۱۳۸۷

# سیستم های هواپیما

## Aircraft Systems

برای انجام برخی امور در هواپیما و وسایل نقلیه فضایی از مکانیزمهایی استفاده میشود که به سیستم معروفند. برخی از آنها مکانیزمهای مهمی مانند سیستم عمل کننده چرخها، سطوح کنترل، فلاپها و ... را به کارمی اندازند که به آنها سیستمهای اصلی یا Utility Systems گفته میشود و برخی دیگر که تنها جهت آسایش مسافرین در طول پرواز به کار گرفته میشوند و به نامAuxiliary Systems معروفند

سهیل معماریان
کارشناس تعمیر و نگهداری هواپیما
۱۳۸۷

# Table of Contents


**فصل اول** (سیستم هیدرولیک) ..... 4

بخش اول – معرفی سیستم هیدرولیک ..... 5

بخش دوم – سیالات هیدرولیک ..... 8

بخش سوم – آب بندی سیستم هیدرولیک ..... 12

بخش چهارم – قطعات سیستم هیدرولیک و چگونگی عملکرد آنها ..... 14

***Reservoirs*** ..... 14

***Indicators*** ..... 18

***Filters*** ..... 19

***Pumps*** ..... 23

***Valve*** ..... 33

***Pressure Control Valve*** ..... 35

***Accumulator*** ..... 39

***Selector Valve*** ..... 42

***Sequence Valve*** ..... 46

***Priority Valve*** ..... 47

***Quick Disconnect Valve*** ..... 48

***Hydraulic Fuses*** ..... 49

***Shuttle Valve*** ..... 50

***Flow Equalizer Valve*** ..... 51

***Flap Overload Valve*** ..... 51

***Actuators*** ..... 51

***Hydraulic Heat Exchanger*** ..... 56

**فصل دوم** (سیستم پنوماتیک) ..... 57

بخش اول – معرفی سیستم پنوماتیک ..... 58

*مزایای سیستم نیوماتیک* ..... 58

*معایب سیستم نیوماتیک* ..... 58

بخش دوم – انواع سیستم پنوماتیک از نظر فشار ..... 59

*High Pressure* ..... 59

*Medium Pressure* ..... 59


| | |
|---|---|
| | |

*Low Pressure* ..... 59

**بخش سوم – قطعات سیستم پنوماتیک و چگونگی عملکرد آنها** ..... 60

*Pressure Sources* ..... 60

*Relief Valve* ..... 64

*Control Valve* ..... 65

*Check Valve* ..... 65

*Restrictor* ..... 66

*Variable Restrictor* ..... 66

*Filter* ..... 67

*Desiccant / Moisture Separator* ..... 68

*Back Pressure Valve* ..... 69

*Shuttle Valve* ..... 69

*Bleed Valve* ..... 69

*Method of Use in Point of Use* ..... 70

**فصل سوم** (سیستم‌های کنترل محیطی) ..... 71

**بخش اول – معرفی سیستم و اهداف آن** ..... 72

**بخش دوم – تقسیم بندی سیستم** ..... 73

*Heating Source* ..... 73

*Cooling source* ..... 75

*Sources of Pressurization Air* ..... 82

**فصل چهارم** (سیستم اکسیژن) ..... 87

# فصل اول (سیستم هیدرولیک)

# Hydraulic Systems

در پایان این فصل شما میتوانید موارد زیر را تشریح نمایید :

- تعریف سیستم هیدرولیک
- مزایای سیتم هیدرولیک و بیان برتریهای آن نسبت به سایر سیستمهای مشابه در هواپیما
- چگونگی عملکرد سیستم هیدرولیک
- تشریح قطعات سیستم هیدرولیک و چگونگی عملکرد آنها

## بخش اول – معرفی سیستم هیدرولیک

### سیر تاریخی هیدرولیک

هیدرولیک از نزدیک به پانصد سال پیش مورد استفاده بشر قرار گرفت. اصول اساسی آن را ***پاسکال*** دانشمند فرانسوی در سال ۱۶۵۰ بیان نمود (فشار سیال ساکن در تمام جهات یکسان است). یک قرن بعد ***دانیل برنولی*** قانون بقای انرژی برای سیال جاری در خطوط لوله را بیان نمود.

در سال ۱۷۹۵ اولین پرس هیدرولیکی آبی ساخته شد. پس از کشف روغن حاصل از نفت، این محصول جایگزین آب به عنوان سیال انتقال انرژی گردید. سپس با ساخت قطعات دقیقتر مشکلات آب بندی سیستمهای هیدرولیک به تدریج حل شد و توجیه مقبولیت هیدرولیک روز به روز افزایش یافت.

در جنگ جهانی اول از هیدرولیک در سطح وسیعی استفاده شد. از اواسط قرن بیستم مقبولیت و بهره برداری از آن به حدی رسید که هم اکنون هر کس میتواند در نزدیکی خود کاربردی از آن را بیابد.

### سیستم هیدرولیک چیست ؟

هیدرو کلمه ای است یونانی به معنای آب و در اصل مطالعه رفتارهای فیزیکی آب در حالت سکون و حرکت میباشد که امروزه معنای آن از این حد فراتر رفته و به مطالعه رفتارهای فیزیکی کلیه مایعات، هیدرولیک گفته میشود. به طور ساده ، علم انتقال نیرو توسط مایعات به نام هیدرولیک موسوم است.

سیستم هیدرولیک سیستمی است که در آن مایع تحت فشار جهت انتقال قدرت استفاده میشود. در این سیستم نیروی مکانیکی موتور توسط پمپ هیدرولیک به فشار هیدرولیک تبدیل میشود. این فشار توسط لوله هایی که در سراسر هواپیما گسترده میباشند، توزیع میگردد. ممکن است فشار هیدرولیک مجددا توسط اجزای دیگر هواپیما مانند سیلندرهای عمل کننده به نیروی مکانیکی تبدیل گردد.

اگر از یک سیستم الکتریکی به جای سیستم هیدرولیک استفاده شود، در آنصورت ژنراتور جایگزین پمپ شده و موتور الکتریکی جایگزین سیستم عمل کننده خواهد شد.

### مزایای سیستم هیدرولیک

همواره انتخاب مناسبترین سیستم جهت انتقال و کنترل انرژی از بین سیستمهای الکتریکی، مکانیکی، بادی و هیدرولیکی مشکل میباشد. البته در بسیاری از موارد ترکیبی از سیستمهای فوق موثرتر و اقتصادی تر است. در همین راستا در جهت تشخیص بهتر موارد استفاده از هیدرولیک، مزایای عمومی آن ذکر میگردد.

#### سادگی طراحی

یک سیستم هیدرولیک در مقایسه با انواع مکانیکی مشابه، قطعات متحرک کمتری دارد لذا از نظر ساختمان بسیار ساده و کارآمد میباشد و با انتقال فشار توسط خطوط انتقال به هر نقطه دلخواه میتوان به حرکتهای

خطی و یا دورانی با قدرت بالا و کنترل مناسب دست یافت در صورتیکه در سیستم مکانیکی به مجموعه ای از چرخ دنده ها، بادامکها، کلاچ، اهرم و... جهت انتقال قدرت و حرکت نیاز میباشد.

### قابلیت افزایش نیرو

در سیستم هیدرولیک در هنگام نیاز میتوان به سادگی نیرو را تا صدها برابر افزایش داد.

### سادگی و دقت کنترل

نیروهای بزرگ با اعمال کمترین نیروی ممکن قابل کنترل میباشند. همچنین امکان ارائه گشتاور ثابت در سرعتهای متغیر وجود دارد.

### انعطاف پذیری

استفاده از لوله ها و شیلنگ ها به جای اجزا مکانیکی ( مانند زنجیر، تسمه، گاردان و... ) مشکلات و محدودیتهای موقعیتی را به حداقل رسانده بگونه ای که اجزا یک سیستم را میتوان به صورت کاملا انعطاف پذیر ( از نظر موقعیت ) طراحی نمود.

### راندمان

سیستم هیدرولیک دارای راندمان بالا با تلفات اصطکاکی کم میباشد و هزینه انتقال قدرت در آن پایین است.
سازگاری این سیستم با اجزا برقی، ا لکترونیکی و مکانیکی، بازده اقتصادی بالایی را موجب شده است.
سیستم هیدرولیک از نقطه نظر کاهش هزینه های نگهداری نیز مزایای فراوانی دارد.

### اطمینان

استفاده از شیرهای اطمینان و سوئیچهای فشاری در سیستم هیدرولیک، آن را نسبت به افزایش ناگهانی بار از قابلیت اطمینان کافی برخوردار نموده است. هم اکنون هیدرولیک در کلیه شاخه های مختلف صنعت کاربرد فراوانی دارد.

### *سیستم هیدرولیک چگونه کار میکند؟*

به طور کلی یک سیستم هیدرولیک چهار عمل اساسی زیر را انجام میدهد:

۱. تبدیل انرژی مکانیکی به قدرت توسط سیال تحت فشار بوسیله پمپها.
۲. انتقال سیال تا نقطه مورد نظر توسط لوله ها و شیلنگ ها.
۳. کنترل فشار، جهت و جریان سیال توسط شیرها.
٤. انجام کار توسط عملگرها ( سیلندر های عمل کننده، موتورهای هیدرولیکی و... )

سیلندر های عمل کننده میتوانند نیروی هیدرولیک را به یک حرکت خطی یا دورانی - بسته به نیاز - تبدیل کنند. همچنین با استفاده از *Gear Box* میزان حرکت چرخشی به مقدار دلخواه تنظیم میگردد.
در گذشته برای کنترل سطوح پروازی از سیستم کابلی استفاده میشد که کابل های مورد استفاده در این سیستم در اثر کشش و همچنین تغییرات حرارتی مداوم بعد از مدتی کارایی خود را از دست می دادند اما در

سیستم هیدرولیک این نگرانی وجود ندارد. این سیستم با حداقل فاصله زمانی، میان حرکت خلبان و حرکت سطوح کنترل، کمک شایانی به کنترل بهتر پرواز مینماید.

***برخی از قطعات هواپیما که با استفاده از اصول هیدرولیک عمل میکنند :***

- *Primary control boosters*
- *Retraction & Extension of landing gear*
- *Sweep back & forth of wings*
- *Opening & Closing doors*
- *Automatic pilot & Gun turret*
- *Shock absorption system*
- *Dive, Landing, Speed & Flap brakes*
- *Pitch changing mechanism & Spoilers on flap*
- *Bomb bay doors & bomb displacement gears*

***برخی از قطعات سفینه های فضایی که به کمک سیستم هیدرولیک عمل میکنند:***

- *Gamboling of engine & Trust deflector vanes*
- *Thrust reversers & Launch mechanisms*

## بخش دوم – سیالات هیدرولیک

آب اولین سیالی است که از آن برای انتقال قدرت استفاده شده است. آب اگرچه دارای خواص خوبی چون دسترسی آسان، قیمت پایین و مقاومت در مقابل آتش میباشد ولی خواص ضعیف روانکاری، محدوده کم درجه حرارتهای کاری و ایجاد زنگ زدگی در قطعات، استفاده از آن را در سیستمهای پیشرفته و جدید محدود میسازد.

روغنهای معدنی ( *Mineral Oils* ) از ابتدای قرن بیستم در دسترس بوده اند اما استفاده از مواد افزودنی جهت بهبود بخشیدن به خواص شیمیایی و فیزیکی روغنهای هیدرولیک از سال ۱۹٤۰ آغاز شد. این روغنها به شدت قابل اشتعال بوده و هنگام مصرف در درجه حرارتهای بالا، احتمال بروز خطر آتش سوزی یا انفجار وجود دارد. لذا استفاده از سیالات مقاوم به آتش که اساسا پایه آبی دارند، گسترش یافته است.

### *خواص سیال هیدرولیک*

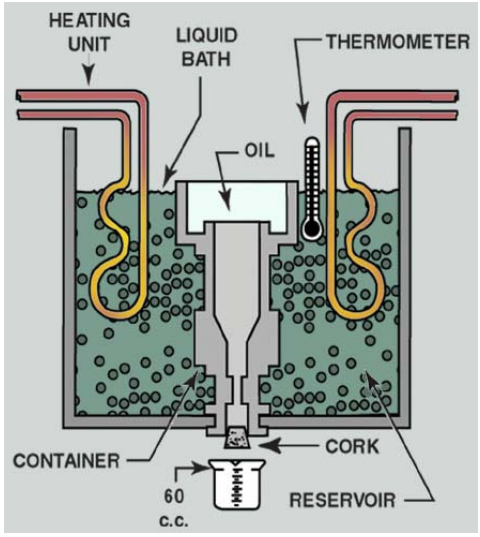
سیالات هیدرولیک میبایست خواص روغنکاری خوبی داشته باشد تا از مستهلک شدن قطعاتی چون پمپ جلوگیری کند. همچنین نباید باعث زنگ زدگی در قطعات گشته و در هنگام حرکت نباید کف کند چرا که این عمل باعث انتقال هوا به قطعات شده و موجب بروز مشکلاتی میگردد. درکل خواص سیال عبارتند از :

### چسبندگی یا لزجت ( *Viscosity* )

لزجت عبارت است از اصطکاک داخلی سیال و یا به عبارت دیگر مقاومت سیال در مقابل جریان یافتن میباشد. لزجت یکی از مهمترین خواص سیال هیدرولیک بوده چراکه پایین بودن بیش از حد آن موجب بروز مشکلاتی در آب بندی سیستم شده و سبب بوجود آمدن نشتی های داخلی و خارجی میگردد و از طرف دیگر افزایش بیش از حد لزجت نیز از خاصیت روانی سیال میکاهد و به نیروی بیشتری جهت غلبه بر اصطکاک های داخلی نیاز میباشد که خود موجب اتلاف انرژی، افزایش گرما و کاهش راندمان میگردد.

یکی از خواص سیال هیدرولیک خاصیت روغنکاری *(Lubrication)* قطعات میباشد زیرا اصطکاک حاصل از حرکت قطعات نسبت به یکدیگر کاهش انرژی را به دنبال خواهد داشت از اینرو مولکولهای روغن باید دارای چسبندگی باشند یعنی در موقع جریان یافتن از خود مقاومت نشان دهند. اما همانطوریکه در بالا ذکر شد می بایست چسبندگی آن متناسب انتخاب شود. به طور مثال ***قیر*** ( *Tar* ) ***, گازوئیل*** ( *Gasoline* ) ***, آب*** ( *Water* ) , به ترتیب دارای چسبندگی زیاد، متوسط و کم میباشند.

میزان لزجت روغن توسط دستگاهی به نام *Viscosoimeter* اندازه گیری میشود که انواع مختلفی دارد. یک نمونه از آن در شکل نشان داده شده است.




شکل (۱-۱) – شماتیکی از یک Viscosiometer

### انبساط حرارتی ( Thermal Expansion )

با تغییر دمای سیال، حجم آن نیز دچار تغییر میشود. افزایش حجم سیال عموما به ازای هر ۱۰ درجه سانتیگراد، ۰/۷ ٪ میباشد. این حالت هنگامی که مقدار سیال مورد استفاده زیاد باشد بسیار اهمیت پیدا میکند. برای مثال اگر یک مخزن حاوی ٤۰۰ لیتر روغن ۱۵ درجه سانتیگراد باشد و در حین کار دمای آن به ۵۵ درجه برسد، تقریبا ۱۱ لیتر افزایش حجم پیدا میکند لذا ممکن است در بازگشت به مخزن سبب سرریز شدن ( Over Flow) شود. بنابراین باید روغنی را انتخاب نمود که دارای حداقل انبساط حرارتی باشد.

### فراریت ( Volatility )

در اثر حرارت و یا کاهش فشار، سیال تبخیر میشود که از آن به فراریت نام برده میشود. چنانچه مایعی فرار باشد به تدریج از مقدار آن کاسته شده و سیستم دچار کمبود میگردد. لذا سیالات هیدرولیکی باید Zero Volatile باشند.

### پایداری شیمیایی ( Chemical Stability )

مایعات ممکن است در مجاورت آب، هوا، نمک و یا مواد دیگر و نیز در مقابل گرما خواص خود را از دست بدهند. فلزاتی چون مس و روی بر برخی از مایعات اثر نامطلوب گذاشته و به صورت رسوبات کربنی ( Carbon Deposit ) و یا به شکل آدامسی ( Gum ) درآمده و باعث بسته شدن مجاری میگردند. با تشکیل رسوب سرعت تشکیل آن افزایش میابد. لذا سیالاتی که برای سیستم هیدرولیک انتخاب میگردند باید از نظر شیمیایی پایدارباشند در غیر اینصورت باعث بروز مشکلاتی از این قبیل خواهند شد.

### Flash Point

این نقطه درجه حرارتی است که اگر در آن شعله به سیال نزدیک شود موقتا آتش گرفته و بعد از دور نمودن شعله آتش از بین میرود. در حقیقت این درجه حرارت به اندازه ای است که مقدار کافی از سیال برای سوختن موقت به صورت بخار درمی آید. بالا بودن این درجه از نکات مهم خواص سیال میباشد چراکه نشانگر مقاومت سیال در برابر احتراق در دماهای پایین است.

### Fire Point

در این درجه حرارت باندازه ای از مایع بخار میگردد که اگر شعله به آن نزدیک شود به صورت دائمی آتش میگیرد و با دور نمودن شعله نیز آتش خاموش نخواهد شد. لذا سیالات هیدرولیک باید High Fire Point باشند.

### قابلیت فشردگی ( Compressibility )

در واقع قابلیت تراکم مایع میباشد که چون مایعات تقریبا غیرقابل تراکم میباشند لذا گفته میشود که سیالات هیدرولیک Incompressible میباشند.

## انواع روغن هیدرولیک

برای اطمینان از عدم صدمه دیدن قطعات خصوصا قطعات غیر فلزی مورد استفاده در سیستم هیدرولیک باید روغنی با مشخصات معلوم بکار برد. در هنگام اضافه نمودن روغن باید توجه داشت که روغن مورد استفاده همان روغنی باشد که در *Aircraft Manufacturer's Maintenance Manual* و یا بر روی *Data Plate* – که بر روی مخزن روغن قرار دارد – نوشته شده است.

روغنهای مورد استفاده در صنعت هواپیمایی عبارتند از :

### *Vegetable-base Fluid*

این نوع روغن اولین روغنی است که در سیستم هیدرولیک هواپیما استفاده شده است. سیال آن روغن کرچک *( Castor Oil )* به همراه الکل جهت جلوگیری از یخ زدگی میباشد. به علت وجود الکل در آن، در درجه حرارتهای بالا الکل بخار شده و خطر آتش سوزی در آن وجود دارد. این روغن تنها در سیستم ترمز برخی از هواپیماهای قدیمی کوچک استفاده میشود.

برای شناسایی سریع آن، این روغن به رنگ آبی میباشد و واشرهای مصرفی جهت آب بندی با چنین روغنی، لاستیک طبیعی *( Natural Rubber Seal )* میباشد.

### *Mineral-base Fluid*

این روغن ریشه نفتی داشته و به عنوان سیال هیدرولیک در هواپیما مورد مصرف زیاد دارد. از مزایای آن میتوان قیمت مناسب، سهولت دسترسی و قابلیت ارائه در لزجتهای مختلف و همچنین مناسب بودن محدوده درجه کاری و پایداری شیمیایی نام برد. بعلاوه با مواد افزودنی اضافه شده به آن، کف کردن و ایجاد خوردگی توسط این روغن به حداقل ممکن رسیده است. از معایب این نوع روغن که با افزودنیها قابل جبران نمیباشد، قابلیت اشتعال و افزایش لزجت در فشار بالا را میتوان نام برد که استفاده از آن را در هواپیماهای مسافربری بزرگ غیرممکن میسازد.

برای تشخیص بهتر این نوع روغن، رنگ آن قرمز شده و نکته قابل توجه این است که واشرهای مورد استفاده با این روغن میبایست از نوع *Synthetic Rubber* باشد که با نام تجاری *Neoprene* معروفند. در برخی موارد از چرم *( Leather )* و یا ترکیبات فلزی نیز استفاده میشود.

### *Synthetic Fluid (Phosphate Ester base fluid)*

در سال ۱۹٤۸ نوع جدیدی از روغنهای هیدرولیک معرفی شدند که ریشه نفتی نداشتند. اینگونه روغنها دارای خاصیت مقاومت به شعله بسیار خوبی بوده و لذا در مواردی که احتمال وجود شعله زیاد است میتوان از آن استفاده نمود. از نظر خواص روانکاری در حد روغنهای معدنی و یا حتی در برخی موارد بهتر از آنها عمل مینمایند. این روغن از آب کمی سنگین تر بوده و در یک گستره حرارتی وسیع ( از ٦٥– تا ۲۲٥ درجه فارنهایت ) عملکرد خوبی دارند.

این روغن از نظر تجاری به *Skydrol* معروف است و انواع آن عبارتند از *Skydrol 700* به رنگ سبز کم رنگ، *Skydrol 500A, B* به رنگ ارغوانی و *Skydrol* به رنگ آبی. واشرهای مورد مصرف با این نوع روغن از نوع لاستیک مصنوعی *(Synthetic Rubber )* با نامهای تجاری *Butyl* و *Teflon* میباشد. به علت خاصیت اسیدی آن باید از تماس آن با پوست خودداری شود در غیراینصورت ممکن است ایجاد حساسیت پوستی نماید.

***نکاتی در مورد استفاده از روغنهای هیدرولیک:***

۱ – نوع روغن مصرفی در هواپیماهای مختلف متفاوت میباشد. اطلاعات لازمه در مورد نوع و مقدار روغن بر روی صفحه ای که بر روی مخزن قرار دارد *(Instruction Plate)* وجود دارد.

۲ – اطمینان حاصل گردد که نوع روغن مصرفی صحیح بوده و عاری از هرگونه آلودگی باشد.

۳ – تمیزکاری جنبه حیاتی دارد. هیچگاه نباید دو روغن با هم مخلوط گردند وگرنه کل روغن را باید خالی نمود و سپس به کمک حلال مناسب با روغن هیدرولیک لوله ها را کاملا تمیز نمود. مثلا لوله های حاوی *Mineral Oil* را میباست با *Naphta* کاملا تمیز و سرویس نمود یا برای روغنهای نباتی از الکل جهت تمیز نمودن لوله ها استفاده نمود. در این خصوص باید تمام واشرها را تعویض نماییم.

## بخش سوم – آب بندی سیستم هیدرولیک

نشتی روغن در هر نقطه از سیستم هیدرولیک موجب کاهش بازده و افزایش افت توان میگردد. بدلیل وجود مقداری لقی استاندارد در اجزا سیستم هیدرولیک، وجود نشتی داخلی اجتناب ناپذیر است. با افزایش مقادیر این لقی ها در اثر سایش قطعات درگیر، نشتی به تدریج افزایش یافته و ضمن به هدر رفتن مقداری از توان سیستم، موجب اختلال در عملکرد صحیح عملگرها میشود. البته روغن حاصل از نشتی داخلی به سیستم بازمیگردد. نشتی های خارجی موجب اتلاف انرژی شده و ضمن کاهش ضریب اطمینان، منظره بدی پیرامون سیستم هیدرولیک بوجود می آورد. انتخاب نامناسب اتصالات برای لوله ها، اصلی ترین عامل ایجاد نشتی خارجی میباشد.

واشرها جهت جلوگیری از نشتی ( داخلی و خارجی ) به کار میروند و باید در به کاربردن آنها موارد زیر را مد نظر قرار داد:

۱- واشر مطابق روغن مورد نظر استفاده شود.

۲- عدد مشخصه واشر *( Reference Number )* و عمر آن در نظر گرفته شود. هر یک از این مشخصه ها توسط سازنده بر روی بسته بندی واشرها ذکر شده است. اگر از زمان مجاز استفاده از واشر *( Cure Date )* گذشته باشد حتی در صورت داشتن ظاهر مناسب میبایست آنها را دور انداخت.

۳- واشرها را باید به ترتیب گفته شده در راهنما به کار برد و نیز محیط مربوطه باید کاملا تمیز گردد.

٤- اگر در مورد تاریخ مصرف واشری شک وجود دارد نباید اصلا آن را استفاده نمود وگرنه ممکن است اثرات بدی بر روی سیستم بگذارد.

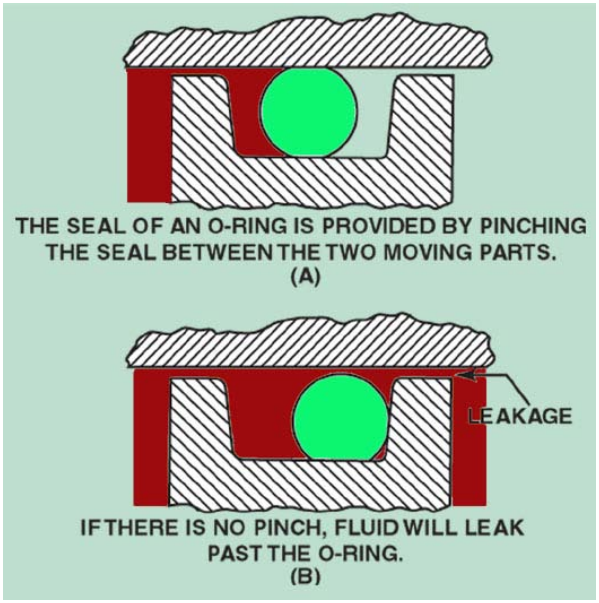
**واشرهای مورد استفاده جهت آب بندی :**

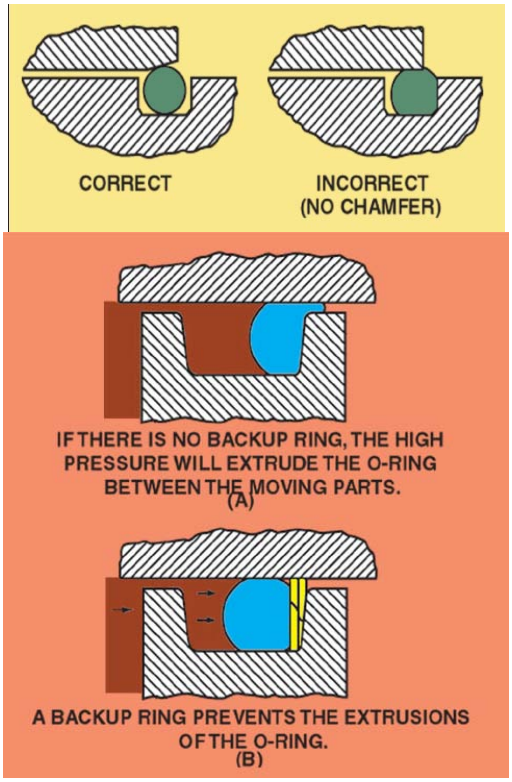
واشرهایی که در جاهای متحرک به کار برده میشوند به نام *Packing Seal* معروفند و واشرهایی که در جاهای ثابت به کار میروند *( Gasket )* نام دارند.

پرمصرف ترین نوع واشرها عبارتند از :

### *O- Rings*

پرمصرف ترین نوع واشرهای آب بندی میباشند که مطابق شکل با استقرار در شیار، عمل آب بندی را انجام میدهند. این نوع واشرها هم در فشارهای پایین *( Low Pressure )* و هم در فشارهای بالا *(High Pressure )* استفاده میشوند اما در هنگام استفاده در فشار بالا باید به همراه یک واشر پشتیبان *(Backup ring )* استفاده شوند تا از خزش به درون شکاف بین قطعات متحرک جلوگیری شود.



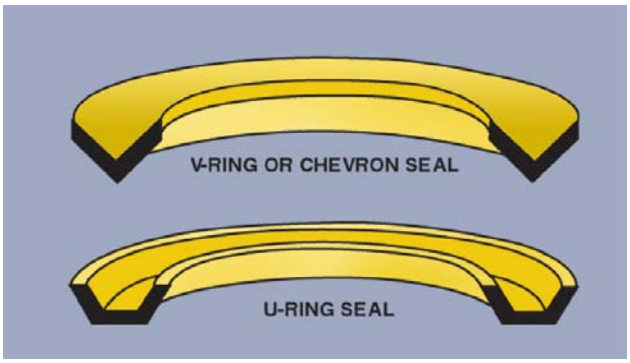

شکل (۱-۲) – چگونگی قرار گرفتن واشر

### *V- Shape*

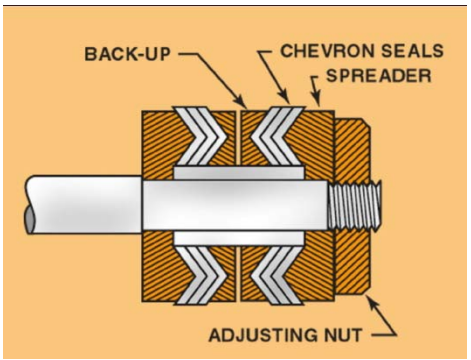
مقطع آن به شکل ***V*** بوده و به نام *Chevron Seal* معروفند. این واشر تنها در یک جهت خاصیت آب بندی دارند و در صورت نیاز به آب بندی در دو جهت میبایست آنها را به صورت جفت به نحوی که راس آن دور از فشار قرار گیرد، استفاده نمود.

### *U – Shape*

جهت آب بندی هم در حرکتهای رفت و برگشتی و هم در حرکتهای نوسانی بطور گسترده مورد استفاده قرار میگیرد.




شکل (۱-۳) – مقطع واشرهای U و V




شکل (۱-۴) – نحوه قرار گیری Backup Ring

## بخش چهارم – قطعات سیستم هیدرولیک و چگونگی عملکرد آنها

### Power supply Units

### *Reservoirs*

مخزن هیدرولیک به *Hydraulic Tank* نیز معروف است. از آلیاژهایی چون فولاد، آلومینیم یا منیزیم ساخته میشود. طراحی مناسب مخزن از جمله عوامل موثر در بالا بردن بازدهی و عمر قطعات سیستم هیدرولیک میباشد. مخزن محلی است که در آن لجن، آب و ذرات فلزی ته نشین شده و به حبابهای هوا اجازه داده میشود تا با فرار نمودن به طرف سطح از روغن جدا شوند. بنابراین مخزن تنها به عنوان فضای نگهدارنده سیال هیدرولیک نبوده بلکه مکان اصلی تامین شرایط مورد نیاز به منظور نگهداری آن نیز میباشد.
به طور کلی عملکرد مخزن عبارت است از :

۱- ایجاد مکان مناسب جهت افزایش حجم روغن در اثر انبساط حرارتی.

۲- نگهداری روغن مورد نیاز جهت استفاده در مواقع کاری و اضطراری ( مواقعی که به *Hand Pump* احتیاج است) و همچنین جبران نشتی نرمال.

۳- ایجاد مکانی جهت جدا شدن هوا از روغن.

٤- ایجاد فشار بالای سر پمپ جهت جلوگیری از *Pump Starvation & Pump Cavitations*.

سیستم هیدرولیک هواپیما چون از مخزن شروع شده و دوباره به آن ختم میگردد، لذا به آن *Close Loop* گویند درصورتیکه سیستم آب شهری *Open Loop* میباشد زیرا آب مصرفی به مخزن بر نمیگردد.
مخزنهای هیدرولیک به دو صورت کلی ***Integral*** و ***Inline*** میباشند. نوع *Integral* معمولا فضایی است در ساختمان بدنه هواپیما مثلا *Brake Master Cylinder*. اما نوع *Inline* محفظه ای است کاملا جدا و مختص به خود که به وسیله لوله ها و دیگر اتصالات به سیستم هیدرولیک متصل میشود. این نوع مخزن به دو صورت *Vent Type* و *Pressure Type* موجود میباشد.

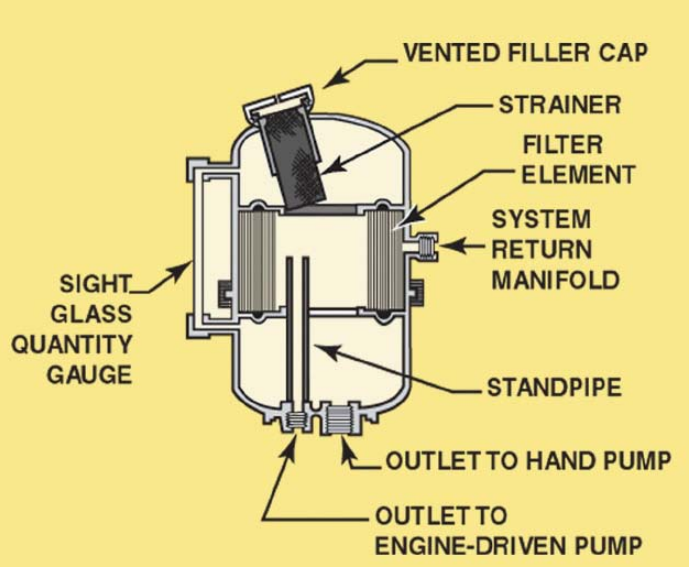
### Vent Type

نمونه متداول این مخزن به صورت Gravity Type می باشد.

#### *Gravity Reservoir*

این نوع مخزن در هواپیماهای *Unpressurized* استفاده میشود. شکل آن استوانه ای بوده که به منظور جریان یافتن روغن در بالاترین نقطه سیستم نصب میگردد. عامل ایجاد فشار بر سر پمپ همان وزن ستون روغن داخل مخزن میباشد.
جهت پر نمودن مخزن از روغن، یک لوله تغذیه به نام *Filler neck* استفاده میشود که همراه با یک درپوش میباشد. در قمست *Filler neck* برخی از مخزنها، فیلتری مجهز به *Finger strainer* وجود دارد تا از ورود ذرات خارجی به هنگام پر نمودن و یا سرویس نمودن مخزن جلوگیری شود.
مجرای خروجی روغن از مخزن به پمپ اصلی در ارتفاعی بالاتر از کف قرار میگیرد تا در صورت بوجود آمدن نشتی، روغنهای پایین تر جهت *Hand pump* استفاده گردد که لوله خروجی آن در ارتفاعی پایین تر

نسبت به پمپ اصلی قرار دارد. در برخی سیستمها برای این منظور از لوله ای با ارتفاع معین به نام *Stand pipe* استفاده میشود که اگر سطح روغن از لبه این لوله پایین تر رود ( در اثر نشتی ) مابقی روغن جهت پمپ دستی به کار میرود. معمولا بر روی *Stand pipe* فیلتری برای جذب مواد معلق در روغن نصب میشود.




شکل (۱-۵) – شماتیکی از Gravity reservoir

در داخل مخزن صفحاتی به نام *Baffle* وجود دارند که ضمن جدا کردن خط برگشت از خط ورودی پمپ که از گردش سریع مایع جلوگیری کرده و باعث میشود تمامی سیال به طور یکنواخت مورد استفاده سیستم قرار گیرد، باعث جلوگیری از تلاطم روغن و جدا شدن هوا از آن میشوند. به طور کلی این صفحات به منظور تامین موارد زیر استفاده میشوند:

- کند نمودن گردش سیال .
- کمک به ته نشین شدن ذرات خارجی در کف مخزن.
- خارج شدن هوا از داخل روغن.
- جلوگیری از بروز جریانهای مشوش موضعی.
- دفع بهتر حرارت از دیواره های مخزن.

همچنین در مخزنها جهت استحکام بخشیدن به ساختار آن از صفحاتی به نام *Fin* استفاده میشود.

به منظور جلوگیری از کف کردن روغن، خط برگشت اصلی باید زیر سطح روغن ( به اندازه دو برابر قطر خط برگشت، بالای کف مخزن ) نصب گردد. در برخی مخزنها در انتهای لوله برگشت، صفحه ای قوسی شکل به نام *Dearator tray* نصب شده که روغن در برخورد با آن حالت دورانی پیدا نموده و با استفاده از نیروی گریز از مرکز، سبب میشود حبابهای هوا از روغن جدا گردند.

همچنین مجرای تنفسی *( Vent )* بر سر مخزن همواره ارتباط فشار هوای اتمسفر را بر سر روغن تانک برقرار میکند. وجود *Check valve* در آن باعث جلوگیری از خروج روغن به بیرون میشود.

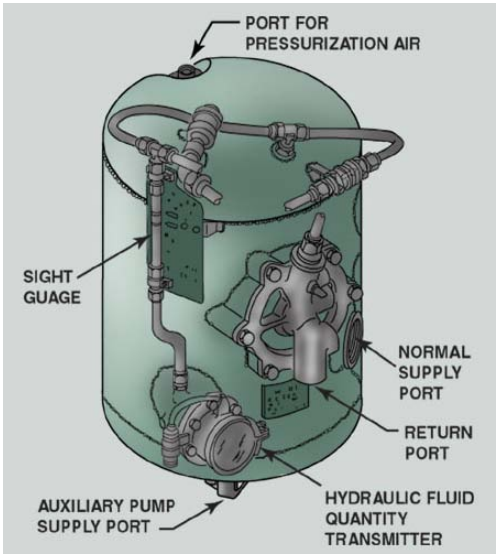
پایین ترین قسمت مخزن، چاهک ( *Sump* ) قرار دارد که شیر تخلیه ( *Drain* ) نیز در آن قرار دارد تا بتوان هنگام سرویس کردن، رسوبات (*Sediment trap*) را از آن محل خارج نمود.

