طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم کنترل خودکار محفظه شبیه‌ساز پلاسمای جو ایرانی

INC29-1350

حسین شاطری خاکی[۱] ، مسلم کاظمی [۱] ، حمیدرضا میرزایی[۲]، غلامرضا اطاعتی، محمدامین میرزایی،مهدی غلامی، میلاد سلطانی، محمود کریمی، حسین رجبعلی نیا، محسن صامت

۱. دانشکده مهندسی برق، دانشگاه مالک اشتر، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵- ۱۷۷۴، تهران- ایران.

۲. پژوهشکده فیزیک و شتابگرهای ذرات، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای صندوق پستی: ۱۴۳۹۹-۵۱۱۱۳، تهران ـ ایران.

چکیده:

به‌منظور مدل‌سازی تجربی فرآیندهایی که در لایه یونوسفر اتفاق می‌افتد نیاز است که آزمایشگاهی بدین منظور طراحی و ساخته شود. این آزمایشگاه باید قابلیت مدل‌سازی پارامترهای اصلی بدون بُعد در یونوسفر را دارا باشد. برای سهولت در عملکرد سیستم، به حداقل رساندن خطا و بروز حادثه و آسیب‌های ناشی از آن، به یک سیستم کنترل کامپیوتری نیازمندیم. کنترل‌کننده اصلی این سیستم یک PLC خانواده DELTA است که بر اساس نوع معماری سیستم کنترل، تعداد حسگرها و عملگرها و نوع سیگنال ارتباطی آن‌ها انتخاب شده‌است. در نهایت با استفاده از این سیستم‌کنترل به نتیجه مطلوب خلا $۱۰^{-۶}$ میلی‌بار رسیدیم.

کلیدواژه‌ها: یونسفر، PLC، معماری سیستم‌کنترل، خلاء، کنترل

Design, construction and operation of the automatic control system of the Iranian space plasma simulation chamber

H. Shatery-khaki[1], M. Kazemi[1], H. R. Mirzaei[2], Gh. R. Etaati, M. A. Mirzaei, M. GHolami, M. Soltani

1. Facultty of electrical engineering, Malek Ashtar university, P.O.BOX: 1774-15875, Tehran, Iran
2. Physics and Accelerators Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.Box:14399-51113, Tehran-Iran

Abstract:

For experimental modeling of some processes which occur in ionosphere layer need to design and construct laboratory. This laboratory should consist of capability of modeling main dimensionless parameters. For simplicity minimizing error and accident and consequent event, it is essential to utilize a computer controlling system. Main controller of this system is PLC from Delta company that with consider to configuration control, number of sensor and actuator and communication signal have been chosen. In finally with using this controlling system we achieved vacuum pressure to 1×10^{-6}mbar.

Keywords: Ionosphere, PLC, Vacuum, Control

۱.مقدمه

یونوسفر بالاترین قسمت جو است که از ارتفاع ۵۰ کیلومتر تا ۱۰۰۰ کیلومتر امتداد دارد که توسط تابش‌های خورشیدی یونیزه می‌شود. مطالعه یونوسفر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا یونوسفر نقش بسیار مهمی به دلیل اثرگذاری بر امواج رادیویی (بویژه امواج ELF و VLF) دارد. تابش‌های خورشیدی پس از برخورد به این لایه محیط را یونیزه می‌کنند. ذرات باردار این لایه، یونوسفر را به یک رسانای الکتریکی تبدیل می‌کند که امکان بازتاب امواج را به محیط پیرامون زمین میسر می‌سازد.

مطالعه یونسفر از چند جنبه اهمیت دارد: قرارگیری برخی ماهواره‌ها در این لایه، برقراری ارتباطات رادیویی و نقش حفاظتی یونسفر از ورود پرتوهای فرابنفش و ایکس تابشی از خورشید.

