



موضوع پروژه: شبیه سازی حرکت surge یک شناور کانتینر بر KCS

استاد راهنما
دکتر محمد سعید سیف

نگارش
حمید باب

بهمن ۱۴۰۲

چکیده:

مدلسازی شناور و حرکت آن در مهندسی دریا اهمیت بسیاری دارد. این مدلسازی به ما امکان می‌دهد تا به طور دقیق و شبیه‌سازی شده، رفتار و عملکرد اشیاء شناور را در محیط‌های مختلف بررسی کنیم. با استفاده از مدلسازی شناور، می‌توانیم به طور دقیق پیش‌بینی کنیم که چگونه یک شیء شناور در محیطی خاص که در اینجا منظور دریا و اقیانوس‌ها می‌باشد، حرکت می‌کند و چگونه با عوامل محیطی تعامل می‌کند.

این نوع مدلسازی در زمینه‌های مختلفی مانند طراحی و ساخت سفینه‌ها، هواپیماها، کشتی‌های شناور و حتی سیستم‌های حمل و نقل عمومی استفاده می‌شود. با استفاده از مدلسازی شناور، می‌توانیم عملکرد و عملکرد این اشیاء را بهبود بخشیم، خطرات مربوط به حرکت آنها را کاهش دهیم و همچنین بهینه‌سازی مصرف انرژی و کارایی آنها را ارتقا دهیم.

در این پروژه ابتدا به مدلسازی سیستم رانش پروانه با توجه به معادلات داده شده می‌پردازیم. بصورتی که با توجه به نمودار عملکردی پروانه، ثوابت مربوط به آن را یافته و نمودار تراست را برای دورهای مختلف بدست می‌آوریم و نتایج آن را تفسیر کرده ایم.

در بخش بعدی شبیه‌سازی مدل دینامیکی شناور را به کمک تعادل دینامیکی در راستای surge بدست می‌آوریم، با توجه به شبیه‌سازی قسمت اول و این بخش نمودار سرعت شناور را می‌یابیم.

و در انتهای پروژه، برای آنکه سرعت سیستم به حالت مطلوب برسد؛ طراحی کنترلر را انجام می‌دهیم.

در مسیر انجام این پروژه از نرم افزار متلب و ماژول سیمولینک آن استفاده کرده ایم، سعی شده است که مراحل مختلف پروژه را شرح دهیم و مفاهیمی که پشت این نمودارها وجود دارد توضیح داده شود.

کلید واژه‌ها: سیمولینک، مدلسازی، مدل، دینامیکی

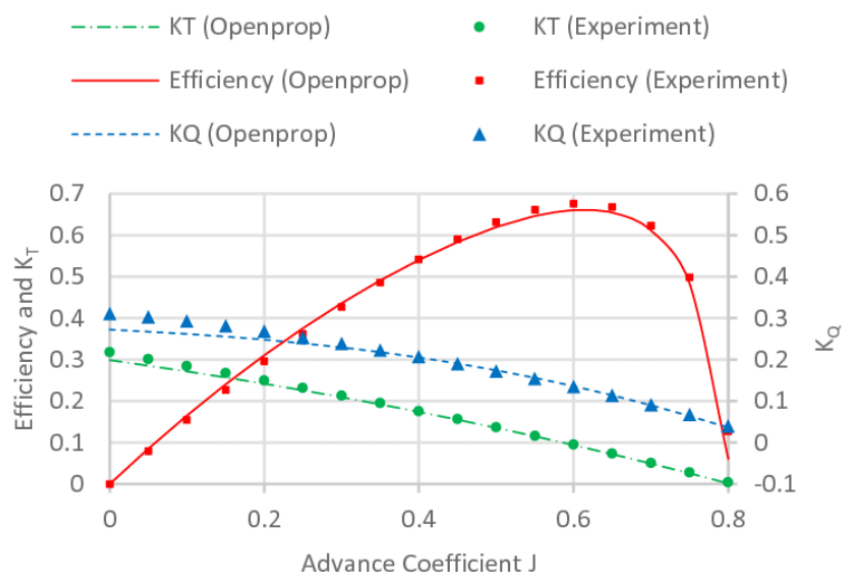
فهرست مطالب

چکیده.....	۲
فصل ۱: مدلسازی سیستم رانش (پروانه) :.....	۴
۱-۱ یافتن ضابطه KT	۴
۲-۱ شبیه سازی سیستم رانش پروانه	۷
۱-۲-۱ ساخت بلوک مربوط به JD.....	۹
۲-۲-۱ ساخت بلوک مربوط به KT.....	۱۰
۳-۲-۱ ساخت بلوک مربوط به Fthrust.....	۱۱
فصل ۲: شبیه سازی مدل دینامیکی شناور	۱۳
۱-۲ مشخصات شناور KCS	۱۳
۲-۲ شبیه سازی حرکت Surge شناور.....	۱۴
۱-۲-۲ ساخت بلوک مربوط به نیروی مقاومت آب Fdrag	۱۵
۱-۲-۲ ساخت بلوک مربوط به نیروی مقاومت هوا Fwind	۱۸
۱-۲-۲ ساخت بلوک مدل دینامیکی شناور و یافتن سرعت حقیقی.....	۲۱
فصل ۳: طراحی PID.....	۲۳
۱-۳ سرعت و دور در حضور کنترلر و باد	۲۵
۱-۳-۱ عدم حضور باد (سرعت باد 0knot)	۲۵
۱-۳-۲ حضور باد (سرعت باد 10knot).....	۲۶
۱-۳-۳ حضور باد (سرعت باد 20knot).....	۲۷
۱-۳-۴ حضور باد (سرعت باد 50knot).....	۲۸
۲-۳ سرعت و دور در حضور کنترلر و سرعت باد با ضابطه سینوسی	۲۹
منابع	۳۳

فصل ۱: مدلسازی سیستم رانش (پروانه)

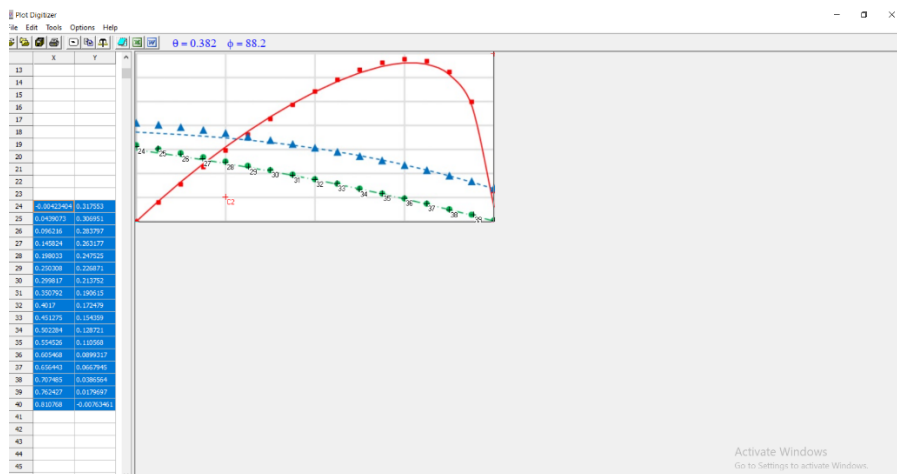
۱-۱) یافتن ضابطه K_T

برای آنکه ضابطه K_T را بیابیم، باید از روی نمودار ۱-۱، نقاط داده شده را یافته و توسط نرم افزار اکسل ضابطه آن را مشخص کنیم.



نمودار ۱-۱) نمودار عملکردی شناور

در نرم افزار Plot Digisiter نقاط مربوطه را می یابیم و براساس آن در نرم افزار اکسل قرار می دهیم تا بهترین خط را fit از این نقطه بکند و ضابطه K_T را بر حسب J می یابیم؛ در بدست آوردن ضابطه از تمام نقاط روی K_T استفاده کرده ایم، در جدول ۱-۱ و تصویر ۱-۱ روند انجام این کار مشخص شده است.

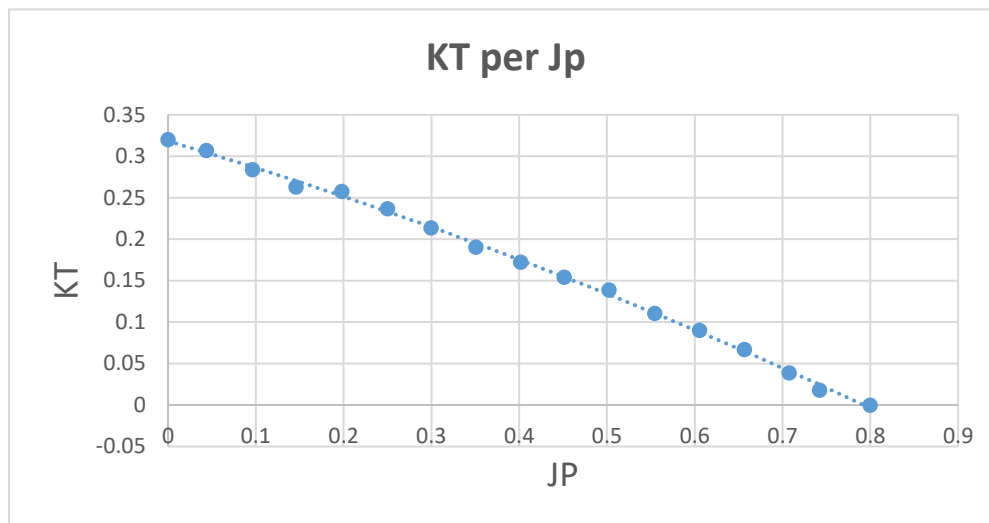


تصویر ۱-۱) محیط نرم افزار Plot Digisiter برای بدست آوردن نقاط مختلف منحنی

جدول ۱-۱) اعداد جدول نقاط مختلف منحنی

JP	KT
0	0.32
0.043907	0.306951
0.096216	0.283797
0.145824	0.263177
0.198033	0.257525
0.250308	0.236871
0.299817	0.213752
0.350792	0.190615
0.4017	0.172479
0.451275	0.154359
0.502284	0.138721
0.554526	0.110568
0.605468	0.089932
0.656443	0.066795
0.707485	0.038656
0.742427	0.01797
0.8	0

براساس اکسل و داده های روی نمودار اصلی، تابع KT را برحسب J بصورت زیر تخمین زده ایم که براساس صورت پروژه، درجه دوم در نظر گرفته می شود.



نمودار ۱-۲) نمودار عملکردی شناور تخمینی

$$KT = K_2 J^2 + K_1 J + K_0$$

$$KT = -0.1131J^2 - 0.312J + 0.3183 \quad (\text{معادله ۱-۱})$$

که با توجه به مقدار بدست آمده، مجهولات بصورت زیر می باشد:

$$K_2 = -0.1131$$

$$K_1 = -0.312$$

$$K_0 = 0.3183$$

(۲-۱) شبیه سازی سیستم رانش پروانه

شبیه سازی سیستم رانش پروانه بدین صورت انجام می شود که در نرم افزار سیمولینک باید بلوک های مربوط به ضوابط نیروی تراست شناور را بسازیم.

