	0.06	0.7	0.01	...	0.5	0.03	0.36	0.47	0.65
m3	0.8	0.03	0.6	0.03	...	0.6	0.02	0.725	0.81	0.88
m4	0.4	0.03	0.5	0.02	...	0.4	0.04	0.33	0.39	0.48
m5	1	0.03	1	0.03	...	1	0.05	0.93	1.00	1.078

4) 计算格贴度^[11],得到

$$D_g(A(y_{jmit}), B(\bar{f}_{mit})) \quad (j=1, 2, \dots, L(l)) \quad (7)$$

计算

$$S_j = \sum_{i=1}^s (D_g(A(y_{jmit}), B(\bar{f}_{mit}))) \quad (j=1, 2, \dots, L(l)) \quad (8)$$

S_j 表示第 j 类中 m_i ($i=1, 2, \dots, 5$) 个轮廓特征点与待识别类相应轮廓特征点格贴度最小的值。

5) 最后

$$\sum_{j=1}^{L(l)} (S_j) = 0.9504 = S_1$$

S_1 表示 S_j ($j=1, 2, \dots, L(l)$) 中的最大值。

依据多元模糊模式识别的择近原则^[11]得到此居民用户的类型为 $L(l)$ 中的第一类;而如果

$$\sum_{j=1}^{L(l)} (S_j) < 0.9$$

小于特定的阈值,则此类不属于 $L(l)$,并将它加入到 $L(l)$ 中,以此完善负荷模式类。

2.3.3 完善模式量化表示

完善模式分析后,如果此居民用户的负荷模式属于 $L(l)$,则此类负荷模式用模糊隶属函数公式

(1) 来表示;如果此负荷模式是新增加到 L 中的新模式类别 l ,则模式中方差用下式求得:

$$L(l), t = \sum_{i=1}^n l L(l), t \quad (9)$$

式中 $i = N_l / N_L$, N_l 是 l 类自动化量测用户数; N_L 是 L 类自动化量测总用户数; n 是 L 中 l 的总数。

l 类负荷模式缺少每小时的量测信息,连接置信度最高的轮廓特征点的直线来表示两个轮廓特征点之间的过渡次要负荷模式。

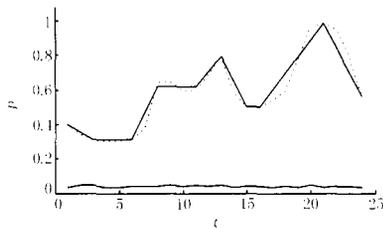
用连接两个轮廓特征点之间的直线按照等时间间隔分布求得 $\mu_{L(l), t}$:

$$\mu_{L(l), t} = (y_{m_{i-1}t} / y_{mmax}) + \left(\frac{y_{m_{it}} / y_{mmax} - y_{m_{i-1}t} / y_{mmax}}{m_{it} - m_{i-1}t} \right) \cdot (t - m_{i-1}t) \quad (10)$$

这样新 l 类的“数字特征”: $\mu_{L(l), t}$ 和 $L(l), t$ 近似得到,相应模糊梯形隶属函数 $[\mu_t - 2.58 \mu_t, \mu_t - \mu_t, \mu_t + \mu_t, \mu_t + 2.58 \mu_t]$ 也得到。尽管此模糊梯形隶属函数不具有数学意义的最优性,但却具有实际指导意义的合理性。至少现在的轮廓特征点信息已经使负荷的不确定范围缩小了,模糊梯形隶属函数考虑了这种“不确定性”,负荷一般变化在梯形隶属函数的两个端点 $\mu_t - \mu_t$ 和 $\mu_t + \mu_t$ 范围内,最大变化范围在 $\mu_t - 2.58 \mu_t$ 和 $\mu_t + 2.58 \mu_t$ 之间,所以最大限度的保证了本简化方法的合理性,并且在后文算例分析中也给予了检验。 l 类的简化模式分析如图 2 所示。

3 负荷模式获取的基础负荷信息

110/10 kV 变电站的 10 kV 馈线首端具有自动化量测,这是我国一种普遍的自动化配置。量测得



上方实线—实际负荷模式 上方虚线—简化负荷模式 下方实线— μ
图 2 简化负荷模式

Fig 2 Simplified load pattern

到的功率值是馈线下属各台变用户负荷的功率和,按照具有代表性的典型负荷模式来分配得到各台变用户的实时功率值,文献 [3]中已给出计算公式。此种方法如下信息被使用:

