

# 基于遗传算法的模拟电路故障诊断

陈 芳

四川大学锦城学院, 中国·四川 成都 610000

**【摘要】**模拟元件的参数是连续的,所以离散参数故障不能精确描述模拟电路中所有可能发生的连续参数故障。针对这一问题,本文提出一种基于遗传算法的测后仿真故障诊断方法。将故障诊断转化为优化问题,目标是把实际故障响应和遗传算法模拟响应之间的差异最小化。

**【关键词】**模拟; 算法

伴随着电子产品集成度的不断提高,对模拟电路故障诊断的技术要求也随之提高。硬故障通常易于诊断,目前仍有许多方法<sup>[1]</sup>可用于处理此类故障。当参数偏离其容差范围,但不产生短路或开路时,称为软故障。与硬故障相比,软故障更难诊断。

由于模拟元件的参数值是连续的,离散参数故障不能很好地描述所有可能发生的连续参数故障,因此离散参数故障不实用。有连续范围覆盖部分参数偏移,如变化范围 $[\pm 20\% \sim \pm 50\%]$ 是一种更实用的故障模型<sup>[2]</sup>。有文献<sup>[3-5]</sup>提出了在 $(0, \infty)$ 范围内处理连续参数故障的方法。

本文采用遗传算法对参数故障进行研究,将故障诊断转化为优化问题。它属于测后仿真,测试前不需要任何模拟。可以诊断所有的连续参数单故障或双故障。

基本思想如下。测试点 $t$ ,对应线性滤波器电路的传递函数, $[p_1, \dots, p_k]$ 表示潜在的故障参数向量。如果有 $T$ 个测试点,将构成一组传递函数 $h(p)$ 。在 $T$ 个测试点上测得的响应用 $M$ 表示。 $h(p)$ 和 $M$ 的实部和虚部分别相等,构成 $2T$ 方程。由于模拟分量值的变化范围为 $0$ 到 $\infty$ ,因此故障特征必须包含参数从 $0$ 到 $\infty$ 变化的所有可能响应。诊断单一故障 $p^k$ ,至少需要两个线性独立的方程来消除变量 $p^k$ 。剩下的方程独立于故障参数 $p^k$ 。它由被测电路中 $p^k$ 的位置和其他无故障部件的参数决定。

本文对双故障进行分析,至少需要三个线性独立的方程组,两个测试点。具有 $Q$ 个不同测试频率的 $h(p)$ 形成一个向量 $H(p)$ 。虽然增加频率数不能提高割集的可测性,但它可以提高因非故障元件的容差而退化的故障诊断精度。本文暂不考虑测试频率选择问题,主要考虑将故障诊断转化为优化问题。

我们的目标是寻找最小欧式距离。找出一个 $p^*$ 使向量 $U_0(p)$ 在特定测试频率下和响应 $M$ 具有最小欧式距离。矢量 $p^*$ 中超出容差范围的元素为故障源。基本流程如下:步骤1:测量故障电

路的实际响应系数。步骤2:利用遗传算法和线性滤波器电路的传递函数,找出能达到最小欧式距离的最小化的 $p^*$ 。在 $p^*$ 中,超出容差范围的元件值为故障参数。

这是一种基于遗传算法的测后仿真诊断连续参数故障的方法。基因代表参数值。将故障诊断转化为一个优化问题,即找到一个能够产生与故障响应的测量值具有最小欧氏距离的响应的个体,然后超出容差的基因个体就是故障源。本文只考虑了单故障和双故障。它的缺点是如果传递函数不可用,则会影响后续的故障诊断,主要会增加故障诊断时间。

## 参考文献:

- [1] X. Tang, A. Xu, and S. Niu, 'KCCV-GA-based method for optimal analog test point selection,' IEEETrans. Instrum. Meas., vol. 66, no. 1, pp. 24-32, Jan. 2017.
- [2] Y. Yu, Y. Jiang, and X. Peng, 'Multi-frequency test generation for incipient faults in analog circuits based on the aliasing measuring model,' IEEE Access, vol. 6, pp. 34724-34735, 2018.
- [3] Z. Longfu and S. Yibin, 'A novel method of single fault diagnosis in linear resistive circuit based on slope,' presented at the Int. Conf. Commun., Circuits Syst., 2008.
- [4] S. Tian, C. Yang, F. Chen, and Z. Liu, 'Circle equation-based fault model in gmethod for linear analog circuits,' IEEETrans. Instrum. Meas., vol. 63, no. 9, pp. 2145-2159, Sep. 2014.
- [5] M. Tadeusiewicz and S. Ha?gas, 'A method for multiple soft fault diagnosis of linear analog circuits,' Measurement, vol. 131, pp. 714-722, Jan. 2019.