Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
ICOPMAS 2010
10- 8 آذر ماه (تهران)

طراحی و ساخت سامانه رهاساز UUV در عمق‌های متفاوت در دریا

حمید غلامی بایی ، کارشناس ارشد ، پژوهشکده شمال - دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، vazn_hgh@yahoo.com
روح الله هادی پور گودرزی ، دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، پژوهشکده شمال - دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، rohadi@mail.com
جواد بابایی ، کارشناس ارشد ، پژوهشکده شمال - دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، Babaei_s@yahoo.com
محمود سالاری ، دکترای مهندسی مکانیک ، پژوهشکده شمال - دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، m_salari@iust.ac.ir
علی اصغر خوشبخت کناری ، کارشناس، پژوهشکده شمال-دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، khoshbakht_asghar@yahoo.com

کلید واژه : ربات زیرآبی (AUV)، سامانه رهاساز، شناور حامل، مخزن بویانسی.

1. مقدمه

ربات‌های زیر آبی (AUV[1]) در اندازه‌ها و ابعاد متفاوت و با گستره‌ی متنوعی از فناوری‌ها و امکانات در سال‌های اخیر طراحی، ساخت، آزمایش و بکارگیری شده‌اند و حتی در برخی موارد به تولید صنعتی رسیده‌اند. انواع این ربات‌ها از نمونه‌های کوچک و ساده‌ای که صرفا مجهز به دوربین فیلمبرداری کوچکی هستند تا گونه‌های پیشرفته و بسیار پیچیده‌ای که در اعماق بیش از شش هزار متری دریا امکان انجام عملکردهای متنوع و متعددی را دارند، شامل می‌شوند.

به دلیل پرهزینه بودن رباتهای زیرآبی با قابلیت‌ها و توانایی‌های متنوع، در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای ساخت ربات‌های زیرآبی با صرف هزینه‌ی پایین صورت پذیرفته است. این ربات‌ها از فناوری بسیار پیچیده‌ای در حوزه‌های سازه، هیدرودینامیک، کنترل، هدایت، ناوبری، ارتباطات، انرژی و غیره برخوردار هستند و به دلیل قابلیت‌های زیاد، کاربردهای گسترده‌ای در صنایع فراساحلی و حوزه‌های تحقیقاتی دارند.

در حال حاضر این ربات‌ها بخش بسیار مهم و قابل اعتمادی را از صنایع ساحلی و فراساحلی تشکیل می‌دهند که توسط نهادهای تجاری، دولتی و دانشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ربات‌های زیرآبی، امروزه طیف متنوعی از وظایف محوله مانند محیط شناسی و بستر شناسی دریا، جستجوی افراد مغروق در دریا، هیدروگرافی بستر دریا، بررسی تجمع ماهیان خاویاری و تعمیر تاسیسات پیچیده‌ی زیردریایی صنایع نفت و گاز را به انجام می‌رسانند[1و2]. عموما ربات‌های زیرآبی برای انجام ماموریت‌هایی از قبیل مشاهدات زیردریایی جهت کمک و حصول اطمینان از ایمنی و سلامت غواص، مطالعات متنوع و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به محیط زیست و شیلات، دریاشناسی و اقیانوس‌شناسی بکار می‌روند.

با توجه به گسترش استفاده از این ربات‌ها در کارهای دریایی روش‌های مختلفی جهت به آب اندازی و هدایت آنها به اعماق دریا بکار می‌رود [3]. بنابراین نیاز است که از مکانیزمی مناسب جهت به آب انداختن آنها استفاده شود که از اطمینان بالایی برخوردار باشد. در این پژوهش، مراحل طراحی و تحلیل و ساخت سامانه رهاساز ربات‌های زیرآبی و شناور حامل سامانه رهاسازی ربات‌های زیرآبی در عمق‌های متفاوت در دریا با روش اجزای محدود بررسی شده و سپس سامانه مورد مطالعه ساخته شده است.

2. طراحی سامانه‌ی رهاساز ربات‌های زیر آبی

شکل (1) شماتیک سامانه رهاساز ربات زیرآبی مورد مطالعه در این پژوهش را نشان می‌دهد. جهت جلوگیری از تاثیر جریانات آب در زیر دریا بر روی آن، طراحی به گونه‌ای انجام شده است که کل سامانه در داخل آب، وزنی حدود 500 کیلوگرم داشته باشد. به دلیل آنکه وزن کل سامانه طراحی شده از 500 کیلوگرم بیشتر بوده، جهت تنظیم این وزن، از مخزن بویانسی جهت تولید بویانسی مثبت استفاده گردید. همچنین صفحات درگ، جهت استهلاک حرکت های دروانی و طولی سامانه (حرکت رول و پیچ) در زیر آب، طراحی گردیده‌اند.

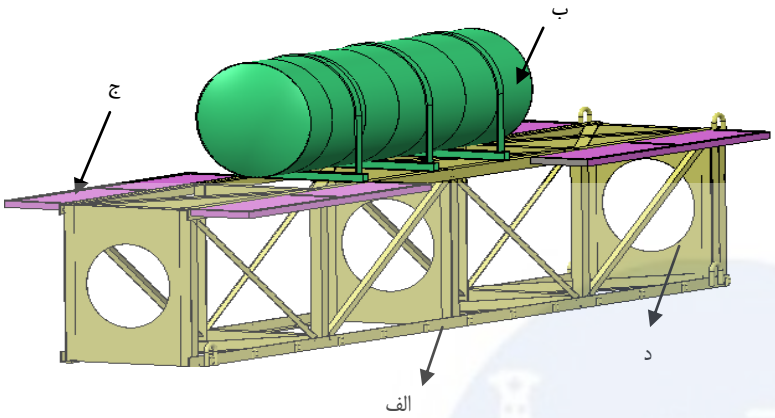
[1] Autonomous Underwater Vehicle (AUV)