## Pressure Type

انواع مختلف این نوع مخزن عبارتند از:

### *Air Pressure Type*

ساختار داخل آن تقریبا شبیه نوع قبل بوده اما نحوه ایجاد فشار بر روی روغن متفاوت میباشد. این نوع مخزن فشاری را بر روی سر روغن فراهم نموده که به آن *Positive feed tank* نیز گفته میشود. از اینروز احتیاجی به نصب آن در ارتفاع نبوده زیرا فشار روغن در هر لحظه بر مدخل پمپ موجود میباشد. این نوع مخزن معمولا در هواپیماهایی که در ارتفاع زیاد پرواز میکنند استفاده میشود زیرا فشار جو با ارتفاع کم میگردد که این نزول فشار باعث پایین آمدن نقطه جوش روغن هیدرولیک میشود.




شکل (۱-۶) – شماتیکی از Air Pressure type reservoir

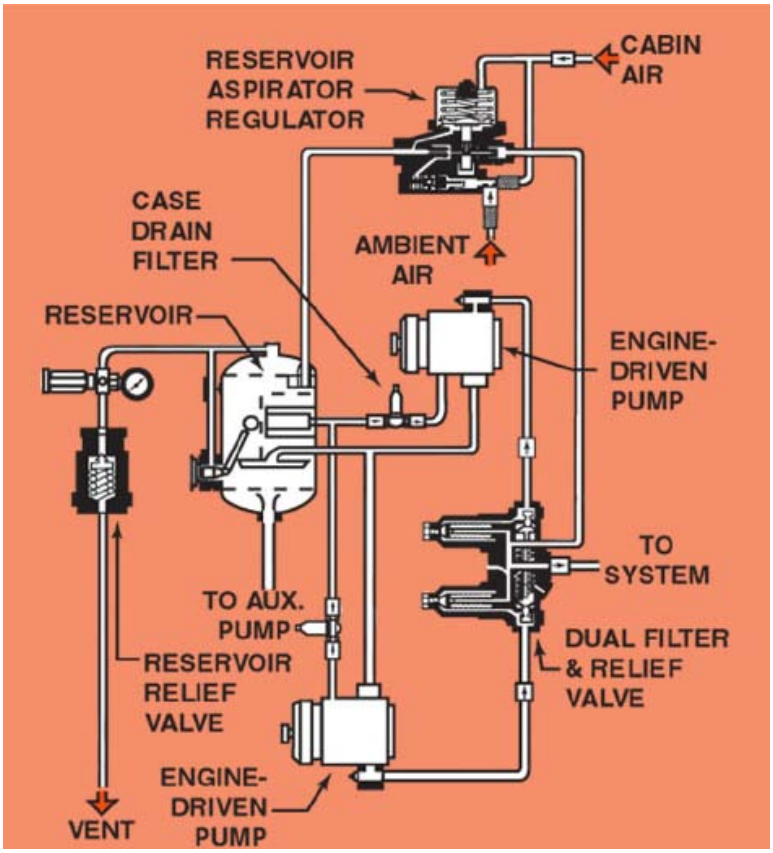
***نکته ای که باید در مورد مخزنهای پرفشار رعایت شود آن است که در هنگام سرویس و قبل از باز نمودن درپوش آن، باید فشار داخل مخزن را خالی نمود.***

### *Bleed Air System*

از هوای کمپرسور موتور جهت تامین فشار مورد نیاز استفاده میشود البته بعد از آنکه توسط *Pressure regulator* تنظیم شد و از یک فیلتر عبور داده شد. این هوا فشاری بین *45 – 18* psi بسته به نوع هواپیما ایجاد مینماید. البته فشار بیشتر از این نیز وجود دارد.

*Aspirator*

این دستگاه به شکل لوله وانتوری بوده و در خط لوله برگشت نصب میشود. لوله ای که به گلوگاه آن متصل است ارتباط آن را با هوای خارج برقرار میکند. هنگام جریان یافتن مایع در درون لوله برگشت، به علت ایجاد مکش، مقداری هوا از طریق لوله مذکور وارد روغن شده و به مخزن میرود و در نتیجه فشار در مخزن بالا میرود. در این نوع عمل جداسازی روغن از هوا، از طریق *Bleed valve* در خط سیستم انجام میشود. این سیستم فشار مخزن روغن هیدرولیک معمولا در هواپیماهای که دارای موتور پیستونی هستند مورد استفاده قرار میگیرد.



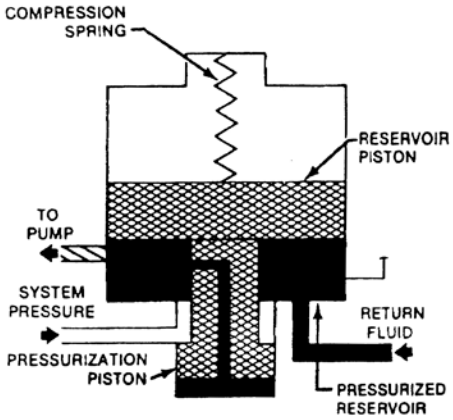

شکل (۱-۷) – چگونگی عملکرد سیستم Aspirator

**Airless Type**

این مدل مخزن در انواع زیر یافت می شود:

*Spring Loaded*

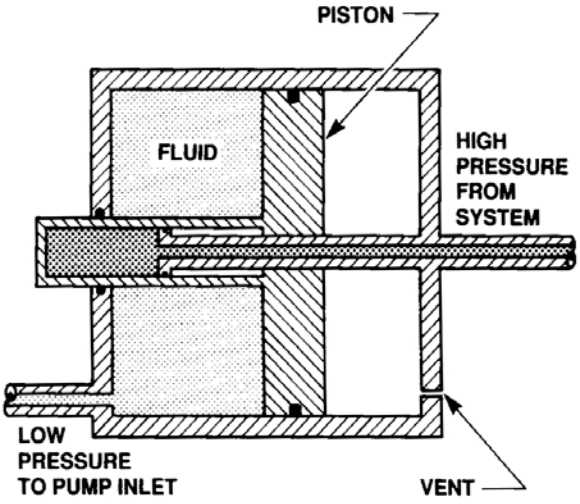
در این حالت فشار لازم توسط فنری که در بالای پیستون متحرک بر روی سطح مایع در داخل مخزن قرار دارد تامین میگردد. این فشار جهت استارت اولیه و حرکت پمپ و همچنین جلوگیری از *Cavitation* پمپ کافی میباشد. هنگامی که پمپ به کار افتاد، فشار سیستم به فضای کوچکی از بالای پیستون مورد نظر منتقل شده و در واقع کمکی برای فنر جهت ایجاد فشار مثبت بر سر پمپ میباشد. در این حالت فشار روغن داخل مخزن به حدود *75 psi* میرسد. به عنوان مثال این سیستم در جنگنده *F-86* به کار گرفته شده است.




شکل (۱-۸) – شماتیک یک مخزن Spring Loaded

*Hydraulic Pressure*

در این حالت فشار سیستم هیدرولیک وارد قسمت داخلی پیستون *(De – Booster Piston)* شده و باعث حرکت آن در داخل مخزن میگردد و فشاری را بر روی روغن اعمال میکند. نسبت ایجاد فشار در این حالت ۱ : ۵۰ میباشد بدین معنی که فشار *3000 psi* سیستم، روغن را تا *60 psi* داخل مخزن تحت فشار قرار میدهد. میزان روغن موجود داخل این مخزن، بوسیله طول بیرون مانده پیستون مذکور از مخزن مشخص میگردد.




شکل (۱-۸) – شماتیک یک مخزن Hydraulic Pressure

### *Indicators*

برای مشخص شدن میزان روغن داخل مخازن، از نشان دهنده های متفاوتی استفاده میشود :

### *Dip Stick*

میله ای است همانند آنچه در اتومبیل وجود دارد. بر روی آن خطوطی مندرج بوده و میتوان با خارج نمودن آن از مخزن مقدار روغن موجود را مشخص نمود.

### *Sight Gage*

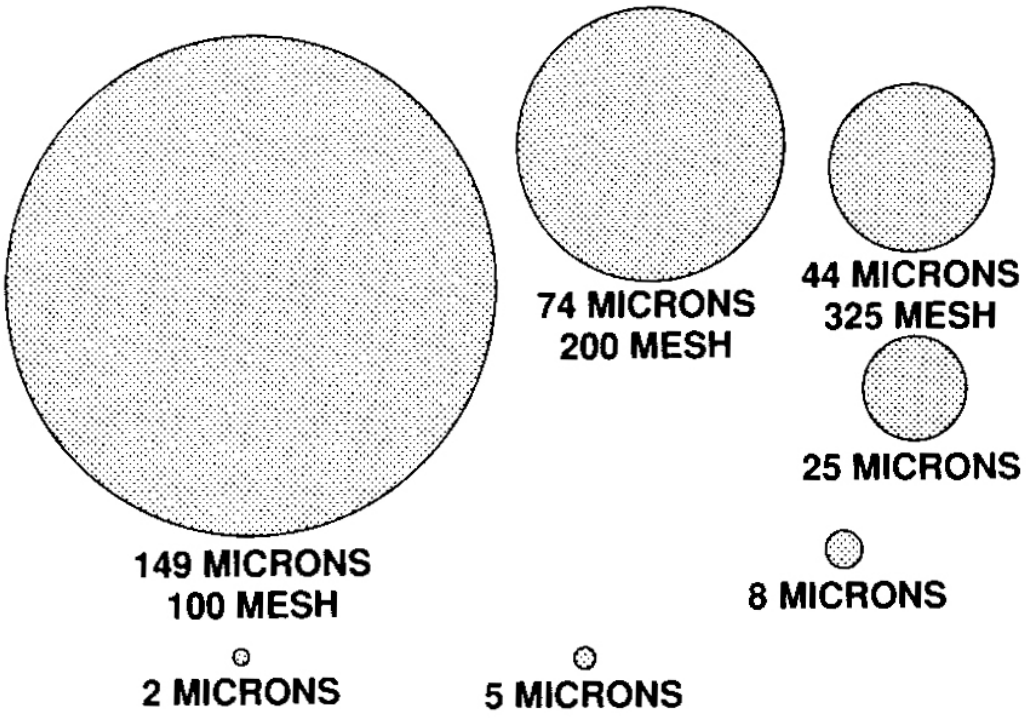
لوله ای شفاف در کنار مخزن بوده که بر اساس قانون ظروف مرتبط، مقدار روغن را در هر لحظه نشان میدهد. همواره ۱/٤ از فضای بالای مخزن جهت کف و هوا اختصاص دارد. در این حالت اگر *Gage* مذکور حالت *Full* را نشان دهد، در واقع ۱/٤ فضای بالای مخزن خالی میباشد.

### *Electric Gage*

با استفاده از یک شناور معلق در مخزن و تغییر مقاومت یک رئوستا، مقدار روغن را در *Hydraulic Panel* نشان میدهد. البته این شناور به صورت مکانیکی نیز میتواند با حرکت دادن عقربه ای کنار خود مخزن میزان سطح روغن را مشخص کند ( بدون استفاده از مکانیزم الکتریکی ).

### *Filters*

عملکرد دقیق سیستمهای هیدرولیک پیشرفته نیاز به قطعات ماشین کاری شده با دقت بالا دارد. فاصله بسیار کم میان قطعات در بسیاری از پمپها و برخی از *Valve*ها، نیاز به فیلتر نمودن روغن را بسیار با اهمیت مینماید. سایز فیلترها بر حسب نوع موادی که باید فیلتر کنند، بر حسب میکرون بیان میشود. برای اینکه مشخص شود اندازه یک میکرون تا چه حد کوچک است کافی است در نظر بگیرید که حداکثر اندازه ای که چشم غیر مسلح قادر به دیدن آن است ٤۰ میکرون میباشد.

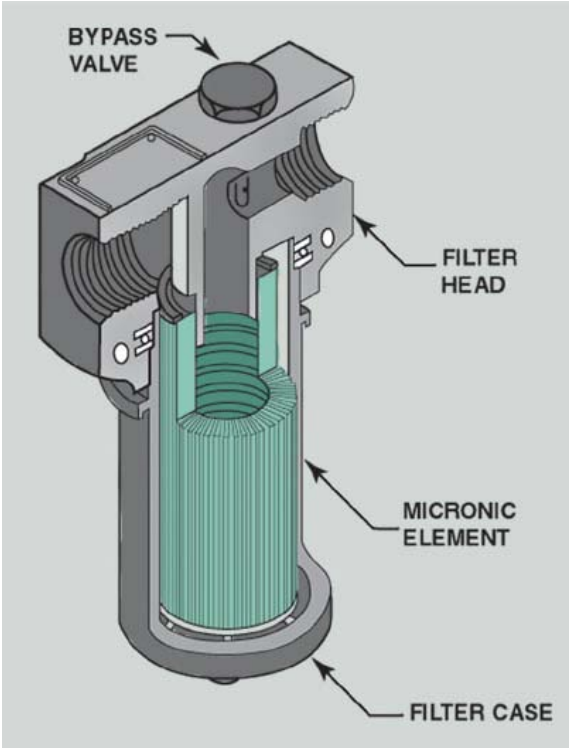



شکل (۱-۹) – سایزهای مختلف

## انواع فیلترهای مورد استفاده در هواپیما:

### Micronic Type

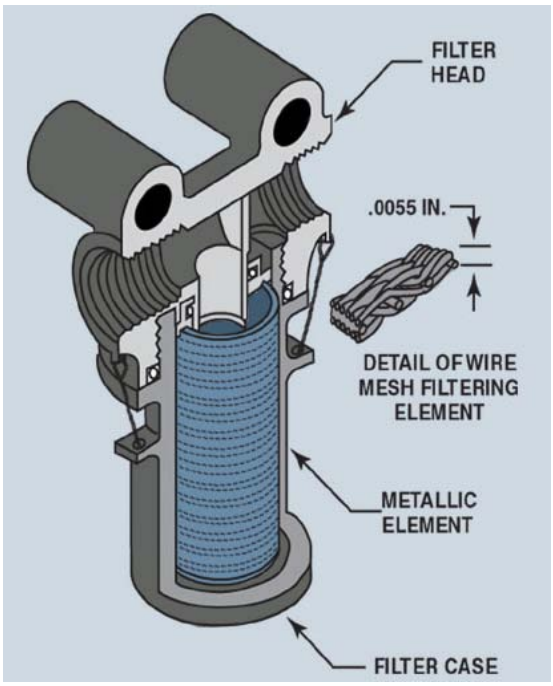
یکی از مناسب ترین و پر استفاده ترین نوع فیلترها که در سیستم هیدرولیک هواپیما استفاده میشود، نوع Micronic میباشد. Filter element آن از یک نوع کاغذ مخصوص (Cellulose paper) میباشد که به صورت آکاردئونی اطراف یک پیچه فنری از جنس استیل قرار گرفته است. علت اینکه به صورت آکاردئونی تا شده است این است که با این کار عملا سطح Element افزایش میابد و پیچه سیمی نیز از فشرده شدن فیلتر ( Collapsing ) جلوگیری میکند. در این فیلتر از یک Bypass valve استفاده شده تا در مواردی که فیلتر بر اثر مواد باقی مانده اصطلاحا قفل میکند ( Filter Blockage )، روغن هیدرولیک بدون فیلتر شدن به سیستم راه یابد.




شکل (۱-۱۰) – نمونه ای از فیلتر Micronic

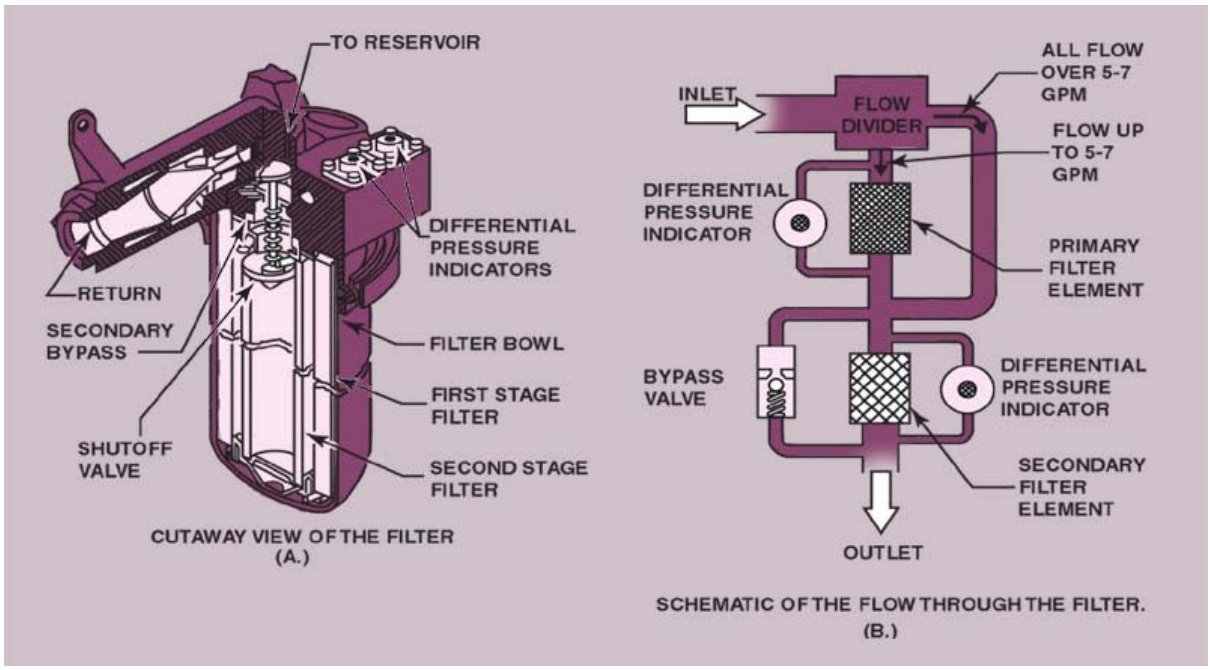
نوع دیگری از این فیلتر از یک Element فلزی که شبیه یک توری چند لایه به هم بافته شده میباشد، استفاده میکند که قابل شستشو و استفاده مجدد میباشد.

از فیلتر Micronic معمولا در خط برگشت روغن به مخزن در سیستم هیدرولیک استفاده میشود. در برخی انواع آن جهت توجه Maintenance از یک Indicator Pin در پوسته فیلتر استفاده شده و در صورت گرفتگی فیلتر این Pin بیرون می آید.




شکل (۱-۱۱) – نمونه دیگری از فیلتر Micronic

نوع خاصی از فیلترهای *Micronic* به صورت *2-Stage* میباشند که در خط برگشت سیستم هیدرولیک تعدادی از هواپیماهای بزرگ به کار میروند. در این نوع در مرحله اول که دبی جریان پایینتر از *Psi* 5 میباشد ذرات بین *0.4* الی *3* میکرون و در مرحله دوم (دبی بالاتر از *Psi* 5 ) چون میزان فیلتر شدن در مرحله اول باعث افت فشار میگردد، ذرات بین *1.5* الی *15* میکرون فیلتر میشوند.




شکل (۱-۱۲) – نمونه ای از یک فیلتر 2-Stage

### *Screen Type*

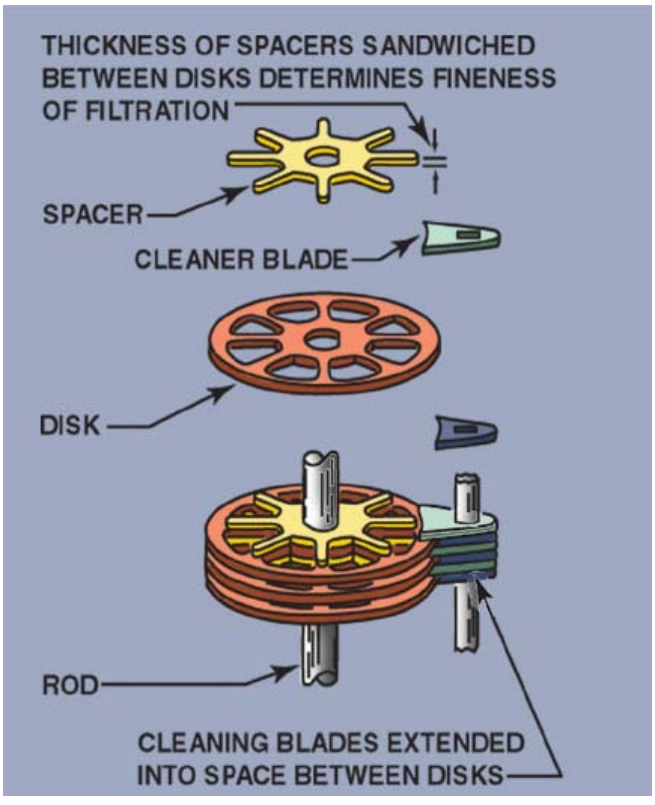
از یک شبکه توری فلزی به عنوان *Filter element* استفاده نموده و دارای *Bypass valve* میباشد تا در صورت *Filter Blockage* روغن فیلتر نشده را به سیستم بفرستد. این فیلتر قابل سرویس بوده و میتوان آن را به وسیله دستگاه *Ultrasonic Cleaner* تمیز کرده، دوباره مورد استفاده قرار داد.

### *Disc Type*

این فیلتر به احترام سازنده آن *Cuno filter* نیز گفته میشود. از تعدادی دیسک ثابت *( Stationary disc )* و تعدادی دیسک متحرک *( Rotary disc )* تشکیل شده است که به صورت یک در میان روی هم قرار گرفته اند. در بین آنها تیغه هایی به نام *Spacer* وجود دارند. در قسمت بالای این نوع فیلتر فنری وجود دارد که سبب فشرده شدن دیسکها به یکدیگر میشود. دیسکهای ثابت به سر پوسته و دیسکهای متحرک به یک *Handle* مربوط میشوند.

روغن از طریق مجرای ورودی و از طریق فاصله بین دو دیسک وارد آنها شده و سپس به مجرای خروجی را میابد و در این جریان هرگونه ذره و یا رسوب بین دیسکها گرفتار شده و عمل فیلتر شدن انجام میشود.

این فیلتر قابل سرویس بوده و در صورت گرفتگی به کمک *Handle* که به دیسکهای متحرک متصل است و با چرخاندن آن ذرات از بین دیسکها به *Drain sump* فیلتر منتقل شده و فیلتر دوباره آماده کار میگردد.




شکل (۱-۱۳) – نحوه قرارگیری دیسک ها در فیلتر Disk Type

*در یک سیستم هیدرولیک نسبت به حجم سیستم، تعداد فیلترها متفاوت خواهد بود. معمولا فیلتری روی Stand Pipe نصب شده و اگر سیستم بیش از یک فیلتر داشته باشد، فیلتری در خط برگشت و در ورودی به مخزن نصب میگردد و نیز ممکن است فیلتری بعد از Engine driven pump نصب گردد.*

### *Pumps*

پمپ به عنوان قلب سیستم هیدرولیک، انرژی مکانیکی ایجاد شده توسط موتور را به انرژی هیدرولیکی تبدیل میکند. انرژی هیدرولیک بوسیله جریان یافتن سیال هیدرولیک توسط پمپ بوجود آمده و فشار هیدرولیک زمانی ایجاد میشود که این سیال متحرک در مسیر حرکت خود به مقاومت برخورد کند.

در یک سیستم هیدرولیک ساده، هنگامی که میزان جریان کاهش یابد، فشار افزایش میابد. درحالی که مسیر کاملا بسته باشد ( مثلا توسط یک *Valve* ) فشار کماکان افزایش میابد. این افزایش فشار تا حداکثر فشاری که پمپ میتواند تولید کند ادامه میابد که میزان اضافه آن باید به نحو مقتضی کاهش یابد در غیر اینصورت به قطعات سیستم هیدرولیک آسیب وارد میشود.

از عملکرد فوق میتوان دریافت که پمپها صرفا مولد جریان سیال بوده و سطح فشار ایجاد شده به میزان بار مقاومی که بایستی توسط عملگر سیستم بر آن غلبه شود بستگی دارد. طرح و نوع پمپهای استفاده شده در هواپیما به احتیاجات عملیاتی در شرایط مختلف پروازی بستگی دارد.

#### *جابجایی مثبت و غیرمثبت* *Positive & Non-positive Displacement*

در پمپهای با جابجایی غیرمثبت، به دلیل وجود لقی زیاد بین پره های دوار و پوسته ثابت، میزان جریان خروجی پمپ علاوه بر سرعت دورانی محور، به مقدار مقاومت خارجی سیستم نیز بستگی دارد و سیال متمایل به حرکت در جهتی است که با مقاومت کمتری مواجه گردد.

هزینه پایین تولید و نگهداری، سادگی عملکرد، صدای کم و توانایی پمپ نمودن تقریبا همه نوع سیال ( بدون آسیب رسیدن به اجزا داخلی آن ) را میتوان از مزایای این نوع پمپ به حساب آورد.

در پمپهای با جابجایی مثبت که در صنعت هیدرولیک کاربرد وسیعی دارند، به ازا هر دور چرخش محور پمپ، مقدار مشخصی سیال به سیستم هیدرولیک ارسال شده و توانایی غلبه بر فشار حاصل از بار مکانیکی سیستم و همچنین مقاومت ایجاد شده در مقابل جریان سیال بر اثر اصطکاک را دارا میباشد.

مزایای پمپهای با جابجایی مثبت در مقایسه با پمپها با جابجایی غیرمثبت:

- توانایی کار در فشارهای بالا ( تا *10000 psi* و بالاتر )
- ابعاد کوچک و فشرده.
- بازده حجمی بالا.
- تغییر جزئی بازده در محدوده فشار طراحی شده.
- انعطاف پذیری ( میزان خروجی آن با توجه به نیاز سیستم میتواند متغییر باشد ) .

در یک تقسیم بندی کلی، پمپهای مورد استفاده در هواپیما به صورت زیر رده بندی میشوند:

۱ -پمپهایی که به کمک دست کار میکنند و به نام *Hand pump* معروفند.

۲ -پمپهایی که با متعلقات موتور درگیر بوده و توسط آنها میچرخند و به نام *Engine driven pump* معروف بوده و *Main pump* نامیده میشوند.

۳ - پمپهایی که جهت اطمینان در اعمال سیستم به هنگام از کار افتادن پمپهای اصلی به کار میروند و به *Auxiliary pump* معروفند و محور آنها توسط الکتروموتور به حرکت درمی آید.

### ***Hand Pumps***

این نوع پمپها اصولا به دو صورت کلی زیر وجود دارند :

#### *Single acting hand pump*

این نوع پمپ به علت اینکه در هر حرکت رفت و برگشت *( 2 Stroke )* فقط یکبار روغن را جهت بالا بردن فشار تحویل سیستم میدهد به *Single Act* معروف است. این پمپ از دو *Check valve* (ورودی و خروجی) به همراه یک پیستون و دسته مربوطه، دو مجاری ورودی و خروجی و منفذی جهت ارتباط پشت پیستون با هوای آزاد *( Vent )* تشکیل شده است.

هنگامی که با حرکت دسته، پیستون به سمت راست حرکت میکند، حالت مکش درون سیلندر ایجاد شده و روغن با غلبه بر نیروی فنر *Check valve* ورودی، وارد پمپ میگردد. هنگامی که پیستون به منتهی الیه حرکت خود رسید چون دیگر مکشی وجود ندارد، فنر، *Check valve* ورودی را میبندد. در طول این مدت *Check valve* خروجی نیز با نیروی فنر بسته میباشد. با حرکت پیستون به سمت چپ، فشار روغن داخل سیلندر افزایش یافته و بر نیروی فنر *Check valve* غلبه نموده، آن را باز میکند و روغن از طرف مجرای خروجی تحویل سیستم میشود.

این پمپ به علت اینکه در کار سلیندر عمل کننده وقفه ایجاد مینماید و باعث حرکت ضربه ای آن میشود، در صنعت هواپیمایی استفاده چندانی ندارد. دیگر معایب این پمپ عبارتند از:

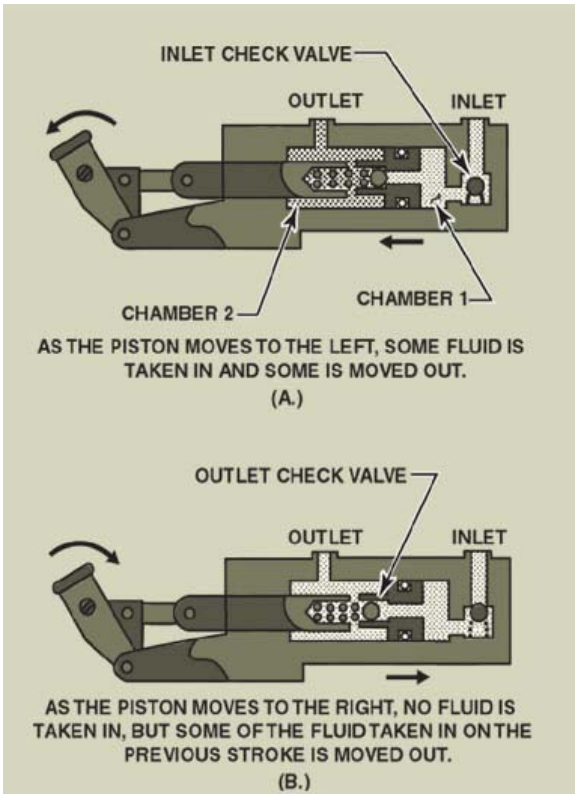
- اگر رینگهای پیستون ساییده شوند فشار بالا نرفته و دستک به آسانی حرکت میکند.
- اگر رینگهای پیستون تابیده شونده، *(Bind )* ، پیستون به سختی در داخل سیلنر خود حرکت میکند. این حالت در صورتیکه منفذ هوا نیز گرفته شود رخ میدهد.
- اگر *Check valve* خروجی اشتباه نصب شود، فشار در سیستم بوجود نمی آید. همین مورد درباره *Check valve* ورودی، عمل نیمه تمام سیستم را به دنبال خواهد داشت.

#### *Double acting hand pump*

این نوع پمپها قادرند در هر حرکت رفت یا برگشت *( Stroke )* یک بار روغن را تحویل سیستم دهند که در این صورت در یک سیکل کامل ( حرکت رفت و برگشت ) دو بار روغن تحویل سیستم میشود لذا فشار سیستم به طور یکنواخت بالا خواهد رفت و دیگر حالت ضربانی *Single Act* را ندارد. یکی از اینگونه پمپها به *H.P. Piston rod displacement* معروف میباشد.

قطعات این پمپ دقیقا مانند نوع قبل بوده با این تفاوت که ساختار داخلی آن متفاوت میباشد. با حرکت دسته پیستون به سمت چپ و به دنبال آن حرکت پیستون به سمت چپ، با ایجاد حالت مکش، روغن با غلبه بر نیروی فنر *Check valve* ورودی، وارد فضای جلوی پیستون میگردد. در طی مدت حرکت پیستون به سمت چپ، روغن موجود در پشت پیستون از طریق مجرای خروجی به سیستم تحویل میشود. در این حالت *Check valve* روی پیستون با نیروی فنر آن بسته میباشد.

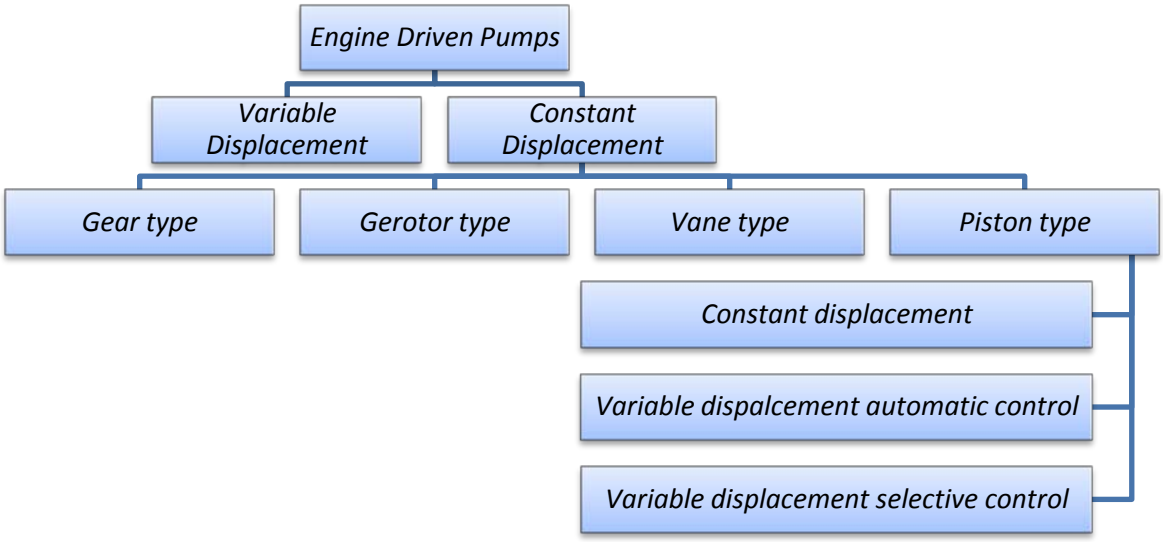
با حرکت پیستون به سمت راست، فشار در قسمت جلوی پیستون افزایش یافته و بر نیروی فنر *Check valve* روی پیستون غلبه کرده و رغن به پشت پیستون راه میابد. نکته ای که باید در این حالت توجه داشت این است که با توجه به وجود داشتن دسته پیستون در سمت چپ، اختلاف حجمی با سمت راست پیستون بوجود می آید. حال با انتقال روغن به پشت پیستون، چون حجم پشت پیستون کمتر از جلوی آن است، مقدار اضافی روغن از طریق مجرای خروجی تحویل سیستم میشود و مابقی با قیمانده در پشت آن در *Stroke* بعدی تحویل سیستم میشود و به این ترتیب از ایجاد حالت ضربانی جلوگیری میشود.




شکل (۱-۱۴) – شماتیک یک Double Acting Hand Pump

### پمپهای اصلی *Main Pumps*

این پمپها باید قادر باشند مقادیر حجمی معینی روغن، تحت فشار مورد نظر برای عمل نمودن مصرف کننده ها در شرایط مختلف پروازی ایجاد کنند. پمپهای اصلی را میتوان به صورت کلی زیر تقسیم بندی نمود:




نمودار (۱-۱ ) – تقسیم بندی پمپ ها

پمپهای *Constant displacement* به ازا هر دور محور پمپ، مقدار ثابت و حجم معینی روغن به سیستم میفرستند. از اینرو مقدار روغن تحویلی به سیستم با دور موتور متفاوت خواهد بود. لذا جهت تنظیم فشار در حد معین، از *Pressure Regulator (PR)* استفاده میگردد که ممکن است به صورت *Pressure External Regulator* بوده و در خط فشار سوار شده و مقدار فشار اضافی را به خط برگشت منتقل میکند و یا آنکه جز ساختار داخلی پمپ بوده *( Internal Pressure Regulator )* که زودتر بار اضافی را از روی پمپ برمیدارد.

پمپهای نوع *Variable displacement* میزان فشار و بازدهی روغن به سیستم را با توجه به نیاز سیستم به صورت خودکار تنظیم میکنند. در این پمپها، تغییر فشار به صورت خودکار بوسیله مکانیزمهایی که در آنها وجود دارد انجام میگیرد.

### *Gear Type*

این نوع پمپها بدلیل برخورداری از طرحی ساده، ابعاد کوچک و فشرده و قیمت ارزان، در سیستمهای هیدرولیک با فشار کم تا فشار متوسط دارای مصرف عام میباشند اما به دلیل کاهش شدید بازدهی این نوع پمپها در اثر ساییدگی، مخارج تعمیر و نگهداری زیادی را به همراه دارند.

این پمپ از پوسته ای که دارای دو مجرای ورودی و خروجی میباشد به همراه دو چرخ دنده که از خارج با یکدیگر درگیر میباشند*( Externally Engaged )* ، تشکیل شده است. یکی از این چرخ دنده ها توسط موتور به گردش در می آید که به آن *Drive Gear* گفته میشود و چرخدنده دیگر که به واسطه حرکت آن به حرکت در می آید و به آن *Driven Gear* و یا *Idler Gear* گفته میشود.

فضای بین دندانه ها، پوسته و صفحات جانبی، محفظه ای از روغن را تشکیل میدهند. در ناحیه ای که دندانه ها از یکدیگر خارج میشوند و حجم محفظه افزایش میابد و به علت کاهش فشار و ایجاد مکش، روغن از قسمت ورودی وارد فضای بین دندانه ها میشود. ناحیه تخلیه در قسمتی قرار دارد که دندانه ها با یکدیگر درگیر

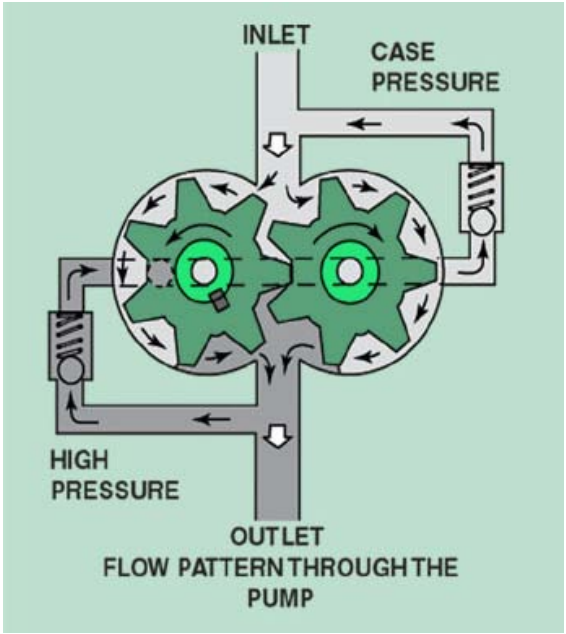
میشوند. در نتیجه کاهش حجم بوجود آمده در این ناحیه و بدلیل آب بندی داخل پمپ در مقابل نشتی، روغن به سمت مجرای خروجی رانده میشود.

