فصل چهارم

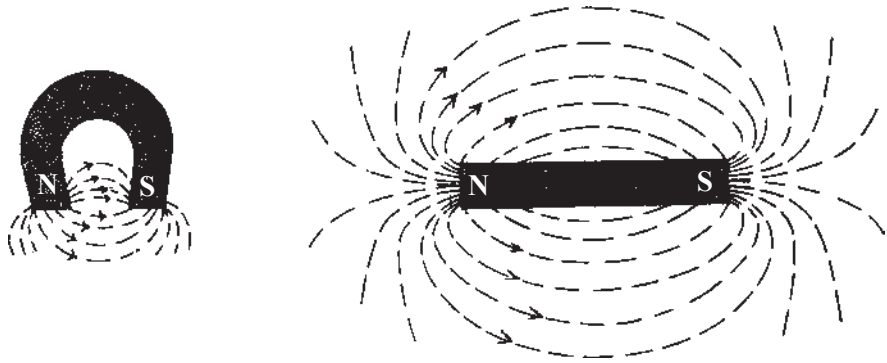
اصول کار ماشین‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

- ماده‌ی مغناطیسی را توضیح دهد.
- انواع آهن‌ربا را بشناسد.
- طرز تشخیص قطب‌های آهن‌ربا را توضیح دهد.
- اثرات الکتریکی مغناطیس را توضیح دهد.
- اصول کار ترانسفورماتور را بیان کند.
- اصول کار ژنراتورها را توضیح دهد.
- اصول کار موتورهای الکتریکی را بیان کند.
- ساختمان و اصول کار موتورهای DC را توضیح دهد.
- اصول کار موتورهای AC را توضیح دهد.
- ساختمان و اصول کار موتورهای تک‌فاز را توضیح دهد.
- ساختمان و اصول کار موتورهای سه فاز را توضیح دهد.
- اتصالات ستاره و مثلث را بداند.

۴ــ۱ــ تعریف آهن‌ربا

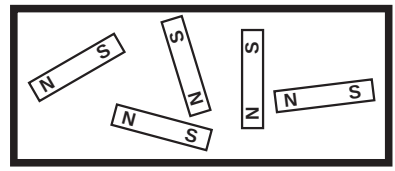
آهن‌ربا دارای خاصیتی است که می‌تواند ذرات کوچک آهن را به سمت خود جذب کند. از یک سر آهن‌ربا فوران مغناطیسی خارج می‌شود و این فوران‌ها به سر دیگر آن وارد می‌شوند. این خطوط فوران نامریی هستند. شکل ۴ــ۱ نشان می‌دهد که چگونه فوران از یک سر آهن‌ربا خارج و به سر دیگر آن وارد می‌شود. سرهای آهن‌ربا قطب‌های آن نام دارند. قطبی که فوران از آن خارج می‌شود قطب N و قطبی که فوران به آن وارد می‌شود قطب S نام دارد.



شکل ۴ــ۱

۴ــ۲ــ ماده‌ی مغناطیسی

تمام اجسام از آهن‌رباهای بسیار کوچک تشکیل یافته‌اند (مولکول‌های یک جسم در واقع نقش آهن‌ربا را دارند.) در حالت عادی آهن‌رباهای کوچک به صورت منظم نیستند و فوران مغناطیسی برآیند صفر است. اگر به طریقی این آهن‌رباهای کوچک را منظم کنیم، جسم به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. در بعضی اجسام مانند پلاستیک این کار غیرممکن است ؛ ولی در اجسامی نظیر آهن، آهن‌رباهای کوچک به سادگی منظم می‌گردند، یعنی آهن به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. به ماده‌ای که بتواند آهن‌رباهای کوچک را نظم دهد، ماده‌ی مغناطیسی گویند. شکل ۴ــ۲ آهن رباهای کوچک یک جسم را که در حالت عادی نامنظم هستند نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۲

۴ــ۳ــ انواع آهن‌ربا

آهن‌ربا بر دو نوع است که در زیر به آن اشاره می‌شود :

❊ **آهن‌ربای طبیعی:** این آهن‌ربا به صورت طبیعی در معادن وجود دارد و با استخراج سنگ معدن و به وسیله‌ی ابزارهای مناسب آن را به صورت دلخواه درمی‌آورند.

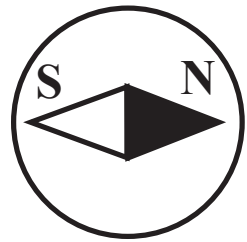
❊ **آهن‌ربای مصنوعی:** اگر از یک سیم جریان عبور کند، در اطراف آن سیم میدانی مغناطیسی

شبیه آهن‌ربا ایجاد می‌شود. اگر یک قطعه آهن در مسیر فوران‌های مغناطیسی قرار گیرد، آهن‌رباهای کوچک آن منظم شده آهن به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. اگر فوران قطع شود، آهن خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهد. اگر به جای آهن نرم از آهن سخت استفاده کنیم، هنگام قطع فوران مغناطیسی نظم آهن‌رباهای کوچک آهن به هم نمی‌خورد و آهن سخت به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. در صنعت برای تهیه‌ی آهن‌ربای مصنوعی ابتدا یک مفتول با ترکیب مناسب آهن تهیه می‌کنند و سپس آن را در یک میدان مغناطیسی قوی قرار می‌دهند پس از مدتی مفتول به آهن‌ربا تبدیل می‌شود.

۴ــ۴ــ طرز تشخیص قطب‌های آهن‌ربا

برای تعیین قطب‌های آهن‌ربا از قطب‌نما استفاده می‌کنند. قطب‌نما خود یک آهن‌ربای کوچک است که قطب‌های آن از قبل مشخص شده است. چون در آهن‌ربا قطب‌های هم‌نام یک‌دیگر را دفع و قطب‌های غیرهم نام هم‌دیگر را جذب می‌کنند، با نزدیک کردن آهن‌ربا به قطب‌نما یک طرف قطب‌نما به سمت آهن‌ربا جذب می‌شود. در این صورت قطب آهن‌ربا مخالف قطب قطب‌نما است. شکل ۴ــ۳ این حالت را نشان می‌دهد.

میله‌ی مغناطیسی



قطب نما

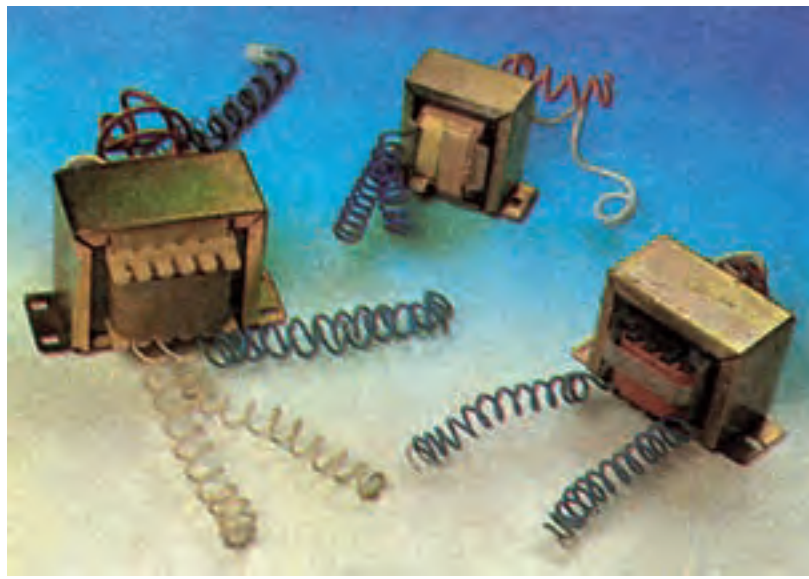
شکل ۴ــ۳

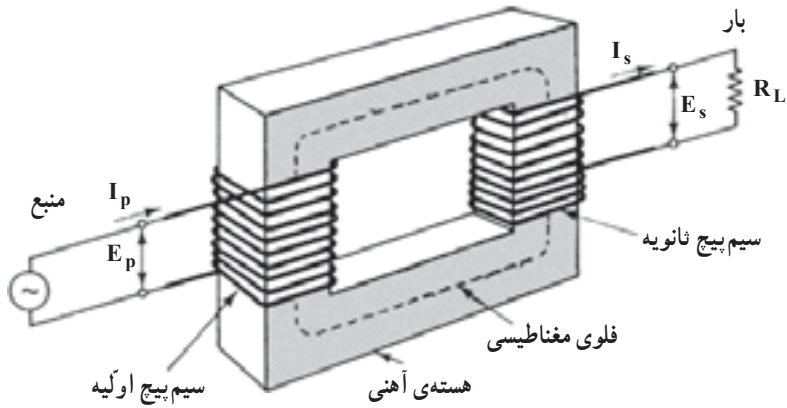
۴ــ۵ــ ترانسفورماتور

ترانسفورماتور دستگاهی است که یک ولتاژ متناوب (AC) را به ولتاژی کم‌تر یا بیش‌تر تبدیل می‌کند.

هر ترانسفورماتور یک سیم پیچ اوّلیه و یک یا چند سیم‌پیچ ثانویه دارد. اگر سیم‌پیچ اوّلیه را به یک منبع انرژی متناوب مثلاً برق شهر وصل کنیم، از سیم‌پیچ اوّلیه جریان I_1 عبور می‌کند و در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. سیم‌پیچ ثانویه این میدان را قطع می‌کند و در دو سر سیم‌پیچ ولتاژ ایجاد می‌شود. اگر به دو سر سیم‌پیچ ثانویه مصرف‌کننده‌ای را وصل کنیم، از آن مصرف کننده جریان

می‌گذرد. اگر ولتاژ اوّلیه U_1 و جریان آن I_1 باشد و ولتاژ ثانویه U_2 و جریان آن I_2 باشد، در حالت مطلوب، ترانسفورماتور همواره $U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$ است. سپس ترانسفورماتور قدرتی با جریان و ولتاژ معین را به همان قدرت ولی با ولتاژ و جریان دیگر تبدیل می‌کند. در شکل ۴ــ۴ ساختمان یک ترانسفورماتور و چند ترانسفورماتور ساخته شده را مشاهده می‌کنید.

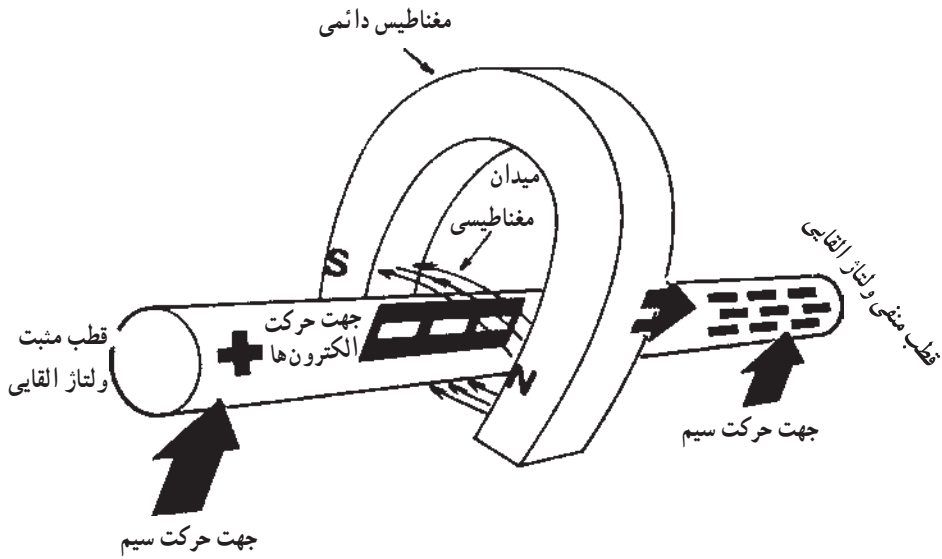




شکل ۴ــ۴

۴ــ۶ــ ژنراتورها

ژنراتور دستگاهی است که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. ژنراتورها در دو نوع DC و AC ساخته می‌شود. ژنراتورهای DC ولتاژ مستقیم (DC) تولید می‌کنند ؛ در حالی که ژنراتورهای AC مولد ولتاژ متناوب (AC) هستند.



