

بسم الله الرحمن الرحيم



## زیان های وجود آب در روغن و راهکار های کنترل وزدایش آلودگی آب

مهندس اسکندر رستمی

دفتر فنی شرکت سیمان هگمتان

**چکیده:** آلودگی یکی از مهمترین عوامل کاهش طول عمر و کارایی روغن می باشد که در این میان آب به بلای روغن مشهور است. میزان آب در روغن ها به مقدار زیاد در عملکرد و طول عمر روغن و تجهیزات مکانیکی که روانکاری می شوند تاثیر منفی دارد. آب سرعت اکسیداسیون روغن را افزایش داده و در نتیجه تحلیل زود هنگام روغن و بازدارنده ها، اکسیداسیون را باعث میشود. بعلاوه آب عامل رسوب دهنده افزودنی های روغن بوده و همچنین با برخی افزودنی ها وارد واکنش می شود. در این مقاله اثرات آلودگی آب در روغن و سیستم های روانکاری و روشهای جدایش آب از روغن بررسی می شود.

### تاثیر آب بر ماشین الات:

۱- **زنگ زدگی و خوردگی:** هجوم آب به سطوح آهنی باعث تولید اکسیدهای آهن میگردد. وجود همزمان آب و اسید در روغن باعث زنگ زدگی فلزات آهنی و خوردگی فلزات غیر آهنی میشود. ذرات ناشی از زنگ زدگی و خوردگی بسیار ساینده هستند و خراش روی سطوح فلزات باعث تسهیل در زنگ زدگی و خوردگی در مجاورت آب و اسید میگردد.

**۲- لکه گذاری ناشی از وجود آب در روغن:** این پدیده را میتوان در سطوح یاتاقان ها و حلقه های گردشی مشاهده کرد. تخریب روغنها به علت وجود آب باعث تولید سولفید هیدروژن و اسید سولفوریک می شود که عامل اصلی لکه گذاری بر روی سطوح فلزات می باشد.

**۳- فرسایش:** این حالت زمانی بوجود می آید که آب بر روی سطوح داغ فلزات ریخته شود و باعث ایجاد حفره روی سطوح میگردد

**۴- کاویتاسیون:** وقتی فشار آب موجود در روغن به فشاری کمتر از فشار اشباع متناظر دمای آن برسد در این صورت قطرات آب شروع به بخار شدن می کنند و حباب های بخار ایجاد شده از نواحی کم فشار (مثلاً در دهانه مکش پمپ ها یا دریاتاقان های که فشار در آنجا کم است) حرکت کرده و در آن ها تراکم ایجاد می شود و در نهایت حباب بخار در اثر این تراکم متلاشی شده و باعث ایجاد موج فشاری (ضربه ای) می گردد. این امواج باعث اعمال ضربه شدیدی بر روی سطوح فلزات می شوند.

**۵- شکست هیدروژن:** هنگامی که آب به ترک های بسیار ریز موجود در سطوح فلزات نفوذ کند تحت فشارهای بالا آب واجزای آن تجزیه می شوند هیدروژن آزاد می گردد این

هیدروژن آزاد شده باعث ایجاد انفجار و اعمال نیروی زیادی به این ترک ها میگردد و در نهایت ترک ها عمیق تر و عریض تر می شوند که این امر به خوردگی فلز منجر میشود.

### تأثیر آب بر روی روانکارها

علاوه بر آثار مخرب تأثیر مستقیم آب بر روی اجزا ماشین آلات، نقش آن در شدت تخریب روغن ها نیز مورد توجه می باشد. حضور آب در روغن می تواند باعث افزایش اکسیداسیون به ده برابر، زود هنگام شدن فرسودگی روغن بالاخص در حضور فلزاتی نظیر مس، قلع و سرب گردد.

باید توجه داشت که فقط روغن پایه تحت تأثیر آلودگی آب قرار نمی گیرد، بلکه انواع ادتیوها مانند سولفورها EP، (Anti-Wear) و آنتی اکسیدان های فنولیک وجود دارند که به آسانی به وسیله آب هیدرولیز شده و سبب از بین رفتن ادتیو و تشکیل محصولات جانبی اسیدی می شوند.

