

بهینه سازی مصرف انرژی ازن ساز و پلاسما ساز در رنگبری و گندزدایی آب

محمدحسین مصطفوی^{۱*}، عبدالرضا کرباسی^۲، مریم پاژکی^۳

۱. دانشجوی دکترای سیستم انرژی دانشکده پردیس بین الملل دانشگاه تهران، تهران

۲. دانشیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، تهران

۳. استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، تهران

چکیده

زمینه و هدف: کاربرد ازن در تصفیه آب و پساب و صنایع بهداشتی و غذایی به دلیل سازگاری با محیط زیست روند تصاعدی یافته است. ازن که مولکول سه اتمی اکسیژن می باشد یک اکسیدان قوی و رادیکال آزاد ناپایدار است که سریعاً با دیگر مواد ترکیب میشود و یا پس از واپاشی، به اکسیژن تبدیل میگردد. تولید ازن با الکتروسیته ساده میباشد ولی چالش اصلی هزینه بالای برق مصرفی ازسازها میباشد هدف در این تحقیق طراحی و ساخت دستگاههای ازساز با مصرف برق کمتر بوده است.

روشها: در این تحقیق پس از شبیه سازی کامپیوتری اقدام به ساخت انواع ازسازها و پلاسماسازها با رویکرد کاهش مصرف انرژی گردید. از آنجایی که تمامی این تجهیزات از سه جزء، مدارات افزایش فرکانس و ترانسهای افزایش ولتاژ و راکتوری بر مبنای تخلیه الکتریکی در گاز تشکیل شده اند، پس از طراحی و شبیه سازی جداگانه هر سه قسمت، اقدام به ساخت یک دستگاه کامل پایلوت، جهت رنگبری و ضدعفونی آب گردید.

نتایج: با ساخت دستگاه ازن ساز که مصرف برق در حد یک لامپ کم مصرف ۳۰ وات دارد و با تزریق ۵ دقیقه ای ازن این دستگاه به آب با آلودگی رنگی متیلن بلو به عنوان شاخص آلودگی رنگ و با آلودگی میکروبی اشرشیاکالای به عنوان شاخص آلودگی میکروبی، ضمن رنگبری، ۹۹٪ میکروبوکشی در آب نیز حاصل گردید.

نتیجه گیری: برای تولید ازن از پلاسما سرد، ساخت یکپارچه و بهینه سازی همزمان مدار و ترانس و راکتور انجام گردیده است با توجه به اینورتر فرکانس بالای طراحی شده در این تحقیق، راکتور تولید ازن در دمای کمتری کار میکند.

کلید واژه ها:

گندزدایی آب، ازن،

پلاسما

تمامی حقوق نشر برای

دانشگاه علوم پزشکی

تربت حیدریه محفوظ

است.

مقدمه

علیرغم مقدار قابل ملاحظه آب که ۷۰٪ سطح زمین را پوشانده است، ورود آلاینده های میکروبی و رنگ به منابع آبی، که با فعالیت های صنعتی انسان مدرن، نسبت مستقیم دارد، باعث کاهش شدید آب سالم گردیده و تهدیدی بزرگ برای محیط زیست و سلامت انسان محسوب می گردد. آینده پژوهی در حوزه آب بیشتر معطوف به کمبود آب و بحرانهای سیاسی امنیتی ناشی از آن شده است (۱).

حذف آلاینده هایی که باعث بیماری انسان می شوند و حذف آلاینده هایی که بو، رنگ و مزه آب را برای انسان نامطلوب می کنند دو دلیل اصلی تصفیه آب میباشند و از طرفی هدف از تصفیه فاضلاب در جوامع امروزی علاوه بر جلوگیری از آلودگی محیط زیست و بروز خطرات بهداشتی، تامین یک منبع آب دائمی و مطمئن جهت مصارفی مانند صنعت و کشاورزی می باشد (۲). استاندارد این نوع آبهای بازیافتی یا خاکستری^۱ از منظر آلودگی میکروبی دارای اهمیت است و معمولاً با شاخصهای کل کلیفرم و کلیفرمهای مدفوعی سنجیده میشود (۳). از این دسته، باکتری اشریشیاکلی، شاخص میکروبی آلودگی آب و مواد غذایی محسوب می گردد و وجود آن در آب آشامیدنی و مواد غذایی نشانگر آلودگی این مواد به پاتوژنهای روده ای می باشد و در نقاط مختلف جهان سبب بروز عفونت ها و مسمومیت های غذایی ناشی از آلودگی به اشریشیاکلی میباشند. حذف آلودگی های میکروبی بیشتر در مرحله نهایی گندزدایی از فرآیندهای تصفیه آب و پساب پوشش داده میشود (۴). از طرفی رنگها جزء اولین آلاینده هایی هستند که در آب تشخیص داده می شوند و یکی دیگر از منابع آلودگی آب، نشت پساب و آبهای سطحی و سرگردان حاوی رنگ و حلال های رنگی صنعتی جدید است (۵).