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

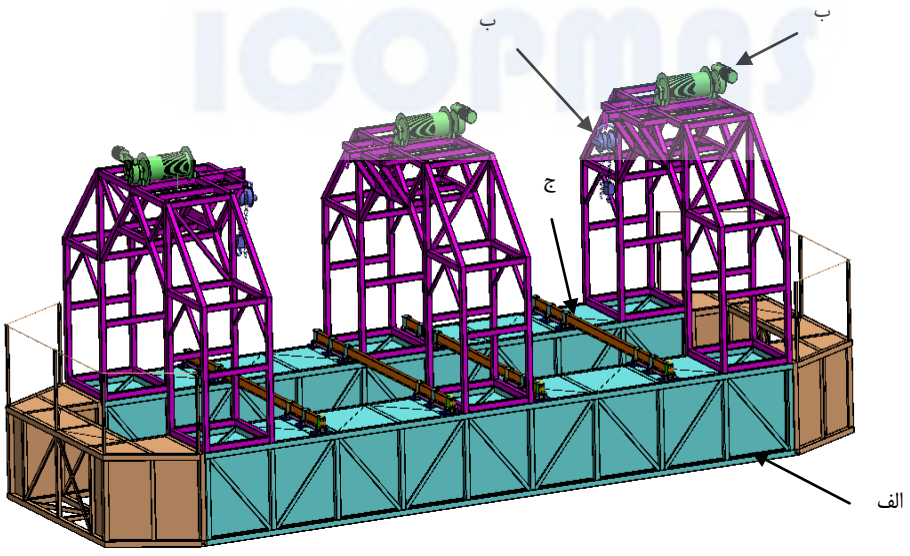


شکل1) سامانه‌ی رهاساز ربات زیر آبی: الف) سازه نگهدارنده ربات زیر آبی ب) مخزن بویانسی ج) صفحات درگ دورانی د) صفحات درگ طولی

3. طراحی شناور حامل سامانه رهاساز

شکل (2) طرح شناور حامل سامانه رهاساز مورد مطالعه در این مقاله را نشان می‌دهد. این شناور شامل قسمتهای اسکلت فلزی، مخزن شناوری، مجموعه‌ی وینچ (شامل موتور، گیربکس، چین بلاک،کابل) و تیرهای عرضی نگهدارنده به همراه سیستم قفل کن می‌باشد [4و5]. سازه این شناور به‌گونه‌ای طراحی شده است که قابلیت تحمل نیروهای مختلف در مراحل گوناگون عملیات را داشته باشد. این سازه متشکل از مجموعه‌ای از تیرهای قوطی شکل است که در نهایت بصورت یک سازه خرپایی ساخته شده است. شناوری این سازه به کمک نیروی بویانسی حاصل از یونولیت‌هایی که در آن تعبیه شده تامین گردیده است.

برای تحلیل این سازه، شرایط و مقدار بارگذاری وارد بر آن مشخص شده و سپس روش تحلیل و نحوه مدلسازی آن تعیین شده است . در ادامه، با تعیین معیار ارزیابی استحکام سازه‌ای بررسی گردیده است که طرح مورد نظر قابلیت تحمل بارگذاری را داشته باشد. در شکل (3) مجموعه شناور حامل و سامانه رهاساز ربات‌های زیرآبی بصورت مونتاژ شده نشان داده شده است.

