فهرست دستورالعمل دستگاه

هدف ۱
مقدمه ۱
شرح دستگاه ۱
اجزای دستگاه ۲
روش کار با دستگاه ۲

هدف :

به دست آوردن مشخصات کارکرد یک کمپرسور رفت و برگشتی دو مرحله ای
محاسبه توان و راندمان های مختلف آن

مقدمه :

برای فشرده کردن گاز یا بخار که در صنایع و تأسیسات مختلف نیازهای متعددی به آن است، از کمپرسور استفاده می‌شود. بسته به دبی و فشار مورد نیاز انواع مختلفی از آن بکار می‌رود. کمپرسورها چه از نوع دورانی و چه از نوع رفت و برگشتی در انواع دستگاهها و ادوات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در هر حال هدف بالا بردن فشار هوا و یا یک گاز خاص، برای استفاده‌ای بخصوص است. اساساً برای دستیابی به نسبت فشار زیاد در محدوده نسبتاً وسیعی از دبی، از کمپرسور پیستونی یا رفت و برگشتی *(Reciprocating Compressor)* که از نوع جابجایی مثبت *(Positive Displacement)* است استفاده می‌شود. چون جریان هوای فشرده تولیدی آن حالت متناوب دارد لذا برای پیوستگی و یکنواختی جریان، ابتدا هوای فشرده خروجی آن را به یک مخزن با حجم مناسب منتقل می کنند و سپس مورد استفاده قرار می دهند.

شرح دستگاه :

دستگاه کمپرسور دو مرحله از یک کمپرسور دو مرحله ای شامل دو سیلندر مرحله اول و مرحله دوم می باشد. نیروی رانش کمپرسور توسط یک موتور الکتریکی سه فاز تامین می گردد. انتقال قدرت توسط تسمه و فولی صورت می پذیرد. در خط مکش کمپرسور برای اندازه گیری مقدار هوای ورودی از یک مانومترکه درون آن روغن است، استفاده شده است.

مخزن اول که هوای مکیده شده، ابتدا وارد آن می شود، حکم ضربه گیر را دارد. هوا پس از خروج از این مخزن وارد کمپرسور مرحله اول شده و پس از فشرده شدن تا فشار معین، به سمت کمپرسور دوم هدایت می گردد. در بین مسیر کمپرسور اول و دوم ، هوای فشرده وارد مخزن دوم که در زیر میز دستگاه قرار گرفته است، می شود. در این قسمت فشار هوای خروجی از کمپرسور مرحله اول توسط گیج فشار اندازه گیری می شود. این مخزن علاوه بر محل جمع شدن هوای فشرده، تا حدی باعث پایین آمده دمای هوای خروجی کمپرسور اول و ورودی کمپرسور دوم می گردد. هوا پس از ورود به سیلندر دوم (کمپرسور مرحله دوم) فشرده تر شده و پس از عبور از کندانسور هوایی وارد مخزن جمع آوری(مخزن سمت چپ یا مخزن سوم) هوای فشرده می گردد. فشار نهایی هوای فشرده توسط گیج نصب شده بر روی مخزن جمع آوری هوای فشرده (مخزن سوم) اندازه گیری می شود.

چهار سنسور دمایی در چهار نقطه دستگاه (ورودی و خروجی کمپرسور اول و ورودی و خروجی کمپرسور دوم) نصب شده است که مقادیر دما را در این نقاط اندازه گیری می نمایند. همه سنسورها به یک نمایشگر دیجیتال مرتبط شده اند که این نمایشگر مقدار دماهای اندازه گیری شده را بر حسب درجه سانتی گراد نمایش می دهند.

یک میکروسوییچ مکانیکی روی مخزن نهایی (مخزن جمع آوری هوای فشرده) نصب شده است که در صورت رسیدن فشار مخزن به مقدار 10 bar ، برای جلوگیری از افزایش فشار، این میکروسوییچ عمل نموده و موتور از حرکت می ایستد.

مقدار دور کمپرسور توسط یک سنسور دور الکترونیکی اندازه گیری شده و به وسیله نمایشگر دیجیتال نمایش داده می شود.

مشخصات کمپرسورهای مرحله اول و دوم :

کمپرسورهای مرحله اول :

قطر پیستون : 105 mm

کورس : 55 mm

کمپرسورهای مرحله دوم :

قطر پیستون : 55 mm

کورس : 55 mm

اجزای دستگاه:

۱- کمپرسور دو مرحله
۲- الکتروموتور
۳- مخزن ضربه گیر
۴- سنسور دور
۵- سنسور های دمایی
۶- سنسور های فشار
۷- پانل محل نصب نمایشگرها و کلیدها
۸- سنسور های مکانیکی اطمینان
۹- کندانسور هوایی
۱۰-مخزن جمع آوری هوای فشرده

روش کار با دستگاه:

- ابتدا ارتباط دستگاه با جریان برق شهر برقرار شود.
- دستگاه به وسیله کلید "روشن/خاموش دستگاه" که به صورت فیوز می باشد، روشن می شود.
- نمایشگرهای دیجیتال توسط کلید on/off روشن می شوند.
- الکتروموتور توسط کلید "روشن/خاموش الکتروموتور" شروع به کار می نماید.
- تعداد دور کمپرسور به وسیله سنسور دور اندازه گیری شده، و توسط نمایشگر دیجیتال نمایش داده می شود.
- فشار مخازن توسط دو گیج فشار اندازه گیری می شود.