در اثر ساییدگی دندانه ها و پوسته ممکن است معایب زیر آشکار گردند:

- هرگاه فاصله بین دندانه ها و پوسته از حد استاندارد ان بیشتر شود، فشار خروجی کاهش میابد.
- هرگاه فاصله بین دنده های دو چرخ دنده ( *Back Lash* ) از مقدار معینی کمتر شود، نه تنها فشار سیستم بالاتر نرفته بلکه کارکرد پمپ با سر و صدا توام میگردد.

که میتوان با تجزیه و تحلیل رسوبات روی فیلترهای سیستم به نقایص فوق پی برد.

نکته ای که باید توجه داشت این است که با افزایش فشار هیدرولیک، در صورتی که هیچ عملگری عمل نکند، *Pressure Regulator* ، میزان فشار اضافی را به خط برگشت هدایت میکند. حال اگر *Pressure Regulator* عمل ننماید، در اینصورت با گذشتن فشار از حد معینی، هر دو چرخ دنده از حرکت باز می ایستند و چون یکی از آنها با موتور درگیر میباشد باعث وارد آمدن فشار بر موتور میگردد. لذا برای جلوگیری از این امر، قسمت بالای محور– بین پمپ و جعبه دنده انتقال نیری پمپ – مقداری نازکتر درنظر گرفته شده که درنتیجه تاب تحمل نیروی کمتری را دارد.




شکل (۱-۱۵) – شماتیک یک Gear Pump

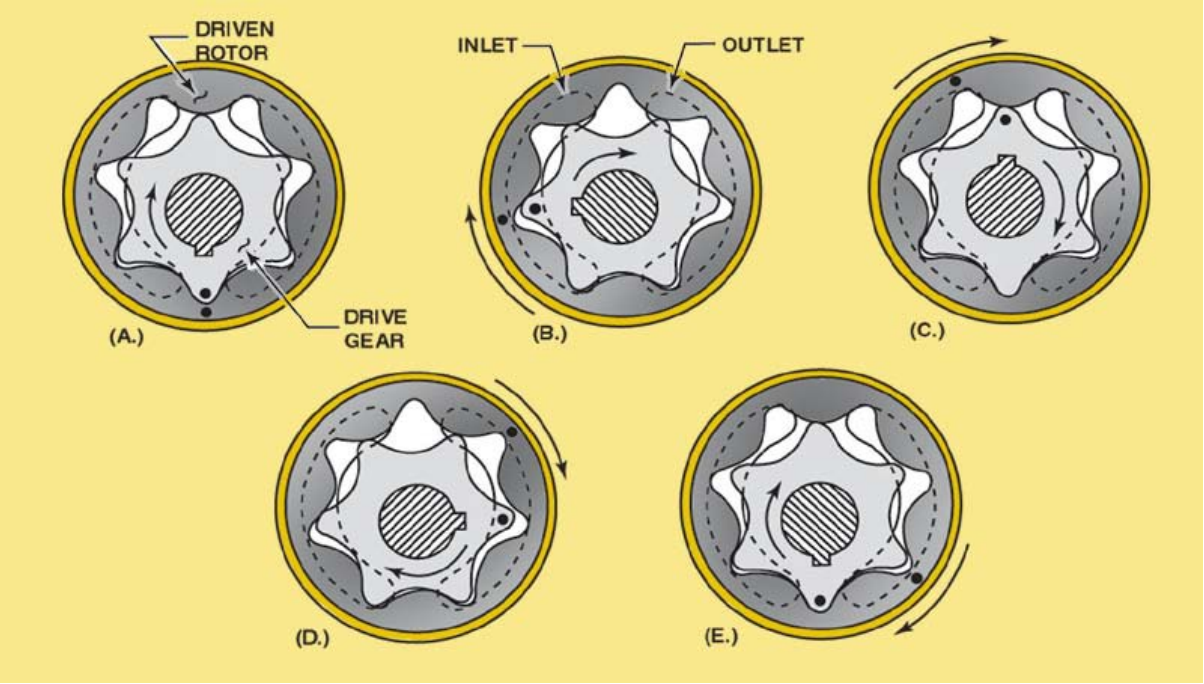
هنگامی که نیروی پیچشی موتور در مقابل مقاومت چرخ دنده ها ( برای چرخیدن ) از حد معینی فراتر رفت، محور از این مقطع بریده میشود و دیگر نیروی بازدارنده اضافی بر موتور وارد نمیشود. لازم به ذکر است در این حالت دیگر پمپ فشاری تولید نمیکند. جهت چرخش محور در پمپهای دنده ای، توسط سازنده مشخص میگردد و در صورت عدم رعایت جهت صحیح، مجاری ورودی و خروجی عوض میشوند و این امر ممکن است خرابی پمپ را در پی داشته باشد. البته بعضی از انواع را میتوان در هر دو جهت استفاده نمود.

### *Gerorot Type*

این پمپ به ندرت در سیستم هیدرولیک به کار میرود و بیشتر در سیستم روغنکاری موتورهای جت از آن استفاده میشود. عملکرد آن بسیار شبیه به عملکرد پمپ دنده ای میباشد. این پمپ از دو چرخ دنده ای که از داخل با یکدیگر درگیر بوده *( Internally Engaged )* به همراه یک پوسته با دو مجرای ورودی و خروجی که به شکل هلال بر روی چرخ دنده ها میباشد، تشکیل شده است.

پوسته نسبت به جداره خارجی پمپ به صورت خارج از مرکز *( Off Center )* نصب میگردد که این عمل سبب میشود در هنگام گردش محور پمپ، حجم های متفاوتی ایجاد گردد. با توجه به شکل به هنگام گردش پمپ در جهت عقربه های ساعت، محفظه سمت چپ ( بین دو دنده علامت گذاری شده ) ازدیاد حجم پیدا کرده و در نتیجه روغن به درون آن کشیده میشود. در ادامه چرخش در قسمت **C** حجم محفظه به حداکثر رسیده و با مداومت در چرخش چرخ دنده ها، همین روغن، در سمت راست با کاهش حجم محفظه به خروجی پمپ هدایت میشود که با توجه به ثابت بودن حجم لوله ها باعث ازدیاد فشار میگردد.

این پمپ هم به شکل *Single Stage* و هم به شکل *Multi Stage* ساخته میشود که در مورد دوم خروجی طبقه اول، ورودی طبقه دوم میباشد. این پمپ در فشار کم – *Low Pressure* – استفاده میشود و در سیستم هیدرولیک هواپیما کاربردی ندارد.




شکل (۱-۱۶) – چگونگی عملکرد Gerotor

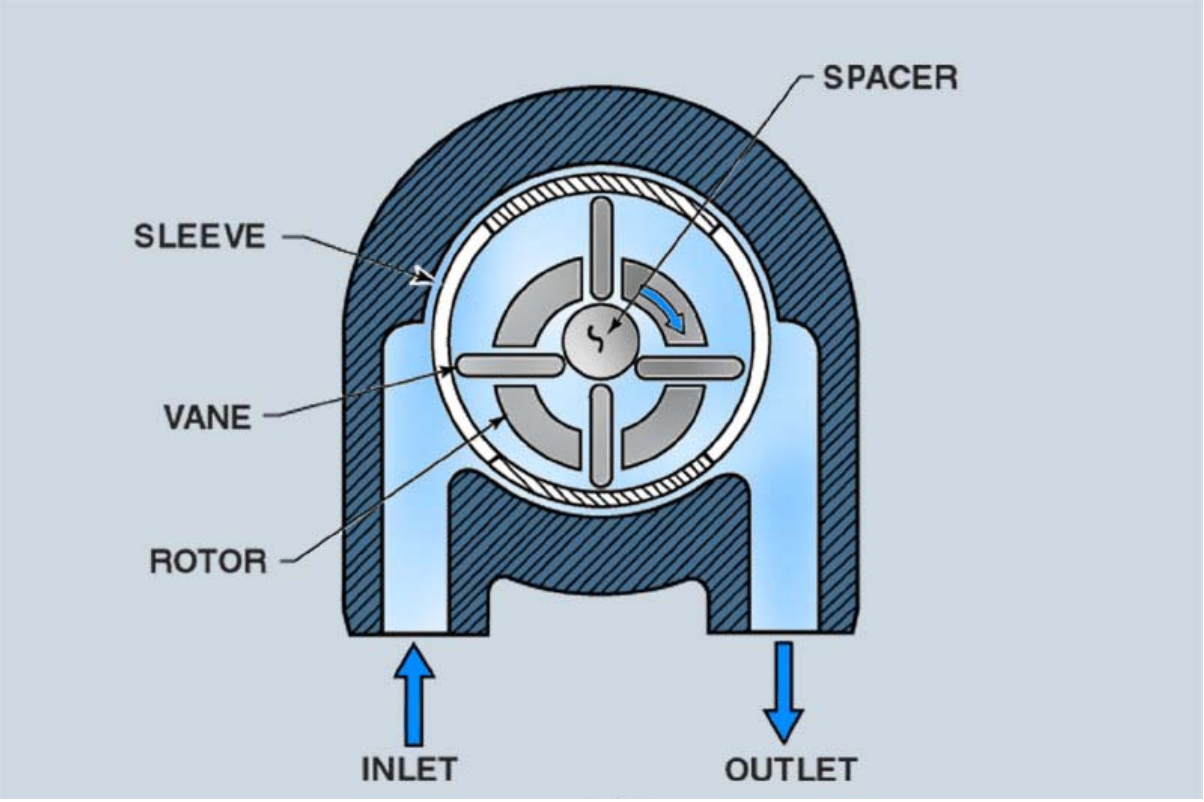
### *Vane Type*

در برخی از سیستمهای هیدرولیک صنعتی که به فشار احتیاج نیست و تنها نیاز به انتقال حجم زیادی از سیال میباشد از این نوع پمپ استفاده میشود.

این پمپ به نام پره ای معروف بوده و از سیلندری ( از جنس فولاد برای دوام عمر ) به نام *Sleeve* تشکیل شده که چرخدنده ای به نام *Rotor* در درون سیلندر به صورت خارج از مرکز قرار گرفته و دارای چهار شکاف عمود بر هم میباشد و درون این شکافها، پره ها قرار میگیرند. با چرخش *Rotor*، این پره ها بر اثر نیروی گریز از مرکز با *Sleeve* تماس پیدا نموده وچون خارج از مرکز میباشند، فضاهای متفاوتی را ایجاد میکنند.

به هنگام گردش *Rotor* ، فضای بین پره ها و قسمت *Inlet* افزایش یافته و روغن وارد آن میگردد. همین فضا در ادامه گردش کاهش یافته و در قسمت *Outlet* ، روغن تحویل خروجی داده میشود.

این پمپ به ندرت در سیستم هیدرولیک استفاده میشود. موارد استفاده آن بیشتر در سیستم نیوماتیک و مکش ( جهت نشان دهنده هایی مانند جایروهای هواگرد و تولید فشار منفی برای کنترل *Outflow Valve* در سیستم *Pressurization*) و در برخی موارد به عنوان پمپ سوخت از آن استفاده میشود.




شکل (۱-۱۷) – شماتیک یک Vane Type Pump

### *Piston Type*

همانطوریکه قبلا نیز گفته شد، این پمپ به دو صورت *Constant displacement* و *Variable displacement* میباشد که نوع دوم خود به دو صورت *Automatic* و *Selective* طراحی گردیده است. این نوع پمپ در سیستمهای هیدرولیک که احتیاج به فشار و ظرفیت بالایی باشد استفاده میگردند. این پمپها با توجه به دارا بودن بالاترین نسبت توان به وزن، از کارآمدترین و گرانترین انواع پمپها

بوده و در صورت آب بندی دقیق پیستونها، میتوانند بالاترین بازدهی را داشته باشند. در این پمپها جریان معمولا بدون ضربان بوده و به دلیل اعمال نشدن بار جانبی بر پیستونها، دارای عمر طولانی میباشند.

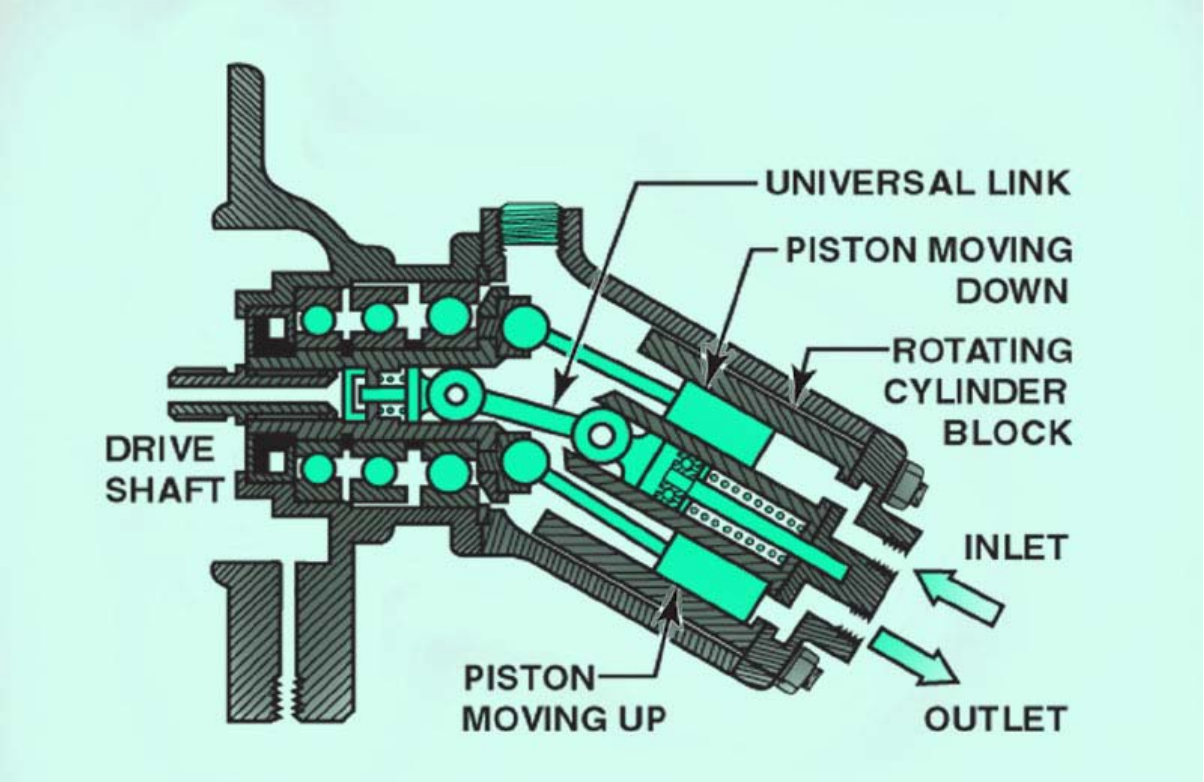
### *Constant displacement*

این پمپ در هر دور محور خود مقدار ثابتی روغن را تحویل سیستم میدهد. از اینرو با افزایش دور موتور، خروجی پمپ نیز افزایش یافته لذا برای تنظیم فشار به یک *Pressure Regulator* نیاز دارد.

قطعات این پمپ عبارتند از تعدادی سیلندر فرد ( معمولا ۹ یا ۷ سیلندر ) متصل به هم که به آن *Cylinder Block* گویند و به همراه تعدادی پیستون که در درون این سیلندرها حرکت رفت و برگشتی دارند و مجموعه این سیلندر و پیستون با یکدیگر دارای حرکت دورانی میباشند. این مجموعه توسط رابطی به نام *Universal Link* به محور پمپ متصل بوده و با آن میچرخند. پیستونها توسط شاتون هایی *(Piston connecting rod)* به صفحه ای به نام *Face Plate* متصل میباشند که این صفحه نیز به محور پمپ متصل بوده و با آن میگردد. چون محور پمپ با *Cylinder Block* زاویه ثابتی میسازد، با چرخش محورمذکور، علاوه بر گردش مجموعه سیلندر و پیستون، باعث میشود پیستونها در درون سلیندرها حرکت رفت و برگشتی نیز داشته باشند.

به علت زاویه بین *Cylinder Block* و محور پمپ، عملا تعدادی از سیلندرها در *BDC* میباشند درحالیکه تعدادی از آنها در *TDC* میباشند. با شروع گردش پمپ و در نیم دور اول، تعدادی از پیستونها از *TDC* به سمت *BDC* حرکت مینمایند درحالیکه تعدادی از آنها از *BDC* به *TDC* شروع به حرکت میکنند. صفحه ای به نام *Valve Plate* به همراه دو شکاف هلالی شکل ( ورودی و خروجی ) انتهای سیلندرها را پوشانده و لذا همواره تعدادی از سیلندرها در مقابل مجرای خروجی و تعدادی در مقابل مجرای ورودی قرار میگیرند.

هنگامی که پیستونها به سمت پایین حرکت میکنند، باعث کشیده شدن روغن به درون سیلندر شده و در نیم دور بعدی گردش هنگامی که سیلندر در مقابل مجرای خروجی قرار گرفت، همزمان با آن پیستون بالا آمده و روغن را تحویل خروجی میدهد.




شکل (۱-۱۸) – نمونه ای از یک پمپ با جابجایی ثابت

تعداد سیلندرها و پیستون ها فرد بوده و از ۵ تا ۱۳ متغییر میباشدبه طور مثال اگر پمپی دارای ۷ سیلندر باشد، در هر زمان سه سیلندر آن در حال مکش، سه سیلندر آن در حال تراکم و یکی به حالت خ ( *Neutral* ) میباشند.

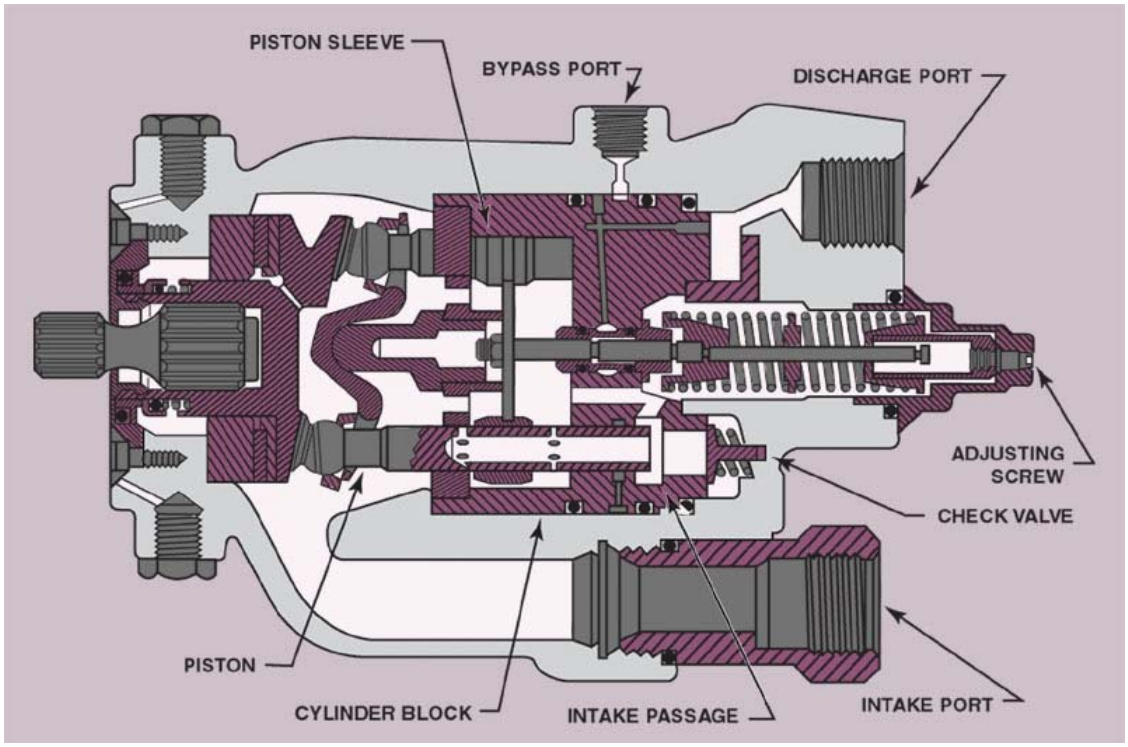
چون تعداد سیلندرهایی که تولید کننده فشار هستند با تعداد سیلندرهایی که در حال مکش هستند برابر است، لذا حالت تعادل به وجود می آید و کار بازدهی روغن همواره یکنواخت خواهد بود.

با تغییر زاویه *Cylinder Block* و محور پمپ، میزان خروجی پمپ متفاوت خواهد بود بطوریکه اگر این زاویه صفر یا ۱۸۰ گردد، هیچگونه مکش و یا فشاری وجود نخواهد داشت و پمپ تنها به عنوان یک قطعه اتصال دهنده سیستم عمل خواهد نمود.

### *Variable displacement Automatic Control*

قطعات و طرز کار این پمپ همانند نوع قبلی بوده و تنها تفاوت آن در این است که مکانیزمی در آن به کار رفته است تا زاویه میان محور پمپ و *Cylinder Block* با توجه به نیاز سیستم تغییر کرده تا همواره فشار در حد نیاز در سیستم تامین گردد. این پمپ از دو قسمت تهیه کننده فشار و کنترل کننده فشار تشکیل شده است و لذا نیازی به*Pressure Regulator* ندارد. در این پمپ *Cylinder Block* روی یک قطعه نعلی شکل ( *Yoke* ) که به کمک یک سیلندر عمل کننده حرکت مینماید قرار گرفته و به کمک آن زاویه میان *Cylinder Block* و محور پمپ تنظیم میگردد. حرکت سیلندر عمل کننده توسط قطعه ای به نام *Compensator Valve* تنظیم میگردد.

هنگامی که فشار سیستم از *3000 psi* تجاوز نماید، این قطعه افزایش فشار را به صورت اتوماتیک حس نموده و روغن هیدرولیک را به صورت خط فرمان به سیلندرعمل کننده مربوطه هدایت میکند که باعث حرکت *Yoke* و نتیجتا کم شدن زاویه *Cylinder Block* میگردد. لذا بازده خروجی پمپ کاهش یافته و فشار به حد مطلوب میرسد. حال اگر بر اثر عمل نمودن یکی از عمل کننده ها، فشار کاهش یابد نیروی فنر *Yoke* باعث برگشتن مکانیزم مذکور به حالت قبل و یا افزایش زاویه میشود. درنتیجه بازده خروجی پمپ مجددا افزایش یافته و فشار مورد نظر تامین میگردد. در واقع میتوان گفت که *Compensator Valve* کار *Pressure Regulator* را انجام میدهد.




شکل (۱-۱۹) – نمونه ای از یک پمپ با جابجایی متغیر

یکی از معروف ترین انواع این انوع پمپها، پمپ *Stratopower* میباشد. در این پمپ مجموعه سیلندر و پیستون ثابت بوده و حرکت پیستونها به سبب چرخش قطعه ای گوه ای شکل به نام *Wedge-Shaped Cam* میباشد. هنگامی که قسمت ضخیم گوه در زیر سیلندر قرار میگیرد، در این حالت پیستون در بالاترین وضعیت *(TDC)* قرار دارد و بالعکس.

### *Variable displacement Selective Control*

این نوع پمپ مشابه پمپهای دارای مکانیزم کنترل فشار اتوماتیک بوده با این تفاوت که دارای مکانیزمی است که آن را به سه حالت *High, Low, Off* در می آورد. این سه حالت توسط سوئیچی که در *Hydraulic Control Panel* قرار دارد به دست می آید.

هنگامی که حالت *High* انتخاب میشود جریان روغنی که در انتهای *Compensator Valve* وجود دارد به صورت اتوماتیک حداکثر فشار را برای *3000 psi* تنظیم میکند.

چنانچه حالت *Low* انتخاب شود روغن زیر پیستون مربوط به *Compensator Valve* از طریق *Drain line* به مخزن وارد شده و در نتیجه حداکثر فشار برای *1500 psi* تنظیم میگردد.
در حالت *Off* زاویه مورد نظر ( *Cylinder Block* و محور گردنده ) به حداقل رسیده و جریان روغن تنها سبب روغنکاری قطعات پمپ میگردد. به این حالت *Feather Position* گفته میشود.

### *Valve*

انرژی سیال هیدرولیک توسط اجزایی که *Valve* نامیده میشوند کنترل میشود. این قطعات از نظر نوع عملکرد به دو دسته کلی شیرهای کنترل جریان و شیرهای کنترل فشار تقسیم میگردند.
شیرهای کنترل جریان به منظور مدیریت بر جهت جریان سیال در مسیرهای ارتباطی مورد استفاده قرار گرفته و تعیین کننده مسیر عبور جریان سیال میباشند در حالیکه شیرهای کنترل فشار به منظور کاهش، تنظیم و محدود نمودن فشار، مورد استفاده قرار میگیرند.

### *Flow Control Valve*

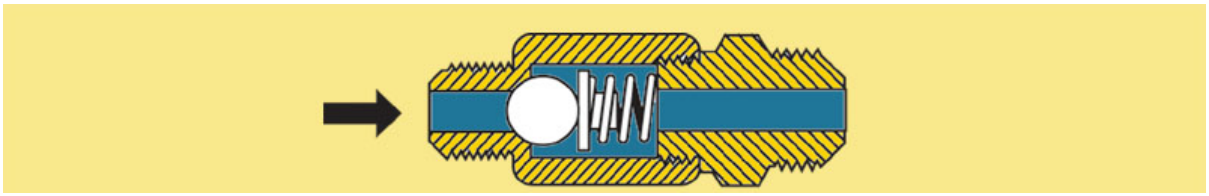
برای عملکرد صحیح سیستم هیدرولیک در جهت منظوری که به خاطر آن طراحی شده است، سیال هیدرولیک در هر بخش سیستم باید به صورت صحیح جریان یابد. انواع شیرهای کنترل جریان عبارتند از :

### *Check Valve*

در بسیاری از موارد در سیستم هیدرولیک احتیاج میباشد که جریان سیال تنها در یک جهت برقرار گردد و از جریان یافتن آن در جهت عکس جلوگیری شود. در اینگونه موارد از *Check Valve* استفاده میشود.
*Check Valve* ها به دو صورت کلی طراحی شده اند تا دو نیاز متفاوت را تامین نمایند.
در نوع اول یک قطعه مستقل همراه با دیگر قطعات سیستم عمل مینمایند و به صورت *Inter-connect* به دیگر قطعات متصل میباشد. به این نوع طراحی اصطلاحا *In-line check valve* گفته میشود.
در نوع دوم طراحی، *Check Valve* به خودی خود یک قطعه کامل نمیباشد زیرا دارای پوسته ای مشخص برای خود نبوده و معمولا بخشی از یک قطعه اصلی میباشند که دارای پوسته مشترک با قطعه مورد نظر میباشد. این نوع به نام *Integral check valve* معروفند.
*Check Valve* ها از یک فنر ضعیف و یک سوپاپ جهت بسته نگه داشتن مجرا استفاده میکنند. در جهت حرکت آزاد، نیروی فشار سیال به راحتی بر نیروی فنر ( که حدود *5 psi* میباشد ) غلبه نموده و جریان میابد درحالیکه در جهت مخالف با افزایش فشار، نیروی فشارنده روی سطح مقطع سوپاپ افزایش یافته و با چسبیدن سوپاپ بر روی نشیمنگاه مسیر همچنان بسته باقی میماند. برای جلوگیری از اشتباه در جهت نصب *Check Valve* ، جهت آزاد جریان مایع بر روی پوسته با علامت ⟶ مشخص شده است.
عملکرد این قطعه در سیستم هیدرولیک مانند عملکرد دیود در سیستم الکتریکی میباشد.
*In-line check valve* دارای انواع مختلفی به شرح زیر میباشد.

### *Ball-Type Check Valve*

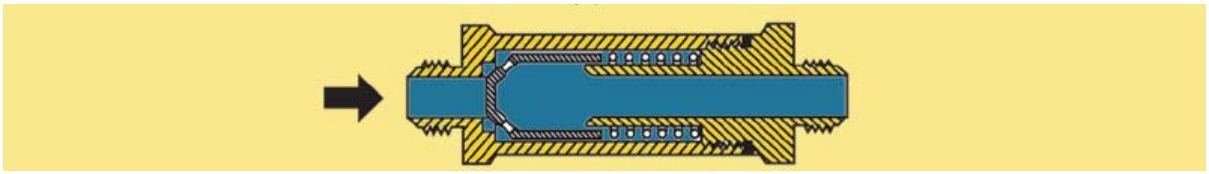
از یک پوسته تشکیل شده که فنری ضعیف گلوله ای را به عنوان عامل مسدود کننده در جای خود نگه داشته است.



شکل (۱-۲۰) – نمونه ای از یک Ball type check valve

### *Cone-Type Check Valve*

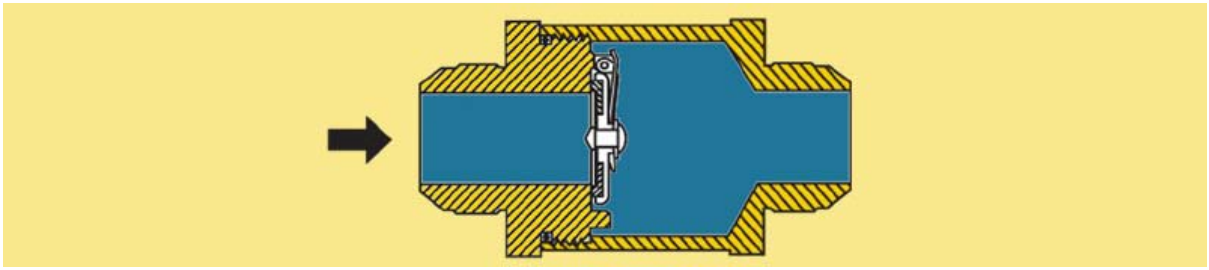
ساختار آن مانند نوع قبلی بوده با این تفاوت که قطعه ای با سطح مقطع ذوزنقه ای شکل عمل مسدود نمودن را از یک طرف انجام میدهد.



شکل (۱-۲۱) – نمونه ای از یک Cone type check valve

### *Swing-Type Check Valve*

در دو نوع قبلی سیال حتی در جهت آزاد *Check valve*، به علت وجود گلوله و یا قطعه ذوزنقه ای شکل به راحتی جریان نمیابد و باید بر نیروی مقاوم فنر غلبه نماید که میزان مقاومت فنر مقدار فشار مورد نیاز برای عبور را تعیین میکند. در واقع سیال بدون فشار قادر به عبور نخواهد بود. اما در برخی موارد تنها فشار به اندازه مورد نیاز برای جریان یافتن سیال آن در جهتی خاص لازم میباشد. در اینگونه موارد از *Swing-Type* استفاده میشود. در این قطعه یک صفحه *( Disk)* عمل مسدود نمودن در یک جهت را انجام میدهد که به کمک یک فنر بسیار ضعیف ( که تنها به عنوان نگه دارنده عمل مینماید) بر سر راه جریان قرار میگیرد.

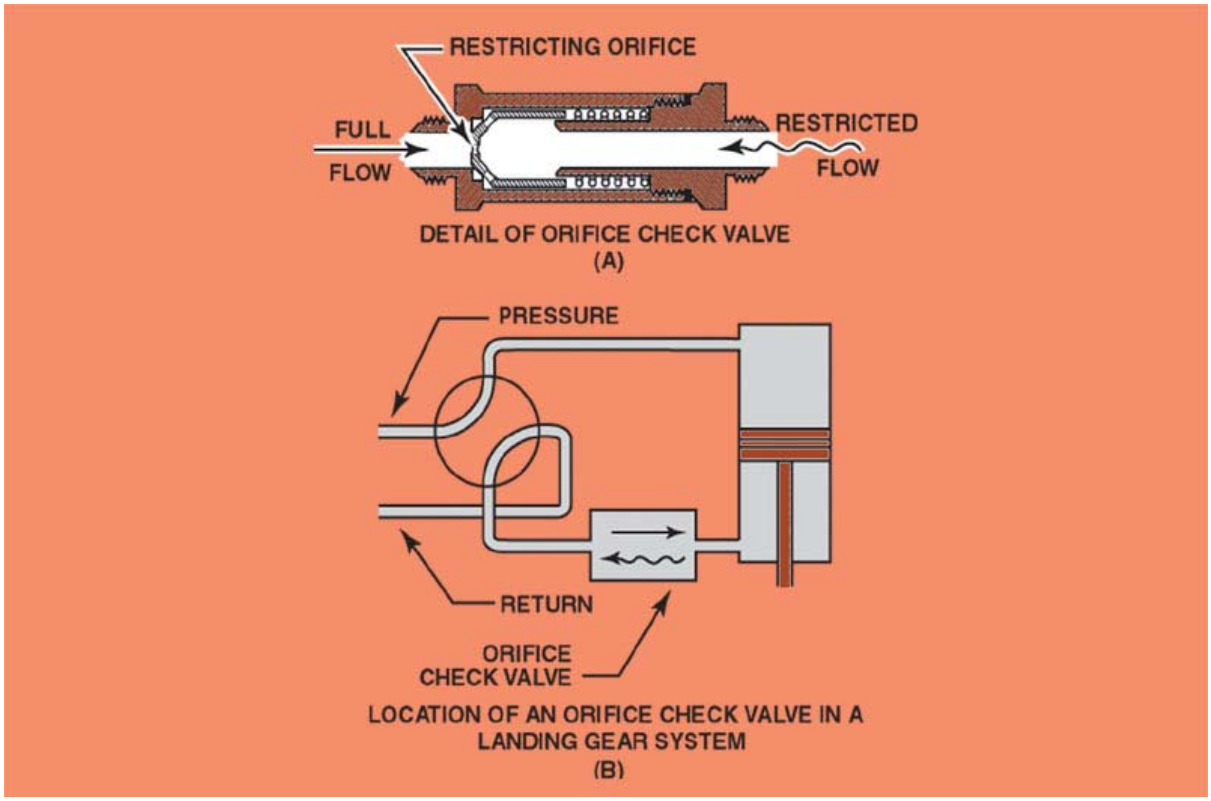


شکل (۱-۲۲) – نمونه ای از یک Swing type check valve

سیال در جهت آزاد به راحتی و بدن هیچگونه مقاومتی عبور میکند اما در جهت عکس با فشردن دیسک به نشیمنگاه باعث بسته شدن مسیر جریان میگردد.

### *Orifice Check Valve*

در عملکرد برخی از قطعات استفاده شده در هواپیما احتیاج میباشد که جریان سیال در یک جهت آزادانه و در جهت دیگر به صورت محدود انجام شود. در این حالت از این نوع Check Valve استفاده میشود. به طور مثال در باز شدن چرخ هواپیما به علت اینکه نیروی وزن خود ارابه فرود نیز به باز شدن آن کمک میکند، لذا باید بدین منظور جریان سیال به صورت محدود شده در اختیار سیلندرهای عملکننده قرار گیرد در غیر اینصورت چرخ با سرعت باز شده و ممکن است به بدنه و محل اتصال ارابه فرود آسیب وارد گردد. اما به هنگام جمع شدن چرخها چون باید بر نیروی وزن غلبه نمود لذا جریان بدون محدودیت به سیلندر عمل کننده متصل میگردد. اگر در جهت نصب Orifice Check Valve اشتباه صورت گیرد، در آنصورت حرکت چرخ به سمت بالا با سرعت کم و حرکت آن به سمت پایین با سرعت زیاد همراه خواهد بود.




شکل (۱-۲۳) – نمونه ای از یک Orifice check valve و محل قرارگیری آن در مدار

### *Snubber Valve*

در بعضی از سیستم های هیدرولیک، این قطعه بعد از *Accumulator* و قبل از *Pressure Gage* قرار گرفته تا از نوسانات نشان دهنده مذکور جلوگیری نماید. این نوسانات حاصل تحویل توام با ضربه روغن پمپ به سیستم میباشند که باعث لرزش عقربه نشان دهنده میشود. با استفاده از این قطعه، نشان دهنده به طور یکنواخت فشار را نشان میدهد.