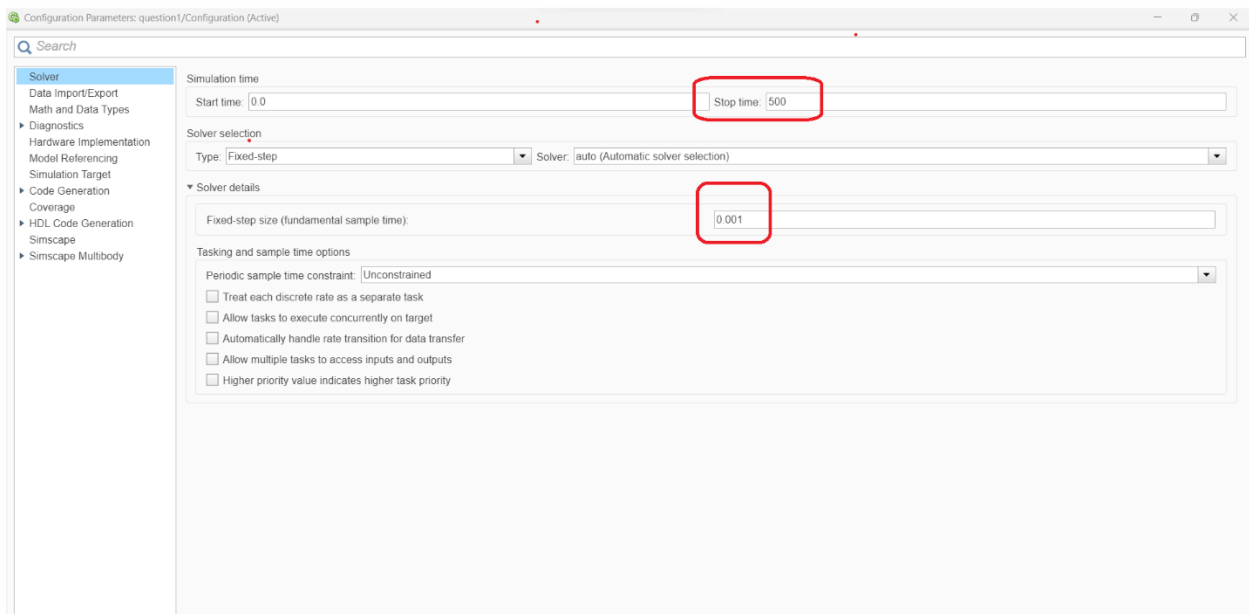
$$F_{thrust} = \rho n^2 D^4 K T \quad (\text{معادله ۲-۱})$$

$$J_p = \frac{u(1-w)}{npD_p}$$

(معادله ۳-۱)

در روند انجام باید ابتدا بلوک مربوط به J را بنویسیم با توجه به معادله ۳-۱ بلوک آن را در نرم افزار سیمولینک ایجاد میکنیم.

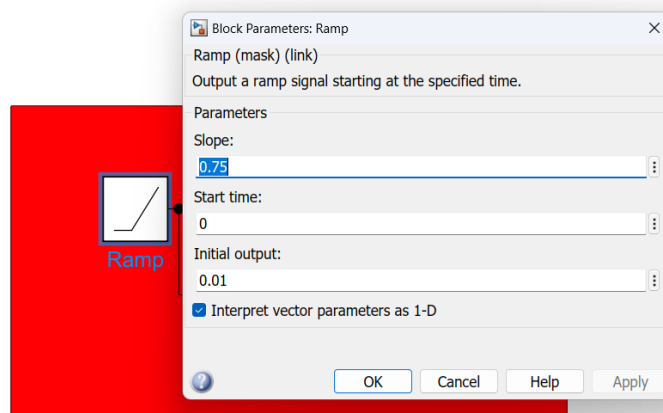
در نرم افزار سیمولینک مقادیر ران گرفتن و $stop\ time$ را در بخش $model\ settings$ به ترتیب با ۰.۰۰۱ ثانیه و مقادیر مختلف $stop\ time$ مانند ۱۵ و ۵۰ و ۴۰۰ ثانیه در نظر میگیریم که در تصویر ۲-۱ مشخص شده است.



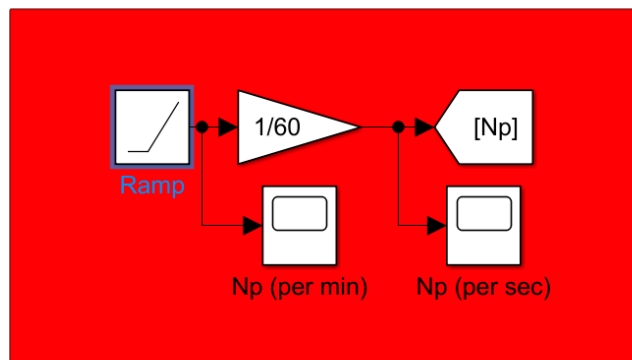
تصویر (۲-۱) تعیین مقادیر زمان ران و $stop$ در سیمولینک

۱-۲-۱) ساخت بلوک مربوط به Jp

دقت شود که برای ساخت بلوک ها در ادامه نیاز به بلوک دور داریم، به همین دلیل در اینجا آن را تولید و با ماژول From آن را فرا میخوانیم؛ NP دور را با تابع Go to تعریف کرده ایم، همچنین با یک تابع رمپ که بعد از ۲۰۰ ثانیه، کشتی به دور ۱۵۰ دور بر دقیقه (rpm) میرسد ایجاد کرده ایم، البته در رابطه دور را بر حسب دور بر ثانیه (rps) تعریف کرده ایم؛ همچنین شیب خط این رمپ را ۰.۰۱ داده ایم تا خطای zero division داده نشود؛ در تصاویر ۳-۱ و ۴-۱ به ترتیب میتوانید بلوک رمپ و بلوک دور را مشاهده کنید؛ برای این اساس ران ها را ۲۰۰ ثانیه می پردازیم.

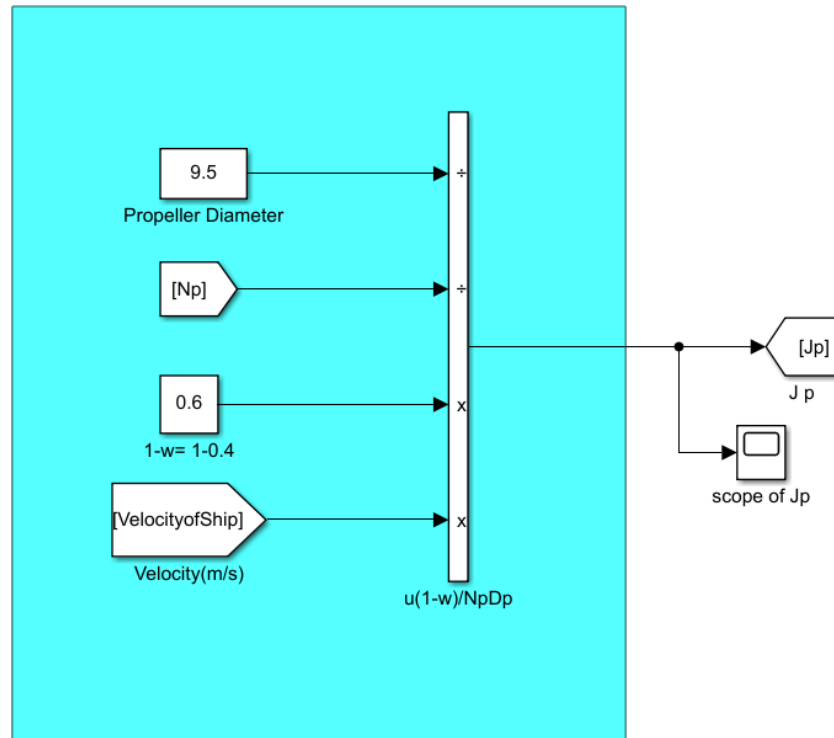


تصویر ۳-۱) بلوک رمپ



تصویر ۴-۱) بلوک دور پروانه (بصورت Go to در اینجا تعریف می شود)

برای ساخت بلوک مربوط به J_p براساس معادله ۳-۱ باید مقادیر آن را در یک بلوک درج کنیم؛ ابتدا در سیمولینک از ماژول Area یک ناحیه برای هر کدام از بلوک هایمان ایجاد میکنیم تا آن ها را راحت تر تشخیص دهیم، سپس برای ساخت J_p لازم است که $u, 1-w, N_p, D_p$ را طبق معادله مورد نظر قرار دهیم ، همانطور که در تصویر ۵-۱ مشاهده می شود این بلوک را ساخته ایم.



تصویر ۵-۱) بلوک J_p

در این بلوک مقادیر قطر و wake به صورت مستقیم داده شده است، اما دور یک حالت خطی^۱ دارد، همچنین سرعت هم در حال تغییرات برحسب زمان می باشد. براین اساس نمودار J_p برحسب زمان بصورت نمودار ۳-۱ می باشد و حدود J_p ۰.۴ می باشد.

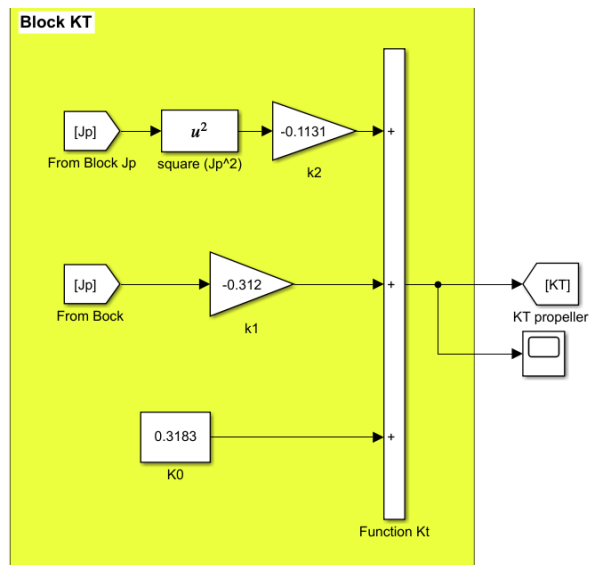
¹ Ramp

۲-۲-۱) ساخت بلوک مربوط به KT

برای ساخت بلوک مربوط به KT براساس معادله ۱-۱ و بخش ۱-۱ که با توجه به نمودار عملکردی پروانه منحنی KT بر حسب J را یافتیم بلوک آن را می سازیم که معادله آن بصورت زیر می باشد:

$$KT = -0.1131J^2 - 0.312J + 0.3183$$

با توجه به ثوابت بدست آمده بلوک KT در تصویر ۶-۱ مشخص شده است.



تصویر ۶-۱) بلوک KT

از این بلوک برای ساخت بلوک FT استفاده میکنیم و با تابع GO TO این کار را انجام میدهیم؛ در بخش بعدی نمودار مربوط به آن را میابیم.

