



عنوان

PLC Program to Control Temperature and Humidity of an industrial cold storage facility

درس

کنترل صنعتی

نام استاد

جناب آقای دکتر افشار

نگارش

محیا حقگو

سجاد قدیری

مارال مرداد

محمد برآبادی

شناخت دقیق فرآیند پروژه:	4
ترسیم روند کاری فرآیند پروژه به شکل یک فلوچارت:	7
وضعیت های کاری اتوماتیک و دستی، محلی و ریموت:	9
تبیین نحوه تعامل اپراتور در وضعیت های اتوماتیک و دستی:	9
تبیین نکات ایمنی مورد نیاز:	9
تبیین ورودی و خروجی ها:	10
تبیین موارد افزونگی مورد نیاز:	10
تبیین اختلالات متصور در سیستم و اولویت عملکرد آنها:	11
فلوچارت ثانویه:	12
مدلسازی و شبیه سازی فرآیند پیوسته:	15
انتخاب سنسورها و عملگرهای مناسب:	17
طراحی کنترلر PID برای فرآیند پیوسته:	20
طراحی کنترل کننده پیشرفته:	21
ارائه راهکار برای مقابله با آثار اختلالات بیان شده:	23
بررسی و ارائه راهکار برای عیوب قابل پیش بینی:	23
انتخاب مدل مناسب PLC:	24
تعریف ورودی-خروجی های PLC:	24

تبيين ساختار برنامه PLC وتعريف ماژول های مورد نیاز برنامه : 25.....

پياده سازی کد در یک محیط شبیه سازی: 31.....

شناخت دقیق فرآیند پروژه:

از گذشته‌های خیلی دور انسان‌ها برای نگهداری از مواد غذایی به سراغ استفاده از سرما می‌رفتند. دفن کردن برخی از محصولات غذایی در دل خاک یا انبار کردن این محصولات در سردابه‌ها و استفاده از برف و قالب‌های یخ طبیعی از جمله مثال‌هایی است که در این رابطه می‌توان مطرح کرد. اما با پیشرفت تکنولوژی پای صنعت به ساخت دستگاه‌های سرمایشی نیز کشیده شد.

در اواخر قرن نوزدهم میلادی نخستین دستگاه‌های تبریدی ساخته شد. در این سیستم‌های تبریدی از گاز آمونیاک یا آب به منظور تولید سرما استفاده می‌شد. بعدها در دهه‌های نخستین قرن بیستم پای گازهای فریونی نیز به میان آمد. فریون گازی بی بو بود که عملکردی ایده‌آل در ساخت سیکل‌های تبریدی داشت. به علاوه که مشکلاتی مانند مسمومیت را هم برای افراد ایجاد نمی‌کرد.

ورود گاز فریون به صنایع تبریدی باعث شد تا این صنعت گسترده‌تر شده و نخستین یخچال‌های صنعتی و خانگی نیز به این شکل تولید شوند. اما در سال 1985 در قراردادی که به نام قرارداد وین مطرح گردید، اعلام شد که به خاطر مشکلات زیست محیطی لازم است کشورهای سازنده سیکل‌های تبریدی استفاده از گازهای فریونی را محدود کنند. همین عامل سبب شد تا شرکت‌های تولید کننده به سراغ دیگر گازهای مبرد بروند و گازهای مبرد متفاوتی را با فرمول‌های شیمیایی مختلف تولید کنند.

در طراحی و ساخت سردخانه‌های صنعتی نیز به مانند دیگر سیستم‌های سرمایشی از سیکل تبرید تراکمی استفاده می‌شود. در این سیکل‌ها از یک سیال مبرد به منظور سرماسازی کمک گرفته می‌شود. نقطه شروع هر سیکل تبریدی کمپرسور آن است. به همین خاطر است که از کمپرسور به عنوان قلب سیکل‌های تبریدی نام برده می‌شود. سیال مبرد که می‌تواند از ترکیبات فریونی یا آمونیاک باشد، در ابتدا وارد کمپرسور می‌شود. فعالیت کمپرسور باعث بالا رفتن دما و فشار سیال مبرد می‌گردد. فشار ایجاد شده حکم نیروی محرکه را برای طی کردن سیکل تبرید بازی می‌کند.

در دومین مرحله، سیال مبرد وارد کندانسور می‌شود. در این مرحله هدف اصلی کاهش دمای سیال مبرد است. برای این کار ممکن است از جریان آب یا فن‌های دمنده هوا استفاده شود؛ که انتخاب نوع خنک کننده بستگی به ظرفیت سرمایشی سردخانه و همچنین دسترسی به منابع مورد نیاز است. کندانسور در حقیقت به مانند یک مبدل حرارتی پوسته لوله عمل کرده و دمای سیال را کاهش می‌دهد. سیالی که از کندانسور خارج می‌شود، وارد سومین مرحله از سیکل تبرید تراکمی می‌گردد. سومین مرحله عبور سیال مبرد از یک شیر فشار شکن است. در اینجا

فشار سیال به یک باره کاسته می‌شود. به نحوی که بخش اعظمی از سیال مبرد به واسطه این کاهش فشار به گاز اشباع تبدیل می‌شود.

آخرین مرحله در سیکل‌های تبریدی عبور سیال مبرد از بخش اواپراتور است. اپراتور هم مانند کندانسور در حقیقت یک مبدل حرارتی است که امکان انتقال گرما از محیط را به گاز مبرد برقرار می‌کند. سیال مبرد در این بخش گرمای محیط را جذب کرده و به صورت کامل به گاز اشباع یا داغ تبدیل می‌شود.

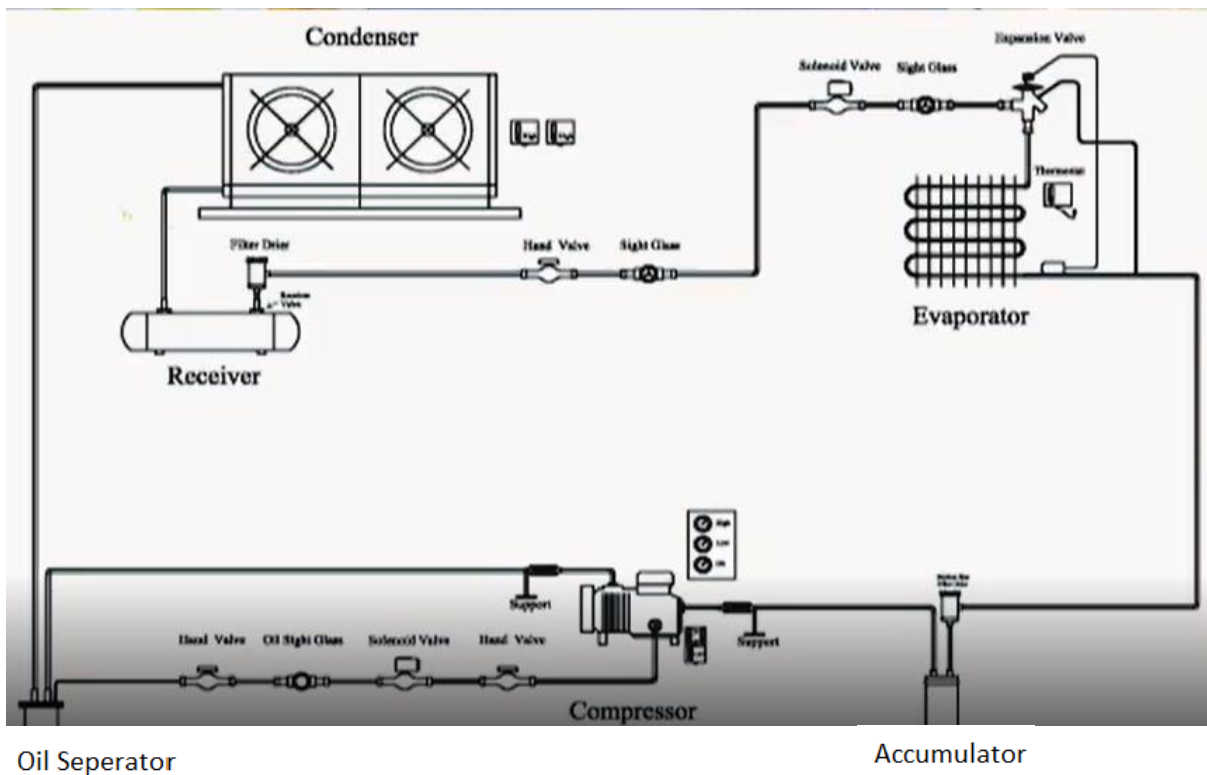
این گاز مجدداً به کمپرسور فرستاده می‌شود تا سیکل تبرید دوباره تکرار شود. انتخاب نوع کمپرسور و سایر تجهیزات روی عملکرد کلی سردخانه‌های صنعتی تأثیر مستقیم می‌گذارد. به همین خاطر است که در طراحی سردخانه‌ها لازم است محاسبات لازم برای انتخاب دقیق مشخصات هر دستگاه انجام گیرد.