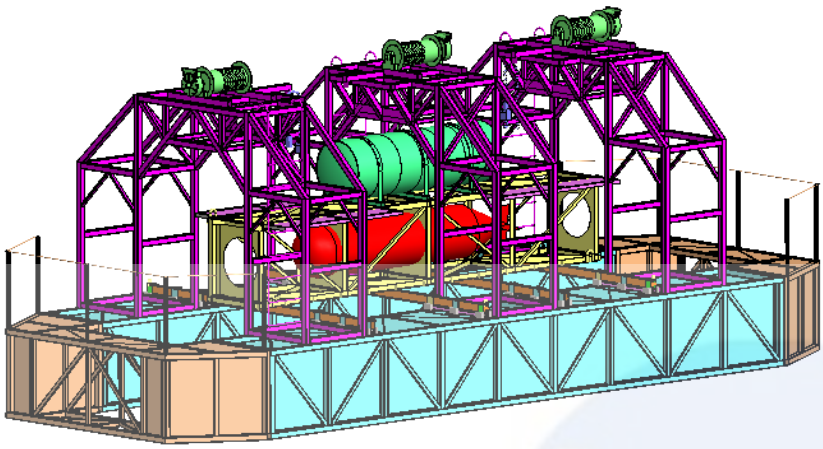


www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

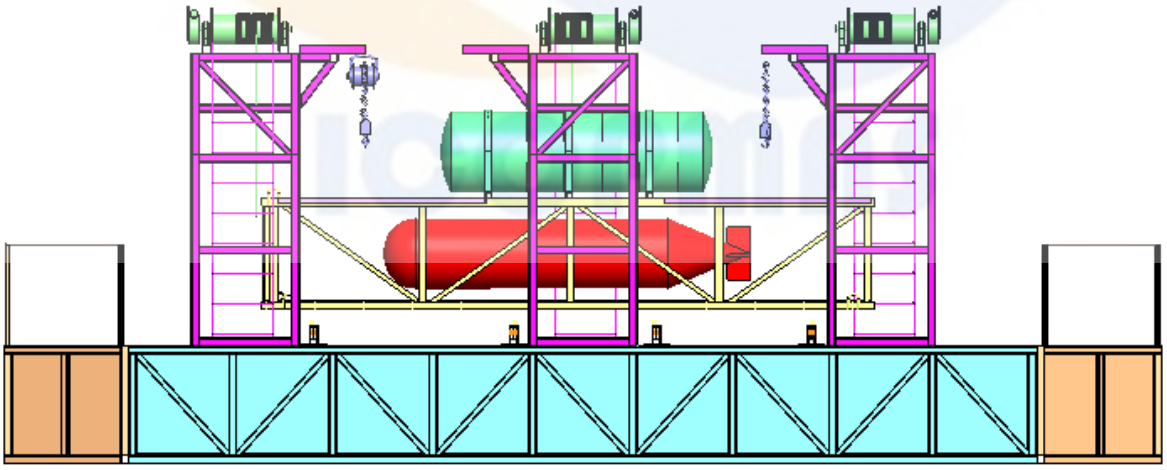
شکل2) شناور حامل سامانه‌ی رهاساز ربات‌های زیرآبی: الف) بدنه اصلی ب) مجموعه‌ی وینچ ج) تیرهای عرضی نگهدارنده سامانه‌ی رهاسازی قبل از عمق‌روی در دریا



شکل3) مجموعه شناور حامل و سامانه‌ی رهاساز ربات‌های زیرآبی

4. مکانیزم رهاسازی ربات زیرآبی از سامانه رهاساز

در مرحله اول مطابق شکل (4) ابتدا سامانه رهاساز با استفاده از چین بلاک اندکی از روی تیرهای عرضی به سمت بالا برده می‌شود تا تیرهای عرضی از روی سامانه شناور حامل به سمت بیرون باز شوند (شکل5). سپس سامانه رهاساز توسط چین بلاک بر روی آب شناور شده تا مخزن بویانسی بطور کامل در آب فرو رود. مخزن بویانسی بگونه‌ای طراحی شده است که پس از غرق شدن سامانه رهاساز، از وزن آن تا اندازه‌ای که توسط وینچ‌ها قابل تحمل باشدکاسته شود (وزن قابل تحمل توسط وینچ‌ها 500 کیلوگرم می‌باشد و وزن ظاهری سامانه رهاساز 1/5 تن می باشد). پس از غرق شدن سامانه رهاساز ، این سامانه با کمک وزن ظاهری و کنترل سرعت آن به وسیله وینچ‌ها، به عمق مورد نظر هدایت می‌شود (شکل 6). پس از رسیدن سامانه رهاساز به عمق موردنظر، ربات زیرآبی با استفاده از سیستم‌های کنترل و هدایت به بیرون رانده می-شود تا وظایف محوله را انجام دهد.

