

Hội Tự động hóa Việt Nam
Đại học Bách khoa Hà Nội
Công ty cổ phần Hội chợ triển lãm và quảng cáo Việt Nam VIETFAIR



TUYỂN TẬP

HỘI NGHỊ - TRIỂN LÃM QUỐC TẾ LẦN THỨ 5
VỀ ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA VCCA-2019

6-7 tháng 9 năm 2019



VCCA-2019



VCCI

PHÒNG THƯƠNG MẠI VÀ CÔNG NGHIỆP VIỆT NAM



Hà Nội 2019

ISBN: 978-604-95-0875-2



11:15-11:30	8	Thiết kế hệ thống điều khiển mức nước nổi hơi	Nguyen Hoa Lu, Dang Thai Son, Le Van Chuong, Ho Sy Phuong
11:30-11:45	68	Thực nghiệm điều khiển phi tuyến cho thiết bị phản ứng có khuấy trộn liên tục CSTR	Mai Thị Doan Thanh, Đoàn Quang Vinh
12:00-13:30	Nghỉ ăn trưa		
Tiểu ban 10 Điều khiển chuyển động Đồng Trưởng Tiểu ban PGS. TS Nguyễn Tấn Tiến, TS. Nguyễn Mạnh Cường			
13:30-13:45	89	Điều khiển chuyển động của robot khung xương-EXOSKELETON trong chế độ đứng lên, ngồi xuống	Nguyễn Văn Thịnh, Phạm Đình Tùng
13:45-14:00	102	Ứng dụng giải pháp trượt điều khiển dịch chuyển đồng bộ	Nguyễn Văn Diên, Trần Đức Thuận
14:00-14:15	115	Nghiên cứu ứng dụng cơ cấu tác động đàn hồi cho Robot bốc dỡ	Tan Tien Nguyen, Quang Dung Le, Huy Hung Nguyen, and Trong Hieu Bui
14:15-14:30	135	Lập trình quỹ đạo và động lực học Robot	Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Văn Quyền
14:30-14:45	45	Thiết kế luật điều khiển phi tuyến cho hệ nâng từ trường có tính tác động nhanh	Nguyễn Xuân Chiêm, Nguyễn Trần Hiệp, Phan Nguyễn Hải, Trần Công Phan, Hoàng Lê Thủy
14:45-15:00	125	Thiết kế bộ điều khiển vị trí cho quadrotor bằng phương pháp trượt	Nguyễn Đình Quân, Hoàng Quang Chính

18:00-21:00	Tiệc chiêu đãi		
-------------	-----------------------	--	--

Thứ 7, ngày 7 tháng 9 năm 2019

Phòng họp HT 1: Cung Văn hóa Lao động Hữu nghị Việt-Xô

Thời gian	Bài số	Tên báo cáo	Tác giả
Tiểu ban 14 Mô hình hóa và điều khiển rô bốt công nghiệp Đồng Trưởng Tiểu ban PGS. TS Lê Hoài Quốc, GS.TSKH Nguyễn Văn Khang			
08:30 - 08:45	103	Development of Robot Simulation and Communication for Five Joints Mitsubishi RV-2AJ Robot using Matlab/Simulink	Son Nguyen Hoai, Son Chau Hoang Lien, and Duy Anh Nguyen
08:45 - 09:00	10	Thiết kế chế tạo robot 6 trục AKB-IRV1	Lê Anh Kiệt, Lê Anh Tài, Huỳnh Công Đạt Nguyễn Xuân Vinh, Nguyễn Ngọc Lâm
09:00 - 09:15	24	The matrix form of the dynamics of robot manipulators with a novel formulation of Coriolis/ centrifugal matrix	Le Ngoc Truc, Nguyen Van Quyen, Nguyen Phung Quang

In this article, we developed a system for detecting driver drowsiness and warning they, aiming to target applications on cars to minimize the risk of accidents caused by sleepy drivers. Through the detection method, calculate the ratio of facial faces directly from the webcam installation system to receive the image of the driver's face to the Raspberry embedded computer to process images and make decisions play or not give warning. In particular, the article focuses on: Detecting and identifying faces from webcams. The face detection method is proposed using HOG and SVM linear classifier [1]. Method of determining the position of landmarks on the face using the facial landmark identifier of dlib with the iBUG 300-W facial feature data set [2][3][4][5]. The warning measures used in this design include: sound warning (whistle); tactile (vibrating system); brake system; emergency light system. Function to maintain alertness with blue LEDs [6]. Store images of driver drowsiness and sent to the monitoring center via email.

