

基于数据过滤的化工过程报警优化

田文德^{1,2*}, 史晓楠², 王春利¹, 李传坤¹

(1. 化学品安全控制国家重点实验室(中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院), 山东 青岛 266071; 2. 青岛科技大学化工学院, 山东 青岛 266042)

摘要:为减少重复报警对操作者造成的滋扰,对报警限进行了优化设计。在死区的基础上,引入了基于数据过滤的报警限优化设计,并结合实例进行了分析。死区和数据过滤的结合有效地避免了重复报警的产生。

关键词:报警管理;重复报警;死区;数据过滤

中图分类号:TH862⁺.7

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)04-0160-04

Alarm optimization of chemical processes based on data filtering function

TIAN Wen-de^{1,2*}, SHI Xiao-nan², WANG Chun-li¹, LI Chuan-kun¹

(1. State Key Laboratory of Chemicals Safety, Qingdao Safety Engineering Institute, SINOPEC, Qingdao 266071, China; 2. College of Chemical Technology, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: In order to minimize the interference of repeating alarm to the operator, the optimization of the alarm limit design based on the dead area and data filtering function is introduced. The analysis is also conducted in combination with the practical examples. The result shows that the combination of dead area and data filtering effectively prevents the occurrence of the repeating alarm.

Key words: alarm management; repeating alarm; dead area; data filtering

报警系统构成了操作界面的大型现代化工业设施的一个重要组成部分,对预防、控制和减轻异常情况的影响具有重要的作用。如果这些报警系统不能很好地工作,其影响可能会非常严重。

常见的过程参数报警限的设置包括基于模型、基于知识和基于统计的方法。Jiang^[1]建立了在线和离线模型进行报警阈值的优化;Mezache等^[2]将模糊神经网络和遗传算法用于阈值估计的训练;Verdier等^[3]改进了变化检测算法CUSUM(cumulative sum),得到自适应的报警阈值,使过程的误报率保持稳定;Brooks等^[4]认为过程报警是多变量相互作用的结果,把报警管理、过程控制和产品质量控制融合到同一个几何图形里,然后根据它们三者之间的相互关系计算出报警阈值,减少了大量的误报警,增强过程的安全性;Chen^[5]根据数据的伯努利分布特征,在多变量统计过程中构建T²和Q的二级控制限,减少了误报警;赵劲松等^[6]提出了基于数据过滤的报警自动抑制策略来处理重复报警;刘恒等^[7]采用核密度估计方法,基于历史数据对过程报警状态进行评估,并采用数值优化的方法进行求解。

1 报警管理中一些指标的计算

关于误报率的计算:稳态下,选取误报率作为优化的目标。计算误报率,假设有100个稳态数据点,

当固定过滤窗口(利用移动平均法),就会得到一组过滤后的数据,然后根据报警限,确定报警的数据点有多少,假设为 n ,因为数据点本身是稳态的,不应该报警,所以误报率就是 $n/100$ 。

关于漏报率的计算:存在异常状态时,选取漏报率作为优化目标。计算漏报率,假设有100个异常状态的数据点,当固定过滤窗口(利用移动平均法),就会得到一组过滤后的数据,然后根据报警限,确定没有报警的数据点的个数,假设为 n ,所以漏报率就是 $n/100$ 。

平均报警率提供了一个良好和简单的指示关于报警系统施加给操作者的工作量。是在相当长的时期内进行的测量,例如每个星期,提供有益的性能指标。比率应该在每个操作者的基础上计算,并且应该计数有操作者需要接收的所有报警信息。

平均报警率一般是指以10 min为单位的平均报警个数,计算的话用10 min为单位统计报警个数,统计一段时间内每10 min的报警个数,然后算平均。方法:用声音报警的总数量(不包括那些由默认过滤器除去的报警)除以这一区域内总的操作者的数量,然后将结果除以时间间隔的个数。公式:总的报警数/时间段的个数。举例:假设在50 min内有100个报警,则平均报警率=100/5=20个。

峰值报警率是在计算平均报警率时,得到的

10 min 内最多的报警个数除以这一区域内总的操作者的数量。

扰动率一般代表报警系统被打乱的时间比例。计算是以连续的 1 h 为计算单位,用默认过滤器消除每个周期内的非声音报警,然后计数超过 30 个报警的时间段。公式:超过 30 个报警的时间段个数/总的时间段个数。举例:假设在 6 h 内,有 3 h 的报警数都超过了 30 个,则扰动率 = $3/6 = 0.5$ 。