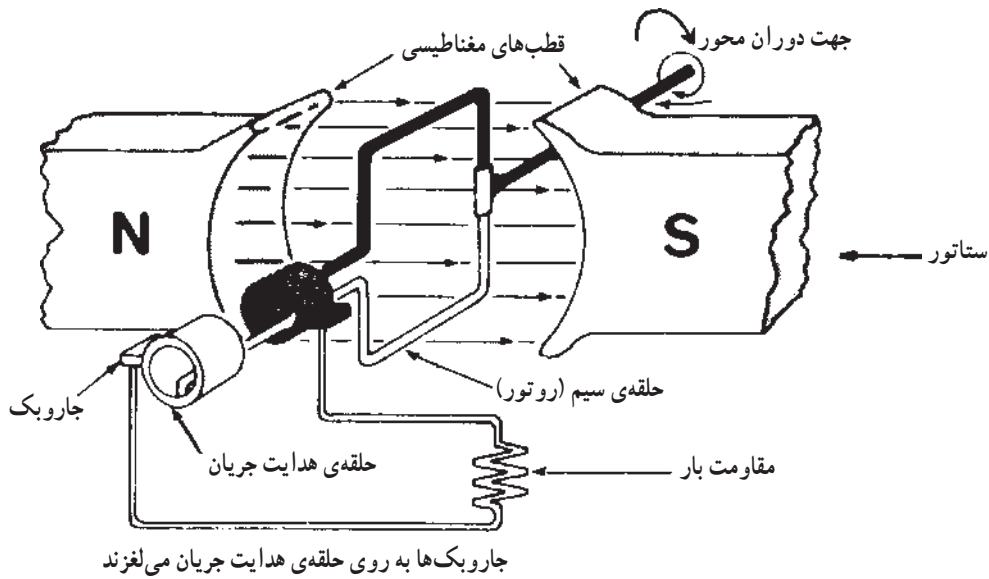
شکل ۴ــ۵ــ تولید ولتاژ با استفاده از حرکت وقتی یک سیم در میدان مغناطیسی حرکت داده می‌شود، الکترون‌های داخل سیم آزاد شده، در سیم به حرکت درمی‌آید.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، هرگاه سیمی را در یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم به‌طوری که خطوط میدان را قطع کند، در آن ولتاژی القا می‌شود که مقدار آن بستگی به طول سیم، سرعت حرکت سیم و شدت میدان مغناطیسی دارد. در شکل ۴ــ۵ تولید ولتاژ با استفاده از حرکت نشان داده شده است. هرگاه سرعت حرکت یکنواخت باشد و جهت آن تغییر نکند، ولتاژ القایی DC خواهد بود.

۴ــ۷ــ اساس کار ژنراتورهای AC

چنانچه مطابق شکل ۴ــ۶ یک حلقه را در میدان مغناطیسی دوران دهیم، در داخل حلقه ولتاژ متناوب سینوسی تولید می‌شود. کلیه‌ی مولدهای AC بر این اساس کار می‌کنند. اگر حلقه را ثابت نگاه داریم و میدان مغناطیسی را دوران دهیم، باز هم در حلقه ولتاژ AC القا می‌شود. چون حلقه در حال دوران است، برای دریافت ولتاژ از دو سر حلقه معمولاً از جاروبک‌های مخصوصی که روی

حلقه‌های استوانه‌ای می‌لغزد استفاده می‌کنند. حلقه‌های استوانه‌ای را کلکتور[1] می‌گویند.



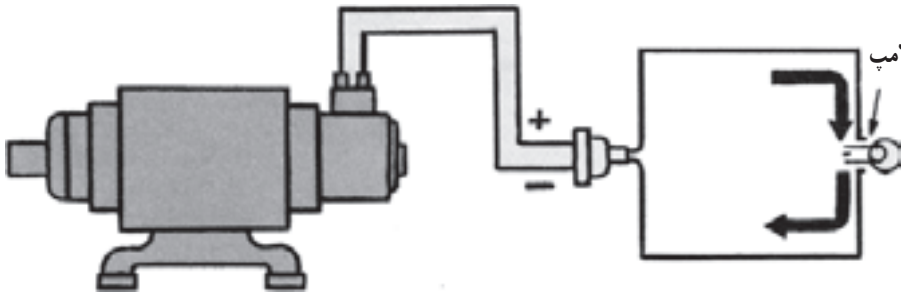
شکل ۴ــ۶ــ ساده‌ترین مولد AC

مقدار ولتاژ خروجی بستگی به سرعت حرکت حلقه، تعداد حلقه‌ها و شدت میدان مغناطیسی دارد. در صورتی که چند حلقه را به صورت کلاف درآوریم، میزان ولتاژ تولید شده بالا می‌رود. در ژنراتورها معمولاً تعداد کلاف‌ها و تعداد قطبین مغناطیس زیاد است و در مجموع یک مولد را به‌وجود می‌آورند.

۴ــ۸ــ روتور و استاتور

قسمت ثابت هر مولد را استاتور (Stator) و قسمت متحرک آن را روتور (Rotor) می‌نامند. در شکل ۴ــ۷ شکل ظاهری یک ژنراتور DC نشان داده شده است. در این نوع ژنراتور روتور در داخل استاتور جای می‌گیرد و دوران می‌کند. از انواع ژنراتورهای DC می‌توان دینام دوچرخه، دینام اتومبیل و ... و از انواع ژنراتورهای AC می‌توان مولدهای کوچک خانگی و مولدهای بزرگ شهری را نام برد. در ژنراتورهای DC به جای دو حلقه‌ی لغزنده از یک استوانه استفاده می‌کنند. معمولاً استوانه را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنند تا بتوانند ولتاژ DC به دست آورند.

۱ــ Collector

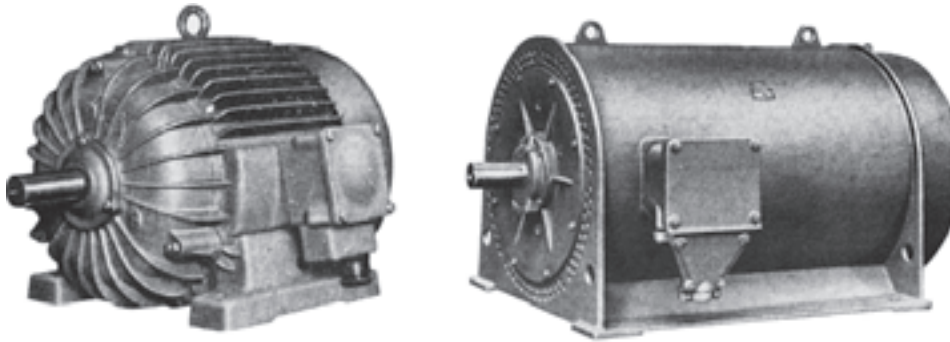


شکل ظاهری ژنراتور DC　　ژنراتور DC

شکل ۴ــ۷ــ ساختمان داخلی یک ژنراتور ساده DC

۴ــ۹ــ موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی دستگاه‌هایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. موتورها از نظر تغذیه‌ی برق به دو نوع DC (جریان مستقیم) و AC (جریان متناوب) تقسیم‌بندی می‌شوند. موتورهای AC نیز خود به دو دسته‌ی موتورهای تک فاز و موتورهای سه فاز تقسیم می‌شوند. از انواع موتورهای DC می‌توان موتور دستگاه ضبط صوت، اسباب‌بازی و استارت اتومبیل و از انواع موتورهای AC می‌توان موتور چرخ‌خیاطی و ماشین تراش را نام برد. در شکل ۴ــ۸ دو نمونه از موتورهای الکتریکی نشان داده شده است.



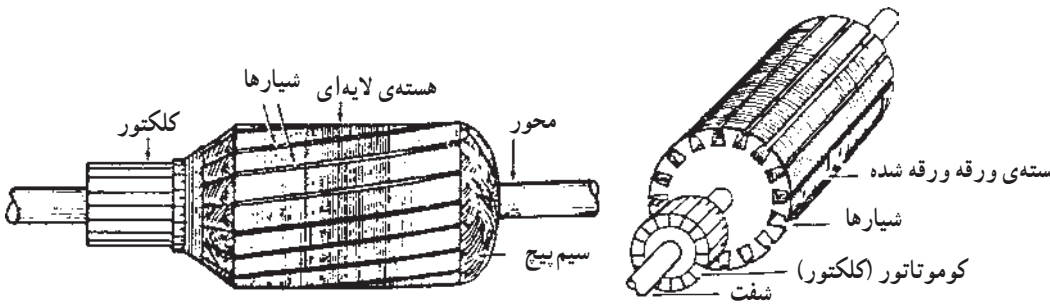
(ب) نوع DC　　(الف) نوع AC

شکل ۴ــ۸

۴ــ۱۰ــ ساختمان و اصول کار موتورهای DC

یک موتور DC از قسمت‌های زیر تشکیل یافته است : آرمیچر، قاب (بدنه)، قطب‌های میدان تحریک، کاسه‌های موتور (درپوش‌ها) و جاروبک‌ها.

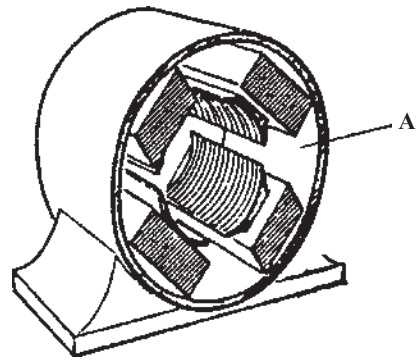
❋ **آرمیچر:** آرمیچر قسمت گردان موتور است و از هسته‌ی فولادی ورقه ورقه شده با شیارهایی که در آن کلاف سیم‌پیچی قرار دارد، تشکیل یافته است. هسته روی یک محور فولادی پرس می‌شود و روی محور کلکتور قرار می‌گیرد. کلکتور جریان را از جاروبک‌های زغالی به کلاف داخل شیارها هدایت می‌کند. شکل ۴ــ۹ یک نمونه آرمیچر را نشان می‌دهد.



(ب) آرمیچر سیم‌پیچی شده　　(الف) آرمیچر بدون سیم‌پیچی

شکل ۴ــ۹

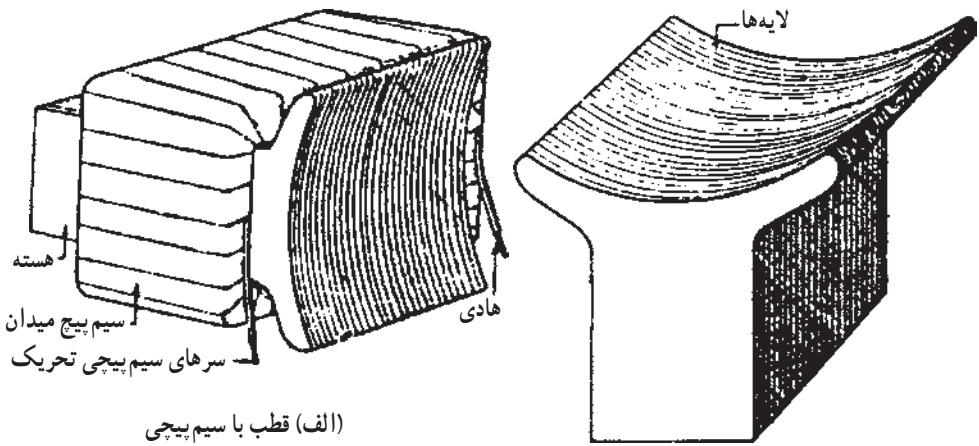
❋ **قاب بدنه:** بدنه‌ی موتور DC از فولاد یا آهن ریخته می‌شود و معمولاً مقطع آن به شکل دایره است. شکل ۴ ــ۱۰ قاب بدنه‌ی یک موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۰

❋ **قطب‌های میدان تحریک:** قطب‌های میدان تحریک از فولاد ورقه ورقه شده درست می‌شود. در موتورهای کوچک قطب‌های موتورها با بدنه به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند. شکل

۴ــ۱۱ قطب‌های میدان تحریک را نشان می‌دهد.



(الف) قطب با سیم پیچی

(ب) قطب بدون سیم پیچی

شکل ۴ــ۱۱

❊ **کاسه‌های موتور (درپوش‌ها):** درپوش‌ها که جارو نگه‌دارها هم روی آن سوار هستند، با پیچ و مهره به بدنه وصل می‌شوند. شکل ۴ــ۱۲ درپوش‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۴ــ۱۲

۴ــ۱۱ــ طرز کار موتور DC

ابتدا به وسیله‌ی جاروبک به سیم‌بندی آرمیچر ولتاژ اعمال می‌شود ؛ سپس به سیم‌پیچ تحریک هم ولتاژ دیگری اعمال می‌گردد. با عبور جریان از سیم‌پیچ تحریک، در آن میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید. به این ترتیب بر هادی داخل آرمیچر نیرویی وارد شده باعث می‌شود آرمیچر بچرخد. کلکتور هم به طور مرتب جریان را در هادی که زیر یک قطب مشخص قرار گرفته است، در یک جهت نگاه می‌دارد.

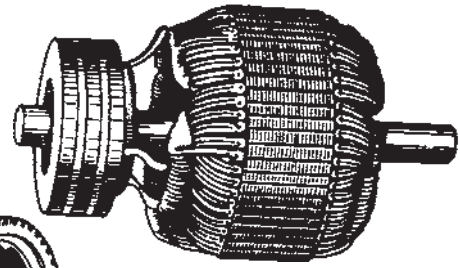
۴ــ۱۲ــ موتورهای AC

موتورهای القایی از دو قسمت اصلی تشکیل یافته‌اند : قسمت ثابت (استاتور) و قسمت متحرک یا چرخان (رتور).

❊ **استاتور:** استاتور این موتورها مانند شکل ۴ــ۱۳ شیارهایی دارد که در داخل آن‌ها سیم‌پیچ‌ها قرار می‌گیرد تا میدان مغناطیسی لازم را برای گردش رتور ایجاد کند.

شکل ۴ــ۱۳

❊ **رتور:** رتور ممکن است از استوانه‌ی آهنی دارای ورقه‌های مخصوص فولادی که نسبت به هم عایق هستند، ساخته شود. این رتورها، رتور قفسی نام دارند. در بعضی از موتورهای القایی به جای رتور قفسی از رتور سیم‌پیچی شده استفاده می‌کنند. شکل ۴ــ۱۴ این دو نوع رتور را نشان می‌دهد.



