بنام خدا

واحد نیروگاه شرکت مبین انرژی خلیج فارس

مبانی دایورتر دمپر

اجزاء، ساختار و چگونگی عملکرد

تهیه کننده:

عبدالحمید زارع

زمستان ۱۴۰۳

دایورتر دمپر

مقدمه ۱

اجزاء دایورتر دمپر ۲

نحوه عملکرد دایورتر دمپر ۲

سیستم کنترل دایورتر دمپر ۳

اجزاء سیستم کنترل ۳

سیستم آب بندی دایورتر دمپر ۵

اجزاء سیستم آب بندی ۶

مشکلات رایج سیستم آب بندی و راه حل ۶

عملگر دایورتر دمپر ۸

عملگر هیدرولیکی با اکومولاتور ۹

آکومولاتور ۱۱

پروپورشنال ولو ۱۷

پمپ هیدرولیک ۲۴

سیلندر هیدرولیکی ۲۶

مخزن روغن ۲۹

سیستم فیلتر ۳۳

نتیجه گیری ۳۶

دایورتر دمپر

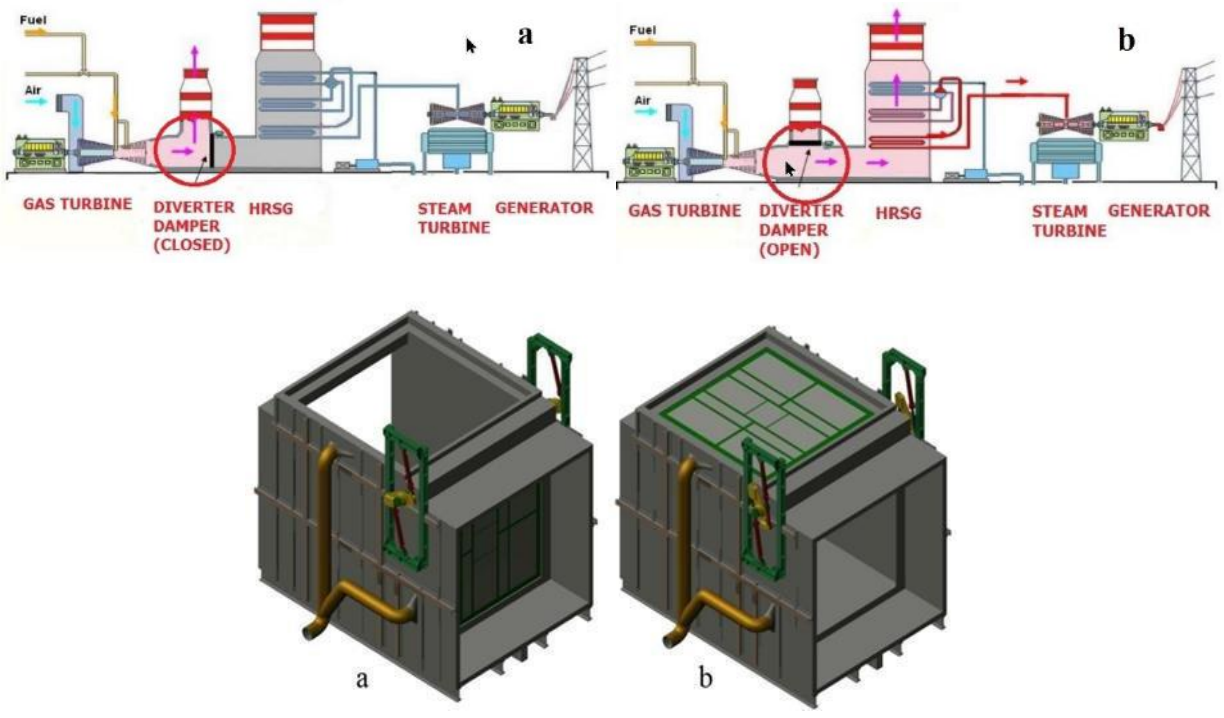
مقدمه

در سیستم‌های صنعتی مدرن، مدیریت جریان سیالات و گازها از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از تجهیزات کلیدی در این حوزه، دایورتر دمپر (Diverter Damper) است که به‌عنوان یک ابزار حیاتی در کنترل جریان و تغییر مسیر سیال یا گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. دایورتر دمپر، به‌ویژه در صنایعی مانند نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی و واحدهای تولید انرژی، نقش مهمی در بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و افزایش عمر مفید تجهیزات ایفا می‌کند.

این تجهیز معمولاً در سیستم‌های تولید انرژی با استفاده از بویلرهای بازیافت حرارت (Heat Recovery Steam Generator) در کنار توربین‌های گازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد دایورتر دمپر به نحوی است که جریان گازهای خروجی از توربین گاز را به دو مسیر متفاوت هدایت می‌کند: مسیر مستقیم به دودکش یا مسیر انتقال به بویلر بازیافت حرارت. این قابلیت، انعطاف‌پذیری بیشتری در بهره‌برداری از سیستم ایجاد می‌کند و امکان بهینه‌سازی تولید انرژی در شرایط مختلف عملیاتی را فراهم می‌آورد.

طراحی و عملکرد دایورتر دمپر شامل اجزای مختلفی مانند بدنه، دمپر، عملگر هیدرولیکی یا برقی، سیستم‌های کنترلی و سنسورهای موقعیت است. هر یک از این اجزا نقش ویژه‌ای در عملکرد دقیق و پایدار این تجهیز دارند. به‌عنوان مثال، عملگر هیدرولیکی وظیفه حرکت دمپر را بر عهده دارد، و سیستم کنترلی پیشرفته، تغییر مسیر جریان را به‌صورت دقیق و هماهنگ مدیریت می‌کند.

این مقاله به بررسی کامل ساختار، عملکرد، و اهمیت دایورتر دمپر در سیستم‌های صنعتی می‌پردازد. همچنین، نقش اجزای کلیدی آن، از جمله سیستم هیدرولیکی، سیستم کنترلی و تجهیزات حفاظتی، مورد تحلیل قرار می‌گیرد و مشکلات رایج مربوط به قسمت های مختلف آن به همراه دلیل و راه حل بررسی می شود. هدف اصلی این تحقیق، ارائه‌ی یک دید جامع درباره مزایا، چالش‌ها و فناوری‌های مرتبط با دایورتر دمپر است که می‌تواند به بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌های عملیاتی سیستم‌های صنعتی کمک کند.



شکل ۱: دایورتر دمپر در سیستم HRSG a) حالت بای‌پس و انتقال گازهای احتراق به استک توربین و b) حالت باز و انتقال گازهای داغ به سمت HRSG

کاربردهای دایورتر دمپر:

الف) کنترل مسیر گازهای داغ:
هدایت گازهای داغ به بویلر HRSG برای تولید بخار و هدایت گازها به دودکش در زمان نیاز به بای‌پس کردن بویلر (مثلاً در هنگام تعمیرات یا نگهداری).

ب) افزایش انعطاف‌پذیری سیستم:
امکان راه‌اندازی مستقل توربین گاز بدون نیاز به بویلر و کاهش زمان توقف و افزایش بهره‌وری.

ج) ایمنی و حفاظت از تجهیزات:
جلوگیری از آسیب‌های حرارتی به بویلر در شرایط اضطراری یا عملکرد نامناسب سیستم.

اجزای اصلی دایورتر دمپر:

الف) سیستم کنترل: برای مدیریت وضعیت دمپر به صورت خودکار یا دستی.
ب) سیستم آب‌بندی (Sealing System): جلوگیری از نشت گاز و افزایش بهره‌وری.
ج) عملگر (Actuator): معمولاً با نیروی هیدرولیکی، الکتریکی یا پنوماتیکی برای جابجایی دریچه.
د) تیغه یا دریچه متحرک (Blade): برای مسدود یا باز کردن مسیر جریان گاز.

نحوه عملکرد:

الف) حالت عادی: گازهای داغ از طریق دمپر به سمت HRSG هدایت می‌شوند. سیستم کنترل وضعیت باز بودن کامل دمپر را پایش می‌کند.
ب) حالت بای‌پس: در صورت نیاز به تعمیرات یا توقف HRSG، دستور بسته شدن دمپر صادر شده و جریان گاز به دودکش منحرف می‌شود. عملگر با استفاده از نیروی هیدرولیکی یا الکتریکی تیغه را حرکت می‌دهد.
ج) حالت اضطراری: در صورت بروز خطا یا افزایش فشار و دمای بیش از حد، سیستم کنترل به‌طور خودکار وارد عمل شده و دمپر را به وضعیت ایمن هدایت می‌کند.

مزایای استفاده از دایورتر دمپر:

الف) افزایش قابلیت اطمینان در بهره‌برداری.
ب) کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری بویلر.
ج) انعطاف‌پذیری در کارکرد توربین گاز.
د) بهبود ایمنی سیستم‌های بخار و کاهش خطرات احتمالی.

در ادامه به معرفی و توضیح کامل قسمت های مختلف دایورتر دمپر خواهیم پرداخت و اجزاء و چگونگی عملکرد آن ها را بررسی خواهیم کرد. علاوه بر موارد ذکر شده، مشکلات و ایرادات رایجی که ممکن است در سیستم دایورتر دمپر و اجزاء آن ایجاد شود عنوان شده و دلایل و راه حل آن ها ذکر شده است.

سیستم کنترل (Control System) :

در تجهیزات صنعتی پیشرفته، به‌ویژه در سیستم‌های تولید انرژی، مدیریت دقیق جریان سیال و گازها امری حیاتی است و همانطور که اشاره شد، یکی از تجهیزاتی که نقش کلیدی در این زمینه ایفا می‌کند، دایورتر دمپر است. عملکرد مؤثر دایورتر دمپر وابسته به یک سیستم کنترل پیشرفته و دقیق است که بتواند جریان گازهای خروجی را در مسیرهای مورد نظر هدایت کرده و پارامترهای حیاتی همچون سرعت، موقعیت و فشار را به‌صورت لحظه‌ای کنترل کند.

سیستم کنترل دایورتر دمپر به‌عنوان مغز متفکر این تجهیز عمل می‌کند. این سیستم وظیفه دارد تا با دریافت سیگنال‌های ورودی از حسگرها و کنترل‌کننده‌های مرکزی، عملکرد دمپر را در تغییر مسیر گازها بین بویلر بازیافت حرارت (HRSG) و دودکش تنظیم کند. از سوی دیگر، این سیستم باید بتواند واکنش‌های سریع و دقیقی نسبت به تغییرات شرایط عملیاتی ارائه دهد تا از بروز مشکلاتی مانند افت راندمان، نوسانات فشار، یا خرابی تجهیزات جلوگیری شود.

سیستم کنترل دایورتر دمپر معمولاً شامل اجزایی مانند PLC، شیرهای پروپورشنال، حسگرهای موقعیت و عملگرهای هیدرولیکی یا الکتریکی است. این اجزا به‌صورت هماهنگ عمل کرده و با استفاده از پروتکل‌های ارتباطی پیشرفته، امکان نظارت و کنترل دقیق فرآیند را فراهم می‌کنند. به‌علاوه، سیستم کنترلی باید بتواند ایمنی تجهیز را تضمین کند، به‌ویژه در شرایط اضطراری که نیاز به قطع سریع جریان گاز یا تغییر مسیر آن وجود دارد.

در ادامه به بررسی کامل سیستم کنترل در دایورتر دمپر خواهیم پرداخت و اجزای اصلی سیستم، نحوه عملکرد، نقش آن در بهبود بهره‌وری و ایمنی، و چالش‌های مرتبط با طراحی و پیاده‌سازی آن تحلیل خواهند شد.

اجزای سیستم کنترل:

الف) کنترلر اصلی (PLC یا DCS):

برنامه‌ریزی شده برای اجرای دستورات باز و بسته شدن دمپر.

امکان اتصال به سیستم کنترل مرکزی نیروگاه و قابلیت ثبت داده‌ها برای نظارت بر عملکرد.

ب) سنسورها (Sensors):

سنسورهای موقعیت (Position Sensors): برای تشخیص وضعیت باز یا بسته بودن دمپر.

سنسورهای فشار و دما: نظارت بر شرایط کاری گازهای عبوری.

سنسورهای لرزش (Vibration Sensors): برای تشخیص ناهنجاری‌ها در عملکرد.

ج) سیستم هشدار و ایمنی:

هشدار در صورت عدم عملکرد صحیح دمپر.

قفل ایمنی در صورت افزایش دما یا فشار غیرعادی و عملکرد خودکار در شرایط اضطراری (Emergency Shutoff).

د) واسط کاربری (HMI - Human Machine Interface):

نمایش وضعیت فعلی دمپر روی مانیتور به همراه داشتن قابلیت کنترل دستی یا خودکار از طریق اپراتور.

ویژگی‌های سیستم کنترل مرتبط با عملگر هیدرولیکی:

الف) سیستم کنترل PLC یا DCS:

جهت مدیریت باز و بسته شدن دمپر با برنامه‌های قابل تنظیم به همراه داشتن قابلیت تنظیم سرعت و موقعیت دقیق دمپر.

ب) سنسورهای موقعیت (Position Sensors):

برای تعیین وضعیت باز یا بسته بودن دمپر و همچنین انتقال و بازخورد لحظه‌ای وضعیت دمپر به سیستم کنترل.

