Method Description

Rev	Date	Description	Prepared by	Checked by	Approved by
03					
02					
01					
00	04/12/2017	Issue for approve	Z.Hasanzadeh	S.J.Mirzaeian	S.H.Khabbazi

REVISION RECORD SHEET

Rev.	00	01	02	03	04	05	06	07	Rev.	00	01	02	03	04	05	06	07
Sheet									Sheet								
1	x								33								
2	x								34								
3	x								35								
4	x								36								
5	x								37								
6	x								38								
7	x								39								
8	x								40								
9	x								41								
10	x								42								
11	x								43								
12	x								44								
13	x								45								
14	x								46								
15	x								47								
16	x								48								
17	x								49								
18	x								50								
19	x								51								
20	x								52								
21	x								53								
22	x								54								
23	x								55								
24	x								56								
25	x								57								
26	x								58								
27	x								59								
28	x								60								
29	x								61								
30									62								
31									63								
32									64								

مقدمه:

مسأله اساسی در فرایندهای شیرین سازی آب، انرژی مصرفی زیاد و پساب شوری است که در حین شیرین سازی تولید می شود. در نگاه بهینه سازی، استفاده از روشی که با مصرف انرژی پایین تر و با کمترین تولید پساب شور، توانایی شیرین سازی آب را داشته باشد؛ مورد توجه است. تجارب مختلف نشان داده است که می توان آب را با روش های گوناگون به نحوی شیرین نمود که با حداقل تولید پساب شور کمترین انرژی را مصرف کند.

در سال های اخیر دستگاه های شیرین سازی آب رشد فزاینده ای داشته است. طراحان کشورهای مختلف، استفاده از روش اسمز معکوس را برای تولید آب شیرین انتخاب نموده اند. علت اصلی این امر نیاز بیش از حد آب شیرین در مناطق ساحلی و کویری که دارای آب شور در سفره های زیرزمینی خود می باشند، بوده است. با توجه به حجم مصرف زیاد آب شیرین در مناطق یاد شده استفاده از روش های صنعتی که با راندمان بالا فرایند شیرین سازی آب را با کمترین مصرف انرژی انجام دهد؛ حائز اهمیت است.
در سده اخیر با رشد همه جانبه جوامع بشری و توسعه شتابان تکنولوژی، استفاده از منابع آب شور در جایگزینی استفاده از منابع آب شیرین محدود بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که منابع آبی شیرین عمدتاً با محدودیت ذخائر همراه بوده و شرایط به گونه ای رقم خورده که با تمایل بیشتر به استفاده از منابع شور و بهره گیری از تکنولوژی، نیاز آبی تأمین گردد. یکی از مهمترین روش های استفاده بهینه از آب شور، استفاده از دستگاه های آب شیرین کن با راندمان بالا است. راندمان بالا در سیستم های آب شیرین کن به حالتی اطلاق می شود که میزان نسبی آب ورودی شور در دستگاه به میزان نسبی آب شیرین تولیدی دارای اختلاف کمیتی زیادی نباشد.

با توجه به اینکه در فرایند شیرین سازی آب با دستگاه های اسمز معکوس بیش از نیمی از آب ورودی به عنوان پساب (تلخ آب) با غلظت نمک بیشتر از سیستم خارج می شود، جایگاه بررسی استفاده از روشی به منظور کاهش غلظت نمک در پساب به وجود می آید. این مهم در حالی است که ایران با خشکسالی مواجه بوده و اکثر منابع آب های قابل دسترس شور تلقی می شوند. نکته قابل تأمل این است که دفع تلخ آب در روش اسمز معکوس، خود معضلی بزرگ از دیدگاه زیست محیطی است. دفع تلخ آب موجب شور شدن منابع آب زیر زمینی می شود. با تخلیه و دفع تلخ آب در منابع آبی، غلظت نمک در آب افزایش می یابد و در دراز مدت باعث کاهش راندمان و عمر سیستم آب شیرین می شود. حال مسئله ایجاد شده این است که روشی مورد بررسی قرار گیرد تا بدون تولید تلخ آب، فرایند کاهش غلظت نمک یا همان شیرین سازی آب را انجام دهد. این شیرین سازی می بایست از بعد انرژی هم نیز توجیح پذیر باشد.

با توسعه روز افزون تعداد کارخانه تولید آب شیرین از آب شور، کار برروی ارتقاء سطح کیفی، راندمان تولید، کاهش انرژی مصرفی در فرایند شیرین سازی آب حائز اهمیت است.

افزایش تعداد واحدهای آب شیرین کن در کشور، ما را بر آن داشت تا در راستای بهینه سازی روش، با بهره گیری از علم نوین الکترومغناطیس گامی موثر، ولو کوچک برداریم.

انواع سیستم های آب شیرین کن:

فرآیند شیرین سازی آب، فرآیندهایی به منظور خالص سازی آب دریا برای مصارف آشامیدنی است، یک سیستم آب شیرین کن به طورکلی آب شور را به دو جریان تقسیم می کند، یکی جریان آب خالص با درصد بسیارکمی از نمک و املاح و دیگری جریانی که حاوی نمک املاح باقی مانده می باشد.

جداسازی نمک از مخلوط آب نمک، یک فرآیند ترمودینامیکی است که نیاز به انرژی دارد، یک فرآیند ایده آل آب شیرین کن به عنوان یک فرآیند جداسازی برگشت پذیر محسوب می شود.

فناوری های آب شیرین کن از لحاظ تغییر فاز به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. فرآیندهایی که در آنها تغییر فاز صورت می گیرد:

- Multi effect distillation (MED)
- Multi stage flash distillation (MSF)
- Vapor compression distillation (VCD)

۲. فرآیندهایی که درآنها شیرین سازی آب بدون تغییر فاز انجام می پذیرد:

- Reverse osmosis (RO)
- Electro dialysis (ED)
- Electromagnetism- Electrolyze (ECR)

کارایی هرکدام از این فرآیندها بستگی به غلظت نمک در آب تغذیه و همچنین ارزش ریالی آب دارد.

هریک از فناوری های آب شیرین کن برای انجام فرآیند جداسازی به انرژی احتیاج دارندکه این انرژی می تواند از طریق انرژی گرمایی، مکانیکی یا الکتریکی تامین شود.

کلیاتی درمورد روش ها:

شش فناوری عمده به منظور زدودن نمک و دیگر مواد جامد غیر قابل حل از آب وجود داردکه عبارتند از:

تقطیر، اسمزمعکوس، الکترودیالیز، الکترولیز الکترومغناطیسی، تبادل یونی و نمک زدایی انجمادی.

تقطیر و انجماد شامل خارج ساختن آب خالص، به صورت بخارآب و یا یخ ، از آب شور می باشد. درفناوری های RO و ED یک غشا بسیار ظریف باعث جداسازی نمک ها و املاح سبک و مطلوب تر در طی عبور آب از یک محفظه شیمیایی می باشد.

بعضی از فناوری های آب شیرین کن علاوه بر جداسازی و خارج سازی نمک ها و دیگر مواد جامد غیرقابل حل درآب، مواد معلق، موادآلی، بعضی از باکتری ها و ویروس ها را نیز از آب خارج می سازد.

این فناوری ها به منظوراستفاده در مقیاس های بالا پیشرفت کرده و تکامل یافته اند و حجم بسیار بالایی از آب را تصفیه می نمایند. ولی بعضی از آنها در حجم های بسیار پایین و درحد مصارف خانگی مورد استفاده قرار می گیرند.

۱ـ شیرین کردن آب دریا به روش تقطیر:

اکثر راه های معمول نمک زدایی آب شامل فرآیندهای جوشش و تبخیر می باشد، در یک دستگاه تقطیر، آب به جوش می آید و بخار تولید می نماید که از چگالش این بخار آب خالص تولید می شود.

تقطیر آب هنوز بهترین و مرسوم ترین روش شیرین سازی آب دریا است. در این فرآیند از تبخیر آب شور و چگالش آب، به آب خالص می رسیم، با این حال تکنولوژی غشا به خاطر اطمینان بیشتر و مصرف انرژی کمتر به طور گسترده ای طی ۱۰ سال اخیر گسترش یافته است. فرآیندهای خالص سازی آب به روش تقطیر نسبت به فرآیندهای غشایی دارای کیفیت بالاتری است . البته فرآیندهای تقطیر هنوز سهم بزرگی در صنعت شیرین کردن آب دریا دارا است.

روش تقطیر هنگامی به صرفه است که بخار با انرژی حرارتی پایین به عنوان منبع اصلی انرژی در دسترس باشد. بنابراین روش های حرارتی درکشورهای که کوپلینگ با ایستگاه های قدرت (نیروگاه ها) ممکن نیست، کمتراستفاده می شود. ازطرف دیگر بزرگترین پلنت های آب شیرین درکشورهای شبه جزیره عرب و یا جاهایی که تولید همزمان توان (الکتریسیته) و آب دارند، بر پایه تقطیر است.

