فهرست گزارش کار دستگاه ونتوری متر

فصل اول : دستورالعمل دستگاه ۱

هدف ۱

مقدمه ۱

شرح دستگاه ۲

روش هواگیری دستگاه ۳

فصل دوم : دستور آزمایش ۴

تئوری ۴

روش انجام آزمایش ۷

فصل اول : دستورالعمل دستگاه

هدف:

کالیبره کردن ونتوری‌متر

پیدا کردن منحنی تغییرات (ضریب تخلیه) بر حسب مقادیر مختلف شدت جریان

مشاهده تغییرات فشار در طول ونتوری‌متر

مقدمه:

لوله ونتوری برای اندازه گیری دبی جریان در لوله ها به کار می رود . با اندازه گیری سرعت در چند نقطه از مقطع عبور جریان می توان دبی را تعیین کرد .لذا اندازه گیری سرعت مرحله مهمی در تعیین دبی است.

برای تعیین سرعت می توان زمانی را که طول می کشد تا یک ذره معین مسافت مشخصی را طی کند اندازه گیری کرد .این روش برای اندازه گیری جریان در مجاری بسیار کوچک مناسب است .

برای اندازه گیری جریان به وسیله ونتوری متر با استفاده از معادله برنولی سرعت بدست می آید و در نتیجه دبی جریان به راحتی قابل محاسبه است .

شرح دستگاه :

شکل فوق دستگاه جریان‌سنج ونتوری را نشان می‌دهد که دارای تعدادی لوله‌های پیزومتر جهت مطالعه تغییرات فشار در قسمت‌های مختلف آن است. سیال جاری در لوله از طریق یک لوله همگرا به یک گلوگاه هدایت می‌شود که دارای سطح مقطع کوچکتر از سطح مقطع اصلی می‌باشد. از این‌رو سرعت سیال در گلوگاه بیشتر از سرعت آن در لوله اصلی می‌باشد. این افزایش سرعت در گلوگاه با افت فشار همراه است به‌طوری که مقدار شدت جریان بستگی به مقدار افت فشار دارد ، لذا با اندازه‌گیری افت فشار می‌توان شدت جریان را اندازه‌گیری کرد.

مهم‌ترین وسایل این آزمایش عبارتند از

۱. دو عدد شیر کنترل ,که در واقع می‌خواهیم ضریب تخلیه آن‌را به کمک لوله ونتوری‌متر به‌دست آوریم
۲. خود لوله ونتوری که تغییرات فشار و سرعت را در نقاط مختلف آن را بررسی می کنیم.
۳. روتامتر,که دبی آب را نشان می دهد.توجه داشته باشید که برای قرائت عدد روتامتر باید بالای جسم شناور داخل آن را مد نظر قرار دهید.
۴. کلید روشن و خاموش پمپ دستگاه
۵. لوله های پیزومتر برای نشان دادن فشار آب در نقاط مختلف لوله ونتوری

روش انجام آزمایش

۱. ابتدا پایه های دستگاه را به نحوی تنظیم کنید تا دستگاه را از هر گونه لرزش احتمالی در حین انجام آزمایش ایمن سازید و همچنین دستگاه در حالت تراز باقی بماند .

۲. مخزن آب دستگاه را از آب پر کنید .بهتر از آب مقطر به همراه ضدیخ استفاده کنید.

۳. دوشاخه برق دستگاه را به پریز وصل کنید .

۴. با روشن کردن پمپ توسط کلید صفر و یک آب را به درون مسیر آزمایش هدایت کنید .(قبل از آن توجه داشته باشید که شیر هواگیری سمت چپ بسته باشد .)

۵. دستگاه را به نحوی که در ادامه خواهد آمد هواگیری کنید و آزمایش را در دبی های مختلف انجام دهید.

روش هواگیری دستگاه:

قبل از شروع آزمایش باید دستگاه را هواگیری کنید به این منظور بعد از راه اندازی دستگاه و روشن کـردن پمـپ ,شـیر فلکه ای در مسیر افقی را کاملا باز و شیر فلکه ای در مسیر عمودی را به مقدار کمی باز کنید و اجازه دهید تـا آب از آن در گذر باشد.توجه داشته باشید که شیر ربع گرد موجود در سمت چپ بالای مانومتر ها بسته و شیر سمت راسـت بـالای مانومترها باز باشد .

