

基于复参数估计的逆变器故障实时检测*

崔博文

(集美大学机械工程学院 厦门 361021)

摘 要 逆变器故障主要表现为开关元件的不正常开通和关断。本文提出了一种基于复参数估计的逆变器实时状态监控方法。通过对逆变器输出电压信号的变换,得到逆变器输出电压信号的数字模型。利用复参数最小二乘估计方法获得了逆变器输出信号的基本正序对称分量和基本谱残差。提出了故障决策函数,通过观测故障决策函数值的跳跃变化,实现了逆变器的故障实时检测。仿真研究证明本文方法的有效性。

关键词 参数估计 逆变器 谱残差 故障检测

Real-time fault detection technique for inverter based on complex parameter estimation

Cui Bowen

(School of Mechanical Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract Open base drive and shoot through faults are always occurred in the inverter. The paper develops a real-time condition monitoring algorithm for inverter based on complex parameter estimation. On processing the inverter voltage signal, the model of inverter voltage signal is got. Using complex least square parameter, the fundamental positive sequence and spectral residual are obtained. The concept of fault decision-making function is proposed, the fault occurred in the inverter can be detected in real time by observing the abrupt change of the function. The simulation results show that the method is effective.

Key words parameter estimation inverter spectral residual fault detection

1 引 言

最新研究表明^[1]:变频调速系统中功率变换器的故障占整个驱动系统故障的 82.15%。为保障电力电子线路及驱动系统的正常运行,需要对其进行实时检测。本文通过最小二乘复参数估计方法对逆变器输出电压信号进行处理,获取了谱残差分量,给出了一种故障决策机制,实现了逆变器的故障检测。

2 电动机变频调速系统故障模式

逆变器供电的电动机驱动系统的故障主要存在以下几种情况^[2]:

- (1)电动机一相开路故障;
 - (2)功率开关元件断路故障;
 - (3)功率开关元件短路故障;
 - (4)逆变器一相桥臂两开关元件同时断路故障。
- 为便于分析,本文主要以逆变器任一开关元件短路、断路故障作为主要研究内容。

3 正序对称分量的估计

电动机变频调速系统的输出电压信号可表示为^[3]:

$$jv_p(m) = \sum_{k=1}^{k_n} V_{pk} \exp[jk\omega m \Delta t] - \sum_{k=1}^{k_n} V_{nk}^* \exp[-jk\omega m \Delta t] \quad (1)$$

* 基金项目:福建省自然科学基金(E0440005),福建省教育厅(JA004230)资助项目

式中: V_{pk} 为正序对称分量, V_{nk} 为负序对称分量, ω 为角频率, k_M 为最大谐波次数, Δt 为采样时间间隔。如果要估计 V_{pk} ($k=1, 2, \dots, N$), 系统信号模型可表示为:

$$jv_p(m) = H_k X_k + \epsilon(m) = \begin{bmatrix} \exp[j\omega m \Delta t] \\ \exp[j2\omega m \Delta t] \\ \vdots \\ \exp[jN\omega m \Delta t] \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} V_{p1} \\ V_{p2} \\ \vdots \\ V_{pn} \end{bmatrix} + \epsilon(m) \quad (2)$$

式中: $\epsilon(m)$ 可看作系统噪声处理, 且可表示为:

$$\epsilon(m) = \sum_{k=n+1}^{k_M} V_{pk} \exp[jk\omega m \Delta t] - \sum_{k=1}^{k_M} \exp[-jk\omega m \Delta t] \quad (3)$$

式(2)为一个标准的复数最小二乘估计方程, 可以利用复最小二乘估计方法^[4]估计各次正序对称分量。

4 谱残差的获取

设 $V_{p0} \in C$, $V_{p1} \in C$ 分别表示无故障、实际系统的正序对称分量, 则基本谱残差 r_f 可以表示为:

$$r_f = V_{p1} - V_{p0} \quad (4)$$

定义理想无故障系统、实际系统的输出信号分别为:

$$v_p(m) = -j \sum_{k=1}^{k_M} V_{pk} \exp[jk\omega m \Delta t] + j \sum_{k=1}^{k_M} V_{nk}^* \exp[-jk\omega m \Delta t] \quad (5)$$

$$\bar{v}_p(m) = -j \sum_{k=1}^{k_M} \bar{V}_{pk} \exp[jk\omega m \Delta t] + j \sum_{k=1}^{k_M} \bar{V}_{nk}^* \exp[-jk\omega m \Delta t] \quad (6)$$

则实际系统与理想无故障系统输出信号之差可表示为:

$$\Delta v_p(m) = H_k X_k + \epsilon'(m) = \begin{bmatrix} \exp[j\omega m \Delta t] \\ \exp[j2\omega m \Delta t] \\ \vdots \\ \exp[jN\omega m \Delta t] \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} r_p(1) \\ r_p(2) \\ \vdots \\ r_p(N) \end{bmatrix} + \epsilon'(m) \quad (7)$$