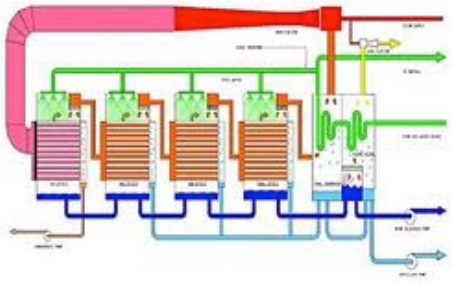
انواع فرآیندهای تقطیر

فرآیندهای مختلف تقطیر آب دریا به شرح زیر است:

- تقطیر به کمک چند مرحله انبساط ناگهانی(MSF)
- تقطیر چند مرحله ای به همراه لوله افقی و فیلم نازک انبساط(MED).
- استفاده از MED باگردش بخار به وسیله ترموکمپرسور(TVC_MED)
- تقطیر یک یا چند مرحله ای به وسیله تراکم بخارمکانیکی(MVC)

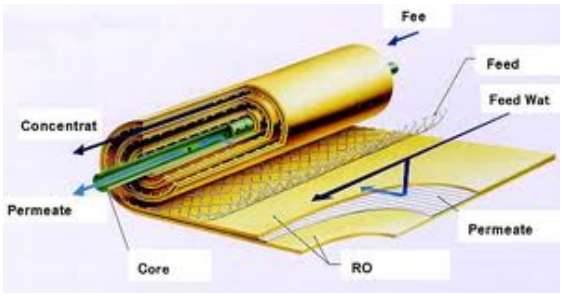
Sea water treatment MSF

Sea water treatment MED



۲ـ روش اسمزمعکوس :

فرآیند غشایی به شیوه های فیزیکی برای جداسازی حلال از نمک های محلول درآن با استفاده ازغشاهای نیمه تراوا اطلاق می شود. این فرآیندها درسال های اخیر پیشرفت های زیادی داشته است. سابقه استفاده ازغشا برای صاف کردن به اوایل قرن بیستم باز می گردد. دردهه سوم قرن بیستم غشاها برای جداسازی، خالص سازی و یا غلیظ سازی محلول ها به ویژه سیال های حاوی میکرواورگانیسم ها مورد استفاده قرار گرفت. سیرتکاملی این پدیده با انجام پژوهش ها برروی ساخت انواع غشاها و شناخت فرآیند در طی زمان به گونه ای ادامه یافت که درحال حاضر این فرآیند یکی از شیوه های اصلی شیرین سازی آب محسوب می شود. فرآیندهای غشایی براساس اندازه کوچکترین ذره که تحت تاثیر نیروی فشاری از غشا عبور می کند به نام های زیر نامیده می شوند.



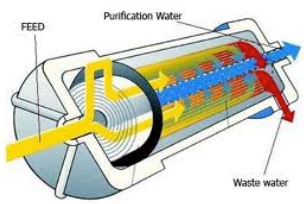
الف) میکروفیلتراسیون (Micro filtration)

ب) اولترافیلتراسیون (Ultra-filtration)

پ) نانو فیلتراسیون (Nano filtration)

ت) اسمز معکوس (Reverse osmosis)

در یک فرآیند غشایی به طور معمول دو فاز بوسیله فاز سوم که غشا می باشد، از یکدیگر جدا می گردند . غشا تعیین کننده پدیده انتقال جرم است.



- نفوذپذیری یا تراوایی(permeability)
- انتخاب گری یا گزینش پذیری(selectivity)

تمام موادی که به عنوان غشاء عمل می نماید دارای ویژگی عبور مواد مختلف به طور انتخابی هستند.

فرآیند غشایی دارای مزایای زیر می باشد:

- صرفه جویی نسبی در مصرف انرژی به دلیل عدم تغییر فاز.
- کاهش فضای مورد نیاز به علت کم حجم بودن مدول های غشایی.
- سریعتر بودن فرآیند به دلیل نازک بودن غشاء و بالا بودن سرعت انتقال جرم در آن.
- توانایی انجام در دمای پایین که مزیت بالایی برای محلولهای حساس به گرماست.
- پایین بودن هزینه سرمایه گذاری درمقایسه با روش تقطیری، MSF ،ED و ...
- سهولت درگسترش دادن سیستم.

۳ـ الکترو دیالیز (ED)

فرآیند الکترودیالیز بصورت تجاری از اوایل دهه ۶۰ یعنی حدود ۱۰ سال قبل از RO به بازار عرضه شد . طراحی و ساخت سیستم الکترودیالیز راه موثری برای کاهش هزینه در فرآیند نمک زدایی آبهای کم نمک ابداع کرد و در این زمینه موفقیت قابل ملاحظه ای بدست آورد.

فرآیند الکترودیالیز به اصول کلی زیر بستگی دارد:

- ✓ اکثر نمک های محلول درآب، به شکل یون بوده و بصورت مثبت (کاتیون) یا منفی (آنیون) باردار می گردند.
- ✓ آنیون ها بوسیله بارالکتریکی مخالف الکترود، جذب آنان می شود.
- ✓ غشا ها را می توان طوری ساخت که بصورت انتخاب شده عبور آنیون ها یا کاتیون ها را امکان پذیرکنند.

اجزاء محلول شده یونی در یک محلول نمکی مثل سدیم + ، کلرـ ، کلسیم ++ و کربنات ـ ـ در آب توزیع و بخش می گردند و بطور موثر بارهای منفرد خود را خنثی می کنند. وقتی الکترودها به یک منبع جریان مستقیم مثل باطری متصل گردند و در داخل یک ظرف حاوی محلول آب نمک قرار گیرند، جریان الکتریکی از میان محلول (الکترولیت) عبور می کند. در این حالت یون ها سعی می کنند به سمت الکترود با بار مخالف حرکت کنند.

۴ـ روش الکترولیز الکترو مغناطیسی (ECR) :

الکترولیز الکترو مغناطیسی روشی است که با ایجاد یک جریان زیاد الکتریکی به صورت DC باعث شکست و تجزیه یون ها و کاتیون های موجود در آب می شود. در این روش آب میان دو پلیت از جنس های آلومینیوم که دارای قطب آند و آهن که دارای قطب کاتد است عبور کرده و با اعمال جریان DC ذرات تشکیل دهنده هدایت الکتریکی (نمک های محلول در آب) تجزیه می گردند.

در حالت الکترولیز معمولی با اعمال انرژی الکتریکی DC به پلیت های فلزی، شاهد خوردگی زیاد (تجزیه) پلیت دارای بار الکتریکی مثبت خواهیم بود که آن را در واحد های آزمایشگاهی به اصطلاح "آند فدا شونده" می خوانند. در یک فرایند الکترولیز معمولی، سرعت خوردگی پلیت آند بسیار زیاد است. در حالت الکترولیز آب شور یا نسبتاً شور، جریان الکتریکی بسیار زیادی مصرف می شود. برای کاهش جریان الکتریکی مصرفی و همچنین کاهش چشم گیر سرعت خوردگی قطب آند (پلیت آلومینیومی) می توان از امواج الکترو مغناطیسی کمک گرفت.

امواج الکترو مغناطیسی در صورتی که به آب دارای نمک محلول القاء شود، جنبش ریز مولکولی ایجاد می نماید. این جنبش مولکولی در نمک های محلول در آب، باعث تجزیه راحت تر آنها به وسیله جریان های الکتریکی می گردد.

با اعمال انرژی الکترومغناطیسی به آب، افزایش جنبش مولکولی صورت پذیرفته و با عبور جریان کمتر از قطب های آند و کاتد، فرایند تجزیه املاح صورت می پذیرد و با عبور جریان کمتر از قطب ها، سرعت خوردگی نیز کاهش پیدا می کند.

به صورت کلی در گذشته یکی از روش های مرسوم کاهش شوری در آب، استفاده از الکترولیز بوده است که به علت مصرف انرژی نسبتاً بالا و سرعت زیاد خوردگی قطب ها، استفاده از آن توجیح پذیر نبوده است.

حال با کمک گیری از امواج الکترو مغناطیسی دو مانع فراروی استفاده از این روش برطرف شده و در دهه جاری، واحدهای مختلف صنعتی از این روش جهت کاهش شوری آب استفاده می نمایند.

در روش الکترولیز الکترو مغناطیسی آب نیازی به پیش فیلتراسیون نداشته و با مصرف تقریبی ۰.۸ تا ۱ کیلو وات انرژی به ازای هر متر مکعب آب، با راندمان تصفیه بالای ٪۹۷ عملیات شیرین سازی آب را انجام می دهد.

۵ ـ نمک زدایی انجمادی.

۶ ـ آب شیرین کن تبادل یونی.

به علت غیر صنعتی بودن مورد ۵ و خاص بودن شرایط مورد ۶ توضیحی در این خصوص ارایه نمی شود.

۷ ـ آب شیرین کن های ترکیبی:

- **آب شیرین کن ترکیبیMSF_RO**

این سیستم از ترکیب آب شیرین کن MSF با RO ساخته شده است. این ترکیب باعث می شود که آب شیرین کن RO با TDS نسبی کمتری کار کند و تعویض ممبران آن دیرتر اتفاق افتد. از این طریق عمر مفید ممبران از ۳ به ۵ سال افزایش پیدا کند و هزینه تعویض ممبران حدود ۴۰٪ کاهش می یابد. ویژگی اصلی این شیرین کن ها انعطاف پذیری در عملکرد، مصرف انرژی مخصوص کمتر، کوپلینگ بهتر با نیروگاه های حرارتی جهت تولید همزمان توان و آب شیرین می باشد.