اکنون باید شیر فلکه ای در مسیر عمودی را به طور کامل بسته و شیر ربع گرد دسته آبی موجـود در سـمت راسـت بـاز باقی بماند.این مرحله تا جایی ادامه می یابد که دیگر شاهد عبور حباب ها از درون مانومتر ها نباشید و اطمینـان حاصـل کرده باشید که در سیستم دیگر حباب و هوایی باقی نمانده است .

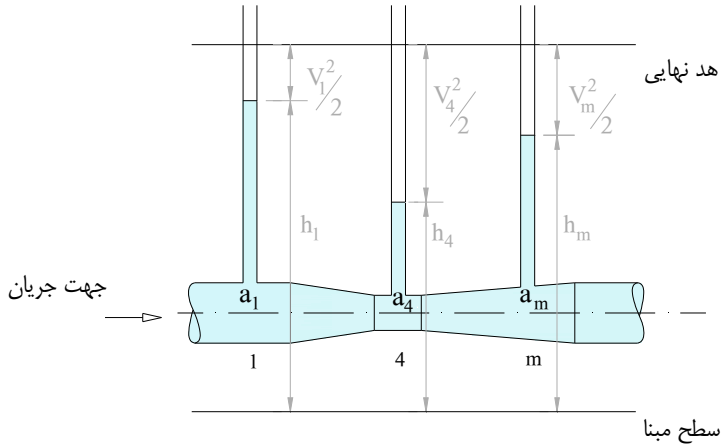
در این مرحله در ضمن این که شیر فلکه ای بسته است ,شیر ربع گرد سمت راست را هم باید ببندیـد.و سـپس پمـپ را خاموش کنید و در ادامه کم کم شیر ربع گرد سمت چپ را باز کنید و اجازه دهید که هوا وارد مانومتر هـا شـود و ارتفـاع آب درون مانومتر ها پایین بیاید.

اکنون دستگاه هواگیری شده است و آماده تست می باشد .

فصل دوم : دستور آزمایش

تئوری آزمایش :

جریانی از یک سیال تراکم‌ناپذیر (آب) در لوله همگرا- واگرای نشان داده شده در نظر می‌گیریم. سطح مقطع در قسمت بالادست جریان عبارت است از a_1، در گلوگاه عبارت است از a_4 و در مقطع دلخواه m عبارت است از a_m. لوله‌های پیزومتری در این مقاطع همان‌طور که نشان داده شده مقادیر h_1 و h_2 و . . . و h_m را ثبت می‌کنند.



شکل ۱

با فرض اینکه هیچ‌گونه افت انرژی در طول لوله وجود نداشته باشد و همچنین با فرض اینکه سرعت و هدهای پیزومتریک در هر مقطع از مقاطع مفروض ثابت باشند طبق اصل برنولی که می‌گوید همواره مجموع جبری انرژی مقداری ثابت است، خواهیم داشت :

$$u_1^2/2g + h_1 = u_4^2/2g + h_4 = u_m^2/2g + h_m \qquad ,\left(h_m = \frac{P_m}{\gamma}\right)$$

