

智能配电网自我认知过程^①

宋 雨, 马 林

(华北电力大学(保定) 控制与计算机工程学院, 保定 071003)

摘 要: 根据电力系统所面临的挑战, 智能电网的智能配电网是智能电网发展的重要方面. 对智能电网的研究, 主要的是如何让电网具有智能. 通过将结构主义、功能主义和行为主义三种方法和谐统一的“机制主义”及人类智能系统模型, 完成对“信息→知识→智能”转换过程, 把它们统一起来成为完整的人类认知过程, 解析和定义智能配电网信息及其转换和自我认知过程. 在人类智能系统模型下, 重新解释 DFSM 及其智能系统对智能配电网的重要意义, 使得智能配电网在经过自我认知过程后, 能够更加方便的对整体和部分进行有效的仿真和模拟, 在长期的认知过程循环中逐步建立智能配电网的知识库和策略库, 作为智能配电网具有智能化的基础, 最终使得智能配电网具有拟人特性和管理、协调、控制、优化、维护自身和被控对象.

关键词: 人类智能; 智能配电网; DFSM; 信息转换; 自我认知

Self-Cognitive Process Studies of Smart Distribution Grid

SONG Yu, MA Lin

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: According to the challenges faced by the electric power system, and Smart distribution grid is an important aspect of smart grid development. The study of smart grid, the most important is how to make the grid intelligent. Through “Mechanism” and human intelligence system model of three ways of structuralism, functionalism and behaviorism are harmony and unity, complete “information→ knowledge→ intelligence” conversion process, and they unite to became full human cognitive processes, analytical and definition of Smart distribution grid information and its conversion and self-cognitive process. Through human intelligence system model, it can re-interpret the significance of the DFSM and its intelligent system for Smart distribution grid. The Smart distribution grid after a course of self-cognitive; it can be more convenient to carry out effective simulation and modeling of whole and part, gradually establish knowledge and strategy library of the Smart distribution grid in the long-term cognitive process cycles, as a basis for Smart distribution grid have intelligent, and ultimately makes the smart distribution grid with anthropomorphic features and management, coordination, control, optimization, maintain their own and the controlled object.

Key words: human intelligence; smart distribution grid; DFSM; convert information; self-cognitive

1 引言

进入 21 世纪, 人类社会从电气化开始走向信息化和智能化, 加之社会发展的步伐加快, 使得作为电气化基础的电力系统面临着越来越多的挑战^[1]. “智能电网”已经成为这个未来电力网络的普遍用词^[2]. 智能电网中, 智能配电网已成为主要研究领域.

人们从结构、功能和行为等不同方面对人类智能

进行模拟和研究, 形成了结构主义、功能主义和行为主义三大理论体系. 对于智能系统来说, 真正能解释系统本质的应当是系统的“工作机制”, 于是, 产生了“结构、功能、行为”和谐统一的机制主义方法^[3].

本文主要从机制主出发, 探索智能配电网的“信息→知识→智能”的转换过程, 完成智能配电网信息转换理论研究工作, 建立智能配电网认知模型, 并对

^① 收稿时间:2012-10-16;收到修改稿时间:2012-11-25

相关部分进行阐述说明, 以便于后期的研究工作. 通过智能配电网自我认知过程, 使其能够具有拟人特性, 不仅管理、控制被控对象, 而且还管理、协调、控制、优化和维护自身; 使智能配电网及其子系统是结构灵活, 软硬件可以重组, 灵活多变的系统, 能够适应外界条件变化和自身情况变化.

2 信息转换模型

由于智能问题的高度复杂性, 也由于受到“分而治之”传统方法的影响, 人们分别从智能系统的结构、功能和行为 3 个不同的侧面对智能问题进行长期的考察和研究^[4]. 图 1 是人类智能系统模型, 它是用现代科学技术的理论和方法理解和扩展人类智力系统的能力的构成及其相应的技术模型, 也是“机制主义”框架模型.

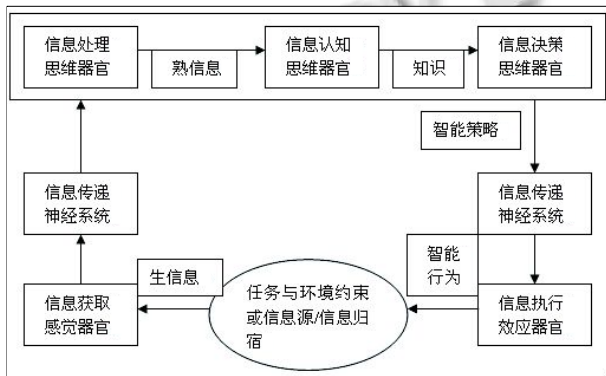


图 1 人类智能系统模型

人类认识世界和优化世界的过程包括^[5]: 通过感觉器官获取外部世界的相关本体论信息, 把它转换为认识论信息; 通过神经网络传递给思维器官, 后者把认识论信息加工成为关于外部世界的相关知识, 实现认知; 在此基础上针对问题和目标形成求解问题的智能策略, 做出决策; 再通过神经网络传递给效应器官, 后者把智能策略转换为相应的智能行为, 作用于外部世界, 解决问题, 满足约束, 达到目的.