حلقه های شش ضلعی بنزنی در رنگ های مصنوعی^۲ (۶)، عطرها (۷)، محصولات پتروشیمی و آفت کشها (۸)، آنتی بیوتیکها (۹) و مواد مخدر وجود دارند (۱۰) که با نفوذ آنها

به منابع آبی مخاطراتی را ایجاد می نمایند. لذا استفاده از روش های مناسب دوستدار محیط زیست به منظور حذف این آلاینده ها از آب و پساب ضروری است. هرچند تصفیه بیولوژیکی به عنوان بهترین و اقتصادی ترین روش تصفیه شناخته می شود، ولی توانایی حذف عوامل میکروبی و تصفیه آلودگی رنگهای محلول در آب با ساختار آروماتیک را ندارد (۱۱).

در سال های اخیر، استفاده از فرایندهای اکسیداسیون شیمیایی و اکسیداسیون پیشرفته، بر پایه تولید اجزای بسیار فعال و واکنش پذیر به عنوان یک روش پیش تصفیه و یا کمک تصفیه پیشنهاد شده است (۱۲). برای نمونه ازن به عنوان یک اکسیدکننده قوی میتواند این آلاینده های جزئی و مقاوم موجود در محیطهای آبی را حذف کند (۱۳). البته حضور ازن در اکثر روشهای فرآیند اکسیداسیون پیشرفته (۱۴) و تاثیر قوی ازن بر مواد آلوده کننده آب و البته نیمه عمر کوتاه آن، جایگاه ویژه ای به آن داده است (۱۵).

ازن در از بین بردن ویروس ها، باکتری ها، طعم و بو، کلرامین ها و کلر ترکیبی بسیار خوب عمل میکند (۱۶) ازن به عنوان اکسیدان، مستقیماً در حذف آلودگی آب، موثر است و بصورت غیر مستقیم باعث تسریع تولید رادیکال هیدروکسیل به عنوان جزئی اصلی فرآیند اکسیداسیون پیشرفته میگردد (۱۷) و البته ثابت شده است که فرآیند اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر ازن در سم زدایی طیف وسیعی از مواد شیمیایی از پسابهای صنعتی حاوی مواد آلی مقاوم، محصولات دارویی، آفتکشها، فنلها، رنگها موثر هستند. با توجه به تحقیقات زیاد سالهای ۲۰۰۲ به بعد در تاثیر ازن بر حذف ویروس سارس کوید (۱۸) و بعد از همه گیری کرونا از سال ۲۰۱۹ به طور ویژه تحقیقات در تاثیر مثبت ازن جهت حذف و غیرفعال سازی ویروس کوید ۱۹ انجام شده است (۱۹).

روش‌ها

افزایش میدان الکتریکی بین الکترودهای فلزی باعث تخلیه الکتریکی و تشکیل پلاسما میگردد که هدایت هوا به داخل این جرعه ها باعث یونیزه شدن مولکولهای هوا شده و اکسیژنهای آن تبدیل به ازن میشوند (۲۰). علاوه بر حالت‌های جامد و مایع و گاز، پلاسما (PLASMA)، حالتی از ماده است که در دمای خیلی بالا تشکیل میگردد ولی پلاسما دمای پایین بر اثر تخلیه الکتریکی در گاز نیز بوجود می آید. پلاسما تخلیه الکتریکی^۱ در گازها، زمانی اتفاق می افتد که جریان الکتریکی از یک محیط گازی به دلیل یونیزاسیون گاز عبور میکند (۲۱). پلاسما شامل ذرات باردار، الکترون‌ها و یونها، و ذرات بدون بار و اتمهای برانگیخته و مولکولها می باشد (۲۲). محققین در امریکا با استفاده از پلاسما سرد روش جدیدی برای نابودکردن باکتریها کشف کرده اند؛ این روش توسط Mounir Laroussi کشف شد.