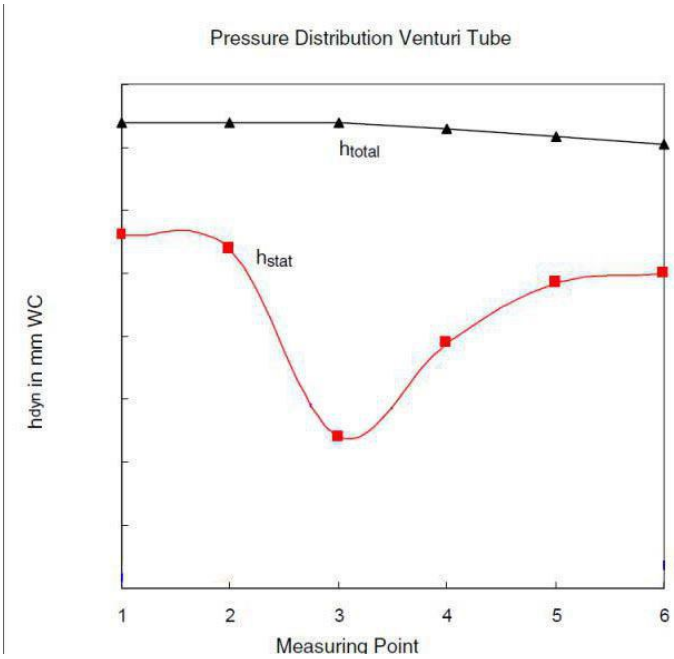
که در آن u_1 و u_4 و u_m سرعت‌های جریان در مقاطع ۱ و ۴ و m می‌باشند و h_1 ، h_4 و h_m عبارت اند از هدهای پیزومتریک در مقاطع ۱، ۴ و m . رابطه پیوستگی جریان در طول این لوله عبارت است از :

$$u_1.a_1 = u_4.a_4 = u_m.a_m = Q$$

که در آن a_1 ، a_4 و a_m سطح مقطع عبور جریان در مقاطع ۱، ۴ و m می باشند و Q جریان حجمی یا شدت جریان را مشخص می‌کند. برای u_1 از رابطه فوق داریم :

$$\frac{u_4^2}{2g}\left(\frac{a_4}{a_1}\right)^2 + h_1 = \frac{u_4^2}{2g} + h_4$$

شکل زیر نمودار فشار در نقاط مختلف ونتوری را بر حسب نقاط طولی مختلف ونتوری نشان می دهد.



اگر رابطه فوق را برای V_4 حل کنیم خواهیم داشت :

$$u_4 = \sqrt{2g(h_1 - h_4)/\left[1-(a_4/a_1)^2\right]}$$

بنابراین شدت جریان عبارت خواهد شد از :

$$Q_t = a_4 u_4 = a_4\sqrt{2g(h_1 - h_4)/\left[1-\left(a_4/a_1\right)^2\right]}$$

در عمل مقداری افت انرژی بین مقاطع ۱ و ۴ وجود دارد و سرعت در هر یک از این مقاطع مطلقا ثابت نیست. در نتیجه مقادیر اندازه گرفته شده دبی Q معمولا نسبت به مقادیر محاسبه شده از رابطه تئوریک کمتر بوده و برای جبران این افت متداول آن است که رابطه فوق به‌صورت زیر نوشته شود :

$$Q = C_d.a_4\sqrt{2g(h_1 - h_4)/\left[1-\left(a_4/a_1\right)^2\right]}$$

که در آن C_d را ضریب ونتوری‌متر می‌نامند. مقدار C_d با شدت جریان تغییر می‌کند ولی این تغییر بسیار ناچیز است به‌طوریکه می‌توان از آن صرف‌نظر نمود (در یک مقطع معین). اما مقدار C_d برای هر یک از مقاطع ونتوری متفاوت است و نمی‌توان از آن صرف‌نظر نمود.

برای اینکه نمودار Q _ C_d را رسم کرد باید مقدار C_d را در چندین مقطع به‌دست آورد اما از آنجایی‌که نیاز بـه زمـانی حـدود ۲۰ ساعت است تا یازده مقدار C به‌دست آورد لذا فقط به یک مقدار C_4 بسنده می کنیم. مقدار C_d برای یک ونتوری در حالت کلـی در محدوده ۰/۹۲ تا ۰/۹۹ متغیر است.