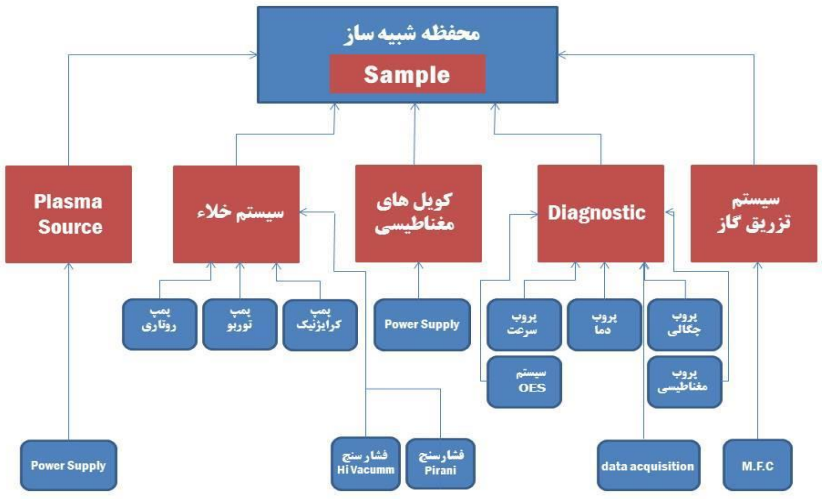
بمنظور مدل‌سازی تجربی فرآیندهای که در لایه یونوسفر اتفاق می‌افتد نیاز است که آزمایشگاهی بدین منظور طراحی و ساخته شود. این آزمایشگاه باید قابلیت مدل‌سازی پارامترهای اصلی بدون بُعد در یونوسفر را دارا باشد[۱].

۱.۱.تاریخچه‌ی سیستم کنترل:

دستگاه‌های پیچیده‌ای مانند شبیه‌ساز یونوسفر در ابتدا هیچ سیستم کنترل کامپیوتری نداشتند و با استفاده از دستگاه‌ها و رابط‌های کاربری آنالوگ راه‌اندازی می‌شدند. اما امروزه یک سیستم کنترل قدرتمند به عنوان یکی از اصلی‌ترین بخش‌ها و قسمت جدایی‌ناپذیر یک مجموعه تحت کنترل در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند با ایجاد رابط کاربری مناسب و ایجاد ارتباط با کدهای شبیه‌سازی و محاسباتی، کار با سیستم تحت کنترل را سهولت بخشد و توانایی پیاده‌سازی ایده‌ها و تغییرات را به آسانی فراهم آورد[۲].

۲.۱.معرفی بخش‌های مختلف آزمایشگاه شبیه‌ساز یونوسفر:

آزمایشگاه شبیه‌ساز مد نظر از بخش‌های مختلف و متعددی تشکیل شده‌است. در شکل ۱ اصلی‌ترین بخش‌های مجموعه شبیه‌ساز که در تعامل با سیستم کنترل کامپیوتری نیز هستند نمایش داده شده‌است.



شکل۱. ساختار کلی آزمایشگاه یونسفر

همانطور که مشاهده می‌کنید برخی از قسمت‌ها خود نیز دارای زیر سیستم‌هایی هستند. تمامی بخش‌ها بسته به نوع معماری سیستم کنترل انتخاب شده می‌توانند دارای کنترل‌کننده‌های جداگانه و اصطلاحا محلی و با تعریف سطح دسترسی‌های مشخص باشند و یا اینکه تمامی تجهیزات به یک کنترل‌کننده واحد متصل شوند و فرامین را از همان کنترل‌کننده دریافت کنند[۳].

۳.۱. معرفی مقاله

در این پویش که منجر به طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم کنترل خودکار آزمایشگاه شبیه‌ساز یونوسفر شده‌است، ابتدا به معرفی و مقایسه بین معماری‌های سیستم کنترل می‌پردازیم و با ارائه الگوریتم سیستم کنترل، توضیحاتی در مورد چیدمان تجربی سیستم داده خواهد شد و در پایان هم نتایج و جمع‌بندی را خواهیم داشت.