Trong bài báo này, chúng tôi phát triển một hệ thống phát hiện ngủ gật và cảnh báo tài xế, hướng tới mục tiêu ứng dụng trên các ô tô để giảm thiểu nguy cơ tai nạn do tài xế buồn ngủ gây ra. Thông qua phương pháp phát hiện, tính toán tỉ lệ các bộ phận trên khuôn mặt theo thời gian thực. Hình ảnh khuôn mặt tài xế được thu nhận thông qua webcam sau đó đưa về máy tính nhúng để xử lý và đưa ra quyết định phát hay không phát cảnh báo. Trong đó, bài báo tập trung chính vào: Phát hiện các biểu hiện thiếu tập trung, mệt mỏi, ngủ gật và cảnh báo tài xế. Cách thức phát hiện được đề xuất là phát hiện và đánh dấu các mốc khuôn mặt trên hình ảnh nhận được từ webcam từ đó tính toán tỉ lệ của mắt, miệng. Phương pháp phát hiện khuôn mặt được đề xuất có sử dụng các đặc trưng HOG và bộ phân lớp tuyến tính SVM [1]. Phương pháp xác định vị trí các mốc trên khuôn mặt sử dụng bộ xác định facial landmark của dlib với bộ dữ liệu về mốc đặc trưng trên khuôn mặt iBUG 300-W[2][3][4][5]... Các biện pháp cảnh báo được sử dụng trong thiết kế này gồm: cảnh báo bằng âm thanh (còi); xúc giác (hệ thống rung); hệ thống phanh; hệ thống đèn khẩn cấp. Chức năng duy trì sự tỉnh táo bằng đèn led xanh dương [6]. Lưu trữ hình ảnh tài xế ngủ gật và gửi về trung tâm giám sát thông qua email.

TB5.3 10:45 – 11:00 hrs

[P105] Applying Dual Command in Optimizing Warehouse Operation.

Tuan Nguyen Minh, Long Le Ngoc Bao, Duy Anh Nguyen
Hochiminh City Univ. of Technology, VNU-HCM
Email: duyanhnguyen@hcmut.edu.vn

Storage location assignment and path planning are the core of warehouse operation. This paper proposes innovations for both aspects. Items will be assigned to locations based on FSN analysis and utilized the suitable path. Storage and retrieval (S/R) cycle is also considered, instead of using single command S/R cycle, dual command S/R cycle is applied to reduce the travel

distance of AGVs. In this paper, the environment of warehouse is described by a semantic map. In the simulation, semantic labels are assigned to every place, which can give us a thorough observation about location and path planning. The result is reducing the travel distance and the traffic congestion in warehouse. Besides that, the simulation shows the position of each pallet and the path of AGV.

TB5.4 11:00 – 11:15 hrs

[P72] Đánh giá chất lượng một cấu trúc điều khiển phối hợp mới của nhà máy nhiệt điện đốt than theo mục tiêu bám lượng đặt công suất và tích kiệm nhiên liệu.

Quality evaluation of a new coordinated control structure of coal-fired thermal power plants with the objective of tracking setpoint power and saving fuel.
Phạm Thị Lý^{1,2}, Bùi Quốc Khánh¹, Phạm Văn Long¹,
Trần Hải Long¹
¹ĐH Bách Khoa Hà Nội, ²ĐH Giao thông vận tải
Email: ptlydk@utc.edu.vn

The paper presents analysis of structure of boiler-turbine coordinated control of Hai Phong thermal power plant, comparison its similarities and differences, its structural advantages and disadvantages with the new boiler-turbine coordinated control structure that was designed by authors. Next, the simulation for both the plant structure and the new structure according to the targets of following setpoint and fuel saving. Both structures use data collected from Hai Phong thermal power plant to simulate. The simulation results show that the new coordinated control structure has more advantages than control structure of the plant about the targets of following power setpoint and consuming less fuel, as well as simple structure, easy operation and adjustment.