آب شور در ابتدای ورود به سیستم به دو قسمت تقسیم می شود. سهمی وارد RO و مابقی وارد MSF می شود. محصول به دست آمده از MSF دارای خلوص بیشتری است. این دو محصول طوری با هم ترکیب می شوند که آب شیرین نهایی دارای TDS کمتر از ۵۰۰ باشد. (استاندارد سازمان جهانی سلامت W.H.O).

- **آب شیرین کن ترکیبی NF-MSF**

یک روش مناسب دیگر برای پیش تصفیه آب دریا استفاده از نانو فیلترها (NF) است. مزایای این روش کاهش و خارج کردن سختی های یونی Ca^{++} و Mg^{++} و SO_4^{--} و HCO_3^- از آب تغذیه است که رسوب زدگی در سطوح انتقال حرارت آب شیرین کن را کاهش می دهد. این موضوع باعث می شود که ماکزیمم دمای آب شور در آب شیرین کن های حرارتی و به تبع آن نسبت عملکرد افزایش یابد. آب دریا پس از پیش تصفیه واردNF می شود. در آنجا پس از دفع بسیاری از سختی ها یونی، وارد آب شیرین کن حرارتی MSF می- گردد. نتایج نشان می دهد که با این روش می توان ماکزیمم دمای آب شور را به ۱۳۰ درجه افزایش داد. زمان مورد نیاز جهت رسوب زدایی از سطوح انتقال حرارت آب شیرین کن به مدت ۱۲۰۰ ساعت افزایش می یابد.

- **آب شیرین کن ترکیبی NF-RO-MSF**

آب دریا پس از پیش تصفیه وارد NF می شود. در آنجا پس از دفع بسیاری از سختی های یونی وارد آب شیرین کن مکانیکی RO می شود. آب شور غلیظ شده (پساب خروجی) از RO وارد آب شیرین کن حرارتی MSF می شود و در نهایت معظل تلخ آب رفع می شود. لازم به توضیح است کاربرد روش MSF با داشتن منبع حرارتی (نیروگاه برق) توجیح پذیر است.

- **آب شیرین کن ترکیبی $R.O_{BW}$– Electrolysis Reactor :**

این سیستم از ترکیب آب شیرین کن الکترولیز الکترو مغناطیسی با $R.O_{BW}$ ساخته شده است. این ترکیب باعث می شود که آب شیرین کن الکترولیز الکترو مغناطیسی (ECR) حجم عمده مواد جامد محلول در آب را ابتدا گرفته و آب با TDS کمتر را جهت تصفیه نهایی در اختیار آب شیرین کن RO_{BW} قرار دهد.

حذف املاح محلول در آب به روش ECR تا میزان ۷ برابر نسبت به کمیت املاح محلول در آب ورودی انجام می پذیرد. سیستم های ECR با حذف قابل توجه املاح، پسابی با TDS بسیار پائین تر از آب شور دریا را تأمین می کنند.

با بکارگیری این روش، مزیت های قابل توجه زیر ایجاد می شود.

۱) افزایش راندمان شیرین سازی آب و تولید تلخ آب کمتر.

۲) کاهش انرژی مصرفی در فرایند شیرین سازی آب.

۳) کاهش استهلاک ناشی از شیرین سازی آب.

۴) افزایش عمر ممبران های دستگاه $R.O_{BW}$

۵) استفاده از دستگاه های R.O فشار پائین (Brackish water) به جای دستگاه های R.O فشار بالا (Sea water).

۶) تولید آب شیرین ارزان قیمت.

الکترولیز الکترومغناطیسی:

الکترولیز آب نمک :

در حالت عمومی زمانی که دو عدد الکترود آند و کاتد در محلول آب نمک قرار گیرد و جریان الکتریکی مستقیم از آن عبور کند، نمک محلول در آب که خود نقش الکترولیت برای الکترولیز را بازی می کند؛ شروع به تجزیه شدن می نماید و ترکیبات ذیل حاصل می شود:

- هیدروکسید منیزیم و آلومینیوم
- گاز کلر
- هیپو کلریت سدیم
- گاز هیدروژن
- آب

هیدروکسید آلومینیوم و منیزیم:

Aluminum (III) hydroxide یا همان هیدروکسید آلومینیوم با فرمول شیمیایی $Al(OH)_3$ و جرم مولی 78.00344 g/mol

به شکل ظاهری سفید جامد آمورف با دمای ذوب 300 °C و چگالی 2.4 g/cm³, solid با قابلیت انحلال در آب است.

واکنش ایجادی قابل وقوع در فرآیند الکترولیز جهت تولید هیدروکسید آلومینیوم در ذیل توضیح داده شده است.

$Al^{3+} + H_2O \rightarrow Al(OH)^{2+} + H^+$

$Al(OH)^{2+} + H_2O \rightarrow Al(OH)_2^{+} + H^+$

PH ↓

$Al(OH)_2^{+} + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + H^+$

$Al(OH)_3 + H_2O \rightarrow Al(OH)_4^{-} + H^+$

$Mg(s) + 2H2O(g) \rightarrow Mg(OH)2(aq) + H2(g)$

گاز کلر:

در دما و فشار استاندارد دو اتم کلر تشکیل مولکول ۲ اتمی کلر را می‌دهند. Cl_2 گاز سبز و متمایل زرد رنگی است که بوی قوی متمایزی دارد. (بوی سفید کننده) پیوند بین ۲ اتم کلر نسبتا ضعیف است، که مولکول را بسیار واکنش پذیر می‌کند. نقطه جوش آن در حدود ۳۴°C است. اما در دمای اتاق تحت فشار بالای اتمسفر می‌تواند مایع شود. کلر عنصری است از سری هالوژن‌ها (گروه ۱۷) کلر تقریبا با همه عناصر تشکیل ترکیب می‌دهد و ترکیبات کلریدها را می‌سازد و به وسیله الکترولیز محلول آبداری از کلرید سدیم، کلر تولید می‌شود. گاز کلر با بیشتر ترکیبات آلی واکنش می‌دهد قابل ذکر است نوع خالص این عنصر شیمیایی به شکل گازی دو اتمی و سبز رنگ می‌باشد. این عنصر جزئی از گروه هالوژنهای نمک ساز می‌باشد و به وسیله اکسایش، کلرید تولید می‌گردد. کلر گازی است به رنگ زرد مایل به سبز که تقریباً با تمامی عناصر به سرعت ترکیب می‌شود. در ۱ لیتر آب ۱۰ درجه، ۳,۱۰ لیتر و در آب ۳۰ درجه تنها ۱/۷۷ لیتر کلر حل می‌شود.

کلر عنصر شیمیایی مهمی در تصفیه آب، مواد گندزدا در سفید کننده به شمار می‌رود. همچنین کلر در ساخت طیف وسیعی از اقلام روزمره کاربرد دارد.

همانطور که اشاره شد به وسیله الکترولیز محلول آبداری از کلرید سدیم، کلر تولید می‌شود این عنصر در طبیعت فقط بصورت ترکیب با سایر عناصر و عمدتاً سدیم به شکل نمک طعام (NaCl) قابل دسترسی است . کلر آزاد شده در این فرآیند بر االثر مکانیسم تجزیه NaCl و و تامین انرژی، شکست پیوند قوی یونی آن صورت می پذیرد. که ان به شرح ذیل می باشد.

$2\ NaCl + H_2O \rightarrow Cl2+H2+2NaOH$

در خلال فرآیندهای انعقاد، ته نشینی و صاف کردن، تقریبا تمام مواد جامد معلق و اکثر مواد رنگی از آب جدا می شوند ولی طی این مراحل تعداد کمی از باکتریها را میتوان از آب جدا کرد. از بین بردن میکروبهای بیماریزاست که صرفا با تزریق کلر میسر می شود.

کلرزنی آب یکی از رایجترین روش‌های گندزدایی آب آشامیدنی است. در این فرآیند از گاز کلر (Cl_2)، هیپوکلریت سدیم (NaClO) استفاده می شود. کلرین یک اکسید کننده بسیار قوی است و این خاصیت اکسیدکنندگی قوی سیستم آنزیمی لازم برای ادامه حیات سلول را از بین می برد (به مجموع هیپوکلریت ClO^- و اسید هیپو کلریت اصطلاحا کلرین آزاد می گویند.) کلر بر باکتریها بسیار موثر است ولی بر گونه‌های خاصی از پروتوزوئرها از جمله کیست‌های ژیاردیا لامبلیا و ویروس‌ها اثر کمتری دارد. قابلیت اثر گذاری این اسید بستگی به PH دارد. کلر با آب به صورت زیر ترکیب می شود:

$Cl_2 + H_2O \rightarrow HClO + H^+ + Cl^-$

در PH بالا ClO^- کمتری تولید می شود. با حذف کامل مواد آلی موجود در آب قبل از عمل کلر زنی میتوان از تولید THMs جلوگیری کرد.

هیپو کلریت سدیم:

تولید هیپوکلریت سدیم از آب شور دریا دقیقا برابر همان روشی است که در تانک های نگهداری اب دریا بکار گرفته می شود.
روش تولید هیپو کلریت سدیم از آب دریا بر اساس فرایند الکترولیز صورت می پذیرد. بخش های این فرایند را می توان بصورت زیر خلاصه نمود.

