

Control Neuronal en Línea para Regulación y Seguimiento de Trayectorias de Posición para un Quadrotor

Hugo Yañez-Badillo ^a, Ruben Tapia-Olvera ^{b, *}, Omar Aguilar-Mejía ^a, Francisco Beltran-Carbajal ^c

^a Departamento de posgrado, Universidad Politécnica de Tulancingo, Ingenierías #100, Col. Huapalcalco, 43629, Tulancingo, Hgo., México.

^b Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

^c Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Delegación Azcapotzalco, 02200 Ciudad de México, México.

Resumen

Los sistemas de control automático día a día se han convertido en elementos importantes en la vida cotidiana, en tal sentido, se deben proponer nuevas y mejores formas de incorporar modelos matemáticos y algoritmos de control adaptativos para superar la gran cantidad de cambios técnicos y físicos a los que se enfrentan para su utilización. En este artículo se realiza el control de posición y seguimiento de trayectorias para un Quadrotor. Debido a la naturaleza no lineal de este sistema subactuado, se propone el empleo de un controlador adaptativo basado en redes neuronales B-spline que permita determinar las señales de control mediante un entrenamiento dividido en dos etapas: a) uno inicial fuera de línea y; b) uno continuo en línea. Esta forma de aprendizaje permite al Quadrotor extender un desempeño satisfactorio ante diferentes condiciones operativas y seguimiento de los valores de referencia. Los resultados de simulación verifican la aplicabilidad del controlador propuesto y el impacto que se tiene en el desempeño del sistema minimizando la necesidad de contar con un modelo matemático no lineal detallado, así como el conocimiento exacto de los valores de los parámetros del Quadrotor.

Palabras Clave:

Control Neuronal, Control Libre de Modelo, Aprendizaje Automático, Sistemas Subactuados.

1. Introducción

El helicóptero con cuatro rotores, conocido en la literatura como Quadrotor, es un sistema subactuado con seis grados de libertad (GDL) y cuatro actuadores independientes (entradas de control). Además, este tipo de sistemas pueden estar sometidos a incertidumbres endógenas y exógenas durante su operación. Se enfrentan a un medio altamente cambiante, como consecuencia de la fricción con el viento, velocidades de viento variables y cambio en la humedad del entorno. Se observan características dinámicas complejas, un comportamiento no lineal entre las diversas variables de interés e incertidumbre paramétrica. En tal sentido, utilizar técnicas de control adaptativas y robustas representan una alternativa de solución al problema de regulación y seguimiento de trayectorias en lazo cerrado para un Quadrotor, para contar con un sistema eficiente de navegación y estabilización. La técnica de control apropiada depende principalmente de los objetivos de aplicación que se le designen al Quadrotor. Se han propuesto diversos controladores lineales y no lineales, buscando como un objetivo principal conseguir un alto nivel de estabilidad (Chee,

Zhong, 2013; Boudjedir, Bouhali, Rizoug, 2014; Meng, Ming, Po-Leen, 2012; Fatan, Sefidgari, Barenji, 2013; Salih, Moghavvemi, Mohamed, Gaeid, 2010).

Entre las principales técnicas de control resaltan controladores proporcional derivativo (PD), proporcional integral derivativo (PID), backstepping, H_∞ , estimadores de estado basados en filtros de Kalman, regulador lineal cuadrático (LQR por sus siglas en inglés), redes neuronales, algoritmos difusos (Chee *et al.*, 2013; Boudjedir *et al.*, 2014; Johnson, Leang, 2013; Erginer, Altug, 2007; Argentim, Rezende, Santos, Aguiar, 2013). Existen controladores implementados para diferentes modelos del Quadrotor, cada uno definido con sus respectivas particularidades dependiendo de los objetivos. Esto propicia que algún controlador presente ventajas con las particularidades del caso. No obstante, éstos pueden exhibir alguna degradación en su desempeño, para condiciones de operación distintas para las cuales fue diseñado. Más aún, información exacta de los parámetros constantes o variables del sistema podría no estar disponible para la implementación de algún controlador. El modelo no lineal es de gran utilidad, debido a que proporciona mayor información del comportamiento físico del sistema (Boudjedir *et al.*, 2014). Sin embargo, el modelo linealizado se emplea ampliamente en la literatura, debido a que en general presenta buenos resultados de regulación alrededor de un punto de equilibrio. Este modelo se utiliza con condiciones definidas de vuelo (hover) siendo estables

* Autor en correspondencia.

Correos electrónicos: dophugo.yanez@upt.edu.mx (Hugo Yañez-Badillo), rtapia@fi-b.unam.mx (Ruben Tapia-Olvera), omar.aguilar@upt.edu.mx (Omar Aguilar-Mejía), fbeltran@azc.uam.mx (Francisco Beltran-Carbajal).

Article

An Adaptive Speed Control Approach for DC Shunt Motors

Ruben Tapia-Olvera ¹, Francisco Beltran-Carbajal ², Omar Aguilar-Mejia ³
and Antonio Valderrabano-Gonzalez ^{4,*}

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510 Mexico City, Mexico; rtapia@fi-b.unam.mx

² Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200 Mexico City, Mexico; fbeltran@azc.uam.mx

³ Departamento de Ingeniería, Universidad Politécnica de Tulancingo, Ingenierías No. 100. Col. Huapalcalco, C.P. 43629 Tulancingo, Mexico; omar.aguilar@upt.edu.mx

⁴ Facultad de Ingeniería, Universidad Panamericana (Campus Guadalajara), Prolongación Calzada Circunvalación Poniente 49, C.P. 45010 Zapopan, Mexico

* Correspondence: avalder@up.edu.mx; Tel.: +52-33-1368-2200 (ext. 4244)

Academic Editor: Chunhua Liu

Received: 2 July 2016; Accepted: 8 November 2016; Published: 17 November 2016

Abstract: A B-spline neural networks-based adaptive control technique for angular speed reference trajectory tracking tasks with highly efficient performance for direct current shunt motors is proposed. A methodology for adaptive control and its proper training procedure are introduced. This algorithm sets the control signal without using a detailed mathematical model nor exact values of the parameters of the nonlinear dynamic system. The proposed robust adaptive tracking control scheme only requires measurements of the velocity output signal. Thus, real-time measurements or estimations of acceleration, current and disturbance signals are avoided. Experimental results confirm the efficient and robust performance of the proposed control approach for highly demanding motor operation conditions exposed to variable-speed reference trajectories and completely unknown load torque. Hence, laboratory experimental tests on a direct current shunt motor prove the viability of the proposed adaptive output feedback trajectory tracking control approach.