Nội dung bài báo thực hiện việc phân tích cấu trúc điều khiển phối hợp lò hơi-tuabin của nhà máy nhiệt điện Hải Phòng. Sau đó, thực hiện việc so sánh những điểm giống và khác nhau, những ưu, nhược điểm cấu trúc này với cấu trúc điều khiển phối hợp lò hơi-tuabin mới mà nó đã được thiết kế bởi đề tài. Tiếp theo, thực hiện việc mô phỏng cho cả hai cấu trúc của nhà máy và cấu trúc mới đã được đề xuất theo chỉ tiêu bám lượng đặt và tích kiệm nhiên liệu. Cả hai cấu trúc đều sử dụng dữ liệu thu thập từ nhà máy nhiệt điện Hải Phòng để tiến hành mô phỏng. Kết quả mô phỏng cho thấy, hệ điều khiển phối hợp mới có ưu điểm hơn so với cấu trúc điều khiển nhà máy khi khảo sát về chỉ tiêu chất lượng bám lượng đặt và tiêu thụ ít nhiên liệu hơn. Hệ thiết kế có cấu trúc đơn giản, dễ vận hành, chỉnh định.

TB5.5 11:15 – 11:30 hrs

[P8] Thiết kế hệ thống điều khiển mức nước nồi hơi. Design of Control System for Regulation of Water Level in a Boiler Drum

Nguyen Hoa Lu¹, Dang Thai Son¹, Le Van Chuong¹, Ho Sy Phuong¹, Ta Hung Cuong¹, Duong Dinh Tu¹, Phan Van Du¹, Mai The Anh^{1*}

¹Vinh University, Nghean, Vietnam

*Email: theanh@vinhuni.edu.vn

Bài báo đề xuất phương pháp thiết kế hệ thống điều chỉnh mức nước trong nồi hơi. Hệ thống điều khiển mức trong nồi hơi được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống năng lượng và công nghiệp. Yêu cầu của hệ thống điều khiển là đưa nồi hơi đến nhiệt độ sôi và duy trì mức với thông số luồng hơi không đổi. Hệ thống điều khiển đề xuất sử dụng bộ điều khiển PID với các thông số được tối ưu hóa sử dụng phương pháp cross-entropy. Kết quả đạt được đã chứng minh ưu điểm của phương pháp cross-entropy, nâng cao chất lượng điều khiển.

Design of a control system for regulation of water level in a boiler drum is developed in this paper. Drum level control systems are used extensively in heat power engineering and industrial process. The purpose of the control system is to bring the drum up to level at boiler point and maintain the level at constant steam load. The proposed control system is designed with a PID controller which is optimized by cross-entropy method. The received results showed advantages of the cross-entropy method in quality improvement of the designed control system.

TB5.6 11:30 – 11:45 hrs

[P68] Thực nghiệm điều khiển phi tuyến cho thiết bị phản ứng có khuấy trộn liên tục CSTR.

Nonlinear control experimental for a Continuous stirred tank reactor.

Mai Thị Đoan Thanh*, Đoàn Quang Vinh**

*Trường Cao đẳng nghề Đà Nẵng

** Đại học Bách Khoa-Đại học Đà Nẵng

Email: maithidoanthanh@gmail.com

Thiết bị phản ứng có khuấy trộn liên tục (CSTR-Continuous Stirred Tank Reactor) gồm các chuỗi thiết bị phản ứng nối tiếp nhau (4-10 thiết bị) được dùng phổ biến vì nó có năng suất cao, tuy nhiên đặc tính động học quá trình của CSTR là hệ đa biến phi tuyến tác động xen kẽ. Trong những năm gần đây có nhiều công trình nghiên cứu điều khiển phi tuyến cho CSTR, tuy nhiên, đa phần các thuật điều khiển NMPC chưa chỉ ra được khả năng ứng dụng cài đặt vào các bộ điều khiển trong công nghiệp. Bài báo trình bày mô hình CSTR thủy phân anhydride acetic và thực nghiệm theo điều khiển PID và NMPC sử dụng bộ điều khiển công nghiệp AC 800M của hãng ABB nhằm đánh giá khả năng triển khai vào sản xuất.

Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) consists of series of continuous reactive devices (4-10 devices) that are commonly used because of their high productivity, but process dynamic characteristics of CSTR is a nonlinear multivariate system that interacts with channels. In recent years there have been many nonlinear control studies for CSTR, however most NMPC control algorithms have not yet shown the ability to install applications into industrial controllers. This paper presents the model of CSTR acetic anhydride hydrolysis and experimental according to PID and NMPC control using AC 800M industrial

controller of ABB company to evaluate the deployment capability in production.