- کاهش اولیه ذرات جامد معلق
- الکترولایزر برای تولید هیپوکلریت سدیم به کمک الکترولیز جزئی محتوی نمک سدیم ($NACl^-$ آب دریا)
- گاز شور برای گاز زدائی (خارج سازی گاز هیدروژن) از محلول تولیدی
- پمپهای توزیع محلول هیپوکلریت
- تجهیزات تمیزکاری و شستشوی شیمیایی الکترولایزر ها درمواقع لزوم

آب دریا در ورودی واحد بوسیله دو صافی که یکی در سرویس و دیگری بصورت آماده بکار بوده فیلتر می گـــردد. سپس وارد CELL های الکترولیتیکی (الکترولیز کننده) می شود. یـــک کنترلـر جریـان آب دریـا CELL ها را بصورت ثابت کنترل می نماید. فرآیند شیمیائی بر مبنای الکترولیز جزئی نمک سدیم (NACl) محتوی آب دریا صورت می گیرد.

مقدار هیپوکلریت سدیم تولید شده مستقیماً با مقدار جریان الکتریکی گذرانده شده از داخل الکترولایزرها متناسب می باشد.

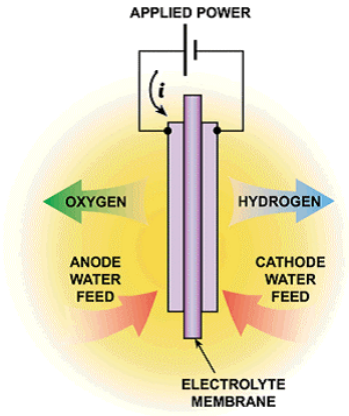
واکنش در آند : $2\ Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2\ (g)} + 2e$

واکنش در کاتد : $2\ H^+ + 2OH^- + 2e \rightarrow H_{2\ (g)} + 2OH^-$

واکنش کلی : $NaCl_{(aq)} + H_2O + Electrolysis \rightarrow NaOCl\ (HOCl) + H_{2\ (g)}$

گاز هیدروژن:

در الکترولیز آب جریان برق از میان محلولی که شامل آب و الکترودها می باشد، عبور می کند. مطابق ترسیمی طرز کار دستگاه الکترولیز به این صورت است که قطب منفی منبع تغذیه به کاتد (الکترود منفی) و قطب مثبت آن به آند (الکترود مثبت) متصل می- شود.در الکترود آند تمایل به جذب الکترونها وجود دارد. آب دارای هدایت الکتریکی پایینی برای عبور جریان الکتریکی می باشد، به این خاطر برای افزایش هدایت الکتریکی در فرایند الکترولیز به آن الکترولیت اضافه می کنند.



مولکولهای آب در اطراف الکترود کاتد به یونهای OH^- و H^+ تفکیک می شود و مقدار مولکولهای آب در اطراف کاتد کاهش می یابد و غلظتOH بالا می رود . انتظار می رود که مولکول آب به یک یونH^+ و یک یون OH^- تفکیک شود. اما این اتفاق رخ نمی دهد برای اینکه اتم اکسیژن دارای الکترونگاتیوی بیشتری نسبت به اتم هیدروژن می باشد.

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

بنابراین این مسئله باعث می شود که سطح بیرونی کاتد کاملا" توسط یونهای هیدروکسید پوشیده شود اما یونH^+ فاقد پروتون می- باشد و تلاش زیادی کرده تا یک الکترون گرفته و بصورت یک اتم هیدروژن در می آید:

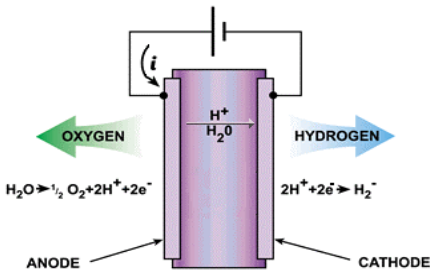
$$H^+ + e \rightarrow H$$

این اتم هیدروژن با اتم هیدروژن دیگری برخورد کرده و تشکیل یک مولکول گاز هیدروژن را می دهد و این مولکول گاز هیدروژن بصورت حبابهایی از سطح آب خارج می شود:

$H+H \rightarrow H_2\ (g)$

در عین حال یونهای هیدروکسید(OH^-) به سمت آند مهاجرت کرده و به سطح آند می رسند. آند الکترونهای اضافی را که یونهای هیدروکسید از هیدروژن گرفته بود، را پس می گیرد و یون هیدروکسید مجددا با سه مولکول هیدروکسید دیگر تشکیل یک مولکول گاز اکسیژن و دو مولکول آب می دهد. مولکول اکسیژن پایدار بوده و بصورت حبابهایی به سطح آب می آید.

$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e$



$H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^-$ واکنش در آند

$2H+ + 2e- \rightarrow H_2$ واکنش در کاتد

لازم به ذکر است محلول تولیدی پس از ورود به تانکهای ذخیره جهت تفکیک و خارج سازی گازهای جانبی با هوا رقیق شده و بصورت مخلوط غیــر قابل انفجار درآمده و سپس وارد اتمسفر می گردد. (ماکزیمم هیدروژن مجاز بایستی کمتر از یک درصد حجمی باشد).
همچنین حباب های گاز هیدروژن تولید شده درکاتد نیز به ذرات منعقد شده چسبیده و همانند روش شناورسازی با هوای محلول ذرات را با خود به سطح آب می‌آورند.

واکنش هایی که محصولات جانبی آن نیز هیدروژن می باشد به شرح ذیل است :

$2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$

$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_{2\,(g)}$

Cathode: $3H_2O_{\,(l)} + 3^{e-} \rightarrow {}^3/_2\, H_{2\,(g)} + 3OH^-_{\,(aq)}$

$2\ NaCl + 2H_2O \rightarrow Cl_2 + H_2 + 2NaOH$

به علت ساده بودن فرایند و واکنش تولید آب، از انشا آن صرف نظر می شود.

تاریخچه ECR:

استفاده از دستگاه الکترولیز به منظور کاهش املاح موجود در آب دارای قدمت تقریبی ۳۰ ساله است. برای اولین بار محققین کشور آلمان، شرکت Prominent اقدام به طراحی دستگاه مذکور نمودند. این دستگاه با استفاده از جریان های الکتریکی باعث تجزیه شدن یا باردارشدن املاح محلول در آب شده و بدین صورت تصفیه و پالایش آب صورت می پذیرد.

تصویر دستگاه الکترولیز الکترو مغناطیسی ساخته شده توسط شرکت Prominent آلمان

نمونه دستگاه صنعتی

نمونه دستگاه آزمایشگاهی

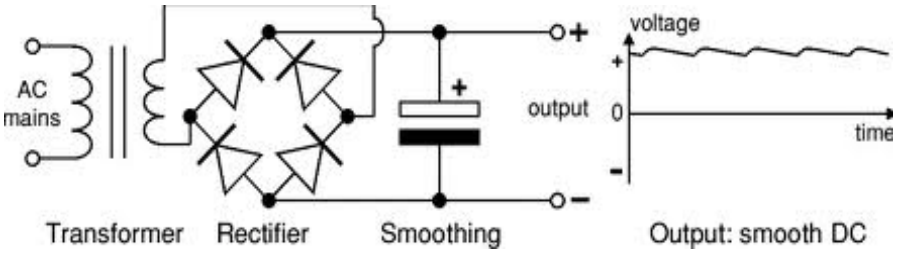
بعد از کشور آلمان، محققین و صنعت گران کشورهای مختلف بر آن شدند تا نسبت به تجاری سازی این دستگاه اقدام نمایند. در حال حاضر بیش از ۸ کشور و ۴۰ شرکت اقدام به تولید این مکانیزم نموده اند. این روش از سال ۱۹۹۰ میلادی در اروپا به عنوان سیستم گندزدایی اصلی مطرح و کاربردی شده است. قابل توجه است که این روش در چند سال گذشته در استان های لرستان، مرکزی و ایلام به عنوان واحد گندزدای اصلی آب نصب و در حال بهره برداری می باشد.

تعریف ECR:

کلمه ECR برگرفته از عبارت لاتین Electrolysis Coagulation Reactors می باشد. همان گونه که از نام روش استنباط می شود، کارایی دستگاه، کاهش هدایت الکتریکی محلول در آب می باشد. عموماً نمک های محلول در آب بالاترین عامل ایجاد هدایت الکتریکی می باشند. به عبارتی دیگر با حذف تقریبی نمک ها از آب به روش های مختلف، می توان EC (هدایت الکتریکی) را کاهش داد.

دستگاه ECR با طراحی منحصر به فرد خود و با بهره گیری از آخرین تکنولوژی های روز دنیا بر پایه تجزیه و انعقاد الکتروشیمیایی، نمک های محلول در آب را حذف به عنوان لجن از سیستم خارج می کند.

ECR برای انجام کار نیاز به انرژی الکتریسیته دارد تا بتواند با اعمال فرایند کاهش ولتاژ، افزایش قدرت جریانی و تغییر در نوع جریان، شکست و تجزیه نمک ها را در پی داشته باشد.