ج) سیستم نظارت و هشدار:

نظارت مداوم بر فشار روغن و عملکرد آکومولاتور و هشدار در صورت نشتی یا افت فشار.

د) سیستم ایمنی اضطراری (ESD):

در مواقع خطر (قطع برق، فشار بیش از حد یا دمای بالا)، دمپر به‌طور خودکار بسته می‌شود.

مزایای سیستم کنترل پیشرفته:

الف) دقت بالا: اطمینان از عملکرد سریع و دقیق دمپر.

ب) نظارت مداوم: کاهش زمان خرابی با شناسایی زودهنگام مشکلات.

ج) قابلیت یکپارچه‌سازی: اتصال به سیستم کنترل نیروگاه برای هماهنگی بیشتر.

د) امنیت بالا: جلوگیری از خطرات ناشی از عملکرد نامناسب یا خرابی تجهیزات.

سیستم آب‌بندی (Sealing System)

در سیستم‌های صنعتی، به‌ویژه در تجهیزاتی که با گازها و سیالات با دما و فشار بالا سروکار دارند، سیستم‌های آب‌بندی (Sealing Systems) نقش حیاتی در عملکرد ایمن و کارآمد ایفا می‌کنند. عملکرد بهینه دایورتر دمپر هم، مستلزم یک سیستم آب‌بندی مؤثر است که از نشت گاز جلوگیری کرده و راندمان کلی سیستم را بهبود بخشد.

سیستم آب‌بندی در دایورتر دمپر به گونه‌ای طراحی شده است که بتواند فشار و دمای بالا را تحمل کرده و مانع از نشت گازهای داغ به محیط اطراف شود. این سیستم معمولاً از اجزایی نظیر سیل‌های فلزی، سیل‌های الاستومری، واحدهای دمنده (Purge Air Systems) و گاهی از سیستم‌های خنک‌کننده تشکیل می‌شود. طراحی این اجزا باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر جلوگیری از نشت، تحمل شرایط عملیاتی متغیر و سایش ناشی از باز و بسته شدن مکرر دمپر را داشته باشد.

نشت گاز در دایورتر دمپر می‌تواند منجر به مشکلاتی نظیر کاهش راندمان حرارتی، آسیب به تجهیزات اطراف، و حتی بروز خطرات ایمنی شود. از این‌رو، طراحی و نگهداری سیستم آب‌بندی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این سیستم باید علاوه بر تحمل شرایط سخت عملیاتی، قابلیت تعمیر و نگهداری آسان را نیز فراهم کند تا هزینه‌های عملیاتی کاهش یابد.

انواع سیستم‌های آب‌بندی در دایورتر دمپر:

الف) آب‌بندی مکانیکی (Mechanical Seal):

از نوارهای فلزی یا گرافیتی مقاوم در برابر حرارت ساخته شده و مناسب برای دماهای بالا (تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر) و مقاوم در برابر سایش و فشار می باشد.

مزایا: دوام بالا و عدم نیاز به سیستم‌های کمکی مانند هوای فشرده.

معایب: نیاز به تعمیرات دوره‌ای و حساس به انبساط حرارتی.

ب) آب‌بندی با هوای فشرده (Air Seal):

با استفاده از جریان هوای فشرده که در امتداد لبه‌های دمپر دمیده می‌شود، از ورود یا خروج گاز جلوگیری می‌کند. این سیستم‌ها مناسب برای شرایط کاری با فشار پایین و دمای متوسط می باشد.

مزایا: کاهش نیاز به تماس فیزیکی و سایش کمتر و امکان کنترل پیوسته و سریع.

معایب: نیاز به سیستم تأمین هوای فشرده پایدار و مصرف انرژی بیشتر.

ج) آب‌بندی ترکیبی (Hybrid Seal):

ترکیبی از آب‌بندی مکانیکی و هوای فشرده برای ایجاد حداکثر کارایی بوده و این سیستم‌ها مناسب برای شرایط کاری با فشار و دمای بالا که نیاز به دقت بیشتر دارد می باشد.

مزایا: عملکرد بهتر در شرایط سخت و کاهش احتمال نشتی به حداقل.

معایب: هزینه بالا و نیاز به تعمیر و نگهداری دقیق.

قابل ذکر است که در واحد نیروگاه شرکت مبین انرژی خلیج فارس که از برند Bosch Rexroth برای دایورتر دمپر استفاده شده، در این نوع دایورتر از آب‌بندی با هوای فشرده (Air Seal) استفاده شده است.

اجزای سیستم آب‌بندی با هوای فشرده:

الف) نوارهای آب‌بندی (Seal Strips):

معمولاً از مواد مقاوم در برابر حرارت مانند گرافیت انعطاف‌پذیر (Flexible Graphite)، سرامیک یا آلیاژهای خاص ساخته می‌شوند. این نوارها در امتداد لبه‌های دمپر نصب می‌شوند.

ب) مکانیزم فشرده‌سازی (Compression Mechanism):

برای اطمینان از تماس کامل نوارهای آب‌بندی با سطوح دمپر، از فنرها یا سیستم‌های هیدرولیکی استفاده می‌شود.

ج) سیستم تأمین هوای فشرده (برای آب‌بندی هوایی):

شامل بلوئرها (Blowers) یا کمپرسورها برای ایجاد فشار مثبت در اطراف دمپر.

د) سیستم کنترل:

مانیتورینگ فشار، دما، و عملکرد آب‌بندی برای جلوگیری از نشتی و افت کارایی.

شکل۲ : سیستم تامین هوای فشرده جهت آب بندی دایورتر دمپر

عملکرد سیستم آب‌بندی:

الف) زمان باز بودن دمپر: سیستم آب‌بندی مکانیکی یا هوای فشرده بسته شده تا از نشتی جلوگیری کند.
ب) زمان بسته بودن دمپر: آب‌بندی کامل انجام می‌شود تا گازهای داغ به بخش دیگر سیستم وارد نشوند.
ج) کنترل حرارت و فشار: سیستم به‌صورت خودکار تنظیمات آب‌بندی را با توجه به تغییرات دما و فشار اصلاح می‌کند.
د) سیستم اضطراری: در صورت از کار افتادن مکانیزم اصلی، آکومولاتورها و سیستم‌های مکانیکی جایگزین وارد عمل می‌شوند.

مشکلات رایج در سیستم‌های آب‌بندی و دلایل آن‌ها:

الف) نشتی گاز داغ:
دلایل: ساییدگی یا پارگی نوارهای آب‌بندی، تنظیم نبودن مکانیزم فشرده‌سازی و کاهش فشار هوای فشرده (در سیستم‌های هوایی).
راه‌حل: تعویض نوارهای آب‌بندی یا تنظیم مجدد مکانیزم فشرده‌سازی و بررسی عملکرد سیستم تأمین هوای فشرده.

ب) سایش زودرس نوارهای آب‌بندی:
دلایل: انبساط حرارتی نامناسب در دمپر، کیفیت پایین مواد آب‌بندی و نصب نادرست.
راه‌حل: استفاده از مواد مقاوم‌تر مانند گرافیت تقویت‌شده و اصلاح نصب و اطمینان از تراز بودن سطوح.

ج) افت فشار هوای فشرده:
دلایل: نشتی در لوله‌های هوای فشرده یا بلوئرها و عملکرد نادرست سنسورها و کنترلرها.
راه‌حل: تعمیر یا تعویض لوله‌ها و تجهیزات تأمین هوا و کالیبراسیون سنسورها و شیرهای کنترلی.

نکات مهم در نگهداری سیستم آب‌بندی:

الف) بازرسی دوره‌ای نوارهای آب‌بندی و اطمینان از سالم بودن نوارها و تعویض به‌موقع آن‌ها.
ب) کنترل عملکرد سیستم هوای فشرده و بررسی کمپرسورها، بلوئرها، و مسیرهای هوا.
ج) تمیزکاری سطوح تماس آب‌بندی و پاکسازی رسوبات و ذرات جامد که باعث نشتی می‌شوند.
د) بررسی مکانیزم فشرده‌سازی و اطمینان از عملکرد فنرها یا جک‌های هیدرولیکی برای فشار مناسب.
ه) آزمایش نشتی و انجام تست‌های فشار برای شناسایی نشتی قبل از عملیات اصلی.

مزایای عملکرد مناسب سیستم آب‌بندی:

الف) افزایش راندمان انرژی و جلوگیری از اتلاف انرژی از طریق نشتی.
ب) کاهش استهلاک تجهیزات و محافظت از قطعات داخلی در برابر گازهای داغ و ذرات خورنده.
ج) عملکرد ایمن‌تر و جلوگیری از نشتی گازهای سمی یا خطرناک.
د)کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری با کاهش سایش و خرابی.

عملگر (Actuator)

در تجهیزات صنعتی پیچیده، به‌ویژه در سیستم‌های مدیریت جریان گاز و سیالات، عملگرها (Actuators) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزا، نقش حیاتی در عملکرد دقیق و پایدار ایفا می‌کنند. یکی از کاربردهای مهم عملگرها در دایورتر دمپر است که در صنایع مختلفی مانند نیروگاه‌ها، واحدهای بازیافت حرارت (HRSG)، و پالایشگاه‌ها به‌منظور تغییر مسیر گازهای داغ و کنترل جریان به کار می‌رود. عملکرد صحیح دایورتر دمپر مستلزم یک عملگر قدرتمند، دقیق و قابل‌اعتماد است که بتواند دمپر را در موقعیت‌های مختلف قرار داده و در شرایط عملیاتی سخت، عملکردی مطمئن ارائه دهد.

عملگرهای مورد استفاده در دایورتر دمپر معمولاً از نوع هیدرولیکی یا الکتریکی هستند. این عملگرها با دریافت فرمان از سیستم کنترل، دمپر را به‌صورت سریع و دقیق باز یا بسته کرده و یا در موقعیت خاصی نگه می‌دارند. عملگر هیدرولیکی به دلیل توان بالا و قابلیت اطمینان در محیط‌های سنگین صنعتی، انتخابی رایج برای دایورتر دمپر است. در این سیستم، استفاده از اکومولاتورها و سیستم‌های کنترلی پیشرفته، حرکت دقیق و ایمن دمپر را تضمین می‌کند.

یکی از چالش‌های اصلی در طراحی و عملکرد عملگرها، اطمینان از دقت و سرعت عملکرد در شرایط مختلف است. از سوی دیگر، دوام و مقاومت در برابر سایش، خوردگی و دمای بالا نیز از ویژگی‌های ضروری عملگرها به شمار می‌رود. خرابی یا عملکرد نادرست عملگر می‌تواند منجر به کاهش راندمان سیستم، افزایش هزینه‌های عملیاتی و حتی توقف خط تولید شود.

در اینجا به بررسی جامع عملگرها در دایورتر دمپر پرداخته شده و ساختار، انواع، عملکرد و چالش‌های مرتبط با آن تحلیل می‌شود.

انواع عملگرها:

الف) هیدرولیکی (Hydraulic Actuator):

در این نوع عملگر ازروغن با فشار بالا برای به حرکت درآوردن پیستون و در نهایت تیغه دمپر استفاده می شود.

مزایا:

مناسب برای دمپرهای بزرگ با وزن و فشار زیاد، قدرت و دقت بالا در حرکت و قفل کردن، سرعت عملکرد قابل تنظیم و مقاومت بالا در برابر شرایط سخت محیطی و دمای بالا.

معایب:

نیاز به نگهداری بیشتر به دلیل سیستم روغن هیدرولیک.

ب) پنوماتیکی (Pneumatic Actuator):

استفاده از هوای فشرده برای به حرکت در آوردن تیغه.

مزایا:

مناسب برای سیستم‌های کوچک و متوسط همراه با سرعت بالا و هزینه کمتر نسبت به هیدرولیک.

معایب:

حساس به نشت هوا و افت فشار.

ج) الکتریکی (Electric Actuator):

استفاده از موتورهای الکتریکی برای کنترل حرکت تیغه.

مزایا:

دقت بالا و امکان کنترل پیشرفته از طریق سیستم‌های PLC و همچنین نیاز کمتر به نگهداری نسبت به هیدرولیکی.

معایب:

زمان واکنش کندتر نسبت به سیستم‌های هیدرولیکی.

ویژگی‌های مهم عملگر:

الف) گشتاور بالا: برای کنترل دمپرهای بزرگ با فشار زیاد.

ب) سیستم قفل مکانیکی (Locking System): جلوگیری از حرکت ناخواسته در شرایط اضطراری.

ج) عملکرد پیوسته یا مقطعی (Modulating or On/Off): برای کنترل دقیق جریان یا قطع و وصل کامل با قابلیت تنظیم سرعت و زاویه حرکت تیغه.

عملگر هیدرولیکی با آکومولاتور:

از عملگر هیدرولیکی با آکومولاتور (Accumulator) به دلیل قدرت بالا، دقت کنترل و قابلیت اطمینان در شرایط عملیاتی سخت، به طور گسترده در دایورتر دمپرهای بویلرهای HRSG استفاده می‌شود.