در کاربردهای صنعتی و تولید ازن، برای تولید پلاسما سرد در فشار اتمسفر از خواص سد دی الکتریک موسوم به روش DBD استفاده میگردد (۲۳). با افزایش سطح ولتاژ برق شهر بین دو رسانای فلزی در فشار اتمسفر جرعه تشکیل میگردد ولیکن تشکیل پلاسما ماندگار، نیازمند فرکانس بالا میباشد (۲۴). از طرفی در یک میلیمتر فاصله بین کاتد و آند، اعمال اختلاف ولتاژ ۳۰۰۰ ولت باعث تشکیل قوس الکتریکی دمای بالا میگردد که جریان برق بسیار بالایی مصرف میکند (۲۵) در نتیجه برای کاهش دما و جریان مصرفی، از یک سد دی الکتریک استفاده میگردد که مانع برقراری میدان الکترومغناطیسی نبوده ولی از انتقال جرم الکترون‌ها جلوگیری میکند.

به بیان ساده اگر یک شیشه بین الکترودهای فلزی با ولتاژ بالا گذاشته شود؛ جرعه های مستقیم و داغ نمیتوانند برقرار گردند و سد دی الکتریک در پشت خود باعث انباشت الکترون‌ها و یونها و تشکیل پلاسما، مانند هاله ای از نور میشود. در نتیجه در

راکتورهای DBD علیرغم کاهش شدید جریان مصرفی و بالطبع مصرف برق کمتر؛ پلاسمایی ایجاد گردیده که به راحتی میتواند گاز اکسیژن را یونیزه کرده و ازن تولید کند. گستره دمایی این پلاسما سرد بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ کلوین است (۲۶). عکسهای شکل ۴ در ولتاژ و جریان و فاصله برابر گرفته شده اند که در آنها تشکیل جرعه در هوا و تشکیل جرعه با دی الکتریک شیشه اختلاف دمایی بالغ بر ۸۰۰ درجه سلسیوس دارند.

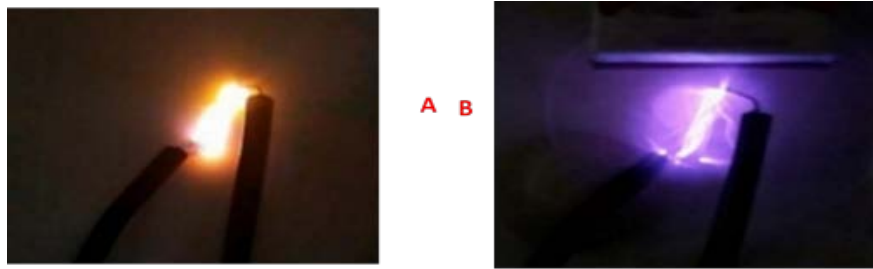
ساخت و تست پایلوت

د دستگاههای طراحی و ساخته شده این تحقیق، مطابق شکل ۲ برای تولید پلاسما و ازن، از سه قسمت اصلی مدار الکتریکی، ترانسفورماتور و راکتور پلاسما تشکیل شده است. در اجرا چند بخش فرعی نظیر دمنده هوا، تایمر برنامه ریز، کیس دستگاه و اتصالات مدار اضافه میگردد.