اجزای سیستم سردسازی به صورت زیر می‌باشد:

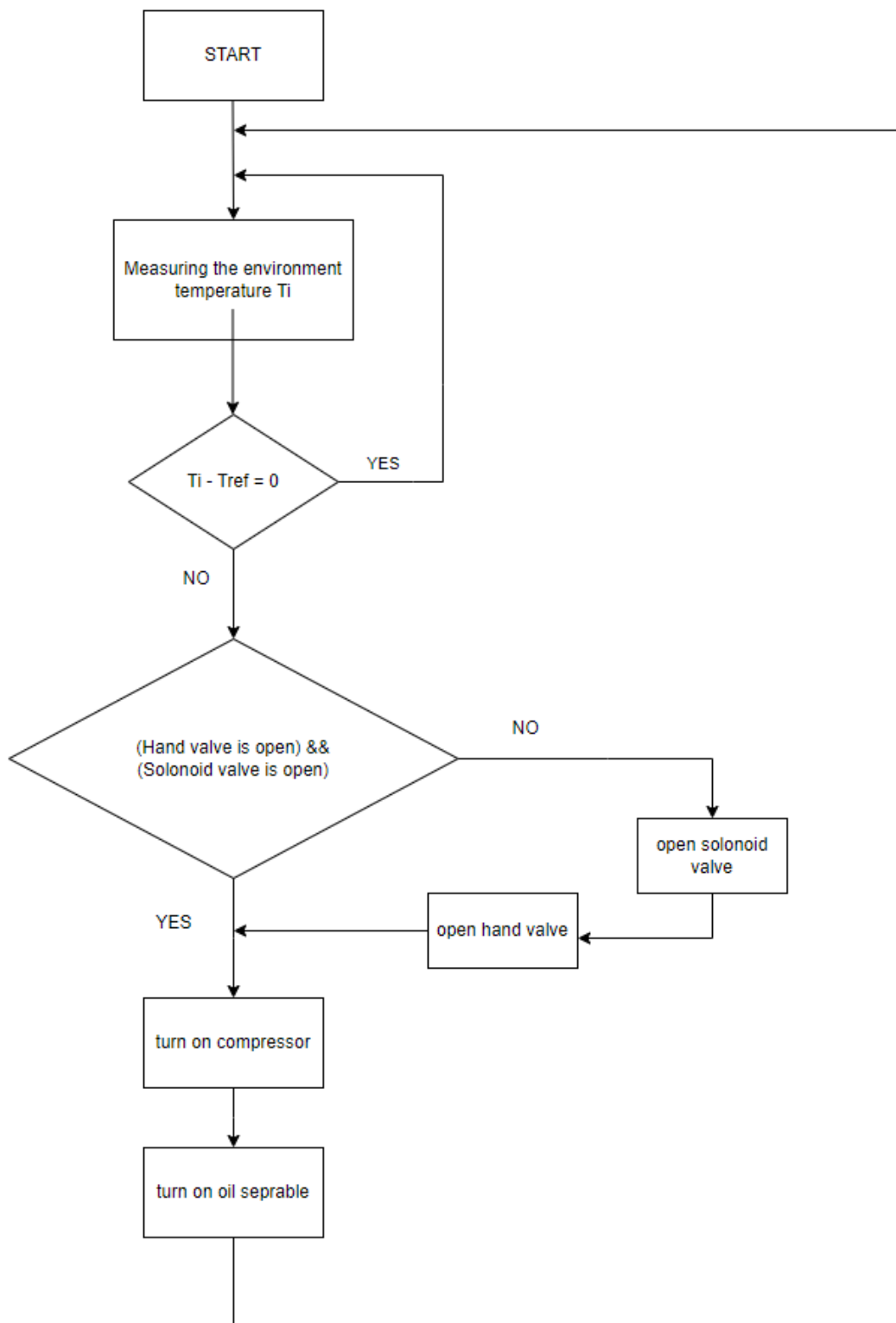
- **کمپرسور:** سیالی که وارد کمپرسور می‌شود، حالت گازی و دما و فشار پایینی دارد. کمپرسور سیال مبرد را فشرده می‌کند. خروجی کمپرسور دما و فشار بالایی دارد.
- **oil separator:** روغن موجود در مبرد را جدا می‌کند و روغن را به کمپرسور بازمی‌گرداند تا سطح روغن کمپرسور افت نکند.
- **کندانسور:** یک مبدل حرارتی می‌باشد. ورودی کندانسور دما و فشار بالایی دارد در کندانسور مبرد از گاز به مایع تبدیل می‌شود. دمای مبرد کاهش می‌یابد و حرارت خود را محیط می‌دهد. کندانسورها میتوانند به صورت هوایی یا آب خنک باشند.
- **Reciever:** اگر مبرد اضافی وجود داشته باشد در ریسپور ذخیره می‌شود.
- **Filter drier:** رطوبت و مواد ناخالصی موجود در مبرد را جدا می‌کند.
- **Hand valve:** نوعی از ولوهای manual هستند که در بخش‌های مختلف سیستم تعبیه شدند و در مواقع تعمیرات، وضعیت‌های اضطراری و ... فرآیند را متوقف می‌کنند.
- **Sight glass:** وضعیت مبرد را در شیشه روئت میتوانیم ببینیم.
- **Selonoid valve:** نوعی شیر برقی می‌باشد که با توجه به ساختار درونی این امکان را فراهم می‌کند که در مواقع اضطراری و... فرایند را از راه دور بتوانیم کنترل کنیم.
- **Expansion valve:** شیر انبساط باعث افت فشار در مبرد می‌شود.
- **Evaporator:** یک مبدل حرارتی می‌باشد که در آن مبرد با جذب حرارت تبخیر می‌شود.

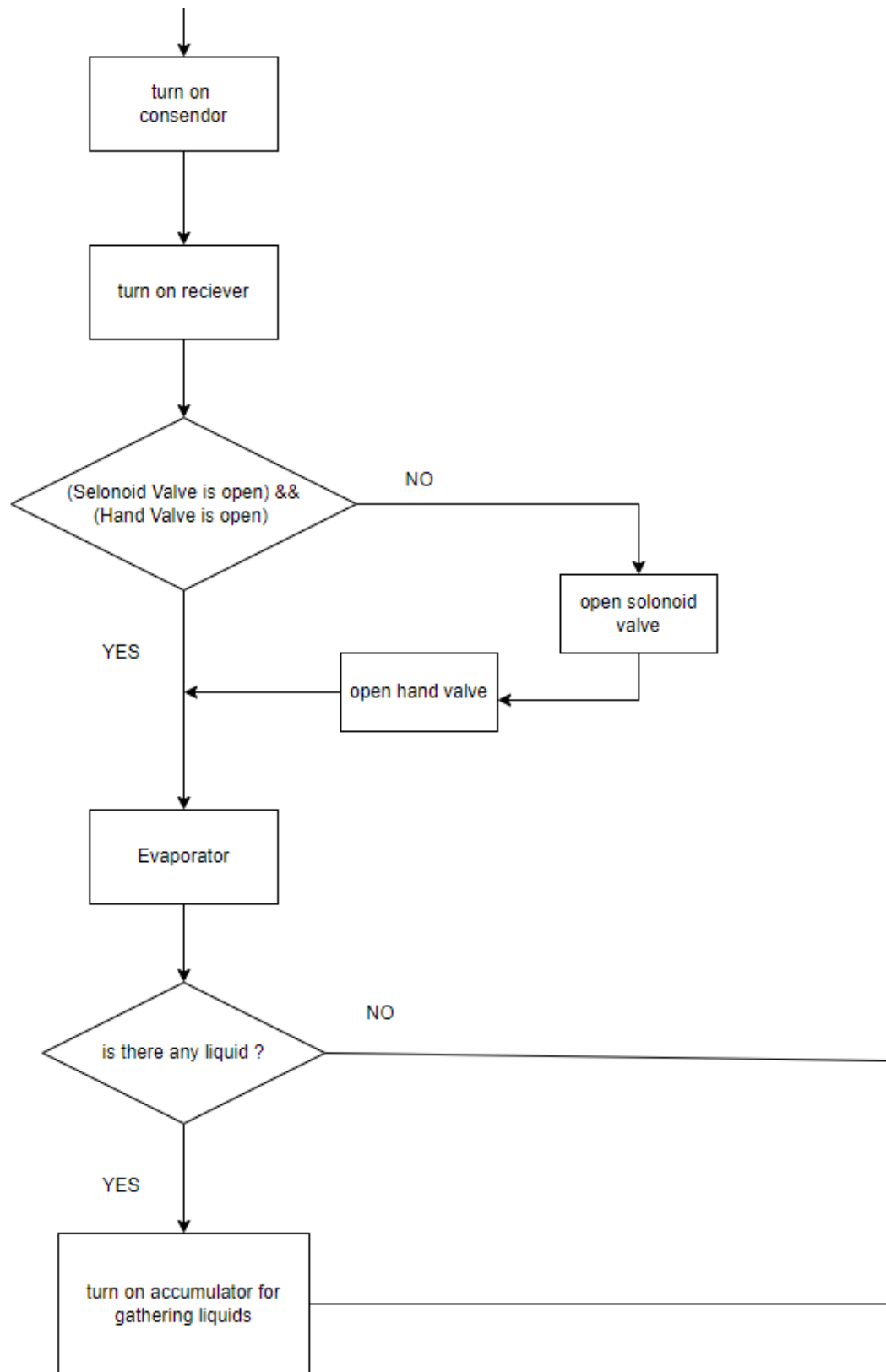
اوپراتور می‌تواند هوایی یا آبی باشد که در صورت هوایی بودن حرارت هوا را جذب می‌کند و در صورت آبی بودن حرارت آب یا هر سیال دیگری را جذب می‌کند.