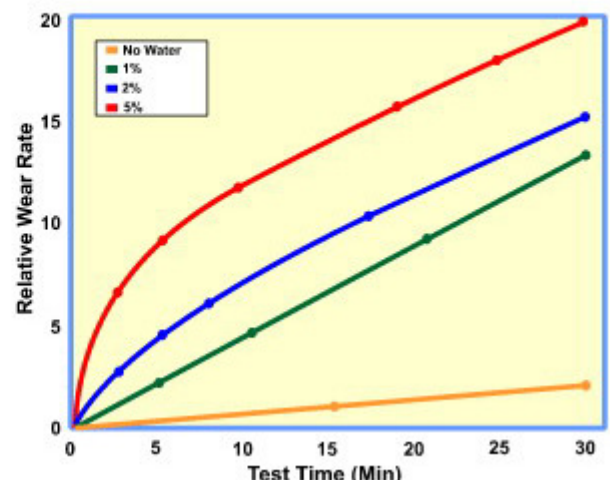
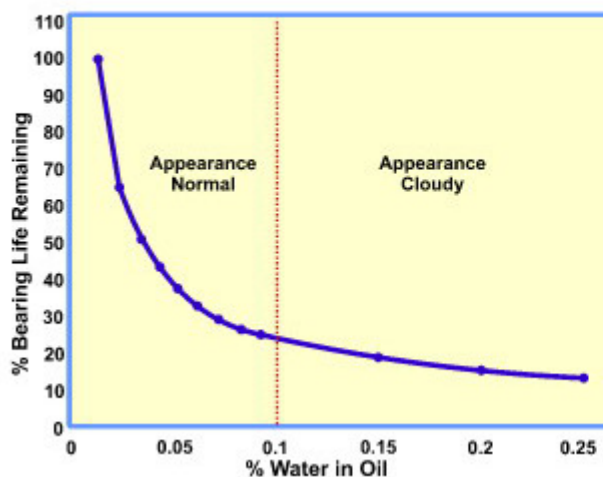
ادتیوهای دیگر مانند متفرق کننده ها و بازدارنده های خوردگی می توانند در اثر رطوبت بیش از حد شسته شده که نتیجه آن تشکیل رسوب و مسدود شدن فیلتر خواهد بود.

آب می تواند در روغن به سه حالت یا فاز وجود داشته باشد. اولین حالت به عنوان محلول شناخته می شود که به صورت مولکول های مجزا و منفرد پخش شده در میان روغن ظاهر می گردد. در این مورد آب محلول در روغن با رطوبت هوا در یک روز مرطوب، قابل مقایسه است. می دانیم که آب وجود دارد ولی به دلیل اینکه به صورت مولکول به مولکول پخش شده دیده نمی شود. به همین دلیل روغن می تواند شامل غلظت کافی از آب محلول باشد بدون اینکه حضور آن محسوس باشد. بیشتر روغن های صنعتی مانند سیالات هیدرولیک یا روغن های توربین می توانند در حدود ۲۰۰ PPM تا ۶۰۰ PPM آب را به صورت محلول در خود نگه دارند که بستگی به دما و کارکرد روغن دارد روغن کارکرده قادر است ۳ تا ۴ برابر آب بیشتری (به صورت محلول) نسبت به روغن کارنکرده در خود نگه دارد. زمانی که میزان آب از مقدار حداکثر برای محلول ماندن بیشتر شود، روغن اشباع شده است. در این حالت ذرات آب در روغن به صورت قطرات میکروسکوپی وجود دارند که به عنوان امولسیون شناخته شده اند. این حالت مشابه تشکیل مه در هوای بهاری است که در آن مقدار رطوبت در هوا فراتر از نقطه اشباع است. افزایش بیشتر آب به محلول امولسیون آب و روغن منجر به جداسازی دو فاز، یعنی لایه آزاد آب و دیگری روغن امولسیون شده، می شود. برای روغن های معدنی و سنتزی که وزن مخصوص آنها از یک کمتر است، لایه آب آزاد در ته ظرف یا تانک نگهداری جمع می شود.