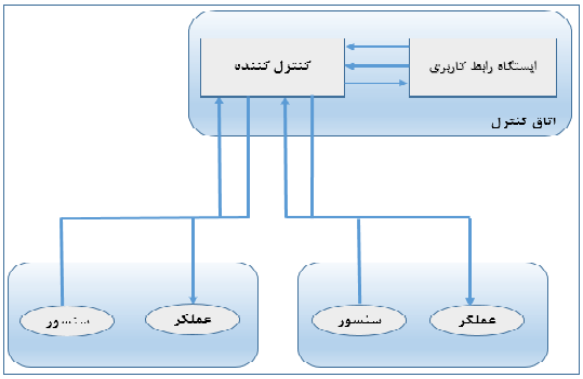
۲. معماری سیستم کنترل

سیستم کنترل می‌تواند امکان دسترسی به تجهیزات مختلف در ساختار محفظه شبیه‌ساز یونوسفر را از طریق رایانه‌هایی که بصورت محلی و یا از راه دور مستقر هستند فراهم کند. بنابراین معماری سیستم کنترل می‌تواند از کنترل محلی ساده گرفته تا کنترل توزیع شده با افزونگی باشد و می‌تواند از یک یا چند لایه تشکیل شود.

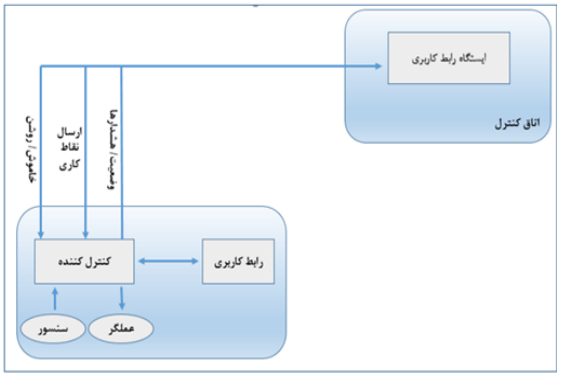
در ابتدا سیستم کنترل در غالب معماری یکپارچه (تک لایه) شکل گرفت و در ادامه به معماری چند لایه رسید که امروزه بعنوان مدل استاندارد شناخته می شود. مدل استاندارد می‌تواند خود را با معماری‌های محلی، متمرکز و توزیع‌یافته متنا سب سازی کند. اما معماری یکپارچه تنها می‌تواند خود را با معماری سیستم کنترل محلی و متمرکز منطبق کند[۴].

۲. ۱. انواع و انتخاب نوع معماری سیستم کنترل:

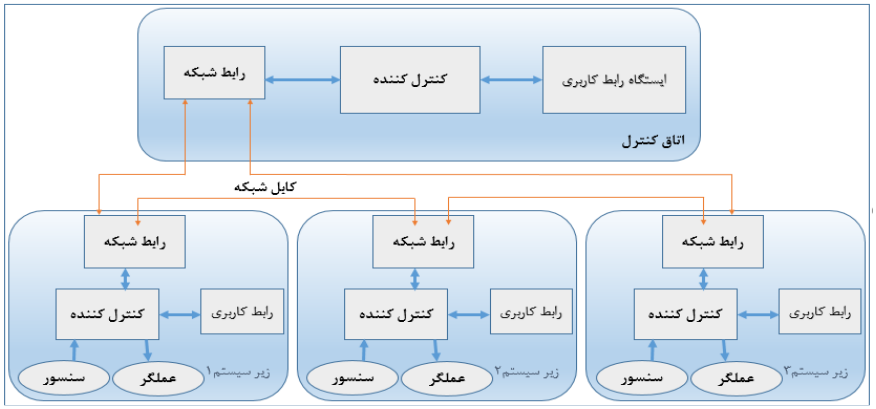
در معماری سیستم کنترل محلی، به مانند معماری سیستم کنترل توزیع یافته، تجهیزات کنترل شونده از نظر فیزیکی دور از یکدیگرند و هر کنترل‌کننده محدوده مشخصی از یک سیستم را کنترل می‌کند. با این تفاوت که در معماری سیستم کنترل توزیع یافته، کنترل‌کننده‌های زیرسیستم‌ها، به یک یا چند کنترل‌کننده مرکزی متصل هستند و کنترل‌کننده مرکزی امکان مداخله در منطق کنترلی، کنترل‌کننده‌های زیرسیستم‌ها را دارد. از این دو نوع معماری معمولا برای سیستم‌هایی که از نظر ابعاد بزرگ هستند استفاده می‌شود. برای مثال شتابدهنده KEKB، که ۲۲۰۰ عدد منبع تغذیه دارد، از معماری سیستم کنترل توزیع یافته استفاده می‌کند. حال آنکه در معماری سیستم‌کنترل متمرکز، که برای طراحی و ساخت سیستم کنترل محفظه شبیه‌ساز مورد بحث در این مقاله نیز مورد استفاده قرار گرفته است، تمامی حسگرها و عملگرها به یک کنترل‌کننده واحد متصل هستند و از همان نقطه فرامین نقاط کار را دریافت می‌کنند. در شکل های ۲و۳و۴ به‌ترتیب معماری‌های سیستم کنترل محلی، متمرکز و توزیع یافته را مشاهده می‌کنید[۵].