شکل۳ : عملگر هیدرولیکی دایورتر دمپر همراه با آکومولاتور

اجزاء سیستم عملگر هیدرولیکی با آکومولاتور:

الف) آکومولاتور (Accumulator):

نوعی مخزن تحت فشار که برای ذخیره و تأمین سریع روغن هیدرولیک تحت فشار طراحی شده است و به عنوان منبع ذخیره انرژی عمل می‌کند تا در مواقع قطع برق یا کاهش فشار، سیستم همچنان بتواند عمل کند.

ب) سیلندر هیدرولیکی (Hydraulic Cylinder):

شامل یک پیستون و محفظه روغن است که وظیفه حرکت تیغه دمپر را بر عهده دارد و حرکت رفت و برگشتی پیستون، دریچه دمپر را باز یا بسته می‌کند و جنس آن معمولاً از فولاد مقاوم در برابر حرارت و خوردگی است.

ج) پمپ هیدرولیک (Hydraulic Pump):

معمولاً از نوع پمپ‌های پیستونی یا دنده‌ای است و برای تولید فشار مورد نیاز برای حرکت سیال هیدرولیکی می باشد.

د) شیرهای کنترلی:

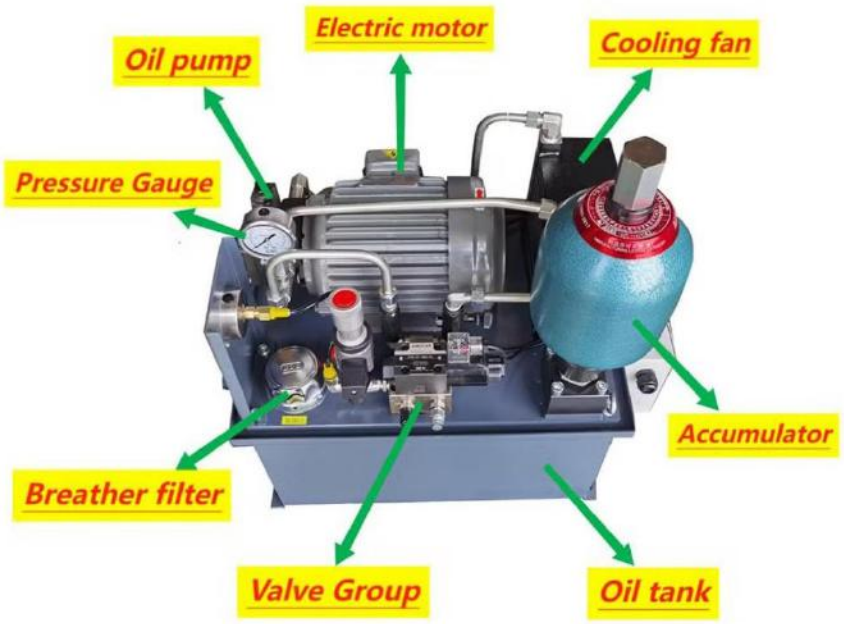
شامل شیرهای سروو یا پروپورشنال (Servo/Proportional Valves)، شیرهای چک (Check Valves) و شیرهای تخلیه اضطراری (Relief Valves).

ه) مخزن روغن (Reservoir):

مخزن ذخیره روغن هیدرولیک مورد نیاز به همراه سیستم خنک‌سازی و مجهز به فیلترها برای جلوگیری از ورود ذرات آلاینده.

و) سیستم فیلتر (Filter System):

برای تمیز نگه داشتن روغن و افزایش عمر تجهیزات.



شکل۴ : اجزا عملگر هیدرولیکی با آکومولاتور

در ادامه، توضیحات کامل در مورد اجزاء نام برده شده سیستم عملگر هیدرولیکی دایورتر دمپر ارائه شده و مشکلات احتمالی هر کدام به همراه دلیل و راه حل بررسی می شود.

آکومولاتور (Accumulator)

آکومولاتور یک دستگاه ذخیره‌کننده انرژی در سیستم‌های هیدرولیکی است که با ذخیره و آزادسازی مایعات تحت فشار، به بهبود عملکرد سیستم کمک می‌کند. این تجهیزات نقش مهمی در جبران نوسانات فشار، تامین جریان لحظه‌ای، جذب ضربات، و حفظ فشار سیستم دارند.

شکل۵ : آکومولاتور

انواع آکومولاتور:

الف) آکومولاتور فنری (Spring Accumulator):

انرژی در این نوع اکومولاتور از طریق فشرده شدن یک فنر مکانیکی ذخیره می‌شود.

این نوع آکومولاتور بیشتر برای سیستم‌های کم‌فشار و ساده که نیاز به دقت بالا ندارند، مورد استفاده قرار می گیرد.

ب) آکومولاتور وزنی (Weight-Loaded Accumulator):

در این نوع آکومولاتور از وزنه‌های سنگین برای ایجاد فشار ثابت به روغن استفاده می شود.

این نوع آکومولاتور بیشتر در سیستم‌های بزرگ و سنگین مانند صنایع فولاد و ماشین‌آلات سنگین کاربرد دارد.

ج) آکومولاتور هیدرواستاتیک یا گازی (Hydrostatic/Gas-Charged Accumulator):

این نوع آکومولاتور شامل یک محفظه است که توسط یک دیافراگم، پیستون، یا کیسه لاستیکی (Bladder) به دو بخش تقسیم می‌شود، یک بخش با گاز نیتروژن (Nitrogen) پر شده و بخش دیگر با روغن هیدرولیک پر می‌شود. عملکرد این آکومولاتور به گونه ای است که با ورود روغن به محفظه، گاز نیتروژن فشرده می‌شود و هنگام نیاز، گاز فشرده باعث تخلیه روغن و تامین انرژی می‌شود.

در سیستم دایورتر دمپر واحدهای ۱ الی ۸ نیروگاه شرکت مبین انرژی با برند Bosch Rexroth از آکومولاتور هیدرواستاتیک یا گازی به همراه بلادر استفاده می‌شود.

انواع آکومولاتور هیدرواستاتیک یا گازی:

الف) آکومولاتور با بلادر (Bladder):

بلادر یک کیسه لاستیکی انعطاف‌پذیر است که برای تفکیک گاز و روغن بوده که باعث عملکرد سریع‌تر و ضربه‌گیری بهتر آکومولاتور می شود.

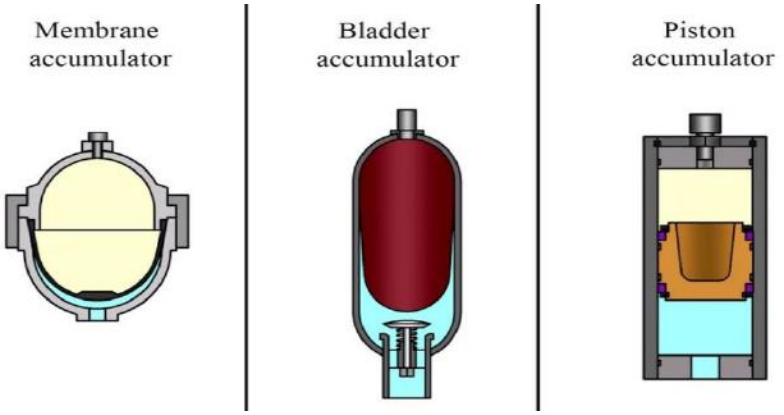
در سیستم دایورتر دمپر واحدهای ۱ الی ۸ نیروگاه شرکت مبین انرژی از این نوع آکومولاتور استفاده می‌شود.

ب) آکومولاتور با پیستون (Piston):

در این نوع از آکومولاتور گاز و روغن با یک پیستون از هم جدا می‌شوند. این نمونه برای تحمل فشارهای بالا و سیستم‌های پرقدرت مناسب می‌باشد.

ج) آکومولاتور با دیافراگم (Diaphragm):

در این نوع از آکومولاتور یک دیافراگم لاستیکی برای جداسازی گاز و روغن استفاده می‌شود. این نمونه، مقرون به صرفه و مناسب برای کاربردهای سبک می‌باشد.



شکل۶ : انواع آکومولاتور هیدرواستاتیک یا گازی

عملکرد و وظایف آکومولاتور هیدرولیکی:

الف) ذخیره انرژی:

در هنگام کاهش نیاز به جریان، آکومولاتور پر شده و انرژی بصورت گاز فشرده شده ذخیره می‌شود و در زمان اوج مصرف، انرژی ذخیره شده آزاد شده و جریان موردنیاز را تأمین می‌کند.

ب) جبران نوسانات فشار (Dampening):

ضربات ناگهانی و نوسانات فشار در خطوط لوله یا سیستم‌ها توسط آکومولاتور جذب شده و از آسیب به تجهیزات حساس مانند شیرها و پمپ‌ها جلوگیری می‌شود.

ج) تامین جریان اضطراری:

در صورت خرابی پمپ یا افت فشار ناگهانی، آکومولاتور به‌طور موقت جریان روغن را تامین می‌کند.

د) جبران نشتی‌ها:

حفظ فشار سیستم در شرایطی که نشتی جزئی وجود دارد.

محاسبه ظرفیت آکومولاتور:

فرمول کلی:

$V=Q/(P_1-P_2)$

V: حجم آکومولاتور (لیتر)

Q : مقدار جریان مورد نیاز (لیتر)

P_1 : فشار اولیه گاز (bar)

P_2 : فشار کاری نهایی (bar)

این محاسبه بسته به نوع کاربرد و فشار مورد نیاز، ممکن است تغییر کند.

فشار کاری آکومولاتور:

محدوده فشار کاری آکومولاتورها بسته به طراحی و نوع آن‌ها بین ۱۰۰ تا ۳۵۰ بار است که در سیستم دایورتر دمپر واحدهای ۱ الی ۸ نیروگاه شرکت مبین انرژی با برند Bosch Rexroth محدوده فشار کاری آکومولاتور بین ۲۰۰ تا ۲۴۵ بار بوده و فشار گاز نیتروژن معمولاً به ۹۰٪ فشار کاری سیستم شارژ می‌شود.

فشار پیش‌شارژ (Pre-Charge Pressure):

این فشار مربوط به گاز نیتروژن داخل آکومولاتور است که قبل از ورود روغن، تنظیم می‌شود و معمولاً ۶۰ تا ۸۰ درصد فشار کاری سیستم تنظیم می‌شود.

دلایل عدم رسیدن به فشار مطلوب:

الف) مشکلات مربوط به فشار گاز نیتروژن (Pre-Charge)

۱) بدلیل کمبود گاز نیتروژن:

نشتی در دیافراگم یا آب‌بندی باعث کاهش فشار نیتروژن شده و باعث عدم توانایی در ذخیره انرژی و جبران ضربه می شود.

۲) بدلیل اشباع گاز نیتروژن با روغن:

ورود روغن به محفظه نیتروژن به دلیل پارگی دیافراگم که باعث کاهش حجم مؤثر گاز و افت فشار می شود.

۳) بدلیل اشتباه در فشار پیش‌شارژ اولیه:

تنظیم نادرست فشار نیتروژن یا خطای اندازه‌گیری.

ب) مشکلات روغن و سیستم هیدرولیکی

۱) خرابی پمپ هیدرولیک:

فشار کافی تولید نمی‌شود یا عملکرد پمپ مختل است.

راه‌حل: تست فشار پمپ و بررسی نشتی یا خرابی مکانیکی.

۲) نشتی در مسیرها یا اتصالات:

وجود نشتی در خطوط لوله، اتصالات یا عملگرها که باعث افت فشار سریع می شود.

راه‌حل: بازبینی کامل مسیرها و رفع نشتی آنها.

۳) گرفتگی فیلترها:

فیلترهای مسدود شده باعث محدودیت جریان به آکومولاتور می‌شوند.

راه‌حل: تعویض فیلترها و تمیزکاری.

۴) عملکرد نامناسب شیرهای کنترلی (Proportional or Servo Valves):

شیرها جریان کافی را برای شارژ آکومولاتور فراهم نمی‌کنند.

راه‌حل: تست و کالیبراسیون مجدد شیرها.

ج) مشکلات مکانیکی و ساختاری آکومولاتور

۱) پارگی دیافراگم یا بلادر (Bladder Failure):

باعث ترکیب روغن و گاز نیتروژن شده و فشار افت می‌کند.

راه‌حل: تعویض دیافراگم یا بلادر.

۲) خوردگی داخلی یا آسیب به بدنه:

کاهش استحکام و امکان نشت یا ترک‌خوردگی.

راه‌حل: بازرسی منظم و تست فشار هیدرواستاتیک.

د) مشکلات دمایی و حرارتی

۱) افزایش دمای روغن:

کاهش ویسکوزیته و افت فشار.

راه‌حل: بررسی عملکرد خنک‌کننده و تعویض روغن.

۲) انبساط حرارتی گاز نیتروژن

افزایش یا کاهش دما می‌تواند فشار گاز را تغییر دهد.

راه‌حل: بررسی شرایط محیطی و نصب حسگرهای دما.

روش‌های رفع مشکل فشار آکومولاتور:

۱) بررسی فشار نیتروژن:

استفاده از گیج فشار نیتروژن برای تست پیش‌شارژ.

۲) تنظیم مجدد فشار نیتروژن:

شارژ گاز با نیتروژن خشک و رعایت مقادیر توصیه‌شده توسط سازنده.

۳) بررسی نشتی‌ها:

استفاده از محلول نشت‌یاب یا دستگاه‌های تست نشتی برای لوله‌ها و شیرها.