هسته‌ی رتور

(ب) رتور سیم‌پیچی شده

(الف) رتور قفسی

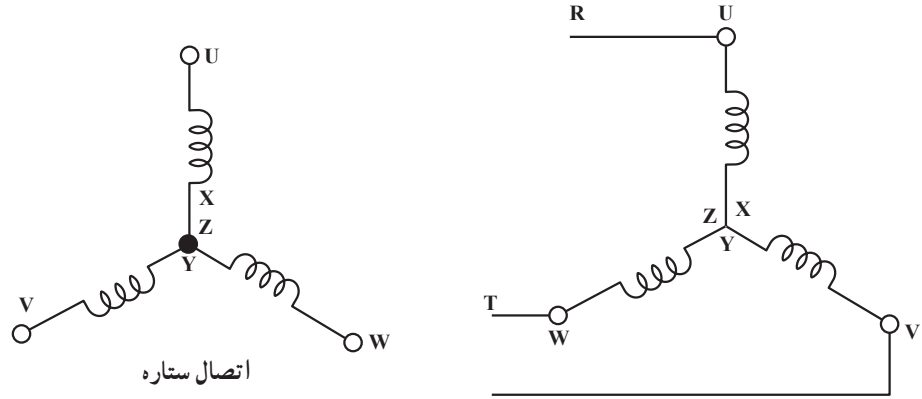
حلقه‌های اتصال کوتاه

شکل ۴ــ۱۴

ساختمان موتورهای یک فاز القایی شبیه ساختمان موتورهای سه فاز است ؛ با این تفاوت که در موتورهای القایی سه فاز سه سیم‌پیچ (برای هر فاز یک سیم‌پیچ) وجود دارد، ولی در موتورهای یک فاز دو سیم‌پیچ و گاهی در بعضی موتورهای خاص فقط یک سیم‌پیچ وجود دارد. در موتورهای سه‌فاز که سه سیم‌پیچ وجود دارد، این سه سیم‌پیچ در ارتباط با یک‌دیگر به دو صورت می‌توانند بسته شوند : اتصال ستاره ؛ اتصال مثلث

۴ــ۱۳ــ اتصال ستاره یا Y

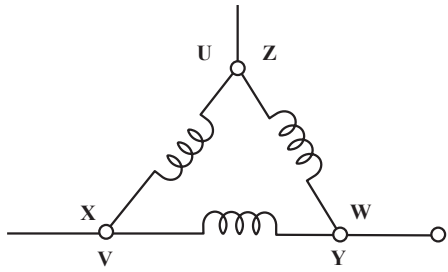
در اتصال ستاره یک سر کلاف‌ها را به صورت مشترک به یک‌دیگر وصل می‌کنیم، سپس سیم‌های فاز R و S وT را به سرهای باقی‌مانده متصل می‌کنیم. شکل ۴ــ۱۵ اتصال ستاره و اتصال سیم‌های فاز به کلاف‌های موتور را نشان می‌دهد. در این حالت سیم نول به محل اتصال Z و Y و X وصل می‌شود.



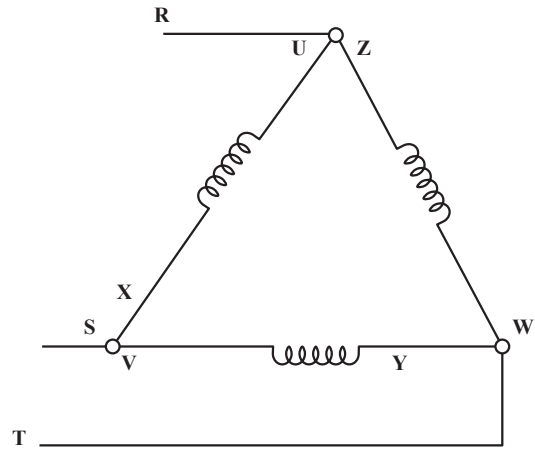
شکل ۴ــ۱۵

۴ــ۱۴ــ اتصال مثلث یا .

در این اتصال سر هر کلاف به ته کلاف بعدی وصل می‌شود و سیم‌های فاز به نقاط مشترک سر و ته کلاف اتصال می‌یابد. شکل ۴ــ۱۶ اتصال مثلث و اتصال سیم‌های فاز را به آن نشان می‌دهد.



اتصال مثلث



شکل ۴ــ۱۶

۴ــ۱۵ــ طرز کار موتور AC

وقتی به سه سیم‌پیچ موتور سه فاز ولتاژ سه فازه وصل کنیم، یک میدان مغناطیسی در داخل استاتور به‌وجود می‌آید و در نتیجه، در هادی‌های رتور جریان القا می‌شود. جریان عبوری از هادی‌های رتور به نوبه‌ی خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. چون میدان مغناطیسی استاتور دوار است با میدان مغناطیسی رتور درگیر شده باعث به حرکت درآمدن رتور می‌شود.

پرسش

۱ــ ماده‌ی مغناطیسی را توضیح دهید.

۲ ــ انواع آهن‌ربا را نام ببرید.

۳ــ آهن‌ربای مصنوعی را چگونه می‌سازند؟

۴ــ طرز تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا را شرح دهید.

۵ــ اگر بخواهیم برق شبکه (۲۲۰V) را به ۶ ولت تبدیل کنیم، از چه دستگاهی استفاده می‌کنیم؟

۶ــ نقش آرمیچر در موتور DC چیست؟

۷ــ یک موتور DC چگونه می‌چرخد؟

۸ــ یک موتور AC از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟

۹ــ اتصال ستاره و مثلث را رسم کنید.

۱۰ــ طرز کار موتور AC را شرح دهید.

فصل پنجم

انواع کلیدها و تجهیزات تابلو

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

ـ انواع کلید را توضیح دهد.

ـ اصول کار کنتاکتور را توضیح دهد.

ـ اصول کار رله‌ی حرارتی را توضیح دهد.

ـ مدار فرمان و قدرت را توضیح دهد.

ـ انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها را بداند.

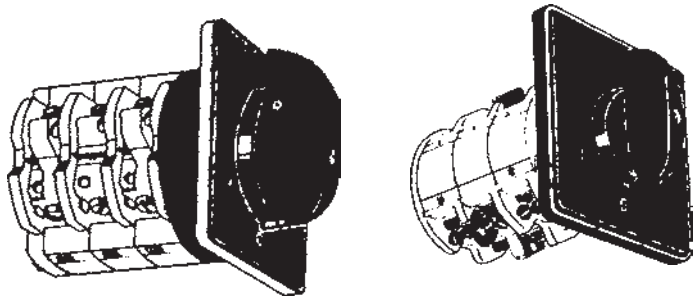
ـ طرز کار میکروسوئیچ‌ها را توضیح دهد.

ـ تابلوی برق و اجزای آن را توضیح دهد.

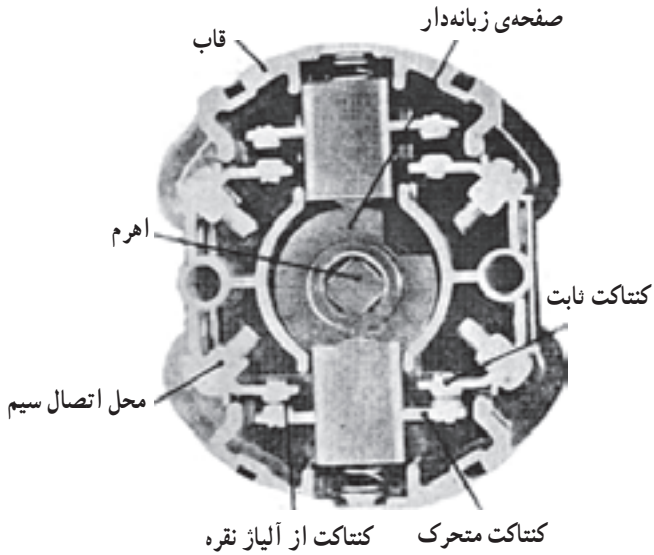
۵ـ۱ـ انواع کلید

کلیدها به انواع مختلف زیر تقسیم‌بندی می‌شوند :

۵ـ۱ـ۱ـ کلیدهای دستی: در این کلیدها نیروی لازم برای قطع و وصل به وسیله‌ی دست اعمال می‌شود. یک نوع رایج کلیدهای دستی کلید ساده‌ی زبانه‌ای است. شکل ۵ـ۱ این نوع کلید را نشان می‌دهد. در این کلیدها به کمک اهرم نیروی مکانیکی لازم را با دست به کلید وارد می‌کنند. با چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه‌دار حول محور خود می‌چرخد و کنتاکت‌های متحرک را به کنتاکت ثابت وصل می‌کند و در نتیجه مدار الکتریکی وصل می‌شود.

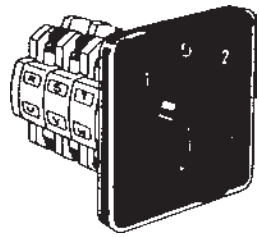


شکل ۵ـ۱



ادامه‌ی شکل ۵ــ۱

انواع دیگر کلید زبانه‌ای کلید چپ گرد و راست گرد است. شکل **۵ــ۲** این کلید را نشان می‌دهد.

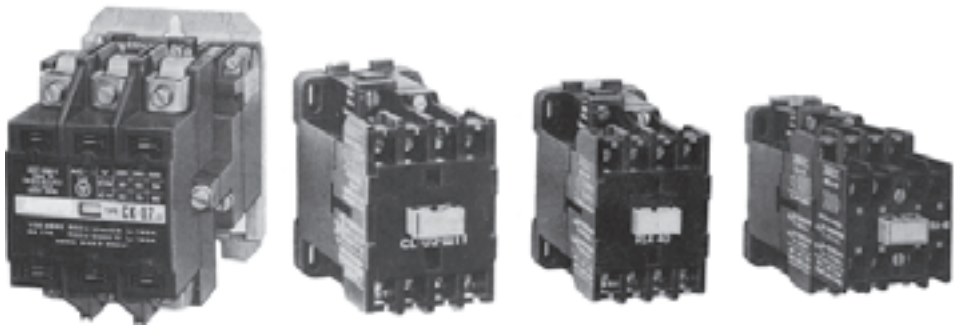


شکل ۵ــ۲

۵ــ۱ــ۲ــ کلید ستاره مثلث زبانه‌ای: برای راه‌اندازی موتورها ممکن است ابتدا موتور را به صورت ستاره راه‌اندازی کنند تا جریان کمی از شبکه کشیده شود ؛ سپس اتصالات موتور را به صورت مثلث درآورند. برای این منظور از کلید ستاره مثلث زبانه‌ای استفاده می‌کنند. شکل **۵ــ۳** این کلید را نشان می‌دهد.

شکل ۵ــ۳

۵ــ۱ــ۳ــ کلیدهای مغناطیسی: در این کلیدها با اعمال جریان الکتریکی به قسمت تحریک آن تعدادی کنتاکت باز، بسته و تعدادی کنتاکت بسته، باز می‌شود. کنتاکتورها از انواع کلیدهای مغناطیسی هستند. شکل ۵ــ۴ نمونه‌هایی از کنتاکتورها را نشان می‌دهد.



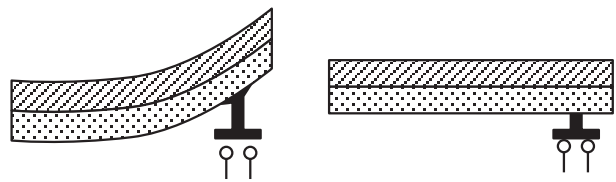
شکل ۵ــ۴

شستی یک کلید موقت است که معمولاً با فشار دست به حالت وصل (یا قطع) می‌رود و وقتی دست را از روی آن برداریم، به حالت اوّل خود باز می‌گردد. در شکل ۵ــ۵ چند نمونه کلید شستی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۵ــ۵

۵ــ۲ــ رله‌ی حرارتی

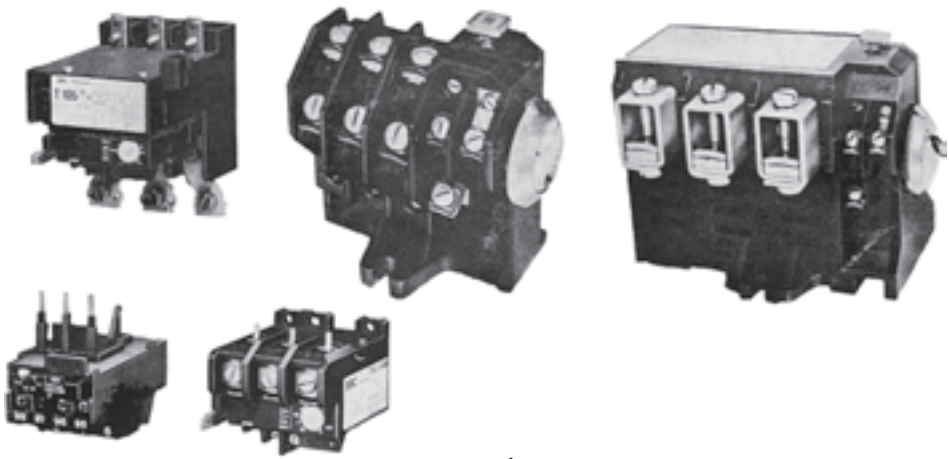
اگر دو فلز مختلف را به هم پرس کرده این مجموعه را گرم کنیم، به علت ضریب انبساط متفاوت دو فلز، مجموعه خم می‌شود و در این حالت قادر می‌شود به کنتاکت‌ها فرمان بدهد. شکل ۵ــ۶ این حالت را نشان می‌دهد.