## تأثیرات آلودگی آب در یاتاقان:

در سیستم روانکاری اغلب دو فاز، یکی فاز آزاد و دیگری امولسیون با آب وجود دارد. به عنوان مثال در یاتاقان ها، تراکم ناپذیری آب نسبت به روغن می تواند باعث عدم تشکیل فیلم هیدرودینامیک روغن و به تبع آن تشدید سایش شود. میزان ناچیز آب (یک درصد) در روغن می تواند طول عمر یاتاقان را به اندازه زیادی (۹۰ درصد) کاهش دهد. این وضعیت برای یاتاقان های چرخشی بدتر است. وجود آب نه تنها باعث کاهش استحکام فیلم روغن می شود، بلکه تحت دما و فشار بالای تولید شده در مناطق تحت بار یاتاقان گردشی می تواند باعث تبخیر آنی شده و فرسایش را افزایش دهد. تحت شرایط ویژه، مولکول های آب می تواند به اجزای سازنده آنها شکسته شود. اتم های اکسیژن و هیدروژن در نتیجه فشار زیاد اعمال شده در مناطق تحت بار یاتاقان گردشی، تولید می شوند. یون های هیدروژن تولید شده به وسیله این فرآیند می توانند بر روی سطح درگیر یاتاقان جذب شده و در نتیجه باعث شکننده شدن سطح شوند. این پدیده در اثر هیدروژناسیون (HYD) و تغییر در متالورژی سطح یاتاقان، ایجاد می شود که باعث شکننده شدن و ضعیف شدن یاتاقان می شود. وقتی زیر سطوح یاتاقان ترک بردارد، به سمت سطح پخش شده و در نتیجه منجر به ترک برداشتن کل سطح می شود. به دلیل این که تاثیر آب آزاد و امولسیون در مقایسه با آب محلول، مضرتر است، به عنوان یک اصل، مقدار رطوبت در روغن ها باید همیشه کمتر از نقطه اشباع باشد. این مقدار برای بیشتر روغن های در حال استفاده، مقدار ۱۰۰ PPM تا ۳۰۰ PPM یا کمتر بوده که بستگی به نوع روغن و درجه حرارت آن دارد. حتی در این سطح نیز میزان قابل ملاحظه ای از خطر می تواند هنوز اتفاق بیافتد. بنابراین باید هر عمل معقولی برای حداقل نگه داشتن آلودگی توسط آب، انجام شود.

### تأثیر آلودگی آب بر عمر یاتاقانها



## روش های اندازه گیری میزان آب

به منظور کنترل میزان آب، اولین چیزی که باید به آن پرداخت، پنج روش اساسی است که برای تعیین میزان آب روغن های روانکار مورد استفاده قرار می گیرد. محدوده کاری این روش ها، از موارد ساده تا آزمایش های پیچیده، متغیر است. این روش ها شامل تکنولوژی پیشرفته ای است که به طور خاصی در آزمایشگاهها برای تعیین مقدار آب در حد PPM انجام می گیرد.

**تست صفحه داغ Crachle:** در این تست صفحه ای به دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد رسانده میشود و قطره کوچکی از روغن در مرکز صفحه قرار داده می شود. بسته به نوع روانکار برای تعداد کمی از قطره های کوچک تقریباً "۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ppm" نشان داده شده است. برای قطره های به اندازه بزرگ تر در حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ ppm آب مشاهده میشود و صدایی که از تبخیر شنیده میشود (صدای تق) حاکی از میزان آب بیشتر از ۲۰۰۰ ppm است.

تست crachle تنها برای اب ازاد و امولسیون شده روش حساس و مناسبی است.

**روش سلول فشاری:** در روش دیگر، از یک سلول فشاری استفاده می شود، به این صورت که نمونه را به همراه معرف شیمیایی در درون ظرف قرار داده، به شدت تکان می دهند. تغییر فشار در داخل سلول برای تعیین حضور آب آزاد، کنترل می شود.