Keywords: DC shunt motors; adaptive speed control; model-free control; neural networks

1. Introduction

Electrical machines are part of a wide variety of applications for use from domestic and industrial to remote research applications on land, air, water, and finally in space, each one with its own characteristics and specific protections [1]. Modern systems are complex, and new approaches in electric motor control are demanded, having high-precision requirements of speed and position under variable load torque. Consequently, it is necessary to develop new proposals for control and protection of electric motors [2,3].

Although direct current (DC) machines have been widely studied, there are still many possibilities for their use as motors and generators [4]. An open research topic about DC shunt motor control is addressed to achieve a highly efficient and robust performance by using measurements of the output signal to be controlled. In fact, it is widely known that energy efficiency is related to operation costs. Certainly, this problem is quite challenging when some detailed mathematical model of the nonlinear dynamic system exposed to time-varying disturbances is not available. Moreover, in several practical engineering applications, the exact values of the system parameters are also unavailable. Thus, control policies for electric motors installed in industrial plants should be performed by using measurements of the output signal and a single voltage input.

Power System Stabilizer and Secondary Voltage Regulator Tuning for Multi-machine Power Systems

RUBEN TAPIA,¹ OMAR AGUILAR,¹ HERTWIN MINOR,¹
and CESAR SANTIAGO¹

¹Engineering Department, Universidad Politécnica de Tulancingo, Huapalcalco, Hidalgo, México

Abstract *This article aims to present the performance of a B-spline neural network scheme for tuning both the reactive power provision controller from synchronous machines and power system stabilizers in multi-machine power systems. The B-spline neural network is an efficient tool to implement the adaptive control voltage and power system stabilizer coordination, with the possibility of carrying out this task on-line, taking into account the systems' non-linearities. One of the main tasks within this context is to estimate the best power system stabilizer's parameters and adjust the proportional-integral parameters for reactive power provision. In this article, this is solved by a neural network algorithm. The applicability of the proposal is demonstrated by simulation on two test systems. Results show that the proposed coordination scheme is comparable to that obtained by a conventional design, without requiring a strict model analysis.*

Keywords automatic voltage regulator, controller's coordination, multi-machine systems, oscillation mode stabilization

1. Introduction

Modern electrical power systems may be subjected to stress conditions due to the continuous growth in load. In order for consumers to receive reliable electrical power, the system's operators must ensure that bus voltages are kept within allowable limits. Power transfer from generating plants to consumption centers affects the load bus voltages; therefore, it may be necessary to add elements into the network to provide safer operation [1, 2].

In several countries the transmission system's voltage control practice is currently performed manually. This conventional way of addressing the voltage control problems often exhibits unsatisfactory performances, such as [3] (i) reactive power generation, (ii) high side voltage controls, and (iii) switching control of capacitors banks or shunt reactors.

Received 10 February 2012; accepted 6 August 2012.

Address correspondence to Ruben Tapia, Universidad Politecnica de Tulancingo, Ingenierias 100, Col. Huapalcalco, Tulancingo, Hidalgo, 43629, Mexico. E-mail: rtapia@gdl.cinvestav.mx

Design and Performance Comparison of PI and Adaptive Current Controllers for a WECS

O. Aguilar, *Member, IEEE*, R. Tapia, *Member, IEEE*, A. Valderrabano, *Member, IEEE* and H. Minor

Abstract— This work proposes a novel controller in a stationary reference frame for permanent magnet synchronous generator (PMSGs) of grid-connected wind turbines. The wind energy conversion systems (WECS) adopt a Back-To-Back converter system with voltage source inverter (VSI) and a phase-locked loop to track continuously the fundamental frequency and its phase from voltage node that is connected to the system generation. One of the central themes of this paper is the development of a control scheme that uses a B-spline artificial neural network for controllers tuning when the system is subjected to disturbances. The B-spline neural network must be able to enhance the system performance and the online parameters updated can be possible. This work proposes the use of adaptive PI controllers to regulate the current, frequency and DC-link voltage. Results of the dynamic behavior of the whole WECS are presented along with different cases subject to various disturbances. The simulations show the feasibility and robustness of the proposed control schemes for PMSG based wind turbines.

Keywords— PMSG, VSC, Neural network, Power converters.

I. INTRODUCCIÓN

CUANDO se inyectan grandes cantidades de potencia eléctrica basada en energía eólica al sistema eléctrico potencia (SEP) se presentan impactos desfavorables en la red eléctrica por la naturaleza estocástica del viento. Para reducir el alcance de estos impactos, los operadores del sistema eléctrico en cada país han establecido diferentes requisitos para conectarse a la red eléctrica. Para cumplir con las exigencias técnicas establecidas, los sistemas eléctricos de generación no convencionales han evolucionado en el uso de convertidores de potencia utilizando diferentes esquemas de control lineal y no lineal [1].

Las principales topologías de los convertidores basados en electrónica de potencia (CBEP) utilizados en los sistemas de generación eólicos (SGE) son el convertidor de potencia bidireccional y el convertidor de potencia unidireccional. El convertidor bidireccional, también llamado convertidor Back-To-Back (CBTB), consiste de dos fuentes inversoras de voltaje (FIV) que pueden trabajar como inversor y rectificador, conectados o enlazados por un bus de corriente directa (CD), como se muestra en la Fig. 1 [2].