دو فلز پرس شده در حالت سرد　　دو فلز پرس شده در حالت گرم

شکل ۵ــ۶

در رله‌ی حرارتی به دور مجموعه‌ی دو فلز، سیم مقاومت‌دار می‌پیچند و جریان مصرف کننده را از این سیم عبور می‌دهند. اگر جریان از مقدار تنظیم شده بیش‌تر شود، گرمای حاصل از افزایش جریان عبوری سبب خم‌شدن دو فلز می‌شود و در نتیجه، کنتاکتی را قطع یا وصل می‌کند. در شکل ۵ــ۷ نمونه‌ی چند رله‌ی حرارتی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵ــ۷

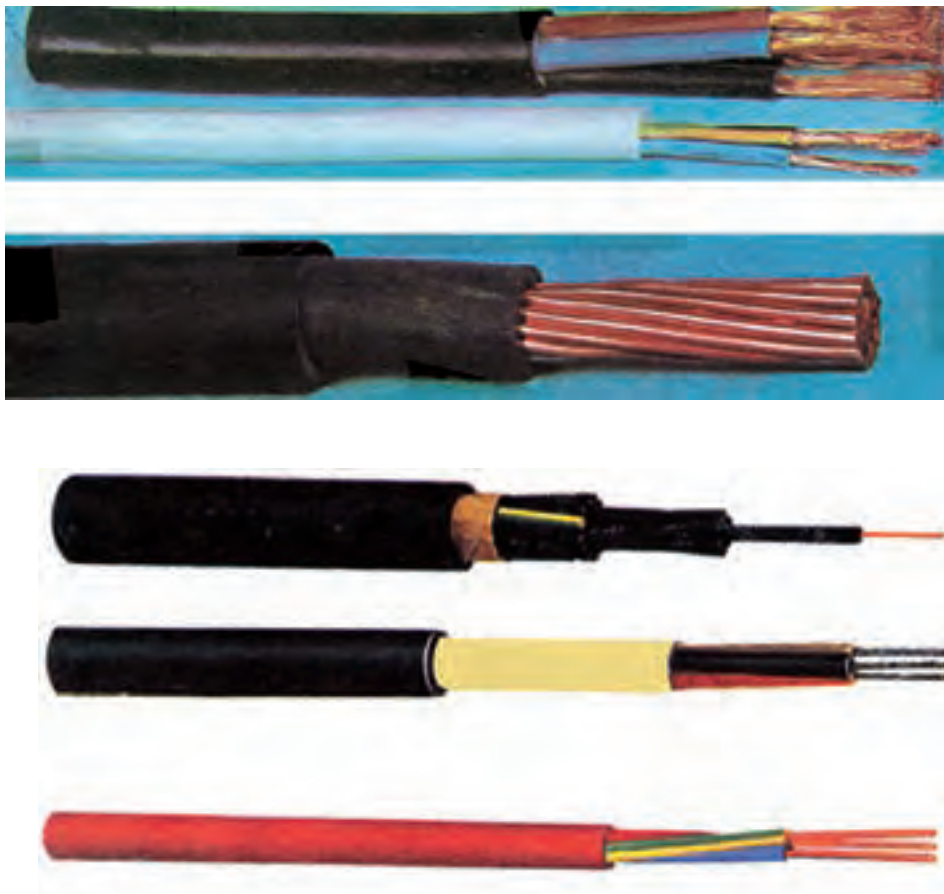
۵ــ۳ــ مدار فرمان و قدرت

۵ــ۳ــ۱ــ مدار فرمان: منظور از مدار فرمان، فرمان و کنترل کنتاکتور اصلی برای قطع و وصل مصرف کننده به شبکه است. در مدار فرمان برای راه‌اندازی کنتاکتورها و در نتیجه مصرف‌کننده‌ها و تغییر حالت مدار از کلید شستی استفاده می‌شود.

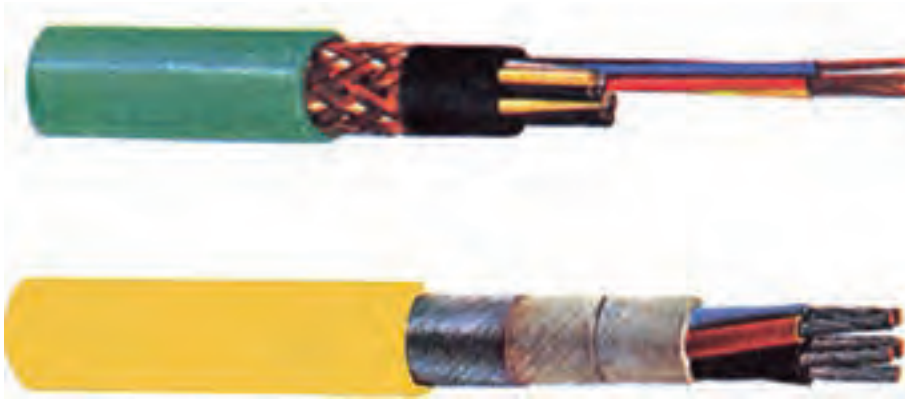
۵ــ۳ــ۲ــ مدار قدرت: منظور از مدار قدرت در نقشه‌ها، نشان دادن مسیرهای جریان عبوری مصرف کننده است. در نقشه‌های مدار قدرت فیوزها، رله‌ی حرارتی و مصرف کننده‌ها نشان داده می‌شوند.

۵ــ۴ــ انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها

کابل‌ها در تغذیه‌ی مصارف الکتریکی و پخش انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر کابل با سطح مقطع معین قادر به انتقال مقدار معینی از جریان است. اگر جریانی بیش از حد مجاز از کابل عبور کند، باعث سوختن کابل می‌شود. سیم هادی کابل معمولاً از مس یا آلومینیوم ساخته می‌شود و عایق روی کابل از ماده‌ی پی‌وی‌سی (PVC) است که روی هادی کشیده می‌شود. برای تشخیص دادن سیم کابل‌ها از یک‌دیگر معمولاً عایق آن‌ها را رنگی می‌سازند. سیم کابل‌ها ممکن است از هادی مفتولی یا افشان باشد. شکل ۵ــ۸ انواع کابل‌ها را نشان می‌دهد.



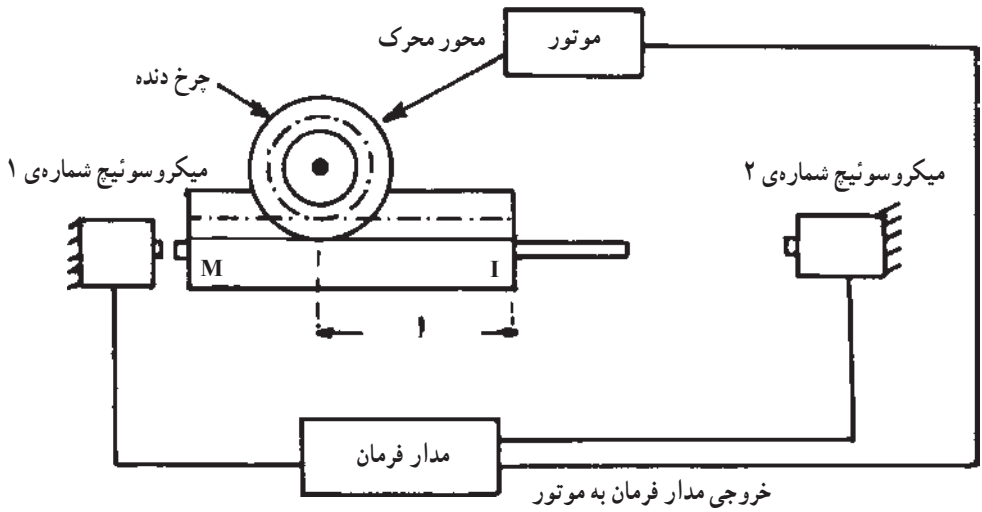
شکل ۵ــ۸



ادامه‌ی شکل ۵ــ۸

۵ــ۵ــ میکروسوئیچ‌ها (Micro Swiches)

میکروسوئیچ‌ها کلیدهایی هستند که با اعمال ضربه یا فشار مکانیکی کار می‌کنند. در ماشین‌های نساجی از میکروسوئیچ به تعداد زیاد استفاده می‌شود. معمولاً در جایی که بخواهیم یک قطعه فاصله‌ی معینی را طی نماید و برگردد، از میکروسوئیچ استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، در شکل ۵ــ۹ با استفاده از یک موتور و یک چرخ‌دنده، میله‌ی دندانه‌دار M فاصله‌ی l را طی می‌کند، سپس در انتهای فاصله با میکروسوئیچ شماره‌ی ۲ تماس پیدا کرده آن را وصل می‌کند.

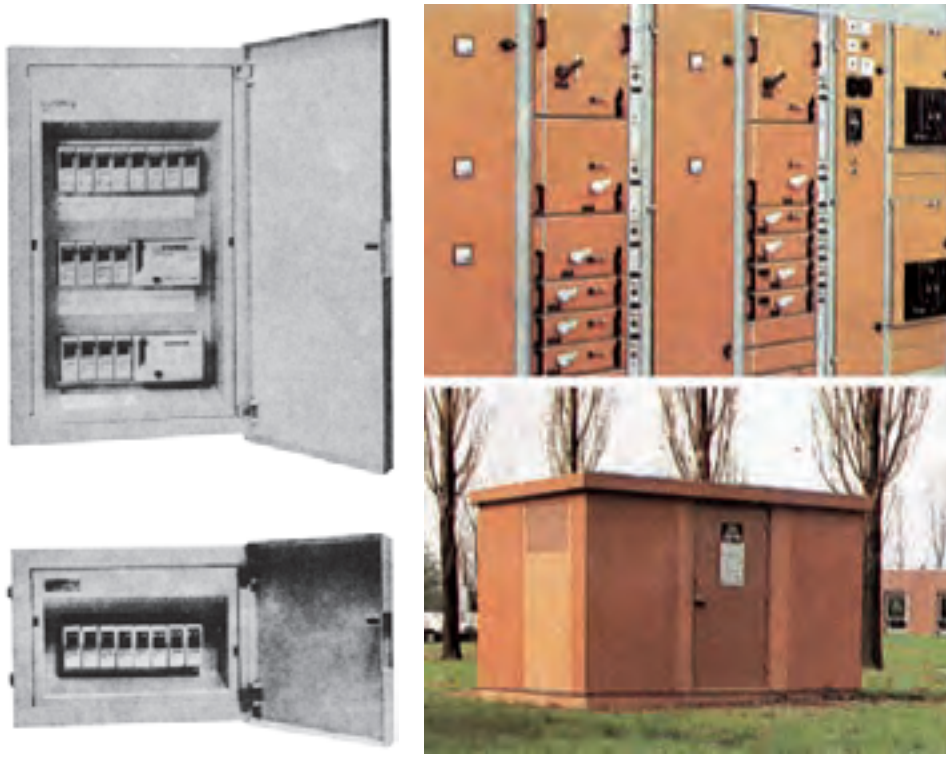


شکل ۵ــ۹ــ طرز کار میکروسوئیچ

در این حالت مدارهای فرمان به کار می‌افتد و جهت حرکت عوض می‌شود و میله به محل اوّلیه باز می‌گردد. در محل اوّلیه با میکروسوئیچ شماره‌ی ۱ برخورد کرده دوباره دور موتور را عوض می‌کند. بنابراین میله M به طور متناوب جلو و عقب می‌رود.

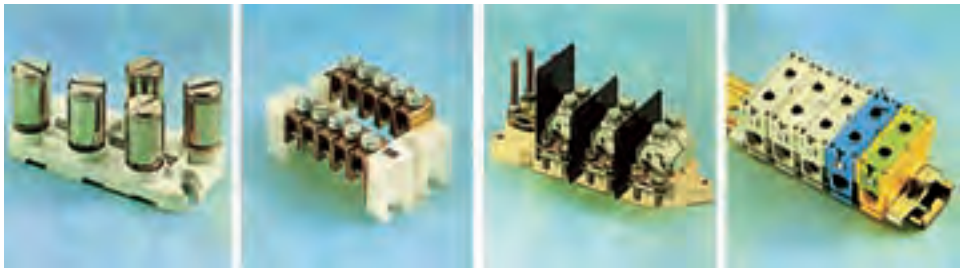
۵ــ۶ــ تابلوی برق و تجهیزات آن

تابلوی برق یک مرکز توزیع انرژی الکتریکی بین مصرف کننده‌ها است. تابلوهای برق با توجه به نیاز در ابعاد گوناگون و با تجهیزات مختلف ساخته می‌شود ؛ مثلاً تابلوی برق یک منزل مسکونی تقریباً کوچک است. شکل ۵ــ۱۰ چند تابلو را نشان می‌دهد. یک کارخانه یا مرکز توزیع انرژی در



شکل ۵ــ۱۰

یک شهر نیاز به تابلوی بزرگ با تجهیزات بیش‌تر دارد. ورودی تابلو معمولاً برق شبکه‌ی سراسری و خروجی آن مصرف کننده‌ها است. برای اتصال تابلو به ورودی‌ها و خروجی‌ها معمولاً از ترمینال‌ها استفاده می‌کنند. شکل ۵ــ۱۱ این ترمینال‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۱۱ــ نمونه‌هایی از انواع ترمینال‌ها که در تابلوهای توزیع به‌کار می‌روند.