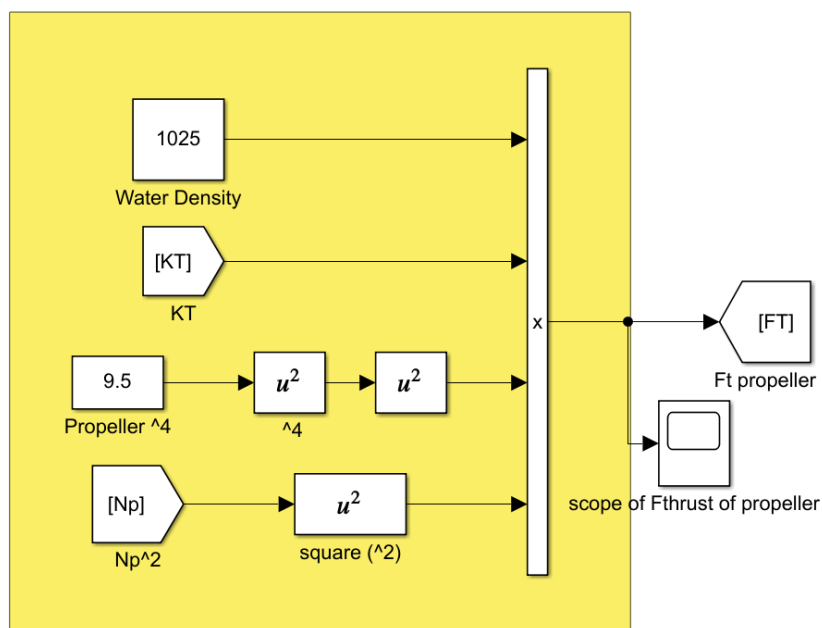
۳-۲-۱) ساخت بلوک مربوط به F_{thrust}

براساس معادله ۳-۱ که بصورت

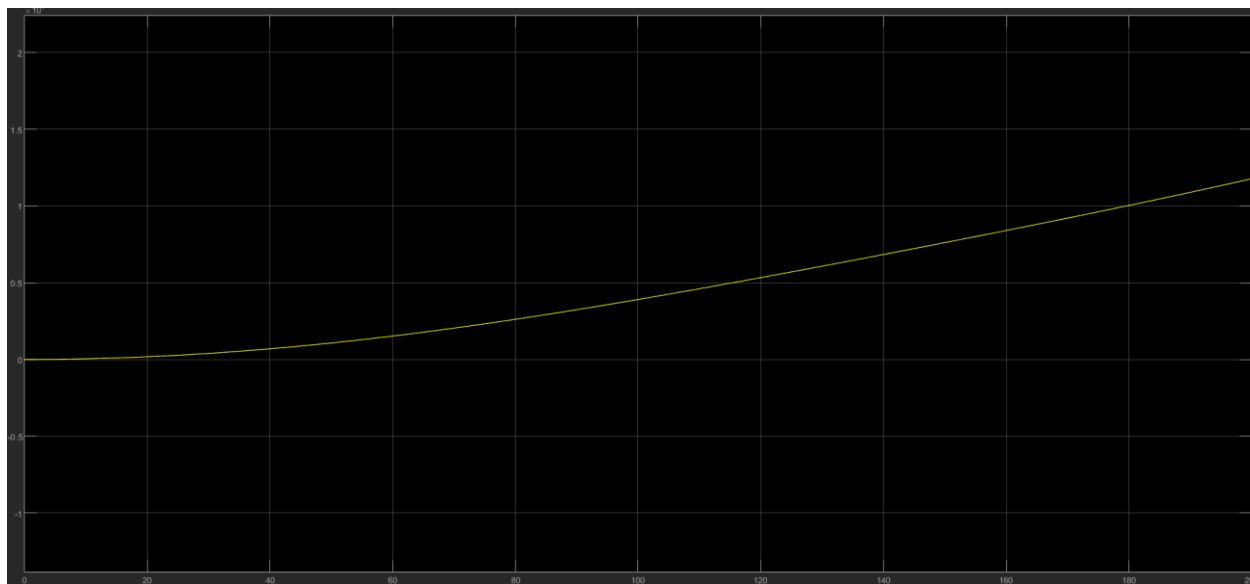
$$F_{thrust} = \rho n^2 D^4 K_T$$

می باشد، در بخش های قبلی بلوک های مربوط به K_T را ساخته ایم، با توجه به آنکه p ، D ثابت هستند آنها را در بلوک قرار داده ایم و براساس تصویر ۷-۱ بلوک مربوط به F_{thrust} ساخته شده است و منحنی آن در نمودار ۳-۱ مشخص شده است.

طبق مقادیری که در صورت پروژه آورده شده است، چگالی $\rho = 1025 \frac{kg}{m^3}$ را در نظر میگیریم.



تصویر ۷-۱) بلوک F_T در سیمولینک



نمودار ۱-۳) منحنی KF بر حسب ثانیه

زمانی که $J=0.3$ باشد بیشترین مقداری است که KT ماکزیمم می باشد و در آن بیشینه است و بیشترین مقدار میتواند باشد، در 200 ثانیه این مقدار حدود 1.1 مگانیوتون یا 1,100,000 نیوتون بصورت تقریبی در سرعت 25Knot می باشد و دور پروانه در 200 ثانیه حدود 150 دور بر دقیقه می باشد.

فصل ۲: شبیه سازی مدل دینامیکی شناور

۲-۱) مشخصات شناور KCS



تصویر ۲-۱) شناور پروژه

شناور KCS برای ارائه داده هایی برای توضیح سیالات و اعتبار سنجی CFD برای یک کشتی کانتینری در حدود ۱۹۹۷ طراحی شده است. شرایط آن مدل ثابت و بدون سوپرستراکچر و دیگر اجزای کشتی است. هندسه بدنه و شرایط و سرعت بارگیری مربوطه در قسمت هندسه و شرایط سایت simman توضیح داده شده است، که با توجه جدول ۲-۱ و ۲-۲ آورده شده است.

Geometry and Conditions:

Model data and test conditions are given below in full and model scales as built:

Deviations from full-scale shown in green.

Model built by	not built	MOERI	SVA	NMRI
Tested at	n.a.	MOERI (PMM) (NB not included in workshop)	SVA (free), CEHIPAR (PMM, BSHC (free), FHR (shallow)	NMRI (CMT)
Scale	1.000	31.599	52.667	75.500
Main particulars				
Lpp (m)	230.0	7.2786	4.3671	3.0464
Lwl (m)	232.5	7.3570	4.4141	3.0791
Bwl (m)	32.2	1.0190	0.6114	0.4265
D (m)	19.0	0.6013	0.4500	0.2517
T (m)	10.8	0.3418	0.2051	0.1430
Displacement (m ³)	52030	1.6490	0.3562	0.1209
S w/o rudder (m ²)	9530	9.5441	3.4357	1.6719
CB	0.651	0.651	0.651	0.651
CM	0.985	0.985	0.984	0.985
LCB (%), fwd+	-1.48	-1.48	-1.48	-1.48

جدول ۲-۱) مشخصات هندسی شناور پروژه

Service speed

U (m/s, full scale: kn)	24.0	2.196	1.701	1.100
Fn (based on Lpp)	0.26	0.26	0.26	0.20

جدول ۲-۲) مشخصات سرعت شناور

آزمایش‌های مختلفی روی این شناور انجام شده است و براساس CFD و آنالیزهای مختلفی روی آن انجام شده است.

دستورالعمل‌هایی برای خروجی شبیه‌سازی‌های مانور در زیر دستورالعمل‌ها به شرکت‌کنندگان ارائه شده است. توجه داشته باشید که دستورالعمل‌های خاصی و همچنین یک پرسشنامه برای هر یک از انواع روش‌ها، یعنی روش‌های مبتنی بر سیستم یا روش‌های مبتنی بر CFD وجود دارد.

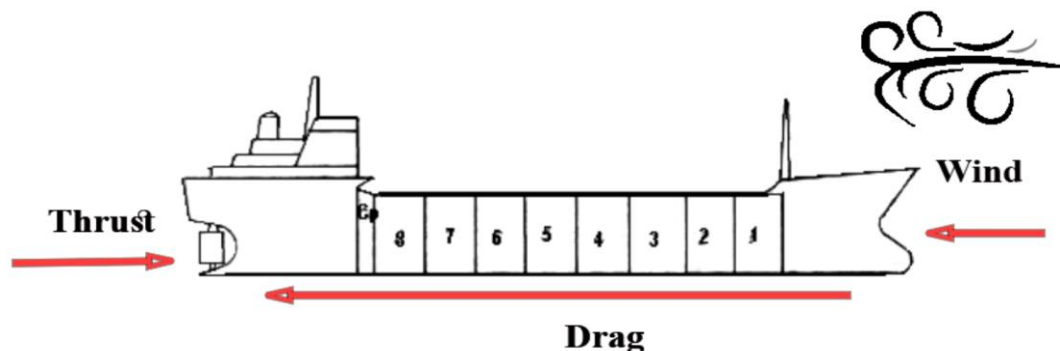
همچنین با جست و جو در اینترنت و صورت پروژه برای مقادیری که در این فصل مفروض شده است، Displacement آن را حدود 52030 تخمین می‌زنیم که با توجه به آنکه واحد آن تن می باشد و باید تبدیل به جرم شود.

$$M = \nabla \times \rho = 52030000Kg$$

موارد دیگر را در بخش‌های بعدی تعیین می‌کنیم.

۲-۲) شبیه سازی حرکت Surge شناور

براساس معادلات دینامیکی کشتی در حرکت surge شناور در این راستا نیروهای تراست، باد و مقاوت آب به آن وارد می شود؛ در فصل بلوک نیروی تراست را به کمک بلوک های KT_{lp} بدست آورده ایم، در این بخش باید معادله را در نرم افزار سیمولینک متلب ایجاد کنیم.



تصویر ۲-۲) تعادل دینامیکی نیروهای وارد بر شناور که منجر به شتاب گرفتن شناور می شود.

با توجه به تصویر ۲-۲ که در آن تعادل دینامیکی مشخص شده است معادلات به صورت زیر می باشد.

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= \frac{1}{m} (F_{thrust} - F_{drag}) && m: \text{جرم کشتی} \\ F_{drag} &\xrightarrow{\text{Linear mode}} F_{drag} = \frac{1}{2} \rho_{water} A_{ship} C_{drag} u^2 = C_R u && u: \text{سرعت کشتی} \\ m\dot{u} + C_R u &= F_{thrust} && F_{drag}: \text{نیروی درگ کشتی} \\ m\dot{u} + C_R u &= F_{thrust} \xrightarrow{\text{لایلاس}} \begin{cases} m\dot{u} \rightarrow msU \\ C_R u \rightarrow C_R U \\ F_{thrust} \rightarrow f_{thrust} \end{cases} && \begin{aligned} &F_{thrust}: \text{نیروی پیشران کشتی} \\ &C_R: \text{کلیه ثابت‌های نیروی مقاومت کشتی} \end{aligned} \\ U(ms + C_R) &= f_{thrust} && U: \text{سرعت کشتی در تبدیل لاپلاس} \\ \frac{U}{f_{thrust}} &= G(s) = \frac{1}{ms + C_R} && f_{thrust}: \text{نیروی پیشران کشتی در تبدیل لاپلاس} \end{aligned}$$

از این معادلات برای تشکیل بلوک های هر کدام از پارامتر ها استفاده میکنیم؛ معادله کلی به صورت زیر است.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{m} (F_{thrust} - F_{drag} - F_{wind})$$

(معادله ۱-۲)

۱-۲-۲) ساخت بلوک مربوط به نیروی مقاومت آب F_{drag}

برای ساخت بلوک نیروی مقاومت آب باید براساس رابطه، آن را تشکیل دهیم؛ رابطه آن بصورت زیر می باشد.

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho_{water} A_{ship} C_{drag} u^2 = C_R u \quad C_R: \text{کلیه ثابت‌های نیروی مقاومت کشتی}$$

در این کشتی، برای یافتن C_R باید چگالی، سطح خیس شده و C درگ را فرض کنیم.

چگالی برابر 1025 کیلوگرم بر مترمکعب می باشد.

براساس اسلاید های مربوط به مقاومت درگ شناور ها در درس هیدرودینامیک دکتر سیف، سطح خیس شده از جدول ۳-۲ بدست می آید.

Type of Ship	S-Value Calculation
Bulk carriers and tankers	$S = 0.99(\frac{\nabla}{T} + 1.9L_{wl}T)$
Container vessels (single screw)	$S = 0.995(\frac{\nabla}{T} + 1.9L_{wl}T)$
Twin screw ships (Ro-Ro ships) with open shaft lines (and twin rudders)	$S = 1.53(\frac{\nabla}{T} + 0.55L_{wl}T)$
Twin screw ships (Ro-Ro ships) with twin rudders	$S = 1.2(\frac{\nabla}{T} + 1.5L_{wl}T)$
Double ended ferries	$S = 1.11(\frac{\nabla}{T} + 1.7L_{wl}T)$

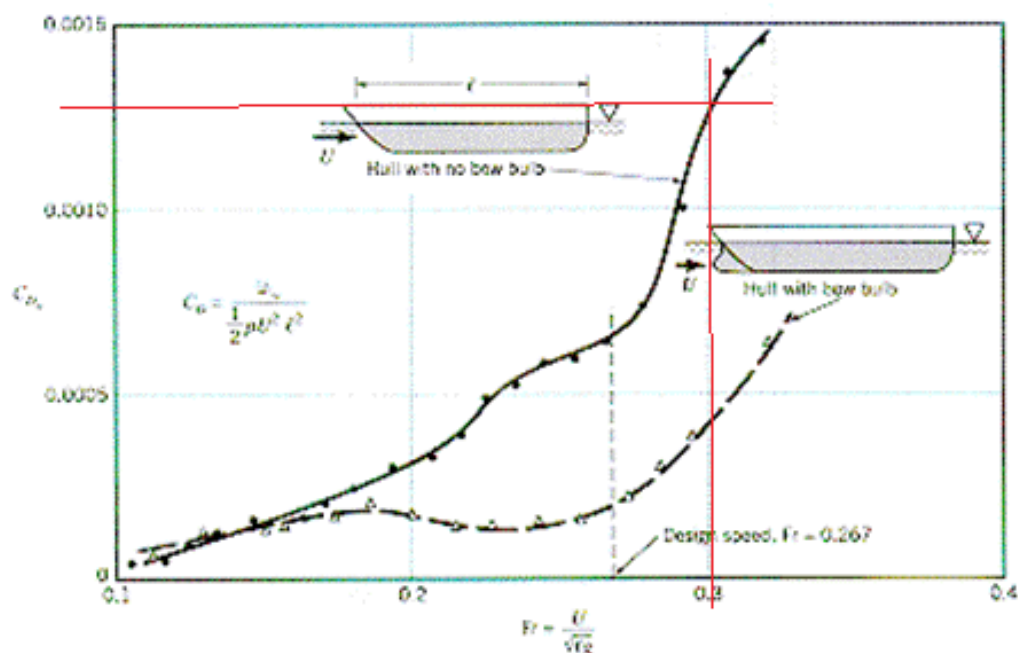
جدول ۳-۲ (روابط مربوط به سطح خیس شده شناور ها

با توجه به جدول ۳-۲، رابطه سطح خیس شده برای شناور های کانتینرر بصورت زیر می باشد که با درج مقادیری که از جست و جو در اینترنت برای کشتی پروژه بدست آورده ایم میتوانیم سطح خیس شده را بیابیم.