1) 分析第 i 个台变用户类型,可能是完善模式 $L(l)$ 中的一种或多种。选取 $L(l)$ 的模糊梯形隶属函数 $[\mu_{L(l),t} - 2.58 \sigma_{L(l),t}, \mu_{L(l),t} - \sigma_{L(l),t}, \mu_{L(l),t} + \sigma_{L(l),t}, \mu_{L(l),t} + 2.58 \sigma_{L(l),t}]$ 代表此馈线下属第 i 个台变,属于负荷模式 $L(l)$ 类的用户, t 时刻负荷变化规律。

2) 抄表得到第 i 个台变、负荷用户类型 $L(l)$ 的月耗电量 $W_{iL(l)}$ 。

3) 馈线首端量测某天各 t 时刻实时有功功率 P_o 和无功功率负荷 Q_o 。

4 算例分析

表 3 用户变容量

Tab 3 Consumer transformer capacity

用户	3	2	1
变压器容量 /kVA	1 200	630	400

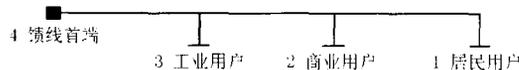


图 3 网络结构

Fig 3 Network structure

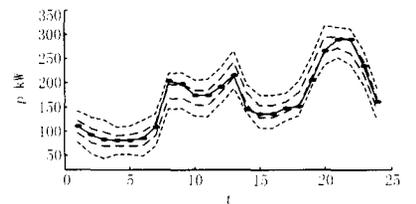
本文结合某地区的自动化量测负荷数据来构造算例,主要验证所提方法的核心思想:基于抄表策略的简化负荷模式的合理性。选择 3 个典型用户,使它们组成到一个如图 3 所示的“虚拟”配电网,网络的线路参数参考实际电网给定。累计 3 个典型用户 03-10-16 ~ 03-11-16 的功率数据和月电量,并根据每天的典型用户功率数据,依次解算本网络的潮流方程,得到馈线首端 03-10-16 ~ 03-11-16 每天有功、无功功率,来作为馈线首端自动化量测数据。选取月内某典型日 3 个用户轮廓特征点的实际功率数据,假设作为抄表得到的有功功率数据。在文中所

需数据都具备的条件下计算:

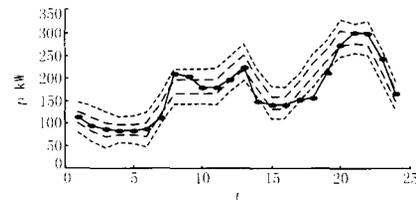
- 1) 一个月內 3 个用户的典型负荷模式的 μ 和 σ 。
- 2) 假设 1 居民用户无自动化量测,利用轮廓特征点信息来求得 1 居民用户简化负荷模式的 μ 和 σ 。

3) 选取 03-10-21 首端的自动化量测数据,按照 3 个用户的典型负荷模式分配得到 μ 和 σ 的实际值;图 4(a)是由 1 居民用户的 μ 和 σ 计算负荷变化的可能区间,并和实际负荷数据比较。

4) 选取同一天首端的自动化量测数据,按照 1 居民用户的简化负荷模式和 2、3 用户的典型负荷模式分配得到 μ 和 σ 的实际值;图 4(b)中是由 1 居民用户 μ 和 σ ,计算负荷变化的可能区间,并和实际负荷数据比较。



(a) 典型负荷模式



(b) 简化负荷模式

—— 实际负荷曲线 - - - $\mu - \sigma$ 和 $\mu + \sigma$
- - - - $\mu - 2.58\sigma$ 和 $\mu + 2.58\sigma$

图 4 用户 1 的实测负荷曲线和由简化模式、典型模式的估计负荷曲线区间对比图形

Fig 4 Comparison of actual load profile with estimated interval of load profile by simplified and typical load pattern