2 重复报警

重复报警,即相同的警报在一段时间内反复地出现和消除,是无效报警最常见的形式。在一个典型的工厂,重复报警可能占了 50% 左右的报警指示,它们会造成对操作者的滋扰。另外,在某些设计中,重复报警可能导致报警列表显示器被相同的报警信息填满,挡住了其他的消息。

重复报警可以由几个方面产生,例如过程变量中的噪声接近报警设置时,过程变量中真正的高频率波动,反复通断控制回路的行动。

由于重复报警往往会有意想不到的信号波动,往往是设备故障期间,报警负载很高以及额外的无效报警尤其不受欢迎的情况下产生的。因此,提供保护防止它们是很重要的。

(上接第 159 页)

间设为 1 min,改变给定值,观察调节器上的测量值的稳定情况,直至出现改变给定值以后,测量值出现不是越来越大,而是逐渐稳定并且等于给定张力值。如果积分量间设定好以后,改变给定值,调节器上的测量值出现逐渐变小最后回到给定值直到稳定,但需要稳定的时间较长,说明积分时间设定的过大,适当调小积分时间,改变给定值,观察测量值稳定情况。如果回到给定值直到稳定所需的稳定时间仍较长,再将积分时间调小,直至到满意程度为止。

4 联锁设计

纺丝线经常有缠棍停车现象,而稀油剂循环系统不停运。由于稀油剂罐比较大,整个油剂系统有一定的滞后性。因此,纺丝线停车后,阀开度开始保持原位,浓油剂继续补加。等到整个稀油剂系统的浓度偏高时,阀才开始逐渐关闭,这就造成稀油剂浓度的波动。因此决定在 DCS 控制回路中设计一套卷曲机停车和调节阀关闭的联锁,以达到纺丝线停运,浓油剂停止补加的目的。

联锁系统是通过顺控表来实现的,把卷曲机传

EEMUA191 中提到了很多处理重复报警的方法。如死区、瞬间抑制、搁置、自动搁置等^[8]。Kondaveeti 等^[9]利用 2 个报警之间的间隔来进行重复报警的识别,Naghoosi 等^[10]对其进行了改进,加入了变量的统计特征。

3 基于数据过滤的死区优化设计

3.1 死区

死区是一种专门针对重复报警的处理方法。图 1 给出了一个死区被应用的例子。图 1 中显示发生报警是在一个等级,但是警报的消除却是在另一个等级。

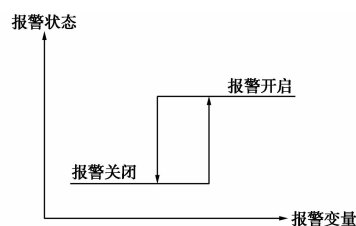


图 1 死区的应用

对于模拟测量产生的警报,死区的使用往往对消除重复报警非常有效。表 1 显示了建议的死区设置的默认值。

送过来的运行状态信号作为顺控条件的一个元素,PID 控制回路的 PSW 输出作为顺控动作结果。当卷曲机停运时,PSW 输出为 1,PSW 为 1 时,PID 控制回路处于手动状态并且输出为 0。以达到关阀的目的。此联锁通过工程师站进行组态即可实现。

系统投用以后,稀油剂浓度实现了自动控制,由于油剂浓度能够稳定在一定的给定值上,丝束的优品率得到了一定的提高,填补了国内的空白,同时也减轻了工人的劳动强度,取得了一定的经济效益和社会效益。

5 结论

(1) 油剂的特殊性及介质的温度较高,在线分析与控制具有一定难度,但其完全能实现自动控制。

(2) 自动控制系统控制稳定,故障率低,解决了以前控制系统存在的故障及问题。

(3) 仪表选型合理,控制系统设计正确,联锁投用正常,确实起到了卷曲机停运阀关闭的作用。

(4) 腈纶丝含油量控制系统经过 1 年的观察和测试,系统运行良好,控制稳定,故障率低,丝束含油量达到了要求的控制指标,填补了国内空白。■

表 1 死区设置的默认值 %

信号类型	流量	高度	压力	温度
死区范围	5	5	2	1

为了获得最好的性能,死区的大小将需要调整,以与过程信号的特征匹配。这应该是调试报警系统的一部分。另外,死区可能需要在随后的设备运行过程中优化,如果特定的警报发现频繁的重复而造成滋扰。

数字报警传感器如限位开关通常包括一个小的机械死区,不能进行调整。如果过程变量是嘈杂的,固有的死区往往不足以阻止产生的重复报警。然后,一些其他的抑制重复报警的方法需要被使用或警报应该改变到来自于模拟测量。