Session	TB6: Điều khiển các loại máy điện, hệ thống truyền động I
Date/Time	Friday, 6 September 2019/13:30-15:00 hrs
Venue	Phòng họp HT 1
Chairs(s)	PGS. TS Bùi Quốc Khánh, PGS. TS Lê Tông

TB6.1 13:30 – 13:45 hrs

[P31] Ứng dụng Matlab/Simulink lập trình C2000 điều khiển động cơ PMSM bằng giải thuật FOC.

Application of Matlab/Simulink programmed C2000 to control PMSM motor by FOC algorithm.

Nguyễn Tiến Đạt¹, Cao Văn Kiên², Hồ Phạm Huy Ánh³
¹ĐH Bách Khoa ĐHQG TPHCM¹, ²ĐH Công Nghiệp²,
³ĐH Bách Khoa ĐHQG TPHCM³

Email: hphanh@hcmut.edu.vn

This report applied the familiar programming environment Matlab/Simulink to program C2000 microprocessor to control PMSM engine by FOC algorithm. In order to program C2000 processor directly from Matlab/ Simulink we need to install some important software and set up hardware for facilitating retrieval of feedback signals and output of control signals. For embedded programming, the simulation program will be converted into embedded program for C2000 microprocessor on Matlab/Simulink with just a few steps to change the simulation program into the peripheral blocks of C2000 installed in Matlab/ Simulink. The simulation program and experimental system gave the same results. With embedded programming capabilities integrated into Matlab/ Simulink, all barriers to the application of complex control algorithms to an embedded system have been removed.

Bài báo cáo ứng dụng môi trường lập trình quen thuộc là Matlab/Simulink để lập trình vi xử lý C2000 điều khiển động cơ PMSM bằng giải thuật FOC. Để có thể lập trình vi xử lý C2000 trực tiếp từ Matlab/ Simulink ta cần phải cài đặt các phần mềm quan trọng và thiết đặt phần cứng phù hợp, tạo thuận lợi cho việc lấy tín hiệu hồi tiếp và xuất tín hiệu điều khiển. Về phần lập trình nhúng, chương trình mô phỏng sẽ được chuyển đổi thành chương trình nhúng cho vi xử lý ngay trên Matlab/Simulink chỉ với một vài bước thay đổi chương trình mô phỏng bằng các khối ngoại vi của C2000 được cài đặt trong Matlab/Simulink. Chương trình mô phỏng và hệ thống thực nghiệm cho kết quả giống nhau. Với khả năng lập trình nhúng được tích hợp vào Matlab/Simulink, mọi rào cản về ứng dụng các giải thuật điều khiển phức tạp vào một hệ thống nhúng đã được phá bỏ.

TB6.2 13:45 – 14:00 hrs

[P27] Điều khiển trượt thích nghi triệt tiêu trạng thái hỗn loạn của hệ truyền động không đồng bộ xoay chiều ba pha điều khiển tựa theo từ thông rotor.

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MỨC NƯỚC NỒI HƠI

Design of Control System for Regulation of Water Level in a Boiler Drum

Nguyen Hoa Lu¹, Dang Thai Son¹, Le Van Chuong¹, Ho Sy Phuong¹,
Ta Hung Cuong¹, Duong Dinh Tu¹, Phan Van Du¹, Mai The Anh^{1*}

¹Vinh University, Nghean, Vietnam

*Email: theanh@vinhuni.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo đề xuất phương pháp thiết kế hệ thống điều chỉnh mức nước trong nồi hơi. Hệ thống điều khiển mức trong nồi hơi được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống năng lượng và công nghiệp. Yêu cầu của hệ thống điều khiển là đưa nồi hơi đến nhiệt độ sôi và duy trì mức với thông số luồng hơi không đổi. Hệ thống điều khiển đề xuất sử dụng bộ điều khiển PID với các thông số được tối ưu hóa sử dụng phương pháp cross-entropy. Kết quả đạt được đã chứng minh ưu điểm của phương pháp cross-entropy, nâng cao chất lượng điều khiển.

Keywords

Boiler drum, water level control, PID control, Cross-Entropy.

Abstract

Design of a control system for regulation of water level in a boiler drum is developed in this paper. Drum level control systems are used extensively in heat power engineering and industrial process. The purpose of the control system is to bring the drum up to level at boiler point and maintain the level at constant steam load. The proposed control system is designed with a PID controller which is optimized by cross-entropy method. The received results showed advantages of the cross-entropy method in quality improvement of the designed control system.