式中: $r_p(i)$ 为第 i 阶谱残差, $\epsilon'(m) = \epsilon(m) - \bar{\epsilon}(m)$ 。

5 故障决策函数

为便于实现, 定义决策函数如下:

$$r = \sqrt{r_p^*(1) r_p(1)} \quad (8)$$

式中: * 表示复共轭系统。决策函数为:

$$\begin{cases} r \geq T_D & \text{系统发生故障} \\ r < T_D & \text{系统无故障} \end{cases} \quad (9)$$

阈值 T_D 可通过仿真及试验确定。

6 仿真研究

以三相逆变器供电的电动机驱动系统为例, 具体参数为^[3]: 角频率 $\omega = 2\pi 42.5 \text{ rad/s}$, 载波比 $R = 18$, 调制系数 $M = 0.85$, 输入直流电压 $V = 632 \text{ V}$ 。

图1表示开关元件1、2在时间 $t = 0.05 \text{ s}$ 时分别发生常闭合、常断开故障时的决策函数值。根据仿真结果取阈值 $T_D = 20$ (图中直线表示)。当决策函数值 $r \geq T_D$ 时, 表明系统发生故障。

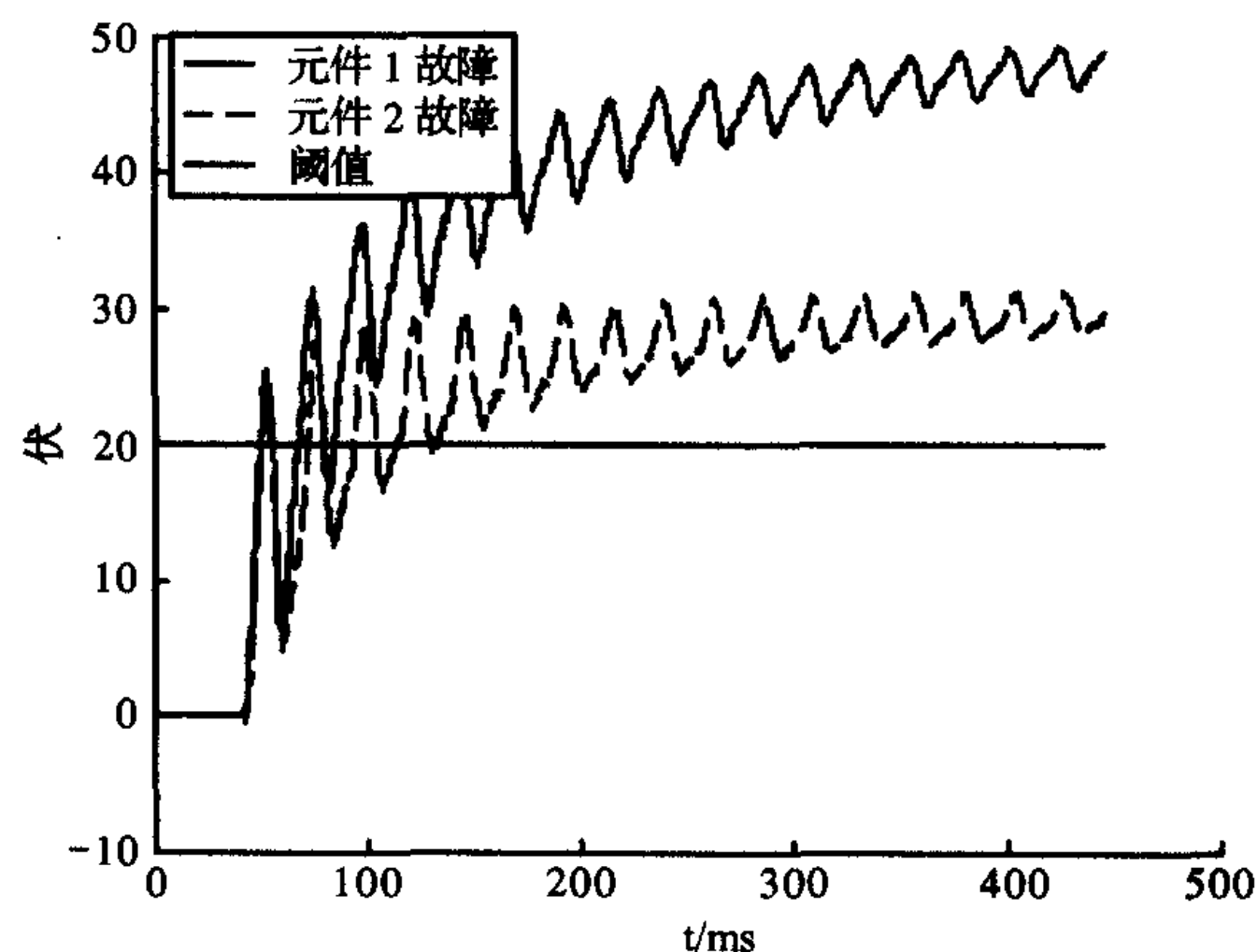


图1 开关元件故障决策函数

7 结束语

通过复参数最小二乘估计方法对逆变器输出信号正序对称分量实时在线估计的研究, 提出了一种基于复参数估计的逆变器故障实时检测方法。提出了基本谱残差的概念, 定义了决策函数, 实现了逆变器的实时故障检测或状态监控。仿真研究结果证明了本文方法的有效性。