3.2 过程变量报警限的设计

在实际中,选择报警限的设置很复杂,必须考虑以下几个因素:设备的动力学因素,例如,可接受的正常运行波动的幅度和持续时间;在装置保护系统运行之前操作员有足够的时间处理报警;在严重异常的情况下,报警变量的数据变化率可能会发生改变。这些因素之间可能的关系的说明如图 2 所示。

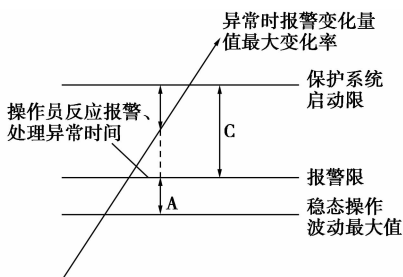


图 2 报警限示意图

在设计一个变量报警上限时,需要考虑 2 个间距: A 是正常操作的变量最大值与报警限之间间距; C 是报警限与装置保护系统启动最小值的间距。A 与 C 是一对矛盾的组合,取决于报警限的设置。当报警限过小时,即 A 减小, C 增大,此时由于变量数据接近报警限,使得容易触发报警,且此报警大多数为错误或无效报警。当报警限过大时,即 A 增大, C 减小,此时留给操作员响应及处理报警的时间缩短,同时对装置保护系统的要求提高,对于异常状况的处理也是不利的。

3.3 基于数据过滤的死区最优化设计

单个报警的优化设计。寻找最佳的滤波器及其他方法,并结合企业中的实际可行性(例如一阶滤波器形式),降低噪声、不稳定、过渡过程等因素对

误报和漏报的影响。

滑动平均滤波器是较为常见的线性滤波器,它的工作原理是将相近的 n 个样本点进行平均,然后针对平均值使用基本越限报警机制生成或消除报警。 $y_i = 1/n(x_{i-n+1} + \dots + x_{i-1} + x_i)$, $i = n, n+1, \dots$ 。式中 x_1, x_2, \dots 为位号变量的测量值, y_i 是变量过滤的值, n 为窗口大小。需要注意的是, n 的值选取要适当, n 过大,会使过滤后的数据过于平滑,偏离了原始数据; n 过小则达不到预期的效果。

基于数据过滤的报警限的最优化设计是通过历史数据进行过滤,找到最佳的窗口大小及报警上下限,同时使得过程变量的误报率和漏报率达到最低。优化步骤如下。

(1) 选取合适的历史数据。针对重复报警,选取一段能够引起重复报警的历史数据段,进行滑动平均过滤。

(2) 稳态的情况下,以误报率作为优化目标。当窗口大小为 i 时,从小到大改变报警上限,并计算误报率,记录使误报率达到最小的最小报警上限;同时,从小到大改变报警下限,并计算误报率,记录使误报率达到最小的最小报警下限。

(3) 选取目标函数:

$$S(i) = S(\text{上}) + S(\text{下}) =$$

$$\min\{\alpha \cdot \beta \cdot i + (1 - \alpha) \cdot | \text{AMLMT}_{i\text{上}} - \text{AMLMT}_{\text{上}} | \} +$$

$$\min\{\alpha \cdot \beta \cdot i + (1 - \alpha) \cdot | \text{AMLMT}_{i\text{下}} - \text{AMLMT}_{\text{下}} | \}$$

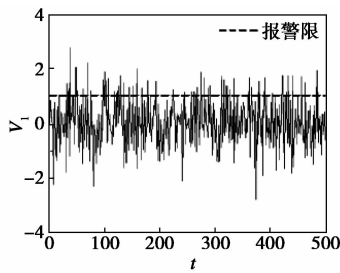
其中 AMLMT 为报警限, α 为权值,表示窗口大小所占的比重,是平衡窗口大小和报警限差值的数量级,通常比报警限小 1 个数量级。能够使目标函数 $S(i)$ 最小的报警上下限以及窗口大小为要求的最优设计。

通过这种方法求得了报警上下限也就是死区的范围,死区的使用对消除重复报警非常有效。

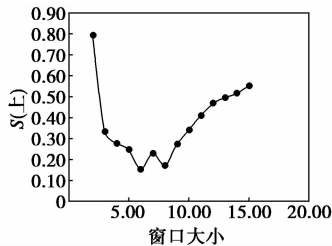
3.4 应用案例分析

下面结合实例进行具体说明(以计算死区的上限为例)。首先给出位号变量 V_1 的一些历史数据,然后针对这些历史数据选择合适的滤波器进行滤波,然后进行计算分析,最后求得最优化的窗口大小以及死区的范围。