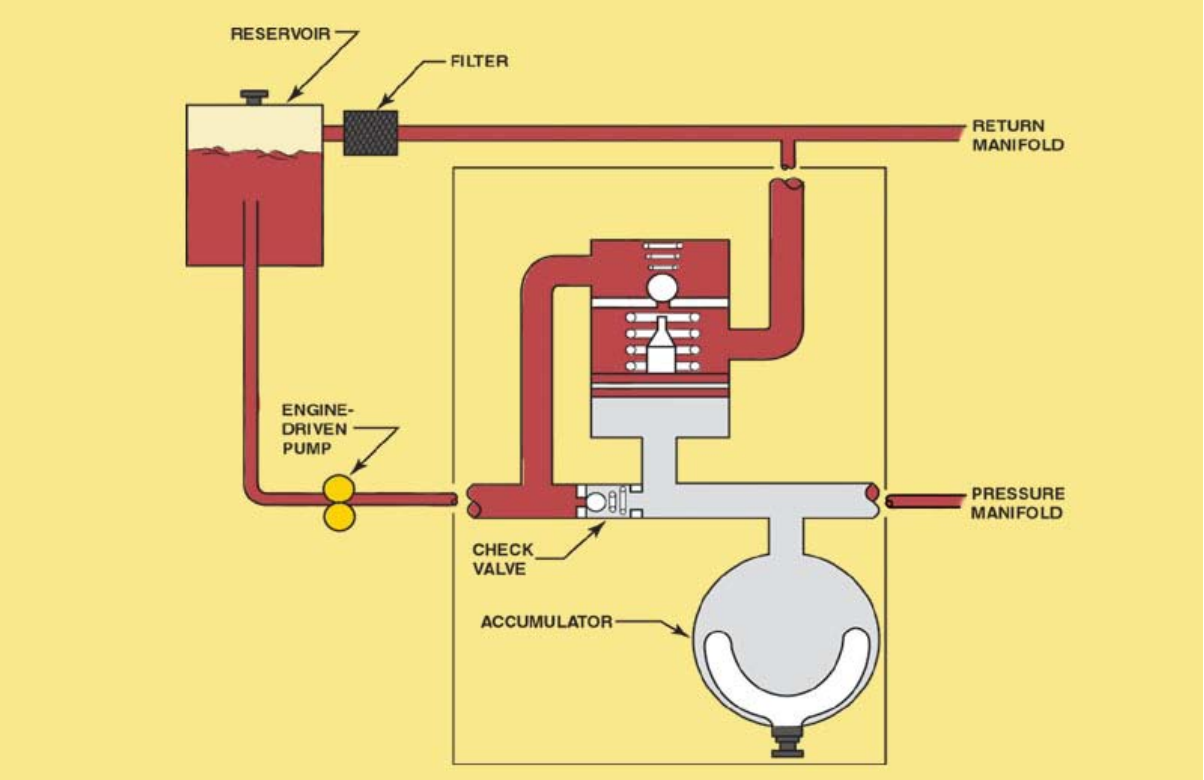
### *Pressure Control Valve*

در یک سیستم هیدرولیک توان خروجی تابعی از فشار و جریان سیال میباشد. لذا در یک روند منطقی به منظور دسترسی به اهداف از پیش تعیین شده، میبایست فشار سیستم در حد مطلوب نگه داشته شود.

انواع کنترل کننده های فشار عبارتند از :

### *Pressure Regulator*

قطعه ای است که در مدارهای دارای پمپهای *Constant Displacement* تعبیه شده تا فشار روغن را در سیستم در حد معینی تنظیم نماید زیرا در این مدار هنگامی که هیچ عمل کننده ای کار نکند، با گردش پمپ، فشار افزایش یافته و در صورت کنترل نشدن موجب آسیب دیدن قطعات مدار هیدرولیک میشود.




شکل (۱-۲۴) – محل قرارگیری Pressure Regulator در مدار هیدرولیک

این قطعه از پوسته ای با سه مجرا، دو *Check Valve* و یک پیستون مجهز به یک *Pin* که فنری روی آن قرار دارد تشکیل شده است. ( مطابق شکل ) این قطعه زمانی عمل مینماید که فشار سیستم از حد تنظیمی فنر روی پیستون بالاتر رود. بدین ترتیب که با بالا رفتن فشار در سیستم، سیال با باز نمودن *Check Valve* ورودی خط سیستم، *Accumulator* را شارژ نموده و به قطعات مورد نظر میرود. همین سیال با توجه به انشعابات نشان داده شده، در زیر و بالای *Balancing Piston* قرار دارد و نیروی فنر باعث بسته ماندن آن میباشد. هنگامی که فشار سیستم از حد تنظیمی بالاتر رود، با غلبه فشار بر نیروی فنر و بالا رفتن پیستون، *Pin* روی آن نیز بالا رفته و باعث باز شدن *Check Valve* خروجی شده، ارتباط خط فشار را با خط برگشت به مخزن برقرار مینماید. در این حالت به علت افت فشار در دهانه ورودی قطعه فشار به همراه فنر *Check Valve*، آن را میبندد. در این وضعیت روغن به تله می افتد و *Accumulator* باعث جبران فشار روغن به منظور استفاده سیستم میگردد. این حالت تا زمانی که عمل کننده مورد نظر حرکتی ننماید، باقی میماند.

با حرکت عمل کننده مورد نظر و افت فشار بعد از *Check Valve* ورودی و زیر پیستون، پیستون مجددا توسط فنر و فشار روی *Ball* روی *Pin* پایین آمده و روغن از مسیر قبلی به سیستم می رود.
فشاری که باعث میشود خروجی پمپ به سیستم راه یابد *Kick-in Pressure* و فشاری که باعث میشود خروجی پمپ به خط برگشت مرتبط شود *Kick-out Pressure* نامیده میشود.

### *Relief Valve*

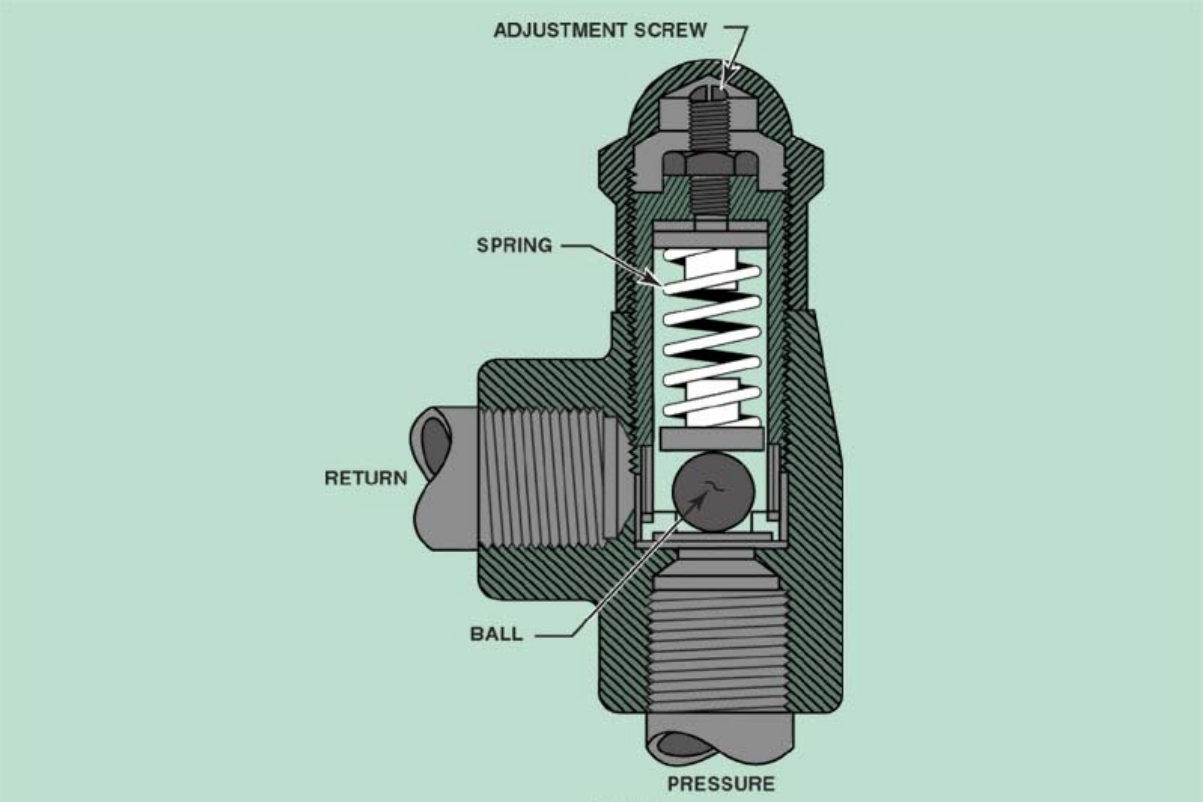
قطعه ای که معمولا بعد از *Pressure Regulator* و به عنوان پشتیبان *( Backup )* آن به صورت موازی قرار گرفته تا در صورت از کار افتادن *Pressure Regulator* به هر دلیل، اجازه ندهد تا فشار از حد تحمل سیستم بالاتر رود. حد تنظیمی آن معمولا *150-250 psi* ( در برخی موارد *500 psi* ) بالاتر از حد تنظیمی *Pressure Regulator* میباشد.
انواع آن از نظر طرح و شکل به صورتهای گوناگون بوده که معروفترین آنها عبارتند از:

### *In-line Relief Valve*

این قطعه دارای سه مجرا بود ه که یکی از آنها برای ورود و دیگری برای خروج و سومی جهت ارتباط با خط برگشت به کار میرود. برای تنظیم فشار از یک پیستون به همراه فنر استفاده میشود که میزان فشار توسط قدرت فنر تنظیم میگردد که نیروی فنر مذکور نیز بوسیله یک پیچ تنظیم قابل تغییر میباشد.
در حالت عادی و با کار کردن صحیح *Pressure Regulator* روغن از مجرای ورودی وارد شده و از طریق مجرای خروجی به سیستم میرود. در صورت از کار افتادن *Pressure Regulator* و بالا رفتن فشار بیش از حد تنظیمی فنر، فشار زیر *Ball* باعث حرکت پیستون بر علیه فنر پشت آن شده و مجرای ورودی را به خط برگشت ارتباط میدهد و با کاهش فشار، فنر باعث برگشت مجدد پیستون می شود و روغن دوباره مسیر عادی خود را طی میکند.
باید توجه داشت که باز و بسته شدن این قطعه در سیستم تولید *Shock* یا *Surge* ( فشار ناگهانی ) نموده که چون خیلی سریع اتفاق می افتد، قابل چشم پوشی است. از این قطعه معمولا در سیستمهای *High Pressure* استفاده میشود.

### *Bypass Relief Valve*

این قطعه که به صورت نرمال بسته است، دارای دو مجرا میباشد و بین خط سیستم و خط برگشت قرار میگیرد. در برخی هواپیماهای کوچک تنها عامل تنظیم فشار میباشد و این نوع هواپیماها *Pressure Regulator* ندارند.
از یک گلوله فلزی با فنر روی آن جهت کنترل فشار استفاده میشود. با بالارفتن فشار بیش از حد تنظیمی فنر، گلوله فلزی از جای خود بلند شده و مسیر فشار به مسیر برگشت متصل میشود.
در این نوع کنترل کننده اگر جرمی در زیر گلوله قرار بگیر، فشار سیستم به دلیل نشتی درونی بالا نمیرود.




شکل (۱-۲۵) – شماتیکی از یک Bypass Relief Valve

### *Thermal Relief Valve*

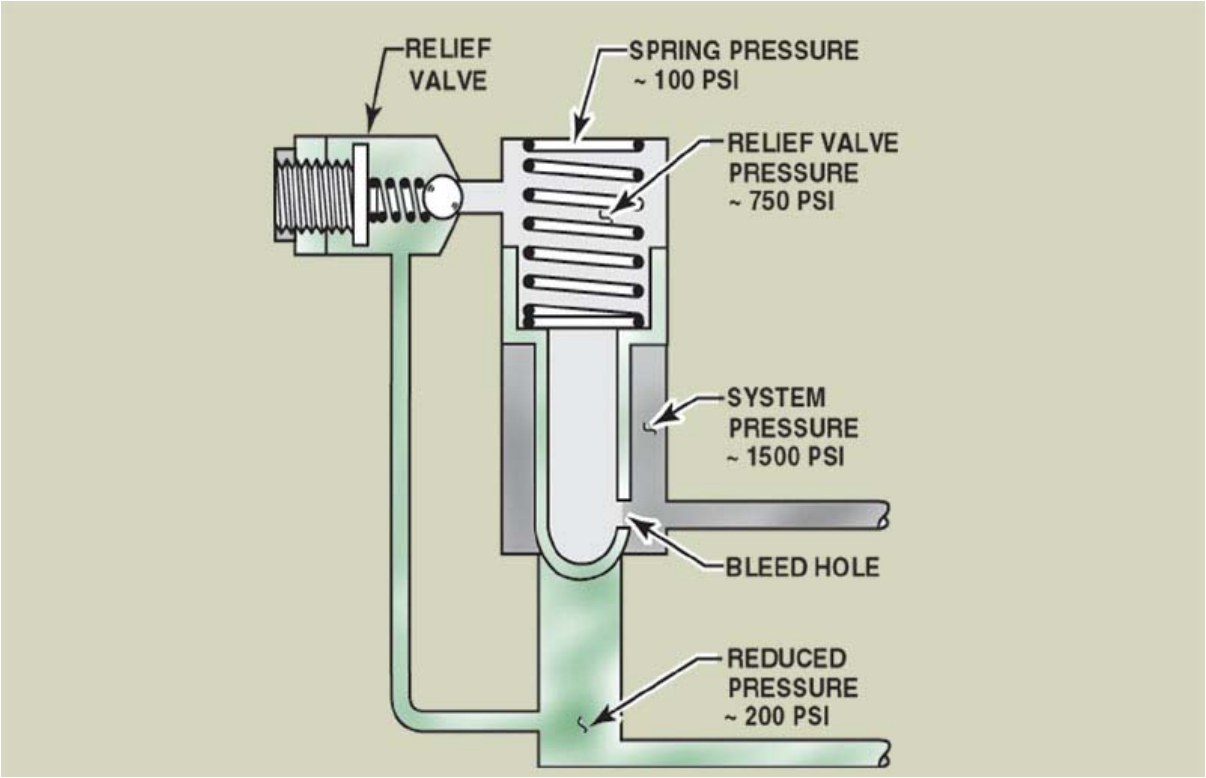
از نظر شکل مانند انواع قبلی بوده فقط کاربرد آن در مکانهایی است که روغن هیدرولیک به تله افتاده و ازدیاد درجه حرارت باعث ایجاد فشار در حجم ثابت میشود. مورد استفاده این نوع *Relief Valve* در سیستمهای مصرف کننده ای چون فلاپها، ارابه فرود و ... میباشد.

***نکته ای که در مورد تنظیم کنترل کننده های فشار باید در نظر گرفت این است که بایستی قطعه ای که فشار بیشتری را تحمل مینماید را اول و روی فشار بالاتری تنظیم نمود. بنابراین ابتدا Thermal Relief Valve سپس System Relief Valve و در آخر Pressure Regulator را تنظیم مینماییم.***

### *Pressure Reducing Valve*

نوع دیگری از قطعات کنترل کننده فشار بوده که به منظور کاهش سطح فشار تا یک حد معین در مواضع خاصی از مدار، مورد استفاده قرار میگیرند. چون بعضی مصرف کننده ها در سیستم هیدرولیک احتیاج به فشار کمتری جهت عمل نمودن دارند. به طور مثال برای بالا بردن چرخها فشار بیشتری نسبت به پایین آوردن آنها لازم است لذا برای این منظور از قطعاتی که سبب تقلیل و کاهش فشار میشوند استفاده میگردد.

این قطعات انواع مختلفی دارند. یکی از انواع مرسوم آن شامل پوسته ای با سه مجرا است که یکی از مجاری به فشار سیستم، دیگری به خط برگشت و سومی به مصرف کننده مرتبط میشود. فشار فنر توسط پیچ تنظیم آن، مطابق با مقدار مورد نظر تنظیم میگردد. هنگامی که فشار سیستم برای مصرف کننده بیش از حد مورد نظر افزایش یابد، با توجه به تنظیم فنر، پیستون حرکت کرده و مسیر فشار را میبندد.




شکل (۱-۲۶) – شماتیکی از یک Reducing Valve

## *Accumulator*

به عنوان یک منبع قدرت ثانویه، با ذخیره انرژی پتانسیل سیال غیرقابل تراکم با تحت فشار قرار دادن یک عامل خارجی مانند فشرده کردن سیال قابل تراکم یا فشرده کردن یک فنر یا ...، میتواند در هنگام نیاز فشار ذخیره شده را در سیستم مورد استفاده قرار دهد. از جمله کاربردهای آن میتوان به موارد زیر اشاره نمود :

- ذخیره نمودن فشار روغن برای زمانی که پمپ از کار می افتد.
- یکنواخت نمودن عملکرد سیستم در هنگام شروع به کار.
- جلوگیری از بوجود آمدن فشار ناگهانی ( *Pressure Surge* ) هنگامیکه فشار و جریان هیدرولیک ناگهانی بالا میرود.
- جلوگیری از عمل نمودن مداوم *Pressure Regulator* در هنگام بوجود آمدن تغییرات فشار.

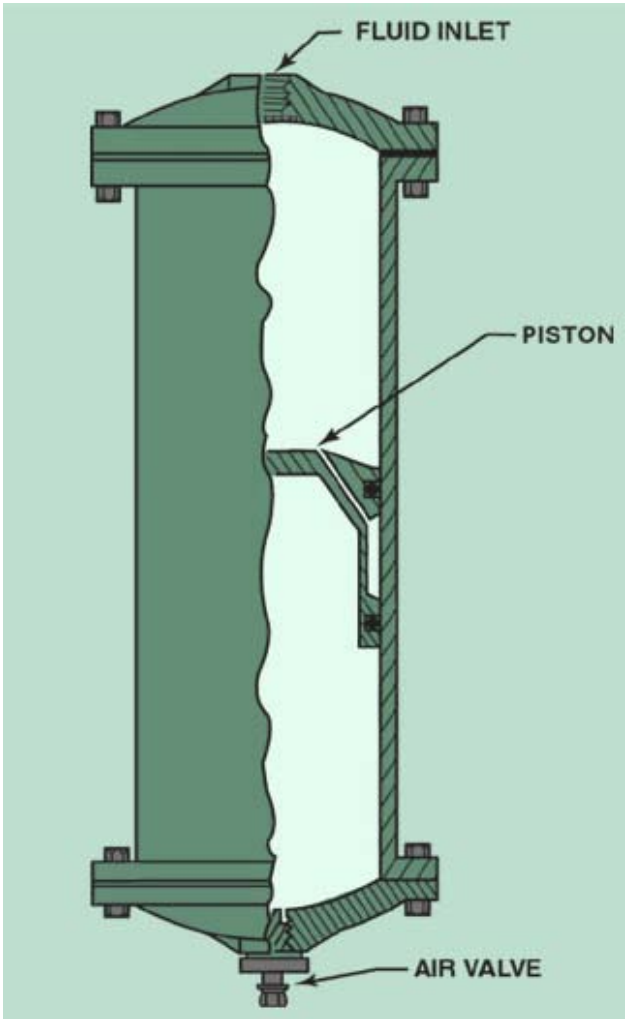
کلیه Accumulator ها شامل یک بدنه بسیار قوی در مقابل فشار بوده که توسط نوعی جدا کننده متحرک به دو قسمت تقسیم شده است. یک قسمت به خط فشار سیستم هیدرولیک و قسمت دیگر با هوای فشرده و یا نیروژن پر میشود. معمولا فشار شارژ هوا یا نیتروژن ۱/۳ تا نصف فشار سیستم میباشد.

### *Piston Type Accumulator*

متداولترین نوع میباشد که از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته است. از پوسته ای استوانه ای شکل که درون آن یک پیستون معلق وجود دارد تشکیل شده است. یک طرف آن به لوله فشار سیستم متصل بوده و طرف دیگر با داشتن یک Valve ، از هوای فشرده و یا نیتروژن پر میشود.

هنگامی که هنوز سیستم تحت فشار روغن قرار نگرفته، پیستون به علت وجود فشار گاز فشرده در طرف دیگر به بالای سیلندر چسبیده است. با بالا رفتن فشار، روغن وارد Accumulator شده، پیستون را به سمت پایین حرکت داده و باعث افزایش فشار هوا ( یا نیتروژن ) میگردد.

زمانی که فشار سیستم به حدی بالا رفت که Pressure Regulator مسیر برگشت را به خط فشار مرتبط نمود و Check Valve مستقر در آن روغن را بین مصرف کننده و خود Pressure Regulator به تله انداخت، در این حالت فشار روغن توسط فشار هوای زیر پیستون Accumulator در حد تنظیمی نگه داشته میشود.



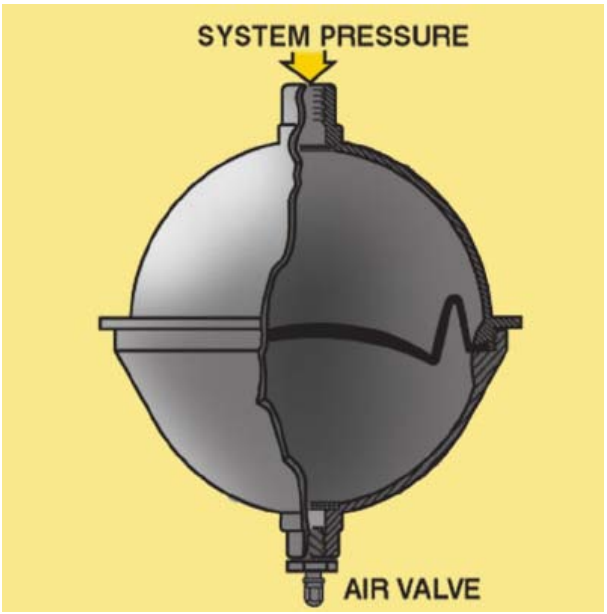

شکل (۱-۲۷) – شماتیکی از یک Reducing Valve

### *Diaphragm Type Accumulator*

این نوع از دو نیمکره فولادی تشکیل شده است که ممکن است به یکدیگر پرچ شده و یا به وسیله پیچ و مهره مرتبط شده تا شکل کره کامل بدست آید درحالیکه در میان این دو قطعه دیافراگمی از جنس لاستیک مصنوعی ( Synthetic Rubber ) وجود دارد.

قسمت بالای آن با فشار سیستم ارتباط دارد و قسمت زیرین آن با هوا و یا ازت شارژ میگردد. با عمل نمودن پمپ، روغن بالای دیافراگم تحت فشار قرار گرفته که هرگاه این فشار از فشار گاز زیر دیافراگم بیشتر شود، دیافراگم به تدریج پایین آمده بطوریکه محفظه گاز با ازدیاد فشار همچنان کم شده و حجم محفظه روغن

هیدرولیک افزایش میابد. در این حالت همواره فشار از طرف مایع و گاز بر روی دیافراگم یکسان بوده و پیوسته یک حالت تعادل فشار بر روی آن وجود دارد.
در عمل هرگاه فشار سیستم کاهش یابد، فشار گاز باعث راندن روغن محفظه به درون سیستم میگردد و در حقیقت این مقدار روغن تحت فشار همواره به شکل ذخیره تا زمانی که تمام حجم داخلی قطعه با رانده شدن دیافراگم توسط گاز اشغال گردد و تمام روغن از *Accumulator* خارج شود، تا حد فشار شارژ اولیه گاز (هوای خشک یا نیتورژن) *Accumulator* در خط فشار وجود دارد.




شکل (۱-۲۸) – شماتیکی از یک Diaphragm type accumulator

### *Bladder Type Accumulator*

این نوع دارای پوسته ای کروی شکل میباشد که درون آن بادکنکی لاستیکی که آن هم کروی شکل است، قرار گرفته است و در محل اتصال آن (گلوگاه) کاملا آب بندی میباشد.
زمانی که *Accumulator* از طریق *Air Valve* شارژ میگردد، این بادکنک کاملا به دیواره آن میچسبد و تمام حجم کره را اشغال میکند. در قسمتی که مجرای روغن به قطعه متصل میشود بادکنک مذکور ممکن است صدمه ببیند زیرا در تماس با دیواره مجرا و ایجاد ساییش امکان دارد مقاومت خود را از دست دهد. لذا برای جلوگیری از این وضعیت، در وسط آن ( محل تماس با مجرا ) صفحه ای فلزی ( *Metal Disc* ) نصب شده تا این نقیصه برطرف گردد.

شکل (۱-۲۹) – شماتیکی از یک Bladder type accumulator

### *Selector Valve*

یکی دیگر از قطعاتی که برای کنترل جهت جریان سیال در سیستم هیدرولیک استفاده میشود *Selector Valve* میباشد که با تغییر وضعیت مکانیزم داخلی آنها، سیال ورودی به هر یک از دهانه های خروجی مورد نظر هدایت میشود.

معمولا از این قطعه جهت هدایت فشار سیستم به یک طرف سیلندر عمل کننده و بازگرداندن روغن طرف دیگر آن به مخزن هیدرولیک، استفاده میشود. به طور مثال برای پایین آوردن و یا جمع نمودن ارابه فرود هواپیما از این کنترل کننده استفاده میشود.

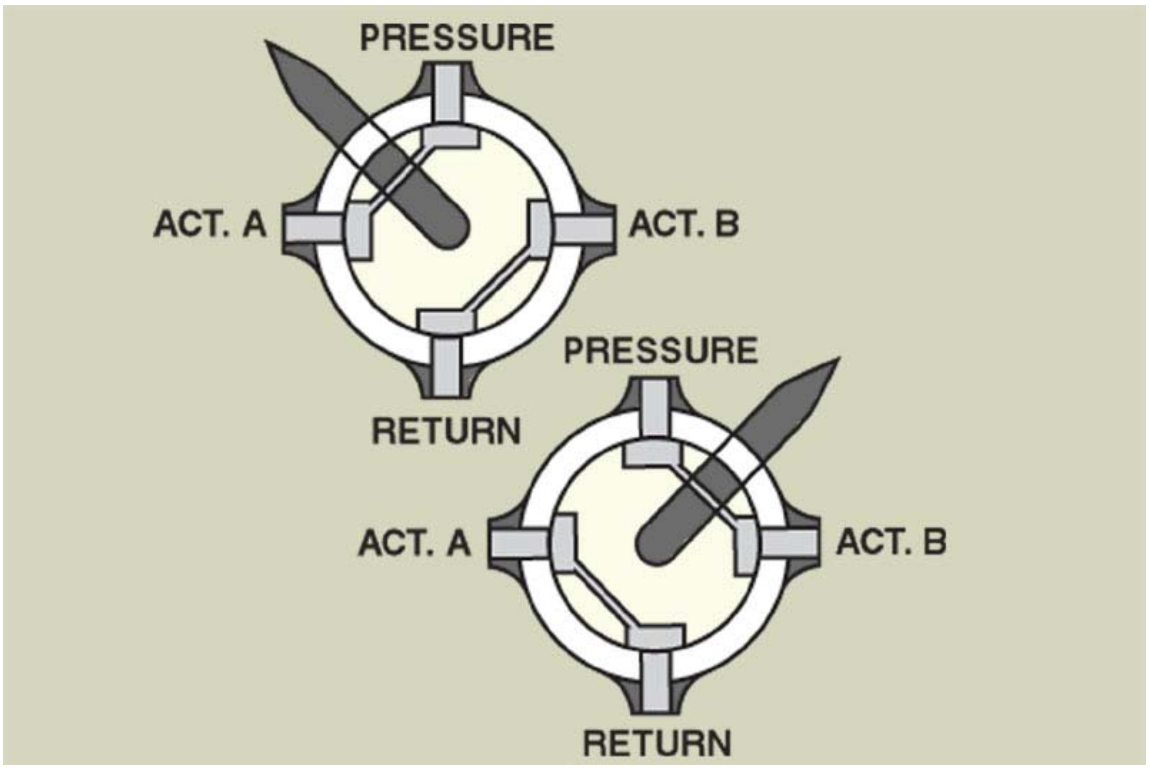
این قطعه ممکن است دارای مجاری گوناگون باشد و بر طبق نیازهای سیستمهای مختلف طرح ریزی گردد اما معمولترین آنها با چهار مجرا *( Port )* ساخته میشود. یکی از این مجاری به خط فشار سیستم، دیگری به خط برگشت روغن و دوتای دیگر جهت ارتباط به طرفین سیلندر عمل کننده مورد نظر به کار میروند.

*Selector Valve* ها دارای انواع مختلفی میباشند که مشهورترین آنها عبارتند از:

### *Plug-Type Selector Valve*

اساسا از پوسته ای به همراه یک هسته تشکیل شده که استوانه ای میباشد. درون هسته آن دو سوراخ نسبتا عمودی داشته که دو به دو به یکدیگر متصل بوده و نسبت به مرکز آن متقارن میباشند. مجاری متصل به پوسته نیز با زاویه ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار دارند. در یک حالت خط فشار با یک طرف سیلندر عمل کننده و خط برگشت به طرف دیگر آن مرتبط میباشد. با تغییر وضعیت دسته آن به اندازه ۹۰ درجه, نحوه ارتباط مجاری با یکدیگر عکس حالت قبل خواهد شد بدین ترتیب که مجرایی که در حالت قبل به خط فشار متصل بود در این حالت به خط برگشت متصل میشود و بالعکس. در برخی از انواع این قطعه, حالت *Neutral* نیز وجود دارد.

اشکال این نوع *Selector Valve* در آب بندی داخلی آن میباشد.



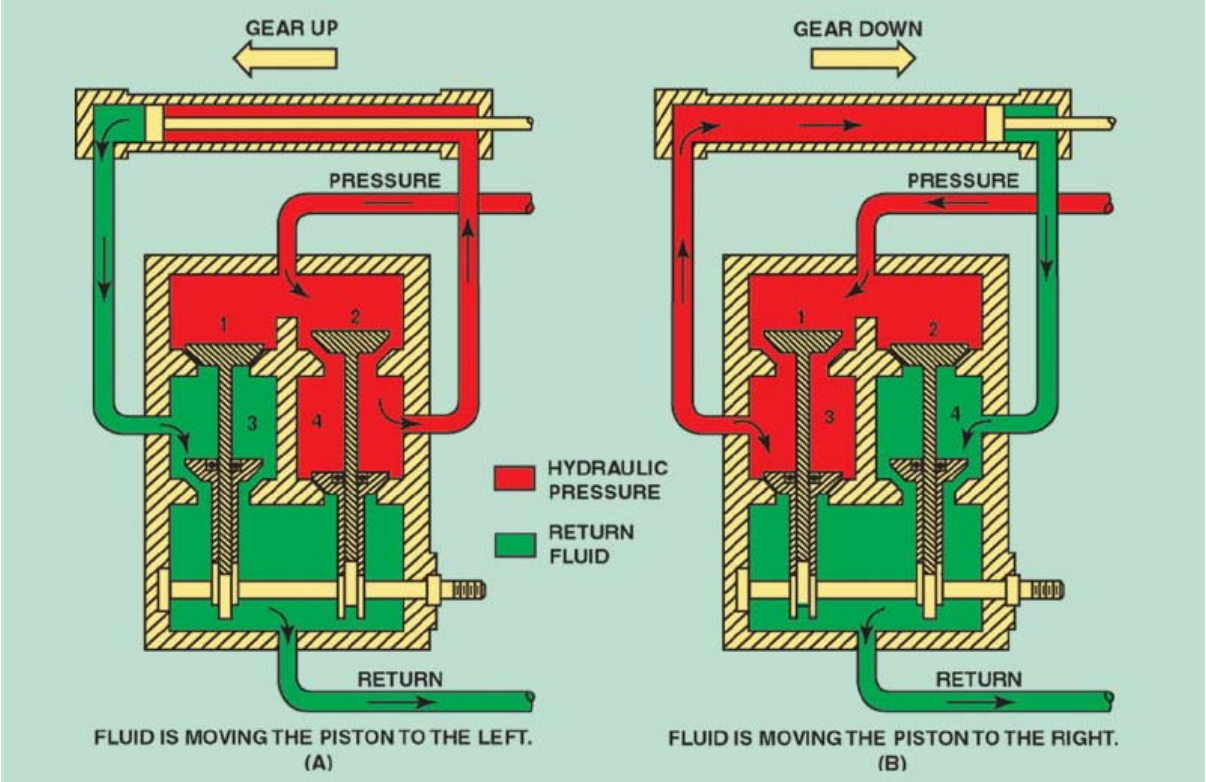

شکل (۱-۳۰) – چگونگی عملکرد Plug type selector valve

### *Poppet-Type Selector Valve*

این نوع *Selector Valve* به کمک تعدادی بادامک *( Cam )* که در زیر سوپاپها *( Poppets )* قرار میگیرند, سبب تغییر وضعیت ارتباط مجاری فشار و برگشت به مخزن هیدرولیک با طرفین سیلندر عمل کننده میگردد.

به طور مثال اگر سیستم عمل کننده چرخها را در نظر بگیریم در وضعیت *Gear Up* سوپاپهای ۲ و ۳ از نشیمنگاه خود خارج شده اند و این در حالی است که سوپاپهای ۱ و ٤ در محل خود استقرار دارند. در این حالت روغن هیدرولیک با فشار پمپ از طریق مجاری متصل شده ( مطابق شکل ) به یک طرف سیلندر عمل کننده چرخها رفته و باعث بالا رفتن آنها میشود. همزمان با این عمل روغن طرف دیگر سیلندر عمل کننده از طریق مجاری ایجاد شده ( مطابق شکل ) به خط برگشت راه یافته و به مخزن بازمیگردد.

در حالت *Gear down* عکس حالت قبل رخ میدهد یعنی سوپاپهای ۱ و ٤ از جای خود خارج شده و سوپاپهای ۲ و۳ بسته میشوند و عملیات قبل تکرار میگردد.



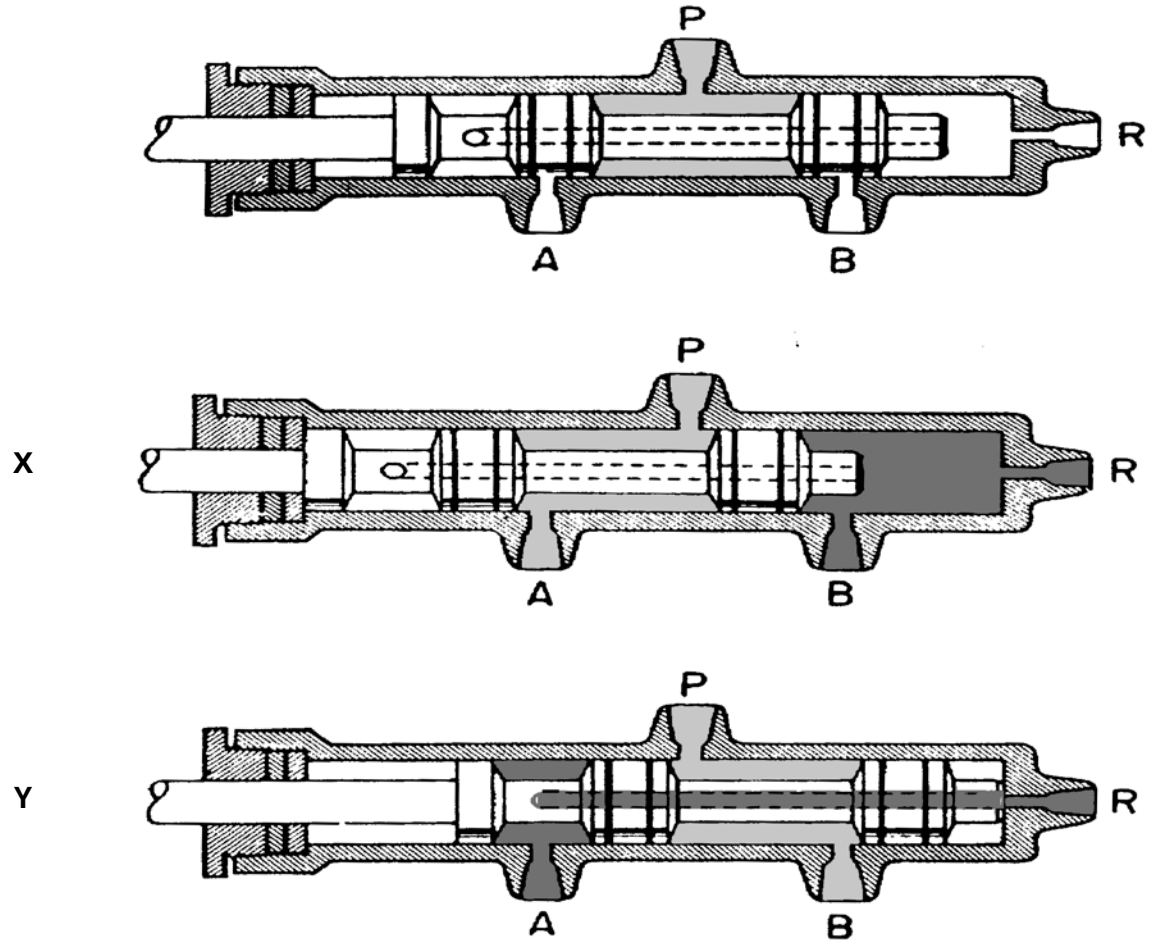

شکل (۱-۳۱) – چگونگی عملکرد Poppet type selector valve

### *Piston-Type Selector Valve*

این نوع که به نامهای *Spool type* یا *Slide type* نیز معروف است به علت داشتن *O-ring* و *Backup ring*, امکان آب بندی خوبی دارد لذا هم در مدارات هیدرولیک *High pressure* و هم در *Low pressure* از آنها استفاده میشود.

