

**تحلیل جریان دو بعدی پمپ گریزاز
مرکز OH2 50-250 به کمک
دینامیک سیالات محاسباتی**

چکیده:

در کار حاضر تحلیل جریان دو بعدی پمپ گریز از مرکز OH2 50-250 که یکی از محصولات شرکت آریا سپهر کیهان است ارائه می شود. مدل عددی بر مبنای حل معادلات ناویر استوکس برای جریان های تراکم ناپذیر به وسیله معادلات میانگین رینولدز و مدل آشفتگی جریان با استفاده از مدل K-ε انجام می گیرند. نواحی حل از یک ناحیه ساکن و یک ناحیه دورانی عبوری از مابین پره ها تشکیل شده اند. مدل دینامیک سیالات محاسباتی با استفاده از نرم افزار ANSYS FLUENT انجام می گیرد. برای دبی های مختلف نرم افزار را اجرا کرده و هد مورد نظر استخراج می گردد و نمودار مشخصه هد و دبی ارائه می شود که در انتخاب و نحوه عملکرد پمپ بسیار حائز اهمیت است. همچنین بردار های توزیع سرعت و کانتور های فشار برای اطلاع از رفتار سیال در داخل پمپ ارائه میشوند.

کلمات کلیدی:

شرکت آریا سپهر کیهان - پمپ گریز از مرکز OH2 50-250-ANSYS FLUENT - هد - دبی

۱. مقدمه:

پمپ های گریز از مرکز در زمینه های مختلفی همچون تامین آب آشامیدنی و کشاورزی، تولید نیروی برق، کنترل سیل، مهار فاضلاب، پروسه های صنعتی، انتقال مخلوط های مایع و جامد و ... به صورت گسترده مورد استفاده قرار می گیرند. طراحی این پمپ ها (انتخاب پارامترهای درونی) با استفاده از پارامترهای خروجی مانند فشار و سرعت انجام می گیرد. از دیدگاه مهندسی محاسبات طراحی، اغلب با روش های بهینه سازی پارامترهای هندسی و با در نظر گرفتن برخی محدودیت های طراحی (معمولاً ضرایب کارکرد) انجام می گیرد.

جریان های واقعی به وسیله معادلات دیفرانسیل جزئی بیان می شوند که نمی توان یک حل تحلیلی برای آنها نوشت لذا به وسیله تقسیم نواحی پیچیده سیال به سلول های ریز و اعمال شرایط مرزی یک حل تقریبی با دقت خوبی می توان بدست آورد. به همین دلیل دینامیک سیالات محاسباتی به صورت وسیع در طراحی پمپ های گریز از مرکز مورد استفاده قرار می گیرند. تحلیل دو بعدی یا سه بعدی ابزاری برای شبیه سازی میدان جریان در مسائل مربوط به توربو ماشین هاست. همچنین شبیه سازی عددی امکانی برای دیدن شرایط جریان در داخل پمپ های گریز از مرکز و اطلاعاتی از مقادیر هیدرولیکی سیال را ایجاد می کند.

در جریان پمپ های بدون کاویتاسیون، شبیه سازی بهتر ناحیه سیال اصلی ترین مشکل می باشد برای این منظور اغلب برخی ساده سازی ها (مانند دو بعدی سازی و ...) انجام می گیرد. در سال ۱۹۹۶ کروبا و همکاران [۱] شبیه سازی دو بعدی جریان ناپای آب را در پمپ گریز از مرکز مورد مطالعه قرار داده اند. همچنین موتانا و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۲] مطالعه ای بر توزیع فشار در فن های دوبعدی گریز از مرکز برای سیال تراکم ناپذیر هوا انجام داده اند.

۲. فرمولاسیون ریاضی:

۲-۱: معادلات حاکم:

همانطور که اشاره شد جریان در پمپ حاضر به صورت پایا، دو بعدی و تراکم ناپذیر فرض میشود. معادلات حاکم مربوطه معادله پیوستگی، معادله ممنتوم (معادله ناویراستوکس) و مدل توربولانس هستند.