Esta topología se utiliza en generadores eólicos síncronos y asíncronos. El bus de CD del CBTB tiene la función de desacoplar al convertidor lado red y al convertidor lado generador; y entonces, el generador puede trabajar a diferentes frecuencias eléctricas y regular la potencia de salida en función a la velocidad del aire [3]. El sistema de control debe ser capaz de mantener constante la potencia en el bus de corriente directa para cualquier velocidad de la turbina eólica [4].

Para maximizar la eficiencia de los sistemas de generación eólica diferentes autores emplean técnicas de control PID para mejorar el desempeño de los circuitos basados en electrónica de potencia [5]. Particularmente, en [6] el esquema de control regula el ángulo de disparo del rectificador controlado por tiristores colocado entre el generador eólico y la carga. La entrada al controlador PI es el error entre la potencia máxima de referencia, que está en función a los cambios de velocidad del rotor de la turbina eólica y la potencia de salida medida en la carga. No obstante, las ganancias del controlador las calculan de forma arbitraria.

Las redes neuronales artificiales (RNA) se emplean en los sistemas de generación híbridos, básicamente para estimar la velocidad del aire, eliminando el sensor del aire. En [7] se emplea una RNA de tres capas de aprendizaje con dos entradas (potencia de la turbina eólica y velocidad del generador eléctrico) para estimar la velocidad del aire relacionada con la curva característica de potencia de la máquina eléctrica. La diferencia entre la estimación (velocidad de referencia) y la velocidad actual del rotor es la señal de error para el controlador PI de la FIV.

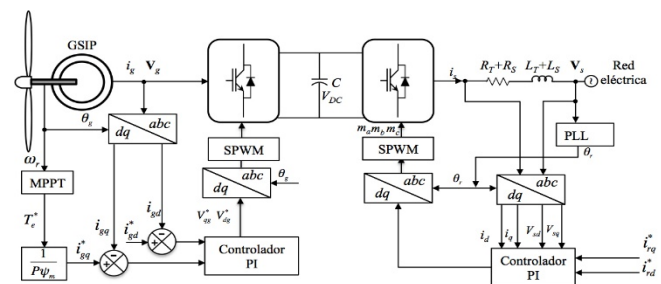


Figura 1. Diagrama de bloques del esquema de control del GSIP basado en un GSIP.

En este trabajo el esquema de control del SGE utiliza un algoritmo de control adaptativo, que se basa en una red neuronal de entrenamiento instantáneo (BSNN) que se encarga de determinar el valor de la salida teniendo como entradas: salidas pasadas y entradas actuales, y en base a esos valores determinar el valor óptimo de la entrada de control de

O. Aguilar, Universidad Politécnica de Tulancingo, Tulancingo, México, omar.aguilar@upt.edu.mx

R. Tapia, Universidad Politécnica de Tulancingo, Tulancingo, México, ruben.tapia@upt.edu.mx

A. Valderrabano, Universidad Panamericana Campus Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México,

H. Minor, Universidad Politécnica de Tulancingo, Tulancingo, México, hertwin.minor@upt.edu.mx



Adaptive Neural Network Control Of Chaos In Permanent Magnet Synchronous Motor

Omar Aguilar-Mejía^a , Rubén Tapia-Olvera^a , Antonio Valderrabano-González^b  and Iván Rivas Cambero^a 

^aControl Laboratory, Universidad Politécnica de Tulancingo, Ingenierías 100, Hidalgo, México; ^bElectrical, Electronics and Control Department, Universidad Panamericana, Jalisco, México

ABSTRACT

Permanent magnet synchronous motors have been used as variable-speed drives, especially for speed control and position, but it exhibits chaotic performance under certain parameter's changes. This work presents the use of a B-Spline neural network scheme to stabilize chaos and to adjust the rotor speed of synchronous motors. The B-spline neural network is an efficient tool to implement the adaptive speed control, with the possibility of carrying out this task on-line, taking into account the systems non-linearities. One of the main tasks is the adjustment of the proportional-integral parameters for rotor speed controller. In this work, a neural network algorithm is used to solve this problem. A nonlinear observer is designed for estimation of the rotor speed and load torque. The results of numerical simulations demonstrate that the permanent magnet synchronous motors with the B-Spline control scheme has a good dynamic performance and steady state accuracy.

KEY WORDS

Permanent magnet synchronous machine; chaos; neural network; spline function; speed control

1. Introduction

Nowadays, permanent magnet synchronous motors (PMSM) are receiving increased attention for a wide variety of industrial applications, due to its considerable advantages such as high efficiency, high power factor, superior power density, small size, simple mechanical manufacture, easy maintenance, good reliability, large torque to inertia ratio and long life over other kinds of motors such as D.C. motor and induction motor (Iqbal, Abu-Rub, & Nounou, 2014; Karabacak & Eskikurt, 2011). Consequently, the PMSM is widely used in numerical control machine tools, industrial robots, aerospace hybrid vehicles, electric scooters, elevators, aircraft, nuclear power stations, mining ventilation systems, submarines and fitness machines. However, PMSM is chaotic at some parameters and specific working conditions, as presented in (Chih-Hong & Chih-Peng, 2013; Kim & Choi, 2014; Yu et al., 2015). The chaos and bifurcation of the PMSM have been widely studied using the modern nonlinear theory, and it has been exposed that this problem can be destructive (Huang, Liao, Chen, & Yan, 2012). Therefore, chaos control in PMSM has become an active research in the field of nonlinear control of electric motors (Ataei, Kiyoumars, & Ghorbani, 2010).

Conventional fixed gain PI, and PID controllers are widely used for simplicity and applicability in most industrial drive applications (Demirtas, 2011). For a PMSM, the standard controller is a vector-based cascaded arrangement that uses PI action (Zheng, Tang, Song, Lu, & Ye, 2013). The proposal relies on use of two inner-loop's and an outer-loop. The PI inner-loop controllers are used to regulate the dq axis current and the outer-loop computes the reference current for an inner loop (Demirtas & Karaoglan, 2012). When a conventional PI control is used, the parameters are tuned with a linear technique and then fixed. The performance

of the system can only be assured around the operating point for which the parameters were adjusted.