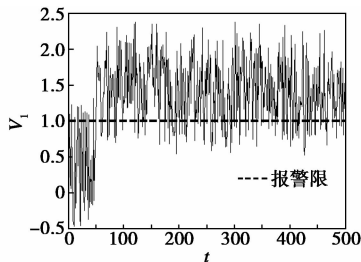
位号变量的历史数据如图 3 所示。由图 3 可以看出,由于噪声的影响,变量值在报警限等于 1 处有重复报警的产生,所以需要进行再设计,对数据采用数据过滤的处理方法,加入死区来减少重复报警的产生。由于装置处于稳定状态,所以选取误报率作为优化指标。

图3 变量 V_1 的历史数据

本案例采用移动平均法进行数据过滤,同时也可以选择加权移动平均法、选择移动方差法和指数加权移动平均法等。根据上述优化步骤,选取窗口大小为 $i=2, \dots, 15$, 分别计算使误报率最小的最小报警上限的值,可以得到对应的14组二维数据。然后,由于报警上限是1,所以取 $\beta=0.1$, 取 $\alpha=0.2$, 将二维数组带入到目标函数 $S(\text{上})$ 中,结果如图4所示。从图4上可以得出当窗口大小 $i=6$, 报警上限 $AMLMT_i=1.04$ 时,目标函数 $S(\text{上})$ 最小。可以用同样的方法求得报警下限。最后带入目标函数 $S(i)$ 中即可得到最优的窗口大小及死区范围。

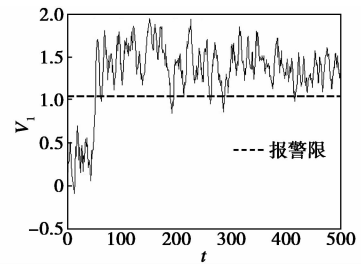
图4 $S(\text{上})$ 的值

在装置的实际运行过程中,通过集散控制系统DCS得到的变量 V_1 的实时数据如图5所示。

图5 V_1 的实时数据

从图5可以看出,变量 V_1 在第50个数据点有异常情况发生,并产生了大量的重复报警,给操作员的工作带来了干扰,严重影响了操作员的操作。对于这种情况可以选择基于数据过滤的死区的优化设计,由于有异常的情况发生,所以选取误报率作为优化指标。报警上限的值上面已经得出,对变量 V_1 进

行数据过滤。过滤后的数据如图6所示。

图6 变量 V_1 数据过滤后的值

4 结语

对报警系统中的如何抑制重复报警进行了研究,在死区的基础上,引入了基于数据过滤的报警限设计。但是,本文中只是对单个报警的报警限进行了研究,并没有考虑报警变量之间的相关性,后续的工作应进一步考虑相关性。

参考文献

- [1] Jiang R. Optimization of alarm threshold and sequential inspection scheme[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2010, 95: 208 - 215.
- [2] Mezache A, Soltani F. A novel threshold optimization of ML-CFAR detector in Weibull clutter using fuzzy-neuralnet works[J]. Signal Processing, 2007, 87: 2100 - 2110.
- [3] Verdier G, Hilgert N, Vila J P. Adaptive threshold computation for CUSUM-type procedures in change detection and isolation problems [J]. Computational Statistics and Data Analysis, 2008, 52: 4161 - 4174.
- [4] Brooks R, Thorpe R, Wilson J. A new method for defining and for correcting process operation when an alarm occurs[J]. Journal of Hazardous Materials, 2004, 115: 169 - 174.
- [5] Chen J. On reducing false alarms in multivariate statistical process control[J]. Chemical Engineering Research and Design, 2010, 88: 430 - 436.
- [6] 赵劲松, 朱剑锋. 基于数据过滤的化工过程重复报警处理策略[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2012, 52(3): 277 - 281.
- [7] 刘恒, 刘振娟, 李宏光. 基于数据驱动的化工过程参数报警阈值优化[C]. 2012年中国过程控制大会专刊, 2012.
- [8] Burnell E, Dicken C R. Handling of repeating alarms[Z]. IEE Colloquium on Stemming the Alarm Flood. London, UK, 1997: 1211 - 1214.
- [9] Kondaveeti S, Izadi I, Shah S L, et al. Quantification of alarm chatter based on run length distributions[C]//49th IEEE Conference on Decision and Control. Atlanta, GA, USA, 2010.
- [10] Naghoosi E, Izadi I, Chen T. Estimation of alarm chattering[J]. Journal of Process Control, 2011, 21: 1243 - 1249. ■