





Diseño De Controladores Clasicos, Fuzzy Y Neuronal Para El Control De Velocidad De Un Motor Trifasico

Design Of Classic, Fuzzy And Neuronal Controllers For Speed Control Of A Three Phase Motor

Rolando Méndez Sarmiento ^{1*} 
Universidad de Pamplona

Julián Alejandro Burbano Diaz 
Universidad de Pamplona

Robert David Diaz Unda 
Universidad de Pamplona

Oscar J. Suarez, 
Universidad de Pamplona

© 2021 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ Universidad de Pamplona, Facultad de ingenierías y arquitectura. Ciudadela Universitaria, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel (+775) 5685303 Ext.144 E-mail: {rolando.mendez, julian.burbano, robert.diaz oscar.suarez, apardo13}@unipamplona.edu.co.

RESUMEN

El objetivo principal de este artículo es lograr obtener un diseño adecuado de un controlador para una planta de un motor trifásico que varía su velocidad en revoluciones por minuto (rpm), donde se probaran diferentes tipos de controladores desde los PID Clásicos de Ziegler-Nichols pasando por las computaciones (Pidtune) hasta llegar a los controladores difusos (PID FUZZY) y controladores neuronales. El fin de este artículo es buscar diferentes estrategias tanto computacionales como clásicas llegando a obtener una respuesta controlada y estable.

PALABRAS CLAVE: Sistema, Controlador, Acciones de control, Lazo abierto, Lazo cerrado

ABSTRACT

The main objective of this article is to obtain a suitable design of a controller for a plant of a three-phase motor that varies its speed in revolutions per minute (rpm), where different types of controllers will be tested from the Classic Ziegler-Nichols PID through the computations (Pidtune) to the diffuse controllers (FUZZY PID) and neural controllers. The purpose of this article is to look for different strategies both computational and classical to obtain a controlled and stable response.

KEYWORDS: system, controller, control actions, open loop, closed loop.

INTRODUCTION

El diseño de controladores para un motor trifásico a través de técnicas de control clásico e inteligente busca mejorar el comportamiento y brindar estabilidad ante variaciones internas o externas del sistema; por medio de métodos de Ziegler Nichols clásico y modificado, Pidtune, Fuzzy y Controlador Neuronal [1], [2], [3], [4], se lleva a cabo acciones de control proporcional, integral y derivativo en lazo cerrado evidenciando el comportamiento del sistema en estado transitorio y estacionario introduciendo variaciones en la señal de entrada y perturbaciones al sistema para determinar la robustez del controlador, a través de las diferentes variables a las que se

somete el sistema junto con cada uno de los controladores se puede llegar a conocer cual o cuales de ellos son los mejores para implementar para el control de velocidad de un motor trifásico.

1. SISTEMA O PLANTA

El sistema en operación normal recibe una señal de entrada entre 0 y 3.3 Vdc y cuya salida se comprende en función de la entrada en un rango de 0 a 2800 rpm, inicialmente se tiene el siguiente Dataset

Tabla 1 Datos conocidos del sistema

DATASET	
INPUT	OUTPUT
2.2846	21.0818
2.2846	958.9614
2.2846	977.3452
2.0611	908.2202
2.0611	871.7456
2.8825	882.0466
2.8825	1219.2147
2.8825	1225.8053
2.8830	1222.772
2.8830	1223.1494
3.2151	1226.2001
3.2151	1362.4957
3.2151	1365.1675
2.4985	1170.6705
2.4985	1051.3091
2.6752	1061.7177
2.6752	1134.2178
2.6752	1135.578
3.0802	1244.1064
3.0802	1311.6986
2.0449	1297.1808

A partir de estos datos se obtiene la siguiente función de transferencia combinada con una ganancia 1236,6945

$$\frac{0.00754353944937989s^4 + 1.73690285619806s^3 + 1124.56126702128s^2 + 171425.424475913s + 37508819.6210040}{s^4 + 47.0654733946991s^3 + 99249.9536631650s^2 + 4645175.59289823s + 34669610.2915088}$$