در تابلوهای توزیع وسایلی جهت نشان دادن یا پارامترهای الکتریکی مانند توان مصرفی، ولتاژ، جریان، انرژی و نیز وسایل حفاظتی مانند رله‌های جریان اضافی و فیوزها نصب می‌شوند. این وسایل در تابلوهای بزرگ عبارتند از ولت‌متر، آمپرمتر، وات‌متر، کنتور، کلید فیوز و کلید اتوماتیک.

پرسش

۱ــ انواع کلید را شرح دهید.

۲ــ رله‌ی حرارتی چگونه کار می‌کند؟

۳ــ مدار فرمان و مدار قدرت را توضیح دهید.

۴ــ میکروسوئیچ چیست و چه کاربردی دارد؟

۵ــ تجهیزات یک تابلوی برق صنعتی را نام ببرید.

بخش دوّم

تأسیسات

فصل ششم

آب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ـ آب در طبیعت را شرح دهد.
ـ ناخالصی‌های آب را توضیح دهد.
ـ تصفیه‌ی آب را با روش‌های فیزیکی و شیمیایی شرح دهد.
ـ انواع صافی‌ها را توضیح دهد.
ـ دستگاه‌های تصفیه را شرح دهد.

۶ـ۱ـ آب

یکی از ضروری‌ترین و فراوان‌ترین ترکیبات روی زمین، آب است. چون بسیاری از مواد جامد و مایع و گازی در آب حل می‌شوند، میکروب‌ها و املاح آن نیز بسیار است. آب در طبیعت به سه صورت ؛ جامد، مایع و بخار وجود دارد، که هرکدام از این سه حالت در صنایع مختلف به کار می‌روند. در صنعت نسّاجی، آب نه تنها به عنوان یک ماده‌ی اساسی برای گرم کردن یا خشک کردن به کار می‌رود، بلکه بیش‌تر عملیّات تکمیلی از قبیل شست‌وشو، سفیدگری، رنگرزی و چاپ در محیط آبی انجام می‌گردد. بنابراین مشخصّات آب مورد مصرف در این صنعت اهمیت بسیاری دارد.

ـ **نزولات آسمانی:** این نوع آب، شامل آب باران و برف است. این آب‌ها قبل از رسیدن به زمین به علّت گذشتن از جوّ زمین، گازهای اکسیژن و کربنیک را به صورت محلول در خود به سطح زمین می‌آورند. در شهرهای صنعتی که هوا آلوده است، قطرات باران و برف حاوی سولفید ئیدروژن و دی اکسید گوگرد و گاهی با موادّ آلی و گرد و غبار همراه است.

ـ **آب‌های سطحی:** به آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها آب سطحی گویند. این آب‌ها علاوه بر مواد آلوده‌ی جوّی حاوی کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و مقدار زیادی سولفات‌ها و کلریدهای فلزات مختلف هستند و میزان هر یک از این مواد، به جنس

زمین‌هایی که در مسیر حرکت آب قرار گرفته‌اند، بستگی دارد. هم‌چنین گاهی آب‌ها حاوی فلزات قیمتی و عناصر رادیواکتیو هستند. آبی که در هر لیتر آن تا یک گرم نمک وجود داشته باشد، آب شیرین و آبی که در هر لیتر آن بیش از یک گرم نمک وجود داشته باشد، آب شور خوانده می‌شود.

ــ آب‌های زیرزمینی: آب‌های زیرزمینی از نفوذ آب‌های سطحی به عمق زمین به‌وجود می‌آیند ؛ مانند آب چاه‌ها و چشمه‌ها. معمولاً این آب‌ها به هنگام نفوذ در زمین موادّ آهکی و املاح دیگری را در خود حل می‌کنند و به تدریج سنگین می‌شوند. این آب‌ها علاوه بر بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم و احتمالاً آهن ممکن است حاوی بی‌کربنات سدیم و همچنین گاز کربنیک آزاد باشند.

۶ــ۲ــ ناخالصی‌های آب

مواد جامد و املاح و گازهای محلولی که همراه با آب‌های طبیعی وجود دارند ناخالصی‌های آب نامیده می‌شوند. از نظر شیمیایی همه‌ی آب‌های موجود در طبیعت ناخالص‌اند، حتی آب باران هنگام رسیدن به زمین حاوی گازهای جوّی و مواد جامدی است که در هوا به صورت گرد و غبار وجود دارند. این ناخالصی‌ها در همه‌ی آب‌های زیرزمینی نیز به صورت محلول یا ذرات معلق وجود دارند ؛ البته این آب‌ها چون مسافت زیادی را از میان سنگ‌ها و طبقات زمین طی می‌کنند معمولاً آن‌هایی که از نواحی سنگ‌های خارا و خاک‌های رُسی عبور می‌کنند از آب‌هایی که در نواحی سنگ‌های آهکی یافت می‌شوند، خالص‌تر هستند. هم‌چنین آب‌هایی که از مناطق سنگی عبور می‌کنند خالص‌تر از آب‌هایی هستند که از ناحیه‌ی خاکی عبور می‌کنند.

علاوه بر مواد محلول، مقدار زیادی ذرات معلّق از قبیل گِل، سیلیس و مواد آلی، در آب یافت می‌شوند. این ذرات و ناخالصی‌ها در آب‌های جاری مثل آب رودخانه‌ها و جویبارها بیش‌تراند.

به عنوان نمونه، در آب چشمه‌های گرم، گازهای محلول و در آب چشمه‌های معدنی، املاح محلول و در آب رودخانه‌ها، مواد جامد معلق بسیاری یافت می‌شود.

۶ــ۳ــ تصفیه‌ی آب

منظور از تصفیه‌ی آب جداسازی مواد زائد از آب و از بین‌بردن ناخالصی‌های آن می‌باشد ؛ به عنوان مثال آبی که در دیگ‌های بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید از گازها و نمک‌های محلول که موجب زنگ‌زدن و تولید رسوبات در جدار داخلی دیگ می‌شوند، پاک‌سازی شده باشد. آب خوردن نیز باید سبک و بدون ذرات معلق و میکروب باشد. آب به دو روش تصفیه می‌شود : الف) فیزیکی، ب) شیمیایی.

۶ــ۳ــ۱ــ تصفیه‌ی آب به روش فیزیکی

ــ ***روش تبخیر:*** استفاده از این روش، موجب می‌شود که مواد جامد حل شده در آب، از آن جدا شوند. اسیدهای محلول در آب که نقطه‌ی جوش آن‌ها بیش‌تر از نقطه‌ی جوش آب است، جدا می‌شوند. در این روش آب تصفیه نشده را حرارت داده، می‌جوشانند و بخارهای به دست آمده را با سردکردن، به مایع تبدیل می‌کنند. آب تهیه شده، آب مقطر و خالص است. این روش به دلیل صرف وقت و انرژی بسیار از لحاظ صنعتی در مقیاس زیاد، قابل استفاده نیست.

ــ ***روش دمیدن هوا:*** استفاده از این روش، خروج گازهای محلول در آب تصفیه نشده را ممکن می‌سازد. در این روش به وسیله‌ی دستگاه‌هایی به نام کمپرسور، هوا به داخل آب دمیده می‌شود تا گازهای مزاحمی (مانند گاز اکسیژن، دی‌اکسید کربن و سولفید ئیدروژن) که موجب زنگ‌زدگی درون دستگاه‌های صنعتی هستند، از آن خارج شوند.

ــ ***روش ته‌نشینی:*** اگر هدف تصفیه‌ی آب جداسازی و حذف مواد معلق و کلوئیدی[1] موجود در آن باشد، از روش ته‌نشینی به حالت ساده و یا به همراه مواد منعقدکننده استفاده می‌کنند. در این طریق آب مورد نظر را به وسیله‌ی کانال‌هایی وارد حوضچه‌های مستطیل شکل می‌کنند و سرعت حرکت آن را به حداقل می‌رسانند و یا در صورت لزوم، ساکن می‌کنند. با این کار مواد معلق در آب مانند شن، ماسه و خاک که وزن مخصوصشان از آب بیش‌تر است، به مرور ته‌نشین می‌شوند. هرچه وزن مخصوص اجسام شناور در آب سبک‌تر باشد، دیرتر ته‌نشین می‌شوند. پس از صاف شدن و رفع تیرگی، آب حوضچه‌ها به انبار مرکزی هدایت شده، پس از کلرزنی وارد لوله‌ی اصلی شهر می‌شود و لجن ته‌نشین شده از ذرات معلق را به وسیله‌ی الکترو پمپ‌های لجن‌کش، تخلیه می‌کنند.

ــ ***روش ته‌نشینی با مواد منعقدکننده:*** برخی از عناصر (مانند رسوبات خاک رسی، مواد آلی و معدنی، باکتری‌ها و مواد رنگ‌دار که معمولاً بار منفی دارند)، به حالت کلوئیدی در آب موجودند. اگر تمام این مواد دارای بار الکتریکی یکسان باشند، درون آب یک‌دیگر را دفع کرده، سبب حرکت مداوم ذرات می‌شود. اگر بارالکتریکی این ذرات را از بین ببریم یا خنثی کنیم، در این صورت به یک‌دیگر متصل شده، به ذرات بزرگ‌تر تبدیل می‌شوند و به علت سنگینی زیاد ته‌نشین می‌شوند.

این بارها با استفاده از مواد منعقدکننده، خنثی می‌شوند. مواد منعقد کننده در حوض مخلوط کننده به آب اضافه می‌شود و به وسیله‌ی دستگاه‌های همزن با آب مخلوط می‌شود ؛ در نتیجه بین منعقدکننده و ناخالصی آب ترکیب شیمیایی انجام می‌گیرد و ذرات قابل رسوب تولید می‌شود. بر اثر به هم چسبیدن

۱ــ **کلوئیدها:** ذرات کلوئیدی در آب، از دیگر ذرات حل شده بزرگ‌ترند و قطر آن‌ها در حدّ ۹ میکرون است. مواد کلوئیدی که ته‌نشین نمی‌شوند، باعث تیرگی آب می‌شوند. این مواد ممکن است از مواد خاک رُسی باشند.

ذرات و به‌وجود آمدن ذرات سنگین‌تر، آب از حوض «مخلوط‌کننده» به حوض دیگری به نام حوض «یکنواخت» کننده هدایت می‌شود و در این حوض، به آرامی هم‌زده می‌شود. در نتیجه‌ی این حرکت آرام و مخلوط شدن، امکان برخورد بین ذرات و چسبیدن آن‌ها به یک‌دیگر به‌وجود می‌آید ؛ پس از این مرحله، آب به حوض دیگری به نام حوض «ته‌نشینی» هدایت می‌شود و در این‌جا ذرات درشت به‌وجود آمده، به صورت رسوبات و لجن، ته‌نشین می‌شوند و از دریچه‌های تخلیه و یا به وسیله‌ی پمپ‌های لجن‌کش از حوض خارج می‌شوند. جدول ۶ــ۱ مواد منعقدکننده‌ای را که در تصفیه‌خانه‌های آب به کار می‌رود، با فرمول شیمیایی آن‌ها نشان می‌دهد و چون انتخاب هر یک از مواد منعقدکننده به pH[1] آب و جنس مواد معلق در آب بستگی دارد، pH آب نیز در جدول درج شده است.

جدول ۶ــ۱ــ مواد منعقدکننده و pH آب

منعقدکننده	فرمول شیمیایی	pH
سولفات آلومینیوم (آلوم)	$Al_2(SO_4)_3,18H_2O$	۴ تا ۷
سولفات و آهن II	$FeSO_4,7H_2O$	۸/۵ و بالاتر
آهک	CaO	.....
سولفات آهن III	$Fe_2(SO_4)_3$	۳/۵ تا ۷ و از ۹ بالاتر
کلرید آهن III	$FeCl_3$	۳/۵ تا ۶/۵ و از ۸/۵ به بالا
آلومینات سدیم	$Na_2Al_2O_4$	

ــ صافی‌ها: برای جداکردن کلیه‌ی مواد به دست آمده از عمل انعقاد در آب، از صافی‌ها استفاده می‌شود. کار صافی‌ها عبور دادن آب از منافذ بسیار ریز و جداکردن ذرات جامد معلق در آب است. در انتخاب صافی باید توجه خاصی به سهولت پاک‌کردن منافذ و ارزانی آن کرد. در اکثر تصفیه‌خانه‌های بزرگ از صافی‌های شنی استفاده می‌شود.

در ساختمان این نوع صافی‌ها دانه‌های گرد سنگ‌های سیلیس، مرمر، آنتراسیت به ابعاد مختلف بر روی یک‌دیگر قرار گرفته که آب از روی طبقات مختلف این سنگ‌ها عبور می‌کند. اگر آب برای تصفیه‌ی مقدماتی دیگ بخار مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است که از سنگ‌های سیلیس استفاده

۱ــ pH نشان‌دهنده‌ی کیفیت اسیدی و بازی محیط محلول است و بین ۱۴ــ۰ تغییر می‌کند اگر pH محیط ۷ــ۰ باشد محیط اسیدی و اگر ۷ باشد محیط خنثی از (۱۴ــ۷) محیط قلیایی است.