- **Accumulator:** از آنجایی که سیکل تکرارشونده می‌باشد و خروجی اکومولاتور ورودی کمپرسور می‌باشد و ورودی کمپرسور باید گاز باشد، در اکومولاتور مایع موجود در مبرد خروجی از اوپراتور جداسازی می‌شود.



۲. ترسیم روند کاری فرآیند پروژه به شکل یک فلوچارت:





وضعیت های کاری اتوماتیک و دستی، محلی و ریموت:

شیر های Handvalve با حالت دستی باز و بسته می شوند و محلی هستند.

شیر های Selonoidvalve با حالت اتوماتیک باز و بسته می شوند.

در مواقع اضطراری Selonoidvalve ها می توان به صورت دستی و ریموت باز و بسته کرد.

تبیین نحوه تعامل اپراتور در وضعیت های اتوماتیک و دستی:

در حالت دستی اپراتور زمان ورود و خروج مواد غذایی را می تواند تنظیم کند. همچنین در صورت بروز مشکل اپراتور می تواند به صورت دستی و محلی فرآیند را توسط Handvalve فعال و غیرفعال کند یا به صورت ریموت توسط Selonoidvalve فرمان توقف فرآیند را بدهد. در حالت اتوماتیک اپراتور نقش ناظر را دارد و درستی روند فرآیند را چک می کند.

تبیین نکات ایمنی مورد نیاز:

کلیه تجهیزات نصب شده در فضای باز باید نسبت به شرایط اقلیمی منطقه مقاومت کافی داشته باشند. نصب شیرهای قطع و وصل در جای ورود و خروج لوله ها به تجهیزات تولید و توزیع سرما مانند کمپرسور و کندانسور ضروری است.

نصب سیستم تشخیص نشت سیال مبرد و اعلام آن در هر یک از سالن های نگهداری ضروری است.

فاضلاب یا پس آب سردخانه ها باید در شرایط بهداشتی محفوظ و دفع گردد.

برای جلوگیری از نفوذ رطوبت داخل و جلوگیری از آسیب پذیری و در نهایت جلوگیری از افزایش بار حرارتی سیستم سرمازا باید از عایق حرارتی استفاده کرد.

تبیین ورودی و خروجی ها:

ورودی فرآیند: مواد فاسدشدنی

خروجی فرآیند: مواد فاسدشدنی با دمای مطلوب

ورودی کنترلی: فرکانس موتور کمپرسور (F)، بار حرارتی که هر ورودی فرآیند به سیستم اعمال می کند (C).

خروجی کنترلی: دمای سیال وارد شده به اواپراتور (Te)، دمای هوای اتاق مورد نظر (Tc)، توان الکتریکی (P)

تبیین موارد افزونگی مورد نیاز:

افزونگی یا redundancy یکی از عمومی ترین روشهای بالابردن قابلیت اطمینان در سیستم های کنترل صنعتی است. افزونگی باعث افزایش هزینه سیستم خواهد شد. اما قابلیت اطمینان سیستم را به نحو چشمگیری بالا میبرد به طوری که در تأسیسات حساس، هزینه ی پرداخت شده برای آن به هزینه های احتمالی ناشی از وقوع فاجعه می ارزد.

برای مثال می توان برای اطمینان از عملکرد سنسور ها ، یک سنسور جایگزین دیگر در سیستم تعبیه شود.

همچنین برای عملگرهایی همچون کمپرسور، با استفاده از datalogger دیتا هایی از مشخصه های عملکردی آنها را به طور پیوسته لاگ کنیم.

تبیین اختلالات متصور در سیستم و اولویت عملکرد آن‌ها:

- **گرما:**

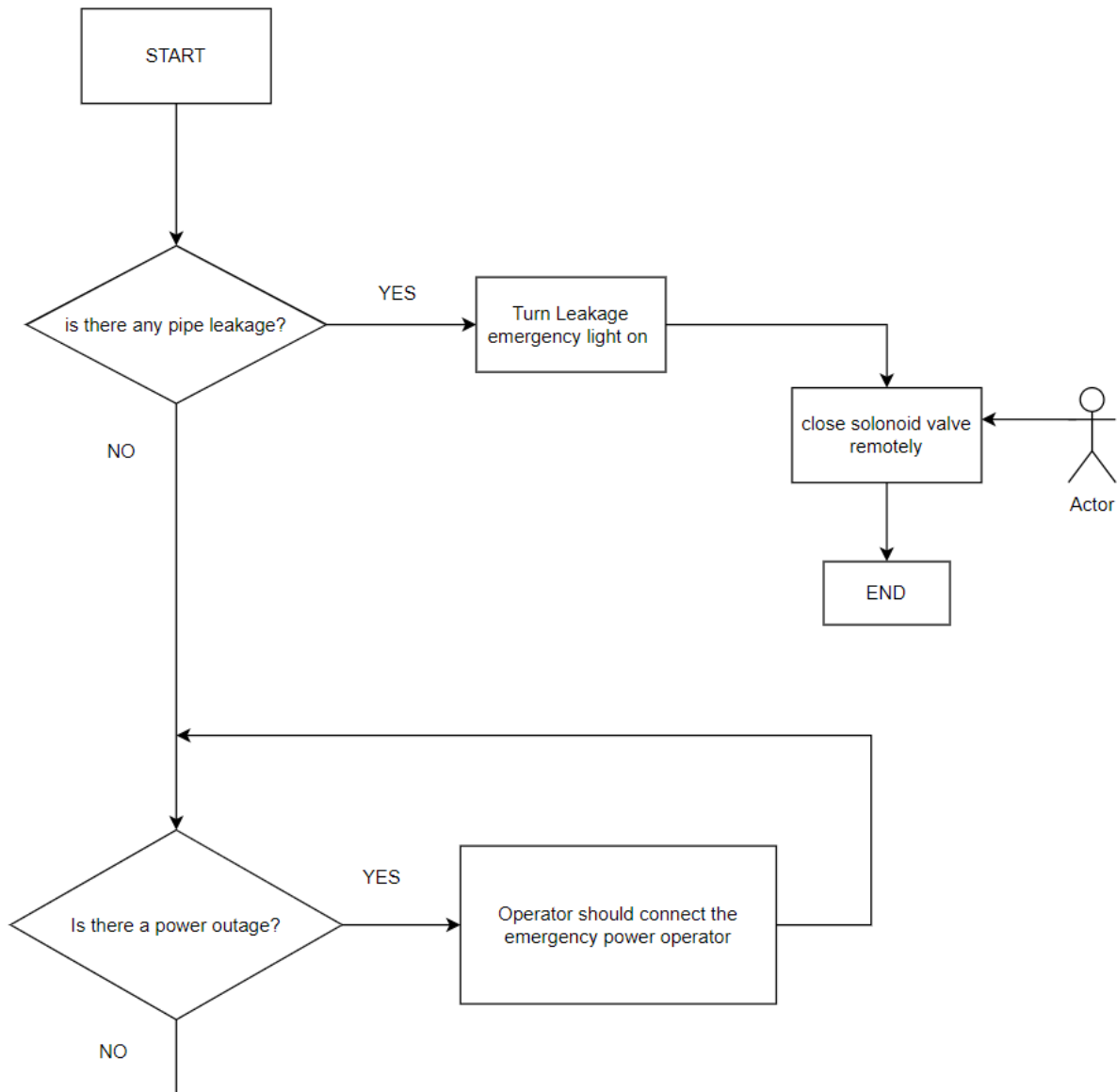
هدف ما نگه داشتن دمای اتاق در بازه کوچکی حول دمای مطلوب است. برای دستیابی به این هدف سیستم باید در مقابل اغتشاشاتی همچون گرما (مهم‌ترین اغتشاش) مقاوم باشد. این اغتشاش (گرما) می‌تواند از طریق دیوارها و سقف و کف با محفظه شود. همچنین اختلال در عملکرد موتورهای اواپراتور (Evaporator) نیز می‌تواند این گرما را تولید کند.