Nomenclature

Notation	Unit	Expression
$W_o(s)$		Transfer function of boiler drum
K_p, K_i, K_d		Parameters of a PID controller
μ		Sample mean
σ^2		Sample variance
α, β		smoothing update parameters
N^{elite}		Best performing samples

Acronym

PID	Proportional-Integral-Derivative
pdf	probability density function
IMC	Internal Model Control
FLC	Fuzzy Logic Controller
CE	Cross-Entropy
ITAE	Integral Time Absolute Error

level of boiling water contained in boiler drums on process plant, and it help provide a constant supply of steam. The purpose of the drum level controller is to bring the drum up to level at boiler start-up and maintain the level at constant steam load [1]. All boilers require feedwater flow control to supplement for the steam that leaves the boiler. Most boiler designs use a steam drum where the feedwater flow enters the boiler and the steam leaves. The water level in the drum must be maintained to provide responsive and stable control of the steam flow to prevent equipment damage. To maintain drum level, the feedwater flow into the drum must equal the flow of steam out on mass basis. Therefore, boiler load changes, which change the steam flow and require the feedwater flow be changed to control and maintain the drum level. If the drum level drops too low, the boiler can suffer thermal stress damage. If the level gets too high, steam leaving the drum may carry some water particles along, which can cause damage to turbines or other steam users. Finally, oscillation in drum level cause effects on the boiler combustion controls which can carry out unstable boiler control resulting and dangerous operation. Boiler drum water level control is critical to secure operation of the boiler and the steam turbine.

Boiler drum is one of the typical systems which have high non-linearities, time-varying response, and a transportation lag. Various controlling mechanism are used to control the boiler system so that it works properly. Conventionally, such a system has been controlled in the past using control methods, such as PID controllers [2, 3], IMC theory [4], fuzzy logic controller (FLC) [5].

A PID controller is a general feedback control loop mechanism widely used in industrial process control systems. Design of the PID controller using Ziegler–Nichols and Tyreus-Luyben methods for control of water level in a boiler drum is implemented in [6], but

1. Introduction

Drum Level Control Systems are used extensively in the process industries, in the utilities to control the

quality metrics of transient processes in the system are not really good. Therefore, parameters of controller are required to optimize and improve the performance of drum level control system.

A Macroscopic optimization using the cross-entropy method is a general Monte Carlo approach to combinatorial and continuous multi-extremal optimization and importance sampling. This method was motivated by an adaptive algorithm for estimating probabilities or rare events in complex stochastic network [7], which involves variance minimization. A simple modification of the initial algorithm allows applying it to solve difficult combinatorial optimization problems [8]. In [9] the CE method was used to optimize the parameters of a Fuzzy-PD controller for stability regulation of a two-wheeled self-balancing robot. In this paper, the CE method is proposed to optimize the parameters of a PID controller for control of water level in a boiler drum.

2. System description

2.1 Drum level control system

Boiler drum level control is critical for the protection of plant and safety of equipment. Typically, there are three strategies used to control drum level. With each successive strategy, a refinement of the previous control strategy has been taken place. For extent of the load change requirements, the control strategy depends on the measurement and control equipment. In the paper, three-element drum level control is considered (Fig. 1). This control system is ideally suited where a boiler plant consists of multiple boilers and multiple feed water pumps or feed water valve has variation in pressure or flow. It requires the measurement of drum level, steam flow rate, feed water flow rate and feed water control valve. Mathematical model of the system can be described by the transfer function [1,6]:

$$W_o(s) = \frac{0.25 - 0.25s}{0.3s^3 + 2.15s^2 + s} \quad (1)$$

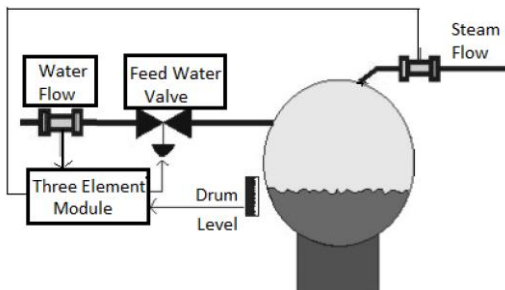


Fig. 1 Three element boiler drum level control.