For controlling the chaos in PMSM through optimal placement of the Lyapunov exponents, the Jacobian approach is used continuously in the calculation of the Largest Lyapunov Exponent (Zribi, Oteafy, & Smaoui, 2009). The controller is able to setting the instantaneous Lyapunov exponents to certain values. The strategies based on recent modern control theories are put forward to meet high performance application requirements of industrial drive applications. A switching mode control scheme in discrete-time domain is used to maintain the position of PMSM in a desired value (Cheng, Peng, Chen, & Lee, 2013). The authors mixed the proximate time-optimal servomechanism (PTOS) and the composite nonlinear feedback (CNF) control, using the output position as the only measurable information for feedback.

The control design method for permanent magnet synchronous motor, based on adaptive techniques has been proposed in (Demirtas & Karaoglan, 2012; Grouz, Sbita, Boussak, & Khlaief, 2013; Karabacak & Eskikurt, 2012; Kumar, Gaur, & Mittal, 2014; Yu, Chen, Yu, & Gao, 2011). The adaptive control techniques are also widely used to design controllers for non-linear systems, incompletely modelled or uncertain systems. These techniques achieve fast transient response and small steady-state error under parameter uncertainties and unknown external disturbance (Vu, Choi, & Jung, 2012). A response surface methodology (RSM) for tuning PI coefficients for a PMSM motor drive, in where the optimal values of PI controller constants are obtained using response surface technique is presented in (Demirtas & Karaoglan, 2012). A Genetic Algorithm (GA) method to obtain the optimized values of the PI controller parameters for precise speed control for different

Diseño de un controlador de velocidad adaptativo para un MSIP utilizando inteligencia artificial

Omar Aguilar-Mejía, Rubén Tapia-Olvera, Iván Rivas-Camero, Hertwin Minor-Popocatl

Universidad Politécnica de Tulancingo, División de posgrado, Tulancingo, Hidalgo, México

{omar.aguilar, ruben.tapia, ivan.rivas, hertwin.minor}@upt.edu.mx

Resumen. Los motores síncronos de imanes permanentes se han utilizado ampliamente en aplicaciones de velocidad variable de alta precisión, sin embargo, el esquema de control debe cumplir con altas exigencias de desempeño dinámico. En este trabajo se realiza un análisis comparativo de la respuesta de un motor síncrono con cuatro estrategias de control: convencional proporcional integral, modos deslizantes, lógica difusa y redes neuronales. Se describe el modelo del motor, el regulador de corriente y se realiza el diseño del control. Además, se utiliza un observador no lineal para la estimación de la velocidad del rotor y el par de carga. El desempeño de cada controlador se analiza mediante simulaciones en el tiempo donde el motor se somete a diversas perturbaciones y cambios de referencia. La técnica de control propuesta mediante redes neuronales exhibe el mejor desempeño debido a que puede adaptarse a cada condición, demandando bajo costo computacional para una operación en línea y considerando las no linealidades del sistema.

Palabras clave. MSIP, lógica difusa, modos deslizantes, redes neuronales.

Design of a Speed Adaptive Controller for a PMSM using Artificial Intelligence

Abstract. Permanent magnet synchronous motors have been widely used in variable speed drives; however, the control scheme must ensure high requirements of dynamic performance. In this work, a comparative analysis of a synchronous motor response with four control strategies—conventional proportional integral, sliding mode, fuzzy logic, and neural networks—is exposed. The motor model and the current controller are described; this allows the control laws design. In addition, a nonlinear observer for estimating the rotor speed and load torque is designed. The performance of each driver is analyzed using time simulations where the motor is subjected to disturbances and reference changes. The proposed control technique using neural

networks exhibits the best performance because it can adapt to every condition, demanding low computational effort for an online operation and considering the system nonlinearities.

Keywords. PMSM, fuzzy logic, sliding mode, neural network.

1. Introducción

Los nuevos desarrollos tecnológicos en materiales magnéticos, semiconductores de potencia, electrónica digital y teoría de control han permitido que los motores de corriente alterna (CA), sean capaces de hacer frente a los desafíos de alta eficiencia y requerimientos de alto desempeño que demanda el sector industrial. En este sentido, los motores síncronos de imanes permanentes (MSIP) son una alternativa y serios competidores de las máquinas de inducción debido a que presentan alta eficiencia, alto factor de potencia, excelente robustez, alta relación torque/inercia y mantenimiento económico [1].

En la actualidad los MSIP se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales que van desde pequeños servomotores para máquinas herramientas, motores eléctricos de vehículos híbridos y propulsores en barcos y submarinos [2]. Estas aplicaciones demandan una respuesta rápida y precisa ante disturbios y perturbaciones. Para cumplir con estas exigencias se requieren complejos esquemas de control que permitan un desempeño dinámico seguro y confiable ante diferentes condiciones operativas [1, 3].

El control vectorial es un método eficiente para motores síncronos en aplicaciones de velocidad variable en amplios rangos de operación. Normalmente se usa en máquinas de CA para

Using Robot to Motivate Computational Thinking in High School Students

C. Enríquez, O. Aguilar and F. Domínguez

Abstract— The importance today is the development of computational thinking of technological professionals. This kind of thinking is useful for solving algorithms, analyzing, designing, coding and generating tests in a computer language. Today, obtaining knowledge and skills is related to the use of technology. In this paper, a robot is used as a teaching element to motivate the generation process of computational thinking in students of high school level. Measurement of variables, such as: advantages, interest, competition and operating time serve as indices to determine the degree of acceptance of this educational tool.

Keywords— Pensamiento Computacional, Robot Lego MindStorm NTX, Competencias.

