

特征矩阵的主存故障检测在微机保护中的应用

伦利¹, 王建华¹, 涂序跃²

(华东交通大学 1. 电气与工程学院; 2. 职业技术学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 在分析基于特征矩阵的主存故障检测方法原理的基础上, 介绍了检测地址位及数据位故障时特征矩阵存在的条件及其确定方法. 针对微机保护系统, 给出了可用于其主存故障检测的特征矩阵. 该检测方法原理简单, 使用灵活, 无需额外的设备, 可有效检测到主存各种模式的故障, 具有较高的准确度.

关键词: 特征矩阵; 主存故障; 微机保护; 地址位; 数据位

中图分类号: TM769

文献标识码: A

微机保护装置是电力系统密不可分的一部分, 是保障电力设备和防止、限制电力系统大面积停电的最基本、最重要也是最有效的技术手段. 国内外实践证明, 继电保护装置一旦发生故障, 往往会扩大事故, 继而酿成严重后果, 给人们的生活带来巨大的影响^[1].

主存是计算机中最重要的核心部件, 它直接与 CPU 之间进行数据交换. 一旦主存出现故障, 必将引起计算机运算结果的错误, 进而导致微机保护装置的异常, 出现误动或者拒动. 本文介绍了一种基于特征矩阵的主存故障检测方法, 利用这种方法, 可以有效的检测到计算机主存的各种故障, 为避免微机保护装置的异常提供前提.

1 特征矩阵检测的原理

特征矩阵检测是通过计算机执行写入-读出比较操作来实现故障检测的^[2]. 通过合理地选择特征矩阵中的检测字和检测过程, 使其比计算机的通用自检程序具有更强的故障检测能力.

假定计算机主存数据位为 $m+1$, 地址位为 $n+1$, 设特征矩阵

$$D = \begin{bmatrix} d_{0m} & d_{0m-1} & \cdots & d_{00} \\ d_{1m} & d_{1m-1} & \cdots & d_{10} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{lm} & d_{lm-1} & \cdots & d_{l0} \end{bmatrix}$$

其中: $d_{ij} \in \{0, 1\}$ ($i=0, 1, \cdots, l$) ($j=0, 1, \cdots, m$)

令: $d_i = [d_{im}, d_{im-1}, \cdots, d_{i0}]$ 其中 $i=0, 1, \cdots, l$. 则特征矩阵 D 可记做:

$$D = \begin{bmatrix} d_0 \\ d_1 \\ \vdots \\ d_l \end{bmatrix}$$

其中: $d_0, d_1, \dots, d_l$ 称为特征矩阵的检测码, 检测码的位数等于计算机主存数据位位数.

采用特征矩阵检测方法, 可以对主存地址位、数据位的一些常见的永久性故障进行检测, 可以检测的故障模式有: (1) 任一数据位的 S_A_1 故障; (2) 任一数据位的 S_A_0 故障; (3) 任一数据位的桥接故障; (4) 任一地址位的 S_A_1 故障; (5) 任一地址位的 S_A_0 故障; (6) 任一地址位的桥接故障. 特征矩阵法检测的故障类型, 明显多于一些通用计算机系统的自检测程序.

特征矩阵检测主存故障的基本原理如下:

(1) 首先循环使用检测码以地址递增顺序对所有主存单元进行写入初始化.

(2) 以地址递增顺序依次读出各主存单元的内容并与该单元的初始化值进行比较, 如相同, 则正常. 如某一位不同, 则错误.

第 1 次写入初始化后, 主存各单元的内容依次应为: $d_0, d_1, \dots, d_l; d_0, d_1, \dots, d_l; \dots$

第 2 次写入初始化后, 主存各单元的内容依次应为: $d_1, \dots, d_l, d_0; d_1, \dots, d_l, d_0; \dots$

.....

第 $l+1$ 次写入初始化后, 主存各单元的内容依次应为: $d_l, d_0, d_1, \dots; d_l, d_0, d_1, \dots; \dots$

因此, 在进行了 $l+1$ 次初始化与故障检测后, 主存中的任一地址单元都已用所有的检测码 $d_0, d_1, \dots, d_l$, 进行了一次检测.

2 特征矩阵存在的条件

2.1 数据位的故障检测

每一主存单元有 $m+1$ 位数据位, 因此对任一单元进行写入-读出比较操作, 就实现了对该单元的 $m+1$ 个数据位同时进行了一次故障检测. 在进行 $l+1$ 次初始化与故障检测后, 所有的地址单元都采用检测码 $d_0, d_1, \dots, d_l$ 试进行了检测, 因此对数据位故障模式进行检测的特征矩阵 D 的选择条件如下

$$(1) \bigcap_{i=0}^l d_{ij} = 0 \text{ 其中 } d_{ij} \in \{0, 1\} \quad (j=0, 1, \dots, m) \quad (2-1)$$

当特征矩阵每一列至少有一个“0”元素时, 可检测主存任一数据的 s_a_1 故障.

$$(2) \bigcup_{i=0}^l d_{ij} = 1 \text{ 其中 } d_{ij} \in \{0, 1\} \quad (j=0, 1, \dots, m) \quad (2-2)$$

当特征矩阵每一列至少有一个“1”元素时, 可检测主存任一数据位的 s_a_0 故障.

$$(3) \sum_{k=0}^i d_{kj} \oplus d_{kj} \geq 1 \text{ 其中: } d_{ki} \cdot d_{kj} \in \{0, 1\} \quad i > j \quad (i=1, \dots, m; j=0, 1, \dots, m-1). \quad (2-3)$$

当特征矩阵任二列元素都不相等时, 可检测主存任意两数据位的桥接故障.

