

某型机载雷达 BIT 故障信息的建模仿真^①

董 华¹, 范凤英¹, 初晓军², 胡双雄³

¹(南昌航空大学 信息工程学院, 南昌 330063)

²(海军航空工程学院 青岛分院, 青岛 266041)

³(海军 92337 部队, 大连 116023)

摘 要: 采用 VC++语言开发, 较好地实现了机载雷达 BIT 产生故障信息的建模仿真. 将模糊隶属度方法引用到雷达故障生成模型中, 以贴近实际雷达自检故障产生的相关性来模拟故障生成. 根据雷达高低优先级故障的操作措施和显示门限不同将产生的故障在雷达显控台上显示出来, 结合链表软件设计雷达显示页面信息, 并应用到雷达模拟器中, 仿真效果良好.

关键词: 机载雷达; 自检故障; 信息显示; 模拟

Model and Simulation of BIT Fault Information for an Airborne Radar

DONG Hua¹, FAN Feng-Ying¹, CHU Xiao-Jun², HU Shuang-Xiong³

¹(School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

²(Qingdao Branch, Naval Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041, China)

³(The Naval 92337 Army, Dalian 116023, China)

Abstract: The model and simulation of the airborne radar BIT(built-in-test) fault information display is well realized based on VC++. The fuzzy subordination method is introduced in the model of the radar fault generation. Which is attached to the relevancy of the radar generated the practical fault. Display the fault on the platform, it is based on the difference of the operation and threshold of the radar high and low priority faults. Software design the page information of the radar fault, the model has been applied in the radar simulator and approved effective.

Key words: airborne radar; BIT fault; information display; simulation

1 引言

雷达自检(BIT)是雷达各单元设有自检板或自检电路对雷达系统进行故障自检测, 雷达自检^[1]主要目的是发现故障并显示在 PPI 上, 提供给雷达操作员和地勤维修人员. 雷达自检^[1]方式包括加电自检(PBIT)、连续自检(CBIT)和强制自检(IBIT). 加电自检是当雷达通电或复位时, 提供一次自动系统测试. 连续自检是在雷达正常工作期间, 利用数据处理器、信号处理器、接收机激励器等单元 CPU 的空余时间, 以后台方式执行的自检. 强制自检是中断雷达正常工作, 专门进行的系统自检. 机载雷达^[2]自检电路由模拟自检电路和数字自检电路组成, 如图 1 所示.

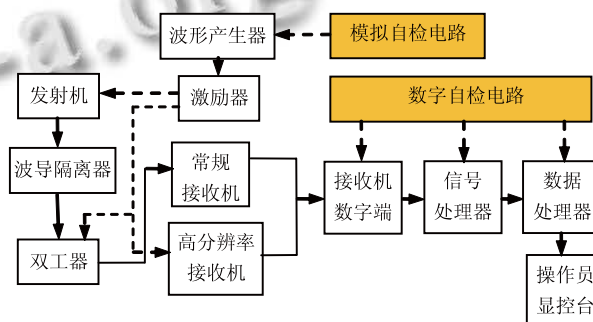


图 1 机载雷达自测试环路

模拟自检电路由波形产生器产生波形, 经过激励器变成射频信号发送到发射机、双工器和高分辨率接

① 收稿时间:2012-07-09;收到修改稿时间:2012-09-02

收机来检查各部分电路,然后将发现故障定位到外场可更换单元(LRU)等级,并报告给数据处理器,数据处理器对来自任何单元的自检故障筛选,以最大限度的减少由于瞬时情况而造成的虚警.数据处理器作为该机载雷达系统控制核心,负责对各单元的自检电路和状态信号进行监视,数据处理器将自检故障分高优先级故障(HPF)、低优先级故障(LPF),将故障发送给显控台,显控台将故障显示在触摸屏的自检 BIT 页面.

本文根据机载雷达自检故障产生的随机性、相关性以及故障的显示特点对雷达进行故障生成模块、显示模块进行建模仿真^[3].

2 雷达BIT故障模块设计

该型机载雷达训练模拟器主要由教员控制台、雷达显控台、系统模拟机组成,各组成部分通过 100M/1000M 高速以太网,以组播通信的方式连成一个整体,如图 2 所示.

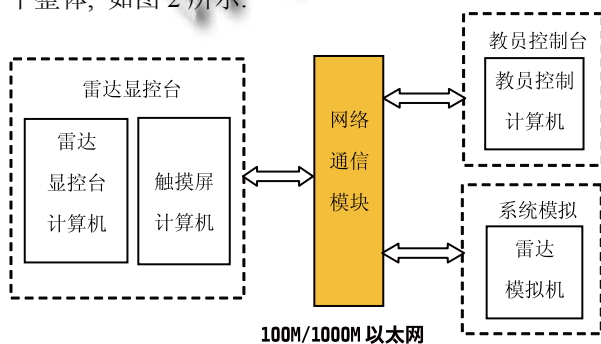


图 2 雷达模拟器结构图

2.1 教员台生成故障建模

2.1.1 整理原始数据,确定模糊隶属度

机载雷达故障的特点为:

1) 随机性: 由于雷达系统的若干组件,导致故障种类繁多,故障多达 300 多个,增大了故障产生的随机性.