Respuesta del sistema en lazo abierto ante una entrada escalón unitario



Ilustración 1 Diagrama de Bloques Lazo Abierto

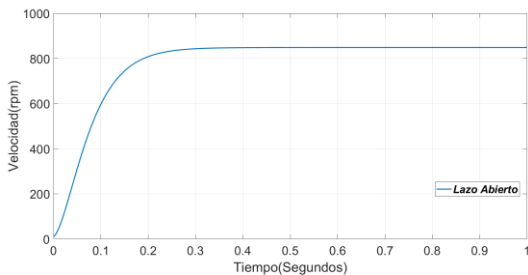


Ilustración 2 Respuesta del sistema con entrada escalón

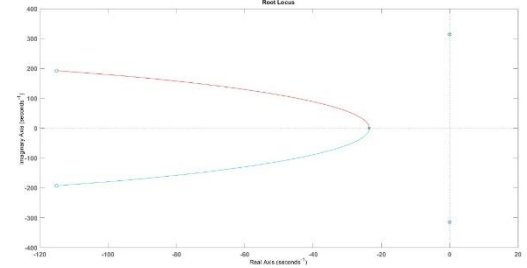


Ilustración 3 Polos y Ceros del sistema

$$\begin{aligned} &0.0000+3.1416i \\ &0.0000-3.1416i \\ &-0.2353+0.0036i \\ &-0.2353-0.0036i \end{aligned}$$

2. METODO ZIEGLER NICHOLS

2.1. Lazo Abierto

La planta permite aplicar el método de Ziegler Nichols en lazo abierto dado el comportamiento

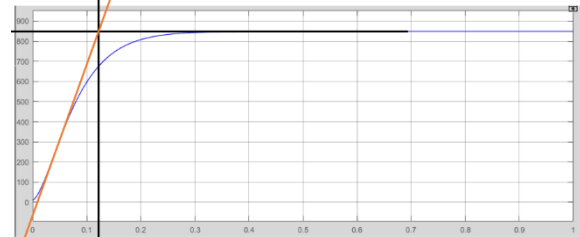


Ilustración 4 Tiempo muerto y tiempo de subida

$$\begin{aligned} (S=0) \\ K &= 3.751e07/5.467e07 \\ K &= 0.6861 \\ L &= 0.00737 \\ T &= 0.128 - 0.00737 \\ T &= 0.12 \end{aligned}$$

2.1.1. Controlador Proporcional (P)

$$\begin{aligned} K_p &= T/LK \\ K_p &= 0.12 / (0.00737 * 0.6861) \\ K_p &= 23.73 \end{aligned}$$

2.1.2. Controlador Proporcional Integral (PI)

$$\begin{aligned} K_p &= 0.9 * T/LK \\ K_p &= 0.9 * 0.12 / (0.00737 * 0.6861) \\ K_p &= 21.358 \end{aligned}$$

$$T_i = L/0.3$$

$$T_i = 0.00737 / 0.3$$

$$T_i = 0.02456$$

$$K_i = K_p / T_i$$

$$K_i = 21.358 / 0.02456$$

$$K_i = 869.625$$

2.1.3. controlador proporcional integral - derivativo (PID)

