

文章编号:1671-251X(2012)11-0030-07

韦晓广,陈奎.基于人工蜂群算法的电网故障诊断[J].工矿自动化,2012(11):30-36.

## 基于人工蜂群算法的电网故障诊断

韦晓广, 陈奎

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:**针对电网故障诊断中的0-1规划问题,从代数和几何角度优化了人工蜂群算法。仿真结果表明,人工蜂群算法具有可行性和合理性,并且综合性能显著优于传统的遗传算法;在两种人工蜂群算法中,基于几何思想的人工蜂群算法具有更好的稳定性和搜索能力,更加适用于对稳定性和精准度要求很高的场合。

**关键词:**电网故障诊断;人工蜂群算法;代数方法;几何方法;算法优化;0-1规划

中图分类号:TD611 文献标志码:A 网络出版时间:2012-11-01 14:42

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20121101.1442.010.html>

Fault Diagnosis of Power Network Based on Artificial Bee Colony Algorithm

WEI Xiao-guang, CHEN Kui

(School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

**Abstract:**In order to solve 0-1 programming problem in fault diagnosis of power network, the paper proposed optimization methods of artificial bee colony algorithm from aspects of algebra and geometry. The simulation results show that the artificial bee colony algorithm is feasible and reasonable, and the overall performance is significantly superior to traditional genetic algorithms; artificial bee colony algorithm based on geometric has better stability and search capabilities than the algorithm based on algebraic, and is more suitable for occasions with high stability and accuracy requirements.

**Key words:** fault diagnosis of power network, artificial bee colony algorithm, algebra method, geometry method, algorithm optimization, 0-1 programming

### 0 引言

电网故障诊断即利用保护和断路器的动作信息识别发生故障的元件和误动作的保护与断路器,找出最能解释警报信号的故障假说。目前国内外已提

出多种故障诊断方法,如逻辑处理方法<sup>[1]</sup>、专家系统<sup>[2]</sup>、粗糙集<sup>[3]</sup>和Petri网络<sup>[4]</sup>等。其中专家系统难以获取完备的知识库,无学习能力,并且容错性较差。Petri网络建模时间长,模型重用性差,对网络结构依赖性较大。近年来,智能仿生算法得到了较

收稿日期:2012-08-16

作者简介:韦晓广(1988-),男,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向为人工智能在电力系统中的应用。E-mail:wei\_xiaoguang@yahoo.cn

### 参考文献:

- [1] 郝宏昭.六辊可逆冷轧机整流变压器谐波电流分析计算[J].冶金自动化,2009,33(1):57-59.
- [2] 严飞. SVC在攀钢轨梁厂万能轧机上的应用[J].冶金自动化,2010,34(4):47-49.
- [3] 周雪峰.基于FFT算法的电网谐波检测方法[J].工矿自动化,2012,38(3):38-40.

- [4] 汤赐,罗安,范瑞祥,等.新型注入式混合有源滤波器应用中的问题[J].中国电机工程学报,2008,28(18):47-53.
- [5] 武健,何娜,徐殿国.并联混合有源滤波器复合控制策略[J].电力自动化设备,2009,29(3):97-100.
- [6] 王军飞,赵国生,白蓉.一种新型的基于磁通补偿的并联混合型有源电力滤波器[J].电力系统保护与控制,2008,36(13):37-42.

大发展,由于其具有通用性强、对复杂问题的处理能力极强等特点,且本质上属于数值计算,非常适用于复杂工程问题的求解,因此把智能仿生算法<sup>[5]</sup>引入电力系统故障诊断中具有重要意义。智能仿生算法中,人工神经网络<sup>[6]</sup>和遗传算法<sup>[7]</sup>在电力系统故障诊断中的应用已趋于成熟,量子免疫算法<sup>[8]</sup>和二进制群智能算法<sup>[9]</sup>等也在故障诊断中取得了一定进展,当然这些方法在故障诊断应用中也存在一些问题<sup>[10]</sup>。人工神经网络的主要问题是其性能取决于样本是否完备,而要获取大型电力系统的完备样本集非常困难;与复合数据库交互的功能较弱;不擅长处理启发式的知识;不能确定如何保证人工神经网络训练时收敛的快速性和避免陷入局部最小,缺乏解释自身行为和输出结果的能力。虽然遗传算法具有鲁棒性较强等特点,但是在保护、断路器误动作的情况下,可能出现多个最优解的结果。