از یک پوسته به همراه یک پیستون توخالی قرقره مانند که طرفین آن به وسیله سوراخهایی به یکدیگر وصل شده , تشکیل شده است. در وضعیت **X** روغن از طریق مجرای ورودی وارد *Selector valve* شده, از کنار پیستون گذشته و وارد مجرای خروجی **A** جهت سیلندر عمل کننده میشود. در همین حال طرف دیگر پیستون **(B)** که به خط برگشت متصل میباشد, روغن طرف دیگر سیلندر را به طرف مخزن بازگشت میدهد. با حرکت پیستون به سمت جلو، نحوه ارتباط مجاری عوض شده بدین صورت که مجاری متصل به سیلندر عمل کننده برعکس حالت قبل به خطوط فشار **(P)** و برگشت **R** متصل میگردند.

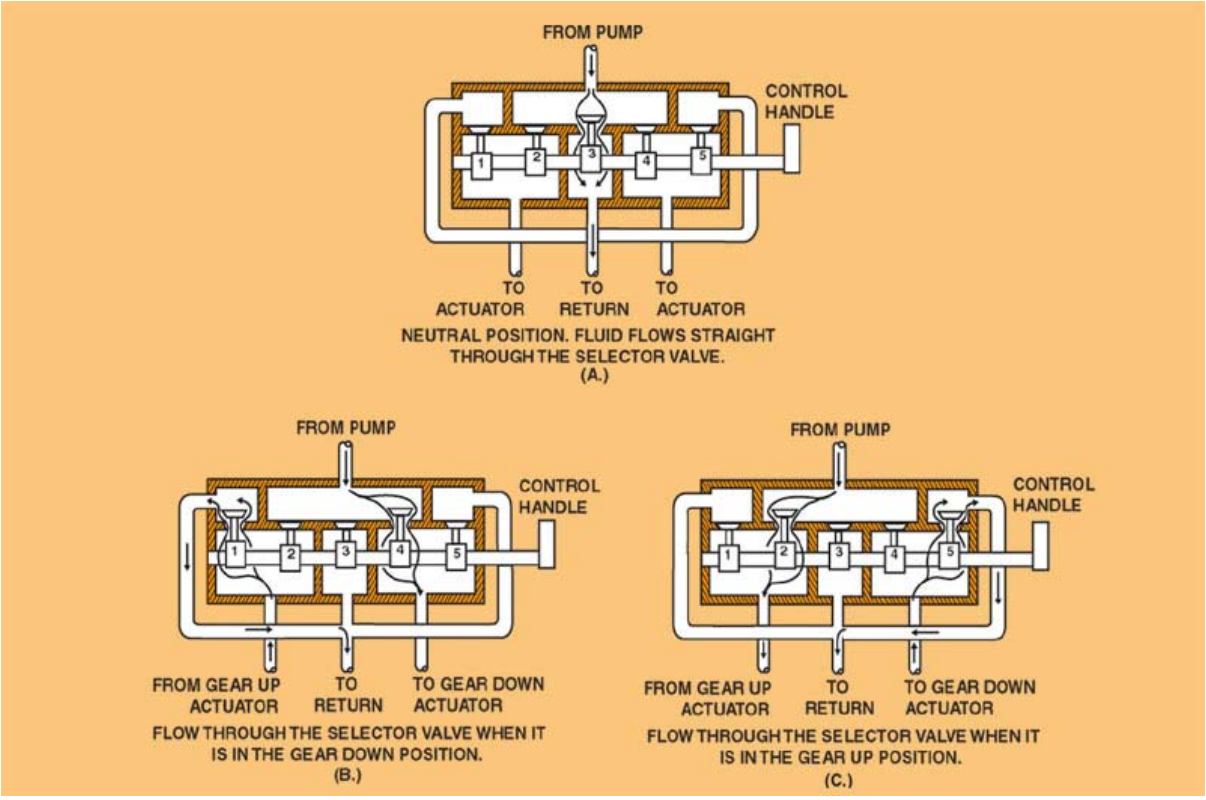
کلیه *Selector valve*های فوق نسبت به یکدیگر در مدار سیستمهای *Close Center* به صورت موازی نصب میگردند از این رو میتوان به صورت دلخواه همه سیلندرهای عمل کننده را با هم به کار انداخت. اما هرگاه *Selector valve* به صورتی قرار گیرد که تنها یک سیلندر عمل کننده در هر زمان قابل استفاده باشد(به صورت سری) به آن *Open-Center System* گویند و *Selector valve* زیر در این خصوص استفاده میشود.




شکل (۱-۳۲) – چگونگی عملکرد Piston type selector valve

### *Open-Center Selector Valve*

مطابق شکل هنگامی که دسته *Selector valve* به حالت *Neutral* میباشد, سوپاپ شماره ۳ از محل خود خارج شده و جریان روغن به صورت مستقیم از مجرای ورودی به مجرای خروجی و یا به *Selector valve* بعدی میرود (A) . با حرکت دسته پیستون و قرار دادن آن در حالت خاص ( مثلا *Gear down*) بادامکهای سوپاپهای ۱ و ٤ باعث باز شدن مجاری مربوطه میشوند. در این حالت سیال میتواند از پمپ به سیلندر عمل کننده و از سیلندر عمل کننده به خط برگشت ارتباط یابد. هنگامی که سیستم عمل کننده به انتهای مسیر خود رسید، با توجه با اینکه پمپ همچنان ایجاد فشار مینماید، لذا به یک *Pressure Regulator* جهت کنترل میزان فشار تا زمانی که *Selector valve* به حالت *Neutral* بازگردد، احتیاج میباشد. (B)
هنگامی که دسته *Selector valve* به حالت دیگر انتخاب میشود ( مثلا *Gear up* ) در این حالت بادامکهای سوپاپهای ۲ و ٥ باعث باز شدن آنها شده و عملیات قبلی در جهت عکس انجام میشود. (C)




شکل (۱-۳۳) – چگونگی عملکرد Open Center selector valve

## *Subsystems*

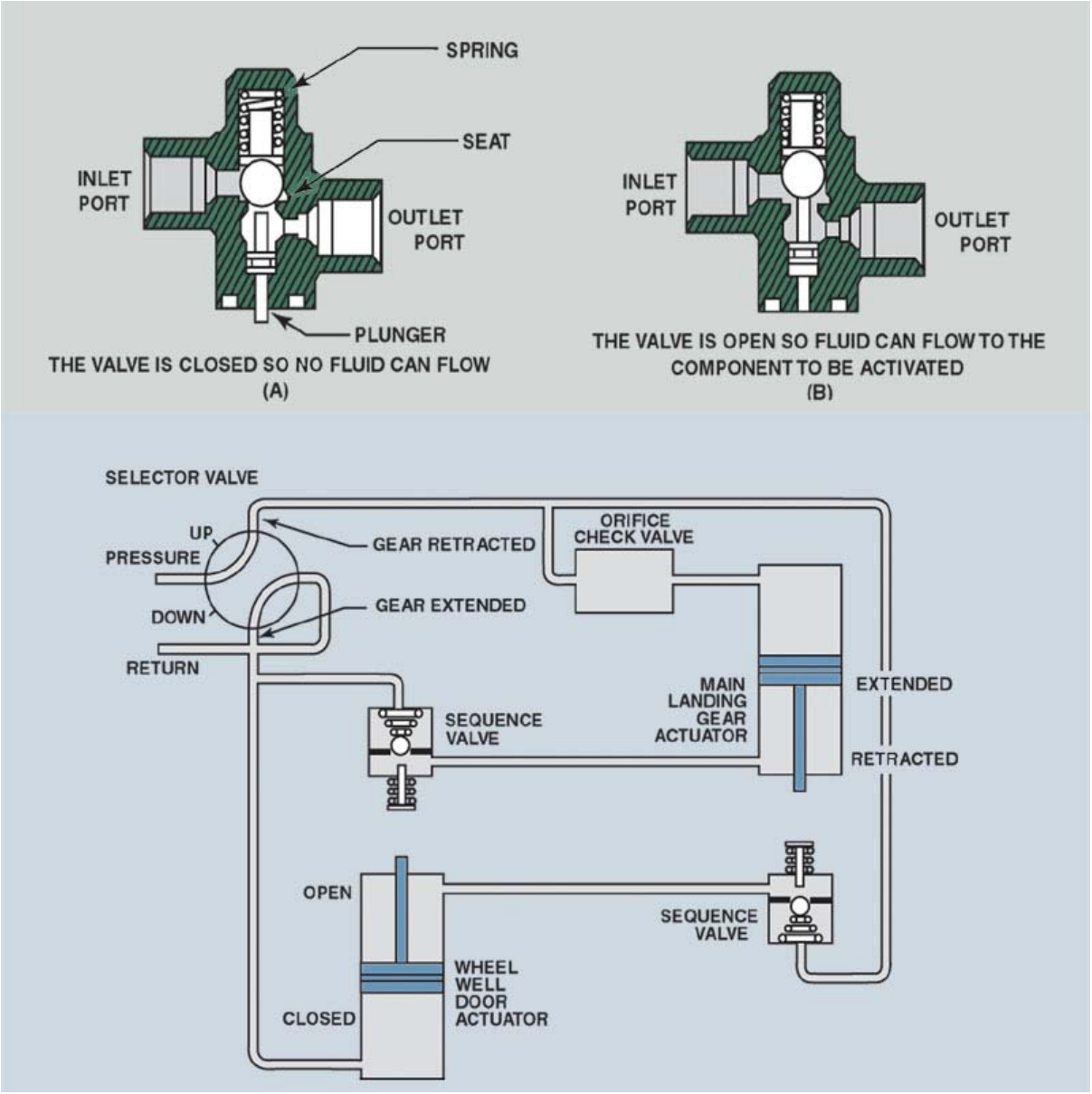
### *Sequence Valve*

هواپیماهای امروزی با ارابه فرود جمع شونده، معمولا دارای دربی هستند که در طول پرواز بسته شده و روی محفظه چرخ را پوشانده تا زیر بدنه هواپیما یک جریان هوای *Stream Line* ایجاد شود. برای اطمینان از اینکه چرخها هنگامی که درب آنها بسته است باز نشوند ( و یا بالعکس ) از این نوع *Valve* برای فعال کردن سیلندرهای عمل کننده قفلهای وضعیتهای مربوطه استفاده میشود.

در واقع این نوع *Valve* ها قطعاتی هستند که باعث عمل نمودن سیلندرهای عمل کننده مختلف به صورت زمانبندی و ترتیب خاص میگردند.

از یک پوسته که درون آن دو محفظه وجود دارد تشکیل شده که در یکی از آنها *Check Valve* وجود دارد و به خط فشار متصل میباشد و محفظه دیگر دارای میله ای است که اگر به انتهای آن نیروی مکانیکی وارد شود، سبب حرکت دادن گلوله *Check Valve* میشود.

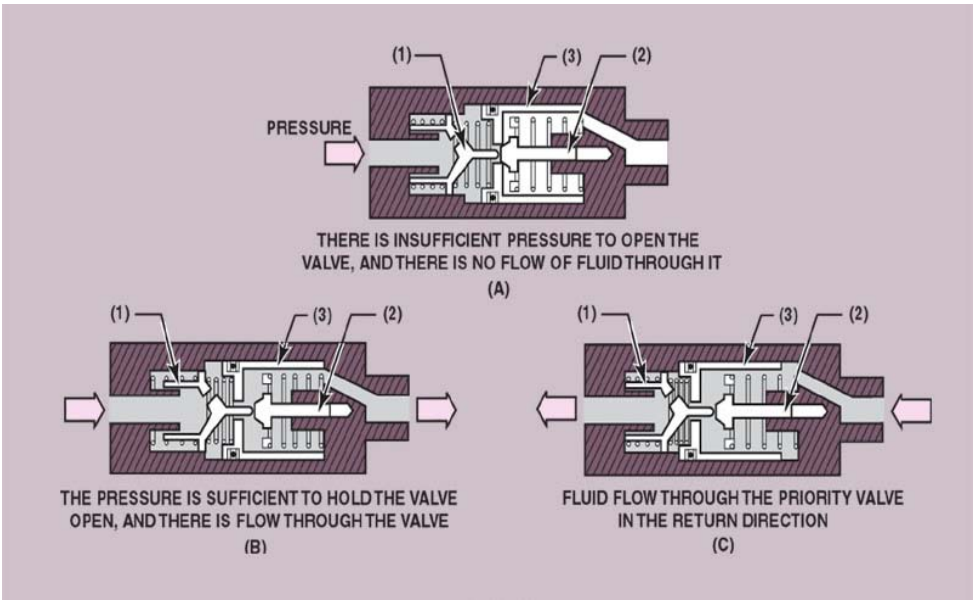
به طور مثال با عمل نمودن سیلندر عمل کننده چرخ تا انتها و برخود با میله مذکور، سیلندر عمل کننده درب فعال شده و درب بسته میشود.




شکل (۱-۳۴) – Sequence valve و محل قرارگیری آن در سیستم ارابه فرود

### *Priority Valve*

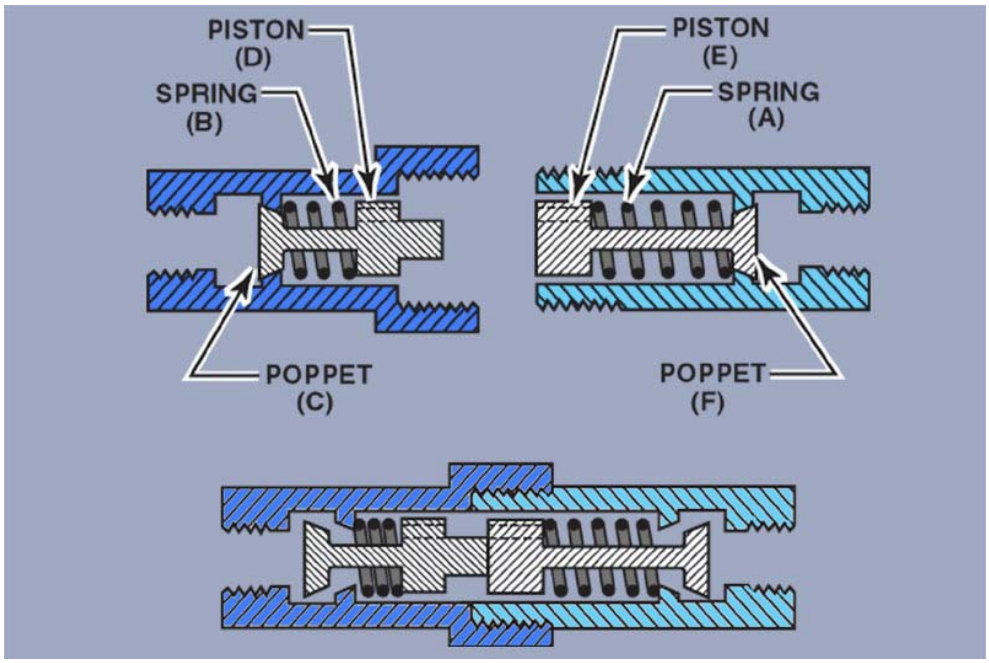
مانند *Sequence Valve* میباشد با این تفاوت که به جای یک تماس مکانیکی جهت عمل نمودن، به کمک فشار هیدرولیک عمل مینماید. در حالت عادی ارتباط بین دو طرف این *Valve* قطع میباشد. به طور مثال برای باز شدن چرخها ابتدا باید درب آنها باز شود. برای باز شدن دربها احتیاج به فشار کمتری نسبت به پایین آوردن چرخ میباشد. هنگامی که سیلندر عمل کننده درب به انتهای مسیر خود رسید فشار بالا رفته تا بر نیروی فنر *Priority valve* غلبه کند. در این زمان ارتباط دو طرف با یکدیگر برقرار شده و سیال به طرف سیلندر عمل کننده چرخ هدایت شده و چرخ پایین می آید.




شکل (۱-۳۵) – چگونگی عملکرد Priority Valve

### *Quick Disconnect Valve*

جهت جلوگیری از هدر رفتن سیال هیدرولیک زمانی که قطعه ای از سیستم را باز میکنیم از این وسیله استفاده میشود. این قطعه که معمولا از دو *Check Valve* با دو جهت مختلف تشکیل شده است به صورت نر و ماده بوده که با اتصال به یکدیگر مسیر باز میگردد و به محض جدا شدن از هم با نیروی فنرهای *Check Valve* ها مسیر از دو طرف بسته میشود.



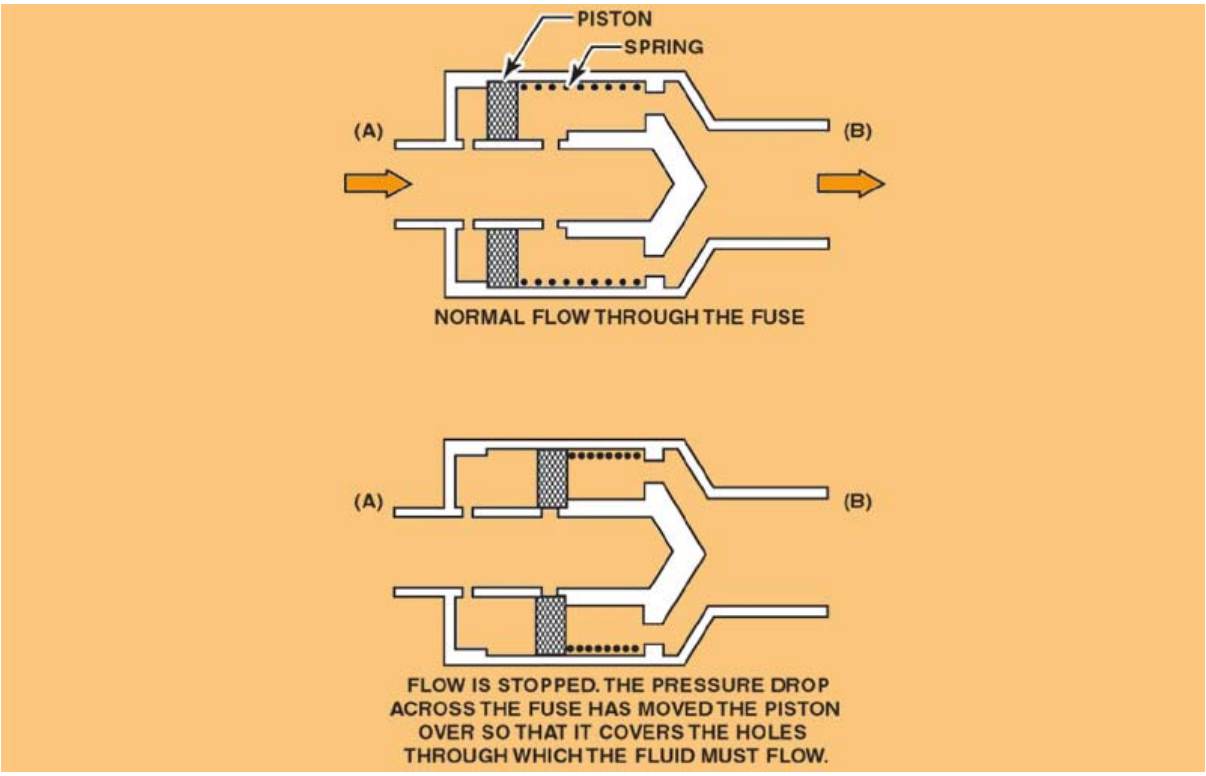

شکل (۱-۳۶) – چگونگی عملکرد Quick Disconnect Valve

### *Hydraulic Fuses*

امروزه در هواپیماهای مدرن از سیستم هیدرولیک تنها جهت باز و بسته کردن چرخها و یا عمل نمودن فلاپها استفاده نمیشود بلکه بسیاری از سیستمهای هواپیما مانند *Brakes, Thrust Reversers* و بسیاری از *Auxiliary Systems* نیز به کمک هیدرولیک عمل مینمایند. لذا با افزایش تعداد مصرف کننده های مختلف و افزایش امکان نشتی در مدار، قطعه ای جهت جلوگیری از هدر رفتن روغن در صورت نشتی جدی سیستم مورد نیاز میباشد که این قطعه به نام *Hydraulic Fuse* معروف است و به دو صورت کلی وجود دارد:

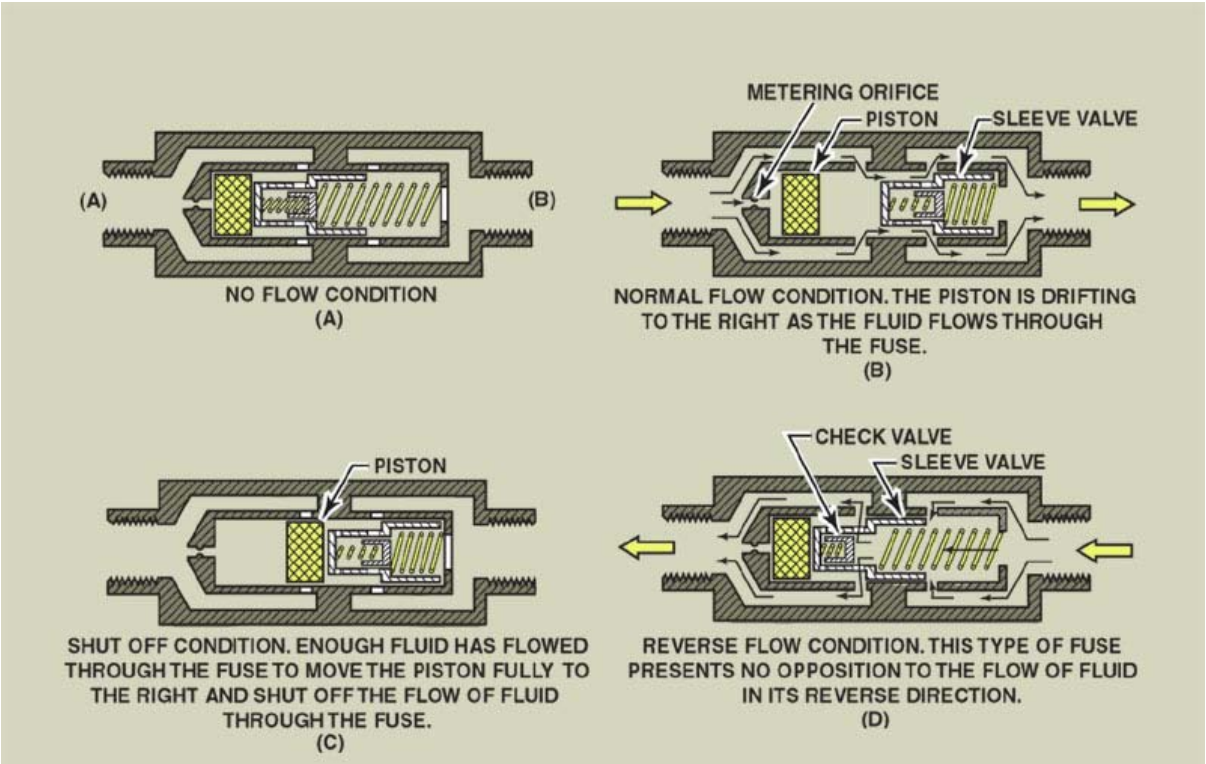
در نوع اول که بر اثر اختلاف فشار دو سر فیوز کار میکند، در حالت عادی سیال از *A* به *B* جریان دارد. فنر پشت پیستون باعث باز نگه داشتن مجاری عبور روغن میشود. در صورت افت فشار در *B* (مثالا به علت پاره شدن لوله بعد از فیوز )، بالانس فشار دو طرف پیستون بهم خورده و فشار سیستم بر نیروی فنر غلبه نموده و باعث حرکت پیستون میگردد تا جایی که مجرای عبور روغن بسته میگردد.

نوع دوم هنگامی عمل قطع کردن جریان را انجام میدهد که مقدار معینی از جریان (بیش از حد معمول) تحت فشار معین از فیوز عبور کند. شکل زیر (**A**) حالت استاتیک فیوز را نشان میدهد که هیچ جریانی از آن عبور نمیکند. در (**B**) سیال به صورت نرمال از فیوز عبور میکند و مقداری از آن از یک *Metering Valve* عبور کرده باعث حرکت جزئی پیستون به سمت راست میشود. همچنین سیال، *Sleeve Valve* را به سمت عقب رانده و مسیر را برای جاری شدن سیال باز میکند. در قسمت (**C**) هنگامی که به علت پارگی خط فشار مقدار مشخصی از سیال از *Metering Valve* عبور کرد، در اثر افت فشار (به علت افزایش سرعت سیال) باعث حرکت پیستون میشود تا اینکه کاملا روی مجرا را بگیرد و جریان سیال قطع گردد. در واقع این نوع فیوز نیز با اختلاف فشار کار میکند زیرا تا زمانی که فشار بعد از فیوز افت نکند جریان قدرت حرکت پیستون تا انتهای مسیر را نخواهد داشت.




شکل (۱-۳۷) – چگونگی عملکرد فیوز

***جهت استفاده مجدد از فیوز و درآمدن آن از حالت قفل، میبایست آن را تحت یک جریان معکوس قرار داد.***




شکل (۱-۳۸) – چگونگی عملکرد فیوز

***Shuttle Valve***

نوع دیگری از کنترل کننده های جریان میباشد که امکان اتصال دو منبع قدرت را فراهم مینماید. در واقع یکی از دو منبع، سیستم اضطراری بوده و در صورت از کار افتادن سیستم اصلی در مدار قرار میگیرد.
قطعه مذکور دارای ۳ مجرا میباشد که ۲ تای آنها ورودی بوده و هر یک به یک منبع قدرت متصل میگردند و یک مجرا نیز خروجی میباشد که به عمل کننده مورد نظر متصل است. در حالت عادی سیستم اصلی توسط این قطعه به عمل کننده متصل بوده در صورت افت فشار ( به هر دلیلی ) فشار منبع فشار دوم به کمک فنر استفاده شده در این مکانیزم باعث بسته شدن مجرای ورودی اصلی توسط پیستون شده و مجرای سیستم اضطراری را به عمل کننده وصل مینماید.
سیستم اضطراری مذکور میتواند پمپ دستی، سیستم هیدرولیک اضطراری، سیستم نیوماتیک یا ... باشد.

### *Flow Equalizer Valve*

در سیستمهایی چون فلاپ، بعلت چند تکه بودن و متعدد بودن عمل کننده های خطی متفاوت، هرگاه یکی از عمل کننده ها به هر دلیلی متوقف شود و یا نسبت به بقیه کندتر حرکت کند، فلاپها از طرفین به صورت قرینه باز و بسته نخواهند شد و چون در این حالت بالانس *Lift* در دو طرف بال هواپیما بهم خورده و نسبتا هواپما به حالت *Spin* افتاده که خطرناک میباشد و گاهی به علت کمی ارتفاع، سقوط هواپیما را به دنبال خواهد داشت. از اینرو *Valve* یاد شده از پایین آمده فلاپها به صورت غیر قرینه جلوگیری مینماید.

### *Flap Overload Valve*

این قطعه در *Flap down line* و بین *Selector Valve* مربوطه و سیلندر عمل کننده آن قرار گرفته و به منظور جلوگیری از صدمه دیدن سیستم فلاپ ، به صورت خودکار از پایین آمدن آنها در سرعتهای زیاد جلوگیری میکند.
همچنین اگر فلاپ پایین بوده و سرعت هواپیما به هر دلیل زیاد شود، به صورت خودکار باعث بالا رفتن فلاپ میشود البته به شرطی که در وضعیت *Flap Selector Valve* تغییری حاصل نشده است.

### *Actuators*

از عملگرها در سیستم هیدرولیک به منظور تبدیل قدرت سیال تحت فشار به قدرت مکانیکی استفاده میشود. از بزرگترین مزیت های سیستم هیدرولیک نسبت به سیستمهای مکانیکی تبدیل مستقیم قدرت سیال به حرکتهای خطی و دورانی است. عملگرهای هیدرولیکی در هواپیمایی به دو صورت Linear Actuator و Rotary Actuator موجودند.

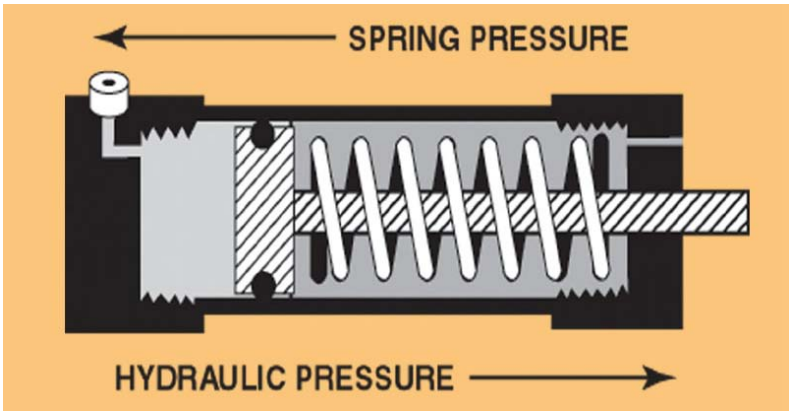
### *Linear Actuator*

سیلندرهای هیدرولیک، جریان سیال تحت فشار را به حرکت خطی تبدیل میکنند و از آنها به منظور اعمال نیروی خطی ، جابجا نمودن و یا نگه داشتن قطعه در موضع مورد نظر استفاده میشود. این نوع عملگرها شامل یک سیلندر میباشند که به خاطر استحکام در مقابل فشار معمولا از فولاد ساخته شده و درون آن کاملا صیقلی میباشد. در درون سیلندر یک یا چند پیستون با واشرهای مربوطه جهت آب بندی به همراه دسته هایی که به پیستون یا پیستونها مربوطند وجود دارد.

طریقه نصب آنها طوری است که یا سیلندر و یا دسته پیستون به طرز مطلوبی به مکانیزمهای قابل حرکت وصل شده تا باعث عمل نمودن آنها در موضع مطلوب شود. در برخی موارد پیستون ثابت و پوسته سیلندر سبب حرکت مکانیزمها میگردد اما در بیشتر موارد پوسته ثابت بوده و دسته پیستون حرکت میکند.
در تمام حالات اساس کار صرف نظر از شکل، مدل و حتی اسم آنها، از رابطه $F = P \times S$ بدست می آید که در آن $P$ فشار هیدرولیک، $S$ سطح مقطع پیستون یا سیلندر مربوطه و $F$ نیروی بدست آمده می باشد.
انواع سیلندرهای عمل کننده از نوع *Linear* عبارتند از :

### *Single Acting Actuating Cylinder*

این عمل کننده فقط در جهت رفت و هنگامیکه روغن از طرف پمپ به آن وارد میشود، توسط فشار هیدرولیک اعمال نیرو میکند. این سیلندرها دارای برگشت هیدرولیکی نبوده و توسط نیروی برگرداننده فنر یا نیروهای دیگر فشرده شده و به حالت اولیه برمیگردند.
این قطعه از سیلندری که پیستون و دسته ای در آن قرار گرفته تشکیل شده که انتهای دسته پیستون از بدنه سیلندر خارج شده و به مکانیزم مربوطه متصل میباشد. در پشت پیستون ( در جهت دسته ) فنری وجود دارد که در صورت نبودن فشار هیدرولیک باعث برگشت پیستون به حالت اولیه میشود. همچنین در همان سمت، منفذی جهت تخلیه احتمالی روغن های نشتی و همچنین ارتباط پشت پیستون با هوای آزاد وجود دارد.
روغن از طریق مجرای ورودی وارد محفظه جلوی پیستون شده که باعث فشرده شدن فنر میگردد. با برداشتن نیرو از روی پیستون ، فنر باعث بازگشت آن به مکان اولیه میگردد.




شکل (۱-۳۹) – نمونه ای از یک Single acting actuator

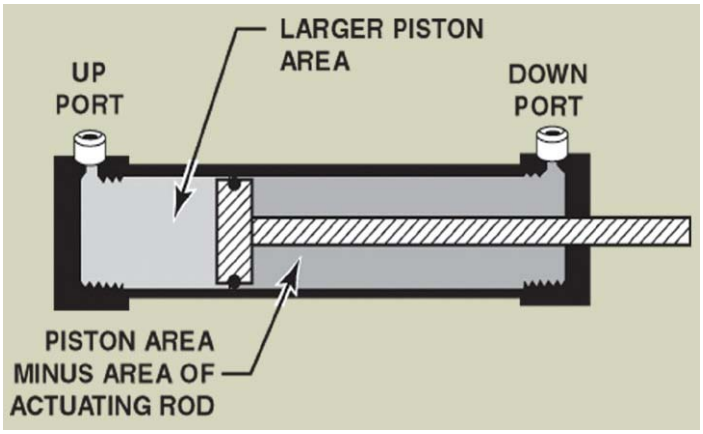
به طور مثال در ترمزهای *Shoe-Type* فشار سیستم هیدرولیک باعث راندن پیستون به سمت بیرون و اعمال نیروی لازم جهت ترمز نمودن میگردد. و با برداشتن نیرو از روی پدال ترمز، فنر، باعث جدا شدن کفشکها از روی *Drum* میشود.
درصورتیکه منفذ پشت پیستون به هر دلیلی گرفته شود، طول کورس پیستون کاهش میابد و باعث میشود تا قطعه درست عمل نکند.

### *Double Actuating Cylinder*

این سیلندرها در هر دو کورس رفت و برگشت، توانایی اعمال نیرو را داشته و با تعیین وضعیت ورود و خروج روغن در دو سمت پیستون کنترل میشود. از نظر کلی این قطعه به دو صورت زیر وجود دارد:

### *Double Acting Unbalanced Type Actuating Cylinder*

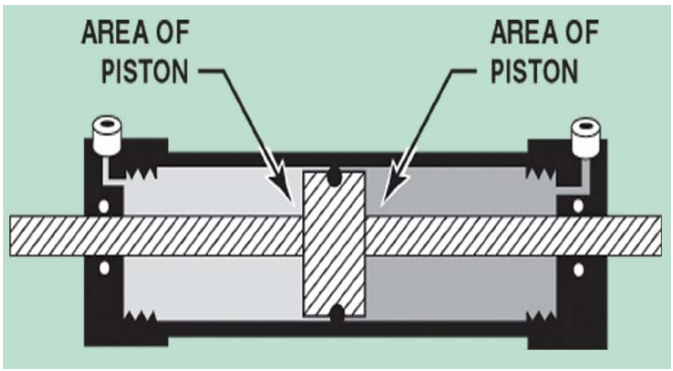
با توجه به اینکه دسته پیستون در یک طرف پیستون قرار دارد لذا سطح مقطع دو طرف پیستون با هم برابر نمیباشد. بنابراین فشار وارده یکسان به دو سمت پیستون، باعث ایجاد نیروهای متفاوت خواهد شد و این حالت برای استفاده در برخی مکانیزمها مناسب میباشد. به طور مثال جهت بالا بردن ارابه فرود نسبت به پایین آوردن آن به نیروی بیشتری نیاز میباشد زیرا در هنگام پایین آمدن وزن خود ارابه فرود نیز به کمک فشار هیدرولیک می آید. با این نوع سیلندر عمل کننده میتوان مکانیزمها را به نحوه دلخواه حرکت داد.
این قطعه از سیلندری با دو مجرا تشکیل شده که پیستونی درون آن قرار گرفته و حرکت پیستون توسط دسته آن به مکانیزم مربوطه منتقل میشود. برای عمل نمودن آن از یک *Four way selector valve* استفاده میشود. این نوع سیلندر عمل کننده را میتوان با قرار دادن *Selector Valve* به حالت *Off* ، در هر وضعیت دلخواه متوقف نمود. در این حالت، روغن در طرفین پیستون به تله افتاده ( *Trap* ) و مکانیزم عمل کننده در همان موقعیت خواهد ایستاد.




شکل (۱-۴۰) – نمونه ای از یک Double acting actuator

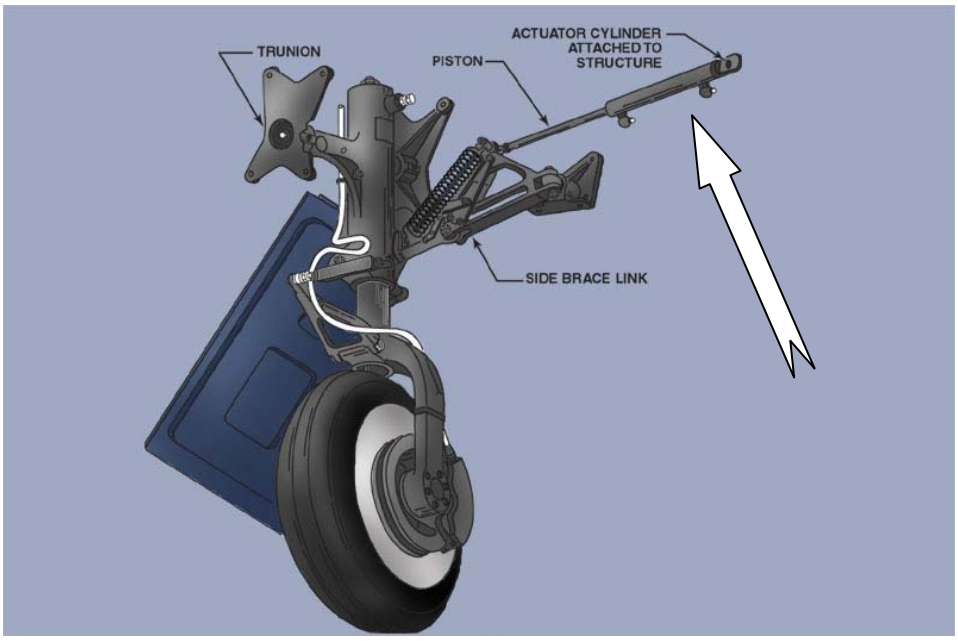
### *Double Acting Balanced Type Actuating Cylinder*

در برخی مکانیزمها میباست نیروی یکسانی در هر دو جهت اعمال شود که در این حالت از این نوع عمل کننده استفاده میشود. یک نوع آن دارای پیستونی با دو دسته پیستون میباشد که در طرفین آن قرار دارند، لذا سطح مقطع دو طرف پیستون یکسان میباشد. از این نوع عمل کننده در مواردی که دو عمل همزمان و در جهت عکس در دو قطعه جدا از هم انجام میشوند، استفاده می گردد. مانند حرکت شهپرها ( *Ailerons* ) که در دوبال عکس هم عمل مینمایند.