۴) تست پمپ هیدرولیک و فشار سیستم:

اندازه‌گیری فشار خروجی پمپ و تنظیم شیرهای اطمینان (Relief Valves).

۵) بازرسی دیافراگم یا بلادر:

باز کردن آکومولاتور و تست سلامت دیافراگم.

۶) تعویض فیلترها:

استفاده از فیلترهای نو برای رفع گرفتگی‌ها.

مزایای سیستم هیدرولیکی با آکومولاتور:

الف) پایداری و عملکرد سریع:

تأمین فشار ثابت و عملکرد قابل اعتماد حتی در شرایط اضطراری.

ب) کنترل دقیق:

قابلیت تنظیم موقعیت دمپر با دقت بالا.

ج) قابلیت عملکرد در شرایط قطع برق:

آکومولاتور به عنوان منبع ذخیره انرژی برای عملکرد خودکار عمل می‌کند.

د) عمر طولانی و نگهداری آسان:

مقاومت بالا در برابر سایش و خوردگی.

ه) ایمنی بالا:

حفاظت در برابر شوک‌های هیدرولیکی و فشارهای ناگهانی.

مشکلات رایج در اکومولاتورها:

الف) عدم رسیدن به فشار مناسب:

دلایل:

۱. نشت گاز نیتروژن بدلیل خرابی آب‌بندها یا ترک در بدنه اکومولاتور.
۲. خرابی دیافراگم یا بلادر بدلیل پارگی یا آسیب به لاستیک داخلی.
۳. نشت روغن هیدرولیک بدلیل فرسودگی اورینگ‌ها یا عدم آب‌بندی مناسب.
۴. گرفتگی یا انسداد مسیر روغن بدلیل آلودگی در سیستم یا خرابی فیلترها.

راه‌حل‌ها:
بررسی فشار گاز نیتروژن و شارژ مجدد با نیتروژن خشک، تعویض بلادر یا دیافراگم در صورت خرابی و تمیزکاری مسیرها و تعویض فیلترهای روغن.

ب) افت فشار سریع:

دلایل:
۱. نشتی داخلی بین گاز و روغن.
۲. خرابی در سیستم کنترل یا شیرهای ایمنی.
۳. کاهش حجم گاز به دلیل شارژ نادرست.

راه‌حل‌ها:
بررسی و تست نشت روغن یا گاز، تنظیم مجدد فشار شارژ نیتروژن و تعمیر یا تعویض شیرهای معیوب.

ج) عملکرد نادرست در جذب ضربات:

دلایل:
۱. پر بودن بیش از حد اکومولاتور با روغن.
۲. کاهش فشار گاز نیتروژن.
۳. وجود هوا در سیستم هیدرولیک.

راه‌حل‌ها:
تنظیم مقدار روغن و گاز، هواگیری سیستم و کالیبراسیون سیستم کنترل.

نکات مهم برای نگهداری اکومولاتور:
الف) بررسی دوره‌ای فشار گاز: فشار گاز نیتروژن را به‌طور منظم اندازه‌گیری و تنظیم کنید.
ب) بازرسی آب‌بندها و دیافراگم‌ها: در صورت مشاهده ترک یا نشتی، آن‌ها را تعویض کنید.
ج) کنترل آلودگی روغن: فیلترها را به‌موقع تعویض کرده و از روغن تمیز استفاده کنید.
د) بررسی مسیرهای روغن: از عدم گرفتگی و نشتی در مسیرها مطمئن شوید.
ه) تست عملکرد ایمنی: سیستم‌های ایمنی مانند شیرهای تخلیه و فشارشکن را بررسی کنید.

شیر پروپورشنال (Proportional Valve)

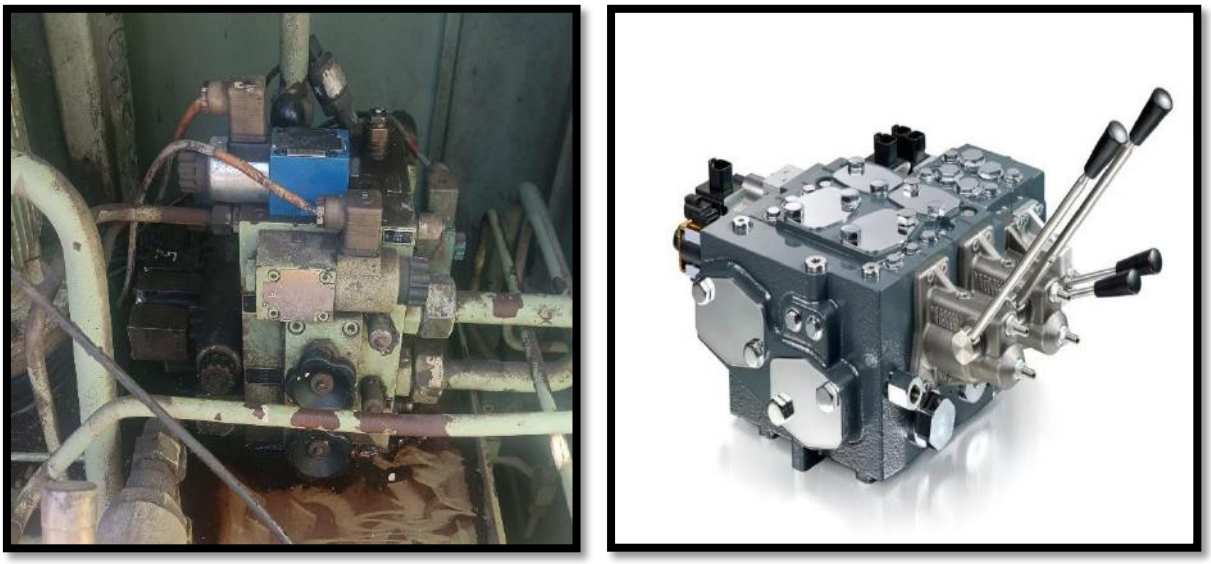
در سیستم‌های صنعتی پیشرفته، دقت در کنترل جریان سیال و فشار، عاملی اساسی برای بهره‌وری و ایمنی تجهیزات است. یکی از اجزای کلیدی که این دقت را ممکن می‌سازد، شیر پروپورشنال (Proportional Valve) است. این تجهیز پیشرفته، نقش مهمی در سیستم‌های کنترل هیدرولیکی و پنوماتیکی ایفا می‌کند و در کاربردهای حساس نظیر دایورتر دمپر، به‌عنوان ابزاری برای تنظیم دقیق جریان و فشار سیال به کار می‌رود.

در دایورتر دمپر، شیر پروپورشنال با دریافت سیگنال‌های الکتریکی از سیستم کنترل، جریان سیال هیدرولیکی را به عملگرها هدایت می‌کند. این تجهیز با تنظیم جریان و فشار، حرکت دمپر را به‌صورت دقیق کنترل کرده و امکان تغییر مسیر گازهای داغ را فراهم می‌آورد. عملکرد دقیق و سریع شیر پروپورشنال به‌ویژه در شرایطی که تغییرات سریع و پویای سیستم مورد نیاز است، تضمین‌کننده بهره‌وری و ایمنی سیستم است.

طراحی شیر پروپورشنال به گونه‌ای است که امکان تغییر میزان باز شدن مجرای عبور سیال بر اساس مقدار سیگنال ورودی فراهم می‌شود. این قابلیت، کنترل پیوسته و هماهنگ جریان سیال را ممکن می‌سازد. همچنین، فناوری‌های مدرن به کار رفته در شیرهای پروپورشنال، از جمله سنسورهای موقعیت و تقویت‌کننده‌های الکترونیکی، امکان تنظیمات دقیق‌تر و کارایی بالاتر را فراهم کرده‌اند.

در اینجا به بررسی نقش و اهمیت شیر پروپورشنال در عملکرد دایورتر دمپر می‌پردازیم. اجزا، ساختار، نحوه عملکرد و چالش‌های مرتبط با استفاده از این تجهیز تحلیل شده و نقش آن در بهبود دقت، سرعت و کارایی سیستم‌های کنترل هیدرولیکی در دایورتر دمپر را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

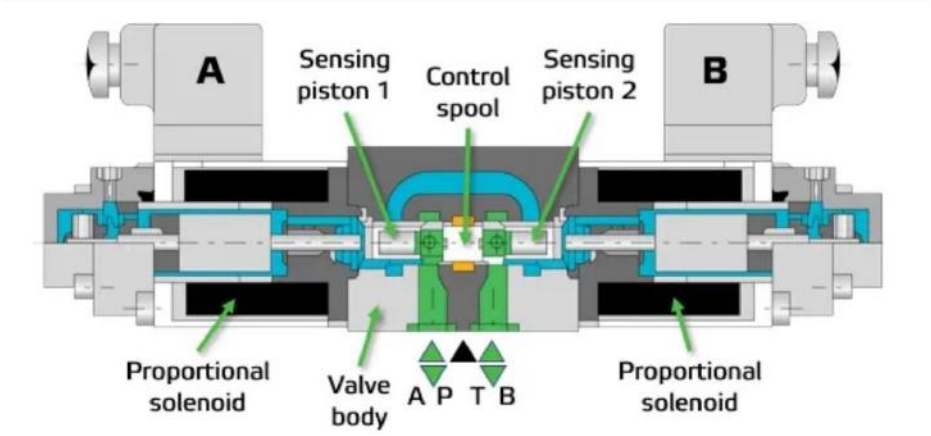
شیرهای پروپورشنال نوعی شیر کنترلی الکتروهیدرولیکی هستند که برای تنظیم دقیق جریان، فشار یا موقعیت در سیستم‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی استفاده می‌شوند. این شیرها امکان کنترل پیوسته (Continuous Control) را فراهم می‌کنند و برخلاف شیرهای ON/OFF می توانند در موقعیت‌های میانی عمل کنند.



شکل۷ : شیر پروپورشنال

اجزای اصلی شیر پروپورشنال:

۱-بدنه شیر، ۲-سلونوئید مغناطیسی، ۳-اسپول، ۴-سنسور موقعیت، ۵-تقویت‌کننده الکترونیکی و ۶- ورودی فرمان الکتریکی



شکل۸ : ساختار شیر پروپورشنال

بدنه شیر (Valve Body)

بدنه شیر پروپورشنال یکی از اجزای اصلی این نوع شیرها است که برای پشتیبانی از مکانیزم داخلی و مدیریت جریان سیال طراحی شده است. بدنه به گونه‌ای ساخته می‌شود که بتواند فشار بالا، دمای متغیر، و جریان سیال را به طور دقیق کنترل کند.

وظایف اصلی بدنه شیر پروپورشنال:

الف) حفاظت از اجزای داخلی:

اجزایی مانند اسپول، سلونوئید، و آب‌بندها را در برابر آسیب‌های مکانیکی و محیطی محافظت می‌کند.

ب) مدیریت مسیرهای جریان:

مسیرهای ورودی، خروجی، و برگشتی سیال را هدایت و کنترل می‌کند.

ج) مقاومت در برابر فشار و دما:

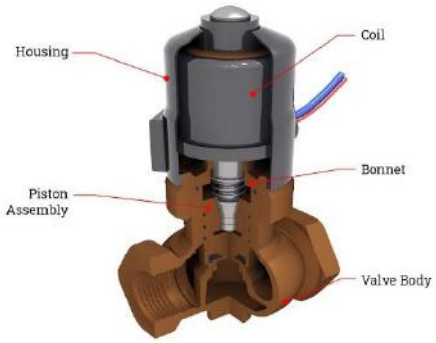
بدنه باید توانایی تحمل فشار و دمای بالا را داشته باشد.

د) کاهش نشتی:

با استفاده از آب‌بندها و طراحی دقیق، از نشت سیال جلوگیری می‌کند.

سلونوئید الکترومغناطیسی (Electromagnetic Solenoid)

سلونوئید مغناطیسی یکی از اجزای اصلی در شیر پروپورشنال و سیستم‌های هیدرولیکی است که برای کنترل جریان روغن یا گاز و فعال‌سازی شیرهای هیدرولیکی به کار می‌رود. این قطعه با استفاده از نیروی مغناطیسی، مکانیزم شیر را باز یا بسته می‌کند و به صورت الکتریکی کنترل می‌شود.



شکل۹ : سلونوئید الکترومغناطیسی

اجزاء سلونوئید مغناطیسی:

الف) سیم‌پیچ (Coil)
شامل چندین دور سیم مسی است که جریان الکتریکی از آن عبور می‌کند و میدان مغناطیسی تولید می‌کند.

ب) هسته مرکزی (Core یا Plunger)
قطعه‌ای از جنس فولاد یا آهن نرم که به‌صورت متحرک در داخل سیم‌پیچ قرار دارد.

ج) بدنه (Housing)
پوسته‌ای برای محافظت از سیم‌پیچ و اجزای داخلی در برابر آسیب و آلودگی.

د) فنر بازگشت (Return Spring)
برای بازگرداندن هسته مرکزی به موقعیت اولیه پس از قطع جریان.

ه) اتصالات الکتریکی (Electrical Connections)
برای اتصال به منبع تغذیه و کنترل سیگنال الکتریکی.

و) ولو یا شیر متصل (Valve)
سلونوئید معمولاً به یک شیر هیدرولیکی متصل است تا جریان روغن را کنترل کند.