۲-۱-۱: معادله ناویر استوکس:

معادله بقای جرم در مختصات کارتیزین برای سیال تراکم ناپذیر به صورت ذیل می باشد:

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial(\rho U_j)}{\partial x_j} \quad (1)$$

که در معادله فوق ρ چگالی سیال، U_j ، X_j به ترتیب مختصات مکان در جهت j و سرعت میانگین هستند.

استخراج معادلات مومنوم (ناویر استوکس) با استفاده از تجزیه رینولدز است و برای سیالات تراکم ناپذیر داریم: [۳]

$$\frac{\partial(\rho U_j)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_j U_i)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + A + F_i \quad (2)$$

در معادله فوق A ترم پخش جریان توربولانس است و داریم:

$$A = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu_m + \mu_t) \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (3)$$

P : فشار

F_i : منابع اضافی ممنتوم

از آنجا که معادلات مومنوم در یک رابطه با مرجع مرتبط با پره های دورانی هستند لذا نیرویکریولیس و گریزاز مرکز به ترم منابع اضافی مومنوم اضافه می شوند.

$$F_i = F_{i,co} + F_{i,ce} \quad (4)$$

$$F_{i,co} = -2\varepsilon_{ijk}\omega_j U_k \quad (5)$$

$$F_{i,ce} = -\omega_j \omega_i x_j + \omega_j \omega_j x_i \quad (6)$$

ω_i سرعت زاویه ای

ε_{ijk} تانسور مرتبه سه لوی-سیویتا

۲-۲: مدل آشفتگی:

مدل آشفتگی مورد استفاده در کار حاضر مدل $k - \varepsilon$ میباشد که دارای دو معادله انتقال کمکی برای حل معادله ناویراستوکس است. اولی معادله انتقال انرژی جنبشی و دومی معادله اتلاف توربولانس میباشد بنابراین با این دو معادله تعداد معادلات و مجهولات برابر شده و میتوان معادله ناویر استوکس را حل کرد:

$k \equiv \text{turbulent kinetic energy}$

$\varepsilon \equiv \text{turbulent dissipation}$

برای شبیه سازی این مدل در نرم افزار ANSYS FLUENT از روش های زیر استفاده شده است:

۱. مدل استاندارد

۲. برای رفتار سیال در نزدیکی دیواره از تابع دیوار استاندارد استفاده شده است.

و در نهایت ویسکوزیته گردابه ای به صورت ذیل است [۴]

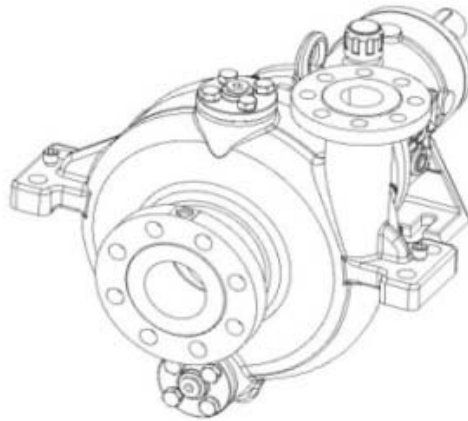
$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (7)$$

که در مدل استاندارد مقدار C_μ برابر ۰,۰۹ است.