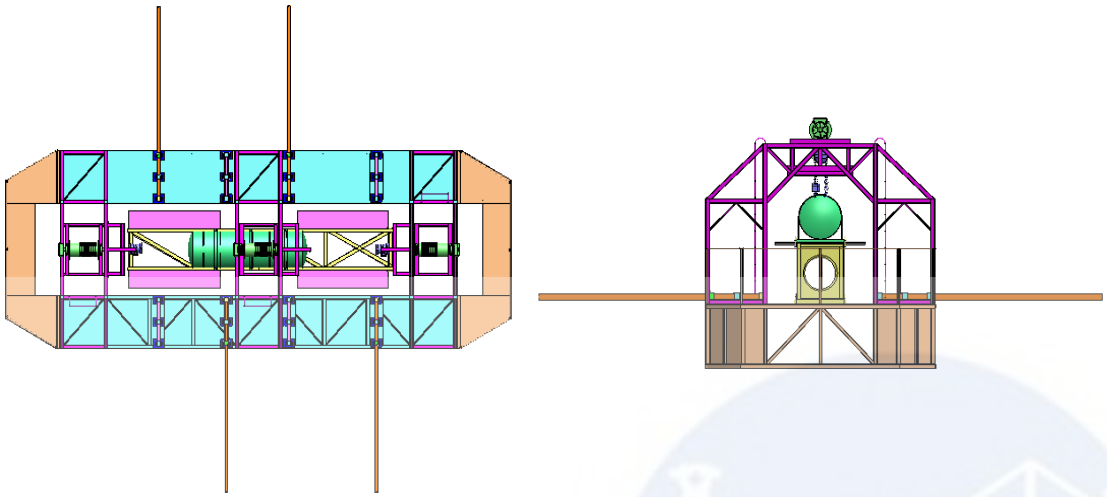


شکل4) بلند کردن سامانه رهاساز از روی تیرهای عرضی

www.SID.ir

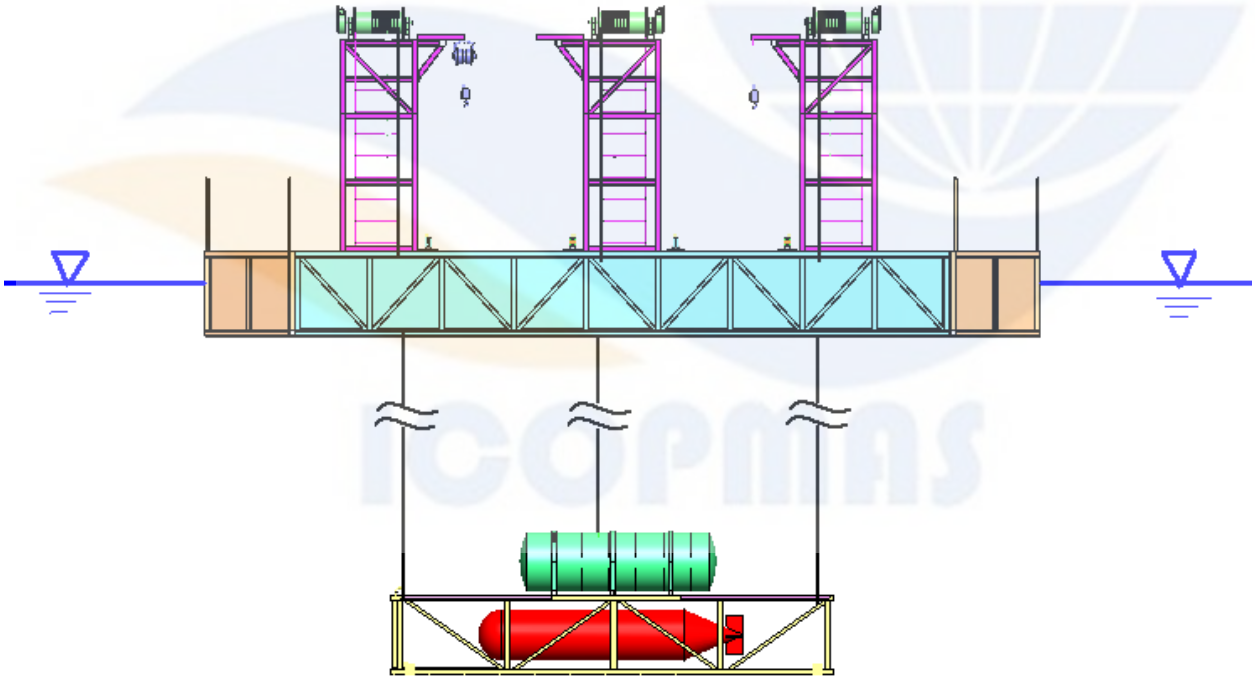
Archive of SID

Archive of SID



ب الف

شکل5) باز شدن تیرهای عرضی از روی شناور حامل الف) نمای روبرو ب) نمای بالا



شکل6) فرورفتن سامانه رهاساز به زیرآب

5. تحلیل هیدرواستاتیکی شناور حامل

همانند هر جسم شناور، رفتار و مشخصات هیدرواستاتیکی شناور حامل سامانه تست نیز در آب مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. یکی از مهمترین الزامات درنظر گرفته شده در تحلیل‌ها، برقراری پایداری طولی و عرضی شناور بوده است. تعیین موقعیت مرکز جرم، مرکز شناوری، تغییرات منحنی GZ بر حسب زاویه غلتش θ و حداکثر بازوی گشتاور برگرداننده از جمله پارامترهای مهمی بوده که در تحلیل هیدرواستاتیکی سامانه درنظر گرفته شده است. وزن جابجایی کل سامانه حداکثر 3/5 تن بوده که توسط نیروی شناوری حاصل از یونولیت جبران شده است.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

برای این منظور حداقل 6 مترمکعب یونولیت در دو ردیف 4 متری در شناور جاسازی شده که می‌تواند حداقل 6 تن نیروی شناوری در حالت تمام مغروق ایجاد نماید. موقعیت مرکز جرم شناور بستگی به شرایط عملیاتی آن دارد. بدین معنی که برای تحلیل هیدرواستاتیکی آن باید حالت‌های عمده بارگذاری درنظر گرفته شود. بر این اساس پنج حالت عمده بارگذاری زیر برای تحلیل هیدرواستاتیکی بررسی گردیده است:

الف) حالت اول با عنوانHLC1 مربوط به شناور بودن بدنه بدون مجموعه سامانه رهاساز و ربات زیرآبی

ب) حالت دوم با عنوانHLC2 مربوط به حمل و جابجایی شناور با کلیه متعلقات آن در دریا تا نقطه انجام ماموریت می‌باشد.

ج) حالت سوم با عنوانHLC3 زمانی است که سامانه رهاساز به کمک دو چین بلاک از روی تیرهای عرضی برداشته و معلق نگهداشته می‌شود. در این حالت مرکز جرم سامانه رهاساز (نه کل شناور) از روی تیرهای عرضی به محل نصب چین بلاک منتقل شده و این امر موجب بالاتر رفتن مرکز جرم کل شناور می‌شود.

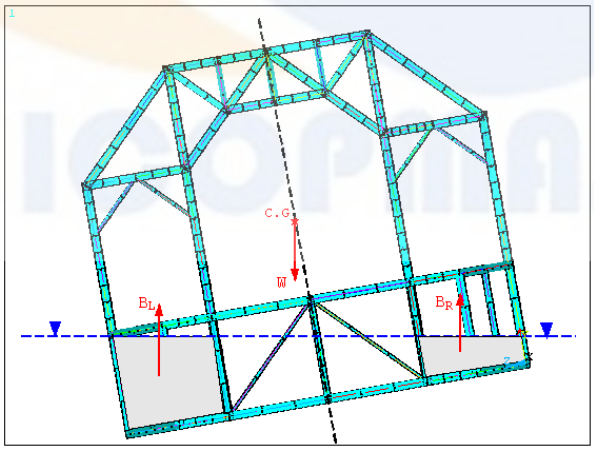
د) حالت چهارم با عنوانHLC4 زمانی است که سامانه رهاساز به زیر آب منتقل شده که در نتیجه وزن کل شناور کاهش یافته و لذا موقعیت مرکز جرم و مرکز شناوری همزمان تغییر می‌کند.

ت) حالت پنجم با عنوانHLC5 مربوط به زمان پس از عملیات بوده که ربات رها شده و لوله نگهدارنده ربات خالی به روی شناور منتقل می‌شود.