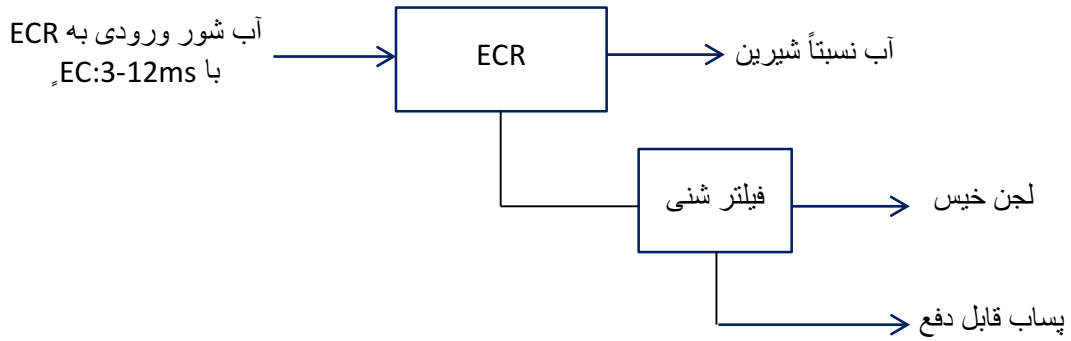


در حالت کلی به وسیله دستگاه ECR می توان آب های شور را تا میزان ۷ الی ۱۰ برابر شیرین سازی نمود. این شیرین سازی با راندمان بالای ۹۷٪ می باشد.

همان گونه که در فصل های گذشته این پروپوزال مشروح شد، اهمیت عدم تولید تلخ آب و یا دفع آن بسیار زیاد است. این موضوع تا حدی مهم است که در حال حاضر در منطقه ساحلی خلیج فارس و جزیره کیش برای احداث واحدهای آب شیرین کن RO_{SW} با ظرفیت بالا، در صورت عدم راه حل مناسب برای تصفیه و دفع تلخ آب، مجوز احداث و بهره برداری برای سرمایه گذاران صادر نمی شود.

ECR با تجزیه نمک ها و تولید لجن جامد، کمتر از ۲٪ پساب تولید می کند. پساب تولید شده اندک دستگاه، بدون شوری بوده و مخرب محیط زیست نمی باشد. توانایی دستگاه ECR برای کاهش نمک ها تا حدود ۷ الی ۱۰ برابر نسبت به آب ورودی می باشد.

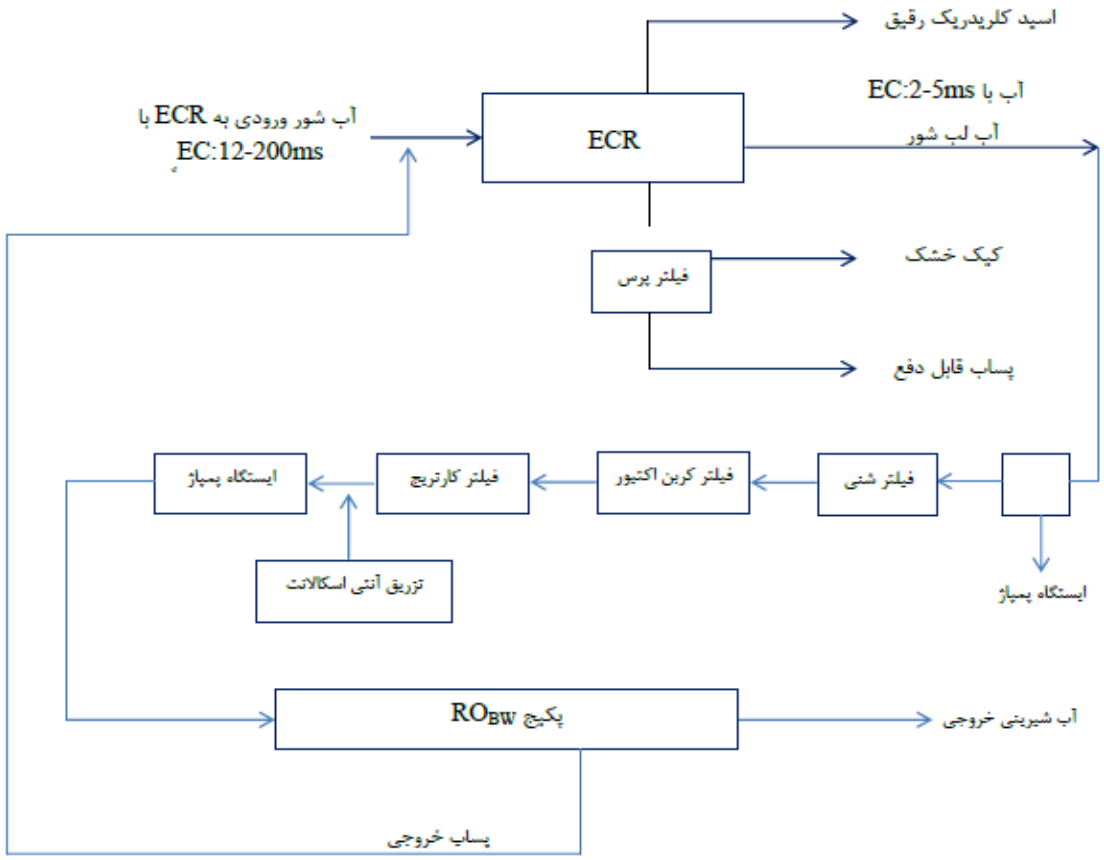
این موضوع حاکی از این است که در صورت استفاده از دستگاه ECR در منطقه ساحلی خلیج فارس یا جزیره کیش، آب خروجی از سیستم ECR تقریباً دارای 8000µs هدایت الکتریکی (EC) می باشد.



با ورود آب با غلظت نمک پائین به دستگاه $R.O_{BW}$، می توان با راندمان بالا و با هزینه بسیار پائین، آب مورد نظر را تأمین نمود.

در صورت نیاز به آب کشاورزی، آب نما و . . . (بجز موارد بهداشتی و شرب) می توان مستقیم آب خروجی دستگاه ECR را مصرف نمود.[1]

با توجه به بالا بودن میزان نسبی املاح محلول در آب خروجی دستگاه ECR ، استفاده آن برای مصارف بهداشتی و شرب پیشنهاد نمی گردد. لذا توصیه می شود برای تولید آب شیرین بهداشتی، آب خروجی دستگاه ECR از دستگاه $R.O_{BW}$ عبور کند.

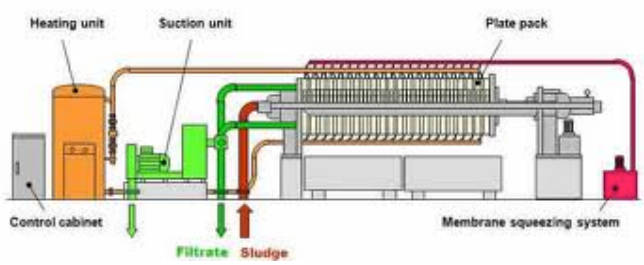


لجن خروجی از ECR، به همراه میزان کمی از آب وارد یک دستگاه جانبی به نام فیلتر پرس می شود. این دستگاه کلیه لجن موجود در آب (نمک های تجزیه شده) را حذف و به صورت کیک خشک که زباله خشک تلقی می شود، خارج می سازد.

حال با خروج این کیک تقریبا خشک از دستگاه، معضل بزرگ تلخ آب و راه کارهای دفع آن برطرف و از پیش رو برداشته می شوند.

---

[1] جهت بررسی علمی دقیق و سلامت آب خروجی ECR که به صورت مستقیم برای کشاورزی مورد استفاده واقع شود، نمونه آب به آزمایشگاه های معتبر ارسال شده و با اخذ مجوز و تأیید سلامت آب برای کشاورزی، پیشنهاد فوق اعلام گردیده است.



تصویر دستگاه فیلتر پرس

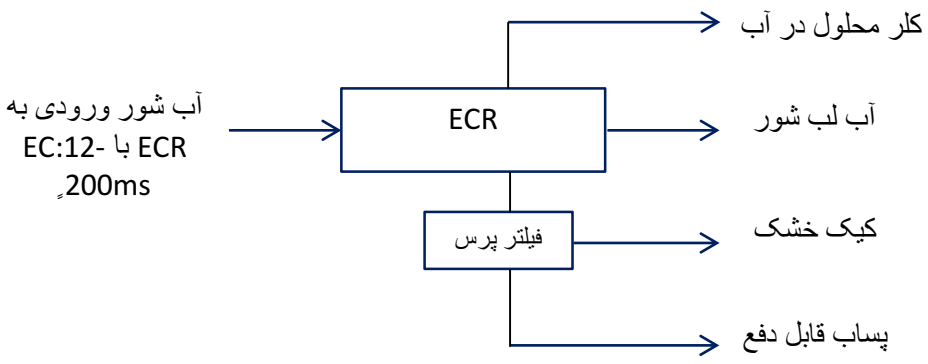
در فرایند شیرین سازی آب با دستگاه ECR، بخشی از املاح که در ترکیب مولکولی خود، گازها را جای داده اند، تولید گاز می نمایند.

(مانند نمک طعام NaCl) که با تجزیه این نمک، گاز کلر از دستگاه خارج می شود.

کلر ماهیتا گازی سمی بوده که تنفس و لمس آن بشدت منع گردیده است. در هنگام کار دستگاه ECR، گاز کلر آزاد می شود. به علت سمی بودن و تأثیر مخرب گاز، در دستگاه یک واحد گاز شوی تعبیه شده است. دستگاه گاز شوی تمامی گاز کلر آزاد شده از فرآیند را در آب حل نموده و باعث تولید کلر محلول در آب می شود. با محلول اسیدی تولیدی، اولا گاز کلر به محیط وارد نمی شود و دوما با تولید HCl (اسید کلریدریک) رقیق، مقداری از نیاز مجموعه به این ماده جرم زدا و گندزدا بر طرف می گردد. الباقی اسید تولیدی قابلیت فروش خواهد داشت.

