



## شبیه سازی واحد تولید پروپیلن گلیکول در شرایط آتمسفری و بررسی تاثیر تغییر غلظت ورودی بر پاسخ کنترل کننده ها، توسط شبیه ساز Hysys

مسعود رخشانی<sup>۱</sup>، ناصر ثقه الاسلامی<sup>۲</sup>، سید شهرام خلیلی نژاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> گروه آموزشی مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی، مشهد

<sup>۲</sup> دانشکده مهندسی نفت، موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری، مشهد [Slami@um.ac.ir](mailto:Slami@um.ac.ir)

<sup>۳</sup> دانشکده مهندسی نفت، موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری، مشهد [Sh.khalilinezhad@srbiau.ac.ir](mailto:Sh.khalilinezhad@srbiau.ac.ir)

### چکیده

پروپیلن گلیکول یکی از محصولات واسطه ای پتروشیمی است که کاربرد های زیادی در صنعت دارد. در این پژوهش به منظور بررسی واحد تولید پروپیلن گلیکول در شرایط آتمسفری و چگونگی پاسخ کنترل کننده ها بر تغییر غلظت ورودی به عنوان یک آشفتگی و تاثیر ثابت های کنترل کننده بر این پاسخ انجام شده است. اصولاً در سیستمهای واکنشی، سیستم دارای نوسان است و استفاده از ثابت های کنترلی بالا اگرچه در پایین آوردن دوره نوسان موثر است اما دامنه این نوسانات را افزایش می دهد به طوری که ممکن است سیستم را به حالت ناپایا نزدیک نماید و باعث سرریز شدن رآکتور شود. بنابراین هدف از این تحقیق استفاده از کنترل کننده های با ثابت زمانی نزدیک به یک و پایین تر میباشد تا بتوان از نوسانات ناگهانی و ناپایا شدن سیستم جلوگیری نمود.

واژه های کلیدی: شبیه ساز Hysys، پروپیلن گلیکول، غلظت، ثابت های کنترل کننده.