**سنسور رطوبت نسبی:** سومین آزمایش استفاده از سنسور رطوبت نسبی است. سنسور از یک فیلم نازک استفاده می کند. نتایج به دست آمده معمولاً بر حسب درصد رطوبت نسبی (RH) بیان می شود که این درصد نشانگر این است که آیا میزان آب در روغن به نقطه اشباع رسیده است یا نه.

می توان به صورت ریاضی، نمودار درصد RH را بر حسب PPM نسبت به منحنی اشباع روغن در دمای معین رسم کرد. از مزایای این روش هزینه به نسبت پایین آن است.

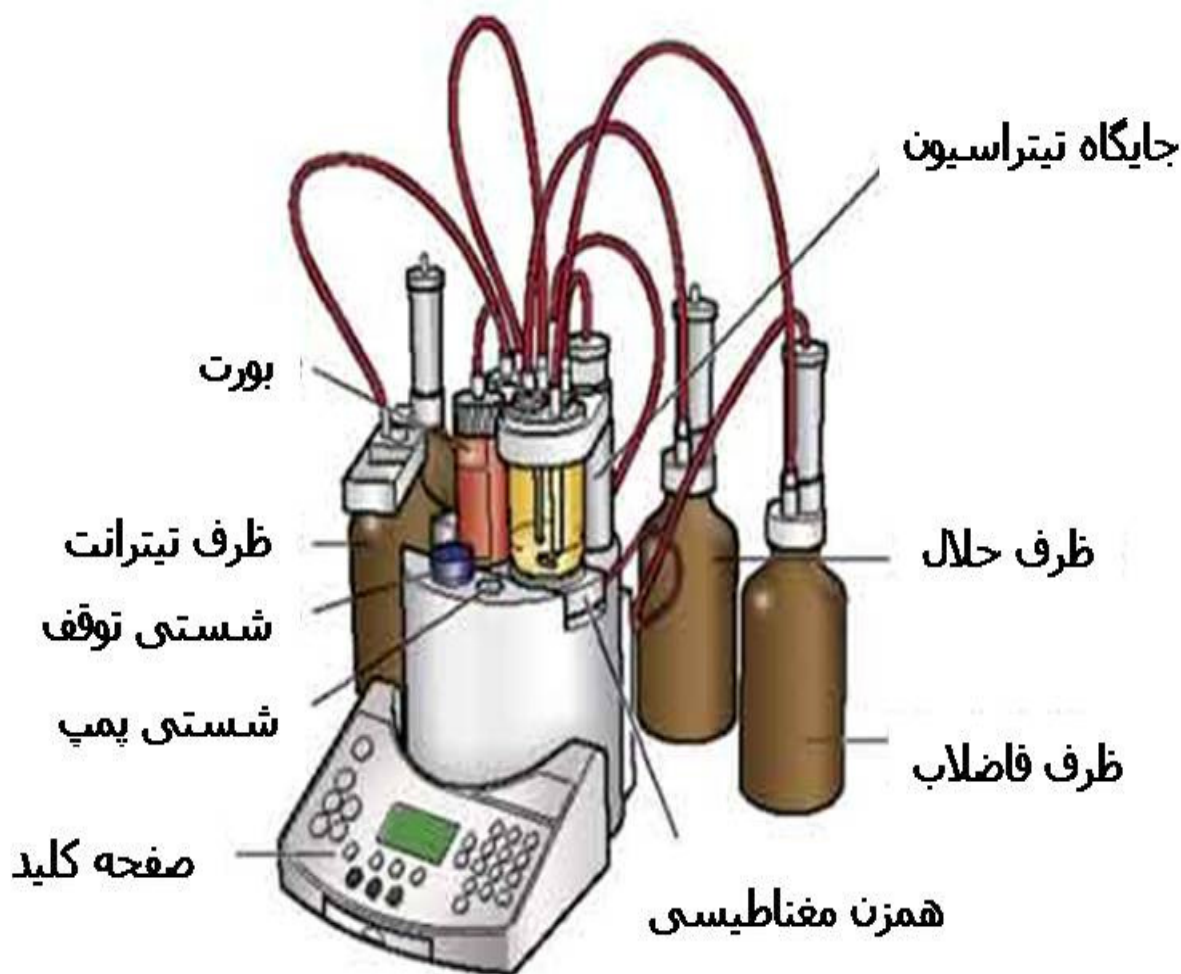


سنسور رطوبت سنج

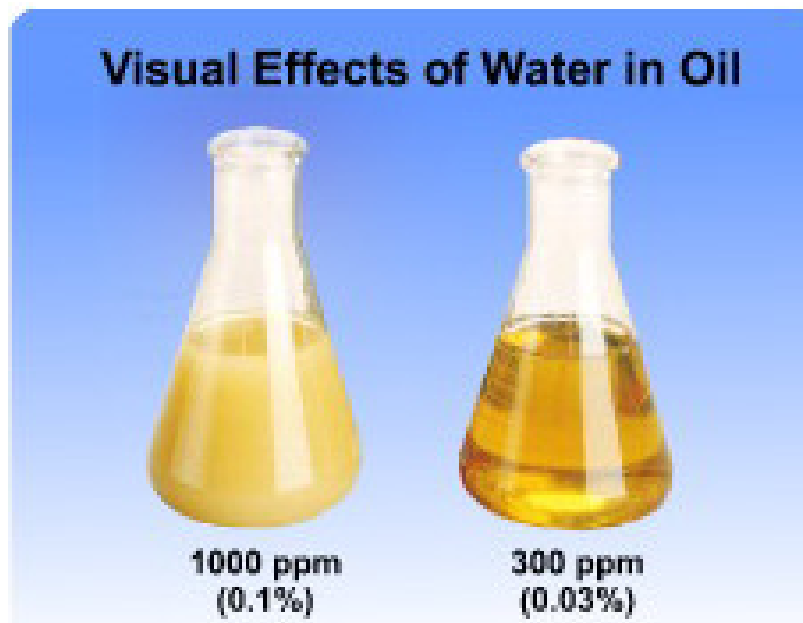
**طیف سنجی با مادون قرمز:** روش معمول دیگری که مورد استفاده قرار می گیرد، اسپکتروسکوپی به وسیله اشعه مادون قرمز (FTIR) است. در این آزمایش میزان آب به صورت های محلول، امولسیون و آزاد اندازه گیری می شود که دقت در اندازه گیری حد پایین آن یک هزار PPM است. این روش در بعضی موارد کاربرد دارد ولی برای کاربردهای صنعتی خاص مناسب نیست. آزمایشگاه های تجاری که از این روش استفاده می کنند اغلب حضور کمتر از یک دهم درصد آب را در نمونه گزارش می کنند.