3 智能配电网的自我认知

3.1 智能配电网及其信息转换

智能配电网是基于高速、双向, 完全集成的通信网络的智能化现代配电网, 使用数字信息和控制; 电网操作和研究的动态优化; 发展和整合分布式能源; 特别是可再生能源; 发展和使用需求反应; 发展计量、通信和自动化的智能技术; 集成的“智能”家电和消费

电子设备; 调峰技术的使用, 包括先进的存储技术; 为消费者提供及时的信息; 发展通信标准和智能设备的互连; 通过“智能”电网, 识别和降低潜在的故障^[6-8, 10, 11].

基于文献[3-5]中的本体论信息和认识论信息, 智能配电网既可作为客体, 又可作为主体. 根据人类智能模型的相关定义, 智能配电网中相关定义如下.

定义 1. 本体论信息 I_{SO}

假设智能配电网 X 有 n 种运动状态 x_1, \dots, x_n , 其中 $x_i (1 \leq i \leq n)$ 表示智能配电网的特征、功能或交互信息. 由于在智能配电网的各个部分中不可能具有全部的特征和功能, 所以运动状态变化 P_S 的概率分布为 $\{p(x_i) | x_i \in X, 1 \leq i \leq n\}$, 对应智能配电网特征变化概率分布和功能变化概率分布. 则智能配电网本体论信息 I_{SO} 表述为:

$$I_{SO} = (X, P_S) \quad (1)$$

定义 2. 认识论信息 I_{Se}

假设智能配电网 X 有 n 个运动状态, 设 n 个运动状态变化方式的肯定度 C_S 为 $\{c(x_i) | x_i \in X, 1 \leq i \leq n\}$, n 个状态的逻辑真实度 T_S 为 $\{t(x_i) | x_i \in X, 1 \leq i \leq n\}$, 且 n 个状态对智能配电网目的所显现的效用度 U_S 为 $\{u(x_i) | x_i \in X, 1 \leq i \leq n\}$, 则认识论信息 I_{Se} 的表述为:

$$I_{Se} = (X, C_S, T_S, U_S) \quad (2)$$

定义 3. 智能配电网知识 K_S

定义智能配电网中的知识 K_S 可以通过归纳算法转变认识论信息或本体论信息而得到:

$$K_S \Leftarrow \cap I\{I_{Se}\} \text{ 或 } K_S = \cap I\{I_{SO}\} \quad (3)$$

其中 \cap 表示某种归纳算符, 要视具体情况而定, 例如, 可以采用人工神经网络算法通过样本训练获得智能配电网经验性知识, 在复杂情况下可能需要多层嵌套; $\{I_{Se}\}$ 是认识论信息的样本集; $\{I_{SO}\}$ 是 K_S 是由 $\{I_{Se}\}$ 归纳得到的知识.

定义 4. 策略(信息决策)

为了把知识转换为求解问题的策略信息 I_S , 假设配电网具体的问题为 D 、问题的约束条件或环境限制为 E 、求解问题的目标为 O . 若 S 表示求解问题的策略控件或控制功能, K_S 表示已经具备的知识, 则策略(信息决策)过程就可以表示为如下的映射关系:

$$I_S : (D, E, O; K_S) \rightarrow S \quad (4)$$

智能配电网中的信息决策或策略映射关系, 必须依据具体的问题和知识性质的不同而进行选择. 例如,

对于经验性知识, 可以通过人工神经网络的工作机理完成知识-策略的映射.

通过上述定义, 无论是智能配电网整体还是其各个子系统或功能块均可以进行系统研究, 详细了解它们的各种信息, 对信息进行抽取、提炼、传递、加工转换为智能配电网自身具有的知识. 然后运用这些知识生成能够解决问题和实现目标的策略, 并转换为智能行为进行实施. 经过长期循环, 可形成智能配电网知识库和策略库, 以便于智能配电网能够具有拟人特性, 达到智能化和管理、协调、控制、优化、维护被控对象和自身.