۳- جریان پایا در پمپ گریز از مرکز:

۳-۱: تعریف هندسه مسئله:

در کار حاضر هدف پیشگویی عددی ساختار جریان در پمپ گریز از مرکز با سرعت مخصوص. شکل ۱- پمپ مورد مطالعه را نشان میدهد:

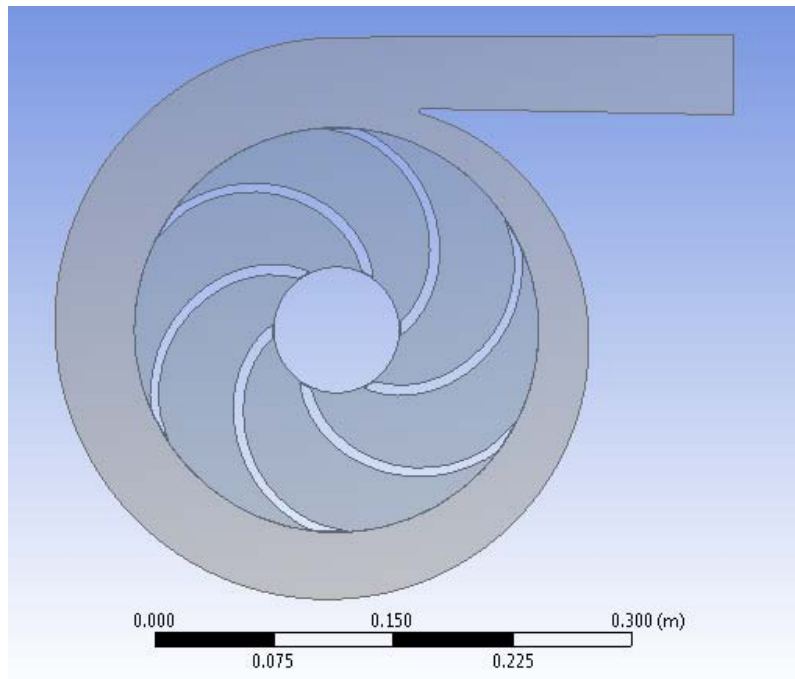


شکل ۱: نمای سه بعدی از پمپ مورد مطالعه [۵]

و جدول زیر مشخصات مسئله حاضر را نشان میدهد:

| نواحی شبیه سازی جریان | پروانه و حلزونی |
|-----------------------|-----------------|
| نوع سیال | آب |
| ورودی | سرعت m/s |
| خروجی | فشار محیط |
| مدل آشفتگی | $k-e$ |
| دقت حل‌ممنوم و آشفتگی | مرتبه دوم |
| سرعت دورانی | RPM ۲۹۰۰ |

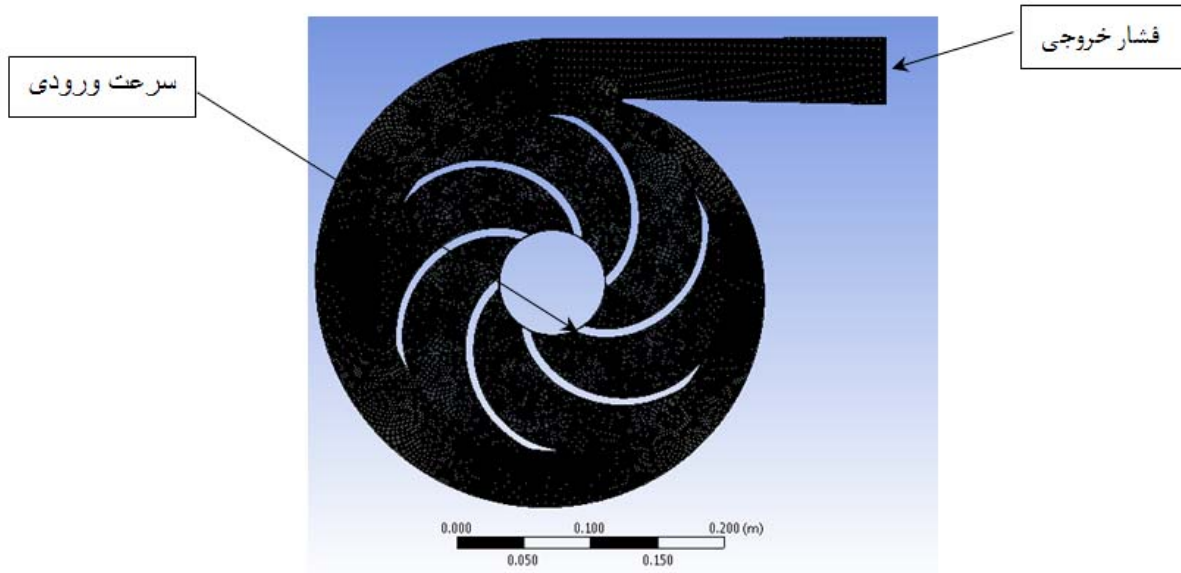
شکل دوبعدی پمپ که دقیقا از صفحه وسط پمپ برش خورده و آماده مدلسازی برای نرم افزار به صورت زیر است.