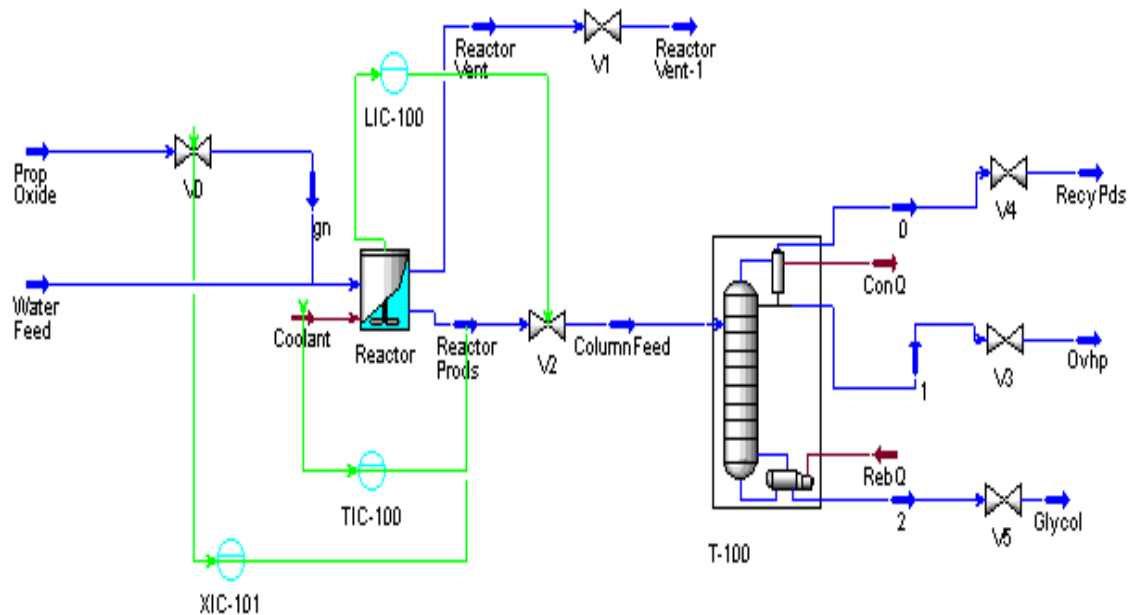


اهمیت تولید محصولات پتروشیمی را اغلب نمی‌توان از نظر اقتصادی با طرق معمول یا با ارزش افزوده آنها نشان داد. فقط کفایت توجه داشت که تولید و نگهداری محصولات کشاورزی بدون استفاده از کودهای شیمیایی و وسائل بسته بندی، تولید پوشاک بدون استفاده از محصولات نیمه نهایی پتروشیمی، تولید مسکن بدون استفاده از شوینده‌های مصنوعی، هرگز کفاف نیازهای جمعیت رو بافزایش دنیا را نخواهد داد و مطمئناً بدون آن زندگی بشر در ابعاد گوناگون بکلی مختل خواهد شد. این صنعت بسیار گسترده و با تکنولوژی پیچیده و فراورده‌های متنوع می‌باشد. آغاز این صنعت را می‌توان تقریباً از سال ۱۹۲۰ دانست. در این سال استون بعنوان اولین محصول پتروشیمی از طریق الکل ایزوپروپیل تهیه و به بازار عرضه شد. این ماده که از تقطیر چوب و ذرت تولید می‌شد در طول جنگ جهانی اول نیاز تولید مواد منفجره و ساخت مواد پوشش دهنده بال‌های هواپیما را جابگو نبود و لذا تامین کمبود آن از طریق دیگر مورد توجه مسئولین و محققین قرار گرفت تا این که دو سال پس از جنگ از طریق الکل ایزوپروپیل که خود از پروپیلن ساخته می‌شد تامین گردید. طولی نکشید که الکل ایزوپروپیلن نیز خود بنام یک محصول پتروشیمی بعنوان حلال، پاک کننده و ضد یخ به بازار عرضه شد. در دهه ۱۹۳۰ تغییرات زیادی در صنعت نفت رخ داد. تا قبل از این تاریخ تولید فراورده‌ها در صنعت نفت بر اساس تقطیر بود. در این ایام بود که واحدهای بزرگ کراکینگ حرارتی در اشل صنعتی بکار افتاد و به این ترتیب مقادیر زیادی هیدروکربنهای ۳ و ۴ کربنه بصورت گاز و مایعات سبک نفتی بدست آمد. همچنین با کشف روشهای پلیمریزاسیون و آلکیلاسیون و دست یافتن به پیشرفتهایی در این زمینه‌ها، تبدیل هیدروکربنهای ۷ و ۸ کربنه میسر گشت، این هیدروکربن‌ها برای استفاده در بنزین و همچنین بعنوان مواد اولیه صنایع پتروشیمی بسیار مناسب بودند. پروپیلن گلیکول یکی از این محصولات واسطه‌ای پتروشیمی است که کاربرد زیادی در صنعت دارد. این ماده اولین بار در سال ۱۸۵۹ توسط وورتز (Wurtz) از هیدرولیز دی استات تولید شد و در سال ۱۹۳۱ از طریق هیدراسیون اکسید پروپیلن تهیه گردید. پروپیلن گلیکول ماده‌ای است بدون بو و بدون رنگ که در دمای ۱۸۸ درجه سانتیگراد بجوش می‌آید. چگالی این ماده حدود ۱/۰۳۸ و نقطه انجماد آن حدود ۶۰- درجه سانتیگراد است. پروپیلن گلیکول را از طریق اکسید پروپیلن در دو مرحله میتوان تهیه نمود. در مرحله اول که بنام مرحله فعل و انفعال معروف است اکسید پروپیلن همراه با آب به رآکتور وارد می‌شود. دمای رآکتور حدود ۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد و فشار آن ۱۴ اتمسفر کنترل می‌گردد. مخلوط خروجی از رآکتور حاوی پروپیلن گلیکول، آب و اکسید پروپیلن به مرحله دوم فرستاده می‌شود. در مرحله دوم که بنام مرحله تفکیک موسوم است اکسید پروپیلن و آب از محصول مطلوب یعنی پروپیلن گلیکول جدا می‌شود. از پروپیلن گلیکول در صنایع غذایی، صنایع دخانیات و صنایع آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. همچنین از پروپیلن گلیکول به عنوان ضد یخ، حلال و نرم کننده نیز استفاده می‌شود. در سالهای اخیر از پروپیلن گلیکول به منظور تولید پلی پروپیلن گلیکول در مقیاس وسیع و همچنین در تهیه رزین‌های پلی استر از آن استفاده می‌کنند [۱]. این پژوهش به منظور بررسی واحد تولید پروپیلن گلیکول در شرایط آتمسفری و چگونگی پاسخ کنترل کننده‌ها بر تغییر غلظت ورودی به عنوان یک آشفتگی و تاثیر ثابت‌های کنترل کننده بر این پاسخ انجام شده است.

## ۲- شبیه سازی

در این شبیه سازی دو جریان ورودی آب و اکسید پروپیلن به نسبت مولی دو بر یک در دمای محیط و فشار ۱/۶ اتمسفر وارد رآکتور شده و در طی یک واکنش سنتیکی درجه اول به پروپیلن گلیکول تبدیل می شوند. رآکتور شامل دو خروجی است ، بخار و محصول مایع. بخار خروجی قالباً شامل آب و اکسید پروپیلن است و محصول مایع با غلظت مولی ۰/۴ درصد از پروپیلن گلیکول برای تفکیک از آب و اکسید پروپیلن واکنش نداده وارد یک برج تقطیر می شود. برج تقطیر در شرایط اتمسفری بوده و دارای کندانسور جزئی میباشد که نسبت برگشتی در آن ۳ در نظر گرفته شده است. و در نهایت پروپیلن گلیکول با غلظت بالای ۹۵ درصد از خروجی پایین برج بدست می آید (شکل ۱).