در شرایط عملیاتی حالت‌های دوم و سوم، آبخور شناور تقریبا ثابت بوده اما در حالت چهارم آبخور شناور کاهش می‌یابد. در جدول (1) مقدار وزن جابجایی، موقعیت مرکز جرم و شناوری و آبخور نشان داده شده است. لازم به ذکر است که مقدار وزن جابجایی شناور در حالت بارگذاری کامل حداکثر 3/5 تن تخمین زده شده و محاسبات بر این اساس انجام گردیده است.

جدول1) مشخصات وزن و بویانسی شناور حامل در شرایط مختلف بارگذاری

بارگذاری	وزن جابجایی (تن)	مرکز جرم (نسبت به خط مرکزی)			آبخور T	مرکز شناوری KB
		x_g	y_g	z_g		
HLC1	2	4/5	1/4	0	0/28	0/14
HLC2	3/5	4/6	1/2	0	0/61	0/31
HLC3	3/5	4/5	2/7	0	0/62	0/31
HLC4	2/5	4/5	2	0	0/34	0/17
HLC5	3	4/5	2/5	0	0/52	0/26



شکل 7) نیروهای هیدرواستاتیکی وارد بر شناور در حالت کج‌شدگی

در شکل (7) نیروهای هیدرواستاتیکی وارد بر شناور در حالت کج شدگی نشان داده شده است. مقدار گشتاور برگرداننده[1] را می‌توان براساس

[1] Righting Moment

www.SID.ir

Archive of SID

مشخصات هندسی و موقعیت مرکز جرم و شناوری در زوایای هیل[1] مختلف بررسی نمود. همانند همه شناورهای سطحی اندازه ارتفاع متاسنتر[2] GM در تامین پایداری عرضی و طولی این شناور موثر می‌باشد. شرط تعادل پایدار آنست که مقدار GM هموار بزرگتر از صفر باشد. اندازه ارتفاع متاسنتر GM برابر است با:

$$GM=KB+BM-KG \quad (1)$$

که KB فاصله کیل (کف شناور) تا مرکز شناوری، BM فاصله مرکز شناوری تا مرکز متاسنتر و KG فاصله کیل تا مرکز جرم (همان y_g) می‌باشد. با توجه به بزرگ بودن ارتفاع متاسنتر طولی، پایداری طولی شناور بسیار بیشتر از پایداری عرضی آن بوده و لذا تنها پایداری عرضی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. مقادیر اولیه ارتفاع متاسنتر عرضی GMT در شرایط مختلف بارگذاری در جدول (2) آمده است. حداکثر ارتفاع متاسنتر مربوط به حالت بارگذاری HLC1 و حداقل آن در حالت بارگذاری HLC3 مربوط به شرایط بلند کردن مجموعه لوله نگهدارنده ربات با چین بلاک می‌باشد.

جدول 2) مشخصات هیدرواستاتیکی شناور سامانه تست در شرایط مختلف بارگذاری

حالت بارگذاری	T	KB	BMT	KG	GMT
HLC1	0/28	0/14	8/4	1/4	7/14
HLC2	0/61	0/31	3/8	1/2	2/91
HLC3	0/62	0/31	3/8	2/7	1/41
HLC4	0/34	0/17	7	2	5/17
HLC5	0/52	0/26	4/4	2/5	2/16

6. تحلیل سازه‌ای به روش اجزای محدود

6.1. مدلسازی اجزای محدود

برای تحلیل کامل سازه شناور از روش اجزای محدود که یک روش شناخته شده در طراحی سازه‌های مرکب و پیچیده می‌باشد استفاده گردید. مدل فیزیکی سازه مورد نظر در نرم‌افزار ANSYS بصورت مدل اجزای محدود ساخته شده و تحت شرایط بارگذاری فوق مورد تحلیل قرار گرفت[6]. تحلیل‌ها در محدوده الاستیک خطی برای ماده همسانگرد و در محدوده تغییرشکل‌های کوچک بصورت استاتیکی انجام شدند. معیار طراحی درنظر گرفته شده در این مرحله معیار تنش تسلیم ون- مایز بوده که باید کمتر از حد تسلیم باشد.

برای مدلسازی از المان تیر BEAM188 که یک المان دو گره‌ای با شش درجه آزادی در هر گره و نیز المان پوسته‌ای Shell63 که یک المان مربعی مرتبه یک با چهار گره و شش درجه آزادی در هر گره می‌باشد استفاده شد. المان تیر و پوسته‌ای به ترتیب برای مدلسازی تیرهای قوطی شکل و ورق‌های عرشه بکار برده می‌شوند. ثابت المانی بر اساس مشخصات هندسی هر یک از اعضای سازه‌ای تعریف گردید.

6.2. شرایط مرزی و بارگذاری

برای تحلیل ابتدا لازم است شرایط و مقدار بارگذاری وارده بر بدنه شناور تعیین گردد. نیروهای اصلی وارده بر سازه شامل نیروی وزن اجزا و نیروی بویانسی بوده که بصورت بار گسترده و یا متمرکز در طول سازه اعمال گردیدند. وزن سامانه رهاساز شامل ربات زیرآبی، لوله نگهدارنده ربات، مخزن شناوری و سازه خرپای نگهدارنده آنها، حدود 1/5 تن بدست آمده و وزن بدنه شناور نیز حدود 2 تن محاسبه گردید.