شکل ۲: نمای برش خورده پمپ مورد مطالعه

۳-۲: مش بندی و شرایط مرزی:

مشبندی هندسه مورد نظر با استفاده از نرم افزار ANSYS FLUENT انجام گرفته است. ورودی پمپ سرعت بوده و برای سرعت های مختلف (همان دبی های مختلف) نرم افزار اجرا شده و فشار در خروجی ثبت میگردد. و فشار خروجی پمپ فشار اتمسفرمی باشد. جریان در بین پره ها به صورت مرجع چرخنده و جریان در حلزونی به صورت مرجع ساکن محاسبه می شوند. مشبندی و شرایط مرزی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳: مشبندی و شرایط مرزی

۳-۳: تکنیک های حل مسئله:

جریان سیال به صورت پایا و سیال تراکم ناپذیر (آب) و تک فاز فرض می شود. شبیه سازی جریان ناپا به وسیله معادله متوسط رینولدز ناویر استوکس حل می شود. برای کوپلینگ سرعت و فشار از طرح SIMPLE و برای گسسته سازی معادلات مومنتوم و توربولانس از طرح UP WIND مرتبه دوم استفاده می شود. همچنین لازم به ذکر است از اثر نیروی جاذبه صرف نظر شده است.

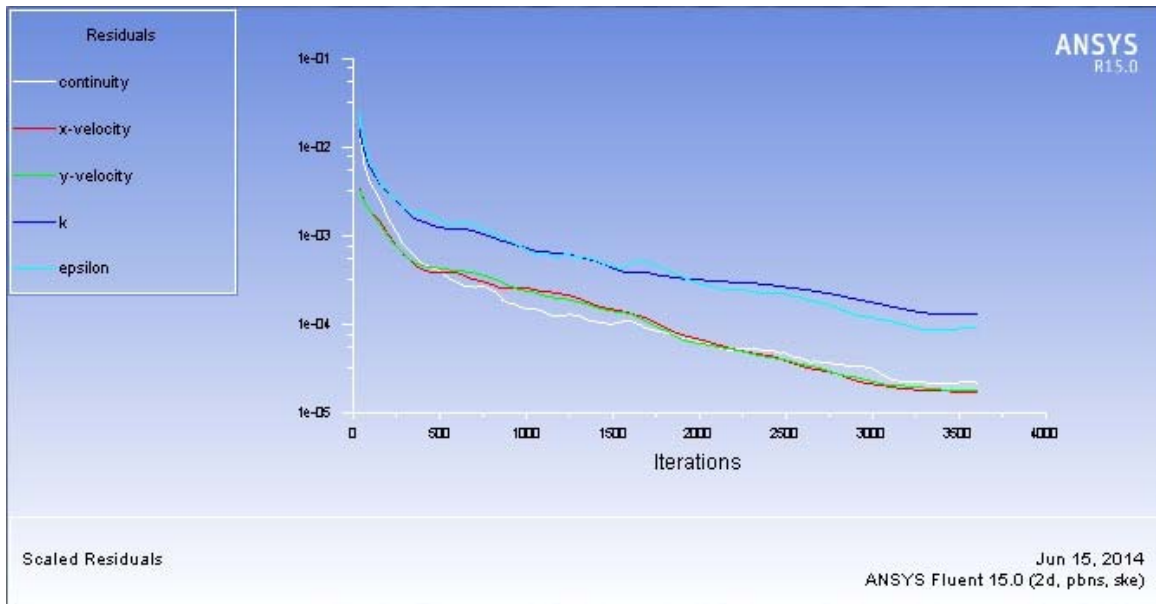
۴: نتایج و بحث:

برای پیشگویی کارکرد پمپ گریزازمرکز، دانستن چگونگی انتقال انرژی در اجزا پمپ امری ضروری است. هدف از این مقاله شبیه سازی چگونگی انتقال این پدیده ها می باشد. مسئله حاضر را برای دبی های مختلف اجرا کرده و هد خروجی به صورت زیر محاسبه و استخراج می شود: [۴]

$$H_d = \left(\frac{P_d}{\rho g}\right) + Z_d + \left(\frac{V^2}{2g}\right) \quad (۸)$$

در معادله فوق z_d برای پمپ حاضر ۰,۲۵ است.

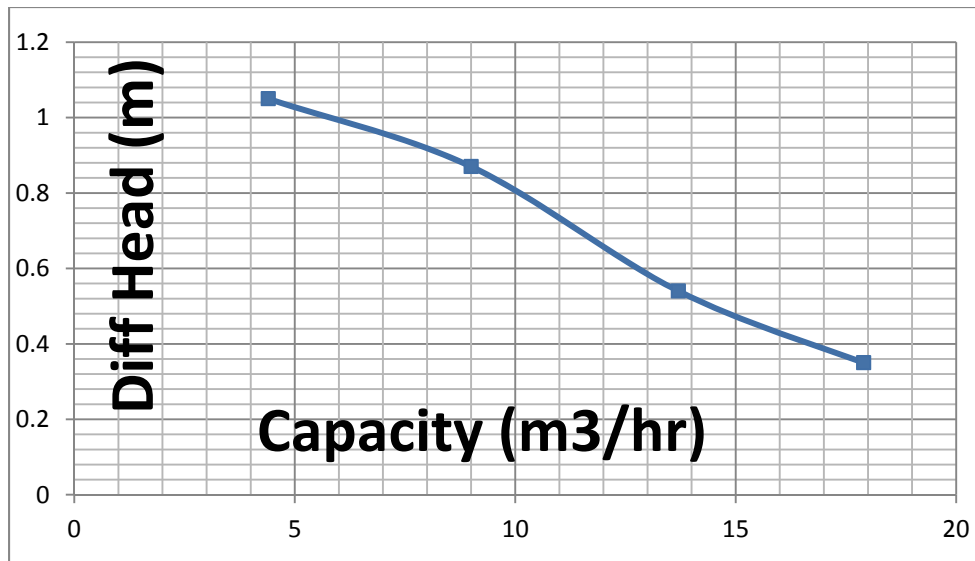
به صورت نمونه روند همگرایی نرم افزار برای یکی از حل های موجود به صورت شکل زیر است:



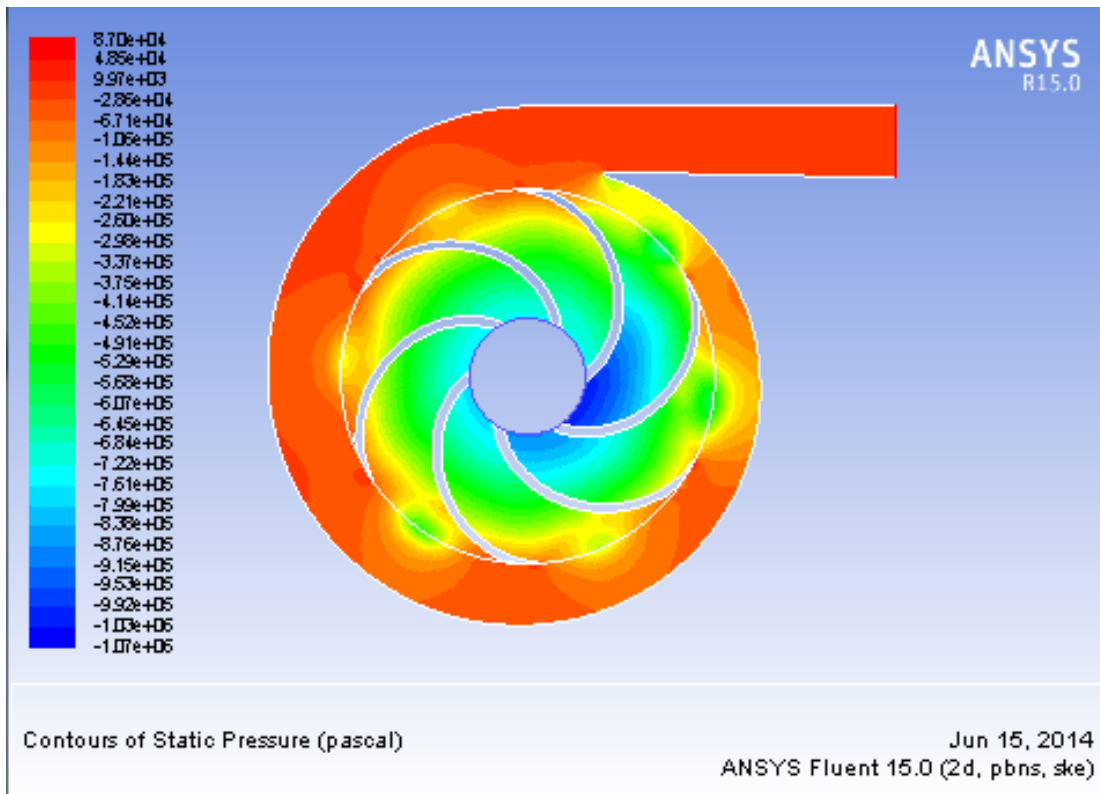
شکل ۴: روند همگرایی

پمپ حاضر را برای دبی های مختلف حل و هد متناظر با هر دبی را استخراج کرده و منحنی مشخصه هد-دبی به صورت نمودار زیر است.

کانتور فشار برای دبی $18 \left(\frac{m^3}{h}\right)$ در شکل ۶- نشان داده شده است مطالعه بر روی کانتور فشار به فهم بقای انرژی در اجزای مختلف پمپ کمک می کند. همچنین می توان نقاط کم فشار را که امکان رخ دادن پدیده کاویتاسیون وجود دارد شناسایی کرد. همانطور که در شکل نشان داده ایم فشار در فضای بین پروانه ها زمانی که انرژی مکانیکی به انرژی فشاری تبدیل می شود به طور پیوسته افزایش می یابد.

