

一种基于自适应滑动窗格形滤波算法的故障检测器¹⁾

李渭华 萧德云 方崇智
(清华大学自动化系 北京 100084)

关键词: 格形滤波器, 故障检测, 自适应.

1 引言

基于 δ 算子前加窗格形滤波器的故障检测方法对系统故障反应灵敏。只是由于该滤波器的数据窗是无限宽的, 因而难以迅速地淘汰“旧数据”, 当故障消失后, 故障检测器仍可能处在报警状态^[1]。为了抑制“旧数据”而突出现时刻数据的作用, 文[2]开发了一种自适应滑动窗协方差格形滤波器, 它的数据窗不仅是有限宽的, 而且还能根据被跟踪信号的变化特点对窗宽作适应性的调整。本文基于这种滤波器提出了一种故障检测方法, 既保持了文[1]故障检测方法的优点, 又大大减少了误警率。

2 自适应滑动窗格形滤波器

完整的自适应正则化滑动窗协方差 (ANSWC) 格形滤波器算法由如下三种算集构成^[2]:

1) 正则化滑动窗协方差 (NSWC) 格形滤波器

$$\begin{aligned} K_{n+1,w+1}(t) &= G(K_{n+1,w}(t-1), r_{n,w+1}(t-1), e_{n,w+1}(t)), \\ e_{n+1,w+1}(t) &= F(e_{n,w+1}(t), r_{n,w+1}(t-1), K_{n+1,w+1}(t)), \\ r_{n+1,w+1}(t) &= F(r_{n,w+1}(t-1), e_{n,w+1}(t), K_{n+1,w+1}(t)), \\ d_{n+1,w+1}(t) &= F(d_{n,w+1}(t), q_{n,w+1}(t-1), K_{n+1,w+1}(t)), \\ q_{n+1,w+1}(t) &= F(q_{n,w+1}(t-1), d_{n,w+1}(t), K_{n+1,w+1}(t)), \\ K_{n+1,w+1}(t) &= F(K_{n+1,w+1}(t), q_{n,w+1}(t-1), d_{n,w+1}(t)). \end{aligned}$$

2) 正则化减少记忆协方差 (NDMC) 格形滤波器

$$K_{n+1,w}(t) = F(K_{n+1,w+1}(t), q_{n,w+1}(t-1), d_{n,w+1}(t)),$$

1) 国家自然科学基金资助。

本文于1993年11月16日收到

$$\begin{aligned}
 q_{n+1,w}(t-1) &= F(q_{n+1,w+1}(t), r_{n+1,w+1}(t), \mu_{n+1,w+1}(t)), \\
 r_{n+1,w}(t) &= F(r_{n+1,w+1}(t), q_{n+1,w+1}(t), \mu_{n+1,w+1}(t)), \\
 \mu_{n+1,w}(t) &= F(\mu_{n,w}(t), r_{n,w}(t), q_{n,w}(t)), \\
 d_{n+1,w}(t) &= F(d_{n,w}(t), q_{n,w}(t-1), K_{n+1,w}(t)), \\
 q_{n+1,w}(t) &= F(q_{n,w}(t-1), d_{n,w}(t), K_{n+1,w}(t)).
 \end{aligned}$$

3) 正则化增长记忆协方差 (NGMC) 格形滤波器

$$\begin{aligned}
 d_{n,w-n+1}(t) &= G(d_{n,w-n}(t-1), e_{n,w-n+1}(t), \mu_{n,w-n+1}(t)), \\
 e_{n,w-n}(t) &= F(e_{n,w-n+1}(t), d_{n,w-n+1}(t), \mu_{n,w-n+1}(t)), \\
 \mu_{n+1,w-n+1}(t) &= F(\mu_{n,w-n+1}(t-1), e_{n,w-n+1}(t), d_{n,w-n+1}(t)), \\
 K_{n+1,w-n}(t) &= G(K_{n+1,w-n-1}(t-1), r_{n,w-n}(t-1), e_{n,w-n}(t)), \\
 e_{n+1,w-n}(t) &= F(e_{n,w-n}(t), r_{n,w-n}(t-1), K_{n+1,w-n}(t)), \\
 r_{n+1,w-n}(t) &= F(r_{n,w-n}(t-1), e_{n,w-n}(t), K_{n+1,w-n}(t)).
 \end{aligned}$$

上述三组算式中各量的定义见文[2],其中 w 为滤波器数据窗宽度,最大值为 w_1 ,最小值为 w_s ; n 为滤波器阶次; t 为采样时刻; $F(\cdot, \cdot, \cdot)$, $G(\cdot, \cdot, \cdot)$ 分别为标量函数.

3 故障检测的实现

将 ANSWC 格形滤波器用于故障检测的关键是确定故障检测变量并协调 NSWC, NDMC 及 NGMC 这三种滤波器之间的工作. 可以证明,由 ANSWC 格形滤波器生成的偏相关系数 $K_{1,w}(t)$ 作为故障检测变量是合适的¹⁾.