I. INTRODUCCIÓN

EL USO de robots en diversas aplicaciones industriales y en áreas del conocimiento ha aumentado exponencialmente en la última década en la mayoría de los países desarrollados [1-2]. De la misma forma, el mercado de la robótica educativa está creciendo rápidamente y la tendencia de crecimiento sigue en aumento para las próximas décadas. El uso de tecnología en las aulas como son: computadoras portátiles, sistemas robóticos y dispositivos móviles, representan una herramienta muy atractiva para mejorar la enseñanza de diferentes áreas del conocimiento en todos los niveles. Lo anterior porque los alumnos pueden manipular, experimentar, construir y programar en los diferentes dispositivos algoritmos para resolver diversos problemas [3-4]. Los robots en la educación tienen un amplio terreno de crecimiento y evolución, porque actualmente los elementos están diseñados para utilizarlos de manera intuitiva sin necesidad de tener conocimientos avanzados de electrónica o programación. El diseño simple y la facilidad de uso los convierte en una herramienta que permite experimentar, plantear y simular situaciones para proponer soluciones y desarrollar en el alumno diversas habilidades y conocimientos [5-6].

En este trabajo se presenta el aspecto de conocer el impacto de utilizar un robot para inculcar a los alumnos el interés por la ciencia, tecnología y mejorar sus habilidades que motiven el desarrollo de su pensamiento computacional mediante un

conjunto de variantes. El pensamiento computacional implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática. La esencia del pensamiento computacional es pensar como lo haría un científico informático cuando nos enfrentamos a un problema para resolver situaciones algorítmicas o proponer soluciones desde un punto de vista computacional [7-10]. En relación a la temática, en [7] se propone que el pensamiento computacional es una habilidad que todos deberíamos aprender de forma similar como es leer, escribir y realizar operaciones básicas de aritmética. Argumenta que esta competencia debe ser incluida en la formación de todas las personas desde temprana edad, ya que representa un ingrediente vital del aprendizaje de la ciencia, tecnología y las matemáticas.

En diversos trabajos se han reportado varias investigaciones donde diferentes tipos de robots se utilizan como una herramienta educativa para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento computacional [1,6]. En estos trabajos se hace un estudio en los diversos niveles educativos como son: primarias, secundarias y medio superior; donde están utilizando algunos tipos de robot como herramienta para crear ambientes de aprendizaje diferentes a los tradicionales para ayudar a los alumnos a resolver problemas complejos [1-3, 6, 9-10]. Dichos estudios revelan que los robots se pueden usar desde los primeros años de preescolar para trabajar la habilidad sensoriomotora, hasta el nivel universitario para el desarrollo de proyectos académicos de diferente complejidad. Además, en algunos trabajos se menciona que el uso de los robots ayuda a desarrollar el trabajo colaborativo, mejora el pensamiento crítico y promueve el gusto por la ciencia, tecnología y las matemáticas [6, 9, 11-13]. Ahora bien enfocándonos en la educación media superior en México, diferentes reportes muestran el desinterés de los alumnos mexicanos en seguir estudiando en licenciaturas o ingenierías relacionadas con ciencia y tecnología [14].

En este trabajo se describe la implementación de una estrategia para que alumnos de nivel medio superior desarrollen y/o mejoren sus habilidades de pensamiento computacional mediante actividades que involucran el uso de robots en clase, motivando su interés por aspectos tecnológicos relacionados a la programación de computadoras. El experimento consiste que un instructor con las habilidades y conocimientos suficientes elabore una estrategia para desarrollar el objetivo plasmado en el plan de clases insertando el manejo de un robot. El grupo se divide en equipos de diferentes tamaños donde los estudiantes trabajan de manera colaborativa para resolver diferentes problemas de


C. Enríquez, Cuerpo Académico de Desarrollo de Software Aplicado, División Ingenierías, Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México, carlos.enriquez@upt.edu.mx

O. Aguilar, Cuerpo Académico de Control e Instrumentación, División Ingenierías, Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México. omar.aguilar@upt.edu.mx

F. Domínguez, Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo. Plantel Tulancingo, Hidalgo, México, flor.dominguez@yahoo.com.mx

RESEARCH ARTICLE

An online algebraic estimation approach of parameters and variable mechanical torque in shunt DC motors

Francisco Beltran-Carbajal¹  | Ruben Tapia-Olvera² | Omar Aguilar-Mejia³ | Antonio Favela-Contreras⁴ | Irvin Lopez-Garcia¹

¹Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México

²Departamento de Energía Eléctrica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

³Departamento de Posgrado, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México

⁴Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Monterrey, N.L., México

Correspondence

Francisco Beltran-Carbajal, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, C.P. 02200, Mexico City, Mexico.
Email: fbeltran@azc.uam.mx

Summary

Classical control design methods have been successfully applied to several practical engineering systems for regulation tasks around a desired equilibrium operation state. Nevertheless, real-time information of some system parameters and mechanical torque could be required to guarantee an efficient and robust control performance for variable operation conditions. In this paper, an online and algebraic scheme is proposed for simultaneous estimation of parameters and variable mechanical load torque for nonlinear shunt DC motors. An adaptive PI velocity tracking control scheme is also described to verify the effectiveness and efficiency of the parametric estimation approach. Control dynamic gains are computed online by applying a B-spline neural network algorithm. Computational simulation results confirm the fast estimation of parameters and variable mechanical torque.