شکل ۲. معماری سیستم کنترل متمرکز



شکل ۳. معماری سیستم کنترل محلی



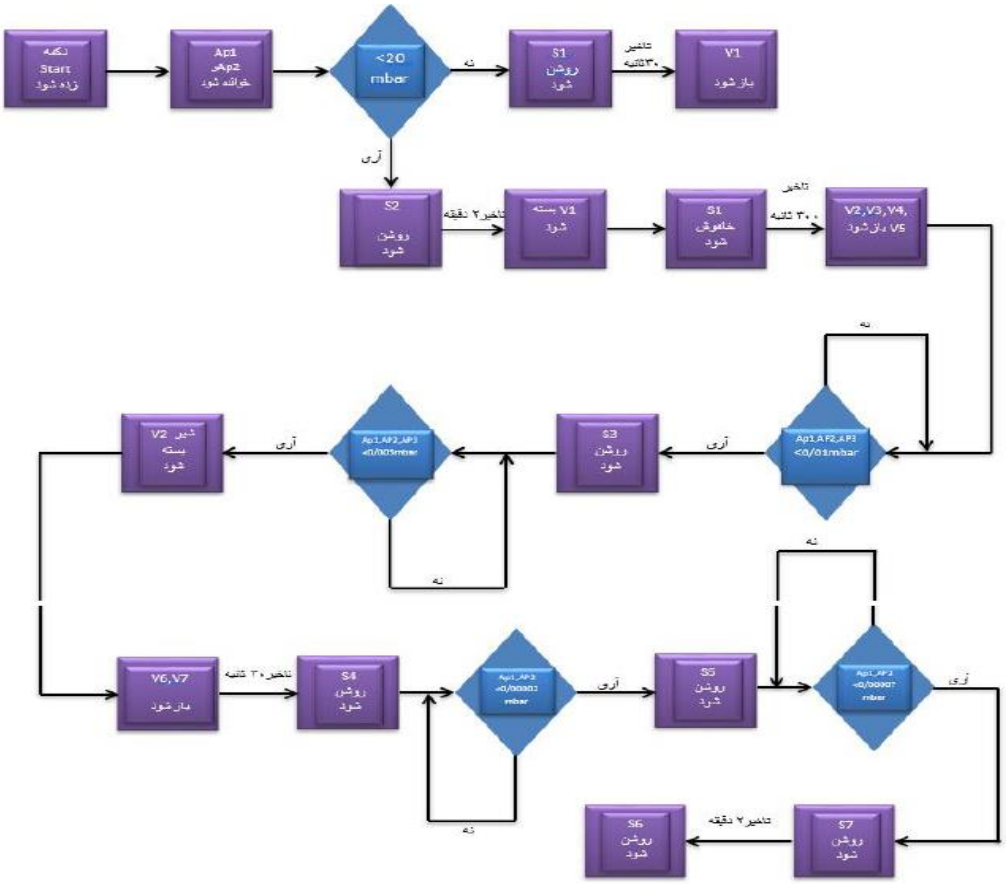
شکل۴. معماری سیستم کنترل توزیع یافته

از جمله ویژگی‌های معماری سیستم کنترل متمرکز با مدیریت یکپارچه می‌توان به مواردی همچون: ۱- اتصال کلیه حسگرها و عملگرها به یک یا گروهی از کنترل‌کننده‌های مستقر در یک اتاق ۲- افزایش آگاهی اپراتور از شرایط سیستم ۳- وجود یک پایگاه داده منفرد و متمرکز ۴- دسترسی فقط از یک نقطه به سیستم وجود دارد ۵- پاسخ زمانی سریع ۶- هر اشتباهی توسط اپراتور یا نقص عملکردی منجر به از کار افتادن کل سیستم می‌شود ۷- هزینه بر بودن سیم‌کشی‌ها (درصورتی‌که سیستم تحت کنترل از نظر ابعاد گسترده باشد و تجهیزات با فاصله زیاد از یکدیگر باشند) اشاره کرد[۶].

۲. ۲. الگوریتم سیستم:

سیستم کنترل مورد بحث مربوط می شود به تعدادی پمپ‌های خلاء، فشار سنج‌ها، منابع تغذیه و سایر تجهیزات است که باید هریک از آن‌ها در توالی مشخص شده به خوبی نقش عملیاتی خود را ایفاکنند تا سیستم به‌درستی عملکرده و مانع از بروز حادثه و وارد شدن آسیب به سیستم شود و در صورت رخداد هرگونه نقص و یا حادثه باید قابلیت عیب‌یابی و خاموش‌سازی ایمن سیستم تحت کنترل وجود داشته باشد.

در شکل ۵ بخشی از الگوریتم پیاده‌سازی شده برای روش و خاموش‌شدن خودکار موتورها و شیرهای برقی با استفاده از شرط‌های فشار خوانش‌شده از قسمت‌های مختلف محفظه شبیه‌ساز یونسفر نمایش داده شده‌است.