واحد همچنین دارای سه کنترل کننده PID می باشد که دمای رآکتور ، سطح مایع در رآکتور و غلظت پروپیلن گلیکول خروجی از رآکتور را کنترل می کند . کنترل کننده دمای رآکتور، دمای مایع خروجی از رآکتور را به عنوان ورودی دریافت میکند و با تنظیم مقدار سرد کننده دمای رآکتور را در ۱۲۰ درجه سانتیگراد ثابت نگه می دارد. عملکرد این رآکتور به صورت مستقیم می باشد. کنترل کننده سطح مایع در رآکتور با تنظیم شیر مایع خروجی از رآکتور ، با عملکرد مستقیم در سطح ۷۰ درصد ثابت نگه می دارد و کنترل کننده غلظت پروپیلن گلیکول خروجی از رآکتور با عملکرد معکوس و تنظیم شیر ورودی اکسید پروپیلن به راکتور ، غلظت آن را در ۰/۴ درصد مولی ثابت نگه میدارد [۲ ، ۳ ، ۴].



Reactor Prods	
Temperature	119.5 C
Pressure	126.6 kPa
Molar Flow	196.5 kgmole/h

شکل ۱- شماتیک واحد تولید پروپیلن گلیکول

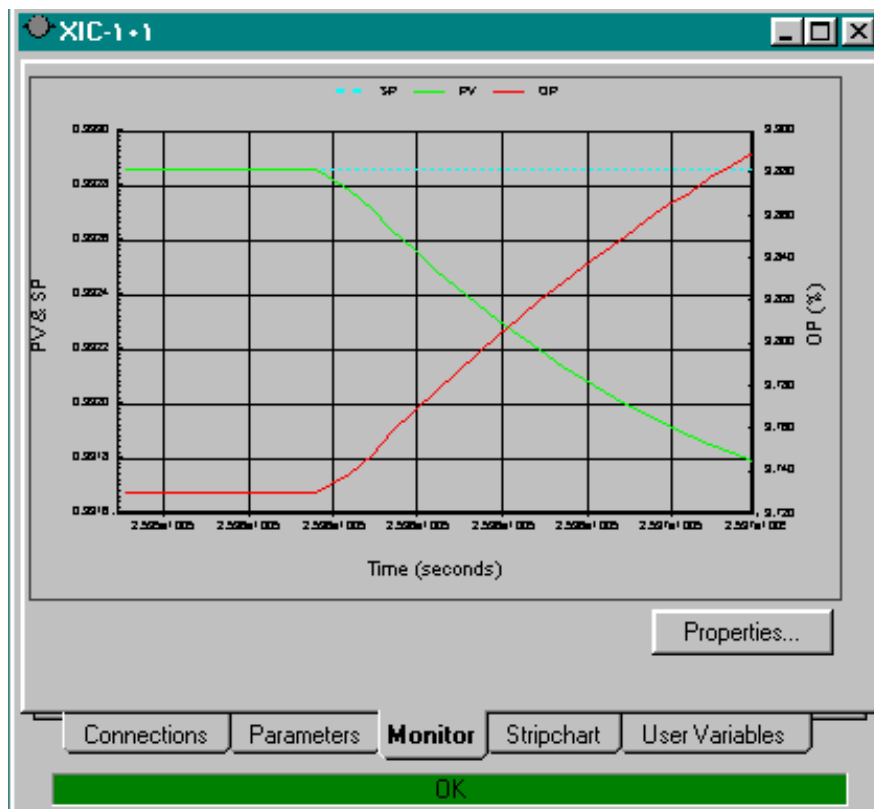


### ۳- نتایج شبیه سازی و بحث

اصولاً فرآیند‌هایی که با واکنش شیمیایی همراه هستند، فرآیند‌های با نوسانات بالا هستند و به سختی و خیلی دیر به حالت پایا میرسند و حتی ممکن است ناپایا شوند. در این شبیه سازی سه کنترل کننده در نظر گرفته شده است که دمای رآکتور، غلظت پروپیلن گلیکول و سطح مایع در رآکتور را کنترل می کند. نظر به اینکه در این پژوهش در نظر است اعمال یک تغییر را در سیستم بررسی قرار دهیم. با توجه به آن و بدین منظور و برای اعمال این تغییر، غلظت اکسید پروپیلن ورودی را از ۱۰۰ درصد به ۸۰ درصد کاهش می دهیم. نتایج شبیه سازی معرف آنست که غلظت پروپیلن گلیکول تولیدی همانطوری که در شکل ۲ نشان داده شده است به طور ناگهانی افت می کند و خروجی کنترل کننده برای برگرداندن غلظت به نقطه تنظیم به طور ناگهانی افزایش می یابد. شکل ۳ معرف آنست وقتیکه مقدار واکنش کم شده است دمای رآکتور به شدت افت می کند.