نشود، زیرا وجود مقدار کمی سیلیس، باعث خوردگی جدار داخلی دیگ می‌شود.

دانه‌های شن را برحسب بزرگی و کوچکی آن‌ها در داخل ظرف صافی روی هم قرار داده، آب را از روی آن‌ها عبور می‌دهند. آب در اثر گذشتن از بین ریگ‌ها، کلیه‌ی ذرات معلّق را جا می‌گذارد و صاف و تصفیه شده، خارج می‌شود. لازم به یادآوری است که صافی‌ها پس از مدتی کارکردن، به علت بسته‌شدن سوراخ‌هایشان از کار می‌افتند ؛ در این صورت مسیر عبور آب در صافی را برعکس می‌کنند تا ذرات «گیرکرده» در سوراخ‌های صافی، به صورت ذرّات معلق در سطح صافی درآید و سپس با سرریز از سطح ورودی آن خارج شود. پس از این عمل صافی مجدداً آماده‌ی بهره‌برداری می‌شود.

۶ــ۳ــ۲ــ تصفیه‌ی آب به روش شیمیایی: آبی که در آن املاح کلسیم و منیزیم (Mg و Ca) وجود داشته باشد، «آب سخت» نامیده می‌شود و هر چه میزان این املاح بیش‌تر باشد، درجه‌ی سختی آب هم بیش‌تر است. برای جداسازی املاح کلسیم و منیزیم سخت، از روش‌های شیمیایی استفاده می‌شود. بعد از جداسازی، آب به دست آمده را «آب سبک یا نرم» می‌نامند. برای برطرف کردن املاح محلول در آب، دو روش وجود دارد :

الف ــ روش رسوب دادن: در این روش با افزودن یک ماده‌ی شیمیایی، املاح محلول را به صورت نامحلول درآورده، رسوب می‌دهند. مهم‌ترین مواد رسوب‌دهنده، آهک و کربنات سدیم هستند. برای گرفتن سختی بیش‌تر آب، بهتر است که از مخلوط کربنات سدیم و آهک استفاده شود.

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + CaCO_3 .$$

$$(CO_3H)_2Ca + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

ب ــ روش استفاده از زئولیت‌ها: زئولیت‌ها دارای ترکیب پیچیده‌ای هستند ولی به طور مختصر می‌توان آن‌ها را با $R - Na_2$ نمایش داد، که R نماینده‌ی باقی‌مانده‌ی مولکول زئولیت است. هرگاه آب سخت را از روی زئولیت عبور دهیم، عمل تعویض «یون» صورت می‌گیرد و یون‌های کلسیم و منیزیم جای خود را به یون‌های سدیم می‌دهند.

$$R - Na_2 + MgSO_4 \rightarrow R - Mg + Na_2SO_4$$

به این ترتیب، آب سبکی به دست می‌آید که املاح کلسیم و منیزیم خود را به زئولیت داده است. پس از مدتی، تمام یون‌های سدیم زئولیت، با کلسیم و منیزیم جای‌گزین می‌شود، و اثر سختی‌گیری خود را از دست می‌دهد. برای احیای زئولیت محلول غلیظ نمک طعام به کار می‌رود.

$$R - Ca + 2NaCl \rightarrow R - Na + CaCl_2$$

و پس از شست‌وشوی زئولیت، می‌توان از آن دوباره استفاده کرد.

۶ــ۴ــ مصارف آب

آب باید برای هر مصرفی ویژگی خاصی داشته باشد به عنوان مثال آب‌هایی که در کشاورزی به کار می‌روند، باید شامل خصوصیاتی باشند که برای رشد نباتات لازم است. آب‌هایی که دارای املاح معدنی محلول زیاد باشند (آب دریاچه‌ها و یا دریاهای شور)، جهت مصارف کشاورزی، مفید نیست و چه بسا که باعث توقف رشد و یا از بین رفتن محصولات کشاورزی شوند.

آب آشامیدنی باید از نظر ناخالصی‌ها مورد بررسی و آزمایش قرارگرفته، با روش‌های فیزیکی و شیمیایی تصفیه شود. آب شرب باید بی‌بو، بی‌رنگ و عاری از وجود میکروب‌ها و یا باکتری‌های مولد امراضی مانند : حصبه، اسهال، وبا و ... باشد، برخی از نمک‌های محلول موجود در آب، مانند کلرید منیزیم، کلرید سدیم، سولفات منیزیم و سولفات سدیم برای انسان مفیدند و به هضم غذا نیز کمک می‌کنند بدین جهت آبی که این نمک‌ها را در حدّ لازم برای شرب دارا باشد، «آب بُرنده» نامیده می‌شود. بیش‌تر آب‌هایی که از طریق منابع مختلف تهیه می‌شوند، کم و بیش ناخالصی‌هایی دارند و با گرفتن این ناخالصی‌ها به وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه، آب به دست آمده مصرف صنعتی پیدا می‌کند.

۶ــ۵ــ تصفیه‌ی آب جهت مصارف صنعتی

قبل از این که آب را برای هر نوع مصرفی، مورد استفاده قرار دهند، نمونه‌ای از آن در آزمایشگاه‌ها بررسی می‌شود و میزان کلیه‌ی ناخالصی‌های آن بر حسب ppm [۱] (یک قسمت ناخالصی، در یک میلیون قسمت آب نمونه) تعیین می‌کنند. اعداد به دست آمده را در جدولی با اسم ناخالصی‌ها یادداشت می‌کنند.

۱ــ ppm: PARTPER Million

جدول ۶ــ۲ــ نتیجه‌ی آزمایشگاهی شش نمونه‌ی آب

نمونه	مقدار جامد حل شده	کم شدن وزن مقدار جامدات در اثر حرارت	مقدار SiO_2	مقدار آهن به‌صورت Fe_2O_3	مقدار کلسیم به‌صورت Ca^{++}	مقدار منیزیم به‌صورت Mg^{++}	مقدار بی‌کربنات CO_3H^-	مقدار سولفات SO_4^-	مقدار کلرید Cl^-	مقدار نیترات NO_3^-	CO_3Ca
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
۱	۱۲۷۳	۸۰	۲۲	۰/۴۸	۱۱۳	۳۳	۱۹۶	۹۲	۵۴۸	۲/۸	۴۱۸
۲	۲۸	۲/۵	۲/۶	۰/۰۴	۴/۵	۱/۲	۱۱	۷/۷	۱/۰	۰/۴۹	۶
۳	۹۶۹	—	۱۶	۰/۱۴	۲۰۳	۷۴	۵۰۴	۴۰۴	۸/۰	۰/۰	۱۱
۴	۴۳۴	۱۷	۱۰	۰/۰۹	۹۲	۳۴	۳۳۹	۸۴	۹/۶	۱۳	۳۶۹
۵	۱۴۸	—	۸/۲	۰/۲	۲۸	۴/۶	۲۷	۶۰	۱۳	۰/۸	۶۶
۶ آب دریا	۳۴۳۰۰	—	۲/۴	۰/۲	۴۰۷	۱۲۷۰	۱۳۷	۲۶۴۰	۱۹۰۰۰	۰/۹	۶۲۵۰

حال، با توجه به مصارف مختلف صنعتی، هرکدام از ناخالصی‌های موجود در آب نمونه که مزاحم دستگاه‌ها و یا کیفیت محصولات آن‌ها می‌شوند، تشخیص داده شده، به وسیله‌ی دستگاه‌های مختلف تصفیه و با روش‌های مناسب، در حد لزوم جدا می‌شوند.

جدول ۶ــ۳ نتیجه‌ی تصفیه‌ی یکی از نمونه‌های جدول ۶ــ۲ به روش رسوب دادن و استفاده از زئولیت را نشان می‌دهد که جهت مصرف در دیگ‌های بخار است.

جدول ۶ــ۳ــ نتیجه‌ی تصفیه کردن به روش‌های مختلف

یون یا ترکیب	تصفیه نشده		تصفیه شده به روش آهک کربنات سدیم		تصفیه شده به روش زئولیت سدیم	
	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm
ئیدروکسیل (OH)	۰	۰/۰۰	۶/۸	۰/۴۰	۰	۰/۰۰
کربنات (CO_3)	۰	۰/۰۰	۲۱	۰/۲۰	۰	۰/۰۰
بی‌کربنات (HCO_3)	۳۳۹	۵/۵۶	۰	۰/۰۰	۳۳۹	۵/۶
سولفات (SO_4)	۸۴	۱/۷۵	۸۴	۱/۷۵	۸۴	۱/۷۵
کلرید (Cl)	۹/۶	۰/۲۷	۹/۶	۰/۲۷	۹/۶	۰/۲۷
نیترات (NO_3)	۱۳	۰/۲۱	۱۳	۰/۲۱	۱۳	۰/۲۱
سیلیس (Si)	۱۰	۰/۳۳	۵	۰/۱۷	۱۰	۰/۳۳
آهن (Fe)	۰/۰۹	—	—	—	—	—
کلسیم (Ca)	۹۲	۴/۶۰	۶	۰/۳۰	۲	۰/۱۰
منیزیم (Mg)	۳۴	۲/۰۸	۱	۰/۰۸	۰/۵	۰/۰۴
سدیم (Na)	۹	۰/۳۹	۶۸	۰/۹۵	۱۷۶	۷/۶۵
ئیدروژن (H)	—	—	—	—	—	—
سختی	۳۶۹	۷/۳۸	۱۹	۰/۳۸	۷	۰/۱۴

یک قسمت در یک میلیون قسمت = ppm اِکی‌والان گرم در یک میلیون قسمت = epm

۶ــ۶ــ اهمیّت تصفیه‌ی آب در صنعت نساجی

در آب‌های سخت، وجود آهن و نمک‌های منیزیم و کلسیم مزاحمت زیادی ایجاد می‌کنند. علت دیر کف‌کردن صابون و یا کف نکردن آن در چنین آب‌هایی، ترکیب شدن صابون با این نمک‌هاست که منجر به تشکیل نمک‌های نامحلول می‌شود.

$$۲RCOONa + Ca^{++} \rightarrow (RCOO)_۲Ca + ۲Na^{+}$$

برخی از این نمک‌ها در آب با مواد مصرفی مانند صابون ترکیب می‌شوند و موادی را به‌وجود می‌آورند که عمل رنگرزی و شست‌وشو را با اشکال مواجه می‌کند.

تهیه‌ی آب صنعتی تصفیه شده در کارگاه‌های سفیدگری و رنگرزی برای کالاهای نساجی بسیار مهم است زیرا سختی موجود در آب با مواد رنگرزی موجود در حمام رنگرزی ترکیب شده،

رسوباتی از خود بر روی پارچه به جا می‌گذارند که باعث یک‌نواخت نبودن رنگ در پارچه می‌شود. در نتیجه پس از شست‌وشو و از بین رفتن رسوب‌ها لکه‌هایی روی پارچه باقی می‌ماند و هم‌چنین مقاومت سایشی پارچه را کاهش می‌دهند. اگر ترکیبات آهنی و منگنز در آب باشد سبب رسوب و تغییر رنگ و یا لک شدن پارچه می‌شود. نمک‌های این فلزات در قسمت سفیدگری، باعث تجزیه‌ی محلول حمام سفیدگری می‌شوند. در شست‌وشو معمولاً مواد شوینده با املاح موجود در آب‌های سخت واکنش داده و رسوب می‌کند. بدین ترتیب قدرت شویندگی به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. البته امروزه رنگ‌زداها و یا مواد شوینده‌ای ساخته شده است که با استفاده از آن‌ها، در آب سخت هم پارچه رنگرزی و یا شست‌وشو می‌شود.

۶ــ۷ــ موارد اختلاف آب آشامیدنی و صنعتی

کلیه‌ی آب‌های به دست آمده از منابع طبیعی ناخالصی دارند. وجود ناخالصی‌ها باعث ایجاد مشکلاتی در مصرف می‌شود ؛ از بین بردن این اشکالات به‌وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه، نسبت به نوع مصرف آن (آشامیدنی یا صنعتی) متفاوت است، مثلاً وجود مواد کلوئیدی سبب تیرگی آب و کمبود فلوئور موجود در آب شده، باعث فساد دندان می‌شود و وجود باکتری‌های میکروسکپی، باعث مریض‌شدن انسان و بودن نمک طعام در آب، باعث تغییر مزه‌ی آن می‌شود.

بنابراین، آبی که ناخالصی‌های فوق را داشته باشد، علاوه بر این که کیفیت مطلوب شرب را ندارد، مشکلات بهداشتی نیز ایجاد می‌کند. در صورتی که اگر هدف، مصرف صنعتی آب باشد، نسبت به نوع مصرف مثلاً در دیگ‌های بخار، از لحاظ بهداشتی مشکل چندانی ایجاد نمی‌کند.

جهت قابل شرب ساختن آب بیش‌تر ناخالصی‌های موجود به وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه گرفته می‌شوند و برای ضدعفونی کردن آب آشامیدنی از مواد شیمیایی مثل هیپوکلریت کلسیم استفاده می‌شود. ناگفته نماند که وجود بعضی از نمک‌های محلول در آب، در حد استاندارد، به گوارا و خوش‌مزه شدن آب کمک می‌کند. علل کاهش سختی آب‌های آشامیدنی شهری به قرار زیر است :

ــ جلوگیری از مصرف زیاد پودرهای لباس‌شویی و صابون (صابون در آب‌هایی که سختی زیاد دارند، کف نمی‌کند).