نحوه عملکرد سلونوئید مغناطیسی:

فعال‌سازی (Energized):
هنگامی که جریان الکتریکی از سیم‌پیچ عبور می‌کند، میدان مغناطیسی ایجاد شده باعث حرکت هسته مرکزی به سمت بالا یا پایین می‌شود. این حرکت مکانیزم شیر را تغییر می‌دهد و مسیر جریان باز یا بسته می‌شود.

غیرفعال شدن (De-energized):
با قطع جریان، میدان مغناطیسی از بین می‌رود و فنر بازگشت، هسته را به موقعیت اولیه بازمی‌گرداند و شیر به حالت اولیه خود بازمی‌گردد.

اسپول (Spool)

اسـپول یکی از اجزای حیاتی شـیرهای هیدرولیکی است که برای کنترل جریان، فشار، و جهت روغن در سیستم هیدرولیک به کار می‌رود. این قطعه معمولاً به صورت استوانه‌ای طراحی شده و در داخل بدنه شیر حرکت می‌کند تا مسیرهای جریان روغن را باز یا بسته کند.

اسپول از جنس فلزات مقاوم مانند فولاد یا آلیاژهای خاص ساخته می‌شود و شامل بخش‌های زیر است:

۱- بدنه استوانه‌ای،۲- شکاف‌ها و شیارها و ۳- واشرها و آب‌بندها.

شکل ۱۰ : اسپول (spool)

وظایف اسپول در شیر هیدرولیک:

الف) کنترل جریان: باز و بسته کردن مسیر روغن برای تنظیم جریان سیال.

ب) تغییر جهت جریان: تغییر مسیر روغن به سیلندرها یا موتورها برای حرکت در جهت دلخواه.

ج) تنظیم فشار: کنترل فشار ورودی و خروجی در بخش‌های مختلف سیستم.

نحوه عملکرد اسپول:

الف) جابجایی خطی که اسپول به‌صورت خطی در داخل شیر حرکت می‌کند و با تغییر موقعیت خود، مسیرهای جریان را باز یا بسته می‌کند. حرکت اسپول ممکن است با دست، نیروی هیدرولیکی، پنوماتیکی، یا الکتریکی (سلونوئید) انجام شود.

ب) تأثیر موقعیت اسپول بر جریان:

موقعیت "مرکز باز": مسیر روغن به مخزن باز است.

موقعیت "مرکز بسته": تمام مسیرها بسته هستند.

موقعیت‌های دیگر: روغن به سمت مسیر دلخواه هدایت می‌شود.

انواع اسپول‌ها بر اساس طراحی:

۱- اسپول تک‌راهه (Single-Spool) ،۲- اسپول چندراهه(Multi-Spool) ،۳- اسپول باز یا بسته و ۴- اسپول پروپورشنال

در اسپول پروپورشنال موقعیت اسپول به صورت تدریجی تغییر می‌کند و جریان روغن را به طور دقیق کنترل می‌کند. عنصر متحرکی که مسیرهای جریان را باز و بسته کرده و تنظیم می‌کند.

سنسور موقعیت (Position Sensor)

سنسور موقعیت یکی از اجزای کلیدی در شیرهای پروپورشنال است که موقعیت دقیق اسپول را به سیستم کنترل گزارش می‌دهد. این سنسور برای تضمین عملکرد دقیق و بهینه شیر، به ویژه در کاربردهایی که نیاز به کنترل پیوسته و دقیق جریان و فشار دارند، ضروری است.

وظایف سنسور موقعیت شیر پروپورشنال:

۱- اندازه‌گیری موقعیت اسپول، ۲- کنترل بازخوردی(Feedback) ، ۳- بهبود دقت و کارایی سیستم و ۴- ایمنی سیستم

تقویت‌کننده الکترونیکی (Electronic Amplifier)

تقویت‌کننده الکترونیکی بخشی اساسی در سیستم کنترل شیرهای پروپورشنال است که سیگنال‌های ورودی را به جریان یا ولتاژ مناسب برای عملکرد سلونوئید شیر تبدیل می‌کند. این تقویت‌کننده، دقت و پایداری عملکرد شیر را تضمین می‌کند .

وظایف تقویت‌کننده الکترونیکی شیر پروپورشنال:

الف) تبدیل سیگنال ورودی: سیگنال‌های کنترل (معمولاً ۰-۱۰ ولت یا ۴-۲۰ میلی‌آمپر) را به جریان یا ولتاژ مورد نیاز برای عملکرد سلونوئید تبدیل می‌کند.

ب) تقویت سیگنال: سیگنال‌های ضعیف ورودی را تقویت می‌کند تا بتوانند سلونوئید را به‌درستی فعال کنند.

ج) کنترل دقیق موقعیت اسپول: سیگنال بازخورد (Feedback) را از سنسور موقعیت دریافت کرده و برای تنظیم موقعیت اسپول استفاده می‌کند.

د) مدیریت پایداری سیستم: جلوگیری از نوسانات و بهبود پاسخ دینامیکی سیستم .

ه) فراهم کردن حفاظت الکتریکی: حفاظت در برابر اضافه‌جریان، اتصال کوتاه و نویز الکتریکی.

نحوه عملکرد تقویت‌کننده الکترونیکی:

الف) دریافت سیگنال ورودی: سیگنال از سیستم کنترل به تقویت‌کننده ارسال می‌شود .

ب) پردازش سیگنال: تقویت‌کننده سیگنال ورودی را بر اساس پارامترهای تعریف‌شده (مانند بهره یا ولتاژ مرجع) پردازش می‌کند.

ج) ارسال سیگنال به سلونوئید: جریان یا ولتاژ خروجی به سلونوئید ارسال می‌شود تا موقعیت اسپول تنظیم شود.

د) بازخورد موقعیت: سیگنال موقعیت از سنسور به تقویت‌کننده بازمی‌گردد تا کنترل دقیق انجام شود.

ه) اصلاح خطا: تقویت‌کننده هرگونه خطا بین سیگنال ورودی و موقعیت واقعی اسپول را تصحیح می‌کند.

ورودی فرمان الکتریکی:

ورودی فرمان الکتریکی به سیگنال الکتریکی گفته می‌شود که از سیستم کنترل (مانند PLC یا کنترلرهای صنعتی) به شیر پروپورشنال ارسال می‌شود. این ورودی برای کنترل دقیق جریان، فشار، و جهت جریان سیال مورد استفاده قرار می‌گیرد و نقش اصلی را در تنظیم عملکرد شیر دارد .

ورودی‌های فرمان الکتریکی می‌توانند به شکل‌های مختلف باشند که معمولاً بر اساس نوع سیستم کنترل و نیاز عملیاتی انتخاب می‌شوند:

الف) سیگنال ولتاژ (Voltage Signal):
مقادیر رایج: ۰تا۱۰ ولت، ۱۰- تا ۱۰+ ولت.
کاربرد: تنظیم موقعیت اسپول بر اساس مقدار ولتاژ.
مزایا: سادگی و رایج بودن در سیستم‌های کنترلی.

ب) سیگنال جریان (Current Signal):
مقادیر رایج: ۴-۲۰ میلی‌آمپر، ۰-۲۰ میلی‌آمپر.
کاربرد: مناسب برای مسافت‌های طولانی به دلیل کاهش حساسیت به نویز.
مزایا: پایداری بالا و کاهش افت سیگنال.

ج) سیگنال دیجیتال (Digital Signal):
مانند PWM (پالس‌عرضی) یا ارتباط‌های دیجیتال مانند CAN یا Profibus.
کاربرد: استفاده در سیستم‌های هوشمند و پیچیده.
مزایا: دقت و انعطاف‌پذیری بالا.

د) ورودی آنالوگ و دیجیتال ترکیبی:
برخی سیستم‌ها از ترکیب سیگنال آنالوگ برای کنترل موقعیت و سیگنال دیجیتال برای دستورات خاص استفاده می‌کنند.

وظایف ورودی فرمان الکتریکی:

الف) کنترل موقعیت اسپول: تنظیم موقعیت اسپول در شیر برای تغییر جریان یا فشار سیال.
ب) تغییر جهت جریان: ارسال فرمان برای تغییر جهت حرکت اسپول و در نتیجه تغییر جهت جریان سیال.
ج) تنظیم مقدار جریان یا فشار: کنترل دقیق میزان جریان عبوری یا فشار سیستم بر اساس سیگنال فرمان.
د) کنترل دینامیکی: پاسخ به تغییرات سریع بار یا شرایط عملیاتی.

نحوه عملکرد ورودی فرمان الکتریکی:

الف) دریافت سیگنال از کنترلر: سیگنال الکتریکی از کنترلر مرکزی(مانند PLC) به تقویت‌کننده الکترونیکی شیر ارسال می‌شود.
ب) پردازش سیگنال: تقویت‌کننده سیگنال را دریافت و به جریان یا ولتاژ مورد نیاز سلونوئید تبدیل می‌کند.
ج) تنظیم اسپول: بر اساس سیگنال ورودی، اسپول در موقعیت مشخصی قرار می‌گیرد تا جریان و فشار تنظیم شوند.

نحوه عملکرد شیر پروپورشنال:

الف) ارسال سیگنال الکتریکی: کنترلر PLC (یا سیستم کنترل) سیگنال الکتریکی پیوسته را بر اساس نیاز سیستم ارسال می‌کند.
ب) تبدیل سیگنال به جریان الکتریکی: سیگنال دریافتی توسط تقویت‌کننده الکترونیکی به جریان قابل اعمال به سلونوئید تبدیل می‌شود.
ج) ایجاد میدان مغناطیسی در سلونوئید: سلونوئید میدان مغناطیسی تولید کرده و نیروی لازم برای حرکت اسپول را فراهم می‌کند.
د) جابجایی اسپول: اسپول متناسب با مقدار سیگنال ورودی به جلو یا عقب حرکت می‌کند و مسیرهای عبور سیال را باز یا بسته می‌کند.
ه) کنترل جریان یا فشار سیال: بر اساس موقعیت اسپول، میزان جریان یا فشار به‌صورت پیوسته تنظیم می‌شود.
و) بازخورد موقعیت (Feedback): سنسور موقعیت، وضعیت دقیق اسپول را به سیستم کنترل بازمی‌گرداند و در صورت نیاز، اصلاحات لازم انجام می‌شود.

انواع شیرهای پروپورشنال:

الف) شیر کنترل جریان (Proportional Flow Control Valve): برای تنظیم مقدار جریان سیال به صورت پیوسته.
ب) شیر کنترل فشار (Proportional Pressure Control Valve): برای تنظیم فشار سیستم در محدوده مورد نظر.
ج) شیر کنترل جهت (Proportional Directional Control Valve): برای تغییر جهت جریان سیال در سیستم (چپ یا راست).
د) شیرهای ترکیبی: قابلیت تنظیم همزمان فشار، جریان و جهت را دارند.

مزایای شیرهای پروپورشنال:

الف) کنترل دقیق: تنظیم پیوسته و نرم جریان یا فشار .
ب) پاسخ سریع: زمان واکنش پایین برای تغییر شرایط سیستم .
ج) امکان اتوماسیون: قابلیت اتصال به سیستم‌های PLC و کنترل خودکار .
د) انعطاف‌پذیری بالا: مناسب برای کاربردهای مختلف صنعتی، از جمله سیستم‌های هیدرولیکی دمپرها، توربین‌ها، ماشین‌آلات CNC و رباتیک.
ه) کاهش ضربات هیدرولیکی: به دلیل کنترل نرم، از شوک‌های ناگهانی در سیستم جلوگیری می‌شود.

کاربردهای شیرهای پروپورشنال:

الف) سیستم‌های هیدرولیکی صنعتی: کنترل حرکت سیلندرها، دمپرها، و عملگرهای هیدرولیکی.
ب) ماشین‌آلات CNC و قالب‌گیری تزریقی: تنظیم دقیق موقعیت و فشار.
ج) خطوط تولید خودکار: برای تنظیم سرعت و جریان بهینه.
د) سیستم‌های رباتیک و تجهیزات متحرک: حرکت دقیق بازوها و ابزارها.

نگهداری و بررسی‌های دوره‌ای شیرهای پروپورشنال:

الف) بررسی سیگنال‌های الکتریکی: اطمینان از ارسال صحیح فرمان‌ها به شیر .
ب) نظافت و فیلتراسیون روغن: جلوگیری از آلودگی که می‌تواند به اسپول آسیب برساند.
ج) بازرسی مکانیکی: بررسی نشتی و سلامت اتصالات و اسپول.
د) کالیبراسیون سنسور موقعیت: تنظیم دقیق برای عملکرد صحیح.