شکل (۱-۴۱) – نمونه ای از یک Double acting actuator (balanced)

نوع دیگر آن دارای سه مجرا بوده که درون سیلندر، ۲ پیستون که هر یک دارای یک دسته پیستون میباشند، وجود دارد. فشار روغن به میان دو پیستون وارد شده و هر دو همزمان و در جهت مخالف شروع به حرکت مینمایند. این نوع عمل کننده در مکانیزمهایی استفاده میشود که احتیاج به حرکت همزمان دارند مانند حرکت فلاپها که با استفاده از این نوع عمل کننده در طرفین به صورت یکسان عمل می نمایند.

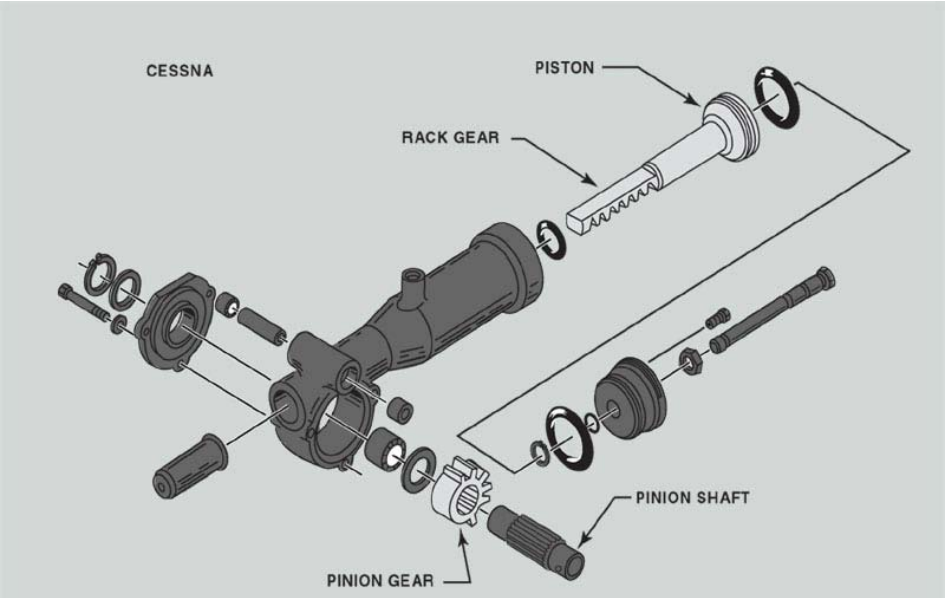



شکل (۱-۴۲) – نمونه ای از یک Linear actuator مورد استفاده در ارابه فرود یک هواپیمای سبک

## *Rotary Actuator*

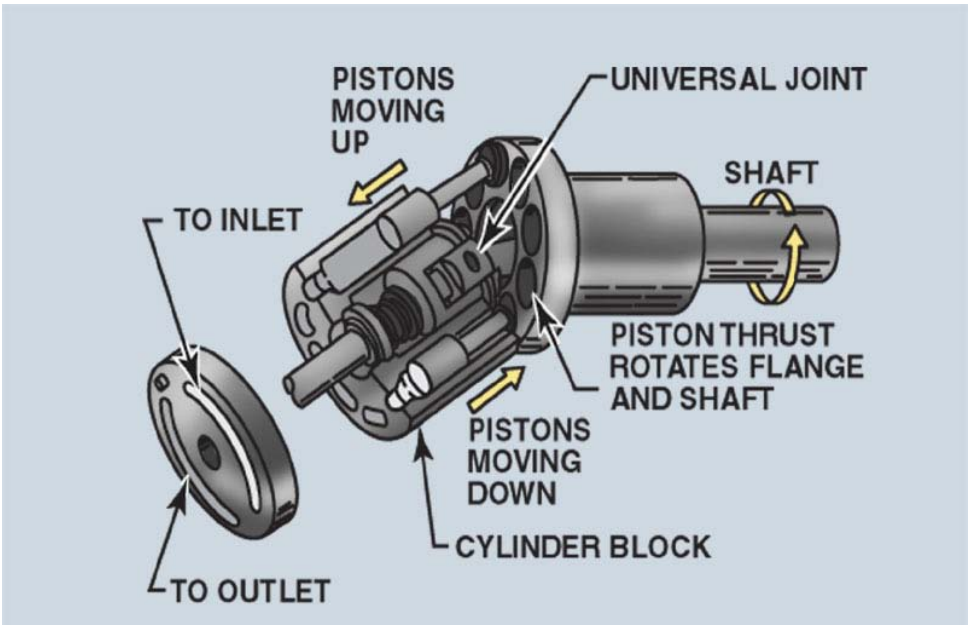
ساده ترین نوع عمل کننده های چرخشی، نوع *Rack – and – Pinion* میباشد که برای بالا بردن و پایین آوردن ارابه فرود مدل خاصی از هواپیمای *Cessna* استفاده شده است. پیستون آن دارای دسته ای است که دندانه هایی روی آن ایجاد شده است. این دندانه ها با یک *Pinion Gear* درگیر میباشند. با جلو و عقب

رفتن پیستون و دسته آن، با توجه به وضعیت چرخ دنده حرکت رفت و برگشتی پیستون به حرکت چرخشی *Pinion Gear* تبدیل شده و باعث بالا رفتن و یا پایین آمدن ارابه های فرود میشود. البته این نوع عمل کننده کورس حرکتی محدودی دارد.




شکل (۱-۴۳) – نمونه ای از یک Rotary actuator

در مواقعی که احتیاج به حرکت چرخشی مداوم میباشد از موتورهای هیدرولیکی استفاده میشود. قطعه مورد نظر از لحاظ مکانیزم درونی مانند پمپ پستونی با جابجایی ثابت میباشد با این تفاوت که سیال تحت فشار سیستم از طریق مجاری ورودی وارد سیلندرها شده و با حرکت دادن پیستونها و به دنبال آن چرخش *Cylinder Block* ، باعث چرخش محور موتور میگردد. در واقع در این قطعه فشار هیدرولیک تبدیل به نیروی مکانیکی می شود که این عمل برعکس عملکرد پمپ میباشد.




شکل (۱-۴۴) – نمونه ای از یک Hydromotor

### *Hydraulic Heat Exchanger*

به دلیل تبدیل مقدار قابل توجهی از انرژی سیستم هیدرولیک به گرما، همواره بازدهی این سیستم کمتر از ۱۰۰٪ میباشد. منابع مختلف تولید گرما مانند پمپ، شیر اطمینان، کنترل کننده های سرعت سیال و یا مجاورت سیستم با منابع گرمازا ممکن است باعث افزایش بیش از حد درجه حرارت روغن هیدرولیک گردد.

افزایش غیرمجاز درجه حرارت، موجبات تغییر خواص شیمیایی روغن و کاهش یافتن بیش از حد لزجت آن را فراهم می آورد که این موضوع نتیجتا سبب آسیب دیدن واشرهای آب بندی و قطعات متحرک میگردد.

هنگامی که مخزن و خطوط لوله نتوانند کل حرارت تولید شده در سیستم را دفع نمایند، باید با استفاده از خنک کننده ها که عموما مبدل حرارتی نامیده میشوند، نرخ دفع حرارت سیستم را افزایش داد.

این قطعه از یک مبدل حرارتی که دارای یک ورودی و یک خروجی میباشد تشکیل شده که ورودی آن مجهز به نوعی *Thermostatic Valve* با سه مجرا است. مبدل حرارتی مذکور دارای تعداد زیادی لوله های باریک پره دار میباشد تا عملیات تبادل حرارت بین سیال و هوای برخوردی که از لابه لای پره ها عبور میکند، بهرت و کاملتر انجام شود.

وقتی درجه حرارت سیال از ۱۰۰ درجه پایین تر است، ترموستات باز بوده و روغن ورودی مستقیما از طریق مجرای خروجی به سیستم میرود. اما از این درجه حرارت به بعد ترموستات فعال شده که در نهایت در ۱۱۵ درجه مسیر خروجی مستقیم به سیستم کاملا بسته شده و ورودی مبدل حرارتی باز میشود. لذا روغن اجبارا از میان پره های رادیاتور عبور کرده و در نتیجه حرارت کاهش پیدا میکند.

منابع کاهش حرارت در پرواز، هوای برخوردی ( *Ram Air* ) و در روی زمین معمولا هوای *Stage* های اول کمپرسور موتور جت میباشد. در برخی از سیستمها از جریان سوخت برای خنک کردن روغن استفاده میشود.

در برخی مواقع، با توجه به عمل نمودن سیستم در درجه حرارت پایین تر از صفر درجه فارنهایت، بایستی سیال به منظور رسیدن به لزجت مناسب گرم شود. در چنین مواقعی مبدلها باید از انواع گرمکن *( Heater )* باشند.

# فصل دوم (سیستم نیوماتیک)

# Pneumatic Systems

در پایان این فصل شما میتوانید موارد زیر را تشریح نمایید :

- تعریف سیستم نیوماتیک
- مزایا و معایب  سیستم نیوماتیک
- انواع سیستم نیوماتیک
- تشریح قطعات سیستم نیوماتیک و چگونگی عملکرد آنها
- سیستم اضطراری

## بخش اول – معرفی سیستم نیوماتیک

هرگاه جهت انتقال نیرو از هوای فشرده استفاده شود به آن نیوماتیک گفته میشود. این سیستم در هواپیماها موارد استفاده مختلفی دارد. در برخی از آنها، نیوماتیک به عنوان سیستم پشتیبان برای سیستم هیدرولیک به منظور عمل نمودن مکانیزمهایی مانند ارابه فرود، فلاپها، ترمزها، دربهای قسمت بار و ... استفاده میشود. امروزه معمولا این نوع هواپیماها برای این منظور, کپسولهایی محتوی هوای فشرده و یا نیتروژن را با خود حمل میکنند یا برای مثال در برخی دیگر از هواپیماها, سیستم نیوماتیک جهت *Deicing* و یا برای برخی از آلات دقیق های پروازی استفاده میشود. تعدادی از هواپیماها نیز تنها جهت ایجاد یک فشار هوای مثبت در داخل کابین هواپیما به منظور پرواز در ارتفاعات بالا (بالاتر از *10000 ft* ) از سیستم نیوماتیک استفاده میکنند.

### مزایای سیستم نیوماتیک

از مزایای سیستم نیوماتیک در مقایسه با سیستم هیدرولیک و یا سیستمهای الکتریکی میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

۱ –سیال انتقال قدرت در آن به صورت آزاد و بدون محدودیت موجود میباشد لذا هزینه بسیار کاهش میابد.
۲ –هوای فشرده به عنوان سیال انتقال قدرت، دارای وزن کمتری است و از آنجا که در این سیستم احتیاجی به خط برگشت نمیباشد، لذا مقدار زیادی از وزن سیستم کاسته میشود.
۳ –تغییرات درجه حرارت نسبتا روی این سیستم اثر ندارد.
٤ –در این سیستم خطر آتش سوزی و انفجار وجود ندارد.

### معایب سیستم نیوماتیک

برخی از معایب سیستم نیوماتیک عبارتند از :

۱ –هوا معمولا با آب همراه بوده و لذا در لوله ها ایجاد زنگ زدگی مینماید.
۲ –احتمال یخ زدن آب در لوله ها در هوای سرد وجود دارد.
۳ –عبور هوا از لوله ها و خصوصا خروج هوا از آنها صدای زیادی را به دنبال دارد که استفاده از مکانیزمی برای کاهش آن ( مانند صدا خفه کن ) را ضروری میسازد.
٤ –مولکولهای هوا به دلیل تراکم پذیری نسبت به مایع در زمان بیشتری متراکم میشوند، لذا برای ایجاد فشار مناسب به زمان بیشتری احتیاج میباشد.

## بخش دوم – انواع سیستم نیوماتیک از نظر فشار

### *High Pressure*

در این نوع سیستم هوای مورد نیاز در کپسول هایی فلزی و در فشار *1000-3000 psi* ، بسته به نیاز سیستم ذخیره میگردد.

### *Medium Pressure*

این سیستم دارای فشاری معادل *100-150 psi* بوده و معمولا برای ذخیره آن از کپسول هوا استفاده نمیشود و عموما فشار هوای مذکور توسط کمپرسور موتور جت تولید میگردد. هوای مورد نظر ابتدا از یک قسمت کنترل کننده فشار عبور نموده و سپس در اختیار قطعات مورد نظر قرار میگیرد.

### *Low Pressure*

برخی از هواپیماها از آلات دقیق های نوع *Gyro* که به کمک هوا (فشار منفی) کار میکنند به عنوان پشتیبان *Gyro* های اصلی که بوسیله موتور الکتریکی کار میکنند، استفاده میکنند.

در این سیستم میتوان دو نوع پمپ جهت ایجاد جریان هوا استفاده میشود که هر دوی آنها از نوع *Vane* میباشند.

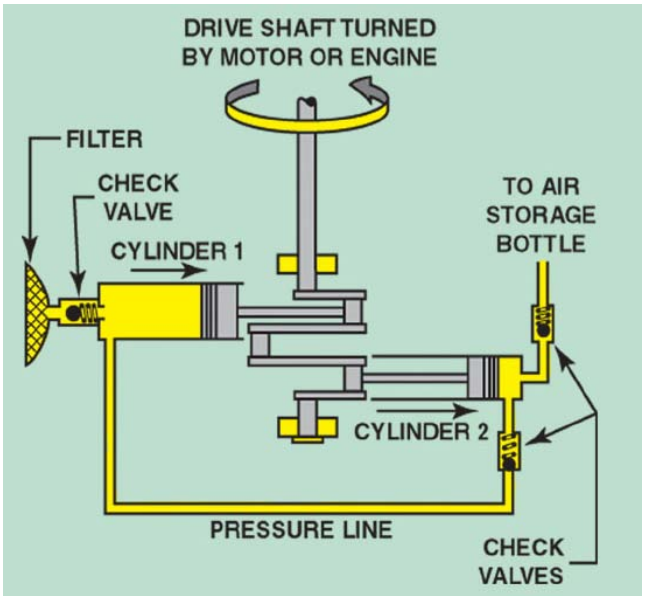
## بخش سوم – قطعات سیستم نیوماتیک و چگونگی عملکرد آنها

سیستم نیوماتیک، معمولا با سیستم هیدرولیک مقایسه میشود. اما این نوع مقایسه را تنها میتوان به صورت کلی انجام داد چراکه قطعاتی از سیستم هیدرولیک مانند *Accumulator, Hand pump, Reservoir* در این سیستم وجود ندارد و همچنین در سیستم نیوماتیک قطعاتی استفاده شده است که در هیدرولیک کاربردی ندارند.

### *Pressure Sources*

### *Piston Type Compressor (High Pressure)*

در برخی از هواپیماها کمپرسورهایی جهت شارژ مجدد کپسول ها، نصب شده اند که دارای مدلهای مختلفی میباشند. برخی از آنها در دو مرحله هوا را فشرده مینمایند و برخی دیگر در سه یا چهار مرحله. شکل زیر نمونه ساده ای از کمپروسور با دو مرحله تراکم میباشد. همانطوری که در شکل دیده میشود، هوا ابتدا توسط سیلندر شماره یک فشرده شده و به سیلندر شماره ۲ تحویل داده میشود. در این سیلندر نیز هوا فشرده تر شده و تحویل کپسول داده میشود.




شکل (۲-۱) – نمونه ای از یک کمپرسور

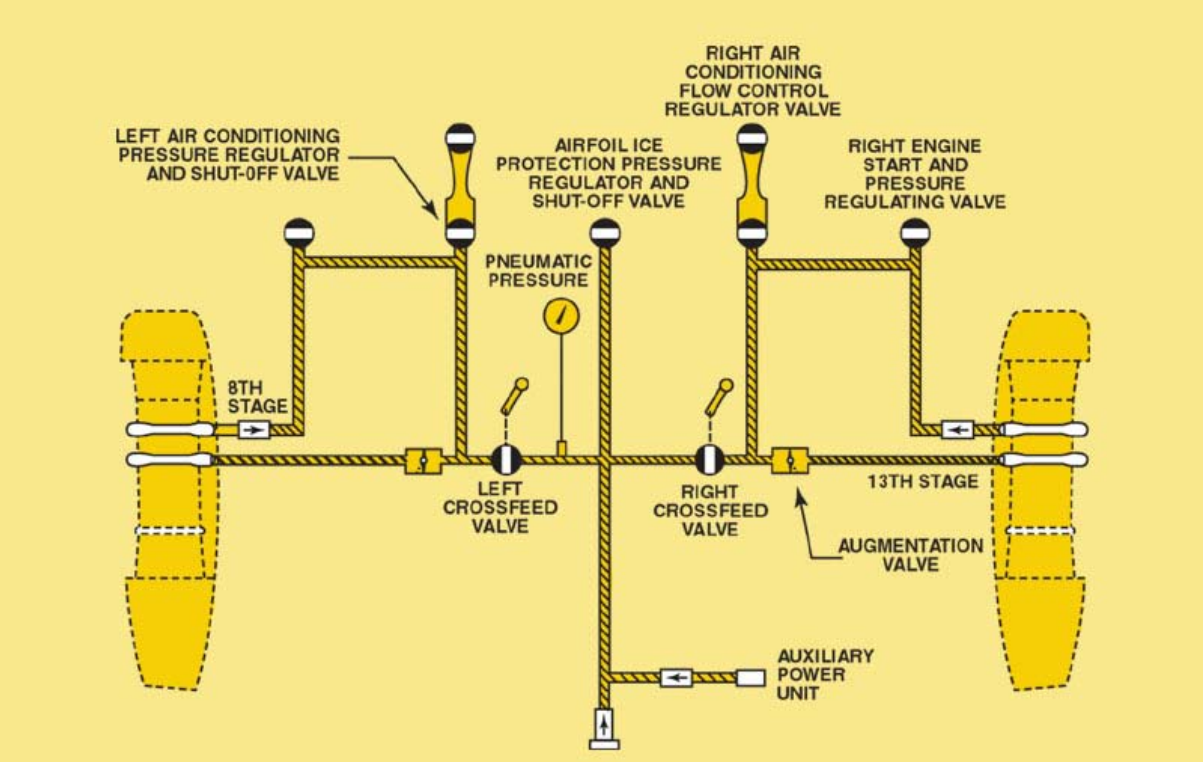
کمپرسور مذکور دارای سه عدد *Check Valve* میباشد (همانند *Check Valve*های سیستم هیدرولیک). این *Check Valve*ها تنها اجازه عبور سیال را در یک جهت می دهند . منبع قدرتی مانند یک موتور الکتریکی و یا موتور هواپیما، محور این کمپرسور را میچرخاند. با چرخش محور، پیستونها حرکت رفت و برگشتی داخل سیلندر خواهند داشت. هنگامی که پیستون شماره یک به سمت راست حرکت میکند فضای داخل سیلندر آن افزایش یافته و هوای خارج بعد از عبور از فیلتر و *Check Valve*، وارد سیلندر مورد نظر میگردد. با ادامه یافتن چرخش محور، جهت حرکت پیستون عوض شده و به سمت چپ حرکت

میکند و باعث اعمال فشار بر روی هوای داخل سیلندر و انتقال آن از طریق خط فشار به سیلندر شماره ۲ میشود.

در همین حال پیستون شماره دو در داخل سیلندر خود به سمت چپ در حال حرکت میباشد و با افزایش فضای داخل سیلندر، هوای سیلندر شماره ۱ به درون آن راه میابد. با توجه به این نکته که سیلندر شماره ۲ کوچکتر از سیلندر شماره ۱ میباشد لذا هوا باید فشرده شده تا در سیلندر شماره ۲ جای گیرد. هنگامی که پیستون شماره ۲ به سمت راست حرکت میکند. باعث فشرده شدن بیشتر هوا شده و آن را از طریق خط لوله مربوطه در اختیار کپسول قرار میدهد.

### *Engine Bleed Air (Medium Pressure)*

در برخی از هواپیماهای جت از هوای کمپرسور آن جهت گرم نمودن لبه حمله بال و جلوگیری از تشکیل یخ و همچنین جهت *Pressurized* نمودن و کنترل دمای هوای داخل کابین استفاده میشود. شکل زیر طرح ساده ای از آن را نشان میدهد.



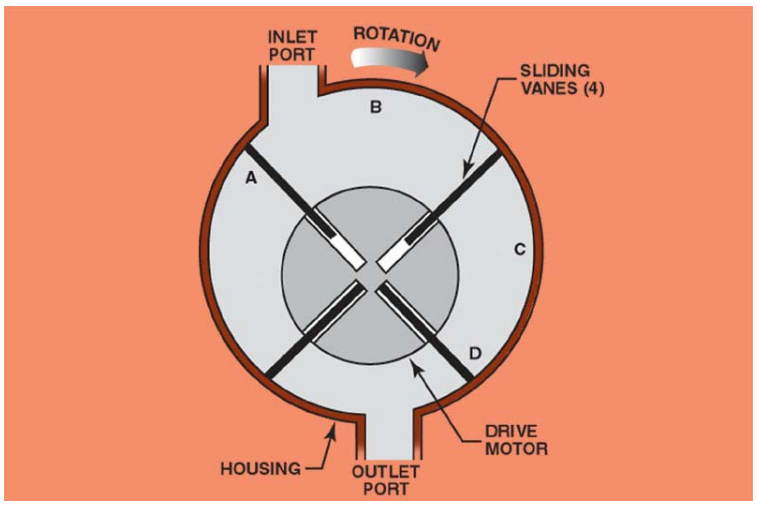

شکل (۲-۲) – چگونگی عملکرد Engine bleed air system

### *Vane Type Compressor (Low Pressure)*

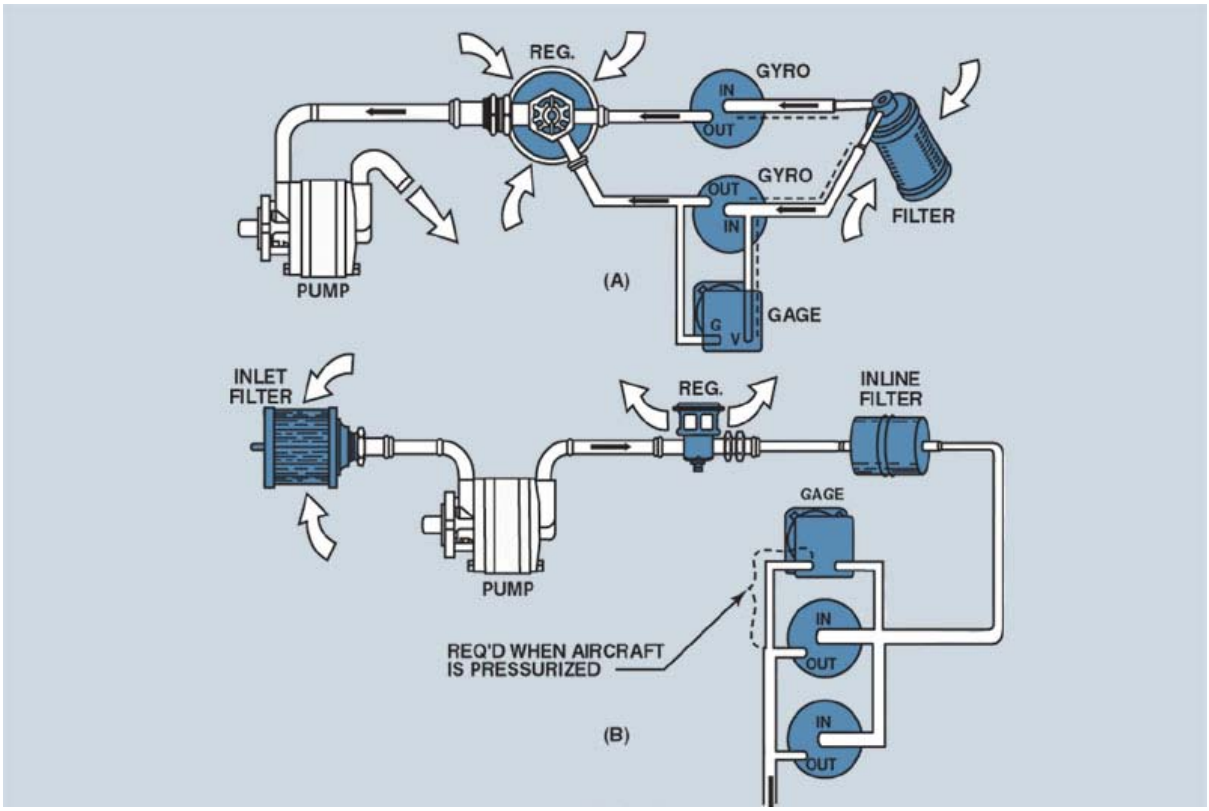
*Wet vacuum pump* از پره های فولادی که در یک پوسته آهنی میچرخند، استفاده میکند که بوسیله مقدار مشخصی از روغن موتور آب بندی و روغنکاری میشود که نتیجتا میزان روغنی که در این قسمت وارد هوا میشود، قبل از استفاده شدن هوا در قطعاتی مانند *Deicer Boot* ، میباید روغن توسط

*Oil separator* جدا گردد. برخی هواپیماهای مدرن امروزی، از *Dry pump* استفاده میکنند. در این پمپ ها پره ها از جنس کربن (گرافیت) بوده و دیگر نیازی به روغنکاری ندارند.

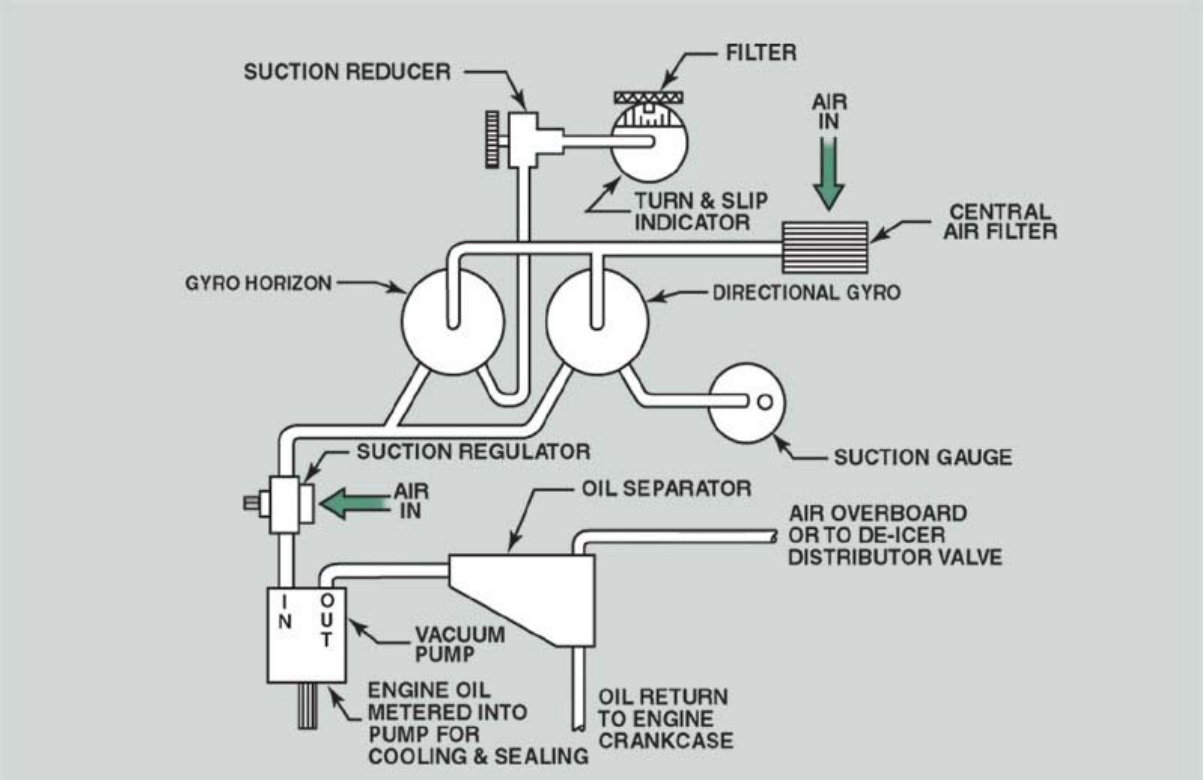
این پمپ ها نیز ممکن است جهت ایجاد مکش و یا فشار هوا جهت آلات دقیق هایی که با هوا کار میکنند *(Air driven )* به کار روند.




شکل (۲-۳) – شماتیکی از Vane type pump



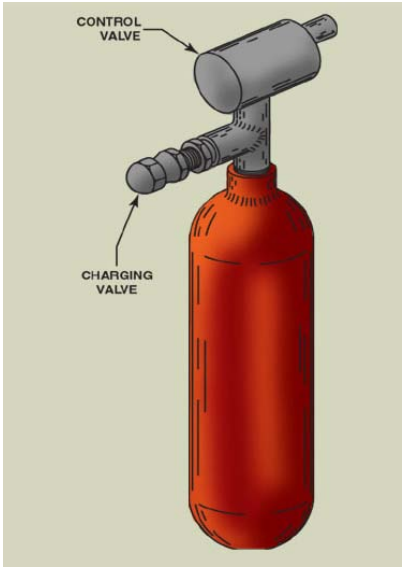

شکل (۲-۴) – شماتیکی از Dry type – Air pump




شکل (۲-۵) – شماتیکی از Wet type – Air pump

### *Air Bottle*

این نوع کپسول دارای دو مجرا میباشد. یکی از آنها جهت شارژ کپسول به کار میرود. به طور مثال در روی زمین، یک کمپرسور را میتوان جهت شارژ کپسول به یکی از دو مجرا و از طریق یک *Valve* متصل نمود. مجرای دیگر مجهز به *Valve* کنترل کننده جریان از نوع *Shutoff Valve* میباشد که هوا را تا زمانی که احتیاج به استفاده از سیستم نیوماتیک نیست، داخل کپسول نگه میدارد.



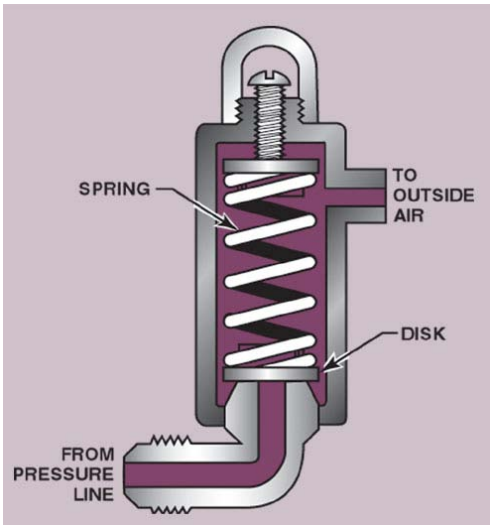

شکل (۲-۶) – شماتیکی از یک Air bottle

## قطعات پخش کننده سیستم نیوماتیک (Distribution)

### Relief Valve

جهت جلوگیری از به وجود آمدن آسیب در سیستم نیوماتیک در اثر فشار بیش از حد، از این قطعه استفاده میشود یعنی در واقع از فشار اضافی که باعث ترکیدن لوله ها میشود، جلوگیری میکند.

در فشار عادی، نیروی فنر، Valve را بسته نگه میدارد. هنگامی که فشار از حد معینی فراتر رفت، بر نیروی مقاوم فنر غلبه نموده و با باز شدن Valve میزان هوای اضافی به اتمسفر تخلیه میشود. این قطعه تا زمانی که فشار به حد نرمال بازگردد، باز خواهد ماند.

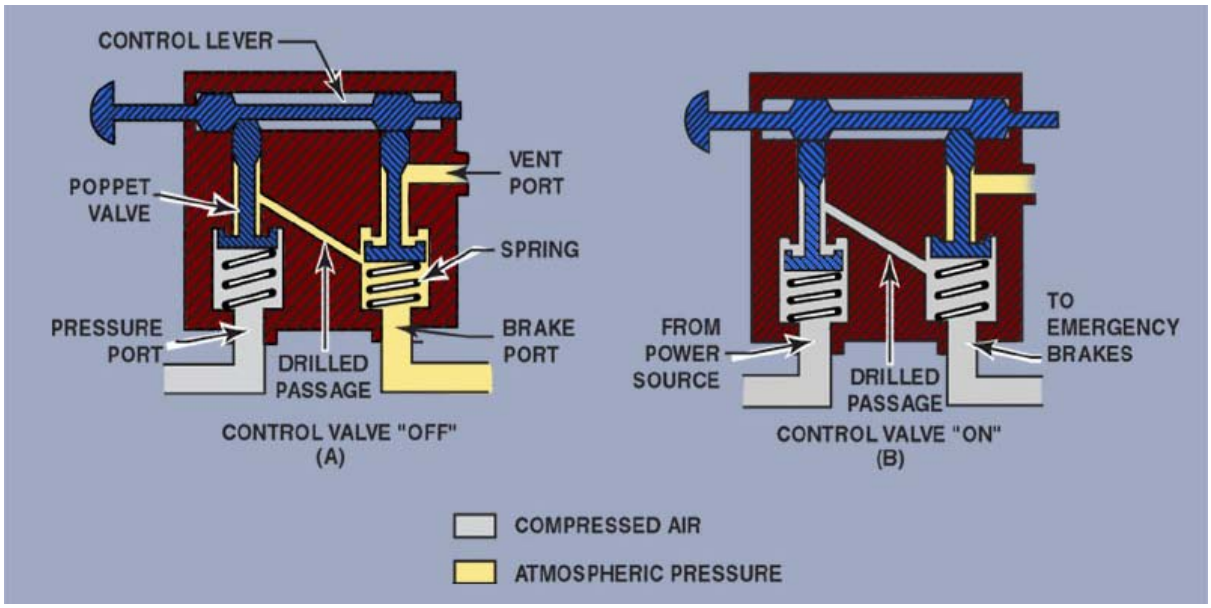



شکل (۲-۷) – شماتیکی از یک Relief Valve

### Control Valve

یکی از قطعات لازم برای سیستم نیوماتیک میباشد که معمولا از پوسته ای با سه مجرا، دو Poppet valve و یک Cam Shaft که در روی آن دو Lobe وجود دارد، تشکیل شده است.

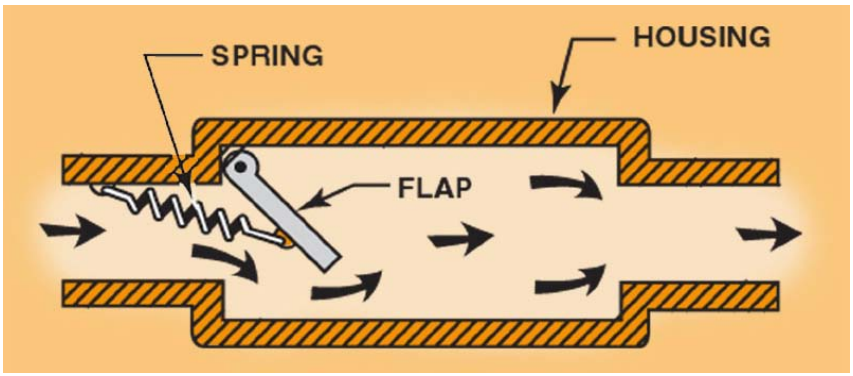
برای درک بهتر چگونگی عملکرد Control Valve برای مثال سیستم اضطراری ترمز هواپیمارا در نظر بگیرید. در شکل (الف) قطعه مذکور به حالت Off نشان داده شده است. فنر، Poppet سمت چپ را در محل خود نگه داشته و لذا فشار هوایی که وارد Valve میشود، راهی به سیستم ترمز ندارد. در قسمت (ب) Valve به حالت On قرار گرفته است. یکی از Lobe ها Poppet سمت چپ را باز میکند و فنر، Poppet سمت راست را میبندد. جریان هوای فشرده در این حالت از مجرای موجود به زیر Poppet سمت راست میرود و تا زمانی که Poppet سمت راست بسته است، هوای فشرده از قسمت خروجی به سیستم ترمز راه می یابد و باعث عمل نمودن آنها میشود.