人工蜂群(Artificial Bee Colony, ABC)算法是Karaboga等人<sup>[11]</sup>提出的一种模拟蜜蜂群智能采蜜行为的群集智能随机优化算法。由于算法简单,鲁棒性强,目前国内许多学者对该算法进行了改进,如引入遗传交叉因子<sup>[12]</sup>、混沌搜索策略<sup>[13]</sup>、反向学习的变异策略<sup>[14]</sup>以及与其他智能算法混合<sup>[15]</sup>的人工蜂群算法。本文从代数(数值)和几何(图)角度出发,提出了两种优化的人工蜂群算法,用于解决电网故障诊断中的0-1规划问题<sup>[16]</sup>,为电网故障诊断提供了一种新的解决手段。

## 1 电网故障诊断优化模型

基于优化模型的电网故障诊断的基本思想是根据故障元件和保护、开关动作之间的逻辑关系,引入目标函数,从而把故障诊断问题转换成0-1规划问题,然后根据优化算法找出最能解释警报信号的故障假说。根据参考文献<sup>[17]</sup>,可将电网故障诊断问题表示为使式(1)所示的目标函数最小化问题。

$$E(S) = \sum_{k=1}^{n_r} |r_k - r_k^*(S)| + \sum_{j=1}^{n_c} |c_j - c_j^*(S, R)| \quad (1)$$

式中: $S$ 为 $n$ 维向量,表示系统中元件的状态( $n$ 为系统中元件的数目), $S_i=0$ 表示第 $i$ 个元件为正常状态, $S_i=1$ 表示第 $i$ 个元件为故障状态; $n_r$ 为保护总数目; $n_c$ 为断路器总数目; $r_k$ 为 $R$ 中的第 $k$ 个元素,表示第 $k$ 个保护的实际情况(未动作状态或动作状态),其中 $R$ 为 $n_r$ 维向量,表示 $n_r$ 个保护的实际情况; $r_k^*(S)$ 为 $R^*(S)$ 中的第 $k$ 个元素,表示第 $k$ 个

保护的期望状态,如果第 $k$ 个保护应该动作,则 $r_k^*(S)=1$ ,否则 $r_k^*(S)=0$ , $R^*(S)$ 为 $n_r$ 维向量,表示 $n_r$ 个保护期望状态, $R^*(S)$ 的值由 $S$ 的状态决定; $c_j$ 为 $C$ 中的第 $j$ 个元素,表示第 $j$ 个断路器的实际状态, $c_j=0$ 表示第 $j$ 个断路器处于未跳闸状态, $c_j=1$ 表示第 $j$ 个断路器处于跳闸状态, $C$ 为 $n_c$ 维向量,表示 $n_c$ 个断路器的实际状态; $c_j^*(S, R)$ 为 $C^*(S, R)$ 中的第 $j$ 个元素,表示第 $j$ 个断路器的期望状态,如果第 $j$ 个断路器应该跳闸,则 $c_j^*(S, R)=1$ ,否则 $c_j^*(S, R)=0$ , $C^*(S, R)$ 为 $n_c$ 维向量,表示 $n_c$ 个断路器的期望状态, $C^*(S, R)$ 的值由 $S$ 和 $R$ 的状态决定。

## 2 基于ABC算法的电网故障诊断

ABC算法是建立在蜜蜂自组织模型和群体智能基础上的一种优化算法。在模型中,虽然各社会阶层的蜜蜂只能完成单一的任务,但是蜜蜂通过摇摆舞、气味等信息交流方式,使得整个蜂群可以协同完成采集花粉等工作。为了协同完成采蜜的工作,将人工蜂群分为引领蜂、跟随蜂和侦察蜂3类。引领蜂具有使食物源保持优良的作用,跟随蜂根据蜜源质量选择食物源,侦察蜂为避免蜜源种类过少,随机搜索新的食物源。蜂群寻找食物源的过程就是寻找优化问题最优解的过程,而食物源就是优化问题解空间的点。食物源的质量对应优化问题的适应度,适应度值高的食物源质量较优。笔者根据电网故障诊断的0-1规划特点,分别从代数<sup>[16]</sup>和几何<sup>[9]</sup>两个角度建立ABC算法。