پمپ هیدرولیک (Hydraulic Pump)

در سیستم‌های هیدرولیکی صنعتی، پمپ هیدرولیک به‌عنوان قلب سیستم، نقش حیاتی در تأمین انرژی و فشار لازم برای حرکت سیالات ایفا می‌کند. در تجهیزاتی نظیر دایورتر دمپر، که برای کنترل و تغییر مسیر جریان گازهای داغ در سیستم‌های نیروگاهی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عملکرد دقیق و قابل‌اعتماد پمپ هیدرولیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.
پمپ هیدرولیک در دایورتر دمپر وظیفه تأمین جریان سیال با فشار مناسب را بر عهده دارد تا عملگرهای هیدرولیکی بتوانند دمپر را به‌صورت دقیق باز، بسته یا در موقعیت دلخواه قرار دهند. این تجهیز با دریافت انرژی مکانیکی از موتور محرک خود، انرژی سیال را افزایش داده و آن را به اجزای مختلف سیستم منتقل می‌کند. عملکرد صحیح پمپ، تضمین‌کننده حرکت ایمن و کارآمد دمپر و در نتیجه بهبود بهره‌وری کلی سیستم است.
طراحی پمپ‌های هیدرولیک مورد استفاده در دایورتر دمپر باید به گونه‌ای باشد که بتوانند در شرایط عملیاتی سخت، از جمله دماهای بالا، فشارهای متغیر و تغییرات سریع جریان، دوام و پایداری خود را حفظ کنند. همچنین، این پمپ‌ها باید با اجزای دیگر سیستم، از جمله شیرهای کنترلی، فیلترها و اکومولاتورها، به‌صورت هماهنگ عمل کنند تا دقت و ایمنی در عملیات حفظ شود.
پمپ هیدرولیک در سیستم دایورتر دمپر وظیفه تأمین فشار و جریان روغن مورد نیاز برای عملکرد اکچویتورها (عملگرها) و کنترل دقیق حرکت دمپر را بر عهده دارد. این پمپ‌ها به‌عنوان قلب سیستم هیدرولیک عمل می‌کنند و باید بتوانند به‌صورت مداوم و پایدار فشار لازم را تامین کنند.

انواع پمپ‌های هیدرولیک مورد استفاده:

الف) پمپ‌های پره‌ای (Vane Pumps) که دارای پره‌هایی چرخشی برای انتقال روغن هستند.
مزایا: عملکرد نرم و بدون لرزش و مناسب برای فشارهای متوسط تا بالا.
معایب: حساس به آلودگی روغن و نیاز به نگهداری دقیق.

ب) پمپ‌های دنده‌ای (Gear Pumps) که شامل دو چرخ‌دنده درگیر هستند که روغن را جابجا می‌کنند.
مزایا: ساختار ساده و مقاوم و هزینه کم.
معایب: بازده پایین در فشارهای بالا و ایجاد سر و صدا.

ج) پمپ‌های پیستونی (Piston Pumps) (رایج‌ترین نوع در دایورتر دمپرها) که از پیستون‌هایی استفاده می‌کنند که با حرکت رفت و برگشتی، روغن را پمپ می‌کنند.
مزایا: قابلیت کار در فشارهای بالا (تا ۳۵۰ بار یا بیشتر)، بازده بالا و دوام و عملکرد طولانی‌مدت.
معایب: قیمت بالا و نیاز به فیلتراسیون دقیق.

عملکرد پمپ هیدرولیک در دایورتر دمپر:

الف) تامین فشار و جریان روغن:
پمپ، روغن را از مخزن کشیده و به مدار هیدرولیک ارسال می‌کند و روغن با فشار بالا وارد اکومولاتورها و اکچویتورها می‌شود تا حرکت دمپر را کنترل کند.

ب) کنترل حرکت دمپر:

دمپرها نیاز به جابجایی دقیق دارند که توسط اکچویتورها انجام می‌شود. فشار و جریان روغن توسط پمپ و شیرهای پروپورشنال تنظیم می‌شود تا حرکت روان و کنترل‌شده‌ای ایجاد شود.

ج) نگهداری فشار سیستم در شرایط اضطراری:
پمپ فشار لازم را ایجاد کرده و با همکاری اکومولاتورها، توانایی تامین روغن در زمان قطع برق یا خرابی موقت سیستم را دارد.

اجزای پمپ هیدرولیک دایورتر دمپر:

الف) الکتروموتور (Electric Motor): منبع اصلی انرژی برای به حرکت درآوردن پمپ جهت ایجاد توان مناسب برای تأمین فشار و دبی مورد نیاز سیستم.
ب) بدنه پمپ (Pump Housing): شامل مکانیزم انتقال روغن مانند پره، دنده یا پیستون است.
ج) سوپاپ‌های ایمنی (Relief Valves): برای جلوگیری از افزایش فشار بیش از حد و محافظت از سیستم.
د) فیلترهای ورودی و خروجی: برای حذف ذرات معلق و جلوگیری از آلودگی روغن که باعث آسیب به قطعات داخلی می‌شود.
ه) کنترل‌کننده‌ها (Controllers): برای تنظیم دقیق فشار و جریان روغن بر اساس نیاز سیستم.

مشکلات رایج پمپ‌های هیدرولیک:

الف) افت فشار یا عدم تامین فشار مناسب:
دلایل: نشتی داخلی در پمپ، خرابی آب‌بندها، انسداد مسیرهای ورودی یا خروجی و کاهش سطح یا کیفیت روغن.
راه‌حل: بررسی و تعویض آب‌بندها، تمیزکاری مسیرهای روغن و بررسی و پر کردن مخزن روغن.

ب) سر و صدای زیاد یا ارتعاشات:
دلایل: هواگیری ناقص سیستم، کاویتاسیون (حباب‌زایی در ورودی پمپ) و خرابی بلبرینگ‌ها یا کوپلینگ‌ها.
راه‌حل: هواگیری کامل سیستم، اطمینان از پر بودن خط مکش و تعویض قطعات آسیب‌دیده.

ج) گرم شدن بیش از حد روغن:
دلایل: فشار بیش از حد در سیستم، عدم عملکرد مناسب خنک‌کننده و ویسکوزیته نامناسب روغن.
راه‌حل: تنظیم فشار سیستم و کاهش بار اضافی، تمیز کردن و بررسی خنک‌کننده و تعویض روغن با درجه مناسب.

نکات نگهداری و سرویس پمپ هیدرولیک:

بررسی سطح روغن و کیفیت آن، بازرسی و تعویض فیلترها، کنترل نشتی‌ها، هواگیری سیستم، بررسی فشار و دبی پمپ و بازرسی خنک‌کننده‌ها.

سیلندر هیدرولیکی دایورتر دمپر(Hydraulic Cylinder for Diverter Damper)

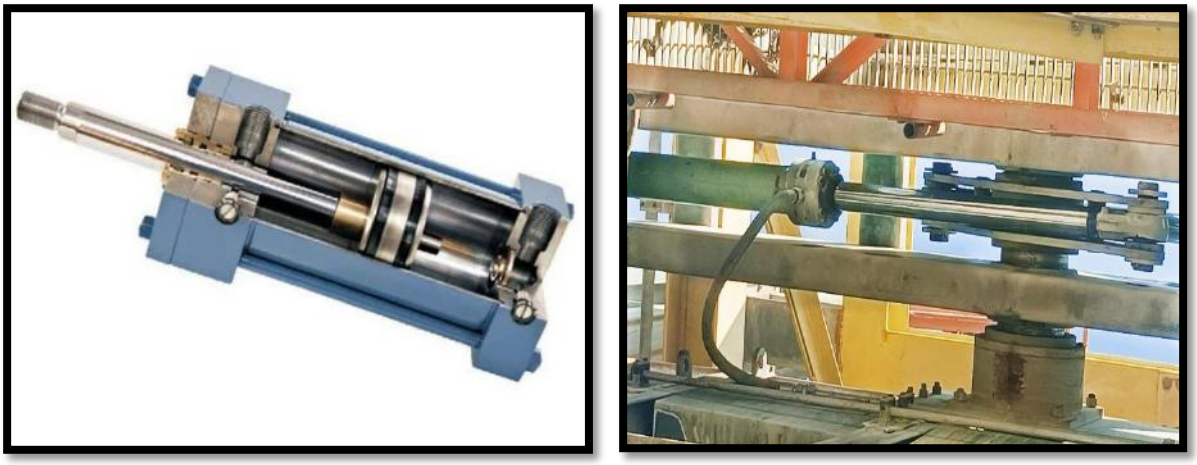
در سیستم‌های هیدرولیکی صنعتی، سیلندر هیدرولیکی (Hydraulic Cylinder) یکی از اجزای اصلی و کلیدی است که وظیفه تبدیل انرژی سیال فشرده به حرکت مکانیکی را بر عهده دارد. این تجهیز در بسیاری از کاربردهای صنعتی، از جمله سیستم‌های کنترل جریان نظیر دایورتر دمپر، نقشی اساسی ایفا می‌کند. سیلندر هیدرولیکی در دایورتر دمپر وظیفه باز و بسته کردن دمپر یا نگه‌داشتن آن در موقعیت مشخص را به عهده دارد و در نتیجه نقش مهمی در مدیریت دقیق جریان گازهای داغ در سیستم‌های نیروگاهی و واحدهای بازیافت حرارت (HRSG) ایفا می‌کند.

عملکرد سیلندر هیدرولیکی در دایورتر دمپر مستلزم دقت بالا، استحکام مکانیکی و قابلیت اطمینان در شرایط عملیاتی سخت است. این تجهیز با دریافت جریان سیال فشرده از پمپ هیدرولیک و تنظیم فشار توسط شیرهای کنترلی، نیرویی قوی و پایدار تولید می‌کند که برای حرکت دمپر مورد نیاز است. طراحی این سیلندرها به‌گونه‌ای است که بتوانند در برابر نیروهای زیاد، دماهای بالا، و سایش ناشی از عملکرد مداوم، مقاومت کنند.

چالش‌های طراحی و عملکرد سیلندر هیدرولیکی شامل حفظ دقت در حرکت، جلوگیری از نشت سیال، و مقاومت در برابر سایش و خوردگی است. عملکرد نادرست سیلندر می‌تواند منجر به مشکلاتی مانند کاهش راندمان سیستم، نشت گازها یا خرابی تجهیزات شود. از این‌رو، انتخاب و نگهداری صحیح سیلندر هیدرولیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در اینجا به بررسی جامع سیلندر هیدرولیکی در دایورتر دمپر می‌پردازیم و ساختار، اجزا، نحوه عملکرد و چالش‌های طراحی و نگهداری آن را مورد تحلیل قرار خواهیم داد.

سیلندر هیدرولیکی یکی از اجزای کلیدی سیستم کنترل دایورتر دمپر است که وظیفه تبدیل انرژی هیدرولیکی به حرکت مکانیکی را بر عهده دارد. این سیلندرها در سیستم‌های دایورتر دمپر برای باز و بسته کردن یا تنظیم موقعیت دمپر استفاده می‌شوند.



شکل۱۱: سیلندر و پیستون هیدرولیکی دایورتر دمپر

اجزای اصلی سیلندر هیدرولیکی:

الف) بدنه سیلندر (Cylinder Barrel): محفظه‌ای است که پیستون در آن حرکت می‌کند که برای داشتن مقاومت بالا در برابر فشار بالا از جنس فولاد سخت ساخته می‌شود.

ب) پیستون (Piston): قطعه‌ای داخل سیلندر که حرکت رفت و برگشتی دارد و انرژی روغن فشرده را به نیروی خطی تبدیل می‌کند.

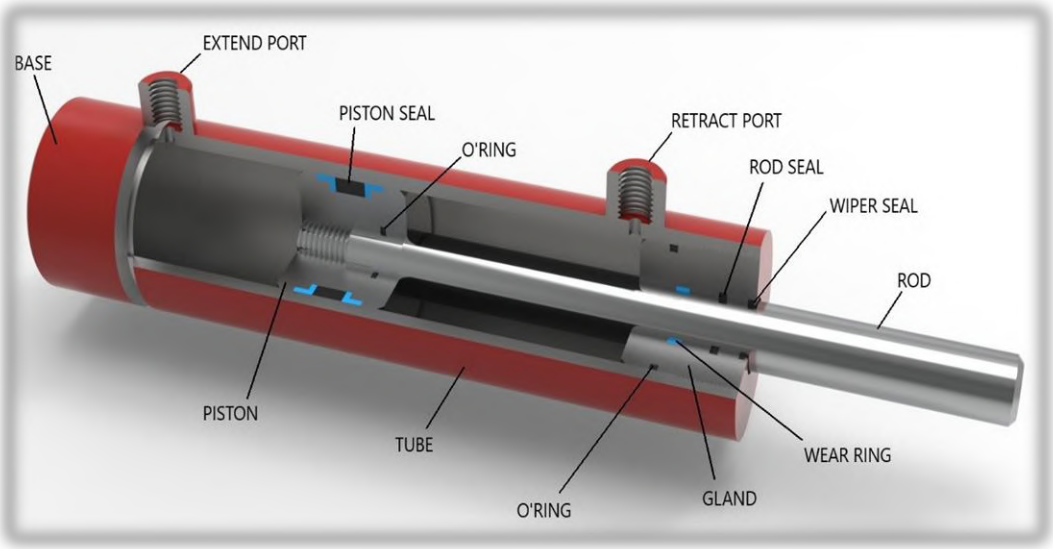
ج) شفت یا میله پیستون (Piston Rod): قطعه ای از جنس فولاد سخت‌شده و مقاوم در برابر سایش و خوردگی که متصل به پیستون بوده و مسئول انتقال نیروی حرکتی به دمپر می‌باشد.

د) درپوش‌های انتهایی (End Caps): جهت بستن دو سر سیلندر و مانع شدن از نشت روغن استفاده می‌شوند و دارای اتصالات برای ورود و خروج روغن هستند.