ــ کم‌کردن کار شست‌وشو و زیاد کردن عمر لباس‌ها

ــ جلوگیری از ته‌نشین شدن رسوبات در آب گرمکن‌ها

ــ بهتر کردن کیفیت آب در حمام‌ها

ــ گوارا کردن آب

ــ جلوگیری از ایجاد طعم نامطلوب آب.

آب‌های صنعتی نیز باید دارای خصوصیاتی متناسب با موارد کاربردشان باشند، برای مثال آب‌های مصرفی در صنعت نساجی باید دارای سختی کمی باشند تا کیفیت محصولات به دست آمده بالا رود. جدول ۶ــ۴ مواد ناخالصی معمولی در آب را نشان می‌دهد و مشکلات ناشی از این مواد را (در صورتی که بیش از حد باشد) معین می‌کند.

جدول ۶ــ۴ــ جدول ناخالصی‌های معمولی در آب و اثرات آن‌ها

کیفیت ناخالصی	اسم ناخالصی		تولید علت یا اثرات آن در آب
مواد معلّق	۱ــ باکتری‌ها		تولید بیماری
	۲ــ خزه و موجودات میکروسکپی		تولید بو، رنگ، تیرگی
	۳ــ مواد کلوئیدی		تولید تیرگی
مواد محلول	نمک‌ها	کلسیم بی‌کربنات	تولید قلیایی و سختی
		کربنات	تولید قلیایی و سختی
		سولفات	تولید سختی
		منیزیم کلرید	تولید سختی، ساییدگی در فلزات
			دیگ بخار
		سدیم بی‌کربنات	تولید قلیایی
		کربنات	تولید قلیایی
		سولفات	تولید کف در دیگ بخار
		فلورید	جلوگیری از پوسیدگی دندان
		کلرید	تولید مزه
	اکسید آهن		تولید مزه، رنگ، خورندگی فلزات، سختی
	منگنز		تولید رنگ
	رنگ‌های گیاهی		تولید رنگ، اسیدی کردن
	گازها	اکسیژن	تولید خورندگی در فلزات
		دی‌اکسیدکربن	تولید خورندگی فلزات، اسیدی کردن
		SH_2	تولید بو، اسیدی کردن، خورندگی در
		نیتروژن	فلزات

ناخالصی‌هایی که یک کارخانه‌ی صنعتی باید از آب خود خارج کند عبارت‌اند از :

ــ مواد معلق مانند گل و لای و سیلیس که ممکن است به وسیله‌ی صافی‌های شنی از آب خارج شود.

ــ گازهای محلول در برخی از آب‌ها مانند گازکربنیک، اکسیژن و سولفید ئیدروژن که مخصوصاً در دستگاه‌های صنعتی مزاحمت ایجاد می‌کنند و قبل از استفاده با حرارت دادن آب و عملیات دیگر، باید از آب خارج شوند.

املاح محلول در آب مخصوصاً بی‌کربنات و سولفات و کلریدهای کلسیم و منیزیم که به روش‌های مختلف از آب خارج می‌شوند.

۶ــ۸ــ انواع سختی آب

۶ــ۸ــ ۱ــ سختی موقت: به طور کلی کربنات‌های کلسیم و منیزیم در آب نامحلول می‌باشد، اما وجود اکسید کربن آن‌ها را همواره به صورت بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم محلول در آب در می‌آورد.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Mg(HCO_3)_2$$

بنابراین سختی موقت آب مجموع بی‌کربنات کلسیم و بی‌کربنات منیزیم موجود در آب می‌باشد. این بی‌کربنات‌ها در اثر جوشیدن در آب تجزیه شده گازکربنیک و رسوبات کربنات کلسیم و کربنات منیزیم تولید می‌کنند که در نتیجه، با برطرف کردن این رسوبات سختی موقت آب از بین می‌رود.

$$Ca(CO_3H)_2 \xrightarrow{100^\circ C} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(CO_3H)_2 \xrightarrow{100^\circ C} MgCO_3 + CO_2 + H_2O$$

در صورتی که رسوبات برطرف نشوند با آب ترکیب شده، قشری از کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم به دست می‌آید.

$$MgCO_3 + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + CO_2$$

$$CaCO_3 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + CO_2$$

۶ــ۸ــ۲ــ سختی دائم: کلریدها، سولفات‌ها و یا نیترات‌های کلسیم و منیزیم در آب محلول می‌باشند. بودن یا نبودن دی‌اکسید کربن، در حلالیت آن‌ها در آب، اثری ندارد. این نمک‌ها در اثر جوشیدن در آب تجزیه شده، رسوب نمی‌دهند، در نتیجه وجود آن‌ها موجب سختی دائم آب می‌شود.

۶ــ۸ــ۳ــ سختی کل: مجموع نمک‌های کلسیم ــ منیزیم چه به صورت بی‌کربنات‌ها و چه به صورت نیترات‌ها، کلریدها، سولفات‌ها و سیلیکات‌ها در آب‌های مختلف را، «سختی کل» می‌نامند و مقدار نسبی آن‌ها در آب‌های مختلف متفاوت است. به عبارت دیگر مجموع سختی موقت و سختی دائم را سختی کل می‌نامند.

۶ــ۹ــ دستگاه‌های تصفیه‌ی آب

دستگاه‌های تصفیه‌ی آب یا به طور کلی تصفیه‌خانه‌های آب به منظورهای مختلف طراحی و یا تأسیس می‌شوند ؛ یعنی با توجه به ناخالصی‌های موجود در آب، نوع دستگاه‌های تصفیه را انتخاب می‌کنند. در اینجا سه نمونه از این دستگاه‌ها معرفی می‌شود :

ــ تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تندشنی

ــ دستگاه صافی‌های فشاری

ــ دستگاه‌های سختی‌گیر

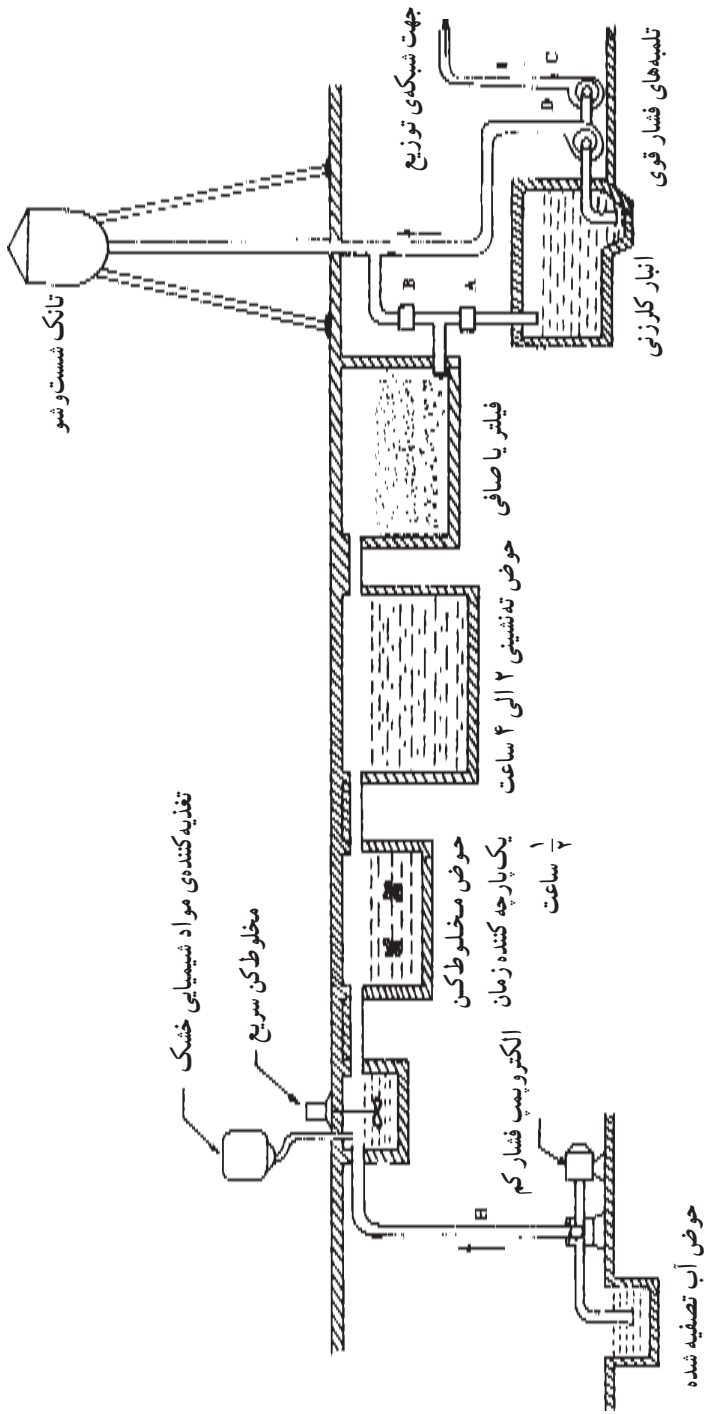
۶ــ۹ــ۱ــ تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تندشنی: شکل ۶ــ۱ نمای یک تصفیه خانه‌ی ساده را نشان می‌دهد. باید توجه شود که در تصفیه‌خانه‌ی صافی‌های تندشنی، حتماً باید از منعقدکننده‌ها استفاده شود تا کیفیت تصفیه بالا باشد.

روش کار در این نوع تصفیه‌خانه‌ها بدین طریق است که آب به وسیله‌ی الکتروپمپ از منبع اصلی به حوض مخلوط‌کن منتقل می‌شود.

این حوض، مجهز به یک دستگاه همزنی است که با سرعت زیاد می‌چرخد، از طرفی مواد شیمیایی (منعقدکننده) به اندازه‌ی مورد نیاز، وارد حوض می‌شوند و به وسیله‌ی مخلوط‌کن با کلیه‌ی ذرات آب مخلوط می‌شوند، سپس آب وارد حوض دیگری به نام حوض «یک‌پارچه کننده» شده، ۳۰ دقیقه متوقف می‌شود. در این مدت، ترکیب شیمیایی بین مواد منعقدکننده و یون‌های Ca و Mg و سایر ناخالصی‌های محلول در آب انجام می‌شود و ذرات معلق در آب (کلوئید) درشت شده، به هم می‌چسبند. این مواد با دستگاه‌های همزن الکتریکی که با دور آرامی می‌چرخند مخلوط شده، وارد حوض دیگری به نام حوض «ته‌نشینی» می‌شوند، مدت توقف آن‌ها در این حوض ۲ الی ۴ ساعت است.

ذرات معلق در آب و املاح موجود در آن در اثر وزن خود به صورت لجن ته‌نشین می‌شوند. لجن به دست آمده را به وسیله‌ی پمپ‌های لجن‌کش بیرون می‌کشند و وارد خط فاضلاب می‌کنند. برای جداسازی ذرات ریز معلق، آب را وارد حوض فیلتر می‌کنند. آب ضمن عبور از طبقات صافی

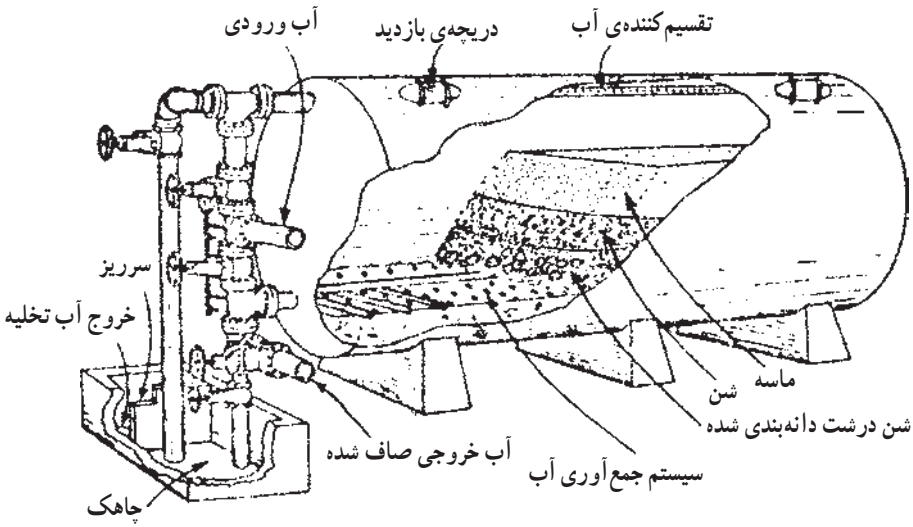
(فیلتر) که شامل طبقات ماسه‌شن و شن‌های درشت است کلیه ذرات معلق در خود را در لابه‌لای این طبقات جا می‌گذارد و پس از تصفیه‌شدن، وارد انبار دیگری به نام «انبار کلرزنی» می‌شود.