考虑仿真模型

$$y(t)(1 + a_1 z^{-1} + 0.375 z^{-2}) = (z^{-1} + 0.5 z^{-2})u(t) + v(t),$$

其中 $u(t)$ 和 $v(t)$ 均为白噪声,分别为系统输入和测量噪声; $y(t)$ 为输出. 通过改变参数 a_1 来模拟故障. 无故障时 $a_1 = 0.95$, 故障发生后 a_1 突变为 $a_{1z} = 0.6$. 取 $w_1 = 200$, $w_s = 40$. 故障发生时刻 $t_f = 420$, 故障持续时间 $f_\Delta = 300$.

先将仿真数据送进窗宽为 w_1 的 NSWC 格形滤波器,生成故障检测变量 $K_{1,w}(t)$,

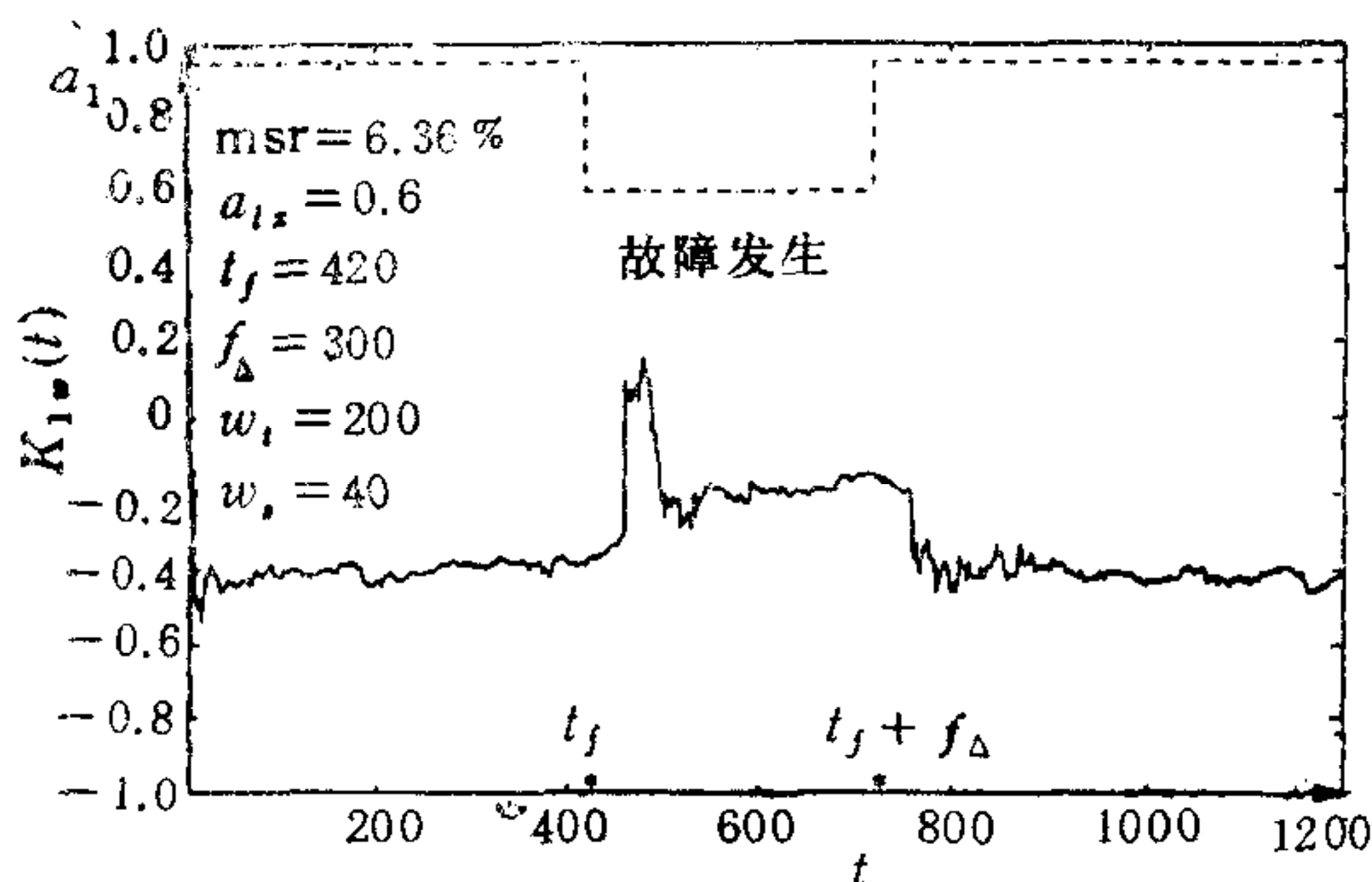


图1 本文故障检测结果

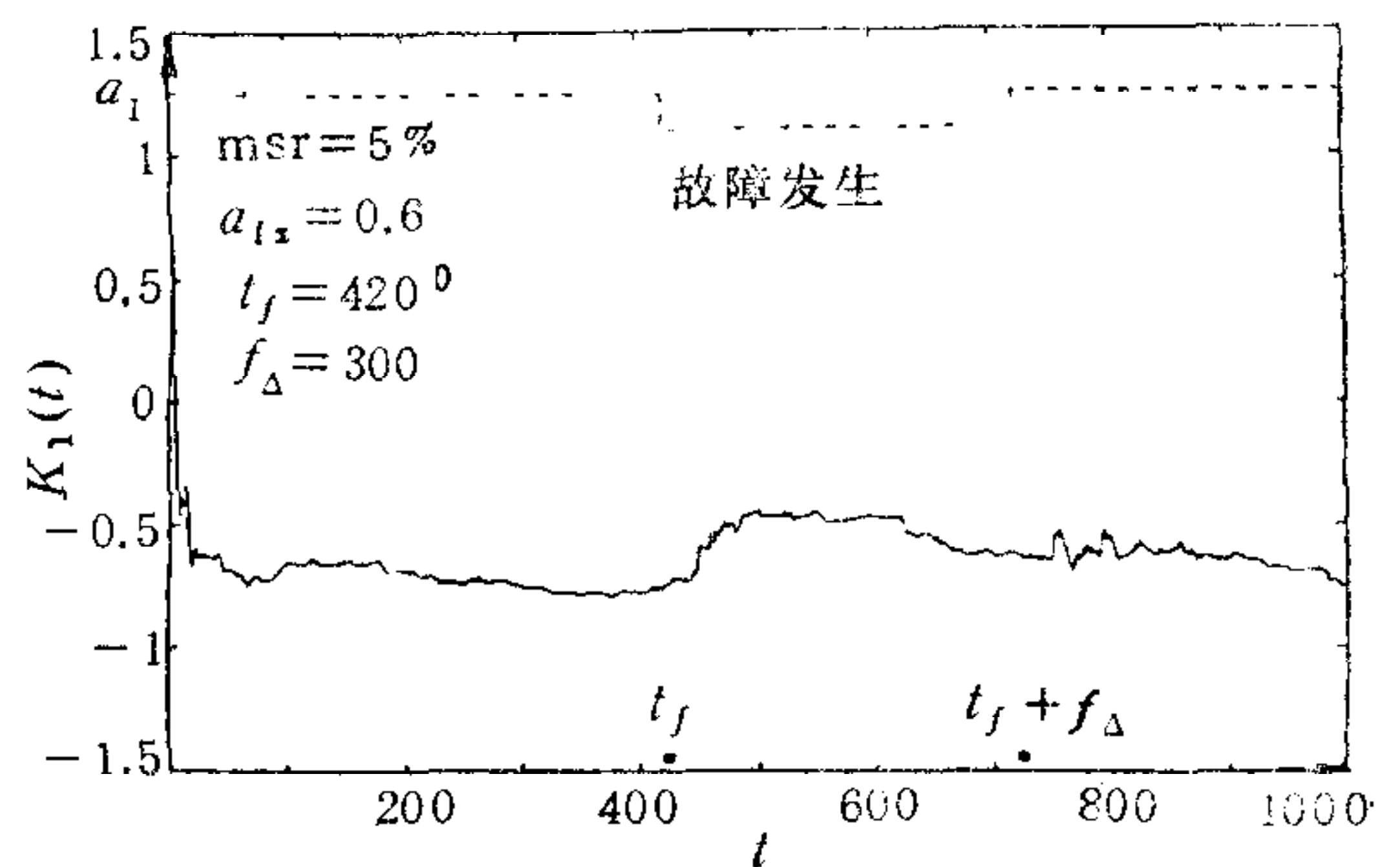


图2 文[1]检测结果

1) 李渭华. 基于自适应信号处理的非模型故障诊断方法. 清华大学博士论文, 1994.

然后判别是否有故障发生。若有故障发生,则启动 NDMC 滤波器并在一个采样周期内将 NSWC 滤波器的数据窗降至 w_s 。系统渐渐稳定工作在故障状态后,启动 NGMC 算法将数据窗逐步升回到 w_l 。数据窗宽一旦升回到 w_l ,再一次启动 NSWC 滤波器继续判别系统工作在何种状态。

故障检测仿真结果如图 1 所示,图 2 为文[1]对同组仿真数据的故障检测结果。可见本文提出的故障检测方法对故障的发生和消失比文[1]的方法反应更加灵敏。

参 考 文 献

- [1] 李渭华,萧德云,方崇智. 基于 δ 算子的格形故障检测滤波器. 自动化学报,20(1994),4: 416—422.
[2] Settineri R et al. Adaptive RLS lattice filters for fastly nonstationary signals. IEEE Proc ASSP, 3 (1990):1807—1810.

AN ADAPTIVE SLIDING WINDOW LATTICE FILTERING ALGORITHMS-BASED FAULT DETECTOR

LI WEIHUA XIAO DEYUN FANG CHONGZHI
(Dept. of Automation, Tsinghua Univ. Beijing 100084)

Key Words: Lattice filter, fault detection, adaptive.