ه) آب‌بندها (Seals): برای جلوگیری از نشت روغن بین پیستون و دیواره سیلندر استفاده می شوند و معمولاً از جنس لاستیک یا پلیمرهای مقاوم در برابر فشار و حرارت هستند.

و) یقه راهنما (Rod Guide): برای هدایت دقیق شفت و جلوگیری از انحراف آن استفاده می‌شود.

ز) اتصالات (Ports): ورودی و خروجی روغن هیدرولیک برای اعمال فشار به دو طرف پیستون.



شکل۱۲ : اجزای سیلندر هیدرولیکی

عملکرد سیلندر هیدرولیکی در دایورتر دمپر:

الف) ورود روغن تحت فشار: روغن هیدرولیک توسط پمپ به یکی از محفظه‌های سیلندر وارد می‌شود.

ب) حرکت پیستون: فشار روغن باعث حرکت پیستون و شفت متصل به آن می‌شود.

ج) انتقال نیرو: شفت نیروی خطی را به مکانیزم دمپر منتقل می‌کند و باعث باز یا بسته شدن آن می‌شود.

د) کنترل موقعیت: موقعیت دمپر به‌صورت دقیق توسط سیستم کنترل الکترونیکی یا شیرهای پروپورشنال تنظیم می‌شود.

ه) بازگشت به موقعیت اولیه: با تغییر مسیر روغن توسط شیرهای کنترلی، پیستون در جهت مخالف حرکت می‌کند و دمپر را به وضعیت جدید یا اولیه باز می‌گرداند.

انواع سیلندرهای هیدرولیکی:

الف) تک‌طرفه (Single-Acting): روغن فقط به یک طرف سیلندر وارد شده و حرکت در یک جهت انجام می‌شود.
بازگشت به موقعیت اولیه توسط فنر یا نیروی گرانش انجام می‌شود.

ب) دوطرفه (Double-Acting): روغن به هر دو طرف سیلندر وارد می‌شود و حرکت در هر دو جهت ممکن است.

نقش سیلندر در دایورتر دمپر:

۱- باز و بسته کردن دمپر، ۲- کنترل تدریجی موقعیت دمپر و ۳- ایمنی و عملکرد اضطراری.

مشکلات رایج سیلندرهای هیدرولیکی و دلایل آن‌ها:

الف) نشتی روغن:
دلایل: ۱- فرسودگی یا پارگی آب‌بندها، ۲- خراش یا ترک روی شفت یا سیلندر و ۳- نصب نادرست یا عدم آب‌بندی مناسب.
راه‌حل: ۱- تعویض آب‌بندها، ۲- صیقل‌کاری یا تعویض شفت آسیب‌دیده و ۳- بررسی اتصالات و مهره‌ها.

ب) کاهش قدرت یا حرکت ناقص:
دلایل: ۱- افت فشار در سیستم هیدرولیک، ۲- نشتی داخلی بین محفظه‌های پیستون و ۳- وجود هوا در سیستم روغن.
راه‌حل: ۱- تنظیم فشار سیستم، ۲- بررسی و رفع نشتی داخلی و ۳- هواگیری سیستم.

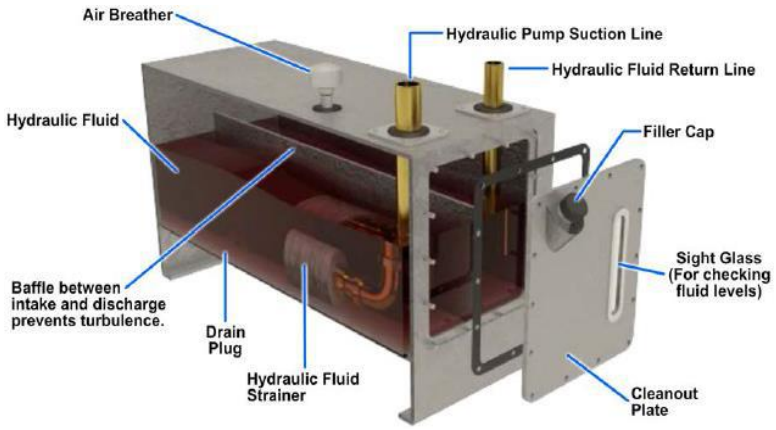
ج) عملکرد کند یا لرزش در حرکت:
دلایل: ۱- آلودگی روغن و گرفتگی فیلترها، ۲- کاویتاسیون (حباب‌زایی) در سیستم و ۳- خرابی پمپ یا شیرهای کنترل جریان.
راه‌حل: ۱- تعویض روغن و تمیز کردن فیلترها، ۲- بررسی مسیرهای ورودی روغن و ۳- تعمیر یا تعویض شیرها و پمپ‌ها.

نگهداری و بازرسی سیلندر هیدرولیکی:

بررسی آب‌بندها و اورینگ‌ها، بازرسی شفت و بدنه سیلندر، کنترل فشار روغن، تمیزکاری روغن و فیلترها، هواگیری سیستم و بازرسی اتصالات و لوله‌ها.

مخزن روغن (Hydraulic Oil Reservoir)

مخزن روغن یکی از اجزای اساسی در سیستم هیدرولیکی دایورتر دمپر است که وظیفه ذخیره، خنک‌سازی و تمیز نگه‌داشتن روغن هیدرولیک را بر عهده دارد. این مخزن تضمین می‌کند که روغن کافی برای عملکرد مداوم سیستم هیدرولیک فراهم شود و از ورود آلودگی‌ها به سیستم جلوگیری می‌کند.



شکل۱۳ : مخزن روغن دایورتر دمپر

وظایف مخزن روغن:

الف) ذخیره روغن: تامین مقدار کافی روغن برای سیستم در شرایط مختلف کاری.

ب) تهویه هوا (Ventilation): خارج کردن هوای حبس‌شده در روغن و جلوگیری از ایجاد حباب‌های هوا (کاویتاسیون).

ج) خنک‌سازی روغن: انتقال گرمای تولید شده به محیط اطراف و جلوگیری از افزایش بیش از حد دما.

د) رسوب‌دهی آلودگی‌ها: کاهش ذرات معلق و آلودگی‌های جامد از طریق ته‌نشینی.

ه) تصفیه و فیلتراسیون: فیلتر کردن روغن قبل از ورود به سیستم برای جلوگیری از آسیب به اجزا.

و) جبران کاهش حجم روغن: جبران تغییرات حجم ناشی از حرکت سیلندرها و نشت احتمالی.

اجزای مخزن روغن:

الف) بدنه مخزن (Tank Body): معمولاً از فولاد ضدزنگ یا فولاد کربنی مقاوم در برابر خوردگی ساخته می‌شود.

ب) درب مخزن (Cover): برای دسترسی آسان به داخل مخزن جهت سرویس و تمیزکاری.

ج) ورودی و خروجی روغن (Inlet & Outlet Ports): مسیرهای ورود و خروج روغن به سیستم.

د) فیلترهای ورودی و خروجی: برای حذف ذرات معلق قبل و بعد از ورود به سیستم.

ه) دریچه تهویه (Breather Cap): برای ورود و خروج هوا و جلوگیری از ایجاد فشار یا خلأ در داخل مخزن.

و) دیدسنج سطح روغن (Sight Glass): برای مشاهده سطح روغن داخل مخزن.

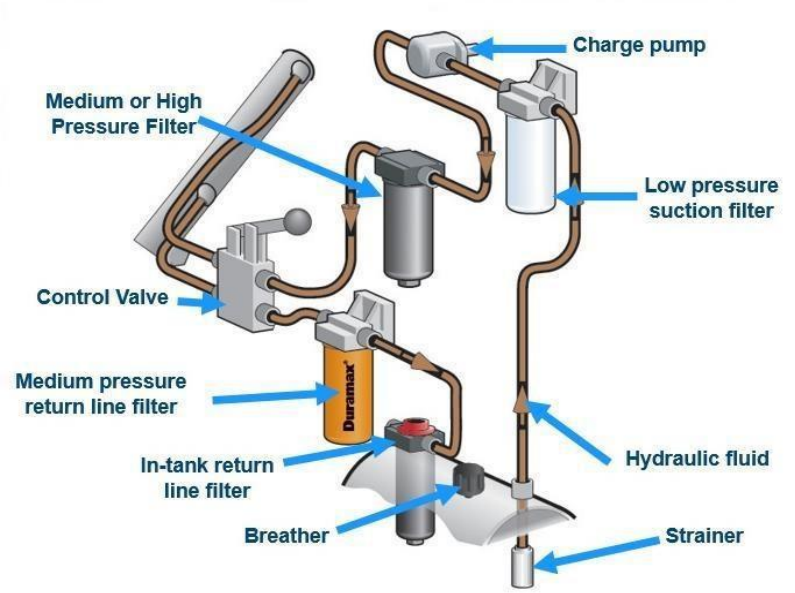
ز) گیج دما (Temperature Gauge): برای اندازه‌گیری دمای روغن داخل مخزن.

ح) المان خنک‌کننده (Cooling Coil یا Heat Exchanger): برای خنک کردن روغن در صورت نیاز.

ط) دریچه تخلیه (Drain Plug): برای تخلیه روغن قدیمی و رسوبات در زمان سرویس.

ی) صافی و رطوبت‌گیر (Desiccant Breather): جلوگیری از ورود رطوبت و ذرات خارجی به داخل مخزن.

ک) فن خنک‌کننده (Oil Cooler): جلوگیری از افزایش دمای روغن و کاهش ویسکوزیته آن.



شکل۱۴ : اجزا مخزن روغن سیستم هیدرولیک دایورتر دمپر

فیلترهای استفاده شده برای مخزن روغن:

الف) فیلتر مکش که در قسمت ساکشن (Suction) پمپ هیدرولیک قرار گرفته و برای حذف ذرات بزرگ و محافظت از پمپ استفاده می‌شود.

ب) فیلتر فشار بالا که در قسمت دیسشارژ (Discharge) پمپ هیدرولیک تعبیه شده و برای حذف ذرات ریز در مسیر پر فشار انتقال روغن استفاده می‌شود.

ج) فیلتر برگشت که در مسیر برگشت روغن از سیلندر هیدرولیک به مخزن روغن قرار گرفته و برای جلوگیری از برگشت آلودگی به مخزن استفاده می‌شود.

فرآیند عملکرد مخزن روغن در سیستم هیدرولیک:

الف) پر شدن مخزن با روغن هیدرولیک: روغن تمیز و فیلتر شده به داخل مخزن ریخته می‌شود.

ب) انتقال روغن به پمپ: پمپ هیدرولیک روغن را از مخزن مکش کرده و به سیستم انتقال می‌دهد.

ج) بازگشت روغن به مخزن: روغن پس از انجام کار در سیلندر یا سایر اجزا، به مخزن بازمی‌گردد.
د) خنک شدن روغن: روغن گرم‌شده از طریق سیستم‌های خنک‌کننده یا دیواره‌های مخزن خنک می‌شود.
ه) تصفیه روغن قبل از ورود مجدد: فیلترهای تعبیه‌شده، ذرات معلق و آلودگی‌ها را حذف می‌کنند.

مسیر حرکت روغن در سیستم هیدرولیکی:

سیستم‌های هیدرولیکی برای کنترل دقیق عملکرد عملگرها (مانند سیلندرها یا موتورهای هیدرولیکی)، از مدارهایی شامل مخزن، پمپ، شیر پروپورشنال، فیلترها، خنک‌کننده‌ها و رطوبت‌گیرها استفاده می‌کنند. در ادامه، مراحل حرکت روغن در این سیستم توضیح داده شده است:

الف) مخزن روغن: روغن هیدرولیک در مخزن ذخیره شده و توسط پمپ به مدار سیستم هیدرولیک تغذیه می‌شود. رطوبت‌گیرها روی مخزن نصب شده‌اند تا از ورود رطوبت و آلودگی هوا جلوگیری کنند.

ب) فیلتر مکش (Suction Filter) : قبل از ورود روغن به پمپ، ذرات معلق و ناخالصی‌های بزرگ‌تر را فیلتر می‌کند تا از آسیب به پمپ جلوگیری شود.

ج) پمپ هیدرولیک (Hydraulic Pump): روغن را با فشار به سیستم ارسال می‌کند.

د) فیلتر فشار بالا (High-Pressure Filter): پس از پمپ، روغن تحت فشار از این فیلتر عبور کرده و ذرات ریزتر حذف می‌شوند.

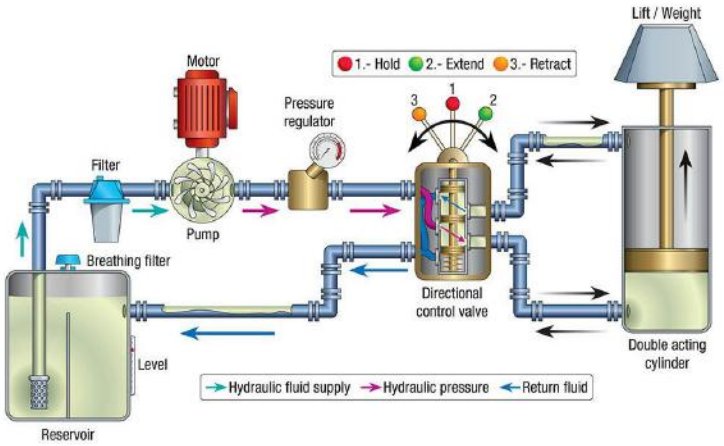
ه) شیر پروپورشنال (Proportional Valve): با کنترل مقدار و جهت جریان روغن، تنظیم فشار یا حرکت عملگرها را انجام می‌دهد. موقعیت اسپول به‌طور پیوسته تنظیم می‌شود تا جریان خروجی متناسب با نیاز سیستم باشد.