### 2.1 基于代数思想的ABC算法

#### 2.1.1 算法原理

基于代数思想的ABC(1-ABC)算法从数值角度出发,把状态向量看作空间内的一个解(数值),并通过该解向外发散寻找另一个解。

假设在 $D$ 维的搜索空间中,由 $N$ 个蜜蜂组成蜂群,第 $i$ 个食物源所在位置为 $X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ ,其中 $i=1, 2, \dots, N, x_{ij}(j=1, 2, \dots, D) \in \{0, 1\}$ 。蜜蜂当前所在位置的蜜源质量(目标函数适应值)为 $Y=fit$ 。开始时所有蜜蜂都为侦察蜂,随机生成 $N$ 个蜜源。对蜜源质量进行排名,根据排名情况确定各蜜蜂的类型,从而进入采蜜阶段。

首先,引领蜂对搜索到的蜜源质量进行排名,并把排名信息传递给跟随蜂。在跟随阶段,跟随蜂根据蜜源的质量、以一定的概率 $P_k$ 选择食物源,质量越高的食物源被选择的概率越大。采用转盘式选择

方法计算概率,计算式为

$$fit(k) = \frac{1}{E_k(S)} \quad (2)$$

$$P_k = \frac{fit(k)}{\sum_{i=1}^M fit(i)} \quad (3)$$

式中:  $fit(k)$ 表示第  $k$  只引领蜂搜索到的蜜源质量;  $M$  表示引领蜂的个数。

跟随蜂  $P$  选中食物源  $X_i$  后,在食物源邻域可视范围内通过式(4)生成一个新的食物源。在侦查阶段,侦察蜂随机搜索新的食物源。为了控制某个蜜蜂连续成为引领蜂,保证解的多样性,设置参数  $limit$ ,当连续成为引领蜂  $limit$  次之后,引领蜂将转变成侦察蜂。

$$x_{ip/next} = \begin{cases} -x_{ip}, & \text{在 } X_i \text{ 中随机选择} \\ & l \text{ 个位置上的元素} \\ x_{ip}, & \text{其余元素} \end{cases} \quad (4)$$

### 2.1.2 算法步骤

程序初始化。

输入:从电网故障诊断系统中读取开关跳闸信息、保护动作信息、设备及其连接信息,按照式(1)形成适应度评价函数。

蜂群初始化:确定蜜蜂种群数,初始时刻所有蜜蜂都为侦察蜂,确定所有侦察蜂搜索的蜜源位置。

(1) 设变量  $k=1$ 。

(2) while( $k \leq gen$ ),其中  $gen$  为最大迭代次数。

(3) 确定蜜蜂类型:根据式(1)对蜜蜂搜索到的蜜源质量进行排名,排名靠前的为引领蜂,排名一般的为跟随蜂,排名较差的为侦察蜂。

(4) 跟随蜂采蜜:跟随蜂按式(2)、(3)选择引领蜂所在的蜜源进行采蜜,并根据式(4)在蜜源附近的区域寻找新的蜜源。

(5) 侦察蜂采蜜:侦察蜂随机搜索新的蜜源进行采蜜。

(6) if( $i \geq limit$ )。

(7) 引领蜂变成侦察蜂搜索新的蜜源,跳转至步骤(5)执行。

(8)  $S_{best} \leftarrow$  保存质量最好的蜜源。

(9)  $k++$ 。

(10) End while。

输出:输出为全局质量最优的蜜源  $S_{best}$ ,即对应电网各元件状态。若某位置值为 1,则表明对应的元件故障,若为 0 则表明元件正常。

程序结束。

## 2.2 基于几何思想的 ABC 算法

### 2.2.1 算法原理

基于几何思想的 ABC(2-ABC)算法从图的角度出发,把状态向量中的元素看作一个城市,遍历所有城市的路径看作蜜源位置,从而将故障诊断问题转化成寻找最短路径的问题<sup>[18]</sup>。由于电网故障诊断是 0-1 规划问题,因此蜜蜂每次寻找路径只需从路径 0 和 1 中进行选择,根据参考文献[9],对该问题进行数学描述:

定义有向图  $G=(C,L)$ ,顶点集合  $C=\{c_0(V_s), c_1(V_1^0), c_2(V_1^1), c_3(V_2^0), c_4(V_2^1) \dots c_{2N-3}(V_{N-1}^0), c_{2N-2}(V_{N-1}^1), c_{2N-1}(V_N^0), c_{2N}(V_N^1)\}$ 。其中  $V_s$  表示起始顶点,顶点  $V_i^j$  的表达式为

$$V_i^j = \begin{cases} 0, & j=0, i=1, 2 \dots N \\ 1, & j=1 \end{cases} \quad (5)$$