**تیتراسیون کارل فیشر:** دقیق ترین روش برای تعیین مقدار آب به صورت های آزاد، امولسیون و محلول در روغن روانکاری، تست Karl Fischer است که اولین بار در سال ۱۹۳۵ توسط شیمیدان آلمانی دکتر کارل فیشر ارائه گردید در این روش سنجش میزان آب به اندازه یک PPM امکان پذیر خواهد بود. این روش به دو صورت kf حجمی و kf کولومتری انجام می گیرد که kf حجمی در محدوده

۵۰۰ تا ۱۰۰ ppm در صد اب بسیار دقیق می باشد و kf کولومتری در محدوده ۱ تا ۵ ppm در صد اب بسیار دقیق می باشد. در مواقعی که دقت بیشتری برای تعیین غلظت آب مورد نیاز است، این روش باید انتخاب شود. در حالت کلی برای هر کدام از روش ها که برای تعیین میزان آب مورد استفاده قرار گیرد یک نکته مهم وجود دارد که باید به آن دقت شود. آب یکی از عوامل اصلی در خرابی روانکار و کاهش دهنده قابلیت تجهیزات است. مانند تمام انواع آلودگی ها این کافی نیست که فقط تشخیص دهیم آلودگی وجود دارد، بلکه باید به کنترل آن از طریق محل ورود آلودگی اقدام شود.