(下转第412页)

飞机引擎仍然处于一种好的工作状态;而 B 型飞机引擎的紫外图像灰度值统计计算产生剧烈变化的原因来自于飞机引擎紫外辐射剧烈变化所引起的,这说明 B 型飞机引擎的工作状态发生了较大的变化,而这种变化来源于富油现象。

3.2 紫外图像灰度值相关数据统计及分析

按照正常工作和非正常工作将飞机引擎分为两类,分别统计其灰度值的样本平均绝对值偏差的最小值、最大值、平均值、标准偏差。

表 1、表 2 分别为正常工作状态紫外图像灰度值的样本平均绝对值偏差和富油工作状态紫外图像灰度值的样本平均绝对值偏差的最小值、最大值、平均值、标准偏差的数据统计。

表 1 正常状态图像灰度值的平均绝对值偏差的数据统计

平均值	最小值	最大值	标准偏差
1728.4	1691.4	1781.3	0.0306

表 2 富油工作状态图像灰度值的平均绝对值偏差的数据统计

平均值	最小值	最大值	标准偏差
407.8746	379.7196	520.3127	0.2756

从两组表格的统计数据可看出:正常工作状态的飞机引擎的紫外图像系列灰度值的样本平均绝对值偏差的变化范围不会很大,其标准偏差不超过 0.0306;若为富油状态的飞机引擎,紫外图像系列灰度值的样本平均绝对值偏差会发生明显的波动,其波动范围较正常工作状态大 9 倍左右,发生了明显的变化。可见,富油工作状态下,引擎工作状态的明显变化导致了引擎紫外辐射的明显增强。

4 结 论

(1) 本文中所采用的方法对于判断引擎的工作状

(上接第 394 页)

参考文献

- [1] Wikstron P W, Terens L, Kobi A H. Reliability, availability, and maintainability of high-power variable-speed drive systems[J]. IEEE Trans. Ind. Applica, 2000, 36(1): 231~241.
- [2] 崔博文,任章,陈剑,等. 逆变器供电的电动机变频

态有良好的稳定性和灵敏性,通过紫外图像灰度值统计计算的方法可以在某种程度上消除偶然因素造成的紫外辐射的影响,增加监测的灵敏度和可靠性。由此,上述紫外图像灰度值统计计算以及数据统计的方法可较为准确地诊断引擎是否处于富油。

(2) 相比红外光学图像的方法,紫外光学图像的背景噪声明显降低,有利于提高信噪比,对类似相关的监测是非常有利的。

参考文献

- [1] Anderson Gillbert L. Method of Detecting Stalls In A Gas Turbine Engine[P]. United States Patent 6,067,032, 2000.
- [2] Chang Shengli and Shen Xi, The Analysis of the Enrichment Jet Plane's UV Image[Z], SPIE, 2003, 5642-66.
- [3] Friedl R. R. 1997, Atmospheric effects of subsonic aircraft [R]. Interim Assessment Report of the Advanced Subsonic Technology Program, NASA Reference Publication, 2004.
- [4] Steris C G. Atmospheric transmission in the middle ultraviolet, SPIE, 68-2-10, 1989.
- [5] Kolb C E, The chemical physics of ultraviolet rocket plume signature, SPIE, 1988,932-2-21.
- [6] Zhong Ping. Method for Improving Accuracy of Projection Algorithm for the Electronic Image Stabilization[J]. Journal of Optoelectronics. Laser, 2003,14(2).
- [7] Zhao Yongxue. Study of the fault diagnosis technology for liquid propellant rocket engine by plume UV-VIS radation[J]. Journal of Astronautics, 2002,23(1).
- [8] 赵红颖. 灰度投影拟和算法稳定船载侦察系统获得的视频图像. 仪器仪表学报, 25(4).

调速系统实时故障检测[J]. 电机与控制学报, 2006, 10(1): 52-56.

- [3] 崔博文,任章,周继华,等. 基于奇异值分解的卡尔曼滤波器及其在逆变器信号中的应用[J]. 电机与控制学报, 2003, 7(1): 47-51.
- [4] 崔博文,陈剑,陈心昭,等. 复参数最小二乘估计方[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2005, 29(3): 5-9.