The block diagram of typical drum level control system using the PID controller is shown in Fig. 2

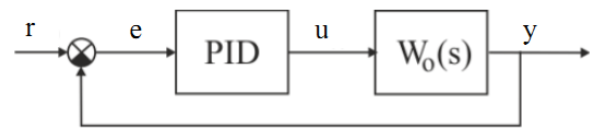


Fig. 2 Structure of control system with PID controller.

2.2 PID controller

PID controllers are widely used in industrial control systems. Even complex industrial control systems may consist a control network which is constructed from PID control modules. The PID controller separately calculates the three parameters i.e. the proportional, the integral, the derivative values. The proportional value determines the reaction to the current error. The integral value carries out the reaction based on the sum of recent errors as the past error. The derivative value defines the reaction based on the rate at which the error has been changing as a future error. By tuning these three constants in the PID controller algorithm, the controller can provide control action designed for specific process control requirements.

2.3 Cross-Entropy method

The factors (K_p , K_d , K_i) of the PID controller are designed using cross-entropy optimization method. This approach is based on a population and simulation optimization [10]. The CE algorithm generates a set of N PID controllers $x = (K_p, K_d, K_i)$ with $g(x, v) = (g(K_p, v), g(K_d, v), g(K_i, v))$ and calculates the cost function value for each controller. Then updates $g(x, v)$ using a set of the best controllers. This set of controllers is defined with the parameter N^{elite} . The process finish when the minimum value of the cost function or the maximum number of iterations is reached, as is shown in the Algorithm 1.

Algorithm 1. Cross-Entropy algorithm for PID controller optimization

1. Initialize $t = 0$ and $v(t) = v(0)$;
2. Generate a sample of N controllers: $(x_i(t))_{1 \leq i \leq N}$ from $g(x, v(t))$, being each $x_i = (Kp_i, Kd_i, Ki_i)$
3. Compute $\phi(x_i(t))$ and order $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N$ from smallest $j=1$ to biggest $j=N$. Get the N^{elite} first controllers $\gamma(t) = \chi[N^{elite}]$.
4. Update $v(t)$ with

$$v(t+1) = \arg_v \min \frac{1}{N^{elite}}$$

$$\sum_{j=1}^{N^{elite}} I_{\{\chi(x_j(t)) \geq \gamma(t)\}} \cdot \ln g(x_j(t), v(t))$$

5. Repeat from step 2 until convergence or ending criterion
6. Assume that convergence is reached at $t=t^*$, an optimal value for ϕ can be obtained from $g(.,v(t)^*)$.

For this work the Normal (Gaussian) distribution was selected. The mean μ and the variance σ are estimated for each iteration $h=1, 2, \dots$ parameters

$$(Kp, Kd, Ki) \quad \text{as} \quad \tilde{\mu}_{th} = \sum_{j=1}^{elite} \frac{x_{jh}}{N^{elite}} \quad \text{and}$$

$$\tilde{\sigma}_{th}^2 = \sum_{j=1}^{elite} \frac{(x_{jh} - \mu_{jh})^2}{N^{elite}}. \quad \text{In order to obtain a smooth}$$

update of the mean and the variance we use a set of parameters (β, α, η) , where α is a constant value used for the mean, η is a variable value which is applied to the variance to avert the occurrences of 0[s] and 1[s], β is constant value which modify the value of $\eta(t)$.

$$\begin{aligned} \eta(t) &= \beta - \beta \left(1 - \frac{1}{t}\right)^q \\ \hat{\mu}(t) &= \alpha \cdot \tilde{\mu}(t) + (1 - \alpha) \cdot \hat{\mu}(t-1) \\ \hat{\sigma}(t) &= \eta(t) \cdot \tilde{\sigma} + (1 - \eta) \cdot \hat{\sigma}(t-1) \end{aligned} \quad (2)$$

The values of the smoothing update parameter are $0.4 \leq \alpha \leq 0.9$ and $0.4 \leq \beta \leq 0.9$. In order to an optimized controller the Integral Time Absolute Error criterion (ITAE) could be chosen. The block diagram of the control loop during the optimization process is shown in Fig. 3

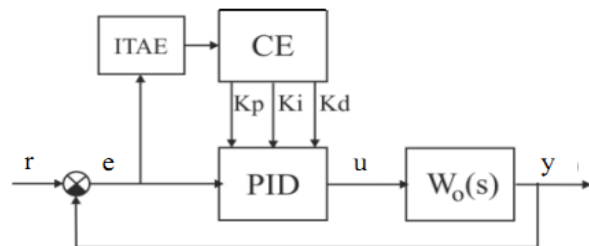


Fig. 3 Control loop used the cross-entropy optimization method.