شکل ۶ ـ ۱ ـ تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تند شنی

در انبار کلرزنی، برای از بین بردن میکروب‌ها و ضدعفونی کردن آب، گاز و یا مایع کلر به آن اضافه می‌شود و بدین طریق آب تصفیه شده از طریق تلمبه‌های فشارقوی به لوله‌های شبکه‌ی توزیع خط شهری تزریق می‌شود. صافی‌های تصفیه‌ی آب پس از مدتی کارکردن در اثر رسوبات ذرات چسبناک مسدود می‌شوند که برای پاک‌سازی صافی آن را شست‌وشو می‌دهند. نحوه‌ی کار بدین طریق است که تلمبه‌ی شماره‌ی D را راه‌اندازی می‌کنند تا آب در تانک شست‌وشو ذخیره شود. سپس شیر فلکه‌ی B را باز و شیر فلکه‌ی A را می‌بندند. آب از تانک شست‌وشو بر اثر فشار زیاد از قسمت پایینی صافی وارد شده، در جهت مسیر برعکس اولیه از لابه‌لای صافی عبور می‌کند و کلیه‌ی ذرات گیر کرده در طبقات صافی را به همراه خود به سطح صافی آورده، به صورت کف و لجن از محل سرریز صافی وارد خط فاضلاب می‌کند ؛ این عمل تا تمیز شدن کامل صافی ادامه پیدا می‌کند.

۶ــ۹ــ۲ــ صافی‌های فشاری: شکل ۶ــ۲ دستگاه تصفیه‌ی صافی فشاری را نشان می‌دهد. در صافی‌های فشاری،فشار خروجی آن‌ها از یک اتمسفر بیش‌تر است. این صافی‌ها در تصفیه‌خانه‌های کوچک و هم‌چنین در کارخانه‌ها و استخرها مورد استفاده قرار می‌گیرند. طرز کار آن‌ها طوری است که آب، بعد از اضافه شدن مواد منعقد کننده، بدون به هم زده‌شدن و یک پارچه شدن و ته‌نشینی، وارد صافی می‌شود و آب تصفیه شده از خط خروجی آن بیرون می‌آید.

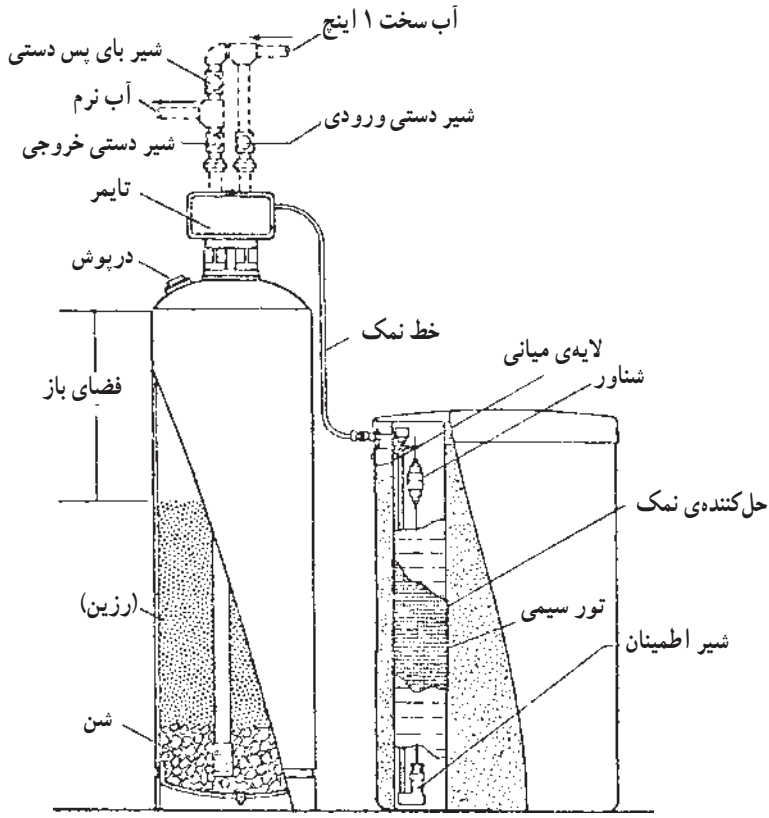


شکل ۶ــ۲ــ صافی فشاری

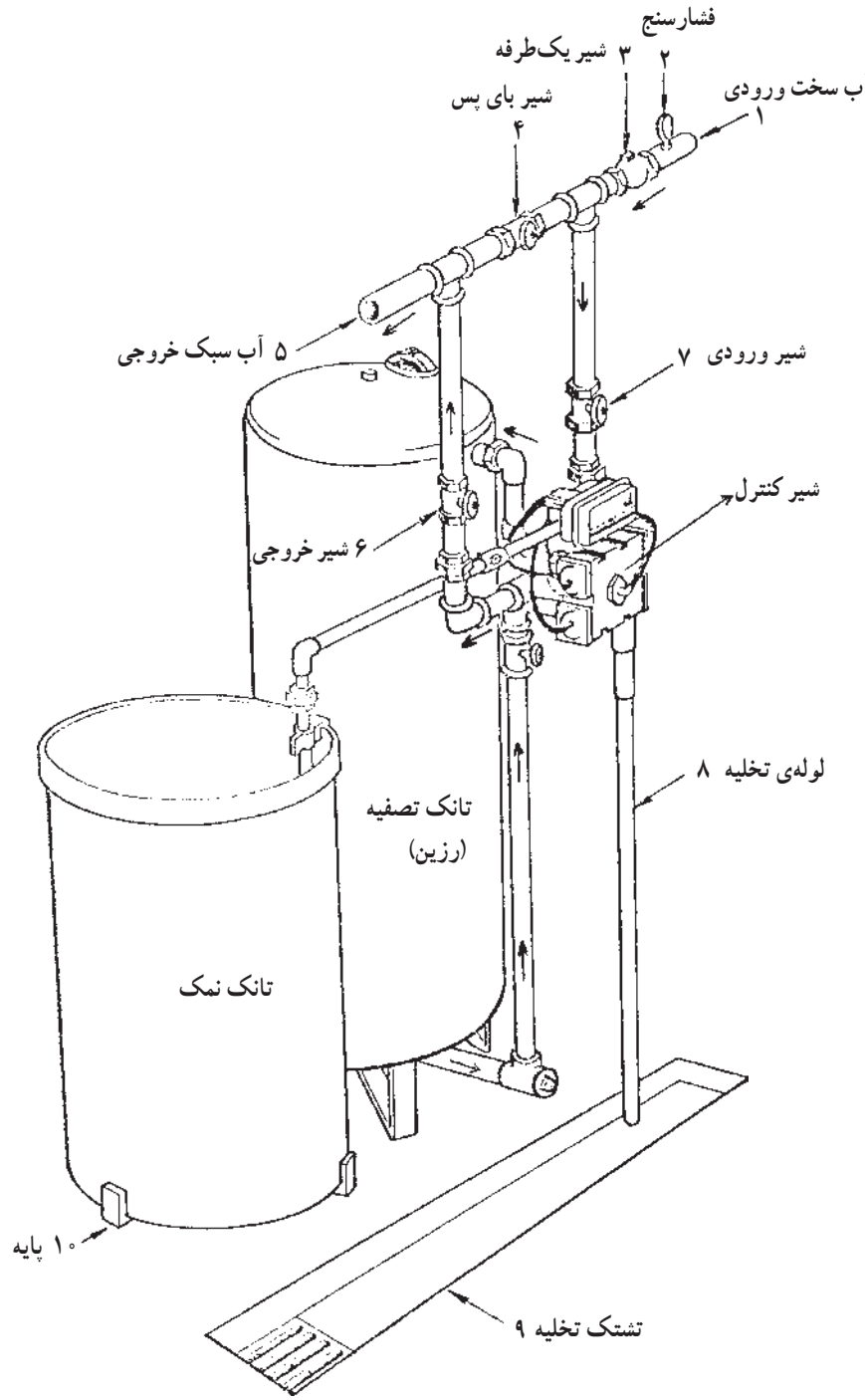
شکل ۶ــ۲ دستگاه صافی برش داده‌شده‌ای است که طرز قرارگرفتن لایه‌های ماسه، شن و شن‌های درشت و سیستم لوله‌کشی آن را نشان می‌دهد. معمولاً منعقدکننده‌های این نوع صافی‌ها،

سولفات آلومینیم است که در یک محفظه‌ی کوچک، در خط ورودی آب به صافی، قرار می‌گیرند. مزیت این نوع صافی‌ها، کم‌حجم بودن آن‌هاست. آب خارج شده از این صافی‌ها اگر برای مصرف صنعتی باشد، احتیاج به کلرزنی ندارد ولی اگر مصرف بهداشتی و شُرب داشته باشد، به کلرزنی نیاز دارد و برای آب‌هایی که گل و لای زیادی دارند از این صافی‌ها استفاده نمی‌شود.

۶ــ۹ــ۳ــ دستگاه‌های سختی‌گیر: دستگاه‌هایی که به این منظور ساخته می‌شوند، دارای دو تانک استوانه‌ای شکل هستند. یکی از تانک‌ها، مجهّز به سیستم لوله‌کشی آب و کنترل‌های برقی و شیرآلات است و قسمت درونی آن مثل صافی‌های شنی شامل لایه‌های شن درشت و مواد نرم‌کننده است. تانک دیگر، به منظور تأمین آب نمک به کار می‌رود و به وسیله‌ی لوله‌کشی، به تانک اولی مربوط می‌شود. شکل‌های ۶ــ۳ و ۶ــ۴ نمونه‌ای از این نوع دستگاه‌های تصفیه‌اند که در موتورخانه‌های بخار جزء نیازهای اساسی هستند و در قسمتی از موتورخانه، جهت تأمین آب تغذیه دیگ‌ها نصب می‌شوند.



شکل ۶ــ۳ــ نمونه‌ی برش داده شده‌ی دستگاه تصفیه



شکل ۶ــ۴ــ دستگاه تصفیه

با توجه به شکل ۶ــ۴ آب سخت ورودی، پس از عبور از شیر ورودی از طریق شیر کنترل، وارد قسمت بالای تانک سرپوشیده می‌شود و هنگام عبور از لابه‌لای رزین‌های تعویض کننده‌ی یونی (مثل زئولیت)، یون‌های کلسیم (Ca^{++}) و منیزیم (Mg^{++}) خود را از دست داده، سبک می‌شود و از قسمت پایین تانک به شیر کنترل برگشته، از راه آن وارد خط خروجی می‌شود. بدین طریق آب نرم یا سبک، پس از عبور از شیر خروجی جهت مصرف خارج می‌شود و این عمل تا زمانی که ماده‌ی تعویض کننده‌ی یونی درون تانک، از یون‌های Ca و Mg اشباع نشده، ادامه می‌یابد.

زمانی که رزین درون تانک، اشباع شد ؛ مرحله‌ی بازسازی فرا می‌رسد. در این مرحله عمل سبک‌کردن آب متوقف شده، آب نمک از تانک دومی و از طریق شیر کنترل وارد قسمت بالای تانک می‌شود و ضمن عبور از لایه‌های رزین، یون‌های سدیم با یون‌های کلسیم و منیزیم عوض می‌شود و رزین دوباره بازسازی و آماده‌ی بهره‌برداری می‌شود. پس از بازسازی رزین، مرحله‌ی شست‌وشو فرا می‌رسد. بدین طریق که آب ورودی، به وسیله‌ی شیر کنترل، از قسمت بالای تانک وارد می‌شود و ارتباط لوله‌ی تخلیه با قسمت پایینی تانک به وسیله‌ی شیر کنترل برقرار می‌شود. آب نمکی که یون آن عوض شده است، همراه با سختی‌های جدا شده از رزین، از تانک تخلیه می‌شود. به این ترتیب درون تانک، شست‌وشو شده، دستگاه برای استفاده‌ی مجدّد، آماده می‌شود. تنظیم این مراحل، به طور خودکار انجام می‌گیرد.

بعضی از این دستگاه‌ها خودکار نیستند و کلیه‌ی مراحل آن‌ها به صورت دستی انجام می‌گیرد. بدین طریق که کنتور آب را در خط مصرف قرار می‌دهند و شماره‌ی صفحه‌ی کنتور آب را یادداشت می‌کنند ؛ وقتی که میزان آب مصرفی تصفیه شده، به حدّ ظرفیّت تصفیه‌ی دستگاه سختی‌گیر رسید، شیر فلکه‌ی خروجی را بسته، برای بازسازی مواد شیمیایی درون دستگاه، اقدام می‌کنند و این اقدام در موتورخانه به صورت دستی انجام می‌گیرد.

پرسش

۱ــ انواع آب‌ها را برحسب منشأ طبیعی آن‌ها نام برده، درباره‌ی هر یک، توضیح دهید.

۲ــ چرا در بعضی از کشورها، باران‌های اسیدی می‌بارد؟

۳ــ روش‌های تصفیه‌ی آب به طریق فیزیکی را نام برده، هر کدام را شرح دهید.

۴ــ با ذکر نام چند منعقدکننده، توضیح دهید که چگونه منعقدکننده‌ها باعث تصفیه‌ی آب می‌شوند.

۵ــ مفاهیم زیر را تعریف کنید :

آب سبک، آب برنده، سختی دایم، سختی موقت، سختی کل

۶ــ آب تصفیه نشده باعث ایجاد چه مشکلاتی در رنگرزی و عملیّات تکمیلی می‌شود؟ توضیح دهید.

۷ــ دلایل جداکردن سختی آب شرب شهری را توضیح دهید.

۸ــ روش تصفیه‌ی آب به وسیله‌ی زئولیت‌ها و رسوب‌دادن را شرح دهید.

۹ــ دستگاه سختی‌گیر رزین‌های تعویض کننده‌ی یونی (مثل زئولیت‌ها) را شرح دهید.