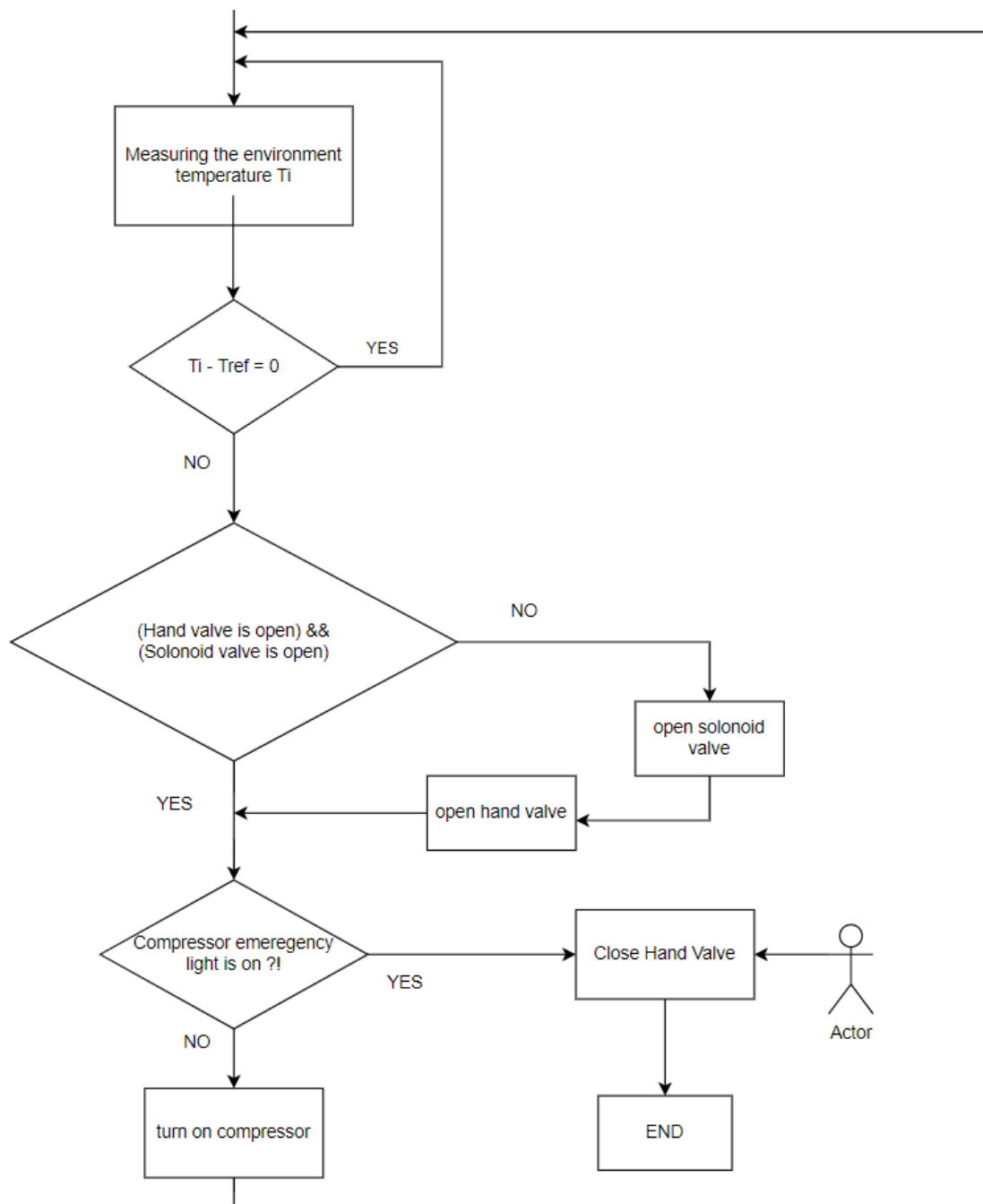
- **مشکلات کمپرسور:**

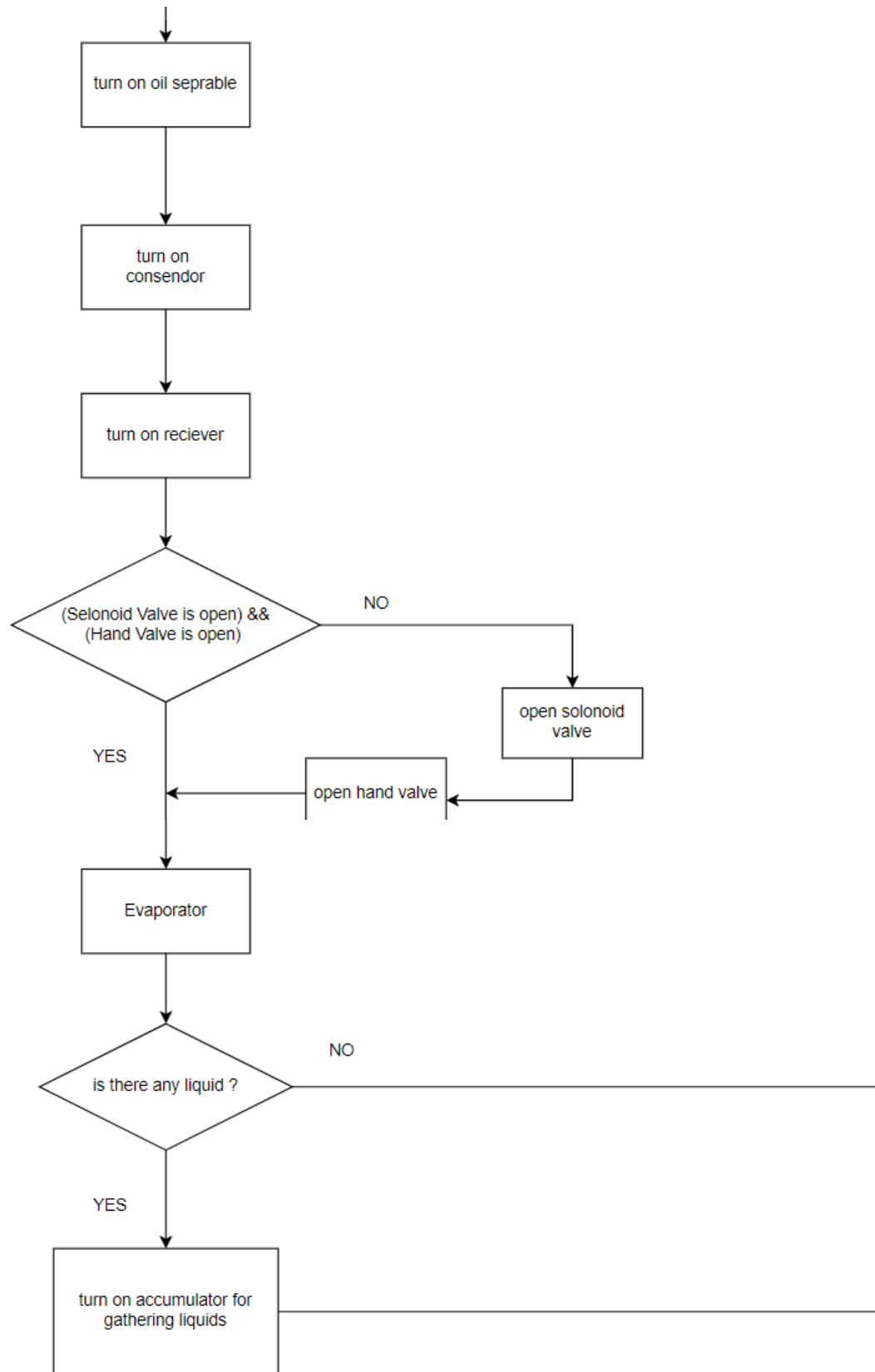
در طول فرآیند، دلایل مختلفی باعث ایجاد مشکل در عملکرد کمپرسور می‌شود. از مهم‌ترین این دلایل می‌توان به قطعی جریان برق و در نتیجه اختلال در تنظیمات ترموستات، سوختن فیوز، بالابودن افت ولتاژ و ایراد در خازن و ... اشاره کرد.

- **گرفتگی شیرهای ورودی و خروجی**

فلوچارت ثانویه:

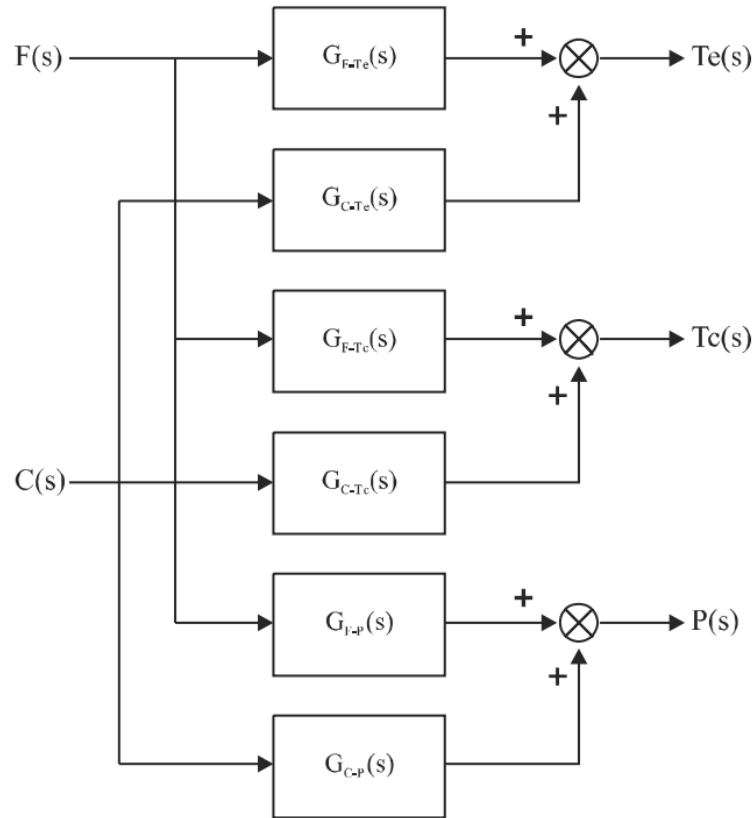






مدل سازی و شبیه سازی فرآیند پیوسته:

براساس مقاله ای که از آن به عنوان مرجع استفاده کردیم، مدل سردخانه صنعتی به صورت زیر می باشد:



ورودی های این سیستم فرکانس کمپرسور و گرمای مواد و خروجی های آن دمای سیال خروجی اواپراتور، دمای محفظه سردکننده و توان الکتریکی می باشد.