3. Main results

The cross-entropy system generates $N=60$ controllers per iteration based on the last update of the probability density function (pdf) for each gain. From this set of controllers the ten with the lowest ITAE value are selected ($N^{elite} = 5$) to update the next pdf parameters. The initial values for the pdf of the parameters are $\mu(0) = 1$ for Kp, Kd ; $\mu(0) = 1$ for Ki ; $\sigma(0) = 0.5$ for the all factors. The evolution of the mean of the ITAE value of the 5 winners from each set of 60 controllers is shown in Fig. 4. The evolution

of the different parameters of the PID control during 12 iterations is shown in Fig. 5

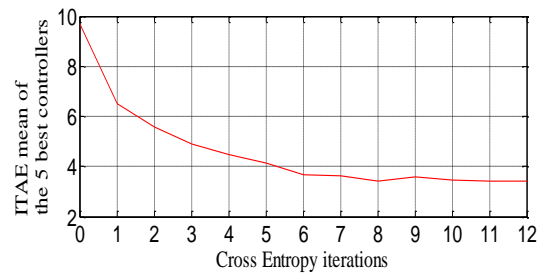


Fig. 4 Evolution of the ITAE error during the 12 cross-entropy iterations. The ITAE value of each iteration correspond to the mean of the first 5 of 60 controllers of each iteration.

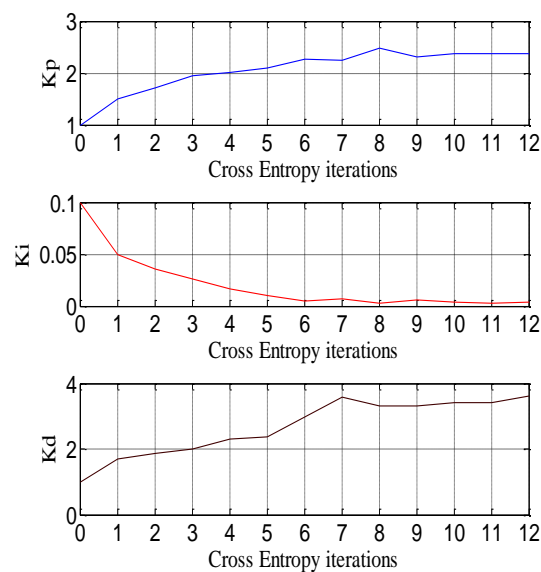


Fig. 5 Evolution of the scaling factors of each input. The values of the scaling factor correspond to the first 5 of 60 controllers of each iterations.

The normalized transient processes in the system which use the PID controllers turned with Ziegler-Nichols (ZN-PID), Tyreus-Luyben (TL_PID) methods and with the optimal PID based on the CE method (CE-PID) are shown in Fig. 7

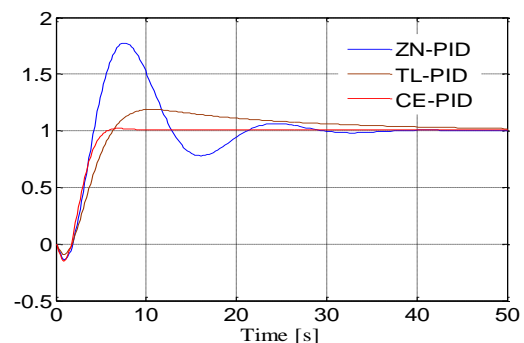


Fig. 6 Transient processes in three systems

Table. I QUALITY METRICS OF TRANSIENT PROCESSES

Controller	Parameter			
	Rise time [s]	Peak time [s]	Peak overshoot [%]	Settling time [s]
ZN-PID	4.22	7.62	77.89	26.67
TL-PID	6.31	10.54	19.24	33.57
CE-PID	5.12	6.02	1.02	5.12

Quality metrics of transient processes in the system are shown in Table I. Quality metrics of transient processes in the system with the CE-PID controller are better than the other controllers.