تیتراسیون کارل فیشر



### روش های جدایش اب از روغن

۱- جدایش به روش جاذبه: به دلیل اینکه اب معمولا" از روغن سنگین تر است (در این مورد استثنا های وجود دارد) اب تمایل به رفتن به مخزن دارد (در صورتی که ساکن باشد و زمان کافی برای ته نشین شدن به ان داده شود) افزایش دمای روغن و استفاده از مخزن جدا کننده به شکل قیف به جداسازی اب از روغن کمک میکند . گرانیروی بالای روغن - اکسیداسیون - مواد افزودنی قطبی و ناخالصی ها بر جداسازی اب از روغن با این روش اثر نامطلوب دارد. در مجموع روش جداسازی به کمک جاذبه به تنهایی نمی تواند اب معلق و محلول را به خوبی جدا نماید

۲- جدایش به روش سانتریفوژ: با دوران و چرخش روغن ها اختلاف وزن مخصوص بین اب و روغن بیشتر نمایان می شود روش جدا سازی سانتریفوژ آب ازاد را سریع تر از روش ثقلی جدا مینماید همچنین این روش مقداری از اب معلق را بیشتر جدای می نماید که میزان اب جدا شده بستگی به پیوند بین مولکولی و نیروی سانتریفوژ دارد. این روش گزینه بسیار مناسبی برای رفع الودگی همراه اب با قابلیت جدا پذیر می باشد.

۳- جداسازی به روش لخته کردن: به وسیله این روش قطرات ریز اب به دانه های بزرگی تبدیل میشوند که جدایی آنها آسان تر خواهد بود. دانه های درشت نسبت به همان حجم قطرات ریز سطح تماس کمتری با روغن دارند و راحت تر از روغن جدا میشوند. گرانیروی پایین روغن باعث موثرتر بودن این روش میگردد. این روش برای جدا کردن اب از سوخت یک روش ایده ال است.

۴- جداسازی با پلیمر جذب کننده: با استفاده از پلیمرهای خذاب در فیلتر های مخصوص اب ازاد و معلق جدا سازی میشود. نحوه کار بدین شکل است که اب باعث تورم پلیمر های خذاب میگردد و در لابه لای فیلتر این پلیمر ها به دام می افتند. با این روش مقادیر زیاد اب قابل جدا شدن نیستند و بیشتر در سیستم های که احتمال ورود اب زیاد وجود ندارد موثر است.

**۵- جدا سازی به روش خلاء:** با این روش آب آزاد بر روی روغن حالت امولسیون پیدا کرده و کاملاً از محلول جدا میشود به این صورت که روغن بر روی سطوح بزرگی پخش میشود و با افزایش دما در حدود ۶۶ تا ۷۱ درجه سانتیگراد و در فشار ۲۸ اینچ جیوه آب شروع به جوشیدن میکند. از مزایای این روش این است که به مواد پایه و مواد افزودنی روغن آسیبی وارد نمی شود با این روش الودگی های با فشار بخار بالا مانند خنک کننده ها- حلال ها و سوخت ها را نیز میتوان جدا کرد.



دستگاه جداکننده آب از روغن به روش خلاء

**۶- روش رطوبت زدایی از سطح آزاد:** اساس این روش انتقال هوای بالای مخازن رطوبت زدایی از آن و فرستادن همان حجم از هوا برای جبران فشار مخزن است. اگر روغن محتوی آب باشد رطوبت به هوای خشک منتقل میشود و سپس هوای مرطوب رطوبت زدایی خواهد شد. بزرگترین مزیت این روش این است که بطور مستقیم هیچ عملیاتی بر روی روغن انجام نمی شود و ابهای آزاد و معلق و محلول به خوبی قابل جدا شدن خواهند بود.