شکل (۲-۸) – نحوه عملکرد Control Valve

### Check Valve

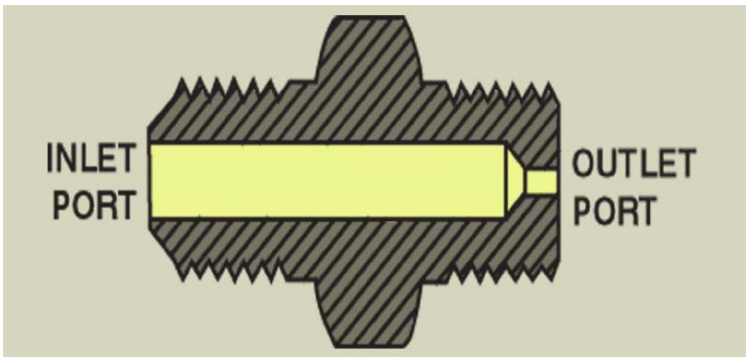
در شکل، Flap-type pneumatic swing check valve نشان داده شده است. هوا وارد مجرای سمت چپ Check Valve شده و فشار هوا یک فنر ضعیف را کشیده و باعث باز شدن Check Valve شده و جریان هوا به سمت راست انتقال یافته و از آن خارج میگردد. اما اگر جهت جریان هوا از سمت راست باشد، دریچه (Flap) باعث بسته شدن Check Valve شده و از جریان یافتن آن به سمت چپ جلوگیری میشود.




شکل (۲-۹) – شماتیکی از یک Swing type check valve

### Restrictor

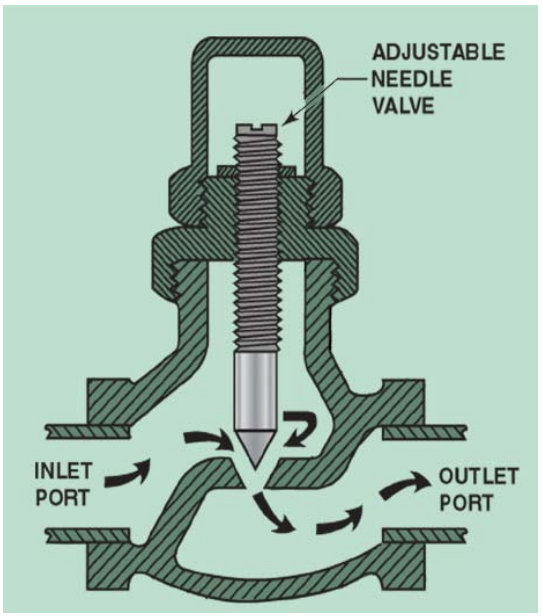
نوعی *Flow Control valve* در سیستم نیوماتیک میباشد. در شکل ، *Orifice type* که دارای یک ورودی بزرگ و یک خروجی تنگ میباشد نشان داده شده است. مجرای تنگ خروجی، میزان شدت جریان و سرعت آن را جهت عمل نمودن سیستم عمل کننده مورد نظر کاهش میدهد.




شکل (۲-۱۰) – شماتیکی از یک Restrictor

### Variable Restrictor

نوع دیگری از کنترل کننده های سرعت جریان میباشد. دارای یک *Needle Valve* قابل تنظیم بوده که بالای آن رزوه شده و پایین آن دارای یک نوک مخروطی تیز میباشد. با توجه به جهت چرخش دندانه ها، با بالا و پایین رفتن *Needle* نوک تیز آن از شکاف مجرای عبوری دور شده و یا به آن نزدیک میشود. با این عمل، دهانه شکاف بزرگ و کوچک شده در نتیجه میزان جریان تنظیم میگردد. هنگامی که جریان هوا وارد مجرای ورودی شد، باید از این شکاف عبور نموده تا به مجرای خروجی برسد در نتیجه با تنظیم *Needle* سرعت جریان هوا نیز تنظیم میگردد.



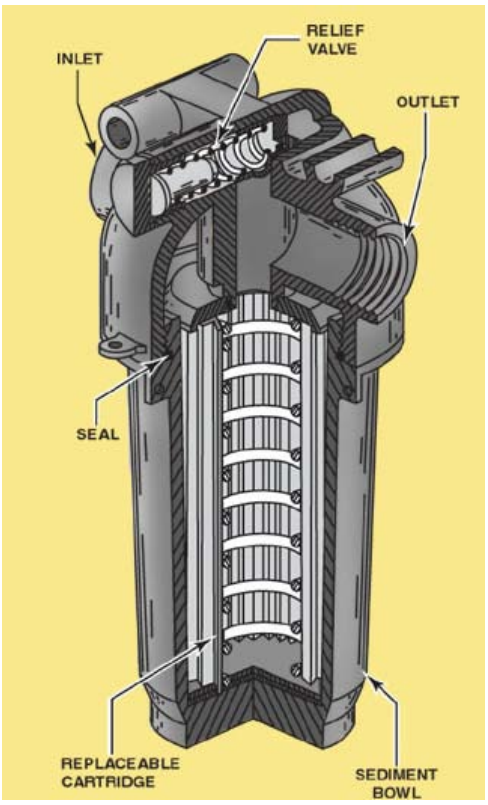

شکل (۲-۱۱) – شماتیکی از یک Variable Restrictor

### *Filter*

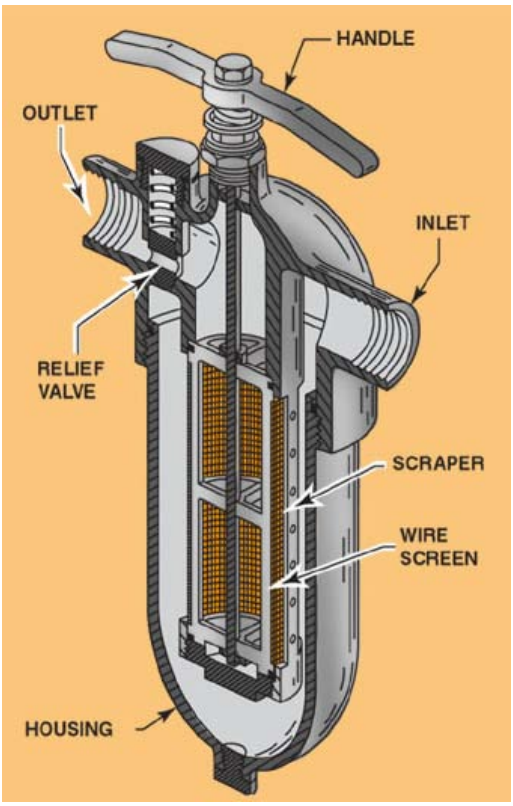
هوای مورد استفاده سیستم نیوماتیک، با استفاده از فیلتر از هرگونه آلودگی، پاک میگردد. در این سیستم از دو نوع فیلتر که تقریبا شبیه به فیلترهای سیستم هیدرولیک میباشند استفاده شده است.

*Micronic Filter* که ساختار آن دقیقا مانند نوع استفاده شده در هیدرولیک میباشد که یک *Cellulose Cartridge* به عنوان تمیز کننده به کار گرفته شده است. هوا از طریق مجرای ورودی وارد آن شده و از اطراف *Cartridge* به داخل آن نفوذ کرده و به مجرای خروجی راه میابد. در طی این مراحل هرگونه آلودگی هوا جذب فیلتر میشود. از یک *Relief valve* نیز برای مواقعی که فیلتر به علت آلودگی زیاد گرفته میشود استفاده شده تا هوای فیلتر نشده بتواند بدون عبور از *Filter Cartridge* وارد سیستم گردد.

از *Screen Type Filter* نیز در سیستم نیوماتیک استفاده میشود که کارکرد و ساختار آن دقیقا مانند نوع استفاده شده در هیدرولیک بوده با این تفاوت که از یک *Handle* نیز جهت تمیز نمودن مجدد آن استفاده شده است.




شکل (۲-۱۲) – نمونه ای از یک فیلتر




شکل (۲-۱۳) – نمونه ای از یک فیلتر Screen Type

### *Desiccant / Moisture Separator*

در سیستم نیوماتیک رطوبت موجود در هوا ممکن است در لوله ها به صورت قطرات آب در آمده و باعث زنگ زدگی شده و در دماهای پایین یخ بزند. لذا میبایست تا حد امکان قطرات آب را از هوای مورد استفاده را جدا نمود.

*Moisture separator* ذرات آب موجود در هوا را جدا نموده و تا زمانی که فشار سیستم تا حد معینی افت نماید در خود نگه میدارد. با پایین آمدن فشار در مجرای ورودی به میزان معین، *Drain valve* آن باز شده و کلیه قطرات آب جمع شده از آن خارج میگردد. از یک گرمکن الکتریکی جهت جلوگیری از یخ زدن آب در این قطعه استفاده شده است. هوای خروجی از این قطعه تقریبا *95%* رطوبت خود را از دست داده است. هوا بعد از خروج از *Moisture separator* وارد یک *Desiccant* یا *Chemical dryer* میشود تا *3%* دیگر از رطوبت باقیمانده در آن گرفته شود. این قطعه دارای یک پوسته استوانه ای شکل با دو مجرای ورودی و خروجی میباشد. از یک *Desiccant Cartridge* که شامل *Dehydrating agent* میباشد استفاده مینماید. میزان رطوبتی که توسط *Moisture separator* جدا نشده است به صورت کامل توسط این قطعه گرفته نمیشود و معمولا مقدار کمی رطوبت ( حدود *2%* ) وارد سیستم میگردد که در *Air Bottle* جمع گشته که نهایتا باید توسط *Drain Valve* موجود در قسمت پایین *Air Bottle* ، تخلیه گردد.

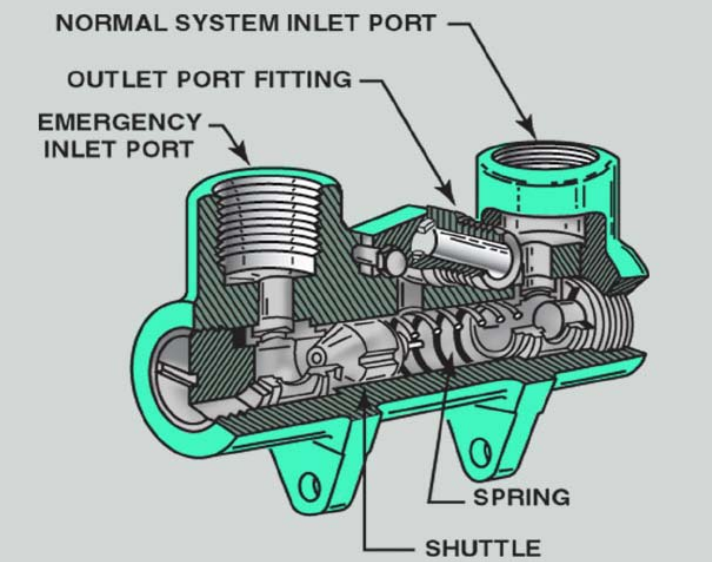
### Back Pressure Valve

بعد از *Chemical dryer* قرار داشته و باعث میشود هوایی که از منبع خارجی (منبع زمینی) به منظور شارژکردن مخازن هوا وارد میگرد، تا زمانی که دارای فشار حدود *1700 psi* نباشد نتواند وارد سیستم شود زیرا عامل فشار در کیفیت عمل خشک شدن هوا توسط *Moisture Separator* تاثیر بسزایی دارد. در نتیجه وجود *Back Pressure Valve* باعث میگردد که هوا بدون جذب رطوبت آن وارد سیستم نگردد.

### Shuttle Valve

این قطعه جهت استفاده از یک منبع زمینی به منظور راه اندازی سیستم نیوماتیک روی زمین و در هنگامی که موتور هواپیما خاموش است، استفاده میشود. هنگامی که فشارخارجی متصل به آن از فشار کمپرسور سیستم بیشتر باشد مسیر کمپرسور بسته شده و فشار خارجی به سیستم راه میابد.

همچنین از این قطعه جهت متصل نمودن سیستم پشتیبان به یک عمل کننده استفاده میشود.




شکل (۲-۱۴) – شماتیکی از یک Shuttle Valve

### Bleed Valve

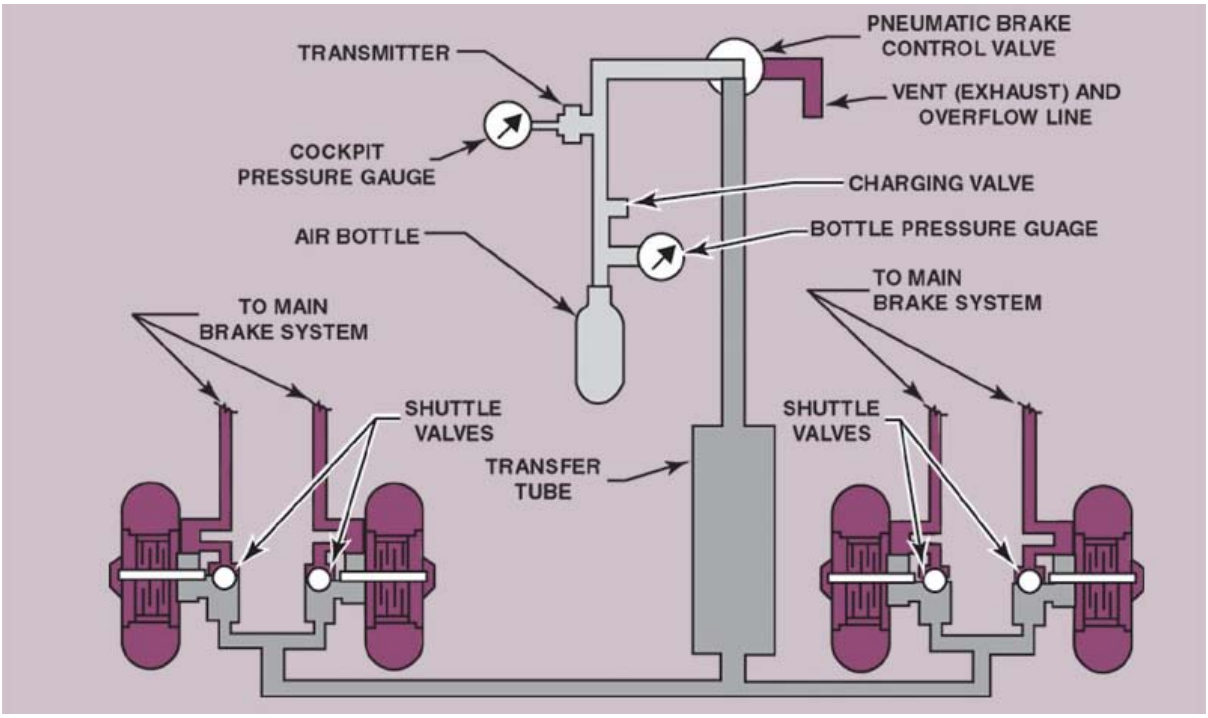
قطعه ای است که در مدار نیوماتیک بعد از کمپرسور به صورت سری قرار گرفته و در مواقعی که دور کمپرسور به هر علت (خاموش شدن موتور هواپیما) از حد معینی کمتر گردد، برای اینکه در *Start* بعدی فشار روی پیستونها نباشد، این قطعه با دریافت سیگنالی از خط فرمان فشار روغن روغنکاری کمپرسور ( هنگامی که فشار مذکور کمتر از *40 psi* میگردد)، خط فشار سیستم را بسته و فشار روی پیستونهای کمپرسور را به اتمسفر متصل میکند در نتیجه در راه اندازی مجدد سیستم روی پیستونها فشار نبوده و قطعات درون کمپرسور از آسیب دیدن مصون میمانند.

### *Method of Use in Point of Use*

هواپیما با ارابه فرود جمع شونده میبایست مجهز به سیستم مجزایی باشد که در صورت از کار افتادن سیستم اصلی به هر دلیلی (مواقع اضطراری) قادر به باز نمودن ارابه فرود هواپیما باشد. ساده ترین روش، استفاده از هوای فشرده و یا نیتروژن ذخیره شده در کپسول میباشد.

به طور مثال برای ارابه فرود هنگامی که سیستم اضطراری توسط خلبان انتخاب شود هوای فشرده از کپسول خارج شده و با عبور از *Shuttle valve* ، مسیر هیدرولیک سیستم اصلی (نرمال) را به سیلندر عمل کننده چرخ ها قطع نموده و با جایگزین شدن باعث باز و قفل شدن آنها میشود.

به همین ترتیب برای سیستم اضطراری ترمز هنگامی که خلبان مطمئن شد که فشار لازم هیدرولیک جهت عمل ترمز وجود ندارد میتواند با استفاده از سیستم نیوماتیک عمل ترمز نمودن را انجام دهد. این عمل مانند حالت قبل با عبور هوا از یک*Shuttle valve* و بستن جریان هیدرولیک سیستم اصلی (نرمال) انجام میشود.




شکل (۲-۱۵) – چگونگی عملکرد سیستم

# فصل سوم (سیستم‌های کنترل محیطی)

# Environmental Control Systems

در پایان این فصل شما میتوانید موارد زیر را تشریح نمایید :

- هدف از سیستم
- انواع سیستم
- چگونگی عملکرد سیستم
- تشریح قطعات و چگونگی عملکرد آنها

## بخش اول – معرفی سیستم و اهداف آن

منظور از این سیستم فراهم آوردن شرایطی مطلوب جهت تنفس خدمه و سرنشینان در طول زمان پرواز میباشد. با توجه به اینکه با ازدیاد ارتفاع فشار هوا و در پی آن میزان مولکولهای اکسیژن موجود در واحد حجم کم میگردد، عوارضی از قبیل خستگی، سردرد، عدم حضور ذهن، ناراحتی های جسمی و ... را به دنبال خواهد داشت.

یک سیستم تهویه مطبوع کامل جهت هواپیما، علاوه بر تامین هوای مورد نیاز جهت تنفس و مصرف میبایست فشار، حرارت، رطوبت آن را نیز کنترل نماید. برای فراهم آوردن چنین شرایطی احتیاج به دستگاه های حرارتی، برودتی و همچنین دستگاهی برای ترکیب این دو هوا به نسبت دلخواه و مناسب (سیستم کنترل) میباشد.

یکی از مسائل مهم دیگر در این سیستم مساله جابجایی هوای داخل کابین میباشد تا بتوان هوای مصرف شده در داخل کابین را به اندازه مناسب و بدون از دست دادن فشار تنظیم شده به بیرون تخلیه نمود. نکته مهم دیگر رطوبت موجود در هوای داخل کابین است. پرواز از محیطی با رطوبت زیاد به محیطی با رطوبت کم و برعکس ایجاب مینماید تا مقدار رطوبت هوای وروری به کابین نیز کنترل گردد.

در برخی از انواع هواپیماها میبایست هوای گرم و سرد تهیه نمود و با نسبت مناسب به کار برد. جهت تهیه هوای گرم از *Stage*های کمپرسور موتور جت استفاده شده است چراکه هوا در آنها به اندازه کافی گرم میباشد. در برخی از موتورها به دلیل بالاتر بودن دمای هوای کمپرسور از میزان دمای گرم مورد نظر، هوا پس از عبور از یک مبرد، به درجه حرارت مطلوب میرسد. اگر دمای آن از درجه حرارت خاصی بالاتر باشد قطعه ای به نام *Temperature Shutoff Valve* به صورت خودکار جریان هوا را به داخل سیستم قطع میکند چراکه امکان سرد کردن آن به اندازه لازم توسط قطعات سیستم وجود نخواهد داشت.

با توجه به تفاوت فشار داخل هواپیما با هوای خارج، نیروی زیادی بر بدنه هواپیما وارد میشود. لذا برای مقابله با آن یا باید ضخامت بدنه را افزایش داد و یا جنس آن را از آلیاژ محکمتری انتخاب نمود که اولی به علت اضافه شدن وزن هواپیما سقف پرواز را پایین آورده و دومی هزینه را بالا می برد زیرا هم مواد گرانتر هستند و هم عملیات تعمیر و نگهداری مشکلتری را به دنبال خواهد داشت. برای جلوگیری از این مورد در هواپیماهای مسافربری فشار هوای داخل کابین را معادل فشار هوای ارتفاع *8000 ft* از سطح دریا که برای تنفس عادی مناسب است درنظر میگیرند.

## بخش دوم – تقسیم بندی سیستم

همانطوری که قبلا نیز بیان شد، جهت ایجاد هوایی خوب و مناسب در داخل کابین به امکاناتی جهت ایجاد هوای گرم و سرد ، جریان یافتن و تخلیه هوای استفاده شده در کابین، احتیاج میباشد.

### Temperature Control

#### *Heating Source*

***Muff Heater***

گازهای حاصل از احتراق در موتورهای پیستونی از طریق مجرای خروجی هر سیلندر وارد مجرای خروجی اصلی *(Exhaust Manifold )* شده و به هوای محیط تخلیه میگردند. اطراف *Manifold* پوششی به نام *Muff* وجود دارد که از یک طرف به هوای برخوردی *(Ram Air )* و از طرف دیگر به قسمتهای مختلف کابین راه دارد. در اثر حرکت هواپیما هوا وارد این پوشش شده و در برخورد با *Manifold* گرم شده و باعث بالا رفتن درجه حرارت در داخل کابین میشود.

هرگاه در اثر ازدیاد حرارت محیط به وجود هوای گرم احتیاج نباشد، مجرای این لوله توسط قطعه ای به نام *Hot air valve* که قابلیت کنترل از داخل کابین خلبان را دارد، به هوای محیط ارتباط داده شده و لذا کابین دیگر گرم نمیشود.

در درون کابین خروجی هایی به نام *Grill* که در قسمتهای مختلف سوار شده اند، هوای گرم را به محوطه داخل کابین هدایت میکنند.

گاهی از هوای گرم تهیه شده به این طریق جهت از بین بردن بخار شیشه جلوی خلبان ( *De-fogging* ) و همچنین از بین بردن یخ در لبه حمله بال ( *De-icings* ) نیز استفاده میشود.

نکته ای که باید در این سیستم مورد توجه قرار گیرد این است که در صورت نشتی *Manifold* گاز مونواکسید کربن حاصل از احتراق وارد کابین شده و سبب خفگی و یا ناراحتی های دیگر میشود. لذا برای تشخیص این مورد در درون کابین کاغذهای آغشته به مواد حساس به این گاز با رنگ آبی ( *Toxic Gas Detector* ) تعبیه شده که در مجاورت این گاز به رنگ ارغوانی درخواهند آمد و در این حالت خلبان باید با بستن مسیر هوای گرم از ورود این گاز به درون کابین جلوگیری کند.

***Combustion Heater (Janitrol)***

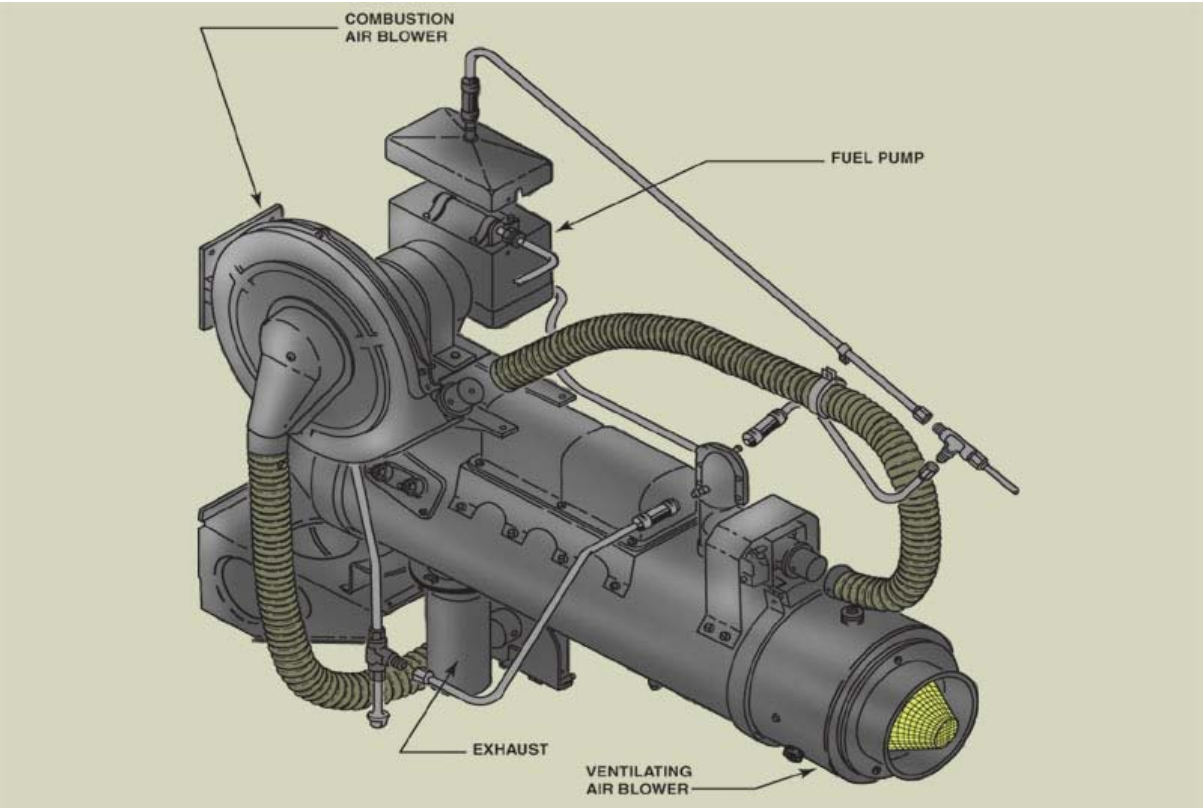
محفظه ای است کاملا عایق بندی شده که دارای شمع و *Fuel atomizer* میباشد. سوخت مصرفی آن از سوخت هواپیما بوده و بوسیله یک پمپ که توسط خلبان کنترل میشود، تامین خواهد شد. سوخت توسط *Atomizer* به صورت پودر به داخل محفظه ریخته شده و با جرقه زدن شمع، مشتعل میشود. اطراف این محفظه کانالی قرار دارد که مانند نوع قبل از یک طرف به هوای برخوردی و از طرف دیگر به کابین راه دارد. هوا با عبور از درون این کانال و اطراف محفظه فوق گرم شده و به داخل کابین راه میابد. برای عمل نمودن این قطعه بر روی زمین، با

توجه به عدم وجود هوای برخوردی، از یک فن *(Blower)* استفاده میشود که از داخل کابین خلبان قابل کنترل میباشد.

در صورتی که درجه حرارت از حد معینی بیشتر شود سوئیچ حرارتی ( *Thermal Switch* ) موجود در این سیستم باعث میشود به صورت خودکار جریان سوخت و جرقه قطع گردد و به هنگام سرد شدن قطعه مذکور دوباره عمل احتراق از سرگرفته میشود.

در این نوع هواپیماها جهت هوای سرد مورد نیاز از هوای برخوردی ( *Ram Air* ) استفاده میشود که توسط لوله کشی های انجام شده به درون هواپیما راه میابد. این مجاری از طریق *Eyeball Valve* ها و یا *Louver Valve* ها برای استفاده هریک از سرنشینان اختصاص میابد که هرکدام به صورت انفرادی قابل تنظیم است.

*Ventilation* (گردش و خروج هوا از کابین) هم توسط مجراهای ثابتی که در قسمت عقب بدنه هواپیما تعبیه شده و هم شبکه هایی به نام *Grill* و دریچه هایی به نام *Shutter* صورت میگیرد.




شکل (۳-۱) – Combustion Heater

### *Electrical Heater*

المنت های حرارتی که با استفاده از مقاومت الکتریکی عمل می نمایند در این سیستم به کار گرفته شده اند. برخی از هواپیماها از این سیستم به عنوان منبع هوای گرم در هنگامی که بر روی زمین قرار دارند و موتورها خاموش می باشند، استفاده می کنند. در این سیستم با استفاده از یک فن هوا از روی سیم پیچ های المنت های حرارتی

عبور داده می شود که در نتیجه هوای گرم وارد کابین می گردد. قطعات ایمنی نیز در این سیستم تعبیه شده اند تا از بالا رفتن بیش از حد درجه حرارت جلوگیری نمایند.

## Cooling source

منابع تامین هوای سرد عبارتند از:

### Heat Exchanger

با استفاده از هوای برخوردی در پرواز و یا یک فن در روی زمین تا اندازه ای هوای عبور کننده از لوله های نازک که در مجموع یک شبکه (مبدل حرارتی) را تشکیل میدهند را سرد میکند.

### Air Cycle Machine (ACM)

در این سیستم هوای مورد نظر از *Stage* های کمپرسور تهیه میشود. مقداری از آن مستقیما از طریق یک *Shutoff Valve* به عنوان هوای گرم به *Hot Air Manifold* و سپس به *Trim Air Duct* رفته و مقداری از آن از یک *heat exchanger (Primary)* عبور کرده که در آن مقداری از حرارت آن گرفته شده و سپس به *Air cycle machine* جهت تامین هوای سرد میرود. هرگونه آب موجود در هوا توسط *Water Separator* قبل از آنکه وارد *Mixing Chamber* شود، گرفته میشود.

### قطعات سیستم

### Primary heat exchanger

مانند یک رادیاتور بوده که درون لوله های آن هوای *Bleed Air* در جریان میباشد، برخورد هوای *Ram Air* به سطح خارجی لوله های آن باعث خنک شدن *Bleed Air* میشود. بر روی زمین به علت اینکه هوای کافی جهت خنک کردن موجود نمیباشد یک فن با نام *Pack Fan* هوای برخوردی کافی را ایجاد مینماید.

### Primary heat exchanger Bypass Valve

در برخی مواقع هوای گرم *Bleed Air* علاوه بر مقداری که مستقیما به *Mixing chamber* میرود، بدون احتیاج به خنک شدن مورد نیاز میباشد. به عنوان مثال به منظور *Anti –ice* یا *Defog*. در این حالت با استفاده از این قطعه، هوا بدن خنک شدن توسط *ACM* و در واقع با *Bypass* نمودن آن، وارد *Hot Air Manifold* میشود.

### Shutoff Valve

این قطعه که *Pack Valve* نیز نامیده میشود جهت کنترل جریان هوا به داخل سیستم استفاده میشود. میتوان با استفاده از آن مسیر عبور هوا را به صورت کامل بست و یا به مقدار لازم مسیر عبوری را برای سیستم باز نمود.

### Refrigeration Bypass Valve

این قطعه با کنترل دمای خروجی ACM ، از یخ زدن مجرای خروجی آن جلوگیری میکند. درواقع از سرد شدن بیش از اندازه هوایی که از ACM خارج میشود جلوگیری میکند. این عمل با عبور دادن مقداری Bleed Air گرم از اطراف خروجی ACM انجام میشود. به طور معمول دمای خروجی در حدود ۳۵ درجه فارنهایت نگه داشته میشود.

### Secondary heat exchanger

مرحله بعدی در خنک کردن هوای Bleed Air که از Primary heat exchanger و ACM Compressor عبور کرده است، میباشد و عملکرد آن دقیقا مانند Primary heat exchanger میباشد.

### Refrigeration Turbine Unit

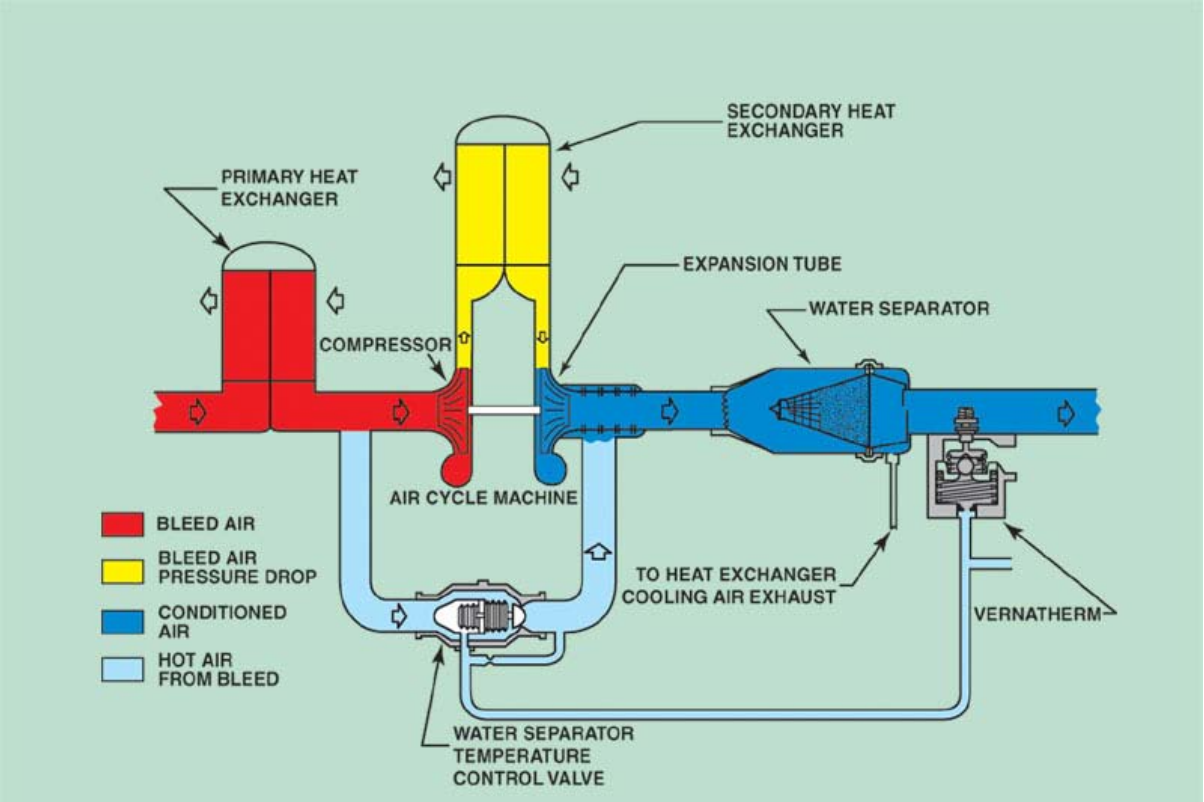
موتور جت هوای برخوردی را با استفاده از کمپرسور خود فشرده نموده که در این میان دمای آن نیز افزایش میابد ( حدودا کمتر از 15% ) این هوا با عبور از Primary heat exchanger مقداری از حرارت خودر را از دست میدهد. سپس به ACM Compressor میرسد که در اثر فشرده شدن در این قسمت مقداری افزایش حرارت خواهد داشت. حرارت اضافه شده مذکور توسط Secondary heat exchanger مجددا کاهش یافته و هوا با فشار بالا و درجه حرارت پایین به ACM Turbine میرسد که با انبساط هوای فشرده شده و انجام دادن کار روی Turbine، مقدار زیادی از انرژی خود را از دست میدهد. در واقع در این روش به دو صورت دمای هوا کاش داده میشود. یکی بوسیله انتقال حرارت به Ram Air که در دو Heat exchanger انجام میشود و دیگری بر اثر انبساط هوا و تبدیل انرژی حرارتی آن به انرژی مکانیکی در ACM Turbine .

### Water Separator

سرد شدن سریع هوا در توربین سبب میشود رطوبت موجود در هوا به صورت مه درآید. هنگامی که این جریان مه آلود هوا وارد Water separator میشود، با برخورد به پره های موجود به صورت قطرات آب از هوا جدا شده و در قسمت Container جمع میگردد و سپس توسط Drain Valve تخلیه میشود. شکل پره ها به گونه ای است که یک حرکت چرخشی ( Swirling Motion ) در هوا ایجاد میکند. یک Temperature Sensor سیستم Anti-ice را از یخ زدن آب جمع شده آگاه میکند.یعنی در واقع باعث هدایت مقداری هوای گرم به منظور مخلوط شدن با هوای سرد موجود در پشت ACM میگردد.

### Ram Air Valve

این قطعه در برخی هواپیماها استفاده شده و در پرواز در ارتفاعات پایین ( Non-pressurized ) برای ورود هوای خنک بیرون به سیستم Air-conditioning و جریان یافتن هوا جهت تهویه هوای کابین مورد استفاده قرار میگیرد.




شکل (۳-۲) – چگونگی عملکرد سیستم ACM

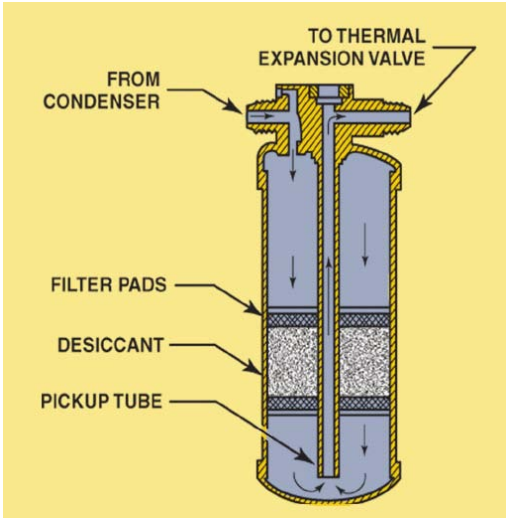
### *Vapor Cycle Machine (VCM)*

در این سیستم از تبخیر مایعی خاص ، سرما مطابق یخچالهای خانگی ایجاد می گردد. مایع مورد استفاده با گرفتن حرارت از هوای کابین به صورت گاز درآمده و در خارج کابین ، این گاز با پس دادن حرارت به هوای محیط مجددا به صورت مایع باز میگردد.

برای این منظور از مایعی مانند *Freon 12* که دارای خواصی مانند *Fire Resistance* ، *Nontoxic* و *Low Boiling Point* میباشد، استفاده میشود.قطعات این سیستم به شرح زیر میباشد:

### *Receiver*

به عنوان مخزن دستگاه بوده و مایع *Freon* در آن ریخته میشود. مابین چگالنده و *Expansion Valve* نصب میشود. مایع از چگالنده وارد آن شده، فیلتر گشته و از یک رطوبت گیر مانند *Silica-jell* عبور نموده و کلیه رطوبت آن گرفته میشود . گرفتن رطوبت بسیار مهم است چراکه عبور حتی مقدار کمی از آن باعث یخ زدگی در قسمت بعدی و نهایتا از کار افتادن کل سیستم میشود. همچنین ترکیب آن با مایع *Freon* ایجاد اسید نموده که بسیار خورنده میباشد.