- یک نمایشگر دیجیتال مقدار ولتاژ و آمپر مصرفی را نمایش می دهند.
- دمای هوای ورودی و خروجی کمپرسورهای مرحله اول و دوم توسط سنسور های دما اندازه گیری شده و توسط نمایشگر های دیجیتال مربوطه نمایش داده می شوند.

توجه شود که:

- ماکزیمم فشار کمپرسور روی *10bar* تنظیم شده است. پس از رسیدن فشار به این مقدار، کمپرسور خاموش می شود.
- همان طور که در مراحل آزمایش آمده است، برای انجام هر یک از حالتهای آزمایش ابتدا باید مخزن خالی شود.
- اگر در حین آزمایش به هر دلیلی کمپرسور خاموش شد، برای شروع مجدد آزمایش باز هم باید مخزن خالی شود تا هنگام روشن کردن دستگاه به کمپرسور فشار نیاید.

فهرست دستور آزمایش ها

هدف ۱

تئوری و محاسبات ۱

۱- تعیین دبی جرمی هوای ورودی ۱

۲- محاسبه راندمان کلی کمپرسور ۲

۳- راندمان حجمی کمپرسور ۲

۴- محاسبه توان پلی تروپیک یا اندیس تراکم (n) ۳

۵- محاسبه کار واقعی انجام شده ۳

۶- توان اندیکاتوری ۴

۷- توان ایزوترم ۴

۸- محاسبه راندمان ایزوترم ۴

۹- محاسبه گرمای از دست داده شده در خنک کن ۴

روش انجام آزمایش ۵

هدف :

به دست آوردن مشخصات کارکرد یک کمپرسور رفت و برگشتی دو مرحله ای
محاسبه توان و راندمان های مختلف آن

تئوری و محاسبات :

کمپرسور های رفت و برگشتی مثل کمپرسورهای دوار در یک مفهوم کلی می‌توانند به عنوان ماشین با جریان دائمی در نظر گرفته شوند. بنابراین طبق قانون اول ترمو دینامیک کار از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$W = H_1 - H_2 + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} + Q$$

عموماً اختلاف کمی بین سرعتهای ورودی و خروجی وجود دارد بنابراین:

$$\dot{W} = \dot{m}(h_1 - h_2) + \dot{Q}$$

اگر سیال عامل یک گاز کامل باشد داریم:

$$h_1 - h_2 = C_p(T_1 - T_2)$$

۱- تعیین دبی جرمی هوای ورودی

هوا از یک اوریفیس با دهانه ۲۰ mm وارد کاربراتور می گردد و افت فشار آن توسط یک مانومتر خوانده می شود.

دبی هوای عبوری از اریفیس به وسیله رابطه زیر داده شده است.

$$\dot{m}_a = C_D\, A_O \sqrt{2\,\rho_a\,\Delta P}$$

که مقدار C_D بستگی به عدد رینولدرز دارد و تقریبا" برای این آزمایش 0.6 می باشد.

اختلاف فشار را بر اساس ارتفاع ستونروغن هی‌درولی‌ک بیان می کنیم .داریم :

$$\Delta P = \rho_{oil}\, g\, h$$

هر گاه جرم حجمی روغن را $790 kg/m^3$ در نظر بگیریم و با بیان h بر حسب میلیمتر

$$\Delta P = 812 \times 9.81 \times h(mm)$$

مقدار ρ_a نیز با داشتن فشار و دمای محیط قابل محاسبه است.

$$\rho_a = \frac{P}{RT}$$

P فشار هوای ورودی بر حسب پاسکال و T دمای هوای ورودی بر حسب کلوین می باشد.

با ترکیب معادلات بالا خواهیم داشت :

$$\dot{m}_a = C_D\, A_O \left(2 \times P/(R \times T) \times 812 \times 9.81 \times h\right)^{0.5} (Kg/S)$$

می دانیم :

$$A_O = \frac{\pi D_O^2}{4}$$

$$C_D = 0.6 \qquad R = 287.1 j/kg^{\circ}K$$

۲- محاسبه راندمان کلی کمپرسور :

الف) محاسبه توان هوایی کمپرسور :

محاسبهٔ توان هوایی کمپرسور بر حسب شرایط SSSF در حجم کنترل :

$$w_c = \frac{\dot{m}\left(P_1V_1 - P_2V_2\right)}{n-1} = \frac{\dot{m}_{air}\, n\, R\left(T_1 - T_2\right)}{n-1}$$

n توان پلی تروپیک است که بر حسب اتلاف گرما از بدنهٔ کمپرسور از حالت آدیاباتیک به حالت ایزوترمال میل می‌کند.