KEYWORDS

adaptive control, parametric estimation, shunt DC motor, torque estimation

1 | INTRODUCTION

In recent decades, several applications of electric motors have been implemented at industry and homes. In fact, motor-driven equipment is approximately 60% of manufacturing final electricity worldwide.¹ In this regard, direct current (DC) motors continue being used in diverse engineering products and systems, where a variable and precise motion control is demanded. Versatility, high efficiency, and simple speed control are some of the attractive and outstanding features of DC motors that will insure their sustained use in a wide variety of engineering applications.²⁻⁵ In fact, one can currently find DC motors with power and important torque capabilities in manufacturer's catalogs. For situations of highly demanding torque and power, a field excitation voltage is commonly necessary. Permanent-magnet DC motors are mostly preferred for low-power applications. Nowadays, DC motors are used in a growing immense set of applications in both research and industry, for instance, in process automation, medical technology, 3D printers, tool-machines, deep downhole drilling, robotics, vehicles, aerospace technology, cement industry, steel plants, presses, shears, hoists, cranes, textile machines, grinding machines, boring mills, welding equipment, winch rollers, fans, and subway systems (see also previous studies⁴⁻⁹ and references therein). Thence, estimation and control of DC motors is a relevant research subject and its solutions admit a wide variety of real applications. For scenarios where a precise control of variable speed and torque are required, the shunt DC motor is an excellent option due to its typical steady-state speed-torque characteristic curve, where it is evident that the speed is practically constant under load torque variations.² Hence, shunt configuration

Performance Comparison of PI Controllers for PMSM Using Bio-Inspired Algorithms.

O. Aguilar-Mejía, R. Sosa-Cortés, C. Enríquez-Ramírez, J. L. Templos-Santos, H. Minor-Popocatl, R. Tapia-Olvera.

Abstract—A Proportional-Integral (PI) controller is a technique designed to diminish the error between the desired reference value and the measured variable of the process to be regulated. The PI controller works according to two input parameters that must be calculated by a tuning process. In this work, the process is performed using intelligent swarm algorithms to seek for optimal parameters of PI controller. Three reactive, nature-inspired algorithms (bat, whale optimization and cuckoo search), were used to tune the PI controller. The control scheme based on linear regulators is used to improve the performance of the permanent magnet synchronous motor (PMSM) and to regulate the rotor speed to a desired reference value. In order to validate the effectiveness of the controller, simulation is performed under constant load condition, varying load condition and varying set speed conditions of the PMSM.

Index Terms— PMSM, PI controller, Bio-inspired models, Swarm intelligence.

I. INTRODUCCIÓN

LOS motores síncronos de imanes permanentes (MSIP) son máquinas de alta eficiencia, con alto factor de potencia, excelente robustez, alta relación torque-inercia y mantenimiento más económico comparado con los motores de corriente continua y de inducción [1-2]. Estas características implican que el controlador debe ser capaz de responder a diversas tareas a las que se vea expuesto el motor y, responder a una amplia gama de condiciones de funcionamiento, cumpliendo en todo momento las restricciones físicas de la máquina.

En los últimos años el uso del MSIP se ha incrementado gradualmente en aplicaciones cada vez más complejas donde se requiere excelente precisión y desempeño dinámico ante diferentes condiciones operativas [3]. Por lo cual, recientemente diferentes autores han propuesto diversos esquemas de control para regular la velocidad del rotor, como son: control por modos deslizantes, redes neuronales artificiales (RNA), lógica difusa (LD), control predictivo, control clásico, control robusto, entre otras [4-5]. Aunque, la mayoría de los controladores presentan un buen desempeño

ante las no linealidades del MSIP y rechazo a perturbaciones, también requieren una gran cantidad de cálculos y un procesador de alto rendimiento. Por ejemplo, el control por LD presenta un buen desempeño pero tiene el problema de que las reglas de fuzzificación, el mecanismo de inferencia y operaciones de defuzzificación no son claras y, además, demandan alta capacidad de procesamiento computacional [6-7]. Para las RNA, se requiere una gran cantidad de datos y diversos escenarios de operación de la planta para su entrenamiento fuera de línea. En general, un procesador de bajo costo no tiene la capacidad de manipular una gran cantidad de datos [8].

Un enfoque alternativo para resolver el problema de regulación de velocidad de un MSIP es utilizar algoritmos evolutivos (AE) que manejen funciones objetivos no lineales. En diversos trabajos se utilizan AE para regular las variables de salida del motor síncrono, pero principalmente se han enfocado en algoritmos genéticos (AG) y optimización por enjambre de partículas (OEP) [9,10]. Aunque estos algoritmos son una buena opción para el diseño del controlador del MSIP, en algunos casos cuando la búsqueda es muy selectiva pueden presentar complicaciones de convergencia lenta y en ocasiones los resultados pueden caer en mínimos locales. Recientemente han surgido técnicas basadas en AE, denominados bio-inspirados, como son: algoritmo de búsqueda del murciélago (ABM) [11], algoritmo de optimización la ballena (AOB) [12] y algoritmo de búsqueda cuckoo (ABC) [13].

De manera general los algoritmos inspirados en la naturaleza, los algoritmos estocásticos y los algoritmos basados en el comportamiento poblacional están inspirados en dos aspectos: 1) la naturaleza; 2) el medio ambiente. El primer aspecto es la teoría evolutiva de Darwin, donde sólo los individuos más fuertes o que se adaptan al medio ambiente que los rodea sobreviven [14]. Este aspecto es la base para el desarrollo o inspiración de los algoritmos evolutivos, donde las mejores soluciones, generadas mediante operadores de mutación y cruce, se utilizan para transferir los mejores genes a la próxima generación en un proceso de simulación evolutiva. Bajo este principio Alan Turing realizó su primer trabajo en inteligencia artificial denominado “Máquina Inteligente” [15]. En 1988 utilizando los resultados de Turing, siendo el algoritmo evolutivo más utilizado para realizar tareas de optimización [16].