2) 复杂性: 雷达故障原因和故障征兆之间表现出极其错综复杂的关系,即同一种故障征兆对应着几种故障原因,同一种故障原因又会引起多种故障征兆.

3) 相关性: 某一部件发生故障时势必会导致与它相关的部件状态发生变化,可能同时引起多个故障的产生,同时由于主观和客观因素,雷达故障也存在模糊性的问题.

建立故障生成模型不必考虑故障产生的原因,所

以建模时采用随机生成故障和产生相关故障的方法建模,这样更贴近了载机在实际飞行中雷达产生的故障特点.

模糊隶属度[4-5]的确定:

1) 设某雷达故障共有 n 个,由历史数据确定经验隶属度 V_{ij} ,其中 i, j 分别表示不同的雷达自检故障:

$$V_{ij} = \frac{i \text{故障由} j \text{故障引发产生的次数}}{i \text{故障产生的总次数}}$$

2) 由专家优序数法确定初始隶属度 S_{ij} ,设某故障 i 引发 m 种可能的故障,针对 i ,将 m 种故障两两对比,把两两对比中最容易引发的故障那一种记一次优先序,这样一个专家作出 $m(m-1)/2$ 次优先序比较.假设 M 位专家按上述方法作对比,共作 $Mm(m-1)/2$ 次优先序的比较.故障 j 的总优先序数为 t_j ,记作 $t_k = \max \{t_j \mid j = 1, 2, \dots, m\}$,作为故障 i 引发故障 j 的初始隶属度 $S_{ij} = t_j / t_k (j = 1, 2, \dots, m)$.

3) 设专家经验权重为 W_1 ,经验数据权重为 W_2 ,其中 $W_1, W_2 \geq 0$,且 $W_1 + W_2 = 1$,则模糊隶属度 $r_{ij} = W_1 S_{ij} + W_2 V_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$,从而根据模糊隶属度 r_{ij} 的优先排序来生成相关的故障.

2.1.2 故障生成模型建立

雷达模拟器故障建模时首先需根据实际雷达故障建立故障信息库,由教员台设置故障的生成,分两种方法: 1 手动生成故障;由教员从故障信息库中查找需要的故障,在教员台上生成故障. 2 自动生成故障;点击教员台自检页面自动生成故障按钮和设置故障个数 R ,教员台会自动生成故障信息,结合故障的模糊隶属度来生成故障.

图 3 为教员台自动生成故障流程图,教员台系统自动生成故障时,考虑到实际雷达故障间的相关性,通过模糊隶属度来产生下一个故障,但所有的故障并不是都是相关的,即模糊隶属度为 0,此时则随机的产生一个故障.另外当一个故障的经验隶属度有多个数值不为 0,此时则输出模糊隶属度最大的相关故障.

2.2 故障显示建模

高优先级故障通知操作员马上采取措施,否则故障会损坏设备,模拟器就将该高优先级故障闪烁显示或报警.如果显示 10 秒~30 秒,操作员未采取有效措施,有些机载雷达 BIT 电路可以自动断电.

考虑到自检会出现误判, 设置较低的高优先级故障门限, 连续检测 3 次都故障, 模拟器显示高优先级故障. 低优先级故障往往不影响系统工作, 有时还会自动消失, 但不排除系统无法正常工作. 如果每次检测结果均显示, 必然导致 BIT 虚警率高, 所以模拟器设置较高的低优先级故障显示门限, 自检一次故障, 对应的计数器加 1, 只有连续检测 9 次都故障, 模拟器才将该低优先级故障显示出来, 如图 4 所示.