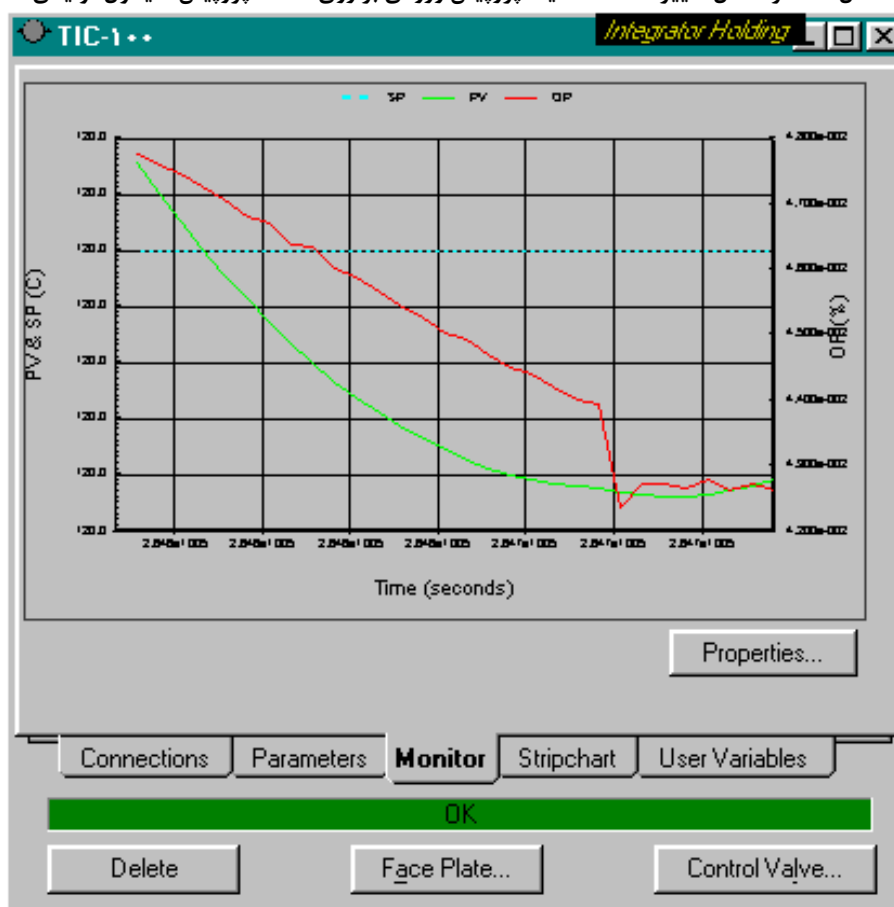
همانطوری که در شکل های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است، به دلیل کاهش غلظت پروپیلن گلیکول محصول، کنترل کننده غلظت شیر ورود اکسید پروپیلن را باز می کند و باعث افزایش ناگهانی سطح مایع در رآکتور می شود. و همزمان با آن کنترل کننده سطح با باز کردن شیر خروجی سعی در کاهش سطح مایع در رآکتور دارد. در این حالت تغییرات به صورت نوسانی، ادامه می یابند و سرانجام با میرا شدن این نوسانات سیستم به حالت پایا بر می گردد.

بررسی تاثیر مقدار ثابت های کنترل کننده نشان دهنده آن است که افزایش این ثابتها دوره زمانی نوسانات را کاهش میدهد اما باعث افزایش دامنه این نوسانات می شود. بطوریکه بزرگ بودن بیش از حد این ثابتها می تواند خود باعث ناپایا شدن سیستم و در نهایت سرریز شدن رآکتور از مایع و افزایش زیاد دمای آن گردد (شکل های ۷، ۸ و ۹).