定理 1 满足(2-1)、(2-2)、(2-3)式的特征矩阵 D 存在的充要条件为

$$2^{l+1} - 2 \geq m + 1$$

对于按字节组织的主存, 其 $m+1=8$, 可取 $l+1 \geq 4$.

2.2 地址位的故障检测

设计算机主存地址为: $a_n a_{n-1} \dots a_i \dots a_j \dots a_0$, 其中 a_i, a_j 为任意两个不相同的地址位, $a_i \in \{0, 1\}$, $a_j \in \{0, 1\}$, $i > j$ ($i=1, \dots, n$; $j=0, 1, \dots, n-1$)

定理 2 当特征矩阵 D 满足条件

$$(1) 2^k \neq k(l+1) \quad (2-4)$$

其中 k 为任意正整数 ($i=0, 1, \dots, n$) ($l=0, 1, 2, \dots$)

$$(2) 2^i + 2^j \neq k(l+1) \quad (2-5)$$

其中 k 为任意正整数 ($i=0, 1, \dots, n$) ($l=0, 1, 2, \dots$) ($j=0, 1, \dots, n$)

$$(3) d_{\min}(d_0, d_1, \dots, d_l) \geq 1 \quad (2-6)$$

其中 $d_{\min}(d_0, d_1, \dots, d_l)$ 为 $(d_0, d_1, \dots, d_l) \geq 1$ 的最小海明距离.

根据式(2-4)、(2-5)、(2-6) 可以选择特征矩阵行数 $l+1$ 的值. 对按字节组织的主存 $l+1$ 可取 7, 11, 13, 14, 15, 19, 21... 最小值为 7.

3 特征矩阵的选取方法

特征矩阵 D 的生成方法比较简单, 可以先生成一个 $2^{l+1} \times (l+1)$ 维的矩阵 C_1

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

其中 $C_1(i, j) \in \{0, 1\}$ ($i=0, 1, \dots, 2^{l+1}-1$) ($j=0, 1, \dots, l$).

可以看到, 矩阵 C_1 的任意两行都不相同, 它们满足条件

$$\sum_{k=0}^l C_1(i, k) \oplus C_1(j, k) \geq 1, \quad (2^{l+1}-1 \geq i > j \geq 0) \quad (3-1)$$

除了首行和末行外, 其他各行都满足条件

$$\bigcap_{j=0}^l C_1(i, j) = 0, \quad (i=0, 1, \dots, 2^{l+1}-2) \quad (3-2)$$

$$\bigcup_{j=0}^l C_1(i, j) = 1, \quad (i=1, 2, \dots, 2^{l+1}-1) \quad (3-3)$$

在满足上面三个式子的所有的 C_1 的行中, 选择 $m+1$ 行构成 $(m+1) \times (l+1)$ 的矩阵 C_2 , 要求 C_2 的各列满足条件

$$\sum_{k=0}^{l+1} C_2(k, i) \oplus C_2(k, j) \geq 1, \quad (l \geq i > j \geq 0) \quad (3-4)$$

这样就可以保证 C_2 的任意两列都不相同. 特征矩阵 D 可以选择为 C_2^T 则可知 $D = C_2^T$ 为 $(l+1) \times (m+1)$ 维矩阵. 满足条件(2-1)至(2-6).

4 应用举例

在微机保护系统中, 比较多的是按字节组织的内存, 因此, 我们的 $l+1$ 取其最小值 7. 则生成的各矩阵分别为

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

在 C_1 中按式(3-1)至(3-4)的要求, 选择 8 行构成一个 8×7 的矩阵 C_2

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

特征矩阵 D 为

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

在该特征矩阵 D 中,每列至少有 3 个“1”和 3 个“0”,任两列至少有 3 个不同元素,因此该特征矩阵对故障模式(1)(2)(3)均有 3 次检测机会;由于该特征矩阵任意两行都不相同,因此采用该特征矩阵每进行一次初始化与故障检测,都能对故障模式(4)(5)(6)进行检测。进行 7 次初始化与故障检测之后,对故障模式(4)(5)(6)分别有了 7 次检测机会。可以看到,针对以字节为单位组织数据的微机保护系统的主存来说,取 $l+1$ 的最小值 7 已经足以满足对主存各种故障的检测要求。

5 结论

特征矩阵检测方法是基于软件来实现故障检测的,它不改变原系统的硬件结构,无需额外的检测设备,该检测方法原理简单,使用灵活,可有效检测到主存各种模式的故障,具有较高的准确度。因此,可广泛应用于微机保护主存故障的检测。

参考文献:

- [1] 韩帧祥,曹一家.电力系统的安全性及防治措施[J].电网技术,2004,28(9):1-5.
- [2] 刘卫东,史秀珍.计算机主存的故障检测方法[J].计算机工程与设计,1996,17(1):33-38.
- [3] 钱华明.故障诊断与容错技术及其在组合导航系统中的应用研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学自动化学院,2004.
- [4] 张明君,弭洪涛.电力系统微机保护[M].北京:冶金工业出版社,2002.

The Application of Fault Detection in Main Memory Based on Characteristic Matrix in Computer Relay Protection

LUN Li¹, WANG Jian_hua¹, TU Xu_yue²

(1. School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University;

2. School of Vocational Education and Technology, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Analyzing principle of fault detection in main memory based on characteristic matrix, the paper introduces the condition and methods of detecting address bit and data bit. Aiming at computer relay protection, it presents the characteristic matrix which can be used in detecting faults in main memory. This method can detect all kinds of faults of main memory easily and flexibly, without extra equipment.

Key words: characteristic matrix; fault in main memory; computer relay protection; address bit; data bits

(责任编辑:周尚超)