Se halla la constante proporcional

$$K_p = 1.2 * T / LK$$

$$K_p = 1.2 * 0.12 / (0.00737 * 0.6861)$$

$$K_p = 28.477$$

$$T_i = 2L$$

$$T_i = 0.01474$$

Cálculo de constante integral

$$K_i = K_p / T_i$$

$$K_i = 28.477 / 0.01474$$

$$K_i = 1931.95$$

$$T_d = 0.5L$$

$$T_d = 0.003685$$

Cálculo de constante derivativa

$$K_d = K_p T_d$$

$$K_d = 28.477 * 0.003685$$

$$K_d = 0.1049$$

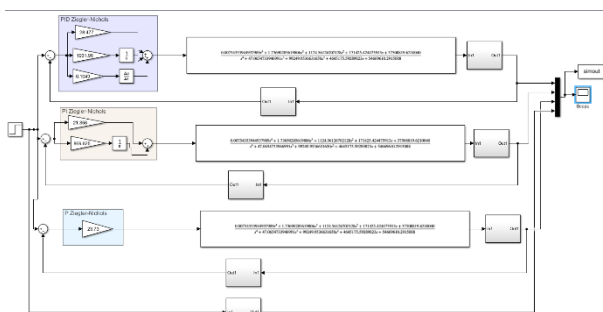


Ilustración 5 Controlador PID, PI, PD

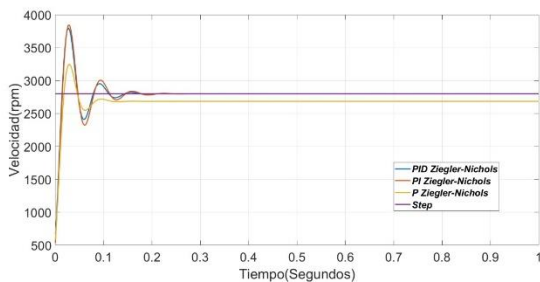


Ilustración 6 Comparación de la respuesta de Controladores PID, PI, P

2.2. Lazo Cerrado

Dada la naturaleza del sistema el comportamiento del sistema no es oscilatorio por lo tanto la tarea de encontrar una ganancia crítica que inestabilice el sistema en Lazo cerrado en estado estacionario no es posible.

2.3. Herramienta Pidtune

La herramienta Pidtune de Matlab permitió obtener las ganancias para un controlador proporcional y para un controlador proporcional integral

Constante controlador Proporcional
 $K_p = 10.6$

Constantes controlador Proporcional Integral
 $K_p = 2.93$
 $K_i = 44.7$

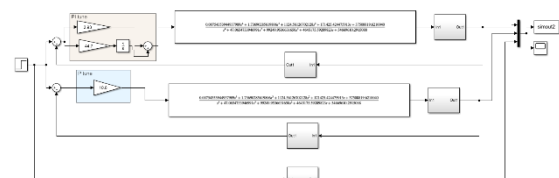


Ilustración 7 Diagrama de bloques controlador PI, P

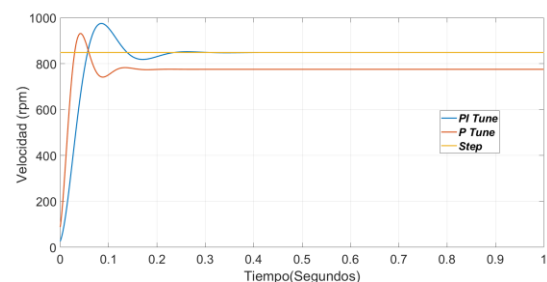


Ilustración 8 Respuesta del sistema con el Controlador PI, P

Tomando los mejores controladores clásicos e introduciendo perturbaciones

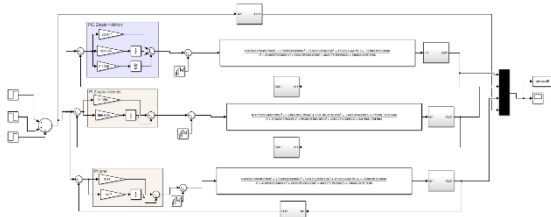


Ilustración 9 Pid, Ziegler Nichols; Pi,Ziegler Nichols ; Pi,Tune

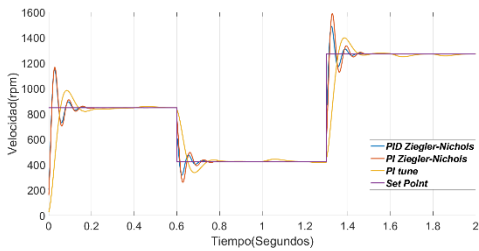


Ilustración 10 Respuesta de los mejores controladores ante variaciones y perturbaciones

2.4. Controlador Fuzzy

El rango de la señal de entrada está dado en el intervalo de 0 a 3.3 Vdc también denominado Setpoint

Desarrollando un código en Matlab crea el controlador Fuzzy se selecciona las funciones de membresía [5], [6], [7]., Luego el código se escoge las reglas de acuerdo al controlador seleccionado y las asigna al controlador. Luego se llama al código en donde se reciben dos parámetros cuya función es realizar el sistema en lazo cerrado

2.4.1. Controlador Fuzzy Proporcional

Utilizando 3 funciones de membresía para el error y 3 funciones de membresía para la salida y programando las reglas negativo(N), centro(Z), positivo (P)