边集合  $L=\{(V_s, V_1^0), (V_s, V_1^1), (V_1^0, V_2^0), (V_1^0, V_2^1), (V_1^1, V_2^0), (V_1^1, V_2^1) \dots (V_{N-1}^0, V_N^0), (V_{N-1}^0, V_N^1), (V_{N-1}^1, V_N^0), (V_{N-1}^1, V_N^1)\}$ ,其中,  $V_i^j$  表示指向下一个顶点  $V_{i+1}^0$  和  $V_{i+1}^1$  的两条边,即边  $(V_i^j, V_{i+1}^0)$  和边  $(V_i^j, V_{i+1}^1)$ 。这两条有向边代表蜜蜂采蜜允许选择的状态 0 和 1。蜜蜂遍历的有向图如图 1 所示。

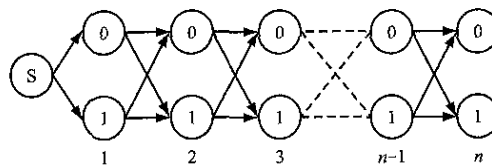


图 1 蜜蜂遍历的有向图

更新策略中存在两级因子,即引领因子和转移因子。引领因子是指通过上一级引领路径直接确定的城市之间引领强度的大小,转移因子是指蜜蜂从城市  $i$  到城市  $j$  的转移强度,与引领因子和更新策略有关。进化代数每增加一次,各条路径上的转移因子就要归零一次,以保证转移因子没有遗留历史信息,仅根据本代路径信息更新。

本文采取的引领因子更新策略是对所有蜜蜂完成一次迭代循环之后,对所有路径的长度进行排序,得到引领路径矩阵  $L_R$ ,取长度排名前  $\delta$  位的为引领因子。引领因子更新策略为

$$\tau_{ij}(n+1) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{\delta} \lambda_{ij}, & ij \in L_R \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

式中:  $n$  表示进化代数;  $\lambda_{ij}$  表示第  $k$  只蜜蜂在第  $n$  次迭代循环中留在路径  $ij$  上的引领因子。

$\lambda_{ij}$  的计算式为

$$\lambda_{ij}^k = \begin{cases} Q/L_k, & ij \in L_k \\ 0, & ij \notin L_k \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $Q$  为引领常数;  $L_k$  为第  $k$  只蜜蜂在本代所走的路径长度。

确定引领因子后, 要根据引领因子动态确定每一个待选城市的转移因子。由于蜜蜂所选的路径只有 2 条, 这 2 条路径中至少有 1 条路径被引领蜂走过, 因此转移因子更新为

$$\rho_{ij}^k = \begin{cases} \tau_{ij}, & j \in \{v_j^0, v_j^1\}, ij \in L_R \\ \sigma(1 - \sum \tau_{ij}), & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

式中:  $\rho_{ij}^k$  表示第  $k$  只蜜蜂从城市  $i$  到城市  $j$  的转移因子;  $\sigma$  ( $\sigma \leq 1$ ) 为没有被引领蜂走过的路径转移因子的调节参数。

确定转移因子后, 蜜蜂在采蜜过程中根据转移概率决定转移方向, 转移概率为

$$P_{ij}^k = \begin{cases} 1/2, & j \in \{v_j^0, v_j^1\}, k \in B_S \\ \frac{\rho_{ij}^\alpha(n) \eta_{ij}^\beta(n)}{\rho_{i0}^\alpha(n) \eta_{i0}^\beta(n) + \rho_{i1}^\alpha(n) \eta_{i1}^\beta(n)}, & j \in \{v_j^0, v_j^1\}, k \in B_F \\ 1, & k \in B_L \end{cases} \quad (9)$$

式中:  $\alpha$  为转移因子  $\rho_{ij}$  的重要程度参数;  $\eta_{ij}$  为启发因子;  $\beta$  为  $\eta_{ij}$  的重要程度参数;  $B_S$ 、 $B_F$ 、 $B_L$  分别表示侦察蜂、跟随蜂以及引领蜂的集合。

$\eta_{ij}$  表达式为

$$\eta_{ij}(n+1) = \begin{cases} 1/L_{\min}(n), & ij \in L_{\min}(n) \\ 1/L(n), & ij \notin L_{\min}(n) \end{cases} \quad (10)$$

式中:  $L_{\min}(n)$  表示上一代搜索到的最短路径长度;  $L(n)$  表示如果  $ij$  不属于  $L_{\min}(n)$ , 则把  $L_{\min}(n)$  中与  $ij$  相对应的路径  $i(-j)$  长度改为与路径  $ij$  长度相同。