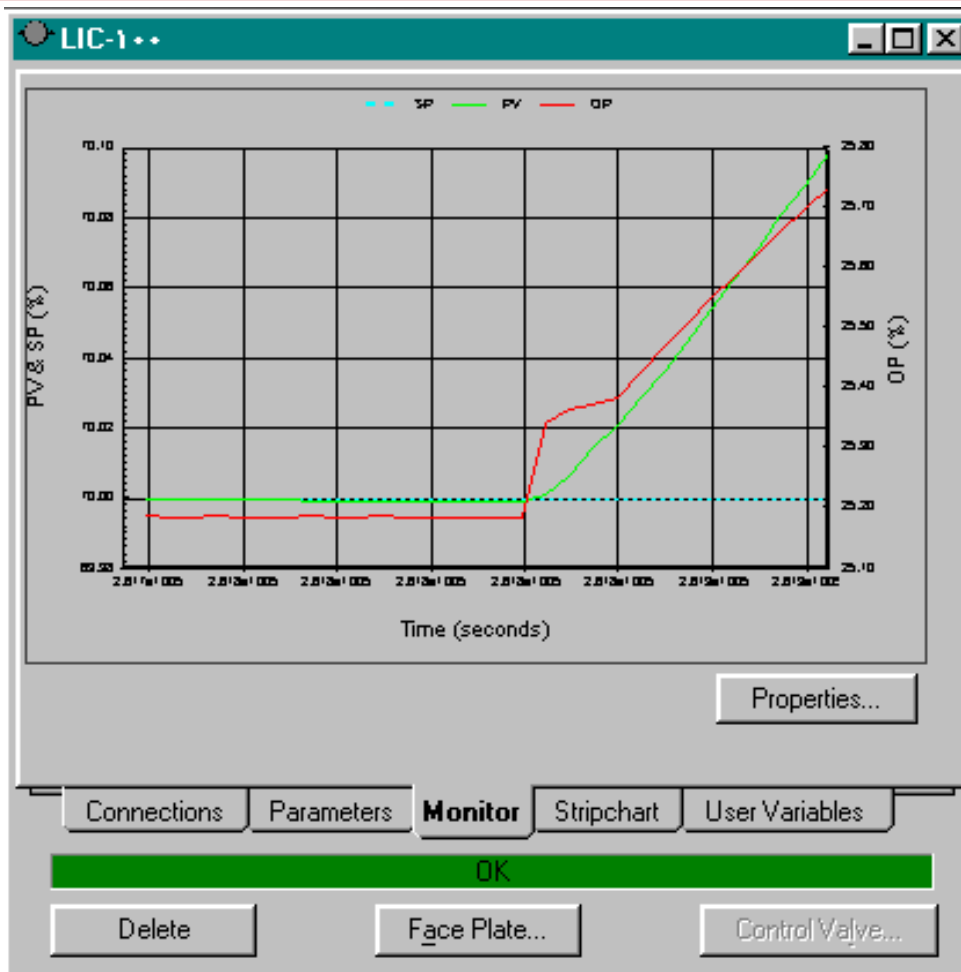




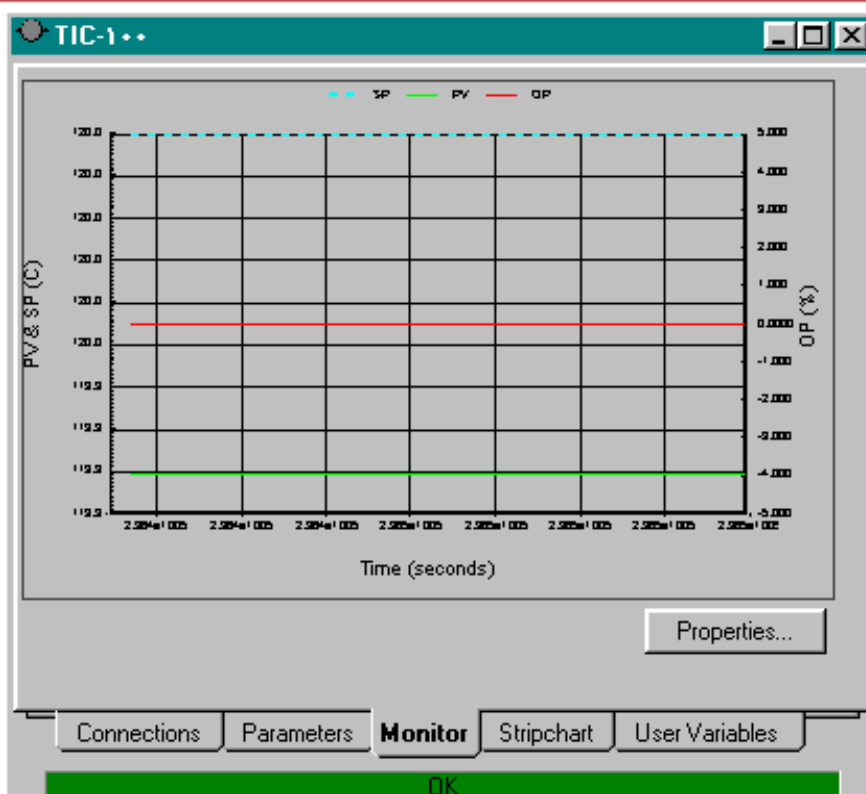
شکل ۲- اثر اعمال تغییر غلظت اکسید پروپیلن ورودی بر روی غلظت پروپیلن گلیکول تولیدی



