

模糊遗传算法在网络重构中的应用

康明才

(南京理工大学,江苏南京 210094)

摘要: 采用模糊遗传算法,从全局出发寻找配网馈线上开关状态的优化组合,在安全可靠供电的情况下,使得网损最小,以实现配网重构。通过算例进行分析比较,说明该方法是行之有效的。

关键词: 模糊遗传算法; 配电网络; 网络重构

中图分类号: TM744

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2002)03-0037-02

1 引言

配电网络是电力系统中直接面向用户的。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,用户对电能质量和供电的可靠性的要求愈来愈高。显然,合理而完善的配电网络结构对于提高供电的可靠性和电压质量至关重要。但是由于配网馈线上的开关数目巨大,在正常运行或故障情况下,要重新分配馈线上的负荷,即网络重构显得非常复杂。

本文针对配电网馈线上开关数目繁多,操作复杂,网络重构困难的情况下,采用模糊遗传算法,从全局出发寻找馈线上开关状态的最佳组合,从而实现配网重构,这样一方面平衡负荷,消除过载,提高供电质量,另一方面降低网损,提高系统的经济性,其次,加快计算速度。

2 配电系统

配电网一般具有闭环设计,开环运行的特点。为了提高供电可靠性及灵活性,必然要实现配网自动化。在配网自动化中,首先就是考虑馈线自动化的问题,就需要沿馈线装设柱上开关、分段器、重合器等设备,通过故障定位,隔离和恢复,使馈线上的负荷重新分配,即实现配网重构,来保证供电可靠性,降低配电网的维护和检修费用。

目前配网中架空线路一般采用手拉手的环网供电方式,如图1所示。

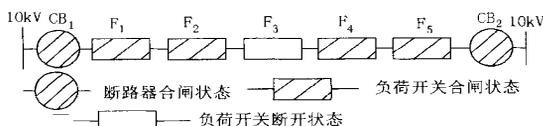


图1 架空线路环网配电一次接线

一般CB1和CB2断路器分别来自两个变电站的出线开关,F1..F5为馈线自动分段开关,正常运

行时,开环点联络开关是断开状态,以实现手拉手环网供电。

电缆配电一般采用四单元环网开关柜^[1],主环中的四单元环网开关柜,配置四个负荷开关,开关具有远方操作和就地操作的电动操作机构。副环中多采用三单元环网开关柜。这种带有主副环的电缆配电系统中,负荷主要由副环路供电,可以缩短主环路的电缆,节省配电系统一次投资。但是这种接线中馈线上的开关数量相当多,给配网重构增加了难度。

从数学的角度上讲,以上两种接线方式的配网重构是一个大规模非线性组合优化问题。其中作为优化变量的开关数量巨大,容易产生“组合爆炸”问题。遗传算法是将自然界的遗传机理抽象出来,提出了一种全新的寻优方法,它能很好解决这一问题,但是简单遗传算法存在着(1)求解问题费时;(2)算法中的交叉率和变异率对它的性能影响很大等不足。

本文在前人的基础上,利用模糊规律对遗传算法中的交叉率和变异率进行调整,从而改善了收敛速度,较好地解决了这一问题。

3 模糊遗传算法

3.1 遗传算法

遗传算法是将自然界的遗传机理抽象出来,形成了一种非常便于计算机实现的新型优化算法^[2];其计算过程是首先将实际的优化问题编码成符号串,也称染色体,将实际问题的目标函数转变为染色体的适应函数,然后在随机地产生一批初始染色体的基础上,根据各染色体的适应函数值进行生殖、交叉、变异等遗传操作产生下一代染色体。适应函数值的大小决定了该染色体被繁殖的机率,从而反映了适者生存的原理。这样经过逐代遗传,就会产生一批适应函数值很高的染色体。最后将这些染色体解码还原就可以获得原问题的解。

随着遗传算法的日益深入,人们认识到遗传算法中的部分信息是模糊的,若将模糊理论与遗传算法结合起来,便可显示出更大的优越性。因此,本文在简单遗传算法的基础上,根据前人的经验,对遗传过程中的交叉率 P_C 和变异率 P_M 进行了模糊控制,从而加快了整个收敛过程。