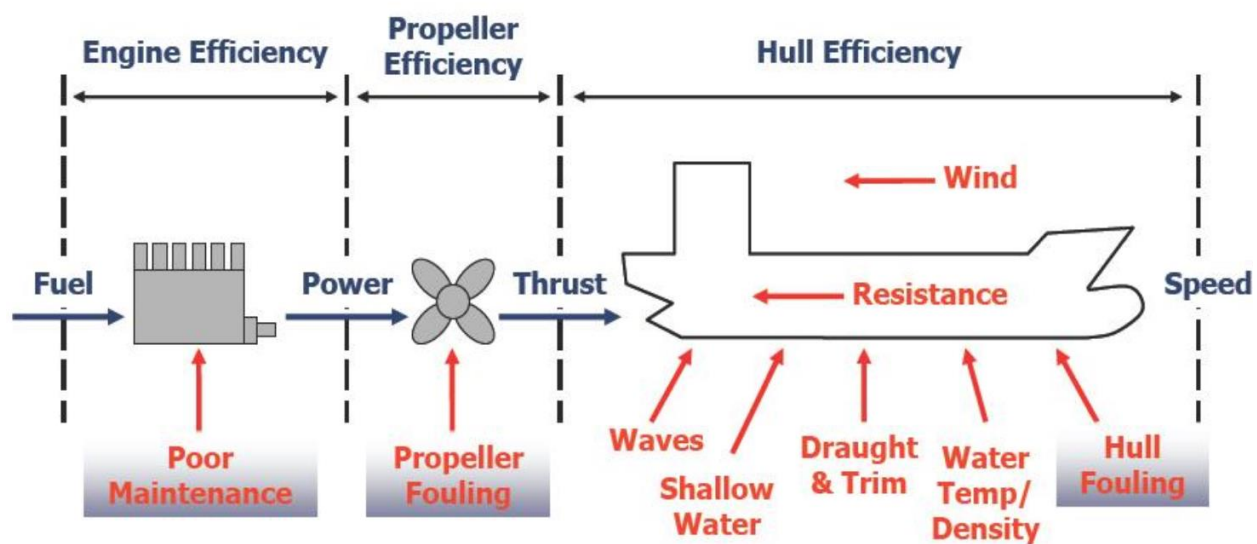
$$\text{Surface wetted} = 0.995 \times \left(\frac{\nabla}{T} + 1.9 \times L_{wl} \times T \right) = 9540 \text{ m}^2$$

همچنین C_{drag} برابر مجموع تمامی ضرایب درگ میباشد که باید آن را تخمین بزنیم و مقدار آن را فرض میکنیم، با توجه به اسلاید های درس هیدرودینامیک^۲ پارامتر های مقاومت بصورت زیر است و ضریب مقاومت را 0.0013 در نظر میگیریم (همان C_{total} است)

² Lec3 HydroDynamics Dr Seif

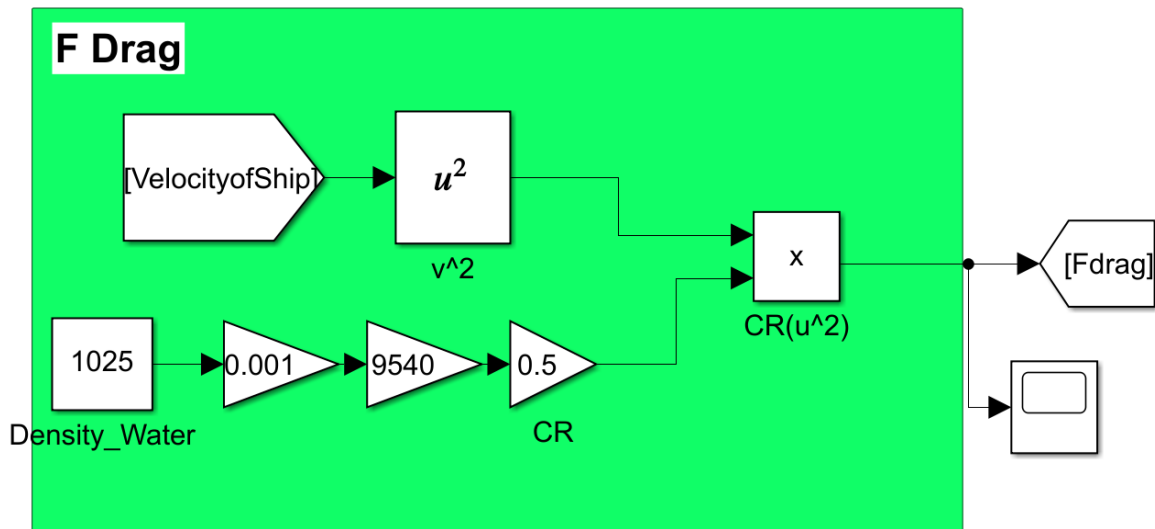


تصویر ۲-۴) منحنی ضریب مقاومت بر حسب عدد فرود



تصویر ۲-۴) پارامترهای تاثیرگذار بر مقاومت شناور

با توجه به مفروضات و معادله ۱-۲ بلوک دیاگرامی آن را می سازیم که در تصویر ۲-۴ مشخص شده است.



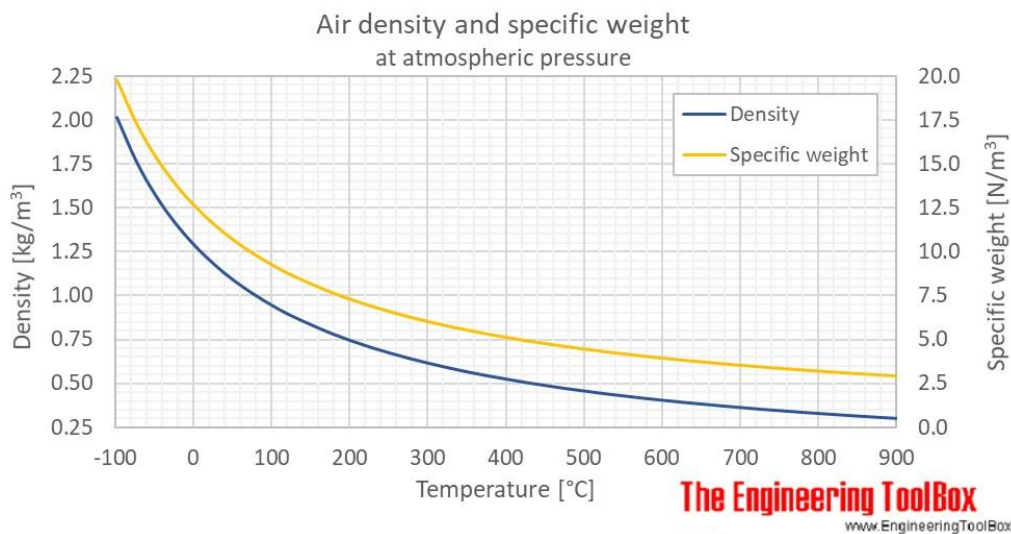
تصویر ۲-۴) بلوک نیروی مقاومت آب

۲-۲-۲) ساخت بلوک نیروی مقاومت هوا F_{wind}

$$F_{wind} = \frac{1}{2} \times \rho \times A_{cross} \times C_{wind} \times v_{نسبی}^2$$

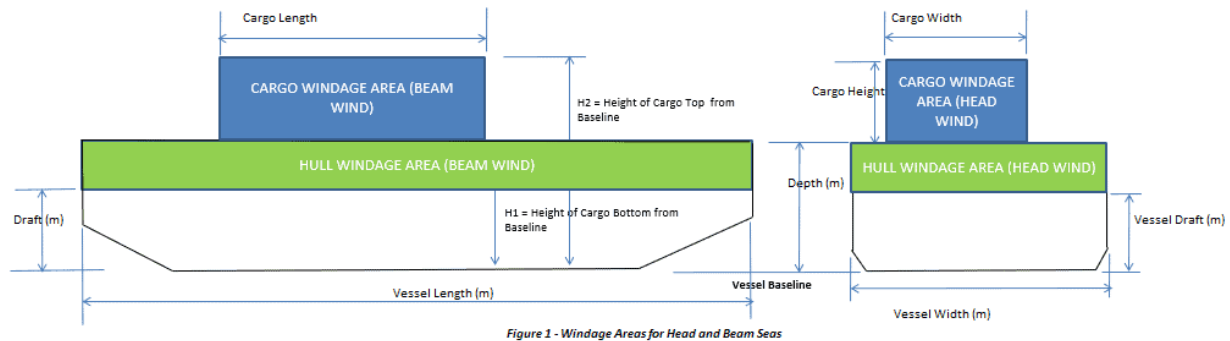
برای آنکه این مقدار را بیابیم چگالی هوا، سطح مقطع برخورد و ضریب مقاومت باد را باید در نظر بگیریم.

چگالی هوا را براساس نمودار ۱-۲ میتوانیم حدود ۱.۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر بگیریم.



نمودار ۱-۲) چگالی هوا (باد) در دمای عادی ۲۵ درجه سانتی گراد حدود ۱.۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب می باشد.

برای Cwind حدوداً آنرا ۰.۸ در نظر میگیریم که طبق صورت پروژه مقدار آن بین حدود ۰.۷ تا ۰.۹۵ پیشنهاد شده است.



تصویر ۲-۵) سطح عمود بر باد

برای سطح مقطع عمود بر جریان باد، آن را باید بیابیم که با توجه به آنکه کشتی کانتینر بر است سطح بالایی آن بسیار بیشتر از کشتی هایی مانند نفتکش می باشد و درگ زیادی را باید به آن وارد شود.

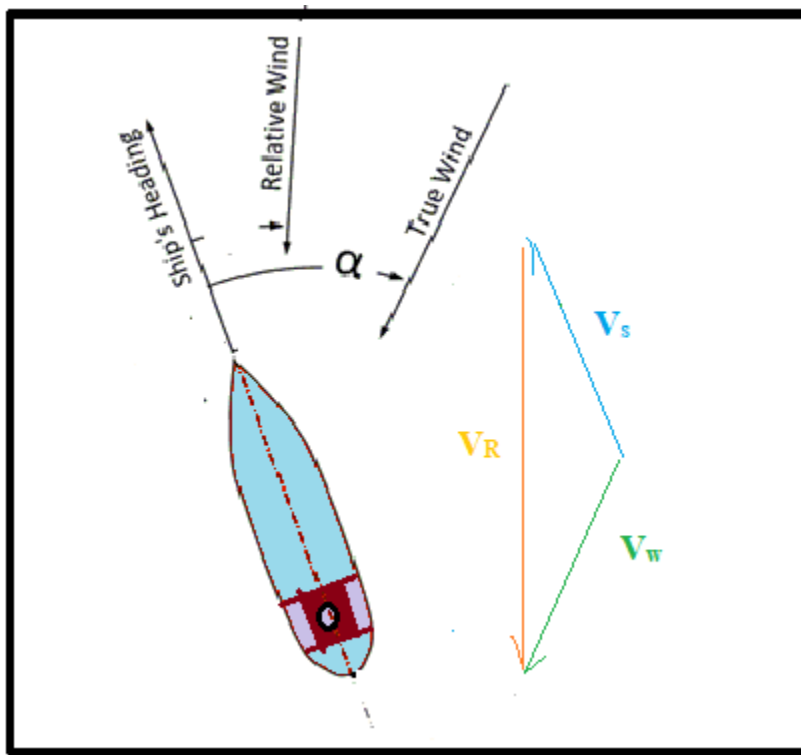


تصویر ۲-۶) کشتی کانتینر نمونه

همانطور که از تصویر ۲-۶ مشخص شده است، تعداد کانتینر هایی که روی هم قرار میدهند را ۸ عدد در نظر میگیریم و ارتفاع هر کانتینر را ۲.۳ متر در نظر گرفته و با توجه به آن داریم که:

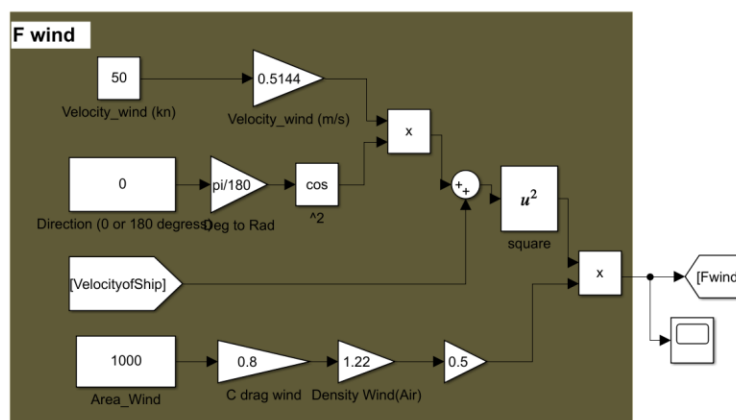
$$A_{ship} = \text{Freeboard} \times B = (8 \times 2.3 + 10 + 5) \times 32.2 \cong 1000m^2$$

۸ کانتینر با ارتفاع ۲.۳ متر و ۱۰ متر بالای بالاترین کانتینر تا سقف سوپر استراکچر می باشد همچنین فری بورد حدود ۵ متر در نظر گرفته می شود.