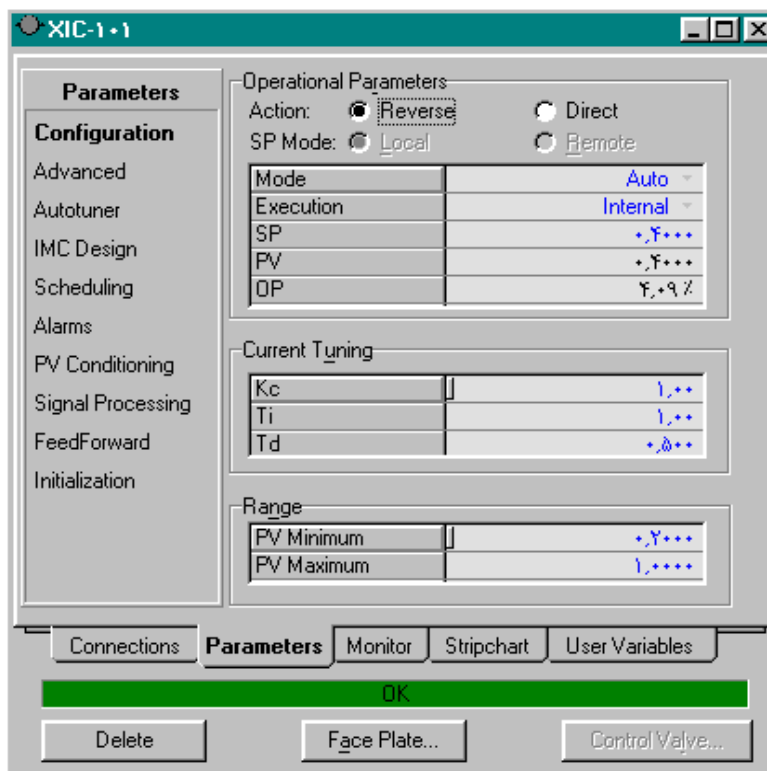
شکل ۳- اثر اعمال تغییر غلظت اکسید پروپیلن ورودی بر روی دمای رآکتور



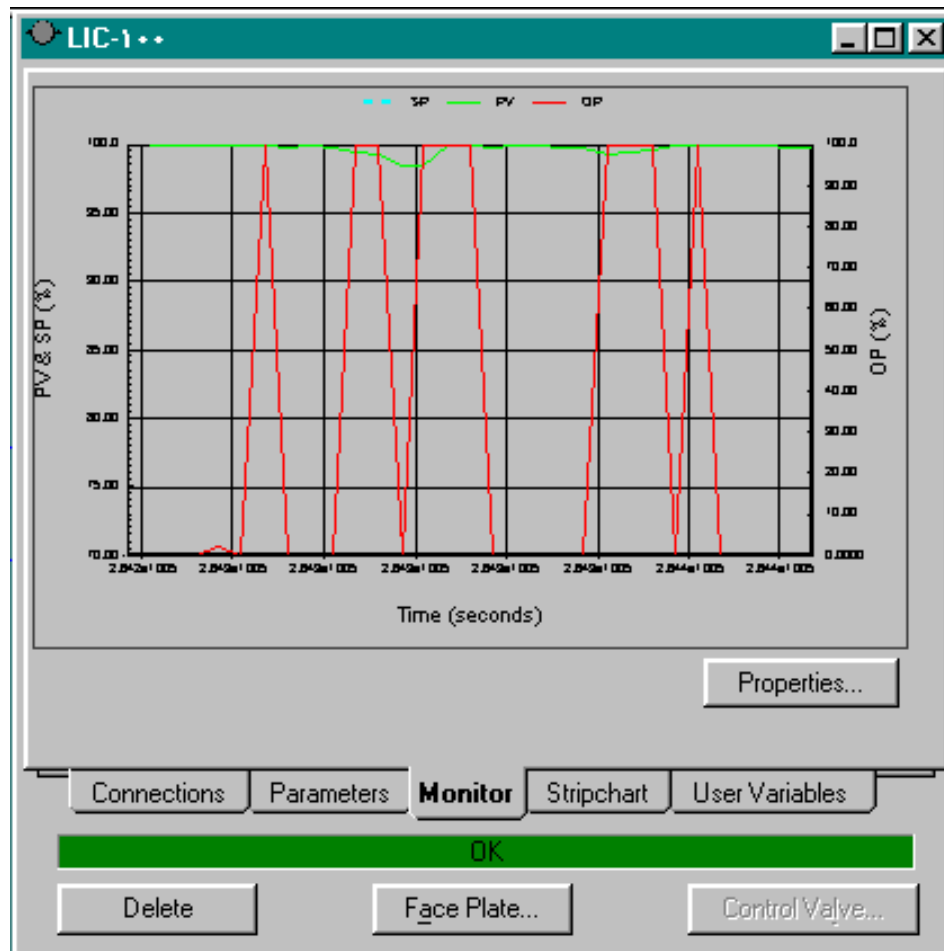
شکل ۴- اثر اعمال تغییر غلظت اکسید پروپیلن ورودی بر روی سطح مایع در رآکتور