3.2 模糊控制

本文采用二维模糊控制器来调节交叉率 P_C 和变异率 P_M 。模糊控制器的输入变量是遗传过程中前后两代染色体的平均适应函数值的变化量 $f(t)$ 及 $f(t-1)$ 。在遗传操作过程中,如果 $f(t)$ 及 $f(t-1)$ 的变化较大时,说明目前遗传处于正常进化阶段,交叉率和变异率取正常值,如果 $f(t)$ 及 $f(t-1)$ 的变化较小时,说明种群中个体的结构比较相似,可适当减小交叉率 P_C 而加大变异率 P_M 的值来改变种群中个体的结构。由经验和专家意见形成模糊控制表,输入变量 $f(t)$ 及 $f(t-1)$ 被标准化的区间为 $[-1, 1]$,交叉率模糊控制器的输出变量 P_C 被标准化的区间为 $[-0.1, 0.1]$,变异率模糊控制器的输出变量 P_M 被标准化的区间为 $[-0.01, 0.01]$ 。

在遗传过程中为了避免已经出现的好方案被丢失,同时为了提高收敛速度,可以将目前最好的几个染色体保留起来,称为保留优良品种,并将其直接遗传到下一代,这样就保证了历代出现的好方案均不丢失。但保留优良品种数目过多,又会影响收敛速度和计算结果,通常选取总数的 10% 左右比较好。

经过一系列的遗传迭代,对优良品种的保留、更新(变异)和生殖,会大大地减少迭代次数,也会给迭代过程指出方向,从而朝着全局最优的方向发展。

4 网络重构

配网重构的目的就是要寻找一组最优的馈线开关状态,使得在满足可靠供电的基础上,网损最小、效率最高,并且不出现过负荷现象。

4.1 染色体编码

染色体编码方案的选取很大程度上依赖于问题的性质和遗传算子的设计。本文对线路上的开关状态采用 0-1 编码,即首先将开关排序,然后按此顺序将每个开关作为染色体中的一个基因,当基因值为 1 时,表示对应的开关合上,当基因值为 0 时则相反。

4.2 适应函数

适应函数要反映配网重构的目的和要求,即网

损最小,各支路不出现过负荷,为此构造的适应函数为:

$$\min f = p + w_1 \sum_{l=1}^L p_l + w_2 N$$

其中: p —重构配网网损; w_1, w_2 —惩罚系数; p_l —线路 l 的过负荷量; L —线路总数, N —开关操作次数。

这样根据遗传过程中当前染色体决定的开关状态,形成网络重构方案,再求解潮流方程,计算网损,统计过负荷量和操作开关数,计算出适应函数,再将其排序。最后寻找适应函数最小的优化方案。

5 应用实例

本文以某一地区的配电网为例,如图 2 所示,线路总数为 11 条,开关总数为 22 个,即染色体长度为 22,取种群数为 60,保留优良品种数为 4,初始交叉率 P_C 为 0.6,初始变异率 P_M 为 0.02。根据前述理论和方法,对图 2 所示的 d 点发生故障后进行网络重构,结果如表 1 所示。

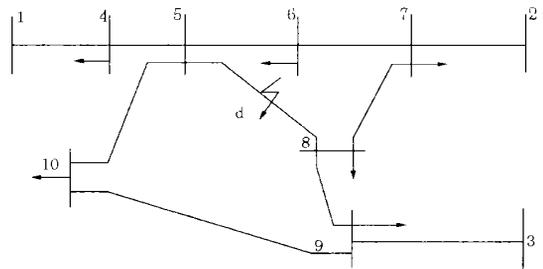


图 2 配网接线图

表 1 优化结果

	重构前	重构后	
		方案一	方案二
运行线路	1-4, 4-5, 2-7, 7-6, 5-8, 9-10, 3-9	1-4, 4-5, 5-6, 2-7, 7-8, 3-9, 9-10	1-4, 4-5, 2-7, 7-6, 3-9, 9-8, 9-10
线损(MW)	1.218	1.038	1.121

从以上的计算来看,利用模糊遗传算法进行网络重构,不仅能从全局寻找最优解,而且在计算过程中,根据收敛情况不断修正交叉率 P_C 和变异率 P_M ,这样大大地提高了收敛速度,在较短的时间里给出几个优化方案,以供运行人员参考。