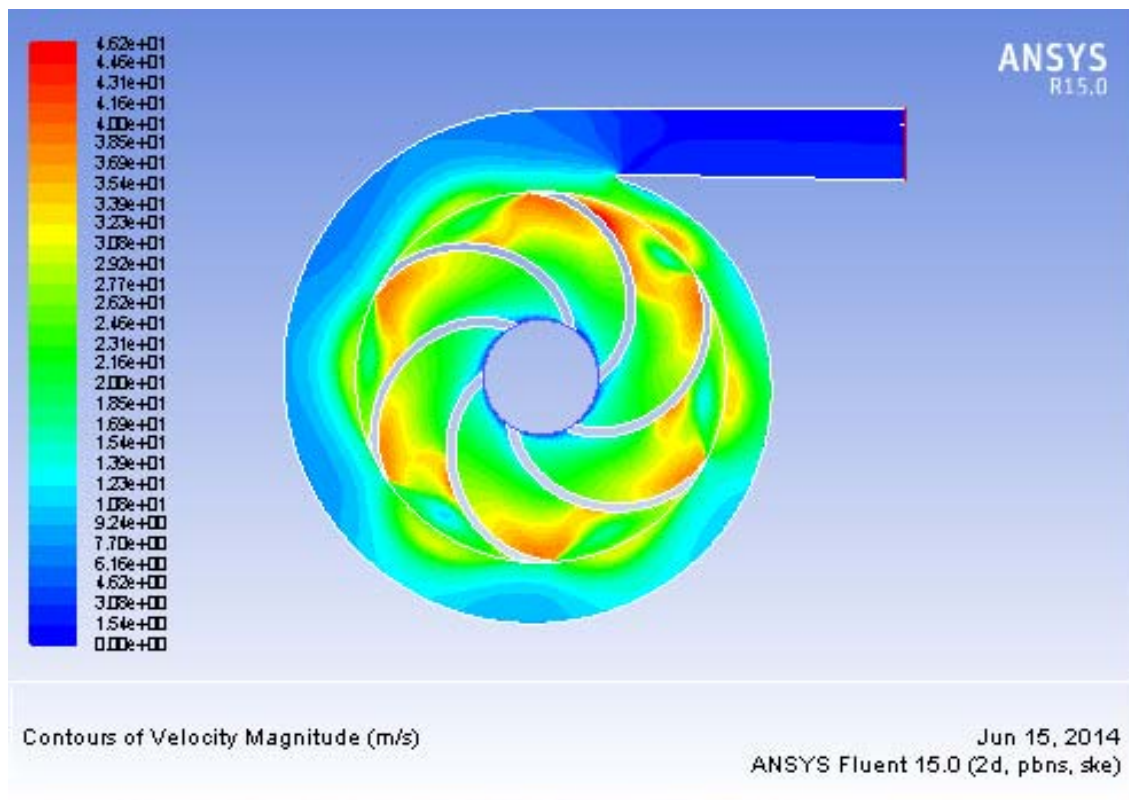


شکل ۵: نمودار مشخصه هد و دبی



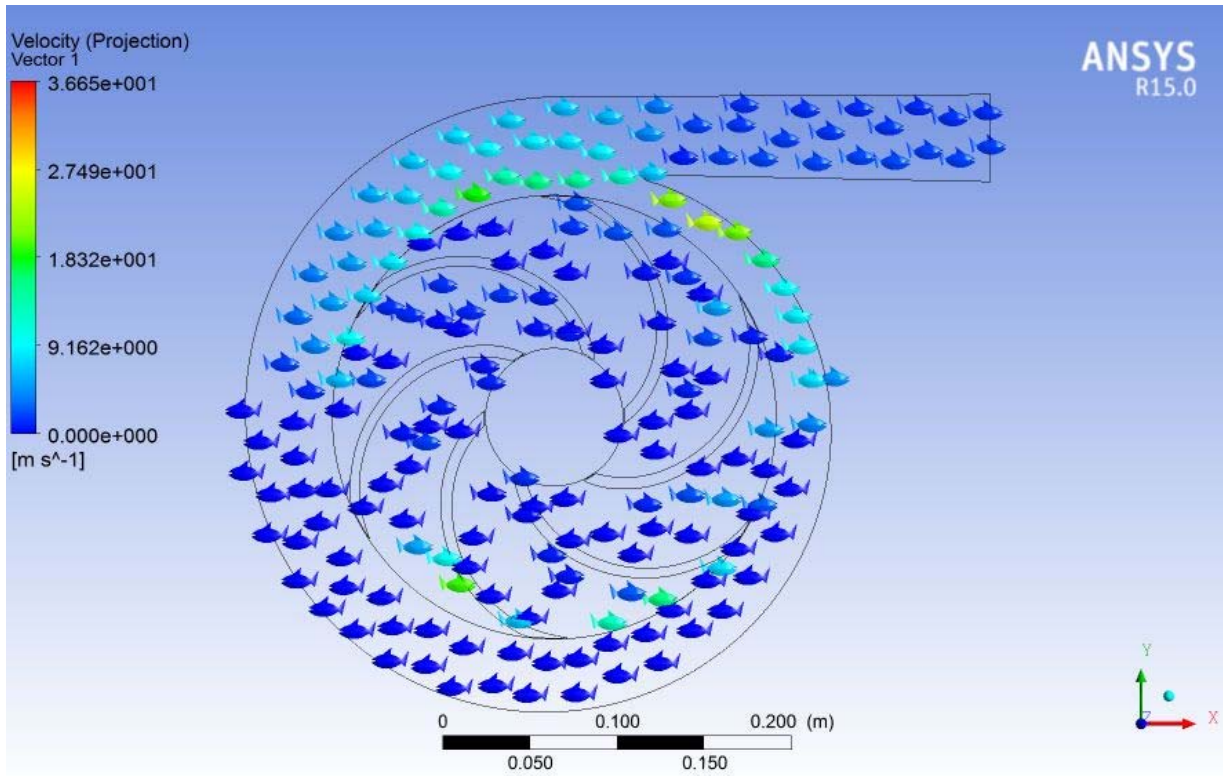
شکل ۶: کانتور فشار

کانتور سرعت نیز در شکل ۷- نشان داده شده است مطالعه بر روی کانتور سرعت در فهم انرژی جنبشی و فشار دینامیکی فعال بسیار مهم است. در فضای بین پره ها زمانی که انرژی مکانیکی به انرژی جنبشی تبدیل می شود سرعت به طور پیوسته افزایش می یابد. در حالی که در حلزونی با تبدیل انرژی جنبشی به انرژی فشاری سرعت به صورت پیوسته کاهش می یابد.



شکل ۷: کانتور سرعت

بردار سرعت در شکل ۸- نشان داده شده است بردار سرعت جهت جریان در قسمت های مختلف پمپ را نشان می دهد همچنین می توان نواحی جدایش جریان، اطلاعات جریان های گردابه ای و نواحی جریان های ثانویه را شناسایی کرد.



شکل ۸: بردار های سرعت

۵. جمع بندی:

در کار حاضر تحلیل جریان دو بعدی پمپ گریز از مرکز یکی از محصولات شرکت آریا سپهر کیهان مورد مطالعه انجام گرفت در این کار توانستیم رفتار کلی از سیال در هنگام عبور از فضای بین پره ها و حلزونی نشان دهیم و چگونگی تغییرات فشار و سرعت را مشاهده کنیم و یک