El segundo aspecto de inspiración son los algoritmos desarrollados o creados a partir de observar diferentes clases de enjambres de partículas [17]. En 1995 Russel Eberhart y James Kennedy desarrollaron un algoritmo de OEP basado en grupos de relaciones sociales entre individuos. A partir de estos resultados, se han imitado muchos tipos de especies

O. Aguilar-Mejía, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Departamento de Posgrados, omar.aguilar@upaep.mx

R. Sosa-Cortés, División de Investigación y Posgrado, Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México. raul.sosa.cortes@gmail.com

C. Enríquez-Ramírez, División de Ingenierías, Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México, carlos.enriquez@upt.edu.mx

J. L. Templos-Santos, División de Investigación y Posgrado, Universidad Politécnica de Tulancingo, México. jluistsantos@gmail.com @gmail.com

H. Minor-Popocatl, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Departamento de Posgrados, hertwin.minor@upaep.mx

R. Tapia-Olvera, Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Ingeniería Eléctrica, rtapia@fi-b.unam.mx

Article

Optimal Economic Dispatch in Microgrids with Renewable Energy Sources

F. Daniel Santillán-Lemus ¹, Hertwin Minor-Popocatl ^{2,*}, Omar Aguilar-Mejía ^{2,*} and Ruben Tapia-Olvera ³

¹ Postgraduate Department, Polytechnic University of Tulancingo (UPT), Tulancingo 43629, Mexico; fdanielsale@hotmail.com

² School Engineering and Business (Postgraduate), Popular Autonomous University of the State of Puebla (UPAEP), Puebla 72410, Mexico

³ Department of Electric Power, National Autonomous University of Mexico (UNAM), CDMX 04510, Mexico; rtapia@fi-b.unam.mx

* Correspondence: hertwin.minor@upaep.mx (H.M.-P.); omar.aguilar@upaep.mx (O.A.-M.); Tel.: +52-(222)-229-9400 (ext. 7431) (H.M.-P. & O.A.-M.)

Received: 23 November 2018; Accepted: 25 December 2018; Published: 7 January 2019



Abstract: Due to the opening of the energy market and agreements for the reduction of pollution emissions, the use of microgrids attracts more attention in the scientific community, but the management of the distribution of electricity has new challenges. This paper considers different distributed generation systems as a main part to design a microgrid and the resources management is defined in a period through proposed dynamic economic dispatch approach. The inputs are obtained by the model predictive control algorithm considering variations of both pattern of consumption and generation systems capacity, including conventional and renewable energy sources. Furthermore, the proposed approach considers a benefits program to customers involving a demand restriction and the costs of regeneration of the pollutants produced by conventional generation systems. The dispatch strategy through a mathematical programming approach seeks to reduce to the minimum the fuel cost of conventional generators, the energy transactions, the regeneration of polluted emissions and, finally, includes the benefit in electricity demand reduction satisfying all restrictions through mathematical programming strategy. The model is implemented in LINGO 17.0 software (Lindo Systems, 1415 North Dayton Street, Chicago, IL, USA). The results exhibit the proposed approach effectiveness through a study case under different considerations.

Keywords: microgrid; distributed generation; renewable energies; dynamic economic dispatch; predictive control model; mathematical programming

1. Introduction

Currently, the opening of the energy sector yields a new form of competition and changes of paradigms in the pattern of electricity generation. Then, distributed generation has attracted a great interest for energy contribution in the whole generation of electric power. Today, the concept of microgrids emerges as a natural alternative to the conventional electric power systems, where big synchronous generators in remote sites could be accompanied with smaller generators and shorter transmission lines near to the loads, which provide an effective and sustainable alternative for the integral use of renewable energies. Generation units in microgrids can be conventional generators in the case of thermal generators or diesel engines, in the same way, Renewable Energy Sources (RES) can be included as wind turbines, photovoltaic systems, fuel cells or Battery Energy Storage Systems (BESS). These new technologies offer a feasible electric power system, but its operation is conditioned

Article

Parameter Tuning of PI Control for Speed Regulation of a PMSM Using Bio-Inspired Algorithms

Juan Luis Templos-Santos ^{1,*}, Omar Aguilar-Mejia ², Edgar Peralta-Sanchez ² and Raul Sosa-Cortez ¹

¹ Departamento de Posgrado, Universidad Politécnica de Tulancingo, Tulancingo, Hidalgo C. P. 43629, Mexico; raul.sosa.cortes@gmail.com

² Departamento de Posgrado, UPAEP Universidad, Puebla C.P. 72410, Mexico; omar.aguilar@upaep.mx (O.A.-M.); edgar.peralta@upaep.mx (E.P.-S.)

* Correspondence: jluistsantos@gmail.com; Tel.: +52-775-111-7181

Received: 31 December 2018; Accepted: 9 February 2019; Published: 4 March 2019



Abstract: This article focuses on the optimal gain selection for Proportional Integral (PI) controllers comprising a speed control scheme for the Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM). The gains calculation is performed by means of different algorithms inspired by nature, which allows improvement of the system performance in speed regulation tasks. For the tuning of the control parameters, five optimization algorithms are chosen: Bat Algorithm (BA), Biogeography-Based Optimization (BBO), Cuckoo Search Algorithm (CSA), Flower Pollination Algorithm (FPA) and Sine-Cosine Algorithm (SCA). Finally, for purposes of efficiency assessment, two reference speed profiles are introduced, where an acceptable PMSM performance is attained by using the proposed PI controllers tuned by nature inspired algorithms.

Keywords: PI controller; bio-inspired; speed control; PMSM; FPA; SCA; BBO; CSA; BA

1. Introduction

Recently, the permanent magnet synchronous motor (PMSM) has achieved notoriety in industrial applications (e.g., electric vehicles [1], computer numerical control machines [2], industrial robots [3]). Among its most relevant features are a fast dynamic response, compact size, high power density, high torque capacity and low losses due to heat dissipation, which make it highly efficient. The performance of the PMSM can be affected during operation by the non-linearity of the dynamic system, some parametric variations and bounded perturbations of the load torque, which the controller must be able to overcome in real-time operation by always considering the physical constraints of the machine [4–6].

