



مدل‌سازی فشار محفظه و طراحی کنترل‌کننده برای کنترل پروفایل فشار در توکامک دماوند

حسین رسولی^{۱*}، مهدی علیاری شوره‌دلی^۲، مهدی امینی^۲

۱. پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، صندوق پستی: ۱۴۳۹۹-۵۱۱۱۳، تهران-ایران
۲. گروه کنترل، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، صندوق پستی: ۱۶۳۱۵-۱۳۵۵، تهران-ایران

*Email: hossein.rasouli1@gmail.com

مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۳/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۵/۳

چکیده

یکی از سامانه‌های لازم جهت ارتقاء توکامک دماوند، کنترل اتوماتیک پروفایل فشار محفظه است. در این مقاله شناسایی و مدل‌سازی فشار محفظه خلأ توکامک دماوند و همچنین طراحی کنترل‌کننده مبتنی بر مدل انجام می‌گیرد. در این راستا ابتدا اقدام به طراحی و اجرای ساختار آزمایشی جهت اعمال سیگنال شناسایی و داده‌برداری از سیستم فشار محفظه خلأ توکامک دماوند صورت می‌پذیرد. بدین صورت که پس از ایجاد خلأ پایه، با تغییر و اعمال ولتاژ ورودی به عملگر پیزوالکتریک به‌طور هم‌زمان فشار محفظه خلأ و ولتاژ اعمالی اندازه‌گیری می‌شود. پس از انجام فرایند داده‌گیری، در فرایند شناسایی، چندین مدل خطی حاصل گردید. هدف اصلی از شناسایی در این مقاله، طراحی کنترل‌کننده مناسب بود. که پس از تهیه مدل، کنترل‌کننده‌های PID مبتنی بر روش ZN و کنترل‌کننده پیش‌بین مبتنی بر مدل طراحی و شبیه‌سازی گردید که نتایج مطلوبی داشتند. در این پژوهش، برای داشتن خروجی بدون فراجهش و زمان‌خیز قابل تنظیم از طرف کاربر، پروفایل فشار مطلوب تهیه و فشار محفظه بر اساس کنترل‌کننده پیش‌بین مورد ارزیابی قرار گرفت. برای حفظ ایمنی پیزو الکتریک، کنترل‌کننده‌های خانواده PID و پیش‌بین با در نظر گرفتن محدودیت‌های عملی در سیگنال کنترلی ($25 < V_p < 65$) شبیه‌سازی شد در آخر نیز نتایج عملکرد آن‌ها بر اساس حذف تأخیر ذاتی سیستم، دنبال‌روندگی مدل مرجع، دامنه سیگنال کنترلی و حذف اغتشاش مقایسه و بررسی گردید که نتایج مطلوبی در ردیابی پروفایل فشار محفظه، حذف تأخیر ذاتی سیستم و قابلیت پیاده‌سازی به‌دلیل محدود بودن دامنه سیگنال کنترلی دارند.

کلیدواژه‌ها: توکامک، پلاسما، محفظه خلأ، پمپ روتاری، پمپ توربومولکولار، عملگر پیزو، شناسایی سیستم، کنترل‌کننده پیش‌بین

Modeling of vacuum vessel pressure and model-based controller design for pressure profile control in Damavand Tokamak

H. Rasouli^{*1}, M. Aliyari Shuredeli², M. Amini²

1. Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O. Box: 14399-51113, Tehran - Iran
2. Control Department, Faculty of Electrical Engineering, Khwaja Nasiruddin Tusi University, P.O. Box: 16315-1355, Tehran - Iran

Research Article

Received 2.6.2022, Accepted 25.7.2022

Abstract

One of the essential systems for the upgrade of Damavand Tokamak is the automatic control of the vacuum vessel pressure profile. This research performs the identification, modeling, and control of the vacuum chamber pressure in Damavand Tokamak. As a first step, the experimental structure is designed and implemented for the application of an identification signal and for the collection of data from the vacuum vessel pressure. Following the creation of the base vacuum, the input voltage to the piezoelectric is changed and applied. At the same time, both the vacuum vessel pressure and applied voltage are measured. Using experimental data, several linear models are identified for control. Then, considering the practical limitations of the control signal ($25 < V_p < 65$), Ziegler-Nichols-based PID and predictive controllers are designed and simulated. Also, their performance results were compared and evaluated based on compensating for the system's inherent delay, disturbance rejection, and reference model following. The simulation results show the performance of controllers.

Keywords: Tokamak, Plasma, Vacuum vessel, Rotary pump, Turbo molecular pump, Piezoelectric, Model identification, Predictive controller