همانند هر سازه شناور نیروی بویانسی نیز به عنوان یکی از نیروهای خارجی موثر بر بدنه سازه درنظر گرفته شد. همانگونه که قبلا بیان گردید شناوری این سازه به کمک قطعات یونولیتی که در فضای بین تیرهای طولی در طرفین آن تعبیه شده، تامین گردید. نیروی شناوری بر سطح یونولیت‌ها بصورت فشار رو به بالا اعمال می‌گردد و این فشار از طریق سطح فوقانی یونولیت‌ها به ورق عرشه منتقل می‌شود. برآیند نیروی شناوری باید با وزن کل سازه و متعلقات آن برابر باشد لذا با توجه به سطح عرشه و نیروی وزن می‌توان فشار متوسط وارد بر یونولیت‌ها را بدست آورد.

[1] Heel
[2] Metacentric Height

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول (3) شرایط مختلفی که سازه شناور تحت بارگذاری قرار می‌گیرد نشان داده شده است. 8 حالت بارگذاری برای تحلیل سازه‌ای درنظر درنظر گرفته شده که در هر یک از آنها مقدار نیرو و محل اثر آن متفاوت بوده است. پس از تشکیل مدل اجزای محدود، به منظور تحلیل استحکام سازه شناور مقادیر بارگذاری جدول (3) با دو برابر مقدار آن بر سازه اعمال گردیده است. این ضریب به منظور ایجاد حاشیه ایمن برای تنش‌های پسماند و تاثیرات نیروهای دینامیکی درنظر گرفته شده است.

جدول3) تعریف شرایط بارگذاری

شماره بارگذاری	شرایط بارگذاری	نیرو	
		وزن	بویانسی
LC1	حمل سازه شناور با جرثقیل	2 تن	–
LC2	حمل سازه شناور بهمراه سامانه رهاساز با جرثقیل	3/5 تن (شامل 1/5 تن روی سه تیر عرضی و 2 تن وزن بدنه شناور)	–
LC3	شناور بودن مجموعه روی آب	3/5 تن (شامل 1/5 تن روی سه تیر عرضی و 2 تن وزن بدنه شناور)	3/5 تن بر روی عرشه
LC4	انتقال وزن سامانه رهاساز به چین بلاک	3/5 تن (شامل 1/5 تن در محل چین‌بلاک و2 تن وزن بدنه شناور)	3/5 تن بر روی عرشه
LC5	انتقال وزن سامانه رهاساز از چین بلاک به وینچ‌ها	1/5 تن در محل وینچ‌ها و 2 تن وزن بدنه شناور	3/5 تن بر روی عرشه
LC6	پاره شدن اتفاقی یکی از زنجیرهای چین‌بلاک	1/5 تن در محل یکی از چین بلاک و 2 تن وزن بدنه شناور	3/5 تن بر روی عرشه
LC7	پاره شدن اتفاقی یکی از کابل‌های وینچ‌ها	500 کیلوگرم در محل یکی از وینچ‌ها و 2 تن وزن بدنه شناور	2/5 تن بر روی عرشه
LC8	ورود آب به داخل مخزن شناوری سامانه رهاساز	1 تن در محل وینچ‌ها و 2 تن وزن بدنه شناور	3 تن بر روی عرشه

6.3. خصوصیات مواد

پروفیل‌های قوطی شکل سازه از جنس فولاد St52-3 مطابق با استاندارد DIN 59410 با تنش تسلیم σ_y برابر 355 مگاپاسکال و استحکام نهایی کششی حداقل 490 مگاپاسکال، مدول الاستیسیته E برابر با 200 گیگاپاسکال و ضریب پواسون 0/3 درنظر گرفته شده است. ورق‌های عرشه با ضخامت 4 میلی‌متر از جنس فولاد مطابق با استاندارد DIN 1543-RSt37-2 با تنش تسلیم σ_y برابر 215 مگاپاسکال و استحکام نهایی کششی حداقل 360 مگاپاسکال، مدول الاستیسیته E برابر با 200 گیگاپاسکال و ضریب پواسون 0/3 درنظر گرفته شده است. برای حفاظت جانبی یونولیت‌ها نیز از ورق‌های نازک فولادی 1 میلی‌متری مطابق با استاندارد DIN 1541-RSt37-2-1 استفاده شده است. لازم به ذکر است که این ورق‌های جانبی نقش سازه‌ای و قابلیت تحمل بار نداشته و صرفا جنبه مهار و حفاظت از یونولیت‌ها را دارند لذا در تحلیل‌های سازه‌ای مدلسازی نمی‌شوند. یونولیت‌های استفاده شده از جنس پلی استایرن با چگالی 25 کیلوگرم بر مترمکعب درنظر گرفته شده‌اند.