表 4 典型负荷模式统计

Tab 4 Statistics of typical load pattern

区间	时间点	百分比
$[\mu_t - 2.58 \sigma, \mu_t - \sigma]$	3	12.5%
$[\mu_t - \sigma, \mu_t + \sigma]$	19	79.17%
$[\mu_t + \sigma, \mu_t + 2.58 \sigma]$	2	8.33%
区间外	0	0

表 5 简化负荷模式统计

Tab 5 Statistics of simplified load pattern

区间	时间点	百分比
$[\mu_t - 2.58 \sigma, \mu_t - \sigma]$	2	8.33%
$[\mu_t - \sigma, \mu_t + \sigma]$	17	68%
$[\mu_t + \sigma, \mu_t + 2.58 \sigma]$	2	8.33%
区间外	3	12.5%

计算结果分析:

1) 只对用户有功功率进行了分析计算,无功计算思路与此相同。

2) 03-10-21 这天的计算结果具有代表性,统计结果如表 4 和表 5。实际量测负荷都分布在典型负荷模式求得负荷变化区间内,有 19 个时间点负荷在 $[\mu_-, \mu_+]$ 内变化,典型负荷模式具有合理性;而实际量测负荷有 3 个时间点变化在简化负荷模式求得的区间外,且多数为两个轮廓特征点之间的过渡负荷求得的区间出现的问题,轮廓特征点负荷求得的区间基本能满足。

3) 本文方法对于构造算例验证合理,那么对于实际自动化和无自动化负荷用户并存的配电网,就可以用本文方法得到的负荷模式来分配馈线首端量测,得到合理的用户负荷信息。

4) 从多个算例中发现,利用负荷模式来分配首端负荷总和,求得的实际 μ 和 σ 是相互关联的。如果一个用户的负荷模式描述的不准,会影响到其它用户负荷,特别是大负荷用户负荷模式分析的准确性是很重要的,但庆幸的是大负荷用户一般能满足自动化量测信息全面而且基数大、统计性强的特性。

5) 对于简化负荷模式分析,由于过渡次要负荷模式是利用合理的简化方法求得,所以难免出现误差偏大。但在多个算例计算中发现,轮廓特征点具有抄表量测数据信息,所以可以把轮廓特征点负荷持续的时间段延长些,而相对来缩短过渡次要负荷的时间段,这样能更有利于准确地描述简化负荷模式。

6) 此方法在实际操作中,抄表的表计误差会影响轮廓特征点信息的准确性;同时简化负荷模式的准确性还取决于运行人员对用户的轮廓特征点信息掌握的程度,如出现的时间,持续多少时间最为恰当。

5 结论

本文提出的基于抄表策略的配电网负荷模式分析方法,能够结合我国配电网自动化实际配置,为配电网的运行管理提供基础负荷信息。构造的实际算例证明了本方法的有效性和合理性。

参考文献:

[1] 毛传洲,周英树. 城市配电系统自动化的规划[J]. 电网技术, 2001, 25(7): 72-76
MAO Chuan-zhou, ZHOU Ying-shu. Planning of Urban Distribution Automation[J]. Power System Technology,

2001, 25(7): 72-76

- [2] Seppala A. Statistical Distribution of Customer Load Profiles[A]. International Conference on Energy Management and Power Delivery. 1995. 696-701.
- [3] Chang R F, Leou R C, Lu C N. Distribution Transformers Load Modeling Using Load Research Data[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2002, 17(2): 655-661.
- [4] Chen C S, Hwang J C, Huang C W. Application of Load Survey Systems to Proper Tariff Design[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1997, 12(4): 1746-1751.
- [5] Lubkeman D L, Zhang J Z, et al. Field Results for a Distribution Circuit State Estimator Implementation[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2000, 15(1): 399-406.
- [6] 王成山,王守相. 基于区间算法的配电网三相潮流计算及算例分析[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(3): 58-62
WANG Cheng-shan, WANG Shou-xiang. Distribution Three-phase Power Flow Based on Interval Algorithm and Test Results[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(3): 58-62.
- [7] 王守相,王成山. 基于模糊区间算法的配电网潮流计算[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(20): 19-23
WANG Shou-xiang, WANG Cheng-shan. Fuzzy Interval Based Computation of Power Flow in Distribution Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(20): 19-23.
- [8] 于尔铿,刘广一,王明俊. 配电系统自动化及其发展(四)——配电管理系统的应用软件[J]. 电网技术, 1996, 20(10): 55-58
YU Er-keng, LU Guang-yi, WANG Ming-jun. Distribution Automation and Developing——Application Software for Distribution Management System[J]. Power System Technology, 1996, 20(10): 55-58.
- [9] 边肇祺,张学工. 模式识别[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
BIAN Zhao-qi, ZHANG Xue-gong. Pattern Recognition[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.
- [10] 盛骤,谢式千,等. 概率论与数理统计[M]. 北京:高等教育出版社, 2001.
SHENG Zhou, XIE Shi-qian, et al. Probability and Mathematical Statistics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001.
- [11] 李安贵,张志宏,等. 模糊数学及其应用[M]. 北京:冶金工业出版社, 2000.
LI An-gui, ZHANG Zhi-hong, et al. Fuzzy Mathematics and Application[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2000.