برای مدل سازی این سیستم از 6 تابع تبدیل استفاده شده است که به صورت زیر می باشند:

$$G_{F_{Te}} = \frac{-0.63e^{-15s}}{916s + 1}$$

$$G_{F_{Tc}} = \frac{-0.66e^{-35s}}{967s + 1}$$

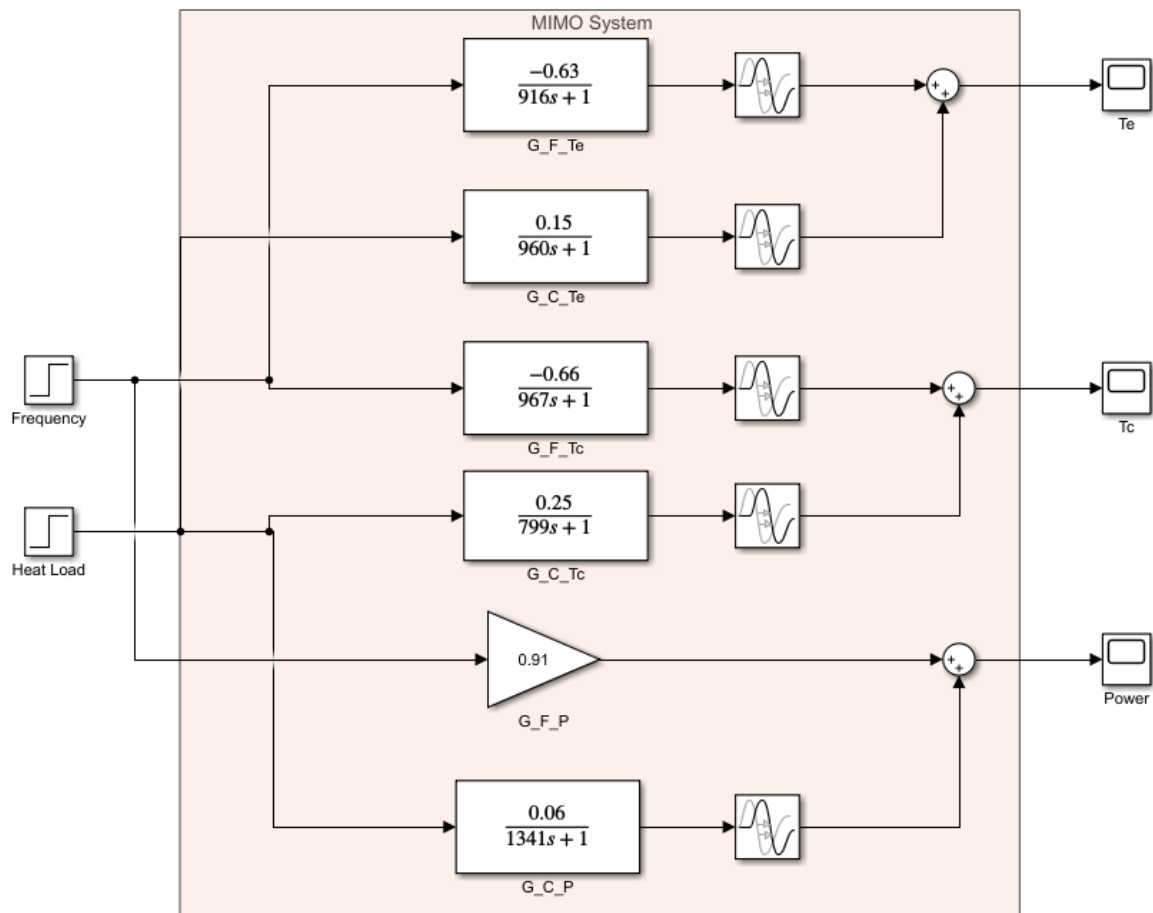
$$G_{F_C} = 0.91$$

$$G_{C_{Te}} = \frac{0.15e^{-42s}}{960s + 1}$$

$$G_{C_{Tc}} = \frac{0.25e^{-15s}}{799s + 1}$$

$$G_{C_P} = \frac{0.06e^{-182s}}{1341s + 1}$$

شبیه‌سازی آن در سیمولینک به صورت زیر است:



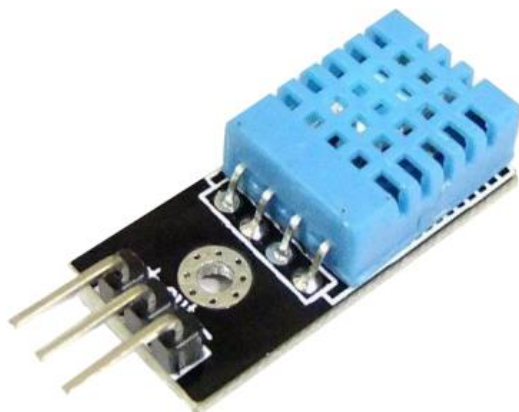
برای کنترل رطوبت این سیستم به صورت زیر عمل می‌کنیم:

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت سیستم از یک سنسور رطوبت سنج صنعتی استفاده می‌کنیم. این سنسور میزان رطوبت نسبی سیستم را اندازه می‌گیرد. با توجه به مقدار مرجع لازم برای رطوبت سیستم، فرمان کنترلی لازم را صادر می‌کنیم. اگر مقدار اندازه‌گیری شده توسط سنسور از مقدار مرجع مورد نظر ما کمتر باشد، مقداری آب به سیستم اضافه می‌کنیم. اگر رطوبت سیستم بیشتر از رطوبت مورد نظر ما باشد، فن روشن می‌شود.

انتخاب سنسورها و عملگرهای مناسب:

:Temperature Sensor

یکی دیگر از سنسورهای سیستم ما، سنسور دما می باشد که دمای داخل محفظه سردسازی را محاسبه میکند و به عملگر expansion valve دستور می دهد که دما را با کنترل فشار سیال سرمازا کنترل کند. این دمای مطلوب براساس این تعیین شده است که چه نوع محصولاتی در محفظه سردسازی وجود دارد و برای سالم ماندن آنها چه دمایی برای تقریباً تمامی محصولات مناسب است. برای این منظور از سنسور LM35 استفاده می کنیم.



:Hummidity sensor

سنسورهای رطوبت، رطوبت نسبی محیط را اندازه می گیرند. درون این سنسورها معمولاً یک سنسور رطوبت و یک سنسور دما همراه هم تعبیه شده است. سنسورهای رطوبت، رطوبت و دما را اندازه گیری می کنند و خروجی را به صورت یک سیگنال الکتریکی که می تواند مقادیر آنالوگ 4 تا 20 میلی آمپر یا 0 تا 10 ولت باشد به سیستم کنترل ارسال می کنند.

برای این منظور از رطوبت سنج صنعتی استفاده می کنیم.



عملگرهای ما Hand valve ها و selonoid valve ها هستند. از مزایای عملگر انتخابی میتوان به ارزان بودن و آلودگی نداشتن، کوچکی ابعاد و سرعت مناسب اشاره کرد.

دلیل استفاده از انواع شیرها در جریان خط لوله، امکان کنترل جریان است. این کنترل می تواند به صورت قطع و وصل کامل جریان سیال و یا محدود کردن جریان سیال صورت بگیرد. برای این کار از شیرآلات متفاوت و سیستم های کنترلی متفاوتی می توان استفاده کرد. در این میان انواع مختلف شیرهای دستی، ساده ترین دستگاه هایی هستند که برای کنترل جریان سیال می توان از آنها استفاده نمود.



طراحی کنترلر PID برای فرآیند پیوسته:

برای ساده‌سازی سیستم MIMO، سیستم را به صورت SISO و با ورودی فرکانس کمپرسور و خروجی دمای محفظه سردکننده در نظر می‌گیریم. در این سیستم گرمای مواد به عنوان اغتشاش سیستم در نظر گرفته می‌شود. تابع تبدیل سیستم SISO به صورت زیر است:

$$G_{F_Tc} = \frac{-0.66e^{-35s}}{967s + 1}$$

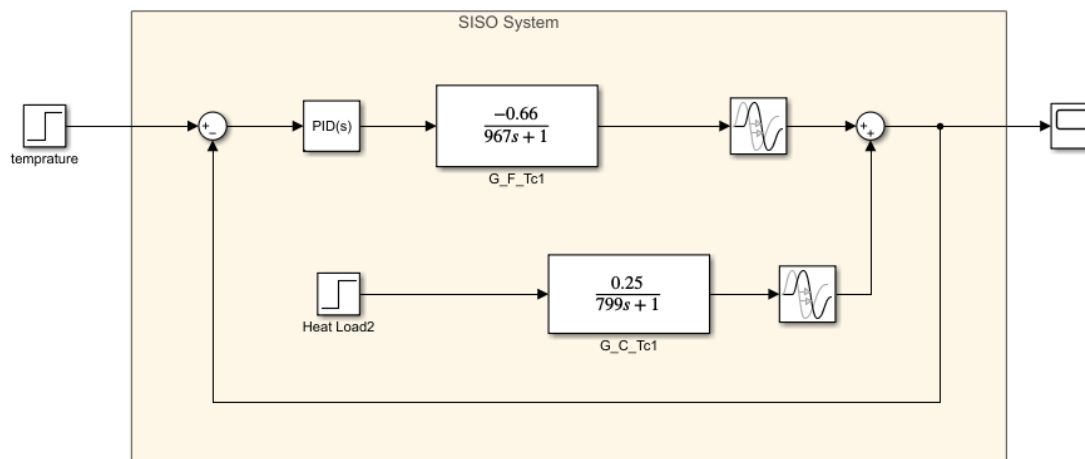
برای کنترل سیستم از کنترلر PID موازی استفاده می‌کنیم. ضرایب کنترلر را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$Kc = \frac{1.2\tau}{kt_0} = \frac{1.2*967}{-0.66*35} = -50.23$$