نکته مهم این است که با توجه به قوانین سازمان محترم محیط زیست و استاندارد تدوین شده مبنی بر میزان مجاز کلر آزاد در هوا، در دستگاه های کوچک (با ظرفیت تولید پایین) و یا برای آب هایی که شوری کمی دارند (میزان نمک NaCl و MgCl کمتر از 8000ppm باشد) واحد گاز شور در سیستم به صورت Optional (اختیاری) خواهد بود و به علت مجاز بودن میزان کلرتولیدی، الزام به استفاده از آن وجود ندارد.

به صورت کلی با ورود آب شور به دستگاه ECR، محصولات و موارد ذیل از دستگاه خارج می شوند.



مبانی عملکرد:

در فرایند الکترولیز آب حاوی نمک محلول با جریان مستقیم، کاملاً مشخص است که هرچه سطح تماس پلیت‌ها (کاتد و آند) با الکترولیت (آب نمک) بیشتر باشد، راندمان بالاتری از الکترولیز نیز حاصل می‌گردد، و دلیل آن تماس مؤثر و بیشتر بین مواد معلق، توده‌های کلوئیدی، محلول و میکرو حباب های گازهای الکترولیتی که از سطح الکترود آزاد می‌شود، می‌باشد. روشهای متعددی در سالهای اخیر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است که از این میان می‌توان به فرآیند انعقاد و شناور سازی الکتریکی که به عنوان یک نوآوری قابل توجه در صنعت آب و فاضلاب، مطرح می‌باشد اشاره کرد. امروزه تکنیک الکتروشیمیائی یک ابزار فرآیندی مهم جهت جداسازی و کنترل انواع آلاینده‌ها شده است. تکنولوژی‌های الکتروشیمیایی، مزایای متعددی دارند که مهمترین آنها عبارتند از: سازگاری با محیط زیست، کاربرد چند منظوره، بازدهی انرژی بالا، ایمن بودن فرایند، انتخاب گری عناصر در هنگام کار، سازگار با ماشینی شدن (اتوماسیون کامل)، سادگی و ارزانی نسبی در مورد مکانیسم است.

باید گفت الکترولیز یک واحد فرآیندی است که تغییرات شیمیایی در آن ناشی از واکنش انتقال الکترون از میان سطح مشترک محلول و الکترود می‌باشد. جریان الکتریکی بوسیله جریان الکتریسیته مستقیم تأمین می‌شود و ولتاژ کاربردی بین دو الکترود در یک سلول، واکنش را به پیش می برد.

مکانیسم‌های اصلی الکترولیز برای تصفیه پیشرفته به شرح زیر می‌باشد:

۱) اکسیداسیون و گندزدایی الکتروشیمیایی

۲) فلوکولاسیون الکتروشیمیایی

۳) شناورسازی و جداسازی ذرات.

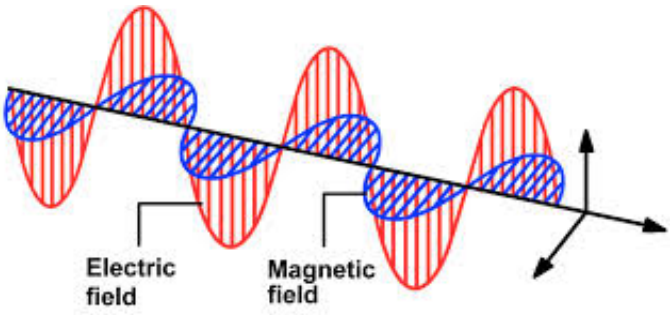
این فرآنید از طریق کاربرد جریان مستقیم برق با ولتاژ بین ۳ تا ۶۰ ولت و شدت جریانهای متغیر که بسته به میزان آلودگی پساب تعیین می‌شود با استفاده از الکترودهایی از جنس آلومینیم، آهن معمولی، فولاد ضد زنگ و یا ذغال صورت می‌گیرد.

در فرایندهای الکترولیز، همانگونه که در فرمول های ذیل اشاره شده است، الکترود آند (قطب آند) با فرایند خوردگی مواجه می شود. سرعت خوردگی الکترود آند به عوامل ذیل بستگی دارد.

- جریان عبوری از الکترود.
- سطح الکترود
- میزان هدایت الکتریکی الکترولیت
- فاصله خطی الکترود آند از کاتد
- ولتاژ تغذیه الکترود
- نوع جریان عبوری از الکترولیت

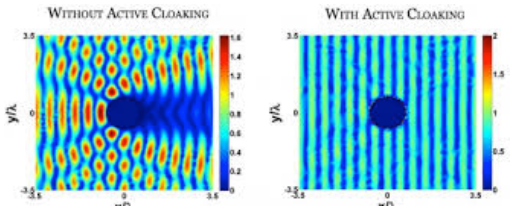
در صورتی که هدف از الکترولیز کاهش نمک های محلول در آب باشد، می بایست برای تامین انرژی غالب بر انرژی پیوند مولکولی نمک ها، چگالی جریان را در بالاترین سطح لازمه حفظ کرد. این امر خود بیانگر این است که مواردی نظیر جریان عبوری از الکترود و نوع آن باید با در نظر داشتن سطح ولتاژ با مساحت الکترود و فاصله آنها از یکدیگر در یک نسبت کمیتی باشند. زیرا که تغییر در هر یک از پارامترهای فوق، تغییر چگالی جریان را به دنبال دارد.

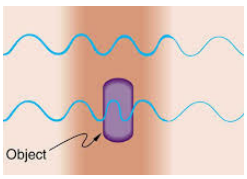
بالا بودن پیوسته و مداوم چگالی جریان در فرایند الکترولیز، سرعت خوردگی الکترود آند را به شدت افزایش می دهد. سرعت خوردگی بالا، عمر سیستن را به شدت کاهش می دهد. کوتاه بودن عمر الکترود آند با توجه به قیمت آن، سبب شده است تا این سیستم از بعد توجیح پذیری اقتصادی در زیر ذره بین طراحان قرار گیرد.



امروزه در فرایند الکترولیز از امواج الکترومغناطیسی جهت افزایش جنبش مولکولی استفاده می شود. این امواج به عنوان انرژی کمکی بر روی موج اصلی جریان الکتریکی حمل و به الکترولیت (آب نمک) منتقل می شود.

با اعمال امواج الکترومغناطیسی به آب نمک، جنبش مولکولی زیادی در نمک ها ایجاد می گردد.





افزایش جنبش مولکولی سبب می شود که با کاهش چگالی جریان باز هم بتوان بر انرژی پیوند مولکولی املاح موجود در الکترولیت غلبه نمود و نهایتا سبب کاهش مصرف انرژی الکتریکی در فرایند الکترولیز گردید. با کاهش مصرف انرژی الکتریکی، کاهش اکسیداسیون آند (خوردگی) صورت می پذیرد.

واکنشهای انجام شده درآند و کاتد به قرار زیر می‌باشد :

(1) $M \rightarrow M^{n+} + ne$

(2) $2H_2O + 2e \rightarrow 2OH^- + H_2$

در مـورد فلز آلومینیم که کلیـه آزمایشـات نهـایی در این تحقیق پس از آزمایشات اولیه با آن انجام شده است واکنش زیر قابل وقوع است:

(3) $Al^{3+} + H_2O \rightarrow Al(OH)^{2+} + H^+$

(4) $Al(OH)^{2+} + H_2O \rightarrow Al(OH)_2^+ + H^+$

(5) $Al(OH)_2^+ + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + H^+$

(6) $Al(OH)_3 + H_2O \rightarrow Al(OH)_4^- + H^+$

میزان انحلال فلزات و در نتیجه تجزیه فلز آند بستگی به مقدار جریان الکتریسیته عبوری از الکترولیت دارد و از قانون فاراده تبعیت می‌کند.