同样, 为了控制某个蜜蜂连续成为引领蜂, 设置参数  $limit$ 。

### 2.2.2 算法步骤

程序初始化。

输入: 从电网故障诊断系统中读取开关跳闸信息、保护动作信息、设备及其连接信息, 按照式(1)形成适应度评价函数。

蜂群初始化: 确定蜜蜂种群数, 初始时刻所有蜜蜂都为侦察蜂, 确定所有侦察蜂搜索的蜜源位置。

(1) 设置  $k=1$ 。

(2) while( $k \leq gen$ ), 其中  $gen$  为最大迭代次数。

(3) 确定蜜蜂类型: 将蜜蜂遍历的有向图的最短路径按式(1)进行排名, 排名靠前的为引领蜂, 排名一般的为跟随蜂, 排名较差的为侦察蜂。

(4) for( $i=1; i \leq D; i++$ ), 其中  $D$  为电网元件数目。

(5) 各种类型的蜜蜂根据状态转移概率进行 0-1 路径选择。

(6) End for

(7) if( $i \geq limit$ )。

(8) 引领蜂变成侦察蜂并搜索新的蜜源, 跳转至步骤(5)执行。

(9) 将蜜蜂遍历的路径代入目标函数, 求出这代的最短路径并更新转移因子。

(10)  $S_{best} \leftarrow$  保存最短路路径。

(11)  $k++$ 。

(12) End while。

程序结束。

## 3 仿真分析

### 3.1 测试算例系统

根据参考文献[17]中的算例系统(如图 2 所示)进行仿真测试, 该系统有 28 个元件、40 个断路器和 84 个保护, 其中有 36 个为主保护, 48 个为后备保护。实验程序在 VC++6.0 平台用 C 语言编写。

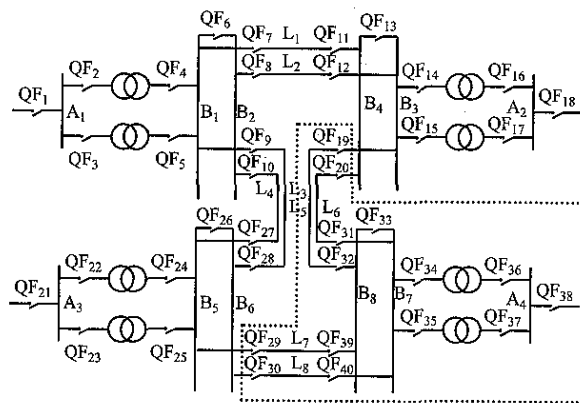


图 2 测试算例系统

1-ABC 算法的参数设定: 限制次数  $limit=5$ , 寻找邻近蜜源的范围  $visual=3$ , 最大迭代次数  $K=100$ 。

2-ABC 算法的参数设定: 限制次数  $limit=5$ , 转移因子的重要程度参数  $\alpha=5$ , 启发因子的重要程度参数  $\beta=2$ , 引领常数  $Q=2$ , 调节参数  $\delta=0.3$ , 最

大迭代次数  $K=100$ 。

### 3.2 仿真结果分析

#### 3.2.1 与其他算法的对比分析

为了检验 ABC 算法的性能特性,将其与参考文献[19]提出的遗传算法(GA)和参考文献[20]提出的一种改进的故障诊断方法进行了对比,结果见表1。其中,A 和 B 表示母线,T 表示变压器,L 表示线路,S 和 R 分别表示线路的送端和受端, $m$ 、 $p$  和  $s$  分别表示主保护、第一后备保护和第二后备保护,QF 表示开关。从表1可以看出,ABC 算法具有唯一性和准确性,而 GA 在遇到复杂故障问题时解不唯一,参考文献[20]中提出的算法在算例3中的结果不是最优解。