4. Conclusion

The paper presents a design of a PID controller using the cross-entropy optimization method for control of water level in a boiler drum. Simulation is implemented in the MATLAB environment. Though the simulation the cross-entropy algorithm perform an efficient search to obtain an optimal solution for the parameters of the PID controller. The comparison between the different design methods is shown. The received results showed advantages of the cross-entropy method in quality improvement of the PID controller in level control system of a boiler drum. The received parameters using the cross-entropy method let the PID control achieves better performance criterion with respect to rise time, settling time, percentage of overshoot.

Reference

[1] Anisimov D.N., Mai The Anh. Proceedings of the International Academic Forum AMO - SPITSE – NESEFF, Moscow - Smolensk, Russia, (2016) p. 47-48.

[2] S. Simani and S. Beghelli, "PID controller design application based on a boiler process model identification," 2007 46th IEEE Conference on Decision and Control, New Orleans, LA, 2007, pp. 1064-1069. doi:10.1109/CDC.2007.4434092.

[3] R. X. Zhao, X. J. Wang and F. Teng, "The PID control system of steam boiler drum water level based on genetic algorithms," Proceedings of 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference, Yantai, 2014, pp. 1983-1986. doi: 10.1109/CGNCC.2014.7007482.

[4] G. Hou, Y. Huang, H. Du, J. Zhang and X. Zheng, "Design of internal model controller based on ITAE index and its application in boiler combustion control system," 2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Siem Reap, 2017, pp. 2078-2083. doi: 10.1109/ICIEA.2017.8283180.

[5] F. A. Alturki and A. B. Abdennour, "Neuro-fuzzy control of a steam boiler-turbine unit," Proceedings of the 1999 IEEE International

Conference on Control Applications (Cat. No.99CH36328), Kohala Coast, HI, USA, 1999, pp. 1050-1055 vol. 2.

[6] [4] K. Ghousiya Begum, D. Mercy, H. Kiren Vedi, M. Ramathilagam (2013). An Intelligent Model Based Level Control of Boiler Drum. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 3, Issue 1, January 2013.

[7] Rubinstein R.Y. Eur. J. Oper. Res. Volume 99, (1996), p.89-112.

[8] Miguel A. Olivares-Mendez, Luis MejiasPascual, CampoyIgnacio, Mellado-Bataller. Journal of Intelligent \& Robotic Systems. Volume 69, (2013), p.189–205.

[9] Anisimov, D.N., Dang, T.S., Banerjee, S. et al. Eur. Phys. J. Spec. Top. (2017) 226: 2393. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2017-70069-y>.

[10] Botev Z.I., Kroese D.P. Global likelihood optimization via the cross-entropy method with an application to mixture models. In Proceedings of the 36th Winter Simulation Conference, pages 529–535, Washington, D.C., 2004.



Nguyen Hoa Lu is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds PhD degree in Automation and Control of Technological Processes and Manufacturing in 1996 from Military Science and Technology Institute (Vietnam). His current researches are interesting in cybernetic, nonlinear systems.



Dang Thai Son is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds PhD degree in control and informatics in 2017 from Hanoi University of Science and Technology (Vietnam). His current researches are interesting in robotics, apply new technologies for electric system.



Le Van Chuong is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds Ms degree in Cybernetics and automation engineering in 2013 from Le Quy Don Technical university (Vietnam). His current researches are interesting in robotics, neural networks, embedded systems.



Ho Sy Phuong is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds Ms degree in Cybernetics and automation engineering in 2013 from Le Quy Don Technical university (Vietnam). His current researches are interesting embedded micro-systems,

smart energy.



Phan Van Du is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds Ms degree in Cybernetics and automation engineering in 2015 from Thai Nguyen Technical university (Vietnam). His current researches are interesting in neural networks, design of

nonlinear systems, modeling and simulation of control systems .



Ta Hung Cuong is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds Ms degree in Cybernetics and automation engineering in 2013 from Le Quy Don Technical university (Vietnam). His current researches are interesting in apply new technologies for

electric system, industrial communication systems.



Mai The Anh is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds PhD degree in Control and Informatics in 2018 from Moscow Power Engineering Institute (Russia). His current researches are interesting in robotics, neural networks, apply new

technologies for electric system.



Duong Dinh Tu is a lecturer at school of engineering and technology, Vinh University. He holds PhD degree in Control and Informatics in 2018 from Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (Russia). His current researches are

interesting in automation of manufacturing and engineering process.