شکل ۵. الگوریتم عملکرد خودکار سیستم

برای مثال S5 نماد پمپ خلاء توربومولکولار[2] اســـت. این پمپ در دســـته‌ی خلاء بالا[3] قرار می‌گیرد. بنابراین برای جلوگیری از واردشدن آسیب به آن، این پمپ نباید در فشارهای بالاتر 10^{-4} میلی‌بار کار کند و در صورت رخداد هرگونه حادثه مانند شکستن شیشه‌های محفظه و... که فشار محفظه را می‌تواند بالا ببرد، قسمت‌های مختلف محفظه از جمله پمپ توربو مولکولار به‌طور خودکار به‌و سیله شیرهای برقی تعبیه شده جدا می شود و بنابر توالی و الگوریتم م شخص، به‌صورت ایمن خاموش شده و تا زمان رفع اشکال اجازه روشن شدن مجدد داده نخواهد شد.

۳. چیدمان تجربی

مهم‌ترین بخش ســیســتم کنترل، کنترل‌کننده اصــلی آن می‌باشــد. برای این منظور از کنترل‌کننده منطقی برنامه‌پذیر (plc) شرکت دلتا مدل 14SS2 به‌عنوان کنترل‌کننده اصلی استفاده شد. این انتخاب با توجه به معماری سیستم کنترل و تعداد محدود حسگرها و عملگرها که ورودی و خروجی‌های سیستم کنترل هستند، صورت گرفته است. لازم به ذکر است که احتمال گسترده‌تر شدن سیستم کنترل و پارامترهای آن نیز در نظر گرفته شده‌است و تمهیداتی برای آن نیز اندیشــیده شــده‌اســت. یکی از محدودیت‌های این نوع PLC پشــتیبانی از حداکثر ۷ عدد کارت آنالوگ می‌باشــد که در صورت نیاز به کارت‌های بیشتر، باید از پروتکل‌های شبکه استفاده کنیم.