6 结语

本文将模糊遗传算法用于网络重构中,从全局出发,降低网损,平衡负荷,消除 (下转第 42 页)

本设计利用 EMTP 仿真程序对电力系统线路各处经不同过渡电阻故障进行了模拟,并将此输出结果作为模糊神经网络的输入进行训练和测试。实验结果表明模糊神经网络对区内、区外及反向故障有较强的识别能力,能克服传统保护自适应能力差、保护长度不能覆盖整个线路等的缺陷,在理论上证实了模糊神经网络用于速动保护的可行性及优越性。当然,模糊神经网络在区分区内线路末端故障有一定难度、训练时间过长等,这需要研究人员在模型、算法等方面作更多的改进,或者可以采用其他的方法进行识别。

参考文献:

- [1] Kosko B. Neural networks and fuzzy systems: A dynamical approach to machine intelligence. Englewood Cliffs, NJ: Prentice - Hall, 1991.
- [2] 王士同. 模糊系统、模糊神经网络及应用程序设计

[M]. 上海科学技术文献出版社, 1998.

- [3] Jang J S R. ANFIS: Adaptive network based fuzzy inference Systems[J]. IEEE Trans System Man and Cybern, 1993, 23 (3): 665 - 685.
- [4] 张小平, 王伟. 短期电力负荷预报的自适应模糊神经网络方法[J]. 电力系统自动化 1998, 22(1): 30 - 32.
- [5] 李大芄, 王守臣, 诸静. 开关磁阻电机的模糊神经网络模型[J]. 中国电机工程学报, 20(1): 11 - 14.
- [6] 聂一雄, 尹项根. 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[J]. 继电器, 2000, (4).

收稿日期: 2001-09-13

作者简介: 张兆宁(1964 -), 男, 博士, 副教授, 研究方向为神经网络小波分析理论及其在电力系统中的应用; 范春菊(1967 -), 女, 博士, 副教授, 研究方向为电力系统继电保护及综合自动化; 郁惟镛(1940 -), 男, 教授, 博导, 研究方向为人工智能在继电保护及变电站自动化中的应用。

The Application of the fuzzy neural network in the relay protection for EHV transmission lines

ZHANG Zhao-ning, FAN chun-ju, YU Wei-yong

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: A new protection scheme is proposed for the extra high voltage transmission line. The fuzzy neural network is used in the signal process of the power system in order to implement instant protection for the transmission line. Firstly, The FNN is used to implement the traditional distance protection's zone one. On the basis of this relay, for the fault out of 90 % of the line, we can restrain the FNN to get the distinction of the fault location. This method can distinct in - area fault, out - area fault and inverse directional fault correctly, not influenced by fault type, fault location, transient resistance and the operation mode of the power system. EMTP simulation results indicate that this method is truly feasible.

Keywords: fuzzy neural network; transmission line; instant protection

(上接第 38 页) 过载,提高了供电质量,从而有效地实现了配网重构,解决了环网配电,馈线开关繁多,配网重构困难的问题。

参考文献:

- [1] 林功平. 配电网馈线自动化技术及其应用[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(4): 64 ~ 68.
- [2] 王季丽, 王锡凡. 遗传算法在输电系统规划中的应用

[J]. 西安交通大学学报, 1995, 29(8): 19.

- [3] 王晖, 韩新阳, 胡照光, 等. 基于模糊控制遗传算法的输电系统最优化规划[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(2): 51 ~ 55.

收稿日期: 2001-08-23

作者简介: 康明才(1962 -), 男, 大学本科, 讲师, 从事电器与电子的教学与研究工作。

Application of fuzzy genetic algorithm on distribution networks reconfiguration

KANG ming-cai

(Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: this paper propose an optimization method for combining switch state in which a fuzzy genetic algorithm is used in order to achieve the least network losses and ensure safe and economic operation for reconfiguration of electric distribution network. Base on the analysis of the numerical example, it can be concluded that this method achieves satisfactory optimization results as well as high computation speed.

Keywords: fuzzy genetic algorithm; distribution network; network reconfiguration