و) عملگر هیدرولیکی (Hydraulic Actuator): روغن هدایت‌شده از شیر پروپورشنال، عملگر (سیلندر یا موتور) را فعال می‌کند و حرکت مورد نیاز را ایجاد می‌کند.

ز) فیلتر برگشت (Return Filter): روغن خروجی از عملگر، پیش از بازگشت به مخزن، از فیلتر برگشت عبور کرده و ذرات احتمالی جذب می‌شوند.

ح) خنک‌کننده روغن (Oil Cooler): اگر روغن طی فرآیند گرم شود، قبل از بازگشت به مخزن، از مبدل حرارتی یا فن خنک‌کننده عبور می‌کند تا دمای آن کاهش یابد.

ط) رطوبت‌گیر و تهویه (Breather and Desiccant Filter): در مخزن، هوای ورودی از طریق رطوبت‌گیر عبور می‌کند تا از ورود آب و رطوبت جلوگیری شود.



شکل۱۵ : مسیر حرکت روغن در سیستم عملگر هیدرولیک دایورتر دمپر

مشخصات فنی مخزن روغن:

ظرفیت: بسته به نیاز سیستم بین ۵۰ تا ۱۰۰۰ لیتر یا بیشتر.

فشار کاری: مخازن هیدرولیکی معمولاً فشار کاری کمی دارند، زیرا در فشار اتمسفری کار می‌کنند.

جنس: فولاد ضدزنگ، فولاد کربنی، یا آلومینیوم مقاوم در برابر خوردگی.

پوشش داخلی: برای جلوگیری از زنگ‌زدگی، برخی مخازن دارای پوشش اپوکسی داخلی هستند.

مشکلات رایج مخزن روغن و راه‌حل‌ها:

الف) آلودگی روغن:

دلایل: ورود ذرات خارجی یا رطوبت به مخزن و خرابی فیلترها یا رطوبت‌گیرها.

راه‌حل: تعویض یا تمیز کردن فیلترها، استفاده از رطوبت‌گیرهای باکیفیت و تخلیه روغن آلوده و تمیز کردن مخزن.

ب) کاویتاسیون (حباب‌زایی) :

دلایل: سطح پایین روغن در مخزن و نشتی در لوله‌های مکش یا پمپ.

راه‌حل: بررسی سطح روغن و اضافه کردن روغن مناسب و بازرسی اتصالات و رفع نشتی‌ها.

ج) دمای بالای روغن:

دلایل: حجم ناکافی مخزن و کارکرد مداوم سیستم و عدم توانایی خنک‌کننده.

راه‌حل: نصب خنک‌کننده اضافی و افزایش ظرفیت مخزن یا بهبود تهویه.

د) کف کردن روغن (Foaming):

دلایل: ورود هوا به داخل روغن و استفاده از روغن نامناسب یا هوای مرطوب.

راه‌حل: هواگیری سیستم و بررسی نشتی‌ها و استفاده از روغن با کیفیت مناسب و ضدکف.

سیستم فیلتر در دایورتر دمپر (Filter System)

سیستم فیلتر در دایورتر دمپر بخش مهمی از سیستم هیدرولیک است که برای تمیز نگه‌داشتن روغن هیدرولیک و جلوگیری از ورود ذرات معلق و آلودگی‌ها به داخل سیستم طراحی شده است. عملکرد صحیح فیلترها به بهبود راندمان، کاهش سایش قطعات، و افزایش طول عمر تجهیزات کمک می‌کند.

وظایف سیستم فیلتر:

الف) جلوگیری از آلودگی: حذف ذرات معلق، گرد و غبار، و رطوبت که می‌توانند به پمپ‌ها، شیرها، و سیلندرها آسیب برسانند.

ب) افزایش عمر روغن: پاکسازی مداوم روغن و جلوگیری از تخریب زودهنگام آن.

ج) محافظت از تجهیزات حساس: جلوگیری از سایش و خوردگی قطعات حساس مانند شیرهای پروپورشنال و سروو.

د) حفظ عملکرد پایدار سیستم: تضمین جریان یکنواخت روغن و جلوگیری از گرفتگی مسیرها.

انواع فیلترهای مورد استفاده در سیستم هیدرولیکی:

الف) فیلتر مکش (Suction Filter):

محل نصب: در ورودی پمپ، داخل یا خارج مخزن روغن.

وظیفه: حذف ذرات بزرگ و جلوگیری از ورود آلودگی‌ها به پمپ.

مشخصات: دارای مش‌بندی فلزی یا توری برای جلوگیری از عبور ذرات درشت.

عیب: به دلیل اندازه منافذ بزرگ، توانایی حذف ذرات ریز را ندارد.

ب) فیلتر خط فشار (Pressure Filter):

محل نصب: بعد از پمپ و قبل از شیرها یا اجزای حساس.

وظیفه: حذف ذرات ریزتر تحت فشار بالا (تا ۳۰۰ بار یا بیشتر).

مشخصات: دارای فیلترهای الیافی یا مش فلزی با توان جداسازی بسیار بالا (تا ۳ میکرون).

مزایا: محافظت عالی از تجهیزات حساس مانند شیرهای پروپورشنال.

ج) فیلتر برگشتی (Return Filter):

محل نصب: در مسیر برگشت روغن به مخزن.

وظیفه: حذف ذرات معلق که در حین کار ایجاد شده‌اند قبل از بازگشت روغن به مخزن.

مشخصات: عملکرد در فشار پایین و جداسازی ذرات تا ۱۰ میکرون.

مزایا: مقرون به‌صرفه و مناسب برای تصفیه روغن قبل از ورود به مخزن.

د) فیلترهای مخصوص هوا (Breather Filter):

محل نصب: روی دریچه تهویه مخزن روغن.

وظیفه: جلوگیری از ورود ذرات گرد و غبار و رطوبت از طریق هوای ورودی.

مزایا: کاهش آلودگی ناشی از محیط بیرونی و کنترل رطوبت داخل مخزن.

ه) فیلترهای جداکننده آب (Water Removal Filter):
وظیفه: حذف رطوبت و آب مخلوط با روغن برای جلوگیری از خوردگی و اکسیداسیون.
کاربرد: در سیستم‌هایی که در محیط‌های مرطوب یا دارای بخار کار می‌کنند.

جنس و ساختار فیلترها:

الیاف مصنوعی (Synthetic Fiber): مناسب برای جداسازی ذرات بسیار ریز.
شبکه فلزی (Wire Mesh): مقاوم در برابر فشار بالا و قابل شستشو.
کاغذ فشرده (Paper Filter): اقتصادی و یک‌بار مصرف.
سرامیکی (Ceramic Filter): برای شرایط دمای بالا و عملکرد طولانی‌مدت.

چگونگی عملکرد سیستم فیلتر:

الف) ورود روغن به فیلتر:
روغن از مسیر ورودی به فیلتر وارد می‌شود و ذرات معلق بزرگتر از اندازه منافذ در سطح فیلتر گیر می‌کنند.

ب) عبور روغن تمیز:
روغن تمیز از خروجی فیلتر به مسیرهای مختلف سیستم هیدرولیکی ارسال می‌شود.

ج) نشانگر فشار (Clogging Indicator):
در صورت گرفتگی فیلتر، فشار افزایش می‌یابد و نشانگر فعال می‌شود تا نیاز به تعویض یا تمیزکاری فیلتر را اعلام کند.

د) بازگشت روغن تصفیه شده به مخزن:
روغن از طریق فیلتر برگشتی به مخزن بازمی‌گردد و آماده استفاده مجدد می‌شود.

مشکلات رایج سیستم فیلتر و راه‌حل‌ها:

الف) گرفتگی فیلتر:
دلایل: تجمع آلودگی و ذرات معلق و استفاده طولانی بدون تعویض.
راه‌حل: تعویض به‌موقع فیلترها یا تمیز کردن آن‌ها (در صورت قابلیت شستشو).

ب) کاهش جریان روغن:
دلایل: گرفتگی فیلترها یا خرابی آن‌ها و هواگیری نامناسب سیستم.
راه‌حل: بررسی و تعویض فیلترها و اطمینان از هواگیری سیستم.

ج) نشتی روغن:

دلایل: نصب نادرست فیلترها یا خرابی آب‌بندی آن‌ها.

راه‌حل: بررسی اتصالات و تعویض واشرهای آب‌بندی.

نکات نگهداری سیستم فیلتر:

الف) بازرسی منظم: کنترل وضعیت فیلترها از نظر گرفتگی یا سایش.

ب) تعویض دوره‌ای فیلترها: براساس ساعات کارکرد یا میزان آلودگی ثبت شده توسط سنسورها.

ج) تمیزکاری محیط مخزن و رطوبت‌گیرها: جلوگیری از ورود گرد و غبار و رطوبت به داخل سیستم.

د) کنترل فشار سیستم: بررسی فشار قبل و بعد از فیلترها برای تشخیص عملکرد آن‌ها.

مزایای سیستم فیلتراسیون مناسب:

۱- افزایش عمر تجهیزات هیدرولیکی، ۲- بهبود عملکرد سیستم و کاهش خرابی‌ها، ۳- کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات و ۴-افزایش طول عمر روغن و جلوگیری از آلودگی آن.

نتیجه‌گیری

دایورتر دمپر به‌عنوان یک تجهیز کلیدی در مدیریت جریان گازهای داغ در سیستم‌های نیروگاهی و صنعتی، نقش اساسی در بهره‌وری و عملکرد پایدار فرآیندها ایفا می‌کند. عملکرد موفقیت‌آمیز این تجهیز به هماهنگی دقیق میان اجزا و سیستم‌های مختلف آن، از جمله عملگرها، سیستم کنترلی، سیستم آب‌بندی و مسیر گردش سیال هیدرولیکی وابسته است.

دایورتر دمپر با دریافت فرمان از سیستم کنترل، مسیر جریان گاز را از یک کانال (توربین) به کانال دیگر (بویلر) هدایت می‌کند. این فرآیند از طریق عملگر هیدرولیکی صورت می‌گیرد که شامل اجزای اصلی نظیر سیلندر هیدرولیکی، شیر پروپورشنال، پمپ هیدرولیک و اکومولاتور است. عملگر با تنظیم موقعیت دمپر، تغییر مسیر جریان گاز را با دقت و سرعت بالا انجام می‌دهد. این عملکرد نه‌تنها به بهینه‌سازی راندمان حرارتی کمک می‌کند، بلکه از خرابی تجهیزات در اثر جریان نادرست گازهای داغ جلوگیری می‌کند.

مسیر روغن هیدرولیک نیز نقش مهمی در عملکرد دایورتر دمپر دارد. روغن از مخزن اصلی توسط پمپ هیدرولیک مکش شده و از طریق فیلترها و خنک‌کننده‌ها عبور می‌کند تا از هرگونه آلودگی و افزایش دما جلوگیری شود. سپس، روغن تحت فشار به شیر پروپورشنال هدایت می‌شود، جایی که جریان و فشار روغن بر اساس فرمان‌های الکتریکی تنظیم می‌شود. این روغن وارد سیلندر هیدرولیکی شده و حرکت دمپر را ممکن می‌سازد. در صورتی که فشار اضافی در سیستم ایجاد شود، اکومولاتور به‌عنوان ذخیره‌کننده انرژی وارد عمل شده و فشار را متعادل می‌کند. روغن اضافی یا برگشتی از سیلندر مجدداً به مخزن هدایت می‌شود و این چرخه به‌طور مداوم تکرار می‌گردد.

سیستم کنترلی با استفاده از شیرهای پروپورشنال، سنسورهای موقعیت و تقویت‌کننده‌های الکترونیکی، دقت در تنظیم جریان، فشار، و موقعیت دمپر را تضمین می‌کند. این سیستم هوشمند، عملکرد سریع و پایدار دایورتر دمپر را در شرایط عملیاتی متغیر امکان‌پذیر می‌سازد.

سیستم آب‌بندی نیز نقش مهمی در جلوگیری از نشت گازهای داغ و حفظ راندمان حرارتی ایفا می‌کند. طراحی دقیق این سیستم با استفاده از سیل‌های مقاوم در برابر حرارت و فشار، همراه با سیستم‌های دمنده (Purge Air) برای جلوگیری از نشت گاز، کارایی و ایمنی سیستم را تضمین می‌کند.

در نهایت، دایورتر دمپر یک مجموعه پیچیده و یکپارچه از اجزا و سیستم‌ها است که عملکرد آن به هماهنگی دقیق میان این بخش‌ها وابسته است. مسیر مناسب روغن، کنترل دقیق سیستم هیدرولیکی، و طراحی کارآمد سیستم آب‌بندی، تضمین‌کننده بهره‌وری و ایمنی این تجهیز در شرایط سخت عملیاتی است. توجه به طراحی مهندسی، نگهداری اصولی، و استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند به بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌های عملیاتی این سیستم حیاتی کمک شایانی کند.