تصویر ۲-۷) سرعت نسبی براساس جمع نیروی باد و شناور

دقت شود که با توجه به تصویر ۲-۷ معادله مذکور برای باد باید سرعت نسبی را لحاظ کرد و در صورتی که باد با یک زاویه مایل به شناور برخورد کند، با قضیه کوسینوس بدست می آید، در این پروژه به دلیل آنکه زاویه باد ۰ یا ۱۸۰ درجه باید در نظر گرفته شود جریان باد و سرعت کشتی با یکدیگر جمع می شوند (زاویه را ۰ درجه و از روبرو همانند تصویر ۲-۲ لحاظ میکنیم)



تصویر ۲-۸) بلوک نیروی باد Fwind

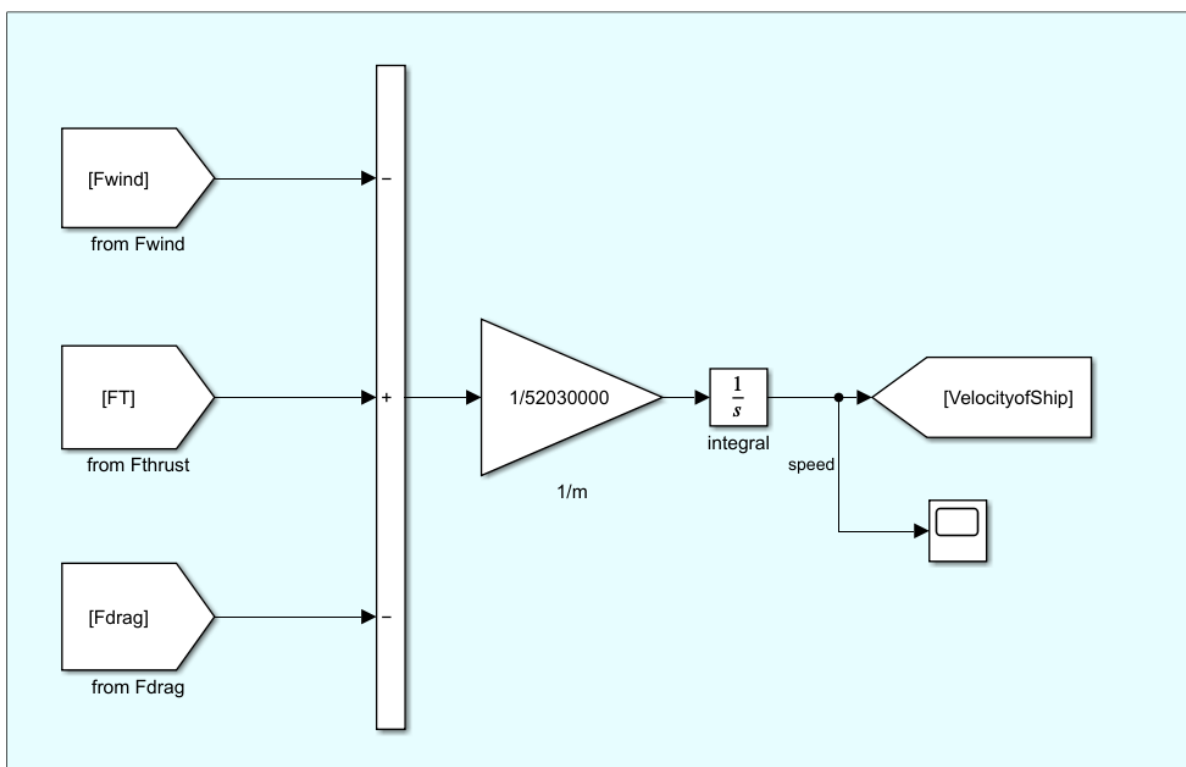
۳-۲-۲) ساخت بلوک مدل دینامیکی شناور و یافتن سرعت حقیقی

با توجه به بلوک های ساخته شده F_{thrust} و F_{drag} و F_{wind} ، در فصل اول و بخش های قبل فصل دوم میدانیم که باید بلوکی مربوط به معادله زیر را تشکیل دهیم.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{m}(F_{thrust} - F_{drag} - F_{wind})$$

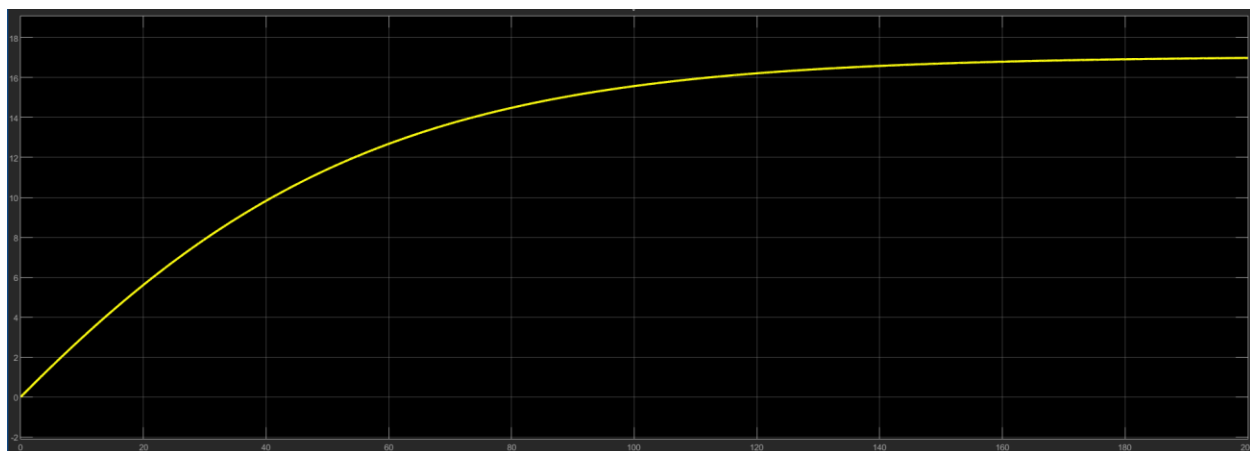
جرم آن را 52,030,000 کیلوگرم فرض کرده ایم که در بخش قبلی در جداول مربوط به کشتی پروژه که در اینترنت جست و جو شده توضیحات آن داده شده است.

بلوک مربوط به آن را با توجه به تصویر ۲-۹ در سیمولینک متلب ایجاد میکنیم.



تصویر ۲-۹) بلوک مربوط به مدل دینامیکی شناور

دقت می شود با توجه به فصل دوازدهم و صفحه ۴۲ آن، نمودار سرعت بدون وزش باد در نظر گرفته شده است؛ در این بخش هم همین روند را داریم؛ همچنین دور آن را ثابت در این بخش فرض میکنیم (در بخش های دیگر رمپ بوده است اما چون در این صفحه ی اسلاید گفته شده است که ثابت فرض شود، آنرا ثابت فرض کردیم)



نمودار ۱-۲ (منحنی سرعت بر زمان

در این منحنی سرعت بر اساس آنکه، دور ثابت است اما سرعت در حال افزایش می باشد تا به مقدار حدی خود برسد.

سرعت باد را هم صفر در نظر گرفتیم و نمودار دور که ثابت است بصورت زیر می باشد.

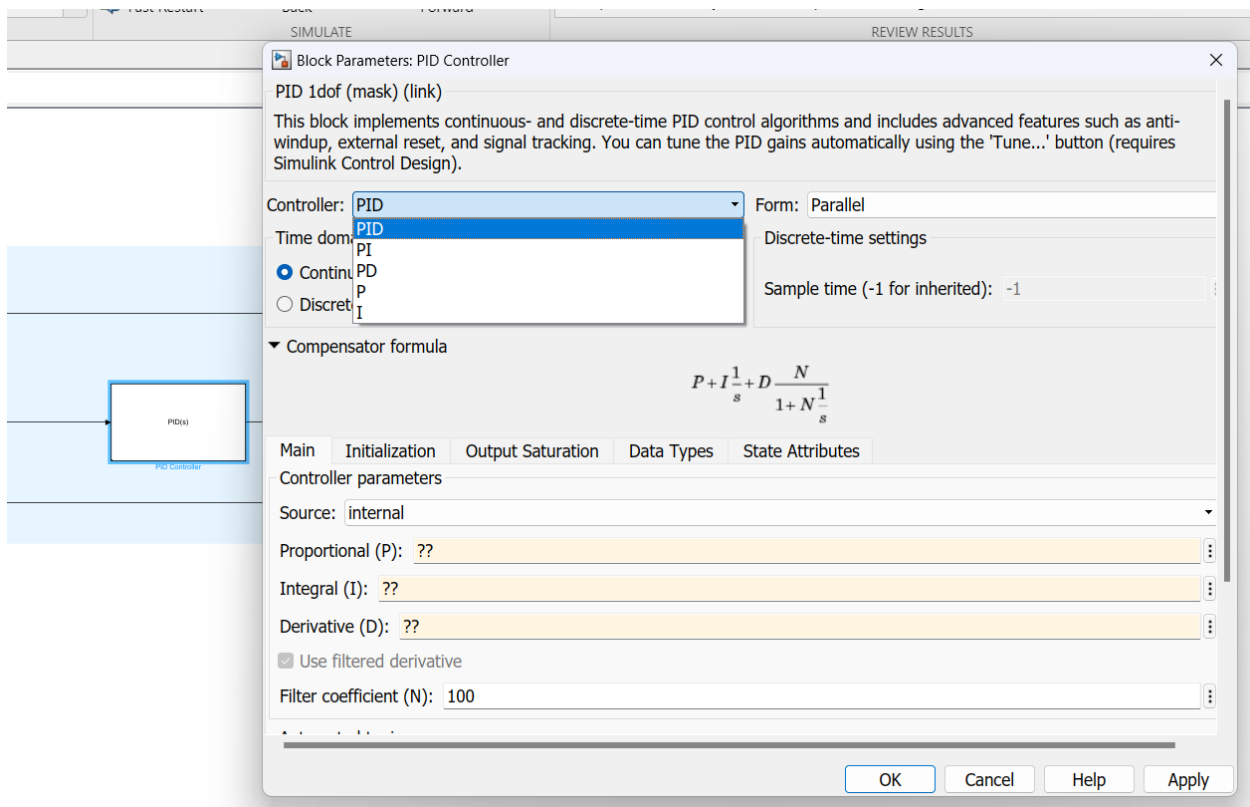


نمودار ۲-۲ (منحنی دور (دور بر ثانیه- RPS) بر حسب زمان

فصل ۳: طراحی PID

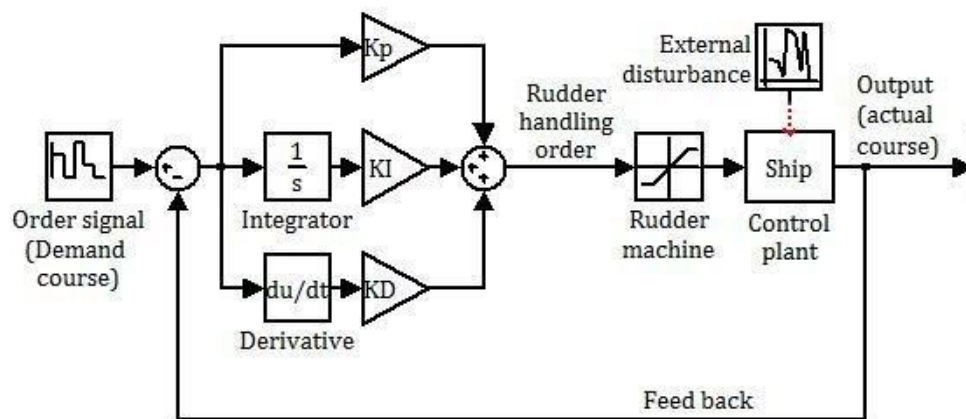
برای طراحی کنترلر در سیمولینک لازم است که مواردی که در فصل ۱ و ۲ را طراحی کردیم، یک ورودی و یک خروجی به کنترلر داشته باشیم، همانطور که در دروس کنترل اتوماتیک به یاد داریم نیاز است که یک ورودی به عنوان فیدبک به سیستم ما وارد شود که در اینجا از output subsystem می باشد و ارتباط دارد.