$$1 < n < \gamma$$

ب) محاسبه توان الکتریکی ورودی :

چون الکتروموتور از نوع AC و سه فاز می باشد، لذا در روی تابلوی برق مقدار ولت و آمپر هر فاز آن مشخص شده است. پس توان الکتریک برابر است با :

$$\dot{W}_{ele} = \sqrt{3} VI$$

راندمان کلی کمپرسور :

$$\delta_g = \frac{\dot{W}_c}{\dot{W}_{ele}}$$

۳- راندمان حجمی کمپرسور :

V_{Lp} : حجم جابجایی پیستون کمپرسور مرحله اول

V_{Hp} : حجم جابجایی پیستون کمپرسور مرحله دوم

$$\dot{V}_{Lp} = V_{Lp} \times \frac{N}{60}$$

$$\dot{V}_{Hp} = V_{Hp} \times \frac{N}{60}$$

$$\eta_{vol1} = \frac{\dot{V}_{air}}{\dot{V}_{Lp}}$$

$$\eta_{VOL2} = \frac{\dot{V}_{air}}{\dot{V}_{HP}}$$

۴- محاسبه توان پلی ترپیک یا اندیس تراکم (n) :

در تحول آدیاباتیک داریم :

$$PV^n = cte \rightarrow p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

با داشتن P_2, P_1, T_2, T_1 توان پلی تروپیک *(n)* محاسبه می شود.

۵- محاسبه کار واقعی انجام شده :

تعاریف :

$p_1 = P_{atm} + P_{gauge} = P_{atm}$ فشار ورودی :

$p_2 = P_{atm} + P_{2(gauge)}$ فشار میانی :

$p_3 = P_{atm} + P_{3(gauge)}$ فشار مخزن :

$r_1 = \frac{p_2}{p_1}$ نسبت تراکم مرحله اول :

$r_2 = \frac{p_3}{p_2}$ نسبت تراکم مرحله دوم :

$r = \frac{P_2}{P_1}$ نسبت تراکم کلی :

کار انجام شده در هر سیکل تراکم کم فشار (low pressure) سیلندر اول به صورت زیر محاسبه می شود.

$$W_{Lp} = \frac{n}{n-1}\left[p_1 V_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right] J/_{cyele}$$

کار انجام شده در هر سیکل تراکم پر فشار (High pressure) سیلندر دوم به صورت زیر محاسبه می شود.

$$W_{Hp} = \frac{n}{n-1}\left[p_2 V_2 \left(\frac{p_3}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right] J/_{cyele}$$

در نتیجه کار واقعی انجام شده کل از جمع کار سیلندر اول و دوم بدست می آید:

$$W = W_{Lp} + W_{Hp}$$

۶- توان اندیکاتوری :

$$IP = W \times \frac{N}{60} (watt)$$

۷- توان ایزوترم :

ابتدا کار ایزوترم را محاسبه می نماییم :

$$W_{iso} = p_1 V_1 \left[Ln\left(\frac{p_3}{p_1}\right)\right] \quad \left(J/_{cycle}\right)$$

حال توان ایزوترم از رابطه زیر بدست می آید :

$$P_{iso} = W_{iso} \times \frac{N}{60} \quad (watts)$$

۸- محاسبه راندمان ایزوترم :

$$\eta_{iso} = \frac{\text{توان ایزوترم}}{\text{توان اندیکاتوری}} = \frac{P_{iso}}{IP}$$

۹- محاسبه گرمای از دست داده شده در خنک کن (مخزن میانی) :

$$Q_{2-3} = m_{air} c_p (T_2 - T_3)$$

هوا $C_p = 100035$

و یا :

$$\dot{Q}_{2-3} = \dot{m}_{air}\, C_p (T_2 - T_3)$$

روش انجام آزمایش :

دستگاه را روشن نمایید... شیر تخلیه زیرین مخزن را باز کنید تا فشار داخل آن صفر شده و آب موجود در آن تخلیه گردد. سپس آن را ببندید. موتور را روشن نمایید تا کمپرسور شروع بکار نموده و فشار مخزن افزایش یابد. به ازای هر *1bar* افزایش فشار مخزن، فشار مخزن میانی، دماهای ورودی و خروجی کمپرسورها، سرعت و دمای ورودی به مخزن اول (مخزن ورودی هوا) را یادداشت نمایید. در هر مرحله به منظور ایجاد شرایط پایدار، توسط شیر تخلیه مخزن، فشار مخزن را ثابت نمایید.

فشار هوای ورودی به کمپرسور اول : $P_1 = P_{atm}$

جدول ۱

دور کمپرسور $N(RPM)$	T_4	T_3	$T_2(°C)$	$T_1(°C)$	سرعت هوای ورودی $V(m/s)$	دمای هوای ورودی ^0C	فشارنسبی مخزن میانی $P_2(bar)$	فشار نسبی مخزن نهایی $P_3(bar)$
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷

توجه : در محاسبات دما را بر حسب واحد کلوین وارد نموده و فشار نسبی گیج را به فشار مطلق تبدیل نموده و محاسبات را انجام دهید.