برای ایجاد رابط کاربری میان اپراتور و سیستم نیز از HMI[4] شرکت دلتا سری B استفاده شده‌است. در شکل ۶ تصویر تابلوی کنترل و برخی دیگر از تجهیزات را مشاهده می‌کنید.

[2]Turbomolecular
[3]High Vacuum (10^{-7} to 10^{-3} mbar)
[4]Human machine interface

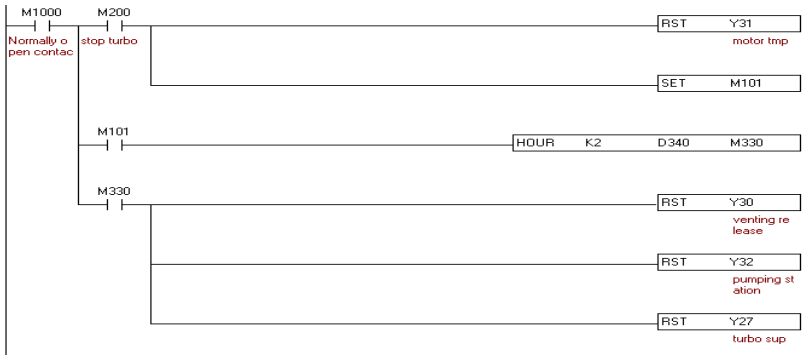
شکل ۶. چیدمان تجربی آزمایشگاه

۴. بخش نرم افزاری:

پس از ایجاد بستر ارتباطی سخت‌افزاری میان تجهیزات و قسمت‌های مختلف، با استفاده از پروتکل‌های نرم‌افزاری، تبادل اطلاعات میان این بخش‌ها را میسر می‌کنیم. برای دریافت اطلاعات بیشتر در مورد پروتکل‌ها و نحوه ایجاد ارتباطات می‌توانید به مرجع [7] رجوع فرمایید.

در شکل‌های ۷ و ۸ برنامه نوشته شده در محیط wplsoft به زبان نردبانی[5] برای روشن و خاموش شدن در حالت دستی (غیرخودکار) پمپ توربومولکولار را مشاهده می‌کنید.

شکل ۷. برنامه روشن شدن پمپ توربو

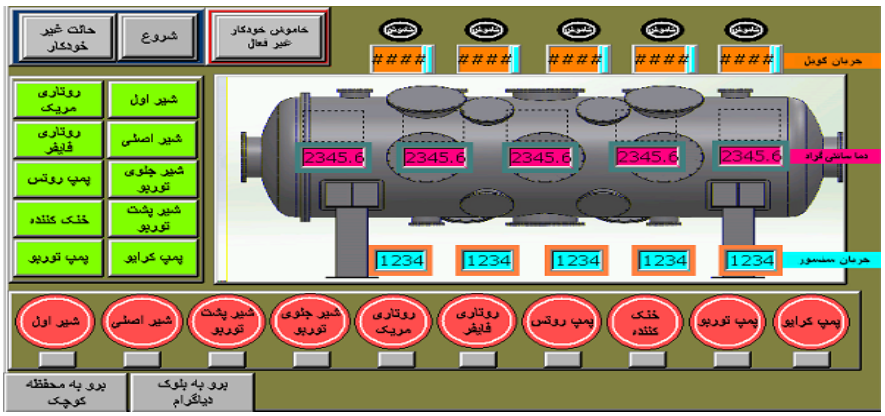


شکل ۸. برنامه خاموش شدن پمپ توربو

برای روشن شدن موتور، با فعال شدن کلید M100 برق مورد نیاز موتور از طریق یک کنتاکتور تامین می‌شود و پس از گذشت ۵ ثانیه با فعال شدن رله‌های داخلی درایو[6] مخصوص پمپ، پمپ خلاء شروع به کار می‌کند. برای خاموش کردن پمپ نیز با فعال شدن M200 رله مورد نیاز خاموش می شود و پس از گذشت ۲ ساعت که موتور کاملا متوقف شده و پره‌های آن از حرکت باز می‌ایستد، دیگر رله‌ها به‌همراه جریان برق ورودی قطع می‌شوند.