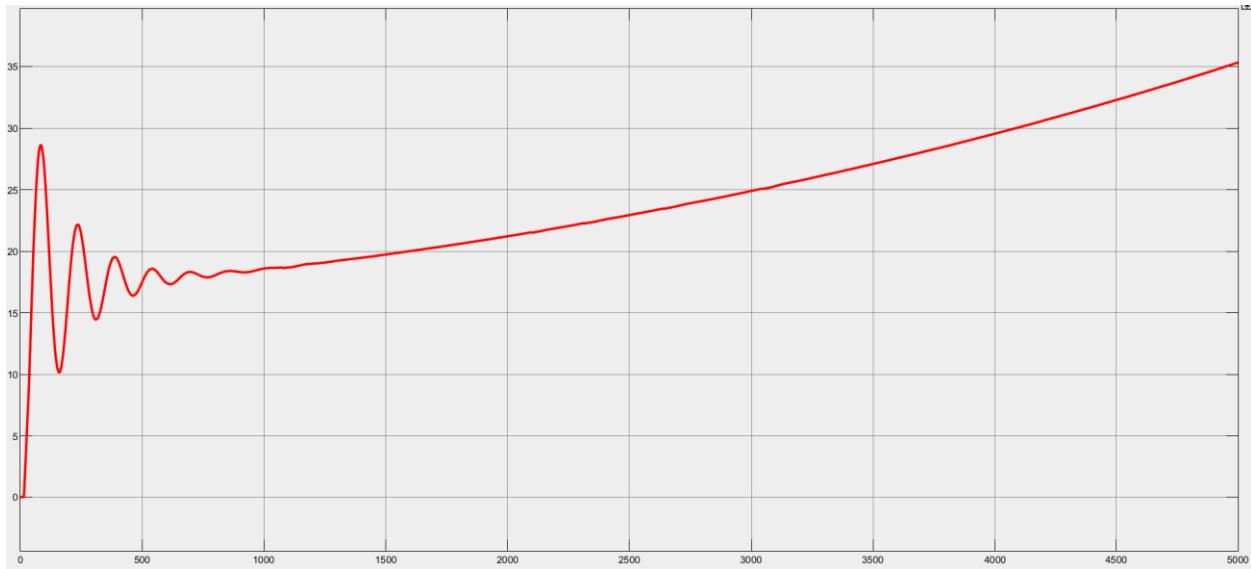
$$T_I = 2.5t_0 = 70$$

$$T_D = 0.4t_0 = 14$$

کنترلر را در سیستم قرار داده و مدار را به صورت زیر شبیه‌سازی می‌کنیم.



خروجی به ازای ورودی مرجع 5 درجه و اغتشاش 1430 به صورت زیر می‌باشد:



همان‌طور که می‌بینیم، کنترلر PID نتوانسته خروجی سیستم را پایدار سازد. برای پایدارسازی خروجی باید از کنترلرهای پیشرفته استفاده کنیم.

طراحی کنترل‌کننده پیشرفته:

برای مقابله با اغتشاشات لازم است آن‌ها را به سرعت کنترل کنیم تا تاثیرات آن‌ها را در سیستم به حداقل برسانیم. برای این منظور از کنترلر Feedforward¹ استفاده کردیم.

می‌دانیم کنترلر Feedforward به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$g_{ff} = \frac{-g_d}{g}$$

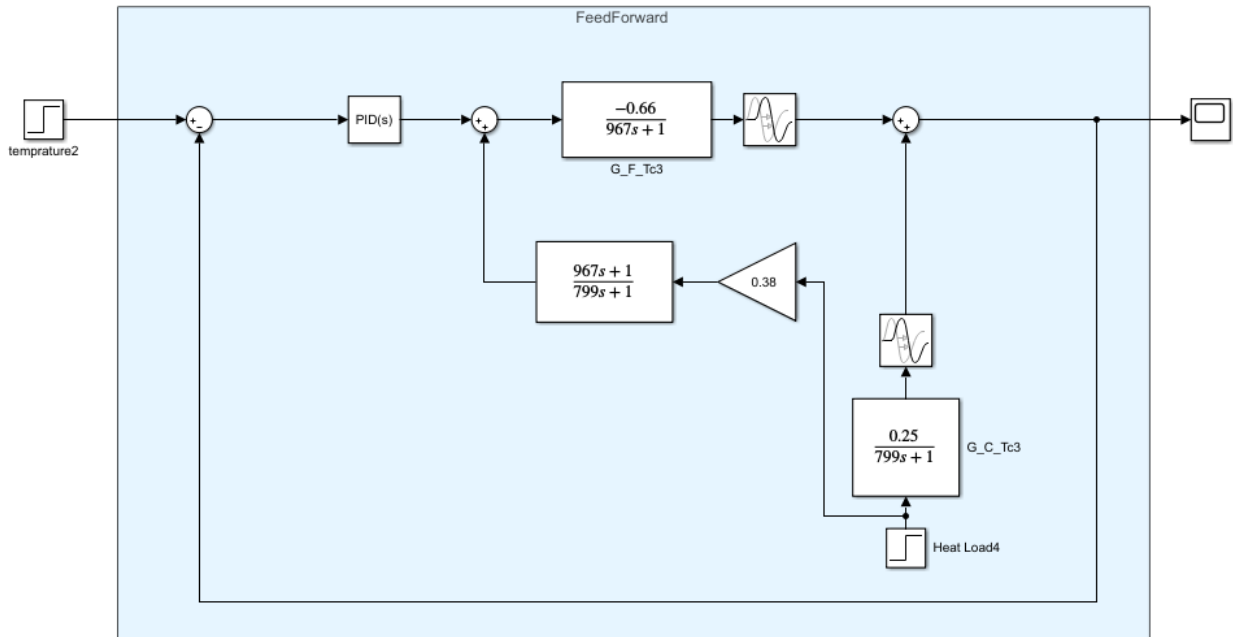
که در رابطه بالا g_d تابع تبدیل اغتشاش و g تابع تبدیل سیستم اصلی می‌باشد.

¹ پیشرو

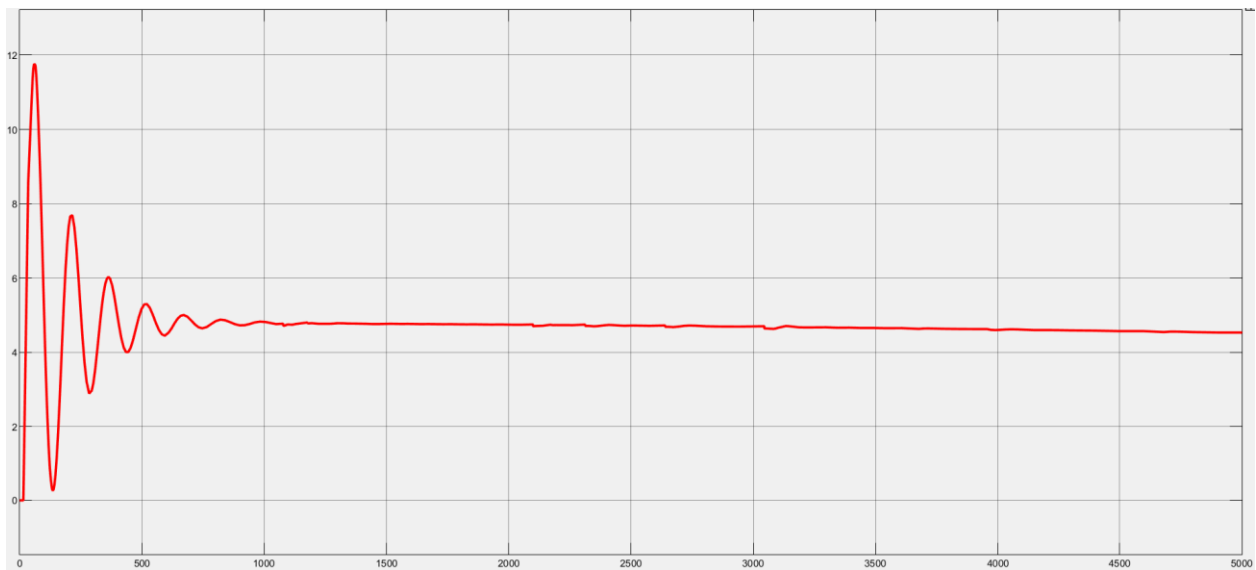
کنترلر Feedforward به صورت زیر می باشد:

$$g_{ff} = \frac{0.38 * (967s + 1)}{799s + 1}$$

سیستم شبیه سازی شده به صورت زیر است:



خروجی سیستم به ازای ورودی مرجع 5 درجه و اغتشاش 1430 به صورت زیر می باشد:



همان طور که می بینیم، خروجی سیستم با کنترلر Feedforward/Feedback پایدار شده است

ارائه راهکار برای مقابله با آثار اختلالات بیان شده:

- برای مقابله با گرما دیوارها، سقف و کف محفظه سردسازی باید عایق گرما و رطوبت شوند.
با کنترلر Feedforward قرارداد شده اختلالات ناشی از گرمای مواد تا حد خوبی جبران می‌شوند. برای مقابله با گرمای ناشی از اختلال در موتور اواپراتور می‌توان آن را متناوباً توسط اپراتور چک کرد.
- برای مقابله با مشکلات قطعی برق در کمپرسور، می‌توان از برق اضطراری استفاده کرد. در صورت بروز شرایط اضطراری در کمپرسور اپراتور باید برای برطرف کردن مشکل کمپرسور اقدام کند.
- برای مقابله با گرفتگی شیرها، یکی از راهکارها شست و شو در هنگام تعمیرات دوره‌ای می‌باشد که رایج‌ترین روش آن اسیدشویی می‌باشد. یکی دیگر از راهکارها قرار دادن فیلتر قبل از شیر ورودی است. این راهکار خطر کمتری نسبت به اسیدشویی دارد.