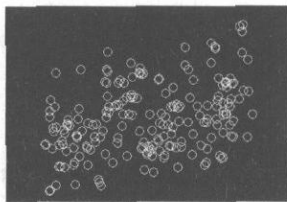
表1 故障算例诊断结果比较

算例	保护动作信息	开关跳闸信息	1-ABC/2-ABC	参考文献[20]	GA
1	$B_{1m}L_{2R}L_{4R}$	$QF_4QF_5QF_7QF_9QF_{12}QF_{27}$	$B_1$	$B_1$	$B_1$
2	$B_{1m}L_{1Sp}L_{1Rm}$	$QF_4QF_5QF_6QF_7QF_9QF_{11}$	$B_1L_1$	$B_1L_1$	$B_1L_1$
3	$B_{1m} B_{2m} L_{1Sm} L_{1Rp} L_{2Sp}$ $L_{2Rm}$	$QF_4QF_5QF_6QF_7QF_8QF_9QF_{10}$ $QF_{11}QF_{12}$	$B_1B_2L_1L_2$	$B_1B_2L_1$	$B_1B_2L_1L_2$
4	$T_{3p}L_{7Sp}L_{2Rp}$	$QF_{14}QF_{16}QF_{29}QF_{39}$	$T_3T_7$	$T_3T_7$	(1) $T_3T_7$ ; (2) $T_3$ ; (3) $T_7$ ; (4) 无故障
5	$T_{3s}T_{6s}$	$QF_{22}QF_{23}QF_{24}QF_{25}$	$A_3$	$A_3$	$A_3$
6	$T_{7m}T_{8p}B_{7m}B_{8m}L_{5Sm}L_{5Rp}$ $L_{6S}L_{7Sp}L_{7Rm}L_{8S}$	$QF_{19}QF_{20}QF_{29}QF_{30}QF_{32}QF_{33}$ $QF_{34}QF_{35}QF_{36}QF_{37}QF_{39}$	$L_5L_7B_7B_8T_7T_8$	$L_5L_7B_7B_8T_7T_8$	(1) $L_5L_7B_7B_8T_7T_8$ ; (2) $L_5L_7B_7B_8T_7$
7	$L_{1Sm}L_{1Rp}L_{2Sp}L_{2Rp}L_{7Sp}$ $L_{7Rm}L_{8Sp}L_{8Rm}$	$QF_7QF_8QF_{11}QF_{12}QF_{29}QF_{30}$ $QF_{39}QF_{40}$	$L_1L_2L_7L_8$	$L_1L_2L_7L_8$	(1) $L_1L_2L_7L_8$ ; (2) $L_1L_7L_8$

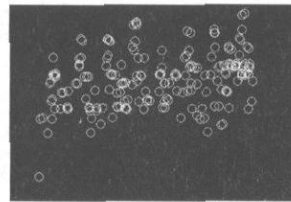
(注:GA 的数据来源于参考文献[19])

#### 3.2.2 ABC 算法的合理性验证

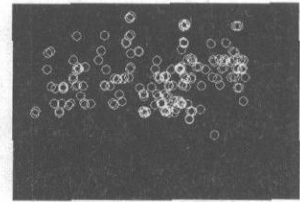
采用表1中的算例6来验证采用1-ABC算法和2-ABC算法来进行电网故障诊断是否具有合理性。图3、图4分别给出了1-ABC算法和2-ABC算法在  $t=0$ 、 $t=t_1$  以及  $t=t_2$  ( $t_1 < t_2$ ) 时刻的进化方向。图3中的圆圈代表蜜蜂的采蜜位置,可看出,随着时间的推进,大部分蜜蜂越来越集中于质量最优的蜜源,图中的孤立圆圈说明侦察蜂在寻找新的蜜源。从图4可以明显看出,随着时间推移,蜜蜂越来越集中于路径  $S-1-0-1-0-1-1-1-1$ 。实验表明 ABC 算法总是向着最优方向进化,总是能够找到最能解释警报信号的假说。



(a)  $t=0$  时蜂群位置

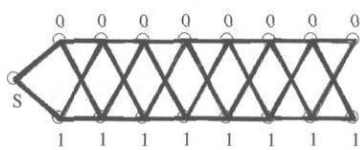


(b)  $t=t_1$  时蜂群位置

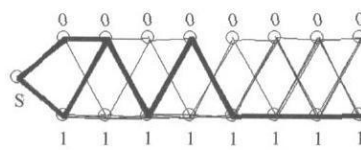


(c)  $t=t_2$  时蜂群位置

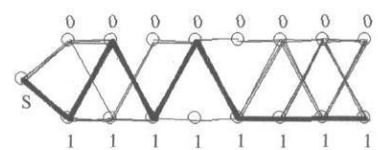
图3 1-ABC 算法进化方向



(a)  $t=0$  时蜂群所走路径



(b)  $t=t_1$  时蜂群所走路径



(c)  $t=t_2$  时蜂群所走路径

图4 2-ABC 算法进化方向

### 3.2.3 不同种群规模下 ABC 算法的性能分析及比较

为进一步比较算法性能,选取表 1 中的算例 6,比较种群规模分别为 5、10、20、100 时,采用 1-ABC 算法、2-ABC 算法以及 GA 三种方法求解电