In the literature, several speed-control schemes have been proposed for PMSM, where a proper performance in tasks of regulating the speed of the rotor is achieved [7–12]. Some controllers use adaptive schemes [8,13–15], artificial neural networks (ANNs) [5,11,12,16], sliding mode control (SMC) based techniques [17–20], and fuzzy logic [5,10], to name a few methods. Sliding-modes based control provides a high disturbance rejection and a low sensitivity to parametric variations. However, the well-known phenomenon of chattering is also presented, which leads to low precision, warm-up in electrical power devices and wear in motor's mechanical parts. With the use of fuzzy logic a good performance is presented but it has the problem that the fuzzification rules, the inference mechanism, and the defuzzification operations are not clear and, in addition, they demand high computational processing capacity. When using ANNs, a large amount of data and various operating scenarios of the plant are required for offline training. Also, it's necessary to have a device with a high processing capacity to manipulate all of the data, resulting in greater cost and system complexity.

Controlador de Velocidad Adaptativo para un Motor Síncrono de Imanes Permanentes

Adaptive Speed Controller for a Permanent Magnet Synchronous Motor

Omar Aguilar Mejía¹, Rubén Tapia Olvera², Iván Rivas Cambero³ y Hertwin Minor Popocatl¹

Palabras clave: lógica difusa; redes neuronales artificiales; control de máquinas; modos deslizantes; máquinas de imanes permanentes

Keywords: fuzzy logic; artificial neural network; motor drives; sliding mode; permanent magnet machines

Recepción: 08-08-2018 / Aceptación: 10-01-2019

Resumen

En este trabajo se presenta el desempeño de un controlador adaptativo utilizando una red neuronal B-spline para ajustar la velocidad del rotor del motor síncrono de imanes permanentes. El análisis incluye una comparación de tres estrategias de control convencionales y no lineales: control proporcional integral, modos deslizantes y lógica difusa. Además, se proporciona una forma sistemática de determinar las ganancias óptimas del controlador para mejorar el desempeño del error de seguimiento. Dentro del trabajo se explica el diseño del controlador adaptativo y la metodología para realizar su entrenamiento. La eficiencia del controlador propuesto se demuestra mediante simulaciones en el tiempo donde el motor se somete a diferentes perturbaciones y cambios en el valor de la señal de referencia. El análisis de los resultados muestra que la técnica de control propuesta exhibe mejor rendimiento porque puede adaptarse a todas las condiciones operativas, presentando un bajo esfuerzo computacional para una operación en línea y considerando las no linealidades del sistema.

Abstract

This paper presents a controller performance that is developed employing an adaptive B-spline neural network algorithm for adjusting the rotor speed of the permanent magnet synchronous motor. It includes a comparative analysis with three control strategies: conventional proportional integral, sliding mode and fuzzy logic. Also, gives a systematic way to determine the optimal control gains and improve the tracking error performance. A methodology for the adaptive controller and its training procedure are explained. The efficacy of the proposed method is analyzed using time simulations where the motor is subjected to disturbances and reference

¹ Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Departamento de Posgrado. E-mail: omar.aguilar@upaep.mx

² Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Energía Eléctrica

³ Universidad Politécnica de Tulancingo, Departamento de Investigación y Posgrado

Research Article

Optimization of the Supply Chain in the Production of Ethanol from Agricultural Biomass Using Mixed-Integer Linear Programming (MILP): A Case Study

Edgar León-Olivares,¹ Hertwin Minor-Popocatl ,² Omar Aguilar-Mejía,² and Diana Sánchez-Partida²

¹Postgraduate Department, Polytechnic University of Tulancingo, Ingenierías No. 100, Tulancingo de Bravo, HGO, Mexico

²School Engineering and Business (Postgraduate), UPAEP University, Puebla, PUE, Mexico

Correspondence should be addressed to Hertwin Minor-Popocatl; hertwin.minor@upaep.mx

Received 12 August 2019; Revised 14 January 2020; Accepted 30 January 2020; Published 11 March 2020

Academic Editor: Sang-Bing Tsai

Copyright © 2020 Edgar León-Olivares et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The production of biofuels from agricultural biomass has attracted much attention from researchers in recent years. Biomass residues generated from agricultural production of corn and barley represent an essential source of raw material for the production of biofuels, and a mathematical programming-based approach can be used to establish an efficient supply chain. This paper proposes a model of mixed-integer linear programming (MILP) that seeks to minimize the total cost of the bioethanol supply chain. The proposal allows determining the optimal number and location of storage centers, biorefineries, and mixing plants, as well as the flow of biomass and bioethanol between the facilities. To show the proposed approach, we present a case study developed in the region of Tulancingo, Hidalgo, in Mexico (case study), considering the potential of biomass (corn and barley residues) in the region. The results show the costs for the production of bioethanol, transportation, and refining and total cost of the bioethanol supply chain, besides a sensitivity analysis on the costs of the bioethanol supply chain which is presented by mixing different percentages of bioethanol with fossil fuel to satisfy the demand. We conclude that the proposed approach is viable in the process of configuring the supply chain within the proposed study region.

1. Introduction

Countries around the world have considered and directed policies towards the increase and economic use of biomass to meet their future energy demands in order to meet polluting emissions reduction targets, as specified in the Kyoto Protocol, to reduce dependence from fossil fuels [1].

Due to the energy crisis, environmental, and social problems, many researchers have focused on the development of renewable energy (RE) sources to guarantee energy consumption, protect the environment, and promote regional development. Biofuel is a type of RE that can be used in multiple ways to replace energy based on fossil fuels. Bioethanol is a type of biofuel that is currently widely used in internal combustion vehicles [2], which, when mixed with

fossil fuel, has the objective of oxygenating it, thus achieving complete combustion that allows reducing toxic emissions [3].

Although first-generation bioethanol production has been commercialized worldwide, it is still debatable about the consumption of food and energy used to get the biofuel. Recently, this trend has changed, and now the focus is on the use of lignocellulose and nonfood biomass products to produce biofuel and thus improve food and energy security [4]. Biomass is considered an alternative source of attractive energy to replace fossil fuels [5], if and only if it occurs without negatively affecting the environment [6] because not all agricultural residues should be used for biofuel production [7, 8].

There is much research that assesses the feasibility of producing biofuels from various types of biomass [9–13] and