یون های آلومینیم ایجاد شده به سه طریق باعث انعقاد مواد می‌شوند:

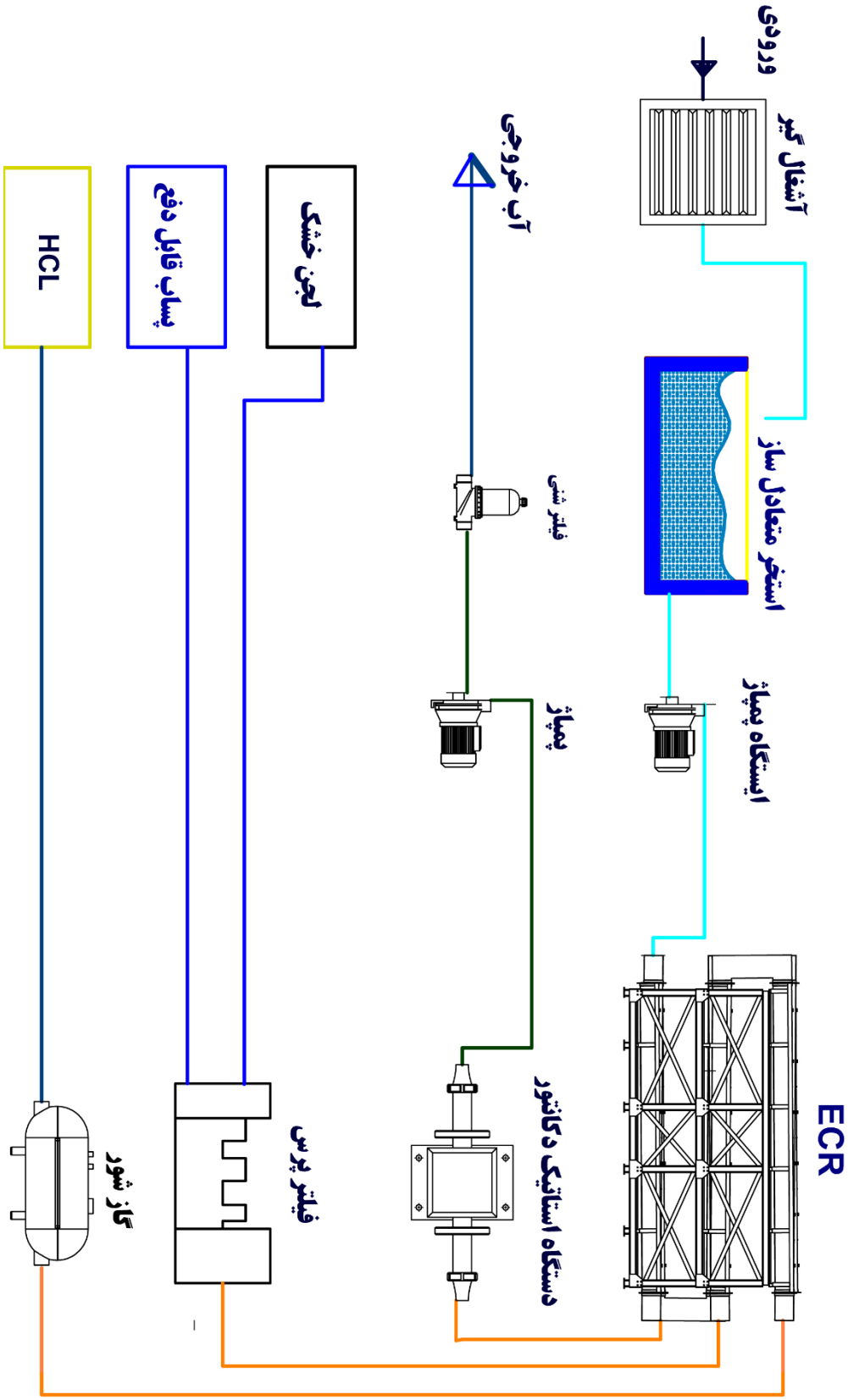
۱) فشرده شدن لایه دوبل الکتریکی

۲) تجمع ذرات از طریق خنثی سازی در محیط الکترولیت

۳) ایجاد پل بین ذرات و تشدید فرآیند انعقاد جاروبی

حباب های گاز هیدروژن تولید شده درکاتد نیز به ذرات منعقد شده چسبیده و همانند روش شناورسازی با هوای محلول ذرات را با خود به سطح آب می‌آورند.

دیاگرام شماتیک اولیه سیستم :



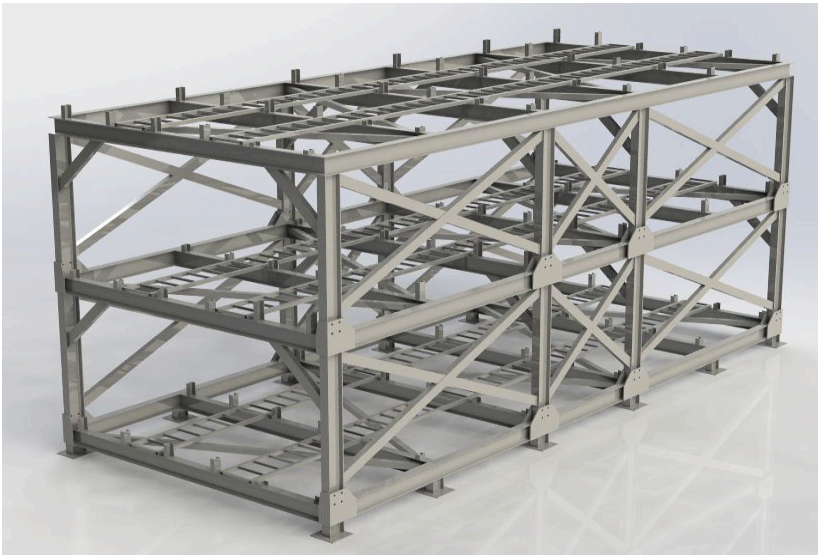
اجزاء دستگاه ECR:

دستگاه ECR از قسمت های اصلی زیر تشکیل شده است:

۱) سازه مکانیکال.
۲) داکت های عبوری آب شور.
۳) پلیت های آند و کاتد.
۴) باس بارهای الکتریکی.
۵) ترانسفورماتور تولید جریان و رکتیفایر مربوطه.
۶) تولید کننده امواج الکترو مغناطیسی.
۷) گاز شور.
۸) فیلتر پرس.

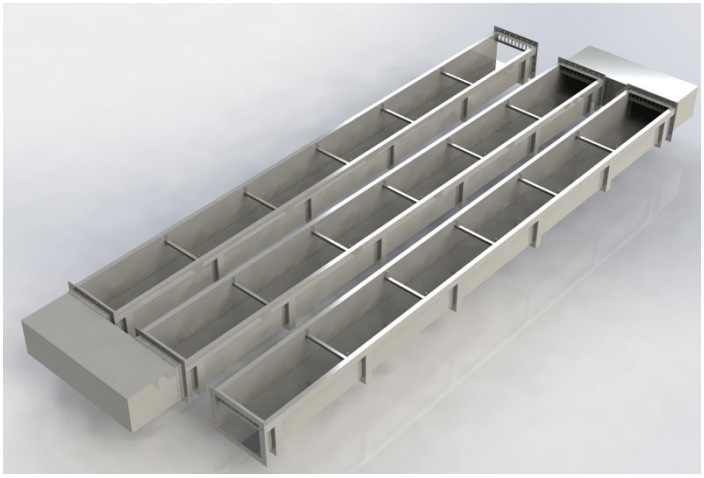
سازه مکانیکال:

با توجه به عظمت دستگاه ECR و وزن تقریباً زیاد آن، نیاز به یک استراکچر فلزی می باشد. این استراکچر باید توانایی و تحمل وزنی و استقرار داکت های انتقال آب، باس بارها، پلیت های کاتد و آند و . . . را داشته باشد. عموما این سازه از جنس فولاد ساخته می شود. پوشش دستگاه از رنگ های مخصوص ضد اسید می باشد. لازم به ذکر است که دستگاه هایی که در مناطق مرطوب نصب می شوند؛ می بایست از فولاد ضد زنگ ساخته شوند.



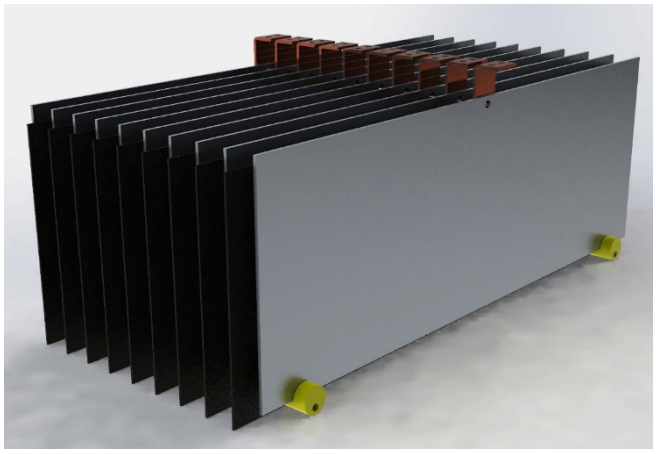
داکت های عبوری آب شور:

با توجه به ظرفیت آب دهی هر دستگاه (دبی آب)، ابعاد کانال های عبوری آب تغییر می کند. کانال ها عموماً به شکل مستطیل بوده و دارای طول ۴ الی ۶ متری می باشد. جنس کانال ها می بایست از آهن معمولی باشد. علت انتخاب این متریال، خاصیت عنصر آهن و محدود کاربرد آن (کاتد الکترولیز-) می باشد. پوشش بیرونی داکت ها با رنگ های مخصوص ضد اسید کوتینگ می شود.



پلیت های آند و کاتد:

فرایند الکترولیز به واسطه عبور الکترولیت (آب شور) از بین دو صفحه رسانای الکتریکی (یکی آلومینیوم و دیگری آهن) ایجاد می شود. در دستگاه ECR از پلیت آلومینیومی به عنوان آند و از پلیت آهنی به عنوان کاتد استفاده می شود. ابعاد پلیت ها با توجه به ظرفیت دستگاه ها متغیر است. این پلیت ها به اندازه ۳/۲ سطح، در محلول الکترولیت مستغرق می شوند.