برای ساخت PID در سیمولینک متلب از کتابخانه آن PID را انتخاب کرده و مقادیر مختلفی را به آن می دهیم.



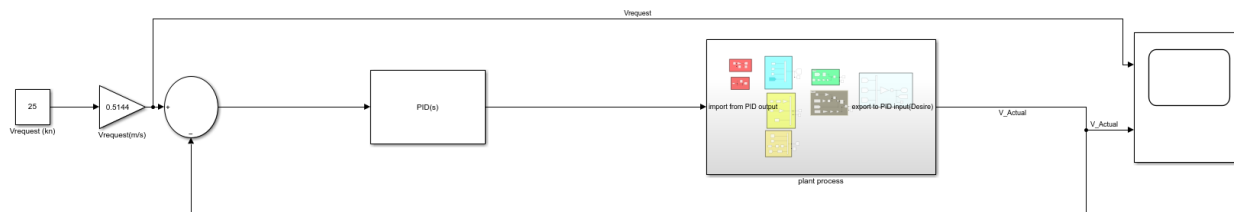
تصویر ۳-۱) انتخاب PID کنترلر

با توجه به تکرار و تست های مکرر برای PID ، آنرا به صورت $P=5$ و $D=0$ و $I=2$ لحاظ میکنیم که میدانیم، i برای کاهش خطای ماندگار است که در اینجا مقدار زیادی دادیم، از سویی چون D پارامتری برای کاهش خطای آنی است و در کشتی و محل هایی که نیاز به کاهش سرعت سریع (رسیدن سریع به خطای صفر) نداریم آنرا صفر قرار دادیم، البته در پروژه هایی مانند توربین گاز بر حسب تحقیق این مقدار باید غیر صفر باشد. همچنین P مقدار آن بزرگتر است چون باعث پایداری و کاهش نویز در سیستم کنترلی ما می شود.



تصویر ۲-۳) طراحی بلوک در سیستم های کنترلی

مانند بلوک دیاگرام تصویر ۲-۳ که برای یک کشتی نمونه است، برای کشتی پروژه هم بلوک کنترلی را ایجاد میکنیم که در تصویر ۳-۳ مشاهده می شود.

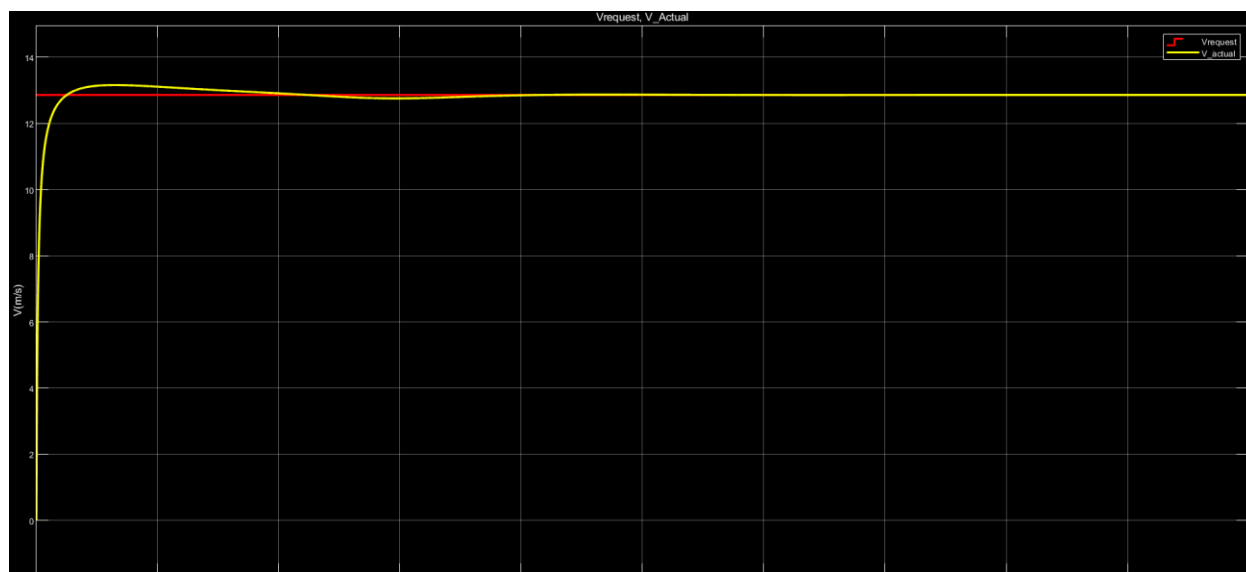


تصویر ۳-۳) طراحی بلوک مربوط به کنترلر سیستم

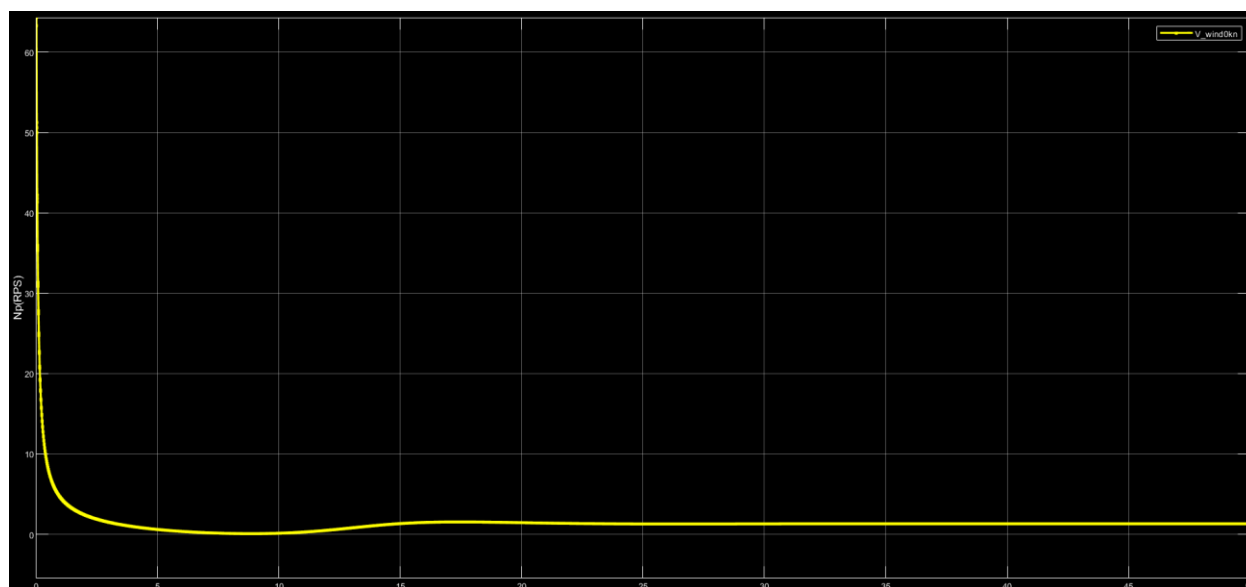
۳-۱) سرعت و دور در حضور کنترلر و باد

در حضور کنترلر و تشکیل آن مقادیر باد مشخص شده در جدول را به آن میدهم که به صورت زیر می باشد،
سرعت باد به ترتیب براساس خواسته صورت پروژه 0,10,20,50 knot می باشد.

۳-۱-۱) عدم حضور باد (سرعت باد 0 Knot)

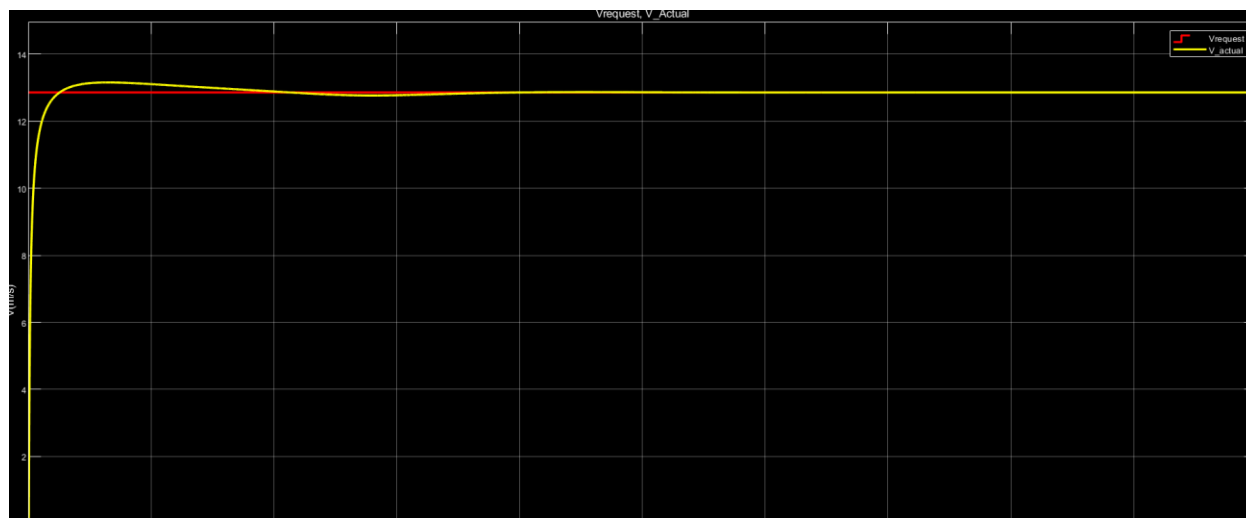


نمودار ۳-۱) منحنی سرعت شناور (خواسته شده و حقیقی) در حضور کنترلر و سرعت باد 0 knot

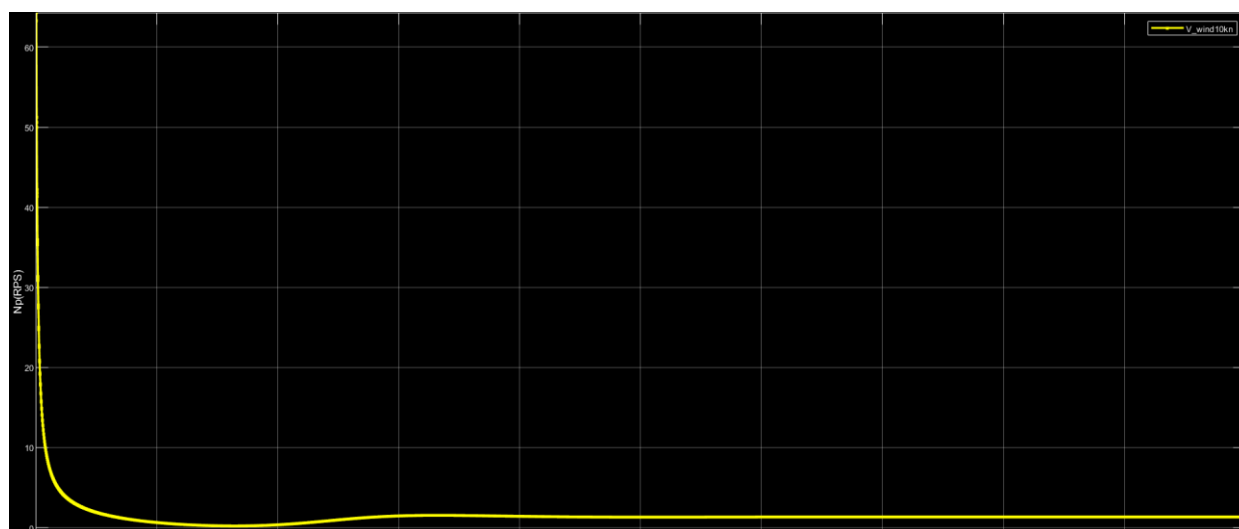


نمودار ۳-۲) منحنی دور پروانه در حضور کنترلر و سرعت باد 0 knot

۳-۱-۲) حضور باد (سرعت باد 10 Knot)