منحنی مشخصه هد و دبی برای پمپ استخراج گردید که می توان برای انتخاب پمپ مورد نیاز بسیار مفید باشد. زمینه های کاری را که می توان در راستای کار حاضر انجام داد تحلیل سه بعدی و دقیق تر جریان و استخراج منحنی هد و دبی و همچنین میتوان مسئله حاضر را برای سایر مدل های آشفته گی حل و با هم مقایسه کرد.

مراجع:

1. Croba, D. and Kueny, j.L., 1996, "Numerical Calculation of 2D, Unsteady Flow in Centrifugal Pumps: Impeller And Volute Interaction", International Journal for Numerical Methods In Fluids, vol. 22, pp.467-481.

2. Muthana, k. Ali, A. 2011, "Numerical and Experimental Study on the Pressure Distribution in a Volute of High-Speed Centrifugal Fan with Impeller-Volute interaction", Al- Rafidain Engineering, vol.20, No. 5
3. Hedi, M. Hatem, k. Ridha, Z. 2012, "Numerical Analysis of the Flow Through in Centrifugal Pumps", International Journal of Thermal Technologies, ISSN 2277-4114.
4. Gulich, J.F. 2010. "Centrifugal Pumps", Springer.

۵. محصول شرکت آریا سپهر کیهان