بررسی و ارائه راهکار برای عیوب قابل پیش‌بینی:

قطعی برق: در این حالت Selonoid valve باید سیستم را غیرفعال کند. اپراتور نیز برای بستن Hand valve ها اقدام کند. همچنین اپراتور می‌تواند برای فعال‌سازی مجدد سیستم برق اضطراری را روشن کند تا مواد غذایی فاسد نشوند.

انتخاب مدل مناسب PLC:

برای انتخاب PLC مناسب، تعداد ورودی خروجی های موردنیاز را در نظر می گیریم.

ورودی خروجی های موردنظر به صورت زیر است:

I/O	DI	DO	AI	AO
تعداد	8	11	1	-

براساس بررسی های انجام شده و تعداد ورودی خروجی های موردنیاز، تصمیم بر آن شد از PLC های سری K2، PLC های شرکت Kinko استفاده کنیم.

مناسب ترین PLC این سری، مدل K209EA-50DX می باشد.

تعریف ورودی-خروجی های PLC:

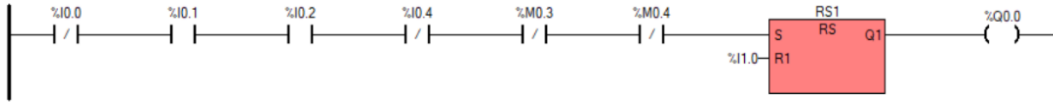
Type	PLC port Address	System Variable
DI	I:0.0	Input button (start system)
DI	I:0.1	Input button (Power connection)
DI	I:0.2	Button selonoid valve
DI	I:0.3	Button selonoid valve
DI	I:1.0	Latch of compressor
DI	I:2.0	Latch of oil separator
DI	I:3.0	Latch of condensor
DI	I:4.0	Latch of reciever
DO	Q:0.0	Active compressor
DO	Q:2.0	Active oil separator
DO	Q:4.0	Active condensor
DO	Q:6.0	Active reciever
DO	Q:8.0	Active filter drier

DO	Q:9.0	Active evaporator
DO	Q:10.0	Pull down expansion valve position
DO	Q:11.0	Set expansion valve position
DO	Q:12.0	Pull up expansion valve position
DO	Q:13.0	Set expansion valve position
DO	Q:14.0	Active accumulator
Register	VW:2	Temperature data

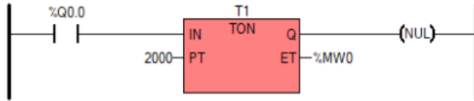
تبیین ساختار برنامه PLC و تعریف مازول های مورد نیاز برنامه :

- ❖ ابتدا یک دکمه استاپ (I0.0) به صورت NC و یک دکمه استارت (I0.1) به صورت NO قرار داده شده است. در ادامه دو دکمه برای Hand Valve و یک solenoid Valve به صورت NC سری قرار گرفته است و با استفاده از لچ RS1 خروجی اول (Q0.0) که همان موتور کمپرسور می باشد را روشن نگه می داریم.
- ❖ در سطر دوم در صورتی که موتور کمپرسور (Q0.0) در سطر اول فعال شده باشد، آنگاه پس از گذشت 5 ثانیه (مدت زمان تخمینی برای جاری شدن گاز با دما و فشار معمولی در لوله ها از کمپرسور) که توسط تایمر T1 شمرده می شود به سطر سوم می رویم.
- ❖ در سطر سوم زمانی که تایمر T1 زمان مورد انتظار را شمرد، دکمه T1 فعال می شود و خروجی این سطر که موتور جداکننده روغن (oil separator motor) است با استفاده از لچ RS2 به صورت دائمی روشن می شود.

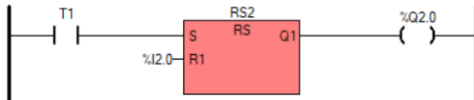
(* Network 0 *)



(* Network 1 *)



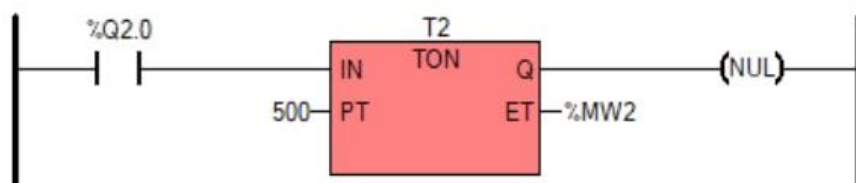
(* Network 2 *)



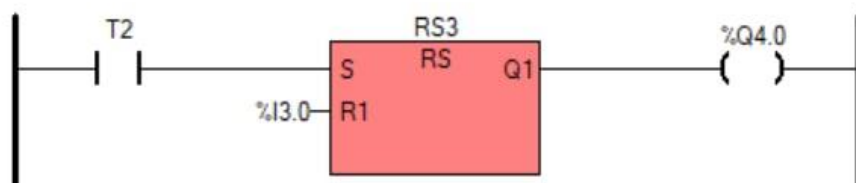
❖ در سطر چهارم وقتی از مرحله قبل موتور جداکننده روغن روشن شود، دکمه (Q2.0) فعال می‌شود و توسط تایمر T2 مدت زمان 5 ثانیه (مدت تخمینی برای جاری شدن گاز با دما و فشار بالا در لوله ها از کمپرسور) تاخیر مسیر در نظر گرفته می‌شود.

❖ در سطر پنجم زمانی که تایمر T2 زمان مورد انتظار را شمرد، دکمه T2 فعال می‌شود و سپس با استفاده از لچ RS3 خروجی این سطر که موتور کندانسور (Q4.0) است را روشن می‌کنیم.

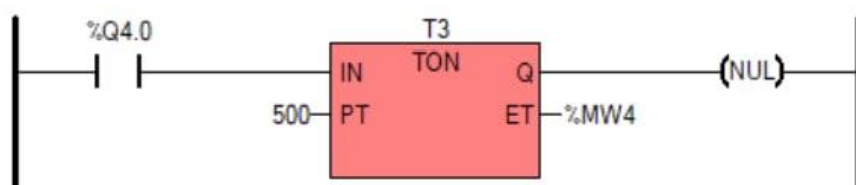
(* Network 3 *)



(* Network 4 *)



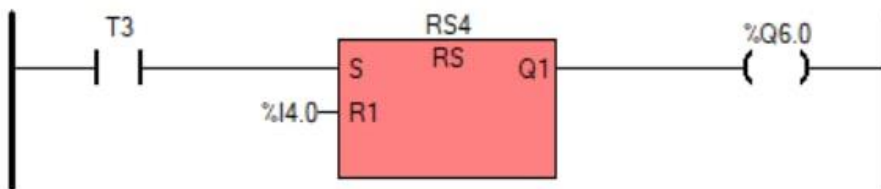
(* Network 5 *)



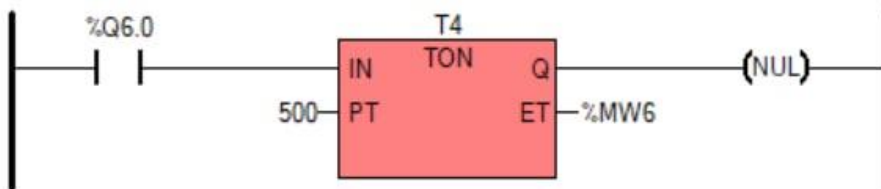
❖ در سطر ششم وقتی از مرحله قبل موتور کندانسور (Condenser motor) روشن شود، دکمه (Q4.0) فعال می شود توسط تایمر T3 مدت زمان 5 ثانیه (مدت زمان تخمینی برای جاری شدن گاز با دما و فشار بالا در لوله ها از کمپرسور) تاخیر مسیر در نظر گرفته می شود.