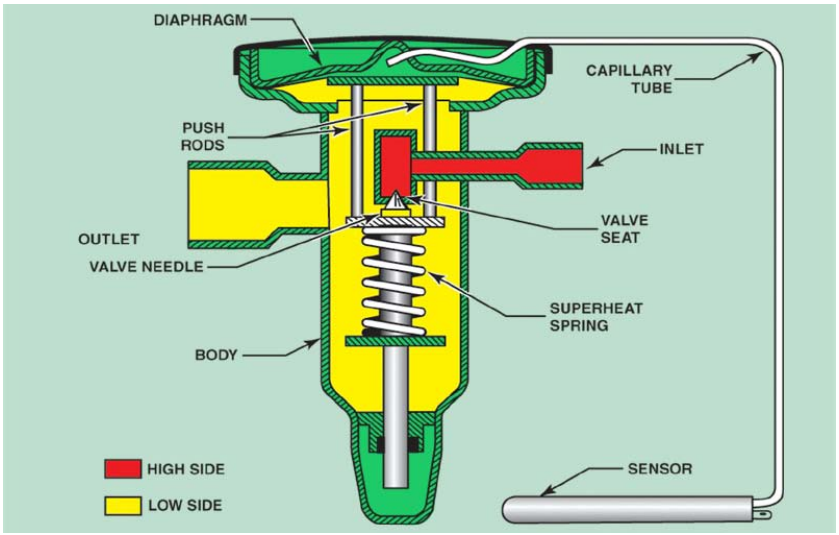

شکل (۳-۳) – نمونه ای از یک Receiver

### *Thermal Expansion Valve*

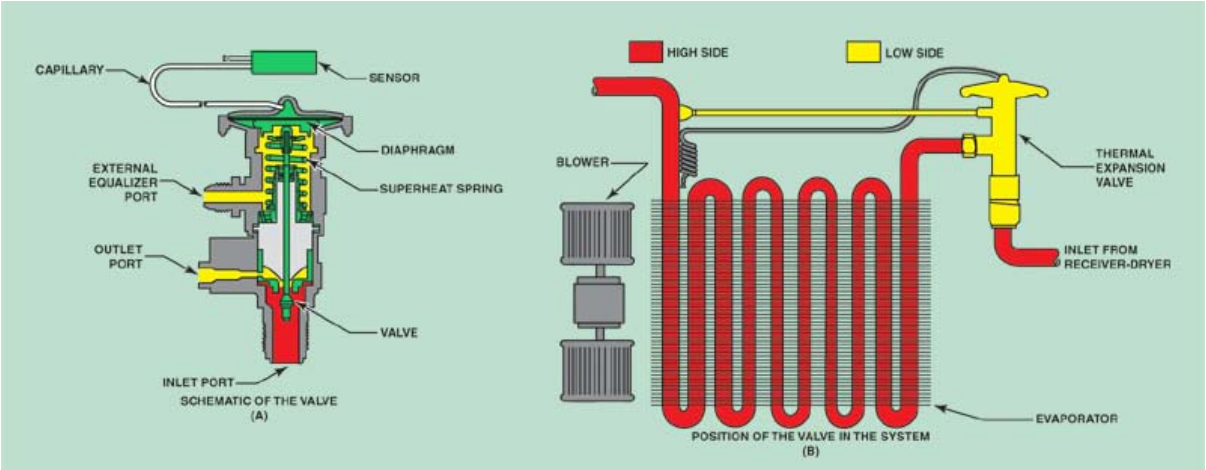
این قطعه برخی موارد *TXV* نیز نامیده میشود. قطعه ای کنترل کننده میباشد که تنها مقدار مناسب مایع را جهت بخار شدن در *Evaporator* انتخاب میکند. میزان باز بودن و یا محدود شدن آن به میزان بار حرارتی که در کابین وجود دارد بستگی دارد. این قطعه با میزان حرارت *Evaporator* کنترل میشود.

یک لوله موئینه که از گاز پر شده است به محفظه دیافراگم *Valve* متصل میباشد که انتهای دیگر آن به یک حباب متصل شده است. این حباب درواقع نقش *Sensor* را بازی میکند و در مجاورت *Evaporator* قرار دارد. اگر مایع تماما بخار شود قبل از آنکه به انتهای *Evaporator* برسد، نشانگر حرارت زیاد میباشد. این حرارت توسط حباب تشخیص داده شده و باعث افزایش فشار گاز درون حباب و اعمال فشار بر روی دیافراگم میشود. *Superheat Spring* فشرده شده و مجرای ورود مایع بازمیشود و مایع بیشتری وارد *Evaporator* میشود. تعادل میان فشار گاز دیافراگم و قدرت فنر، میزان جریان مایع را تعیین میکند.

این *Valve* به صورت استاندارد در کارخانه کالیبره شده و به معمولا در استفاده قابل تنظیم نخواهد بود و به دو صورت *External* و *Internal* وجود دارد.




شکل (۳-۴) – نمونه ای از یک TXV




شکل (۳-۵) – نمونه ای از یک TXV و محل قرارگیری آن در سیستم

### *Evaporator*

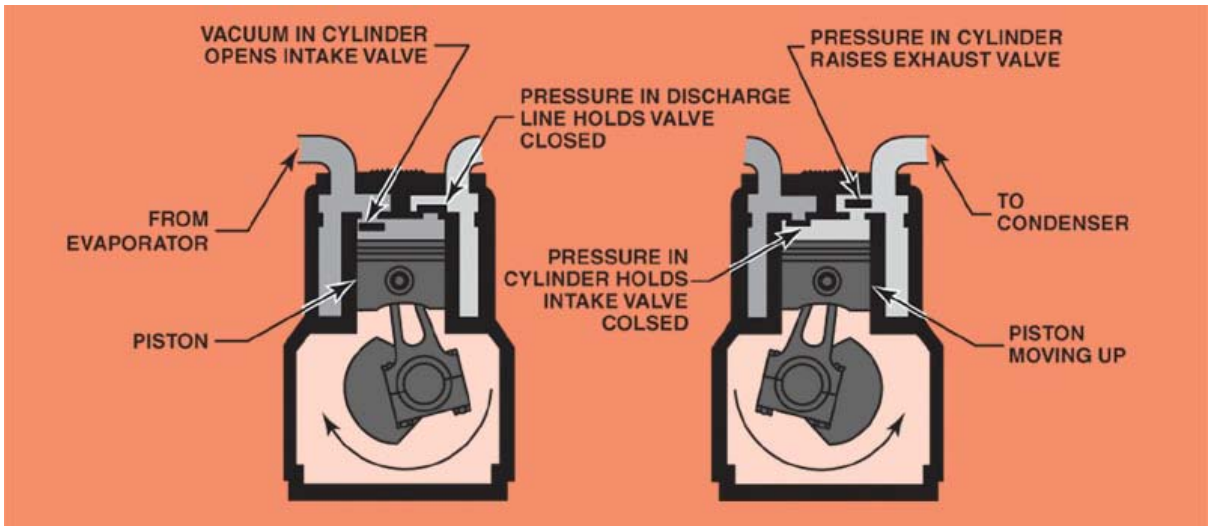
این قطعه که بین *Expansion Valve* و *Compressor* قرار گرفته، از تعدادی لوله های مسی تشکیل شده است که در روی بدنه این لوله ها پره هایی از جنس آلومینیم متصل است. این قطعه معمولا در پوسته ای به همراه یک *Blower* قرار دارد که باعث میشود هوای گرم کابین به درون پوسته مکیده شده و در برخورد با لوله ها حرارت خود را به مایع درون آن منتقل نموده و خنک شود. این هوا از طرف دیگر خارج شده و در اختیار سیستم قرار میگیرد و به کابین هواپیما باز میگردد.

### *Compressor*

اگر *Expansion Valve* به عنوا ن مغز سیستم *VCM* در نظر گرفته شود، کمپرسور آن را میتوان به عنوان قلب سیستم شبیه سازی نمود چراکه باعث گردش مایع خنک کننده در درون سیستم میشود. یک نمونه از کمپرسورهای پیستونی در شکل نمایش داده شده است.

مایع بعد از ترک *Evaporator* به صورت گاز با فشار و درجه حرارت کم وارد *Compressor* میشود. کمپرسورهایی که در این سیستم به کار میروند از نوع رفت و برگشتی ( *Reciprocating* ) میباشند و معمولا بوسیله یک موتور الکتریکی و یا هیدرولیکی کار میکنند.

هنگامی که احتیاج به استفاده از سیستم خنک کننده نمیباشدیک کلاچ الکتریکی، کمپرسور را از مدار خارج میکند و لذا دیگر مایع به جریان نخواهد افتاد. با فرستادن پیام توسط ترمواستات جهت شروع به کار سیستم، مجددا کلاچ باعث درگیر شدن کمپرسور میشود.

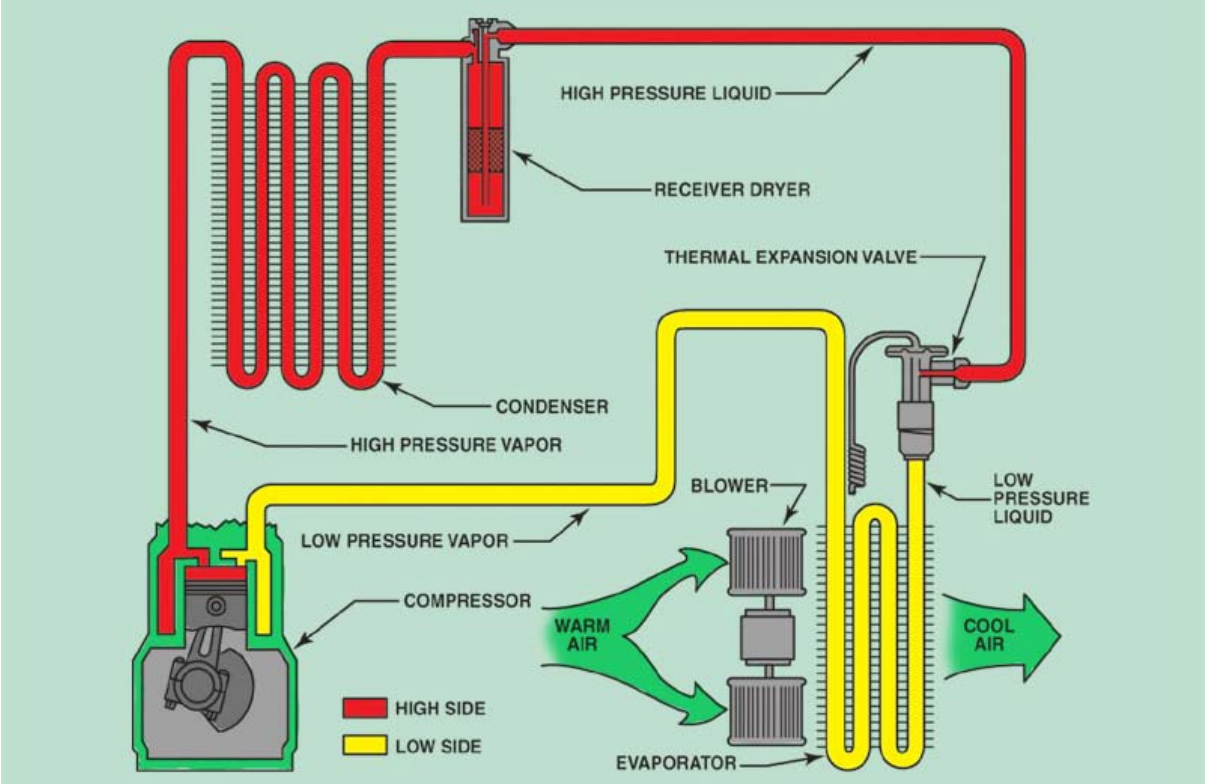



شکل (۳-۶) – چگونگی عملکرد کمپرسور

### *Condenser*

درواقع مانند رادیاتور اتومبیل عمل مینماید. عملکرد این قطعه عکس *Evaporator* میباشد درحالیکه ساختار آن تقریبا همان میباشد. در این قطعه با عبور هوا از لابلای لوله ها و پره ها، حرارت از گاز گرفته شده و گاز تبدیل به مایع میشود.

عملکرد کلی *VCM* بدین صورت است که مایع بعد از ترک مخزن و عبور از *Thermal Expansion Valve* وارد *Evaporator* شده (میزان این جریان توسط *Expansion Valve* کنترل میشود) و درقسمت *Evaporator* مایع با گرفتن حرارت هوا و خنک کردن آن به صورت گاز درآمده و مجددا وارد کمپرسور میشود. با فشرده شدن گاز توسط کمپرسور، وارد چگالنده ( *Condenser* ) شده و با پس دادن حرارت به *Ram Air* به صورت مایع درآمده و وارد مخزن میگردد.




شکل (۳-۷) – چگونگی عملکرد سیستم

### *Pressure Control*

هوایی که اطراف زمین را احاطه کرده است به علت دارا بودن میزان کافی اکسیژن در ارتفاعات پایین، امکان تنفس را به راحتی برای موجودات زنده و انسان فراهم نموده است. از طرفی با توجه به مقاومت کم هوا در ارتفاعات بالا به دلیل کم شدن جرم حجمی و کاهش چشمگیر *Aerodynamic Drag* ، پرواز در ارتفاعات بالا مقرون به صرفه خواهد بود.

لذا با توجه به کمبود اکسیژن ( در واحد حجم ) در ارتفاعات بالا، فشار هوای درون هواپیما را نسبت به بیرون زیادتر میکنند. این امر موجب میشود تراکم مولکولی بیشتر شده و مسافرین راحتر تنفس نمایند. اما وجود هوای فشرده در درون هواپیما نسبت به بیرون آن ایجاد اختلاف فشار میکند که تاثیر آن بر بدنه هواپیما خواهد بود. لذا برای مقابله با آن نیاز به طراحی و تولید بدنه ای ضخیم و مقاوم میباشد.

### *Pressure Modes*

### *Unpressurized*

در این مرحله از پرواز، فشار داخل کابین هواپیما با بیرون یکی بوده و در حقیقت مانند این است که درب های هواپیما باز باشند.

### *Isobaric*

از ارتفاع خاصی که معمولا در هواپیماهای مسافری *8000 ft* در نظر گرفته میشود، فشار داخل کابین بدون در نظر گرفتن فشار هوای بیرون در هنگام اوج گیری هواپیما، ثابت نگه داشته میشود. در حقیقت فشار داخل کابین فشار ارتفاع *8000 ft* نگاه داشته میشود در حالیکه خود هواپیما در ارتفاع بالاتری در حال پرواز است. این مرحله معمولا تا رسیدن هواپیما به ارتفاع پرواز افقی *( Cruise )* ادامه دارد.

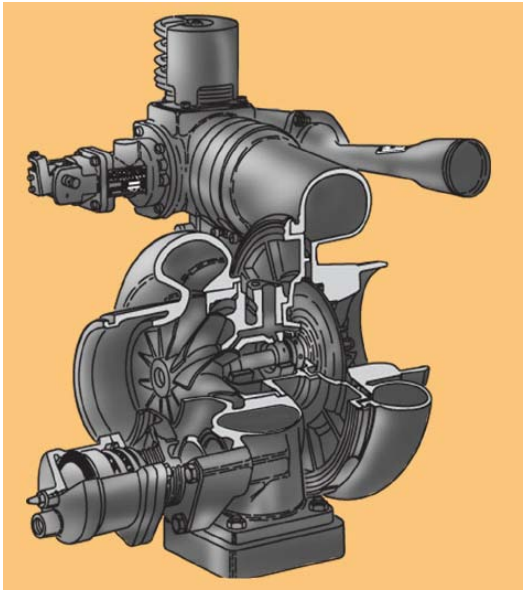
### *Differential Condition*

در این مرحله از پرواز با اوج گیری از ارتفاع *Cruise* ، میزان اختلاف فشار وارد بر بدنه نیز افزایش میابد. به طور مثال در هواپیما *B-727* حداکثر اختلاف فشار داخل و خارج مجاز برابر با *8.6 psi* میباشد. با افزایش این اختلاف دیگر بدنه هواپیما قادر به تحمل آن نخواهد بود، لذا به نسبت کاهش فشار خارج کابین مجبور به کاهش فشار داخل هواپیما خواهیم بود که این عمل باعث کاهش تراکم مولکولی هوای داخل کابین شده و ممکن است برخی افراد احتیاج به استفاده از کپسولهای اکسیژن پیدا نمایند. کاهش فشار داخل هواپیما توسط قطعه ای به نام *Differential Metering Valve* انجام میشود که باعث میشود هواره اختلاف فشار ثابتی بر بدنه هواپیما وارد آید.

### *Sources of Pressurization Air*

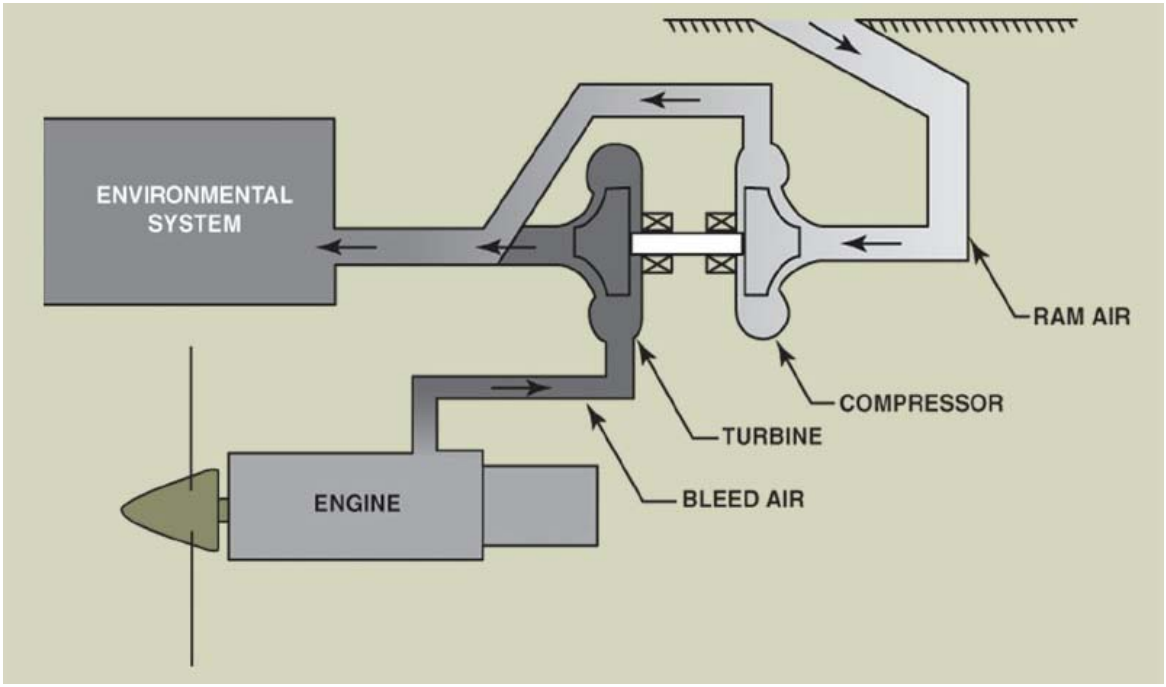
اولین بار سیستم *Pressurization* در هواپیماهای بزرگی چون *Lookheed Constallation* و *Douglas DC-6* استفاده شد. این هواپیماها با بدنه بزرگشان احتیاج به هوای فشرده زیادی داشتند که عموما توسط *Positive Displacement Roots-type Compressor* و یا *Variable Displacement Centrifugal Compressor* تامین میشد.

*Pressurization* هواپیماهای کوچک تک موتوره و یا دو موتوره بوسیله *Bleed Air* حاصل از *Engine Turbocharger* تامین میشد که نمونه ای از آن در شکل نشان داده شده است.

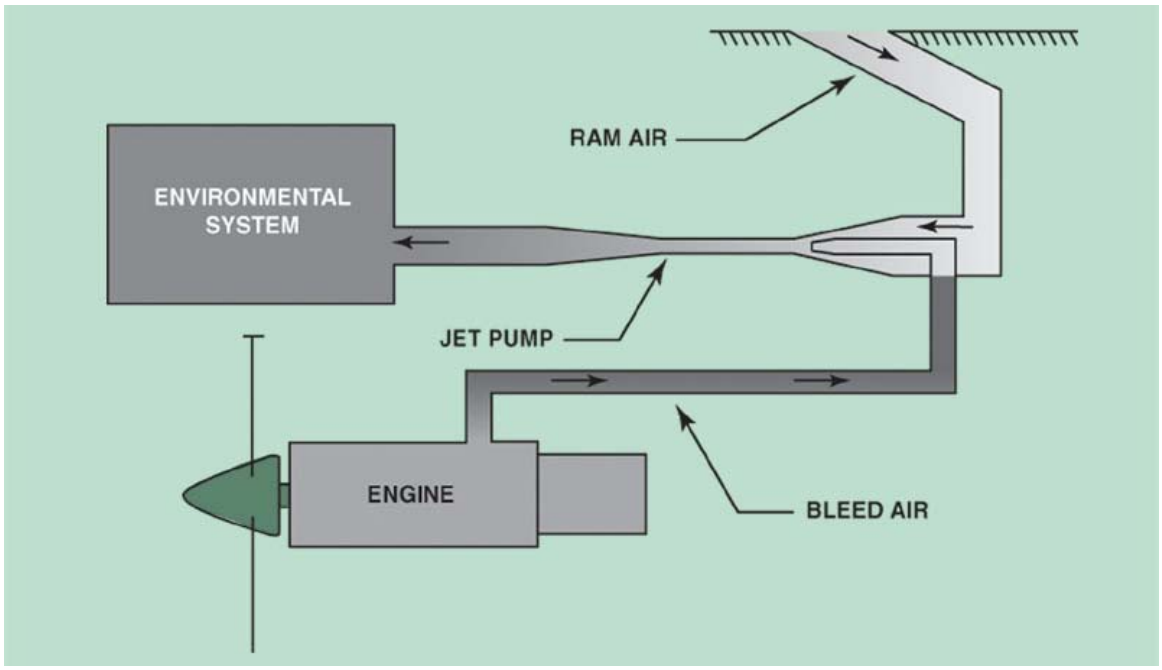


شکل (۳-۸) – نمونه ای از یک Turbocharger

در هواپیماهای جت، کمپرسور موتور جت منبع بسیار خوبی جهت تامین هوای مورد نیاز میباشد. این هوا ممکن است مستقیما و یا بعد از چرخاندن یک *Turbo compressor* مورد استفاده قرار گیرد.
در انواع دیگر ممکن است به کمک یک *Jet Pump* و بدون *Turbo compressor* این عمل انجام گیرد بدین صورت که خروجی *Jet Pump* در گلوگاه یک لوله وانتوری بوده که با رانده شده هوای *Bleed Air* کمپرسور موتورجت به درون آن، باعث ایجاد مکش شده و مطابق شکل هوای بیرون را به داخل میکشد. این دو هوا با یکدیگر مخلوط شده و هوای لازم را جهت *Pressurization* ایجاد مینمایند.




شکل (۳-۹) – هوا بعد از چرخاندن یک Turbocharger مورد استفاده قرار می گیرد




شکل (۳-۱۰) – تهیه هوا با استفاده از یک Jet Pump

### Control of Cabin Pressure

خروج هوا از داخل کابین به دو صورت کنترل شده و غیر قابل کنترل میباشد. منظور از غیر قابل کنترل، نشتی های ناشی از فرار هوا از لا به لای درزهای پنجره ها، درها، مجاری کابلها و ... میباشد که اجتناب ناپذیر است اما در نوع نشتی کنترل شده مقدار خروجی هوا میتواند بسیار بیشتر از نوع قبلی باشد. لذا استفاده از قطعاتی مانند *Outflow Valve* و یا *Safety Valve* جهت کنترل فشار داخل کابین ضروری میباشد.

### Cockpit Controls

در اغلب موارد سیستمهای *Pressurization* دارای سه نشان دهنده در داخل کابین خلبان میباشند.

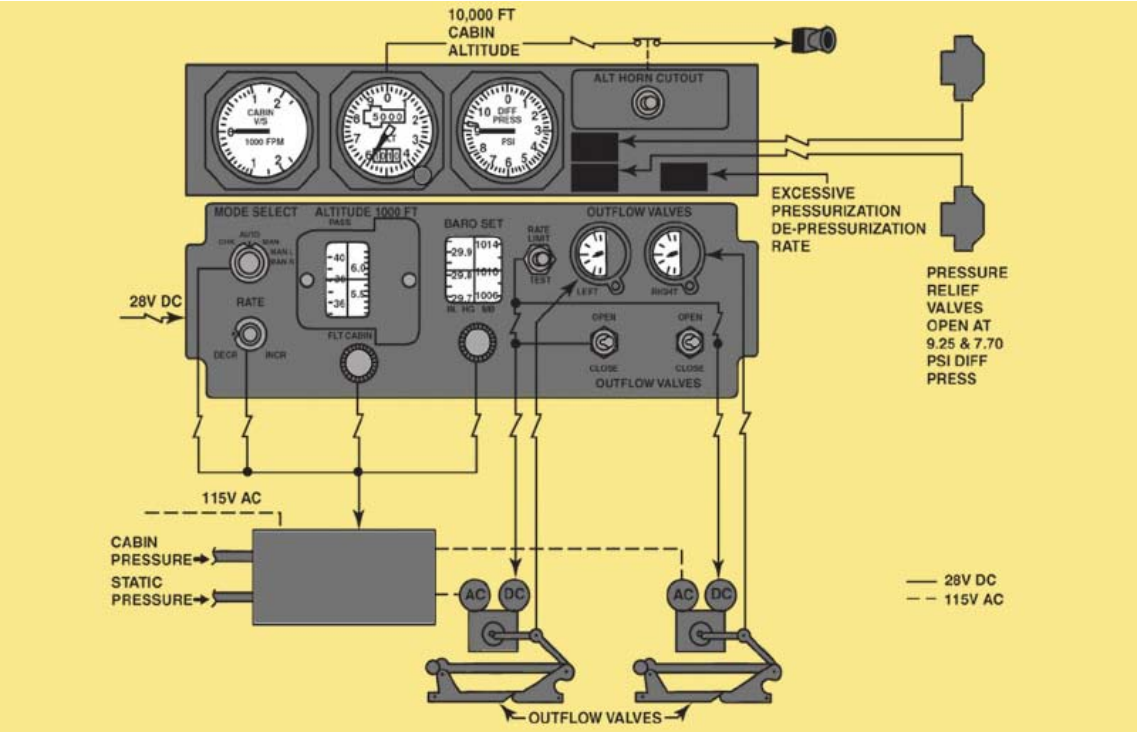
***Cabin Altitude Gage*** که ارتفاع کابین را مشخص میکند و معمولا در ارتفاع *Cruise* پایین تر از ارتفاع پرواز هواپیما میباشد مگر آنکه هواپیما روی زمین باشد. به طور مثال ممکن است هواپیمایی در ارتفاع *40000 ft* پرواز *Cruise* انجام دهد در حالی که فشار ارتفاع داخل کابین برابر با فشار ارتفاع *8000 ft* میباشد.

***Cabin Rate of Climb*** میزان نرخ اوج گیری و یا فرود را نشان میدهد. میزان نرخ اوج گیری نرمال *500 ft* در دقیقه و میزان نرخ فرود نرمال *300 ft* در دقیقه میباشد. این قطعه میتواند به صورت *Automatic* و یا *Manual* مطابق با نوع هواپیما باشد.

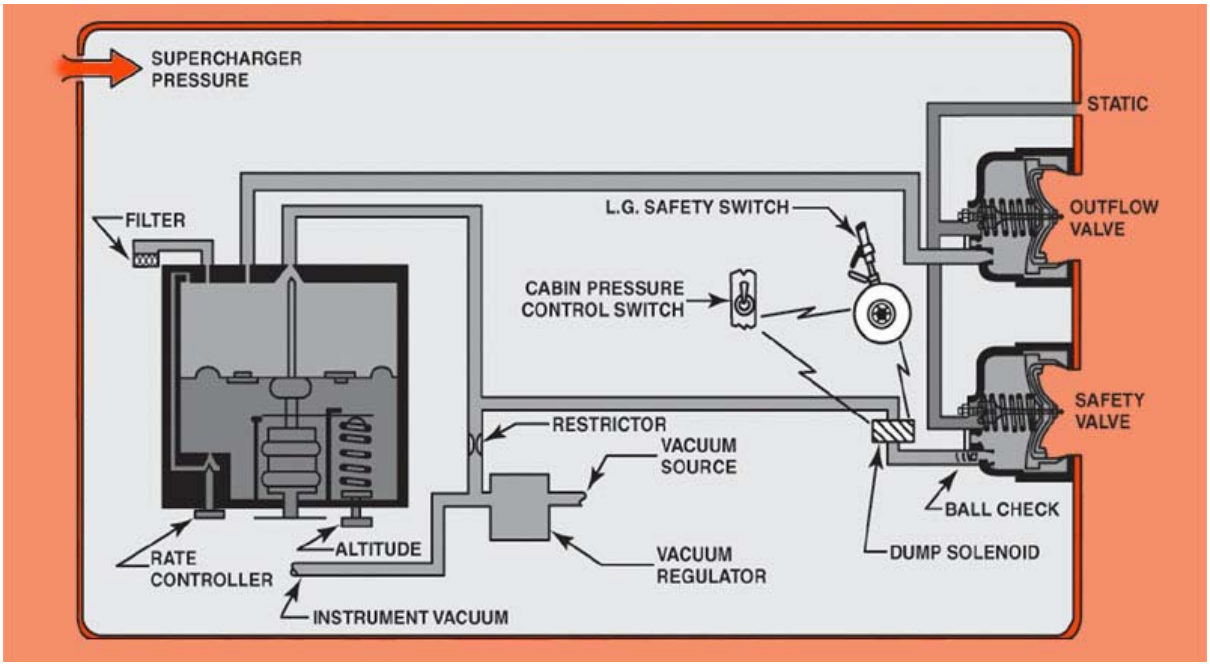
***Differential Pressure Gage*** میزان اختلاف فشار داخل و خارج کابین هواپیما را نشان میدهد.

کنترل کردن *Valve* های تنظیم فشار نیز میتواند به دو صورت *Automatic* و یا *Manual* انجام گیرد.

اگر فشار داخل کابین از فشار ارتفاع *10000 ft* کمتر شود، زنگ هشداری برای خلبان و خدمه پروازی به صدا درمی آید.




شکل (۳-۱۱) – چگونگی عملکرد سیستم




شکل (۳-۱۲) – چگونگی عملکرد سیستم

### *Cabin Air Pressure Regulator & Outflow Valve Operation*

*Outflow Valve* و *Safety Valve* در قسمت *Pressure Bulkhead* هواپیما نصب می باشند.

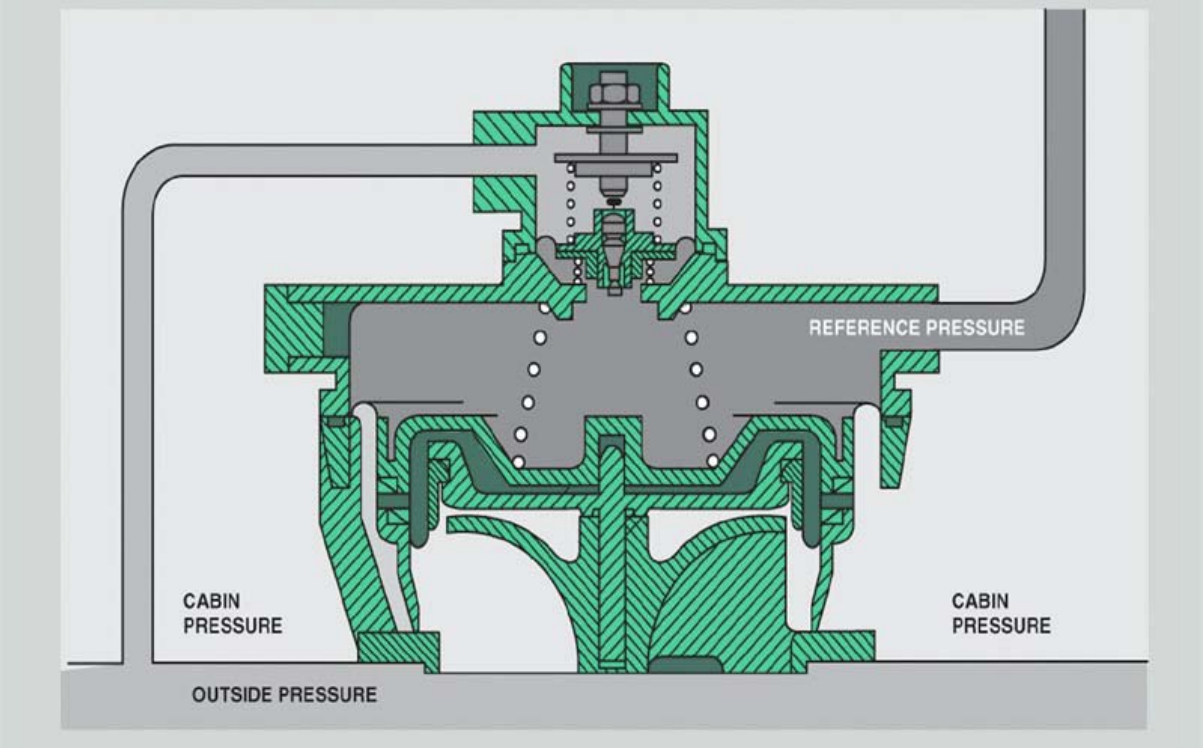
*Outflow Valve* بوسیله کنترل کننده ارتفاع، کنترل میشود و میتواند کاملا بسته، باز و یا نیمه باز باشد. به این معنی که میتواند بین حالت کاملا بسته و کاملا باز متغیر بوده و فشار لازم و متناسب را ایجاد کند .

کنترل کننده ارتفاع شامل *Altitude Selector* و *Rate Controller* میباشد.

*Outflow Valve* به طور معمول تا زمانی که سیگنالی از کنترل کننده دریافت نکند بسته میباشد و به محض آنکه *Safety Valve* نیز بسته میشود، کابین *Pressurized* میشود البته با سرعتی که *Rate Controller* اجازه میدهد. این افزایش فشار توسط کنترل کننده بسیار حساسی احساس میشود. زمانی فشار داخل کابین به فشار ارتفاع مورد نظر رسید، دایافراگم داخل کنترل کننده به سمت عقب حرکت نموده و باعث مکش در *Outflow Valve* و باز شدن آن میشود لذا هوا از منفذ ایجاد شده بین *Out Flow Valve* و بدنه هواپیما ( *Pressure Bulkhead* ) به بیرون کابین فرار میکند. این عملکرد *Outflow Valve* باعث میشود همواره فشار هوای داخل کابین در حد ارتفاع تنظیمی باقی بماند.

*Safety Valve* به عنوا ن سیستم پشتیبان در هنگام عدم عملکرد و یاعملکرد ناقص *Outflow Valve* به صورت *Manually* عمل مینماید.

با افزایش ارتفاع پرواز و کاهش فشار بیرون، اختلاف فشار افزایش میابد. هنگامی که این اختلاف به حد مجاز قابل تحمل بدنه هواپیما رسید، دیافراگم کوچک بالایی *Outflow Valve* در اثر فشار منفی اتمسفر (نسبت به فشار درون کابین ) به سمت بالا حرکت کرده و راه پیدا کردن فشار منفی مذکور به پشت دیافراگم اصلی باعث باز شدن *Outflow Valve* میشود، لذا با این عمل و با وجود کاهش فشار داخل کابین از فشار ارتفاع تنظیمی، میزان *Differential Pressure* ثابتی بر بدنه هواپیما وارد میشود.




شکل (۳-۱۳) – چگونگی عملکرد سیستم

### *Cabin Air Pressure Safety Valve Operation*

هنگامی که هواپیما بر روی زمین قرار دارد و آماده پرواز میشود، *Safety Valve* به وسیله مکش ایجاد شده توسط پمپ *Vacuum* که بر روی دیافراگم آن عمل میکند، باز میباشد. به محض بلند شدن هواپیما از روی زمین، *Safety Switch* باز شده و کنترل کننده سولونوئیدی جریان مکش، مسیر آن را به *Valve* میبندد، لذا *Valve* سریعا بسته میشود.

اگر بنا به هر دلیلی فشار هوای داخل کابین از حد تنظیمی و قابل تحمل بدنه بیشتر شود، *Safety Valve* به صورت کامل باز شده و این عمل کابین را از حالت *Overpressure* خارج میکند در غیر اینصورت فشار زیاد باعث آسیب دیدن بدنه هواپیما میشود.

# فصل چهارم (سیستم اکسیژن)

# Oxygen Systems

در پایان این فصل شما میتوانید موارد زیر را تشریح نمایید :

- هدف از سیستم اکسیژن
- انواع اکسیژن
- انواع سیستم اکسیژن
- تشریح قطعات و چگونگی عملکرد آنها