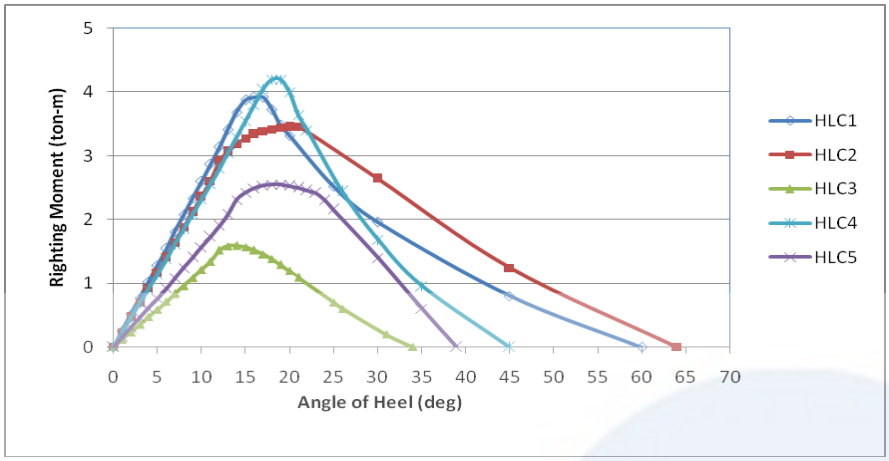
7. نتایج و بحث

در شکل (8) منحنی هیدرواستاتیکی گشتاور برگداننده در شرایط مختلف بارگذاری نشان داده شده است. از نمودار هیدرواستاتیکی شکل (8) مشاهده می‌شود که در بارگذاری HLC3 حداقل گشتاور برگداننده نسبت به سایر شرایط بارگذاری وجود دارد که این امر بدلیل بالارفتن مرکز جرم سامانه در هنگام بلند کردن مجموعه لوله نگهدارنده ربات در این حالت بوده که در نتیجه آن مقدار GM کاهش خواهد یافت. حداکثر محدوده زاویه پایداری برابر با 64 درجه که مربوط به شرایط بارگذاری HLC2 و کمترین محدوده پایداری نیز برابر با 34 درجه و مربوط به شرایط HLC3 می‌باشد. حداقل زاویه خیس شدگی عرشه نیز برابر با 11 درجه و مربوط به همین حالت می‌باشد. بنابراین شرایط بارگذاری

www.SID.ir

Archive of SID

HLC3 ازلحاظ پایداری هیدرواستاتیکی ضعیف‌ترین حالت می‌باشد و برای انجام تست و آزمایشات عملی باید شرایط جوی و دریایی مناسب باشد.



شکل 8) منحنی هیدرواستاتیکی گشتاور برگرداننده در شرایط مختلف بارگذاری

مدل اجزای محدود سازه شناور در هر یک از شرایط بارگذاری بطور مجزا تحلیل شده و توزیع تنش‌های معادل ون- مایز[1] و میزان تغییر شکل‌های کلی سازه‌ای آن بدست آمدند. مقادیر حداکثر تنش‌های ون-مایز در سازه شناور در هر یک از شرایط بارگذاری استخراج و نسبت به تنش تسلیم ماده مقایسه شده است. این نتایج در جدول(4) ارایه شده است. از نتایج این جدول مشاهده می‌گردد که در کلیه شرایط بارگذاری مقادیر حداکثر تنش ون-مایز کمتر از حد تسلیم ماده می‌باشد و این امر بیانگر استحکام کافی این سازه در شرایط مختلف بارگذاری فوق می‌باشد. در شکل (9) تغییر شکل سازه شناور در شرایط مختلف بارگذاری نشان داده شده است. همانطور که از شکل (9) مشاهده می‌شود تغییر شکل‌های سازه در شرایط مختلف بارگذاری در محدوده الاستیک بدست آمده است.

جدول4) تنش‌های حداکثر و نسبت بارگذاری سازه

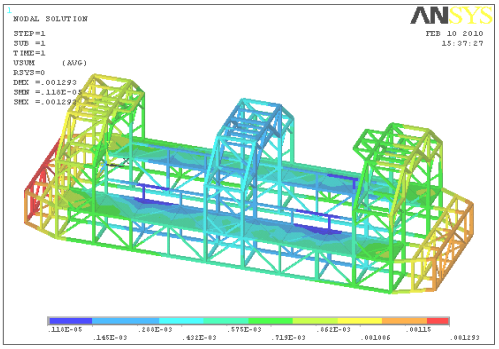
بارگذاری	شرایط بارگذاری	ضریب بارگذاری	تنش حداکثر (مگاپاسکال)	$\sigma_{v\text{-}m}/\sigma_y$
LC1	حمل سازه بدنه شناور با جرثقیل	2	31	0/09
LC2	حمل سازه شناور بهمراه سامانه رهاساز با جرثقیل	2	45	0/13
LC3	شناور بودن مجموعه سازه روی آب	2	80	0/23
LC4	انتقال وزن سامانه رهاساز به چین بلاک	2	180	0/51
LC5	انتقال وزن سامانه رهاساز از چین بلاک به وینچ‌ها	2	51	0/14
LC6	پاره شدن اتفاقی یکی از زنجیرهای چین‌بلاک	2	210	0/59
LC7	پاره شدن اتفاقی یکی از کابل‌های وینچ‌ها	2	74	0/21
LC8	ورود آب به داخل مخزن شناوری سامانه رهاساز	2	200	0/56