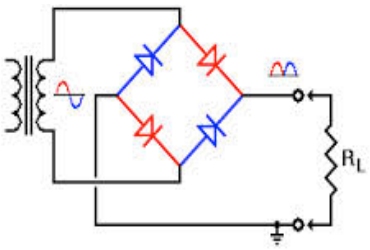
باس بارهای الکتریکی:

از آنجایی که در فرایند الکترولیز، جریان های عبوری از الکترولیت دارای کمیت بالایی هستند، انتقال این میزان انرژی از طریق کابل معمولی میسر نمی باشد، لذا استفاده از باس بارهای خاص با شمش های آلومینیومی و مسی جهت انتقال جریان به آند و کاتد الزامی است. این بخش از دستگاه از حساسیت خاصی برخوردار می باشد.

ترانسفورماتور تولید جریان و رکتیفایر مربوطه:

فرایند الکترولیز نیاز به جریان های بالای DC با سطح اختلاف پتانسیل کم دارد. بدین منظور در بخش صنعت از دستگاه های به نام ترانسفور ماتور استفاده می کنند. ترانسفور ماتور ها عموماً از بعد تغییر ولتاژ در سه حالت افزاینده، کاهنده و یا یک به یک ساخته می- شوند.

در دستگاه ECR از ترانسفورماتورهای کاهنده ولتاژ استفاده می شود. ولتاژ ورودی این ترانسفورماتورها عموماً 380 V و از شبکه سه فاز می باشد. میزان نمک محلول در آب ورودی به دستگاه و کمیت آن (دبی آب) تعیین کننده سطح ولتاژ خروجی ترانسفورماتور می باشد. در دستگاه ECR عموماً ولتاژ خروجی بین 60 V ~ 3 است. به منظور یکسو سازی (DC) از رکتیفایرهای صنعتی استفاده می شود. این رکتیفایرها موج AC ولتاژ و جریان خروجی ترانسفورماتور را تبدیل به موج DC می کنند.



تولید کننده امواج الکترو مغناطیسی:

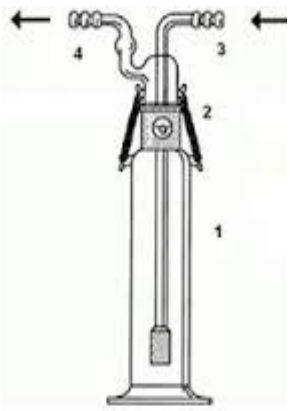
همانگونه که توضیح داده شد، در دستگاه ECR جهت کاهش مصرف انرژی و بالا بردن عمر الکتردها از مدولاتور فرکانس استفاده می- شود.

این مدولاتور طیفی از موج الکترومغناطیسی را به صورت Carrier بر روی موج ولتاژ و جریان انرژی الکتریکی اصلی سوار می کند. این موج پس از خروج از مدولاتور توسط باس بار به پلیت های آند و کاتد منتقل می شود.

گاز شوی:

به منظور عدم انتشار گازهای متصاعد شده حین فرایند الکترولیز در محیط، کاورهای مخصوصی بر روی داکت های انتقال آب نصب می شوند که موظف هستند گازهای محیطی را به دستگاه گازشوی هدایت کنند. عموماً این کاورها از جنس پلیمری یا شیشه ای می باشند.

دستگاه گازشوی، گازهای خروجی از دستگاه (کلر) را در حلال (آب) حل می کنند. این دستگاه ها عموماً دارای راندمان بالای 90%می باشند.



فیلتر پرس:

به منظور آب گیری کامل از لجن تولیدی توسط دستگاه ECR (نمک هایی که تجزیه شده و ته نشین می شوند لجن نام دارند) از دستگاه فیلتر پرس استفاده می شود. فیلتر پرس ها قادر هستند آب لجن ورودی را به کیک تقریباً خشک تبدیل کنند.

تابلو کنترل دستگاه:

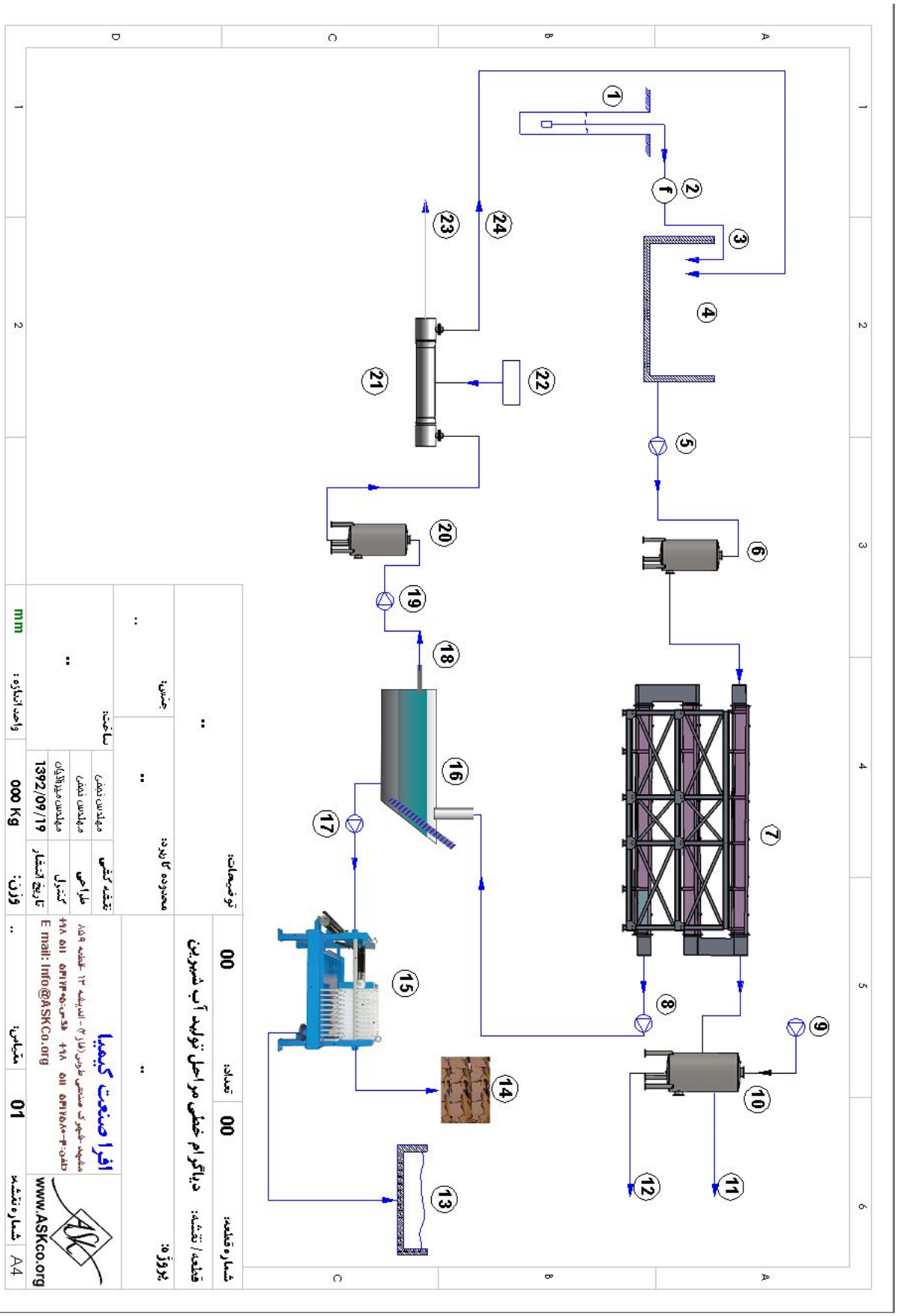
تمامی تجهیزات و ملحقات دستگاه های طراحی و ساخته شده مجهز به سیستم کنترل و اتوماسیون پیشرفته و هوشمند می باشد. در این سیستم از پردازنده های مرکزی صنعتی (PLC) بمنظور کنترل تمامی پارامترها و تحلیل لحظه ای انها استفاده می شود. با بهره گیری از این پردازنده ها، خطاهای احتمالی اپراتوری و نگهداری به حداقل ممکن خواهد رسید.

همچنین به منظور مانیتورینگ فرایند و بهره برداری راحت سیستم تمامی قسمت های دستگاه ها بر روی پنل لمسی و رنگی سیستم مشاهده و کنترل می گردد.

از مزایای سیستم کنترلی مذکور می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ثبت تمامی پارامترها و خطاها
- ارسال تمامی اطلاعات بهره برداری، نگهداری و شوری آب ورودی و خروجی بصورت انلاین بر روی اینترنت
- کنترل و تحلیل هوشمند پارامترها و فیدبک به تجهیزات برای رسیدن به راندمان بهینه
- اپراتوری راحت سیستم
- عیب یابی هوشمند تجهیزات و ملحقات
- کنترل تمامی تجهیزات بصورت دستی و اتومات – از راه دور و لوکال
- و ...

معرفی اجزا و دستگاه ها:



1. Submersible pump
2. Azud Filter
3. Piping
4. Brine Storage tank
5. Centrifugal pump
6. Sand filter
7. ECR Machine
8. Centrifugal Brackish water pump
9. Air compressor
10. Intermix
11. HCl
12. Drain
13. Drain
14. Dry cake
15. Filter press
16. Static Decanter
17. Sewage pump
18. Brackish water outlet
19. Brackish water pump
20. Sand filter
21. $R.O_{BW}$
22. Additive
23. Pure Water Outlet
24. Sewage Outlet