ERROR	N	Z	P
CORRECCION	N	Z	P

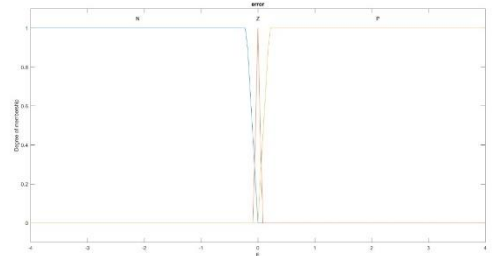


Ilustración 11 Funciones de Membresía para el error

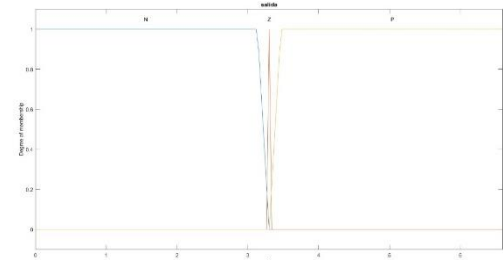


Ilustración 12 Funciones de Membresía Salida del controlador

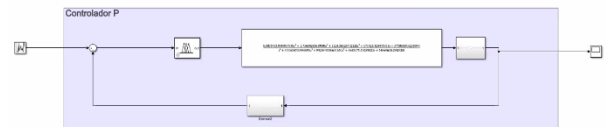


Ilustración 13 Diagrama de Bloques Creado por el Código

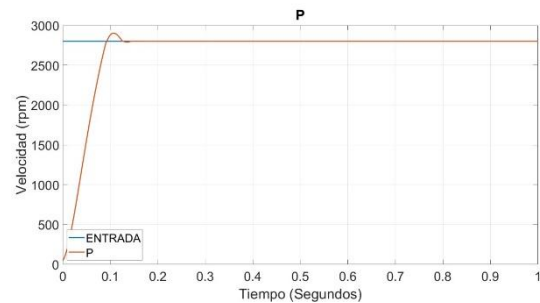


Ilustración 14 Respuesta del sistema con Controlador Proporcional

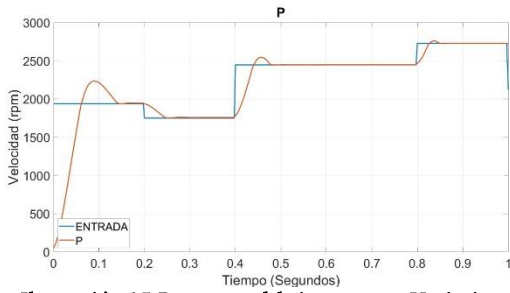


Ilustración 15 Respuesta del sistema ante Variaciones con Controlador Proporcional