[1] Von-Misses equivalent stress

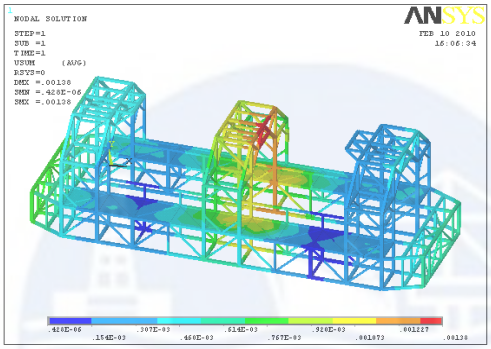
www.SID.ir

Archive of SID

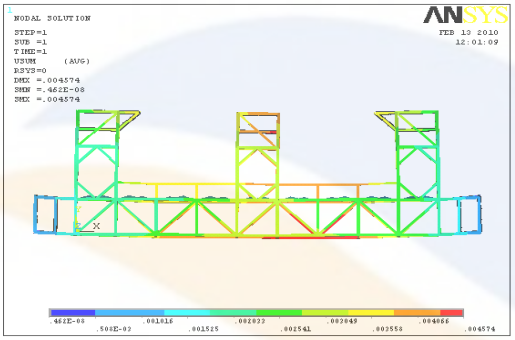
Archive of SID



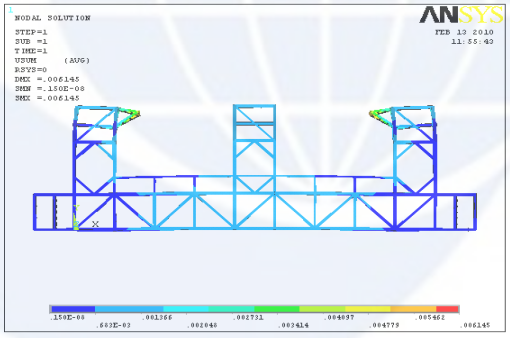
LC1



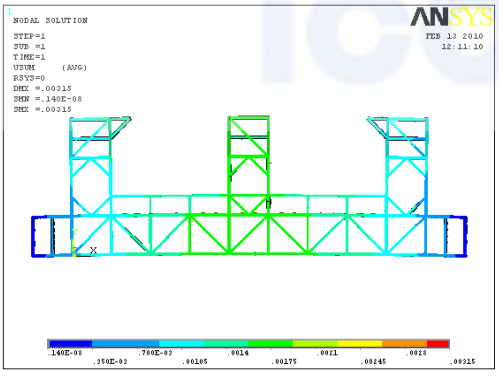
LC2



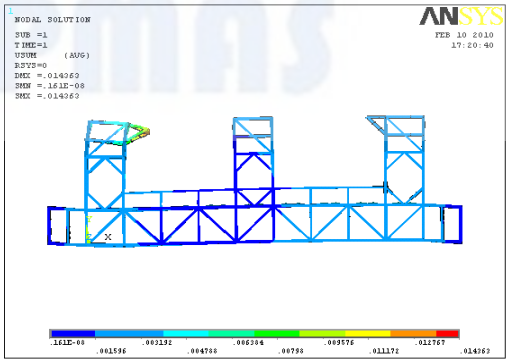
LC3



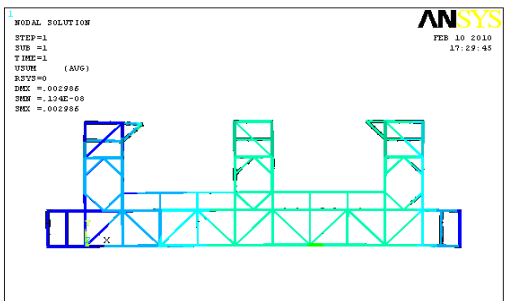
LC4

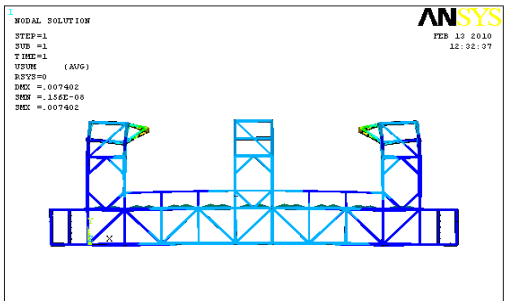


LC5



LC6





www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

شکل9) تغییر شکل سازه در شرایط مختلف بارگذاری

بعد از طراحی و تحلیل‌های هیدرواستاتیکی و سازه‌ای و حصول اطمینان از استحکام کافی سازه شناور و عملکرد صحیح آن، سامانه شناور حامل به منظور تست در دریا ساخته شده است. در شکل (10) نمونه ساخته شده سازه شناور حامل نشان داده شده است. جهت مونتاژ اجزای سازه از روش جوشکاری قوس الکتریکی استفاده شده است. به منظور اطمینان از اتصالات جوشی از تست مایع نافذ استفاده گردیده است. همچنین حداکثر تلرانس بکار رفته در ساخت و مونتاژ سازه 5 میلیمتر می‌باشد. از سامانه ساخته شده می‌توان به منظور رهاسازی ربات‌های زیرآبی در عمق‌های متفاوت دریا استفاده کرد.

شکل10) شناور حامل ساخته شده

8. نتیجه گیری

در این تحقیق، مراحل طراحی، تحلیل و ساخت سامانه رهاساز ربات‌های زیرآبی در عمق‌های متفاوت در دریا ارایه شده است. نتایج تحلیل اجزای محدود نشان می‌دهد که سازه شناور از استحکام کافی برخوردار می‌باشد. در کلیه حالات بارگذاری نتایج به دست آمده از تحلیل‌های سازه‌ای و هیدرواستاتیکی این سامانه نشان می‌دهد که در فورس 2 دریایی می توان از آن جهت انجام ماموریت های محوله استفاده کرد. همچنین این سامانه از قابلیت جابجایی و حمل محموله‌هایی تا وزن 500 کیلوگرم به زیر آب را برخوردار است. بعلاوه، با توجه به سازه شناوری سامانه، هزینه‌ی ساخت آن نسبت به دیگر سازه‌های شناور کمتر می‌باشد.

9. مراجع

[1]- Hardy, T. Barlow, G., (2008), Unmanned Underwater Vehicle (UUV) deployment and retrieval considerations for submarines, Paper on UUV Deployment and Retrieval Options for Submarines Presented at INEC in Hamburg,

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

Germany.

[2]- http://www.royalnavy.mod.uk/rn-live/article/navy-new-hunter-enters-service/*/changenav/6568.

[3]- Kwan Chui, Autonomous Launch, Recovery and Servicing of UUVs from Unmanned Surface Vessels, 6650 Eli Whitney Drive, Suite 400 Columbia, MD, 21046-1701.

[4]- Derrett, D.R., (2001), Ship Structure for Master and Mates, Fifth Edition, Butterworth-Heinemann.

[5]- Elsevier, (2001), Practical Design of Ships and Other Floating Structure, Vol.1, ISBN-13: 978-0080439501.

[6]- ANSYS Manual Standard, Revision 16.

www.SID.ir

www.SID.ir