网故障诊断时收敛于最优值的概率 A、最大收敛代数 B、收敛的平均迭代次数 C 以及程序平均运行时间 D,连续运行 20 次的统计结果见表 2。GA 参数设定:最大迭代次数  $K=100$ ,交叉率  $P_c=0.3$ ,变异率  $P_m=0.07$ 。

表 2 1-ABC 算法、2-ABC 算法和 GA 的性能比较

N	1-ABC				2-ABC				GA			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
5	95%	94	31.9	0.195 6	100%	74	14.9	0.197 9	55%	100	53.1	0.197 9
10	95%	42	14.1	0.206 6	100%	40	11.1	0.204 3	70%	93	52.7	0.207 2
20	100%	37	9.3	0.204 2	100%	16	5.6	0.212 7	85%	46	20.2	0.206 5
100	100%	4	1.5	0.228 7	100%	3	1.2	0.233 2	100%	6	2.3	0.228 2

图 5、图 6 给出了 3 种算法在  $N=5$ 、 $N=10$ 、 $N=20$  时的平均最小适应度值和当代最小适应度值随迭代次数的变化曲线。

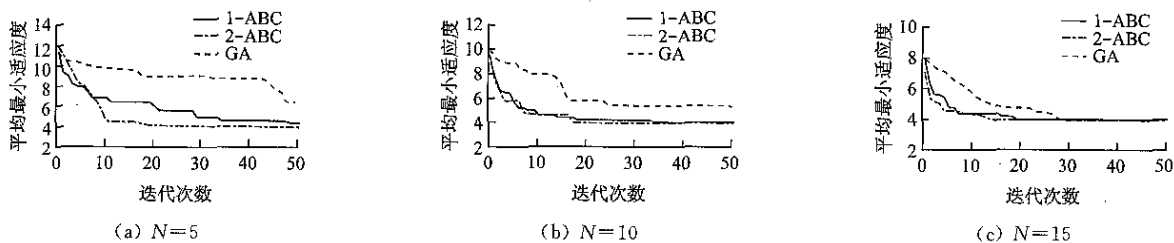


图 5 平均最小适应度随迭代次数的变化曲线

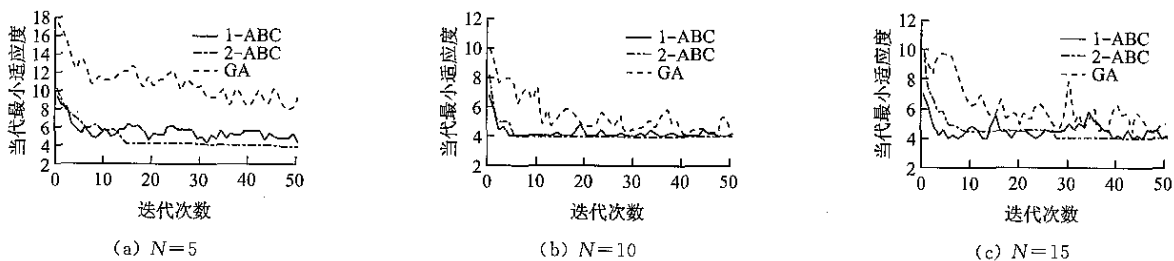


图 6 每一代平均最小适应度随迭代次数的变化曲线

从图中可以看出,ABC 算法在收敛性能和进化性能等方面明显优于 GA。另外,在算法结构上,ABC 算法具有以下优点:(1)编程简单,易于实现,空间复杂度好,占用的计算机存储空间少。(2)鲁棒性强,进化速度快,通过不同类型的蜜蜂进行采蜜,具有全局搜索能力和局部搜索能力,实用性强。(3)迭代次数大大少于 GA,迭代时间短,实时性好。(4)成功率大大高于 GA,保证了电网故障诊断的准确性。

## 4 结语

根据电网故障诊断优化模型的 0-1 规划特点,分别从代数和几何角度优化了 ABC 算法,验证了两种优化后的算法在电网故障诊断中应用时具有合理性,并且总是能够找出最能解释警报信号的故障假

说。将 ABC 算法与 GA 进行比较分析,结果显示 ABC 算法的收敛速度和优化结果均优于 GA。在两种 ABC 算法中,基于几何思想的 ABC 算法具有更好的稳定性和搜索能力,但是从表 2 中的平均运行时间可以看出,基于几何思想的 ABC 算法时间复杂度稍差于基于代数思想的 ABC 算法。ABC 算法比 GA 更能满足电网故障诊断的实时性和准确性,对于稳定性和精准度要求很高的场合,基于几何思想的 ABC 算法更具有适用性。

## 参考文献:

[1] SAKAGUCHI T, TANAKA H, UENISHI K, et al. Prospects of Expert Systems in Power System Operation [J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 1988, 10(2): 71-82.