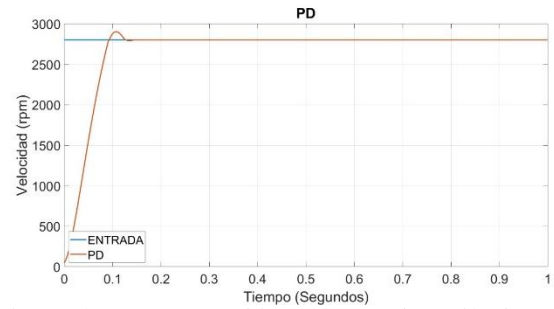


Ilustración 19 Respuesta del sistema entrada escalón de 3.3Vdc

2.4.2. Controlador Fuzzy Proporcional Derivativo

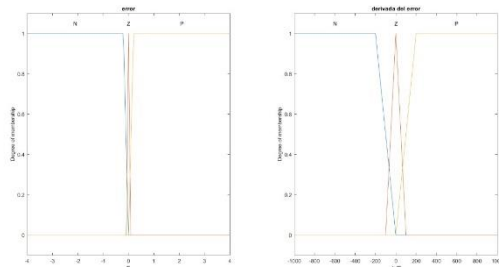


Ilustración 16 Funciones de Membresía del error, derivada del error

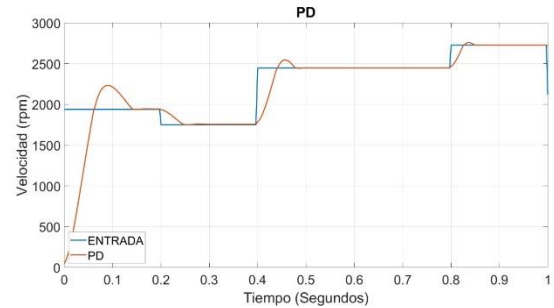


Ilustración 20 Respuesta del controlador Proporcional ante Variaciones

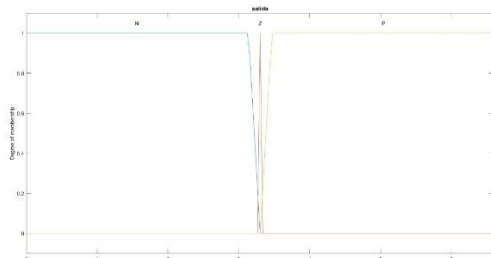


Ilustración 17 Funciones de Membresía de salida

2.4.3. Controlador Fuzzy Proporcional Integral Derivativo

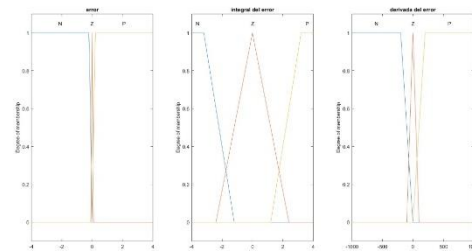


Ilustración 21 Funciones de Membresía del Error, Integral y Derivativo

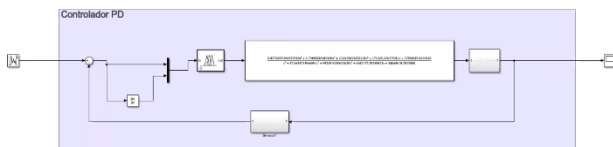


Ilustración 18 Diagrama de Bloques creado por el código

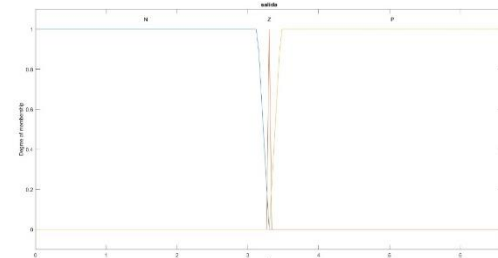


Ilustración 22 Funciones de Membresía de salida del controlador

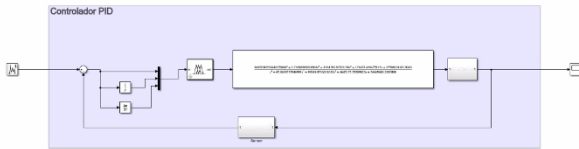


Ilustración 23 Diagrama de Bloques creado por el código

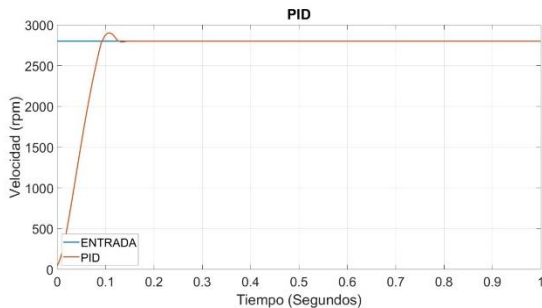


Ilustración 24 Respuesta del sistema ante una entrada de 3.3 Vdc

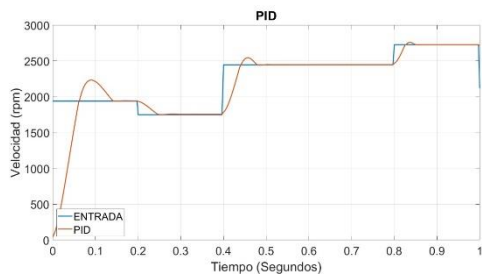


Ilustración 25 Respuesta del sistema ante Variaciones

La eficiencia de la red neuronal se puede comprobar mediante la diferencia del sistema con el controlador Fuzzy menos la salida del sistema con el controlador Neuronal [5], [6], [7]. El margen de error es de 2.85%