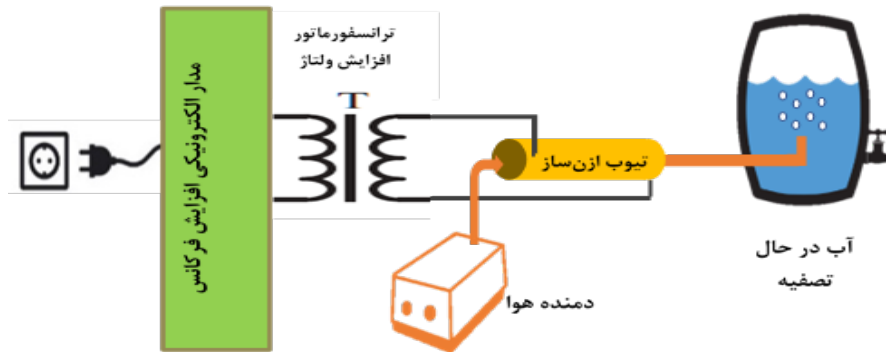
مطابق شماتیک شکل ۳ طراحی مدار اینورتر برای بالا بردن فرکانس برق شهر از ۵۰ هرتز، تا فرکانس ۲۵ کیلو هرتز بر مبنای منابع تغذیه سوئیچینگ انجام گردید. در طراحی این مدار با بهره گیری از کلیات طراحی در مدار بالاستهای الکترونیکی لامپ کم مصرف، یک اینورتر خود تشدید (Self-Resonance) با ضریب انتقال توان بالاتر از ۹۸٪ برای تولید ازن و پلاسما باز طراحی و تولید شده است.

در شکل ۴ پایلوت‌های ساخته شده دستگاه به نمایش درآمده است که شامل بخش الکترونیکی (مدار و ترانس) موسوم به درایور (که وظیفه تولید برق با ولتاژ بالا برای بخش تیوب را بر عهده دارد) و قسمت تیوب (که به آن راکتور پلاسما و ازن ساز اطلاق می گردد و وظیفه تشکیل پلاسما جهت تجزیه اکسیژن موجود در هوا و تولید ازن را دارد) تشریح گردیده است. پس از بالا بردن فرکانس برق شهر در مدار اینورتر سوئیچینگ ساخته شده مطابق شکل ۴B جهت افزایش سطح ولتاژ، یک ترانسفورماتور افزایش دهنده ولتاژ با هسته فریت فرکانس بالا طراحی و ساخته شد.

1. Electric discharge plasma (EDP)

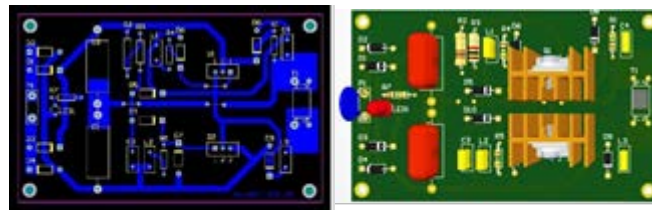


شکل ۱ (A) پلاسما داغ (B) پلاسما سرد (با دیالکتریک شیشه)



شکل ۲ اجزای اصلی پلاسما ساز و ازن ساز

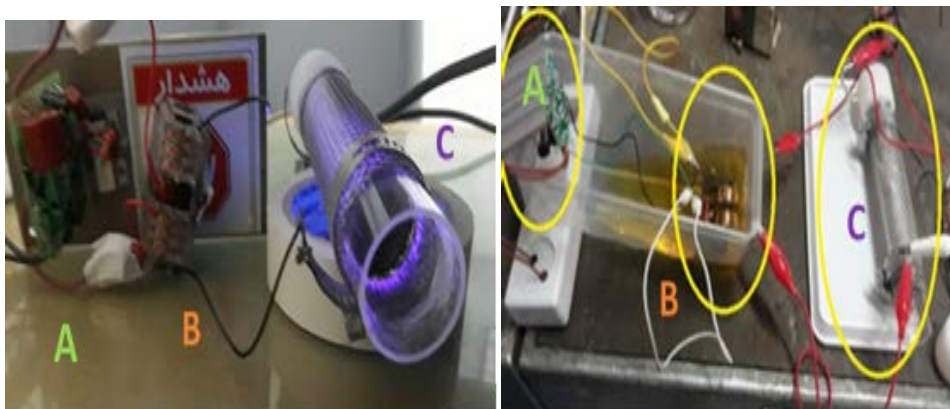
(A) مدار ۲۵۰۰۰ هرتز (B) ترانسفورماتور هسته فریت (C) راکتور پلاسما و ماوراء بنفش و ازن