文章编号:1671-251X(2012)11-0036-04

王安明. 智能振动时效控制系统 PWM 设计[J]. 工矿自动化, 2012(11):36-39.

## 智能振动时效控制系统 PWM 设计

王安明

(西安铁路职业技术学院电气工程系, 陕西 西安 710014)

**摘要:**分析了智能振动时效控制系统在实现脉冲宽度调制时存在的单片机定时器定时时间过短、定时器初始值的写入方法、频率精度低等问题,给出了相应的解决方法;提出了利用单片机实现脉冲宽度调制的基本思路:定时器在高电平和低电平时分别定时,使单片机通用 I/O 口输出频率不变或频率可变而宽度不变的脉冲。Proteus 与 Keil C 联合仿真结果表明,智能振动时效控制系统脉冲宽度调制设计方法能够输出符合要求的脉冲信号。

**关键词:**振动时效;智能控制;脉冲宽度调制

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2012-11-01 14:44

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20121101.1444.011.html>

收稿日期:2012-08-21

作者简介:王安明(1969-),男,甘肃天水人,助教,硕士研究生,研究方向为机电控制技术。E-mail:wam3126@163.com

- [2] CHO H J, PARK J K. An Expert System for Fault Section Diagnosis of Power Systems Using Fuzzy Relations[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1997, 12(1):342-348.
- [3] 栗然,黎静华,苏立军. 基于粗糙集的改进约简算法和决策树的电网故障诊断模型[J]. 继电器, 2005, 33(18):1-5.
- [4] 王建元,纪延超,常群,等. Petri 网络理论在电网故障诊断中的应用[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2002, 7(4):77-80.
- [5] 陈敬技,丁同奎,张钊. 蚁群算法在配电网故障定位中的应用[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5):74-77.
- [6] CARDOSO G J, ROLIM J G, ZURN H H. Application of Neural-networks Modules to Electric Power System Fault Section Estimation[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2004, 19(3):1034-1041.
- [7] 张志毅,袁荣湘,杨同忠,等. 基于粗糙集和小生境遗传算法的电网故障诊断规则提取[J]. 电工技术学报, 2009, 24(1):158-163.
- [8] 祝志慧,孙云莲. 量子免疫算法在电网故障诊断中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(10):22-25.
- [9] 臧天磊,何正友,李超文,等. 基于二进制群智能算法的输电网故障诊断方法[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14):16-22.
- [10] 王家林,夏立,吴正国,等. 电力系统故障诊断研究现状与展望[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(18):210-216.
- [11] BASTURK B, KARABOGA D. An Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Numeric Function Optimization [C]//Proceedings of IEEE Swarm Intelligence Symposium Indianapolis, 2006:651-656.
- [12] 罗钧,樊鹏程. 基于遗传交叉因子的改进蜂群优化算法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(10):3716-3717, 3753.
- [13] 罗钧,李研. 具有混沌搜索策略的蜂群优化算法[J]. 控制与决策, 2010, 25(12):1913-1916.
- [14] 毕晓君,王艳娇. 加速收敛的人工蜂群算法[J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(12):2755-2761.
- [15] 何宗耀,王翔. 蜂群-蚁群自适应优化算法[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(1):130-134.
- [16] 樊小毛,马良. 0-1 背包问题的蜂群优化算法[J]. 数学的实践与认识, 2010, 40(6):155-160.
- [17] 徐青山. 电力系统故障诊断及故障恢复[M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
- [18] 胡中华,赵敏. 基于人工蜂群算法的 TSP 仿真[J]. 北京理工大学学报, 2009, 29(11):978-982.
- [19] 文福拴,韩祯祥. 基于遗传算法和模拟退火算法的电力系统的故障诊断[J]. 中国电机工程学报, 1994, 14(3):29-35, 6.
- [20] 翁汉珺,毛鹏,林湘宁. 一种改进的电网故障诊断优化模型[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(7):66-70.