(下转第 23 页 continued on page 23)

- tion of GPS Synchronized Clock to Power System Transient Stability Predict and Control[J]. Automation of Electric Power Systems, 1998, 22(6): 11-13.
- [3] Karady G G, Daoud A A, Mohamed M A. On-line Transient Stability Enhancement Using Multi-agent Technique [A]. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting 2002. 893-899.
- [4] Mazar E, Averbuch A, Bar-Shalom Y, et al. Interacting Multiple Model Methods in Target Tracking: A Survey [J]. IEEE Trans on Aerospace and Electronic Systems, 1998, 34(1): 103-123.
- [5] 周宏仁, 敬忠良, 王培德. 机动目标跟踪 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1991.
ZHOU Hong-ren, JNG Zhong-liang, WANG Pei-de. Tracking of Maneuvering Targets[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1991.
- [6] 敬忠良. 神经网络跟踪理论及应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
JNG Zhong-liang. Neural Network-based Tracking Theory and Application[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1995.

收稿日期: 2004-06-22; 修回日期: 2004-07-22

作者简介:

赵庆生 (1969 -), 男, 博士研究生, 研究方向为电力系统稳定及控制; E-mail: zhaogs1996@sohu.com

刘 笙 (1933 -), 男, 教授, IEEE高级会员, 研究方向为电力系统稳定及控制;

陈 陈 (1938 -), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统稳定及控制。

Application of interacting multiple model algorithm in power system transient stability prediction

ZHAO Qing-sheng, LU Sheng, CHEN Chen

(Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Power angle trajectory is related to the faulted position. According to the characteristic, a new interacting multiple model (MM) adaptive tracking algorithm to predict transient stability is presented. In this algorithm, "current" statistical model, constant acceleration model and constant velocity model are running in parallel, the angle trajectory prediction is the result of interaction of these models. Detailed description of the MM algorithm is also given. The effectiveness of the proposed algorithm is shown by simulation results.

Key words: transient stability; interacting multiple model; tracking and prediction

(上接第 19 页 continued from page 19)

收稿日期: 2004-06-24

作者简介:

陈得治 (1974 -), 男, 博士研究生, 研究方向为配电网

负荷模式及运行管理分析; E-mail: dezhic@bjxj-xjgc.com

郭志忠 (1961 -), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统分析与控制、电力市场、光电互感器、数字化电力系统等。

Load pattern analysis in distribution system based on meter reading strategy

CHEN De-zhi¹, GUO Zhi-zhong^{1,2}

(1. Dept of Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. XJ Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China)

Abstract: To solve problem of load analysis in distribution system which is characterized by the coexistence of automation and non-automation, this paper presents a load pattern analysis method in distribution system based on meter reading strategy. The typical load pattern and operator's experience are combined to improve conventional approach of meter reading for accumulating the information on characteristic point of load profile of non-automation measurement consumer. Analyzing and processing the gained information, this paper proposes an establishing method of simplified load pattern. Moreover, the multiple-unit fuzzy pattern recognition is employed to complete load pattern. Finally, the complete load pattern, load data collected by automation measurement at the head of feeder and monthly consumption are combined to compute the basic load information for the management and operation of distribution system. The case results indicate that the load information expressed as range of load variety can basically meet the operation demand. The method proposed in this paper has the practicability in present distribution systems in China.

Key words: typical load pattern; meter reading; simplified load pattern; fuzzy pattern recognition; distribution system