3.2 智能配电网认知

3.2.1 认知模型

根据人类智能系统模型, 本文提出智能配电网认知模型, 如图 2 所示. 图 3 是文献[13]中作者通过国内外对智能配电网的研究, 搭建的智能配电网结构图, 有三个层次: 主站层、子站层和终端层. 结合智能配电网结构图分析和阐述智能配电网的认知过程.

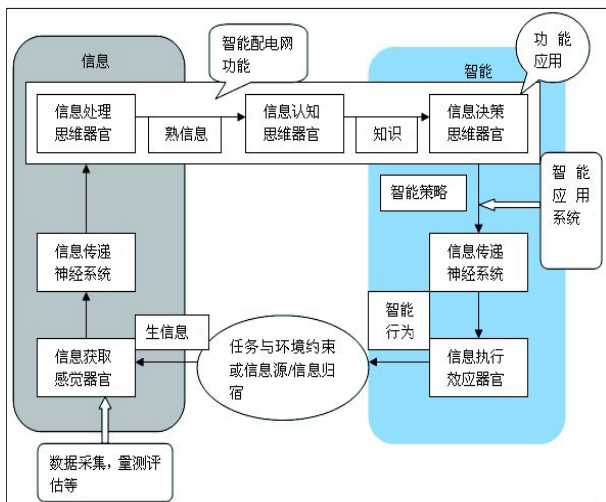


图 2 智能配电网认知模型

图 2 中信息获取过程是由智能配电网中高级智能计量系统, 供应侧到需求侧的传感器及其它基础设备进行采集. 自我认知过起始于状态估计, 可以包括 DFSM 中的各种功能及过程或是研究智能电网过程中的方法、算法或程序实现. 在研究的基础上实现与组合的智能电网各个子系统或软件均可视为是建立和产生智能策略的过程.

3.2.2 认知过程

由图 2 和图 3 中显示无论是主站层, 子站层还是终

端层都必须以信息和信息交换与信息传输等信息技术作为基础. 在智能配电网中高级智能计量系统, 供应侧到需求侧的传感器及其它基础设备进行数据采集. 采集的数据连同智能配电网的特性和功能一起组成本体论信息, 即生信息. 在采集过程中智能配电网必须具备良好的传感器件和技术, 高级传感技术是智能配电网关键技术的重要组成部分. 主要包括分布式计算, 计算和控制技术, 数据传输技术, 中间件技术和物联网技术.

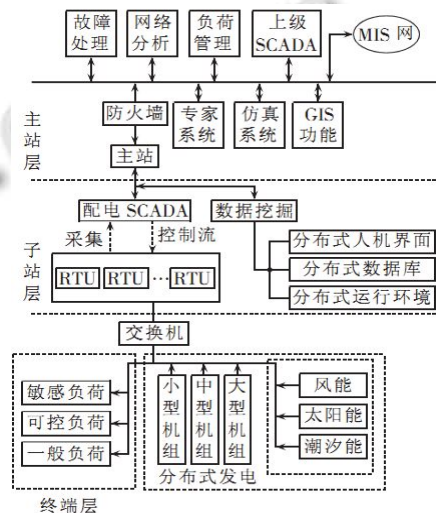


图 3 智能配电网结构图

智能配电网自我认知过程中的每一个环节都是重要的. 在进行信息采集之后, 应当能够向整个系统各个子系统和功能模块传递信息和进行它们之间的信息交互. 这时就需要智能配电网具有信息传递的功能. 如图 3 中, 主站与子站, 子站与终端之间需要进行命令下发和指令反馈. 在主站层, 子站层, 终端层内部各个功能之间以及某些与外界接触的功能和外部环境之间都需要进行信息交互. 基于此要求信息传递的功能不仅仅覆盖整个智能配电网, 而且应当覆盖与配电网有关联的外部环境, 例如用户侧.

具有思维功能的思维器官操作智能配电网从本体论信息(生信息)中抽取有益于自身的信息处理过程. 这一过程是系统完成信息向知识转换的重要过程, 也是完成“信息→知识→智能”转换机制的关键部分. 图 3 中, 主站层的故障处理中对故障的查找和定位, 网络分析中实时数据的筛选; 子站层中的数据挖掘, 控制流信息处理等等都能够成为思维器官对信息处理的范畴. 思维器官进行信息处理后将无用于系统或功能的信息过滤, 并添加通过对某些配电系统或功能运行方式或运