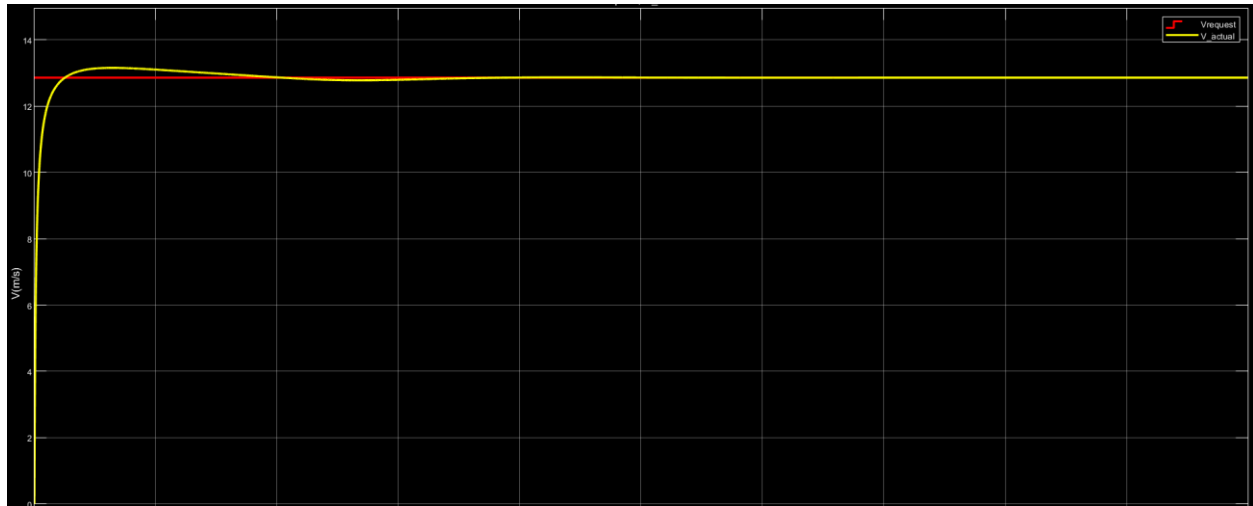


نمودار ۳-۳) منحنی سرعت شناور (خواسته شده و حقیقی) در حضور کنترلر و سرعت باد 10 knot

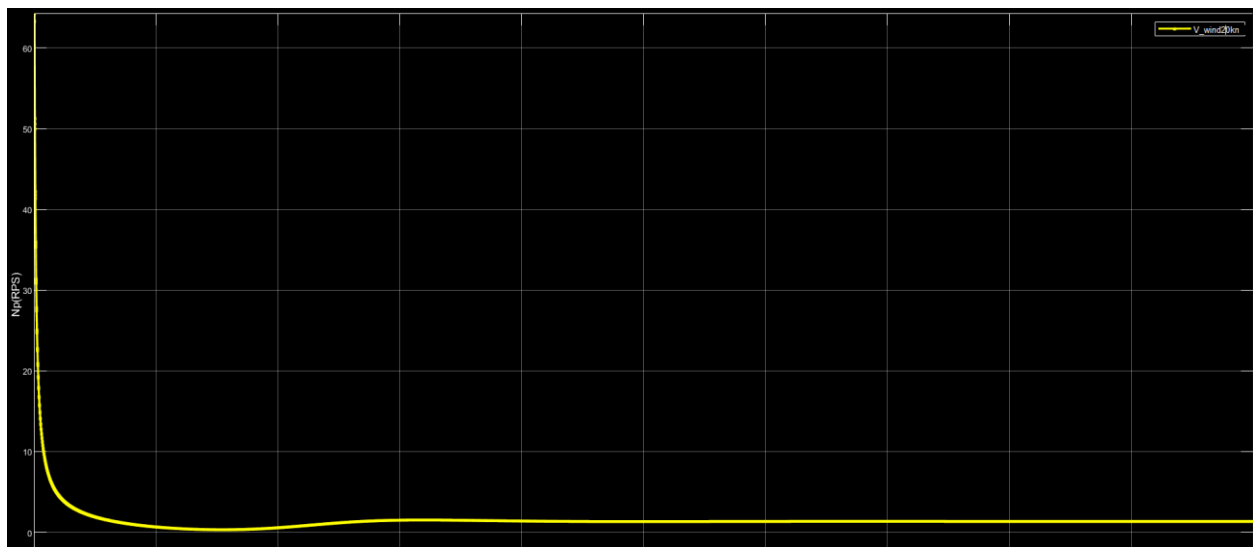


نمودار ۳-۴) منحنی دور پروانه در حضور کنترلر و سرعت باد 10 knot

۳-۱-۳ حضور باد (سرعت باد 20 Knot)

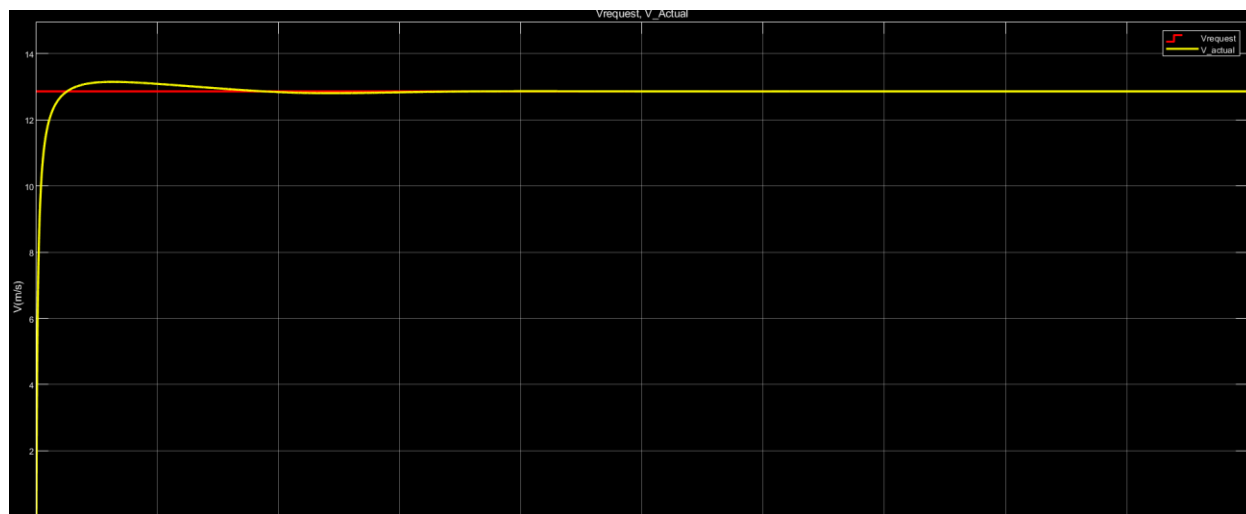


نمودار ۳-۵) منحنی سرعت شناور (خواسته شده و حقیقی) در حضور کنترلر و سرعت باد 20 knot

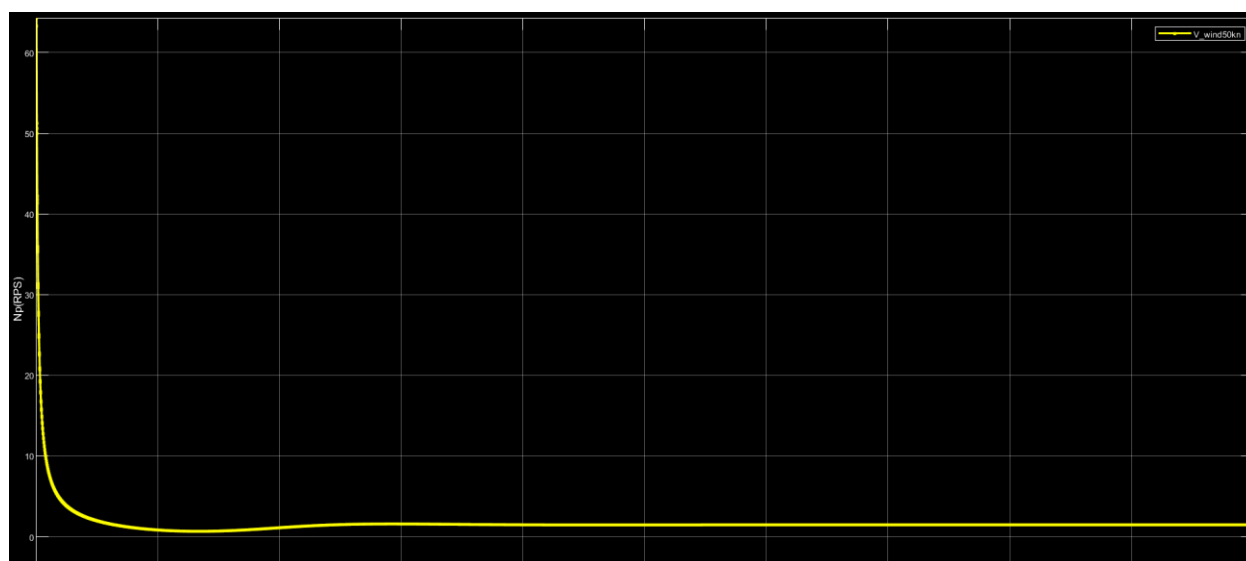


نمودار ۳-۶) منحنی دور پروانه در حضور کنترلر و سرعت باد 20 knot

۳-۱-۴) حضور باد (سرعت باد 50 Knot)



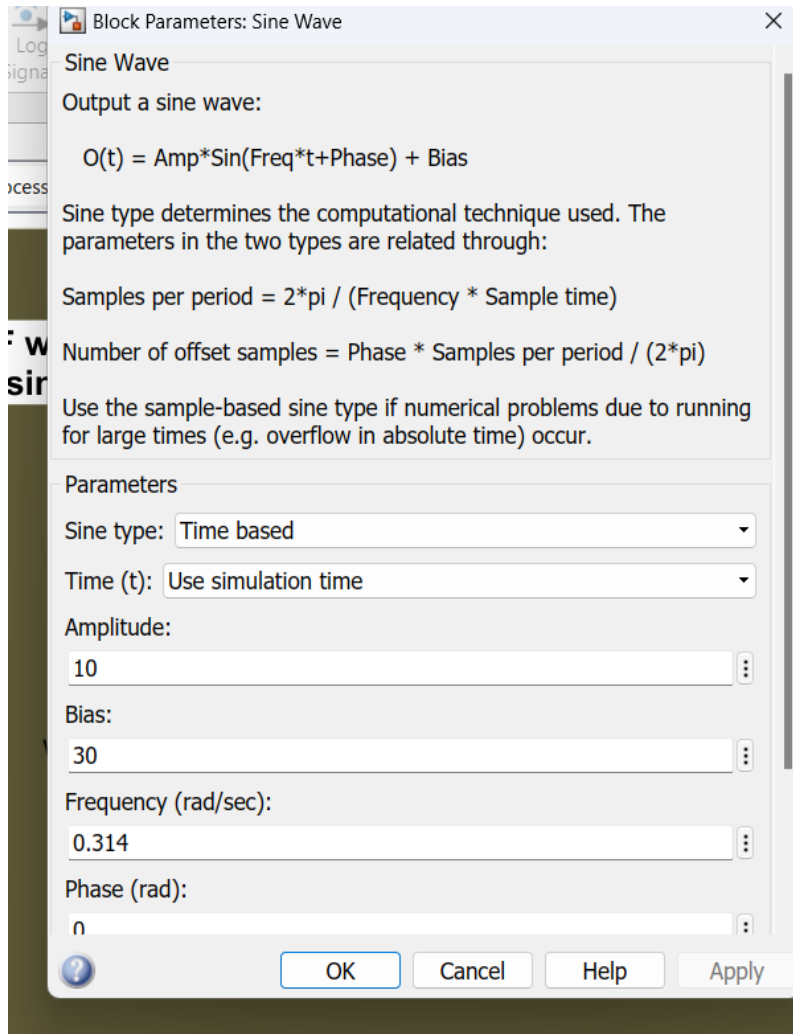
نمودار ۳-۷) منحنی سرعت شناور (خواسته شده و حقیقی) در حضور کنترلر و سرعت باد 50 knot