- ❖ در سطر هفتم زمانی که تایمر T3 زمان مورد انتظار را شمرد، دکمه T3 فعال می‌شود و سپس با استفاده از لچ RS4 خروجی این سطر که Receiver (Q6.0) است را روشن می‌کنیم.
- ❖ در سطر هشتم وقتی از مرحله قبل Receiver فعال شود، دکمه (Q6.0) فعال می‌شود توسط تایمر T4 مدت زمان 5 ثانیه (مدت زمان تخمینی برای جاری شدن مایع با دمای پایین در لوله ها به سمت evaporator) تاخیر مسیر در نظر گرفته می‌شود.
- ❖ در سطر نهم زمانی که از مرحله قبل تایمر T4 زمان مورد انتظار را شمرد، دکمه T4 فعال می‌شود و یک Hand Valve به صورت NC سری شده است. در این حالت خروجی این سطر که همان filter drier (Q8.0) فعال می‌شود.

(* Network 6 *)



(* Network 7 *)



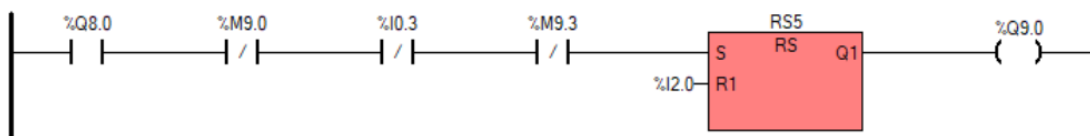
(* Network 8 *)



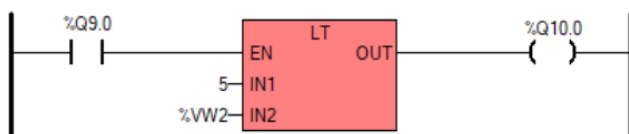
❖ در سطر دهم وقتی از مرحله قبل filter drier فعال شود، دکمه (Q8.0) فعال می‌شود و دو دکمه که یکی Hand Valve و دیگری solenoid Valve است به صورت NC سری قرار گرفته است. همچنین یک دکمه که مربوط به Expantion valve می‌باشد به صورت NC قرار گرفته است. در نهایت خروجی این سطر که همان Evaporate با استفاده از لچ RS5 فعال می‌شود.

❖ در سطر یازدهم وقتی در مرحله قبول Evaporator شروع به کار کرد دکمه (Q9.0) فعال می‌شود و به بلوک مقایسه کننده (compare) می‌رسیم و EN آن را فعال می‌کند. این بلوک که LT نام دارد مخفف Less Than است، دارای دو ورودی IN1 و IN2 می‌باشد. خروجی این بلوک در صورتی که ورودی اول (IN1) کوچکتر از ورودی دوم (IN2) باشد مقدار 1 بولین را به خروجی می‌دهد. در غیر این صورت مقدار خروجی صفر خواهد بود.

(* Network 9 *)

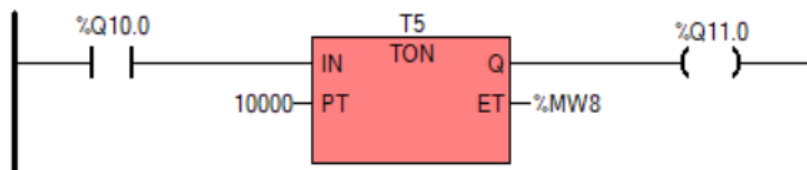


(* Network 10 *)



❖ در سطر دوازدهم در صورتیکه خروجی سطر قبل فعال شده باشد دکمه (Q10.0) فعال می‌شود و تایمر T5 با توجه به اختلاف مقدار سنسور و مقدار رفرنس، مقداری زمانی برای تاخیر می‌شمارد و سپس به سطر پانزدهم می‌رود و این پروسه تکرار می‌شود.

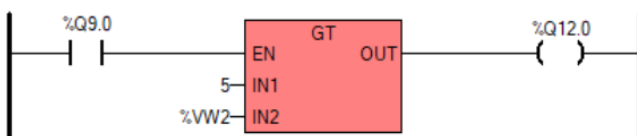
(* Network 11 *)



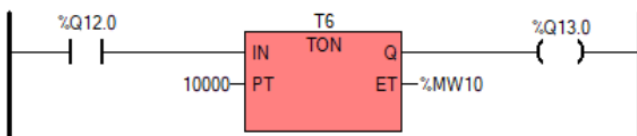
❖ در سطر سیزدهم وقتی در مرحله دهم Evaporator شروع به کار کرد دکمه (Q9.0) فعال می‌شود و به بلوک مقایسه کننده (compare) می‌رسیم و EN آن را فعال می‌کند. این بلوک که GT نام دارد مخفف Greater Than است، دارای IN1 و IN2 می‌باشد. خروجی این بلوک در صورتی که ورودی اول (IN1) بزرگتر از ورودی دوم (IN2) باشد مقدار 1 بولین را به خروجی می‌دهد. در غیر این صورت مقدار خروجی صفر خواهد بود.

❖ در صورتیکه خروجی سطر قبل فعال شده باشد دکمه (Q12.0) فعال می‌شود و تایمر T6 با توجه به اختلاف مقدار سنسور و مقدار رفرنس، مقداری زمانی برای تاخیر می‌شمارد و سپس به سطر پانزدهم می‌رود و این پروسه تکرار می‌شود.

(* Network 12 *)



(* Network 13 *)

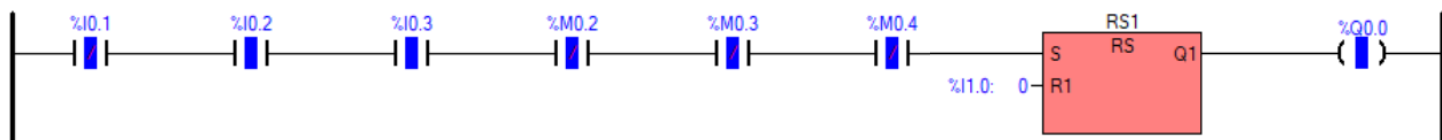


(* Network 14 *)

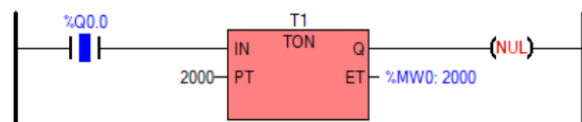


پیاده سازی کد در یک محیط شبیه سازی:

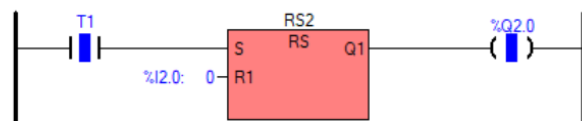
(* Network 0 *)



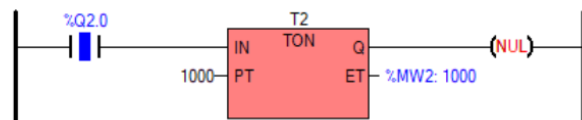
(* Network 1 *)



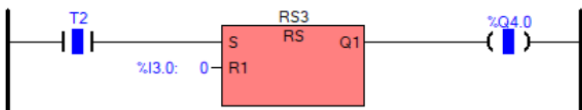
(* Network 2 *)



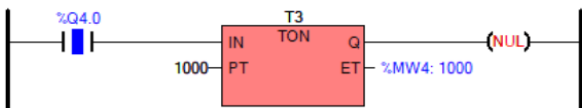
(* Network 3 *)



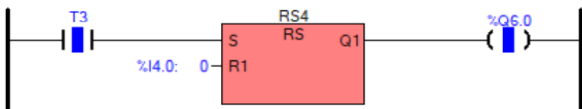
(* Network 4 *)



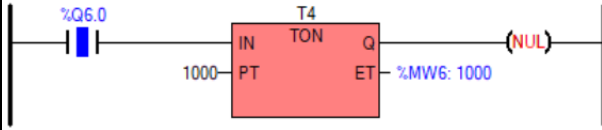
(* Network 5 *)



(* Network 6 *)



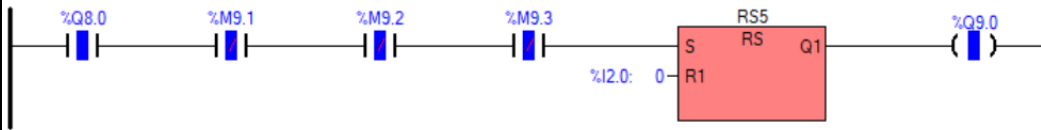
(* Network 7 *)



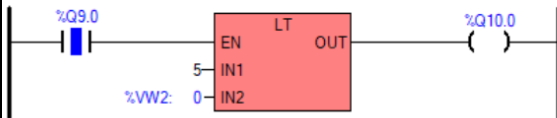
(* Network 8 *)



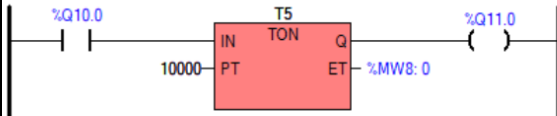
(* Network 9 *)



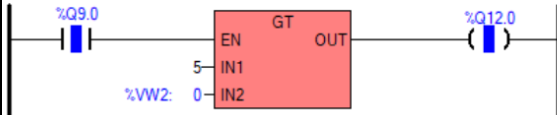
(* Network 10 *)



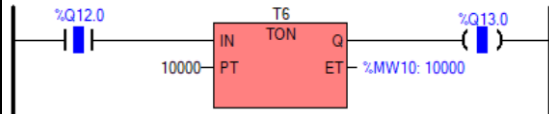
(* Network 11 *)



(* Network 12 *)



(* Network 13 *)



(* Network 14 *)