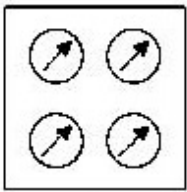
**Principle of Function**

A. Air In  
 B. Foam Filters  
 C. Desiccant Materials  
 D. Absolute Air Filter  
 E. Air Out

**روش عمل**

A. ورود هوا  
 B. فیلترهای ابری  
 C. مواد جاذب رطوبت  
 D. فیلتر حذف ذرات  $\beta_1 \geq 1000$   
 E. خروج هوا





PLC

PG : Pressure Gauge

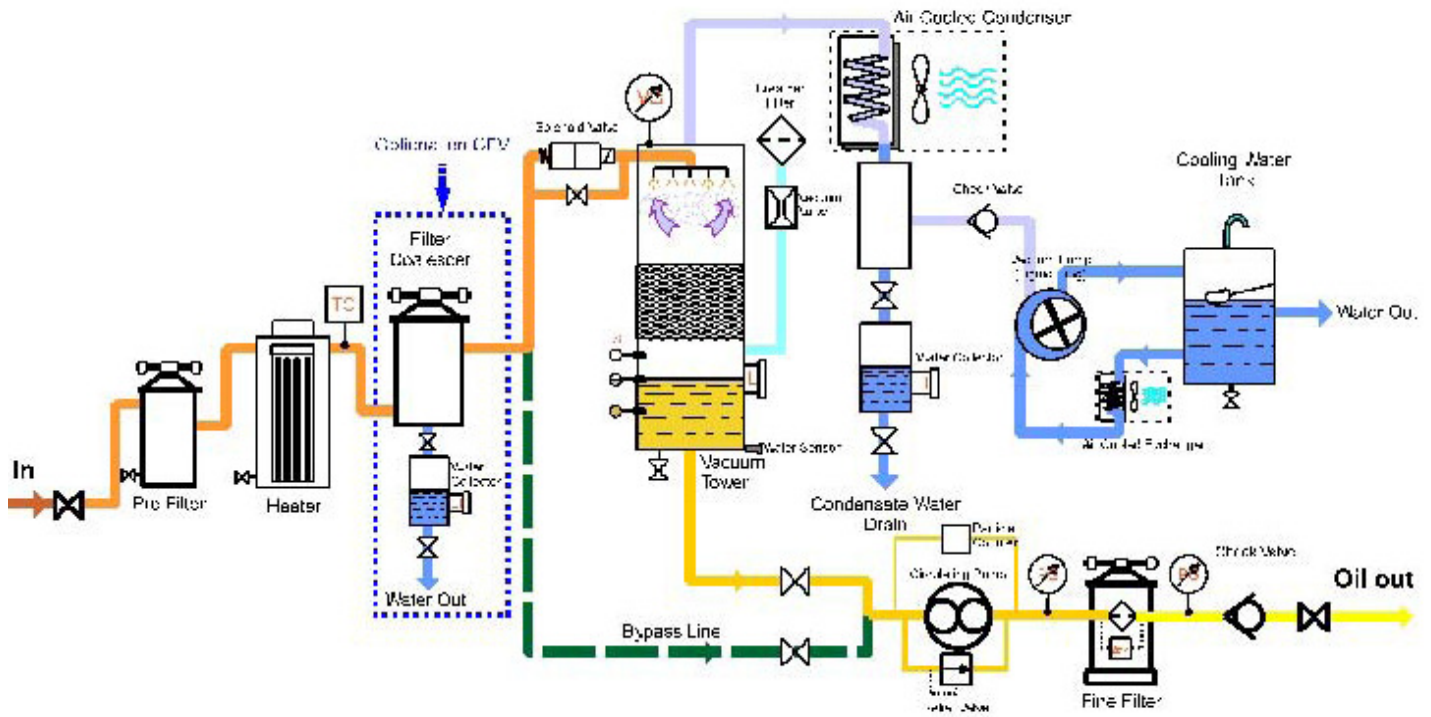
VG : Vacuum Gauge

TC : Temperature Control  
( gauge & switch )

LI : Level Indicator

LS : Level Control Switch

ΔPS : Differential Pressure Switch



- |  |               |
|--|---------------|
| Oil Contaminated With Water and Particulate  | Steam & Gases |
| Oil Contaminated With Water                  | Air           |
| Dehydrated Oil Contaminated With Particulate | Water         |
| Purified Oil                                 | Bypass Line   |

یک نمونه دیاگرام جریان جدایش اب از روغن



منابع:

- یاتاقان وروانکاری تالیف: دکتر زرین چنگ انتشارات دانشگاه شیراز

-اب الودگی فراموش شده نویسنده: مهندس مجید همدانی

- نقش اب و کنترل خوردگی در صنایع نویسنده: زالی

Practicing Oil Analysis