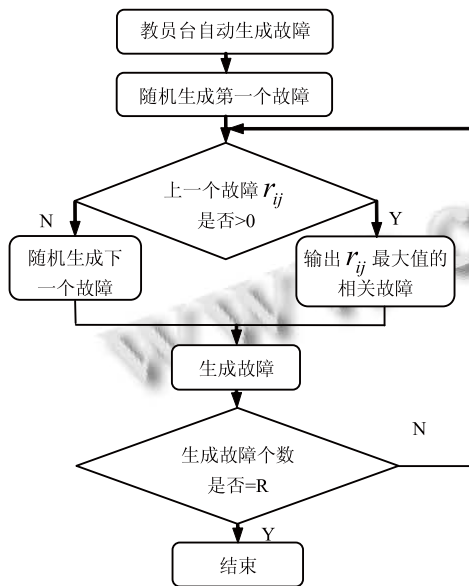


图 3 教员台自动生成故障流程图

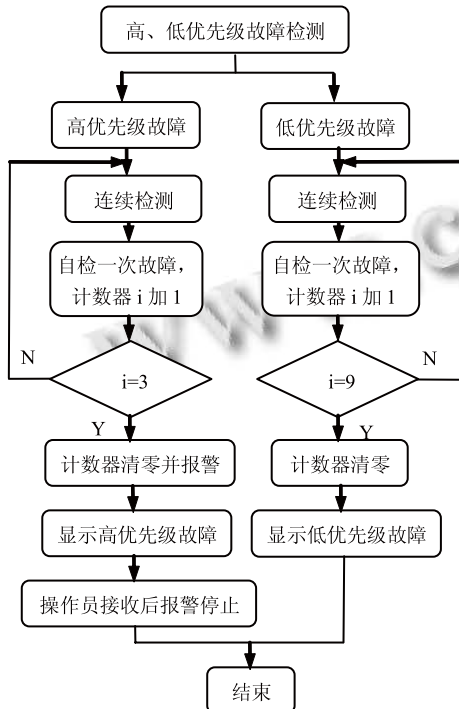


图 4 故障显示建模流程

3 软件仿真实例

系统软件平台为 WINDOWS 2000 NT 操作系统, 数据库系统为 Microsoft Access 2003, 开发软件选用 VC++ 6.0 和 VC++ .net 软件^[6-7].

整个雷达训练模拟器以高速以太网连接在一起, 由于通信系统结构复杂、网传数据量大、类型多, 时间要求迅速, 采用一种允许一个或多个发送者(组播源)发送单一的数据包到多个接收者(一次的, 同时的)的组播技术实现各组成部分的通信, 既可保证通信的快捷性, 又可避免网络的过分拥挤.

故障信息^[8]在显控台页面显示方法则是采用 c 语言中双向链表的方法对故障进行插入和删除, 如图 5 所示.

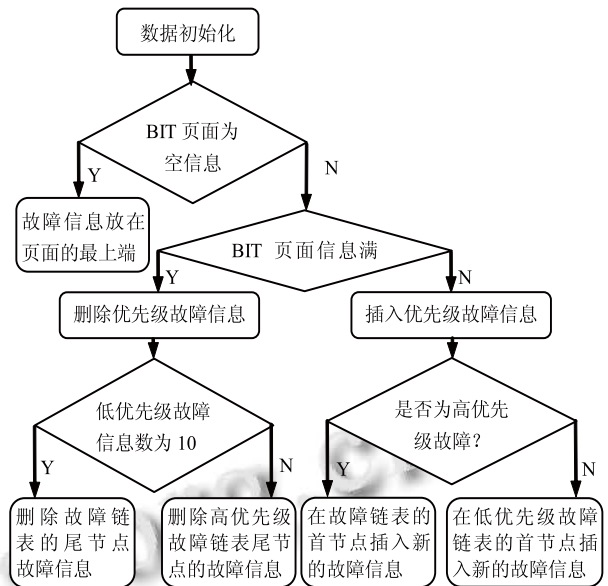


图 5 信息页面插入、删除故障流程图

由教员台生成故障, 通过组播技术, 将故障信息以 1 次/秒的速度发送给显控台, 先判断 BIT 页面是否已满, 是则进行删除操作, 否则页面继续插入故障信息, 页面中最多能显示 15 个优先级故障信息, 高优先级放在 BIT 页面的前面, 同等优先级则按照时间的先后排列.

信息显示主要编程代码如下所示:

```
void CICP1Dlg::displaybit()
{
    L_BIT *p;
    p=LBit;
    for (;bit_counter<16;bit_counter++)
```

```

        {
            if(p!=NULL)
            {
                CDC *dc=GetDC();
                dc->SetBkMode(TRANSPARENT);
                dc->SetTextColor(RGB(255,255,0));
                dc->TextOut(95,50+bit_counter*20,p->error_type);
                dc->TextOut(110,50+bit_counter*20,p->error_time);
                dc->TextOut(190,50+bit_counter*20,p->error_grade);
                dc->TextOut(215,50+bit_counter*20,p->error_information
            );
            p=p->next;
            ReleaseDC(dc);
            }
            .....
        }
    }
    void CICP1Dlg::Insert(BITInfo *node) //插入故障节点
    {
        struct BITInfo *bitScan;
        bitScan=BITHead;
        if(bitScan->next!=NULL)
        {
            bitScan->next->prior=node;
            node->next=bitScan->next;
            bitScan->next=node;
            node->prior=bitScan;
            HErrCount++;
            m2_p1p2->P12_BIT_HIGH_CUR=node->error_name;
        }
        m2_p1p2->P12_BIT_HIGH_NUM=HErrCount;
        m_socketp1p2group2.Send((char*)m2_p1p2,
        sizeof(STRUCT_P1P2_SEND2));
    }
    else
    {
        bitScan->next=node;
        node->prior=bitScan;
        .....
        drawrightblack();
    }
}
drawrightstandardbutton();
inrightbit();
}
void CICP1Dlg::delnode(int errorName) //删除故障节点
{
    .....
    struct BITInfo *bitFree;
    bitFree=bitScan->next;
    bitScan->next=NULL;
    free(bitFree);
    m2_p1p2->P12_BIT_HIGH_CUR=BITHead->next->error_name;
    m2_p1p2->P12_BIT_HIGH_NUM=HErrCount;
    struct BITInfo *bitScan;
    bitScan=BITHead->next;
    int scanFlag;
    scanFlag=0;
    .....
}