شکل ۵- اثر کاهش غلظت محصول پروپیلن گلیکول بر روی نوسانات سیستم

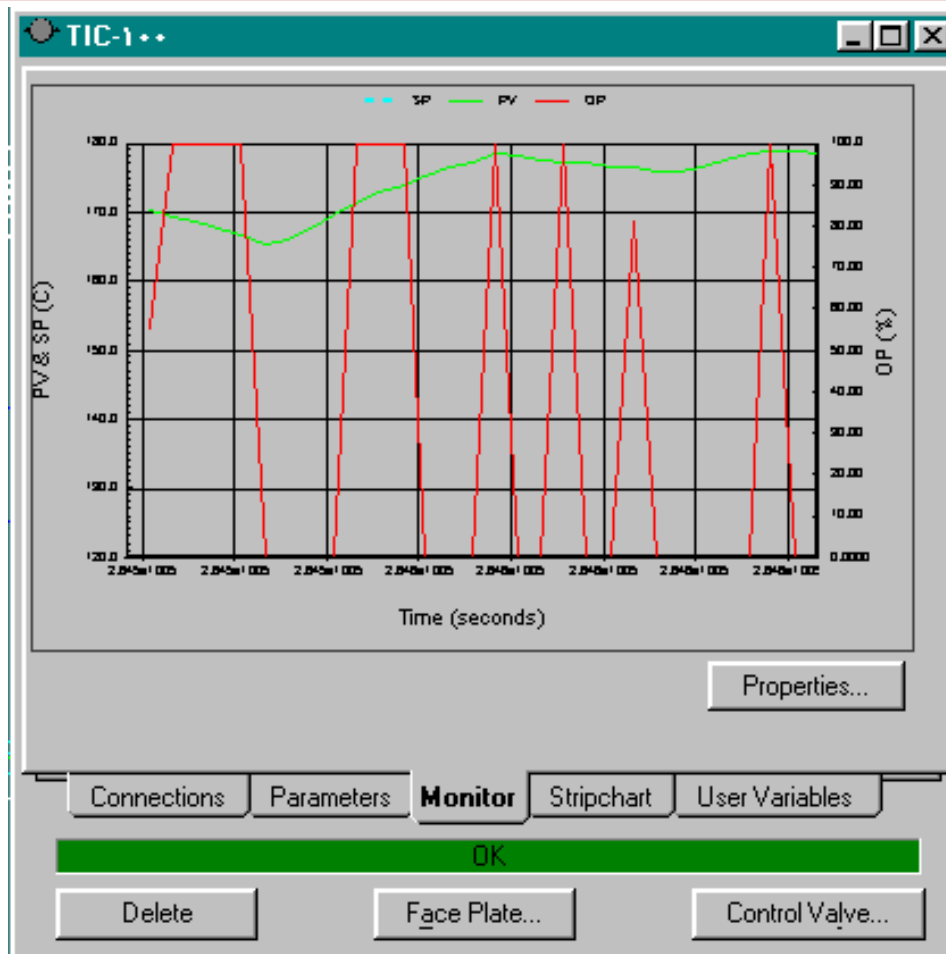


شکل ۶- اثر کاهش غلظت محصول پروپیلن گلیکول بر روی نوسانات سیستم



شکل ۷- اثر ثابت‌های کنترل‌کننده بر روی ناپایا شدن سیستم





شکل ۸- اثر ثابت‌های کنترل‌کننده بر روی ناپایا شدن سیستم

#### ۴- نتیجه گیری

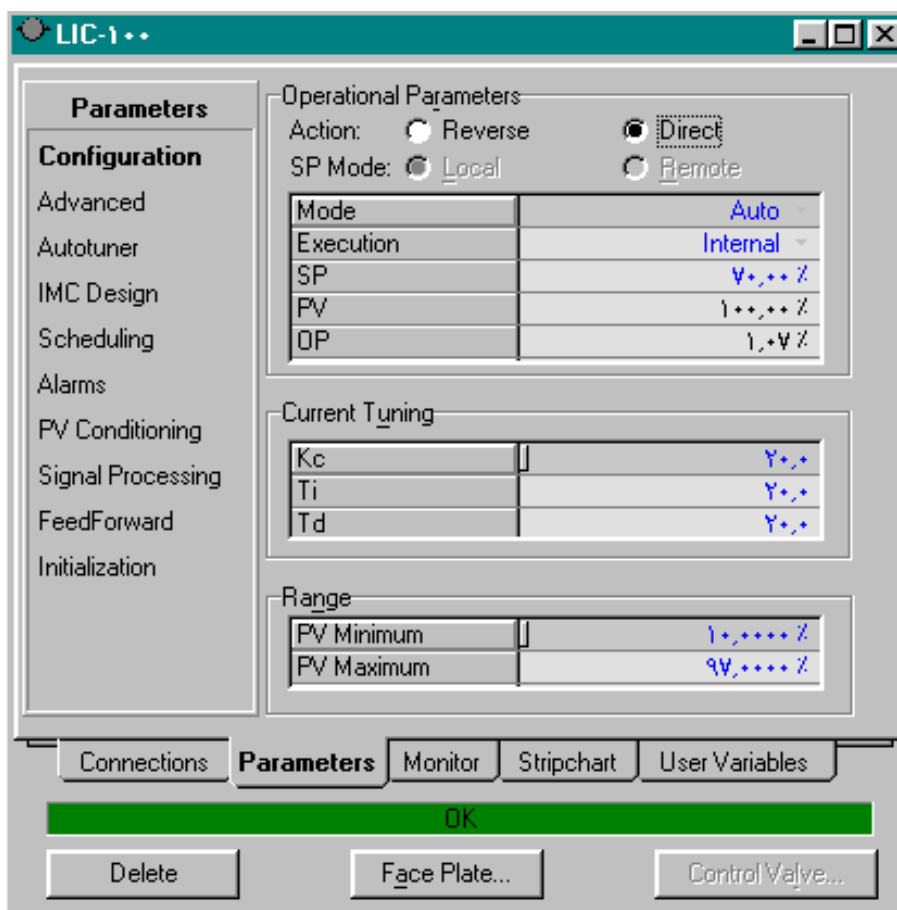
فرآیندهایی که با واکنش شیمیایی همراه هستند، فرآیندهای با نوسانات بالا میباشند و به سختی و خیلی دیر به حالت پایا میرسند و حتی ممکن است ناپایا گردند. در این شبیه‌سازی سه کنترل‌کننده در نظر گرفته شده است که دمای رآکتور، غلظت پروپیلن گلیکول و سطح مایع در رآکتور را کنترل می‌کنند. نتایج این تحقیق بر روی تاثیر ثابت‌های کنترل‌کننده معرف آنست که افزایش این ثابت‌ها باعث کاهش دوره زمانی نوسانات شده اما دامنه نوسان را بسیار بالا می‌برند. لذا پیشنهاد میگردد که ثابت‌های زمانی کنترل‌کننده‌ها در حدود یک در نظر گرفته شوند.

#### مراجع

- ۱- دکتر حسن دبیری اصفهانی، "پتروشیمی"، ۱۳۶۸.
- 2- Seider, W.D, Seader J.D. and Lewin D.R., "Product and Process Design Principles", John Wiley, U.S., 2004.
- ۳- حامد مولوی و حسن پورحسن، "طراحی و شبیه‌سازی فرآیندهای شیمیایی با نرم‌افزار Hysys"، نشر طراح، ۱۳۸۳.



۴- امیر پیران امیری و رضا سعادت‌مند، " شبیه سازی با نرم افزار Hysys"، جهاد دانشگاهی واحد اصفهان، ۱۳۸۲.



شکل ۹- اثر ثابت های کنترل کننده بر روی ناپایا شدن سیستم



## **Simulation of Propylene Glycol Plant at Atmospheric Condition and the Assessment of Variation of Feed Concentration on Response of the Controlling Parameters, using Hysys Simulator**

Masood. Rakhshani<sup>1</sup>, Nasser Saghatoleslami<sup>2</sup>, Seyyed Shahram Khalilinezhad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Chemical Engineering, University of Ferdowsi, Mashhad, Iran*

<sup>2</sup>*Department of Petroleum Engineering, Iqbal Lahoori Institute of Higher Education, Mashhad, Iran, [Slami@um.ac.ir](mailto:Slami@um.ac.ir)*

<sup>3</sup>*Department of Petroleum Engineering, Iqbal Lahoori Institute of Higher Education, Mashhad, Iran, [Sh.khalilinezhad@srbiau.ac.ir](mailto:Sh.khalilinezhad@srbiau.ac.ir)*

### **Abstract**

Propylene glycol is one of the by-products of the petrochemical industry which has a wide range of applications. In this work, the variation of the feed concentration as a disturbance on the controlling parameters and in the production of propylene glycol at the atmospheric condition would be assessed. Generally, the use of controlling parameters is an effective way for the reduction of the period of oscillation in the reactive systems. However, it would amplify the amplitude of these oscillations. This can cause the system to become unsteady and the reactor to overflow. Therefore, it is the aim of this research to assess the adaptation of controlling parameters with a time constant close to one for avoiding the oscillation and instability of the system to occur. The result of the present study reveals that a raise in the controlling parameters would cause the oscillation period to drop off. However, it increases the amplitude of the oscillation.

**Keywords:** Hysys simulator, Propylene glycol, Concentration, Controlling parameters