نمودار ۳-۸) منحنی دور پروانه در حضور کنترلر و سرعت باد 50 knot

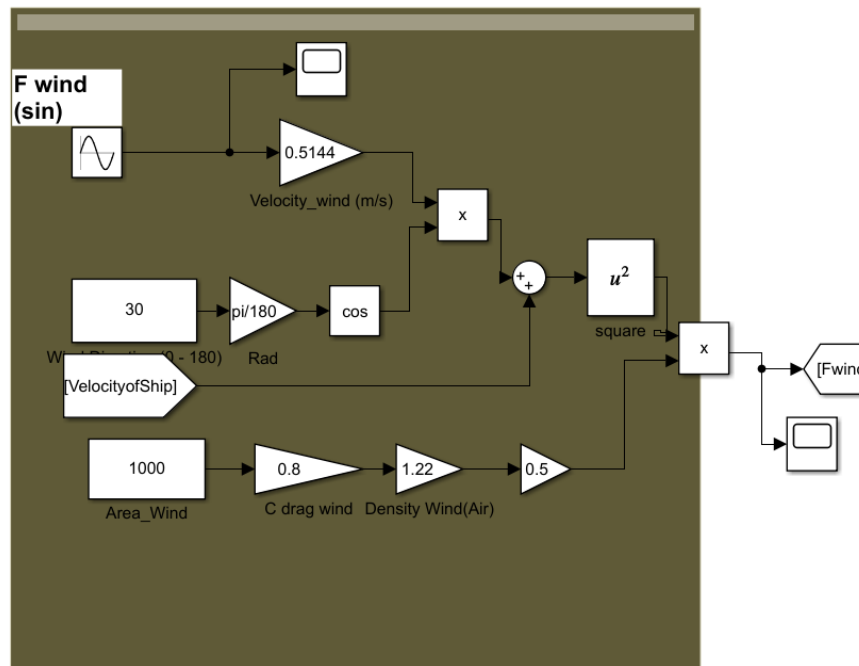
۲-۳) سرعت و دور در حضور کنترلر و سرعت باد با ضابطه سینوسی

با توجه به ضابطه ای که در بخش سوم صورت پروژه برای سرعت باد داده شده است، آن را باید در سیمولینک ایجاد کنیم، بدین صورت که در تصویر ۲-۳ با توجه به کتابخانه سیمولینک و sine wave، موج سینوسی را برای سرعت باد طراحی کرده ایم.



تصویر ۲-۳) ایجاد ضابطه باد $V(t) = 10\sin(0.314t) + 30\text{knot}$

در محیط سیمولینک بلوک Fwind را که در فصل دوم طراحی کرده بودیم را مجددا طراحی میکنیم که در تصویر ۳-۳ بلوک نیروی باد و در نمودار ۹-۳ ضابطه تحریک باد را مشخص کرده ایم.

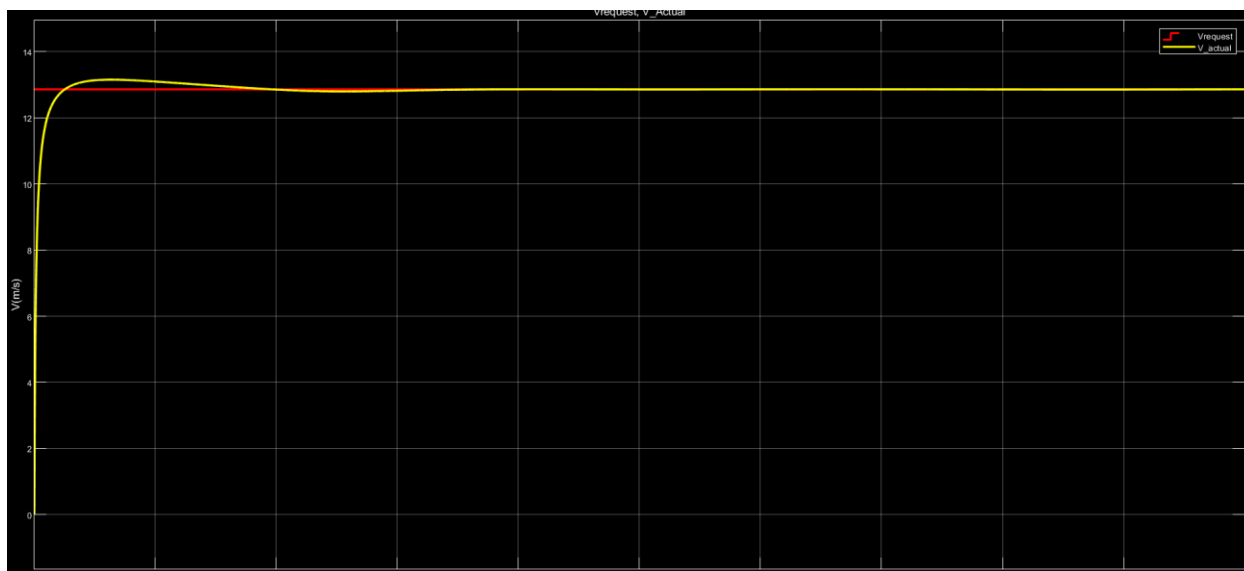


تصویر ۳-۳ (ایجاد بلوک نیروی باد با توجه به ضابطه باد سینوسی

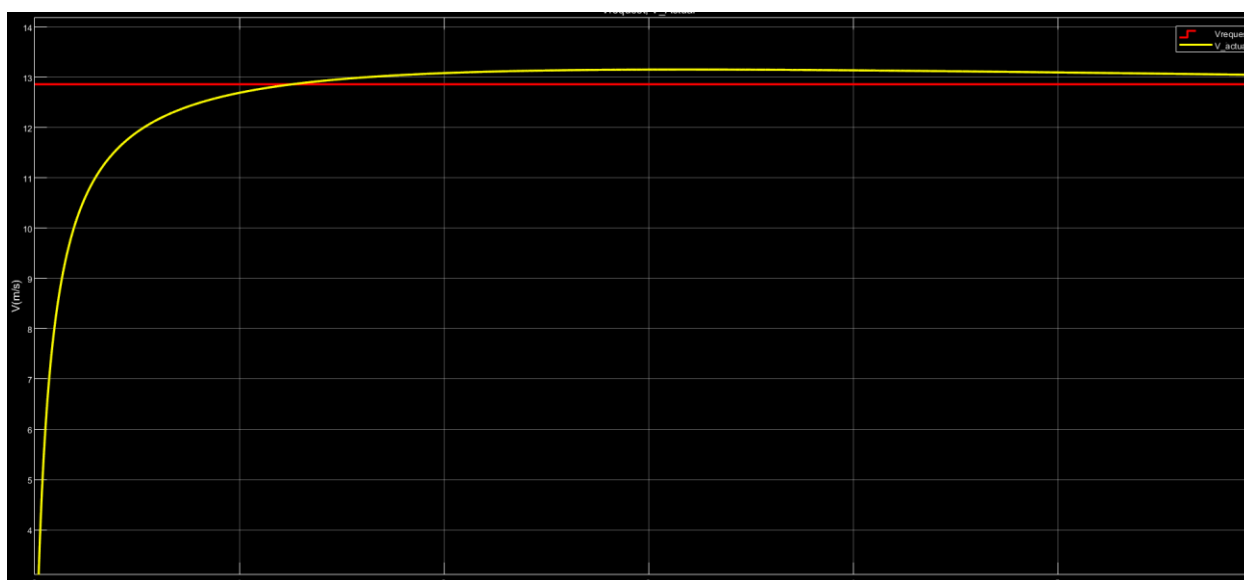


نمودار ۹-۳) منحنی سرعت باد که سینوسی می باشد.

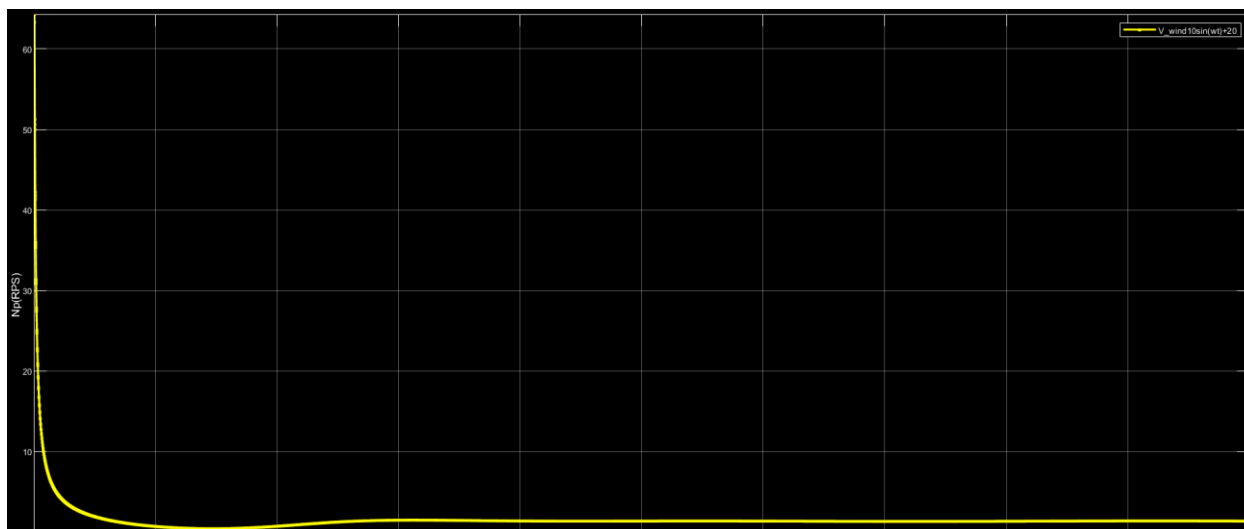
حال با توجه به این نکات خروجی های scope سرعت و دور پروانه را میگیریم و در نمودار های ۱۰-۳ و ۱۲-۳ به ترتیب نمایش میدهیم، طبق نمودار ۱۱-۳ overshoot آن را مشخص کرده ایم که به چه صورتی است.



نمودار ۳-۱۰) منحنی سرعت شناور (خواسته شده و حقیقی) در حضور کنترلر و سرعت باد سینوسی



نمودار ۳-۱۰) منحنی سرعت شناور (خواسته شده و حقیقی) در حضور کنترلر و سرعت باد سینوسی که overshoot کوتاهی را میکند.



نمودار ۳-۸) منحنی دور پروانه در حضور کنترلر و سرعت باد سینوسی

در این پروژه میتوان زاویه باد را هم لحاظ کرد که در اینصورت این زاویه سبب دو نیروی در راستای طول و عرضی شناور می شود که دو مدل دینامیکی را باید برای آن نوشت و تحلیل سیمولینک انجام داد.

منابع :

1. <http://www.simman2008.dk/KCS/container.html> , Table of Chapter 2 for KCS ship
2. <https://www.w2022.nl/kriso-container-ship-kcs/> , Table of Chapter 2 for KCS ship
3. https://www.nmri.go.jp/study/research_organization/fluid_performance/cfd/cfdws05/gothenburg2000/KCS/container.html , Table of Chapter 2 for KCS ship
4. https://www.princeton.edu/~maelabs/hpt/mechanics/mecha_57.htm , Cdrag for Chapter 2 Section 2
5. Control and Navigation Dr Seif , Lec12 , Chapter1,2,3
6. HydroDynamic Dr Seif,Lec 3 , Chapter 2