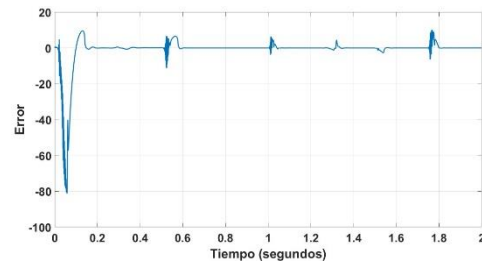


Ilustración 28 Salida del sistema con controlador Fuzzy menos Salida del sistema con controlador Neuronal

2.5. Comparación de los mejores controladores de cada método

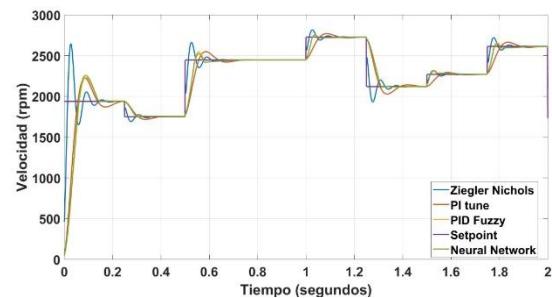


Ilustración 29 Respuesta de los controladores

La aproximación al valor deseado y con mejor tipo de respuesta en aspectos de sobre impulso, tiempo de subida y tiempo de estabilización se puede comprobar que el controlador Fuzzy y el controlador Neuronal se destacan por ser robustos y estables.

4. CONCLUSIONES

La respuesta de los controladores alcanza el punto deseado y el tiempo en estabilizarse es bastante rápido respondiendo a las exigencias de velocidad del sistema.

El código adjunto funciona de una manera particular al ejercicio, se espera poder generalizarlo para cualquier planta

Los resultados de los controladores clásicos obtenidos tanto en lazo abierto de ziegler nichols y Pidtune llegaron a la

respuesta deseada en cambio en lazo cerrado debido a que no hubo oscilaciones contantes no se pudo llegar aun control por ese método.

REFERENCIAS

- [1]. [1] Hurtado, C., Corte, C., & Triana, M. (2017). Estimación del carbono almacenado en el bosque natural en la 366 Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.) • Vol. 69(1): 352-368, March 2021 cuenca media-baja. municipio de río Quito Chocó, Colombia. Ingeniería e Innovación, 5(1), 32-42. DOI:10.21897/23460466.1102
- [2]. “Noticias del mercado.” [Online]. Available: <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2013/09/05/que-es-el-control-pid/>. [Accessed: 4-Oct-2017].
- [3]. “lógica difusa y sistemas de control.” [Online]. Available: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_185_184_133_1746.pdf/. [Accessed: 4-Oct-2017].
- [4]. Cerón, J., y Quintero, J. (2018). Línea de tiempo de la evolución de los MOOC. Ingeniería e Innovación, 6(1), 40-46.
- [5]. “Ventilacion industrial.” [Online]. Available: <https://www.airtechnics.com/es/tecnologia/ventiladores-generalidades>. [Accessed: 4-Oct-2017].
- [6]. O. Suarez, A. Pardo and E. Sanchez, “Intelligent control for the exciter of a synchronous machine with closed loop voltage,” World Autom. Congr. Proc., vol. 2016-Octob, no. July, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1109/WAC.2016.7582983.
- [7]. Suarez, O. J., Vega, C. J. ., Sanchez, E. N. ., González Santiago, A. E. ., Rodríguez Jorge, O. ., & Pardo Garcia, A. (2020). Abnormal P53 degradation and apoptosis induction in P53-MDM2 network using pinning control strategy. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 2(32), 1-7. <https://doi.org/10.24054/16927257.v32.n32.2018.101>
- [8]. Rios, Y. Y., García-Rodríguez, J., Sanchez, E. N. ., Alanis, A. Y. ., Ruiz Velázquez, E. ., & Durán Acevedo, C. M. . (2020). Treatment for T1DM patients using neuro-fuzzy inverse optimal control algorithm: a rapid prototyping implementation. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 2(32), 26-33. <https://doi.org/10.24054/16927257.v32.n32.2018.104>
- [9]. Gualdrón Guerrero, O. E. ., Reales Osorio, J. J. ., & Acevedo Gauta, T. L. . (2016). Implementación de una estrategia de control difuso para aumentar la producción de crudo en pozo petrolero. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1(27), 98-103. <https://doi.org/10.24054/16927257.v27.n27.2016.358>