محاسبهٔ ضریب ونتوری‌متر :

جدول (۱)، یک فرمت از جدول نتایج مناسب را برای تعیین ضریب تخلیه ونتوری‌متر نشان می‌دهد. از این نتایج می‌تـوان گـراف $(h_1 - h_4)^{1/2}$ را در مقابل Q رسم کرد. با در نظر گرفتن معادله زیر داریم :

$$Q = C_d . a_4 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 - \left(a_4 / a_1\right)^2}}$$

$$Q = C_d . a_4 \sqrt{\frac{2g}{1 - \left(a_4 / a_1\right)^2}} \times \sqrt{h_1 - h_4}$$

یعنی این معادله یک خط می‌باشد که اگر Q را بر حسب تابعی از متغیر $(h_1 - h_4)^{1/2}$ رسم کنیم ضریب زاویـه ایـن خـط عبـارت است از :

$$K = C_d . a_4 . \sqrt{\frac{2g}{1 - \left(a_4 / a_1\right)^2}}$$

در اینجا همه پارامترها معلوم است به‌جز مقدار C_d که در یک معادله یک مجهولی قرار گرفته و به‌دست خواهد آمد.

روش انجام آزمایش :

قبل از شروع آزمایش ابتدا دستگاه را مطابق روش گفته شده ، هوا گیری کنید. روی لوله ونتوری موجود یازده نقطه پیزومتریک داده شده و برای تعیین نمودار (ضریب تخلیه) به‌عنوان تابعی از شدت جریان (با تغییر شدت جریان، C_d تغییر می‌کند) باید نقاط را دو به دو مورد مطالعه قرار داد یعنی نقطه شماره (۱ با ۲)، (۲ با ۳)، (۳ با ۴) و الی آخر و یا (۱ با ۲)، (۱ با ۳)، (۱ با ۴) تا آخر و هر بار یک ضریب C_d به دست آورد تا بتوان نمودار C_d -Q را ترسیم نمود و این از حوصله وقت و زمان کلاس آزمایش خارج است. از این‌رو این آزمایش را فقط برای دو نقطه شماره ۱ و شماره ۴ (مقطع گلوگاه) انجام دهید.

به این ترتیب که پس از هواگیری سیستم، شیر را کمی باز کنید تا شدت جریان ایجاد شود آنگاه ارتفاع آب را در دو لوله ۱ و ۴ بر حسب mm_{H_2O} خوانده و در جدول (۱) ثبت نمایید. همچنین ارتفاع آب در لوله های ۱ تا ۱۱ را در جدول (۲) یادداشت نمایید.

جدول (۱)

مرحله آزمایش	دبی Lpm	دبی $m^3/\sec$	h_1 mm H_2O	h_4 mm H_2O	$h_1 - h_4$ (Δh) mmH-$_2$O	$\sqrt{h_1 - h_4}$	دبی تئوری Q_{th}	درصد خطا
1								
2								
3								
4								
5								
6								

جدول (۲)

مرحله آزمایش	h_1 mm H_2O	h_2 mm H_2O	h_3 mm H_2O	h_4 mm H_2O	h_5 mm H_2O	h_6 mm H_2O	h_7 mm H_2O	h_8 mm H_2O	h_9 mm H_2O	h_{10} mm H_2O	h_{11} mm H_2O
۱											
۲											
۳											
۴											
۵											
۶											

با استفاده از اعداد بدست آمده آزمایش فوق نمودار مانند آن چه در تئوری گفته شد رسم کنید .(محور افقی شماره پیزومتر و محور عمودی ارتفاع آب داخل آن خواهد بود.)

دستگاه به‌صورت زیر تست شده است :

پس از اندازه‌گیری دبی آب، اختلاف ارتفاع آب در لوله پیزومتر تعبیه شده یکی در گلوگاه و دیگری در ابتدای لوله ونتوری را از روی دستگاه (به عبارتی دیگر $h_1 - h_4$) می‌خوانیم.

$$Q = 20\,{Lit}/{\min}$$
$$h_1 = 46.5\ cm$$
$$h_4 = 32.5\ cm$$
$$\Delta h = 9\,cmH_2O$$

$$Q = C_d A_4 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 - \left(\frac{A_4}{A_1}\right)^2}}$$

$$\frac{20}{1000} \times \frac{1}{60}\left(\frac{m^3}{S}\right) = C_d \frac{\pi}{4}(0.016)^2 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 14 \times 10^{-2}}{1 - \left(\left(\frac{16}{26}\right)^2\right)^2}} \Rightarrow C_d = 0.925$$