动状态的信息,形成认识论信息(熟信息)。

熟信息经过故障处理,网络分析,负荷管理等功能加载之后形成知识,且这一过程也是智能配电网的自我认知过程,能够分析和发现运行过程中的相关问题和优化策略。上文提出 DFSM 是智能配电网研究的重要部分,它具有电网运行优化、预测分析、故障的定位及恢复、网络重构、电压和无功控制等一系列的功能,并能实现成为实时分析软件组成的分布式智能系统。在上述功能的设计,实现和处理过程中逐步形成相对应的知识,也能对相关问题进行研究。经过长期的循环运行和不同问题相应产生的知识如果能够形成相应的知识库和策略库,则通过人工智能搜索算法,进行高效,快速的搜索与匹配,对提高系统整体的运行方式、负荷情况、配网自动化及相关事故预案、自动选择处理方式等具有重要的意义。

通过上述功能设计,实现和处理过程,形成具有实时性的分布式智能系统,如图 3 中专家系统, GIS 功能,分布式数据库,分布式运行环境等。在开发可部署智能应用系统后还要进行信息执行,即产生智能行为。信息执行的具体任务是根据策略信息的表述产生相应的行为。

4 验证分析

本文以 DFSM 部分功能为例分析自我认知过程。首先在配电网中系统的量测不足,经常利用负荷预测数据作为伪测量,作为信息获取。基于支路电流的配电网三相状态估计算法说明自我认知过程。算法主要步骤如图 4。

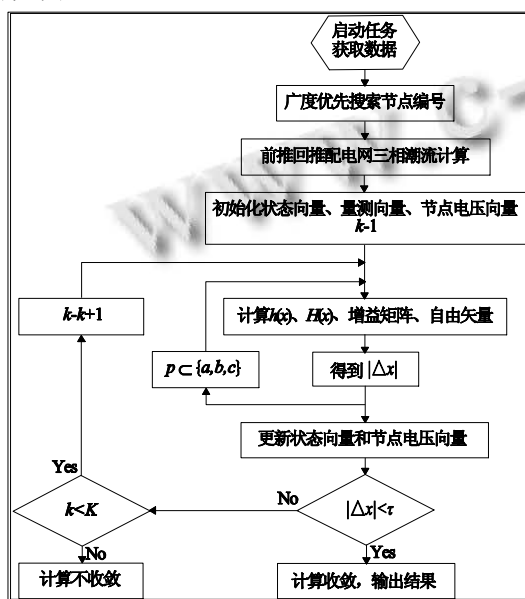


图 4 算法主要步骤

图 5 是以 DFSM 部分功能为例说明认知过程。

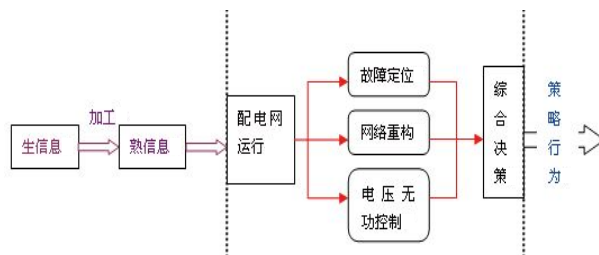


图 5 DFSM 与自我认知模型

5 结语

在智能电网发展的大背景下,本文通过人类智能发展过程中的结构主义、功能主义、行为主义的和谐统一,“机制主义”对智能配电网信息模型转换及自我认知过程进行分析。通过人类智能系统模型模拟智能配电网模型,阐述智能电网具备智能的条件“信息→知识→智能”转换机制,强调 DFSM 对配电网产生智能的重要性,并对智能配电网认知模型相应的部分进行分析。到达智能配电网能够安全,可靠,稳定运行,并且有利于对不可视,不可摸和不可入危险场所的仿真。信息转换应当是基于全信息的信息转换,由于全信息的研究和应用并不成熟,基于全信息的信息转换是个需要解决的问题。

参考文献

- 1 Taqqali WM, Abdulaziz N. Smart grid and demand response technology. Energy Conference and Exhibition, 2010 IEEE International. 2010: 710-715.
- 2 Sooriyabandara M, Ekanayake J. Smart grid- technologies for its realisation. 2010 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET). 2010: 1-4.
- 3 钟义信. 人工智能理论:从分离到统一的奥秘. 北京邮电大学学报, 2006, 29(3).
- 4 钟义信. 高等智能·机制主义·信息转换. 北京邮电大学学报, 2010, 33(1).
- 5 钟义信. 知行学引论——信息 知识 智能的统一原理. 中国工程科学, 2004, 6(6).
- 6 Brown HE, Suryanarayanan S. A survey seeking a definition of a smart distribution system. North American Power Symposium (NAPS). 2009: 1-7.