```

将建立好的模型运用在机载雷达模拟器中，模拟器的显控台接收到教员台发来的故障信息会检测判断高、低优先故障，并在显控台页面上显示故障信息，图 6 为故障信息显示页面仿真的效果图。图中 H、L 分别表示高、低优先级故障，两边的是触摸按键可以对故障进一步操作。图中红色键 PREV PAGE、NEXT PAGE 表示前一页和后一页，红色表示当前没有前后页，此键操作无效。从图中可以很好的显示出雷达训练模拟器仿真雷达自检的高、低故障。



图 6 仿真故障信息显示页面图

(下转第 239 页)

言的特点是用具有框图结构的 VI 代替繁琐的程序代码,产生的程序是框图的形式. LabVIEW 里有非常丰富图形控件,方便编程人员直接调用.基于此特点,本系统开发出了相应的上位机界面,可实现远程的检测和相应的控制功能,如温度值的显示,以及温度参考值的设定等.

4 测试结果

将设计的这套智能温控系统应用于 35KV 干式变压器,经过现场试验完成了相应的显示、控制和保护功能,并成功实现了远程监控,实现了智能化控制.该监控界面截图如图 6 所示.

设定参考值时,风机开启温度要小于高温报警温度,高温报警温度也要小于高温跳闸温度.当三相绕组温度大于参考温度中其中之一时,运行状态中相应指示灯会亮.图为正常情况下运行状态.



图 6 基于 LabVIEW 的监控界面

(上接第 189 页)

4 结语

本文介绍了一种机载雷达自检的高低优先级故障的建模仿真方法,为了贴近实际雷达的故障产生特点,在模拟过程中采用模糊隶属度方法来分析故障之间相关性.采用组播通信,结合软件仿真,在模拟器上显示效果良好,提高操作员对雷达故障应变和排故能力.

参考文献

- 1 初晓军,张乃庆,张欣.机载雷达 BIT 设计研究.航空电子技术,2003,12:34(4).
- 2 严利华,姬宪法,梅金国.机载雷达原理与系统.北京:航空工业出版社,2010.

5 结语

利用 TMS320F2812 的丰富的内部集成模块,使整个系统的硬件电路简单了不少,同时由于其高速的运算性能使得远程监控的实时性和准确性得到了保证.对于 35KV 干式变压器,铂丝热电阻传感器 Pt100 的高精度特性足以满足测温范围,为整个系统的数据分析和计算提供了可靠的依据.较传统的干式变压器温控系统,本系统优势明显,硬件结构简单,操作容易,可远程监控,易于维护,满足电力系统对干式变压器运行的安全性要求,具有十分广泛的应用前景.

参考文献

- 1 张伟民,戴义保,陈伟.干式变压器智能温度控制仪的系统设计.仪器仪表用户,2006,5:39-41.
- 2 巫付专,赵方,牟政忠.基于 DSP 的干式变压器温度监控系统.变压器,2007,8:61-63.
- 3 胥军.基于 CAN 总线的远程测量系统设计.电子测量,2008,4:61-64.
- 4 刘小强,粟梅.基于 CAN 总线的数据采集处理系统的设计.仪表技术与传感器,2006,9:22-24.

- 3 杨万海.雷达系统建模与仿真.西安:西安电子科技大学出版社.
- 4 徐吉辉,李建华,李建忠.模糊理论在故障诊断中的应用.仪器仪表用户,2009(5):29-30.
- 5 韩立岩,汪培庄.应用模糊数学.北京:首都经济贸易大学出版社,1998.18-30.
- 6 余俊,彭琇,杨志强.基于 Visual C++的雷达 PPI 显示仿真研究.电脑应用技术,2007(71):11-15.
- 7 李英.Visual C++编程与项目开发.上海:华东理工大学出版社,2008.
- 8 徐宏宇,陶然,单涛.一种实时雷达显示控制终端软件的设计.火控雷达技术,2002(1):7-9.