[5] ladder
[6] Drive

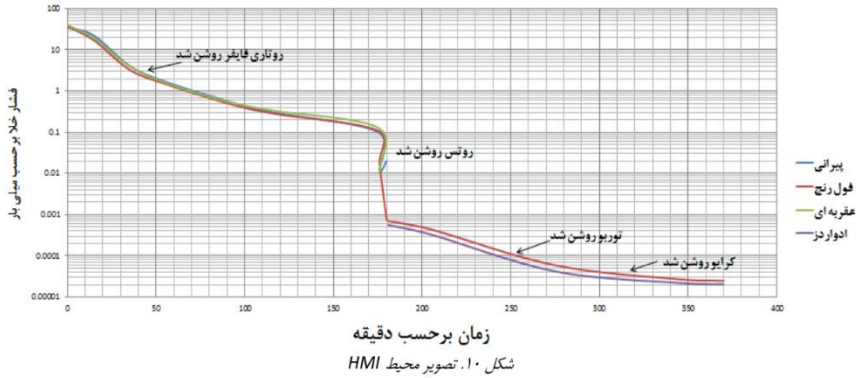
در شکل ۹ نیز تصویر صفحه اصلی محیط HMI سیستم کنترل را مشاهده می‌کنید که در دو حالت خودکار و غیر خودکار قادر به انجام عملیات کنترلی است و برای هر دو حالت اینترلاک‌ها در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۹. تصویر محیط HMI

۵. نتیجه گیری:

با استفاده از سیستم کنترل محفظه خلاء شبیه ساز یونسفر راه‌اندازی شد و در دو حالت خودکار و دستی به‌درستی عملیات کنترلی مدنظر صورت پذیرفت. نتایج حاصل از راه‌اندازی خودکار در شکل ۱۰ نشان داده شده‌است.



شکل ۱۰. تصویر محیط HMI

همانطور که درشکل مشاهده می‌کنید تمامی تجهیزات اعم از پمپ‌ها، شیرها و فشارسنج‌ها به‌درستی عمل کرده و فشار محفظه خلاء به عدد مطلوب $۱۰^{-۶}$ میلی‌بار رسید.

۶. مراجع:

1. H. K. M. E. G. A. M. K. K. M .& .R. J. H. Mirzaei, “Analysis and design of microwave resonant plasma source for Iranian Space Plasma Simulation Chamber ”,Journal of Theoretical and Applied Physics ,۱۶ جلد ,pp. 1-6, 2022 .
2. A.Kazakov, “Reliable Control System For Future Particle Accelerator ”,Department of Accelerator Science School of High Energy Accelerator Science .۲۰۰۹ ,
3. م. کاظمی, م. حمیدرضا, ا. غلامرضا و ...,, “طراحی و ساخت محفظه شبیه ساز پلاسمای فضا,” در دهمین کنفرانس ملی خلا ایران, تبریز, ۱۴۰۰.
4. J. Pinto, Linear IFMIFPrototype Accelerator (LIPAc) Control System: Design and Development, Unuversidad Carlos de Madrid, 2014 .
5. A. B. a. M. G. L. Antoniazzi, “LIPAc RF CONTROL SYSTEM LESSONS LEARNED در ”, JACoW ,,New York, 2019 .
6. S. K. Singh, “Particle Accelerator control system ”,EHIPA Project, Bhabha Atomic Research Centre ,Mumbai, INDIA ..
7. ح. شاطری خاکی, طراحی سیستم کنترل برای یک شتابدهنده دینامیترون ۸۰۰ کیلوالکترون ولت, دانشگاه شهید بهشتی, ۱۴۰۰.