(下转第 69 页)

包括指令系统自检, RAM 的自检, 接口及总线的自检, 更应该对存储载体的每个单元的功能是否正常进行检测, 如果某个单元异常, 则应通过软件技术进行异常单元回避, 来保证信息存储精确性, 确保信息完整不丢失。

3 嵌入式信息存储系统的方案特点

传统的嵌入式信息存储系统方案, 重在解决由于系统复杂性的增加和存储容量加大后产生的数据存储和管理问题。如何高效地存储和管理数据, 方便快捷地实现数据的修改和存储容量扩展问题等是已有方案重点解决的问题, 而本方案是在已有方案的基础上进一步提出了高可靠, 解决多功能信息的融合以及存储信息的多模式回放问题。

在工业控制领域嵌入式计算机所处的环境恶劣、电噪声干扰大, 系统运行的稳定性受到严重影响, 可靠性已成为衡量嵌入式系统优劣的重要因素。因此, 可靠性要贯穿在系统设计的整个阶段。方案中采用 Sip 计算机模块做为处理中心, 由于它具有集成度高、构成系统所用的分立元器件少的特点, 可使系统的可靠性提高。数据存储的可靠性也是系统可靠性的一个重要保证, 系统采用加强电源稳定性, 提供掉电故障模式的软件保护, 引入文件系统完成数据的存储和管理功能等措施, 进一步增强系统的可靠性。

信息回放模块亦是本方案的一个特点, 重在解决多功能信息的融合以及存储信息的多模式回放问题。

已有的信息存储方案中重在解决信息的存储, 对于信息回放多未提及。本方案所设计的系统主要面向工业控制领域中的应用, 设备运行现场多处于无人看守状态, 通过对信息的回放可准确定位系统的工作状态, 不同的回放模式可满足不同的应用需求。实时回放可准确无误的实时监督系统的工作状态, 定时回放则适合解决需定时查看系统工作状态, 事后回放可为前两种回放提供补充, 确保系统的工作一直处于监管的状态下。

4 结语

本文主要内容是提出了一种信息存储系统的嵌入式解决方案, 并介绍了该解决方案所涉及的体系结构、功能模块的构成和它们之间的关系, 重点强调了各模块设计中应考虑的问题及解决途径, 为工业控制系统领域和航天领域的信息存储提供可选的方案。

参考文献

- 1 徐勤建, 梁媛, 张朝晖. 随机脉冲信号采集卡的设计. 电子设计工程, 2001, 18(7): 135-138.
- 2 李伯成. 单片机及嵌入式系统. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2008. 68-83.
- 3 郑文静, 李明强, 舒继武. Flash 存储技术. 计算机研究与发展, 2010, 47(4): 716-726.
- 4 阎石. 数字电子技术基础. 北京: 高等教育出版社, 1998. 369-375.
- 5 Hooper E. Strategic and Intelligent Smart Grid Systems Engineering. 2010 International Conference on Internet Technology and Secured Transaction. 2010: 1-6.
- 6 Zou QM, Qin LJ. Integrated Communications in Smart Distribution Grid. 2010 International Conference on Power System Technology (POWERCON). 2010: 1-6.
- 7 宋莉莉. 基于 SOA 的建模与仿真框架及仿真服务发现技术研究. 国防科技大学, 2009.
- 8 Wong J, Vargas A, Chadha K, Devdas A, Lin C, Kuyee J. Integrated Design and Implementation of Toronto's Smart Distribution Grid. 2010 First IEEE Internet Conference on Smart Grid Communication (SmartGridComm). 2010: 455-460.
- 9 Calderaro V, Galdi V, Piccolo A, Siano P. Improving Reliability System by Optimal Sectionalizer Placement in Smart Distribution Grid. 2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE). 2010: 2530-2536.
- 10 秦立军, 马其燕. 智能配电网及其关键技术, 2010.
- 11 李勋, 龚庆武, 胡元潮, 等. 智能配电网体系探讨. 电力自动化设备, 2011, 31(8): 108-111.

(上接第 8 页)

- 7 Hooper E. Strategic and Intelligent Smart Grid Systems Engineering. 2010 International Conference on Internet Technology and Secured Transaction. 2010: 1-6.
- 8 Zou QM, Qin LJ. Integrated Communications in Smart Distribution Grid. 2010 International Conference on Power System Technology (POWERCON). 2010: 1-6.
- 9 宋莉莉. 基于 SOA 的建模与仿真框架及仿真服务发现技术研究. 国防科技大学, 2009.
- 10 Wong J, Vargas A, Chadha K, Devdas A, Lin C, Kuyee J. Integrated Design and Implementation of Toronto's Smart