F

G

شکل ۳ شماتیک مدارات سازنده پلاسما و ازن (A) برق شهر ۲۲۰ ولت ۵۰ هرتز، (B) یکسوساز پل دیودی، (C) دو ترانزیستور سویچ (D) ترانسفورماتور ولتاژ بالای هسته فریت (E) مدار معادل راکتور (F) چاپ و زینک برد الکترونیکی (G) PCB برد الکترونیکی



شکل ۴ (A) مدار ۲۵۰۰۰ هرتز (B) ترانسفورماتور هسته فریت (C) راکتور پلاسما و ماوراء بنفش و ازن

نتایج

روش تحقیق در این مقاله، مطالعاتی و ساخت دستگاه و بهینه سازی آن همراه با تایید آزمایشهای میکروبی بوده است. با طراحی و ساخت مدار و ترانس و راکتور، اثر پلاسما بر ازن ساز در رنگبری و ضدعفونی آب آلوده به میکروب اشرشیاکلای و رنگ محلول آبی رنگ متیلن بلو اثبات و مقایسه گردید. سپس با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی برای مولد جدید ازن پلاسما، بهینه سازی هایی چون ساخت ترانسفورماتور کم تلفات انجام گردید و مدار و ترانس و راکتور بهینه به صورت یک دستگاه صنعتی تجهیز گردیدند و مجدداً برای سنجش در رنگبری آب و حذف عوامل میکروبی آب آزمون شد.

جهت سنجش عملکرد دستگاه های ساخته شده، از سنجش رنگبری در آب استفاده گردید. هرچند انواع راکتورهای پلاسما دهی ساخته شد، ولی به علت کدورت رنگ آب و حجمی بودن نمونه آب و کم بودن سطح تماس پلاسما (۲۷) با حجم آب مورد آزمایش، نتایج قابل توجه در رنگبری آب بدست نیامد. در صورتی که تاثیر ازن در رنگبری از آب در همان یکدقیقه اول مشهود بود و برای این منظور با حل کردن رنگ متیلن بلو در آب چاه و درست کردن محلول مادر به صورت آب آبی رنگ، با غلظت ۲۰ میلیگرم در لیتر و Turbidity با مقدار ۶۱ NTU اندازه گیری شد و با ۴ دقیقه ازندهی؛ کدورت به مقدار ۶ NTU رسید.

آزمایشات میکروبی گسترده ای در آزمایشگاه خصوصی آب و داروی جزیره کیش انجام شد. بطور کلی آب مورد آزمایش به بیش از هزار کلونی میکروبی آلوده شد و نتیجه میکروبیکی بعد از تنها ۴ دقیقه ازندهی ۹۹٪ بدست آمد و نتایج آزمایشات رسمی کدگذاری شده برای هر نمونه آب از هشت نمونه آب مورد آزمایش که آلوده به بیش از ۱۱۰۰ کلونی میکروب اشرشیاکلای و ۵۰ NTU کدورت رنگ ناشی از محلول متیلن بلو شده بودند، در جداول یک و دو آمده است.

در جدول ۱ مقادیر آزمایش آبهای آلوده به میکروب اشرشیاکلای و در جدول ۲ مقادیر آزمایش آبهای آلوده به میکروبهای گروه کلیفرم قبل و بعد از ازندهی در آزمایشگاه مورد تایید سازمان محیط زیست ایران با واحد MPN/100ml درج شده است.

پس از سنجش تاثیر ازن در حذف میکروب اشرشیا کلای از آب، از آنجایی که ازندهی علاوه بر صنعت تصفیه آب در صنعت تصفیه فاضلاب نیز کاربرد دارد، جهت بررسی تاثیر ازن تولیدی بر پساب، اقدام به ۱۰ دقیقه ازندهی نمونه شاهد شکل ۵A باقیمانده از آزمایش قبل گردید که غلظت بسیار بالای میکروب اشرشیا کلای که سه روز در محیط کشت آماده کلی زیست مانده بود، در شکل ۵B کاهش چشمگیری یافت. این آزمایش نشان داد که دستگاه بهینه شده ازن پلاسما در حذف غلظتهای بالای میکروب اشرشیاکلای نیز به خوبی عمل میکند.

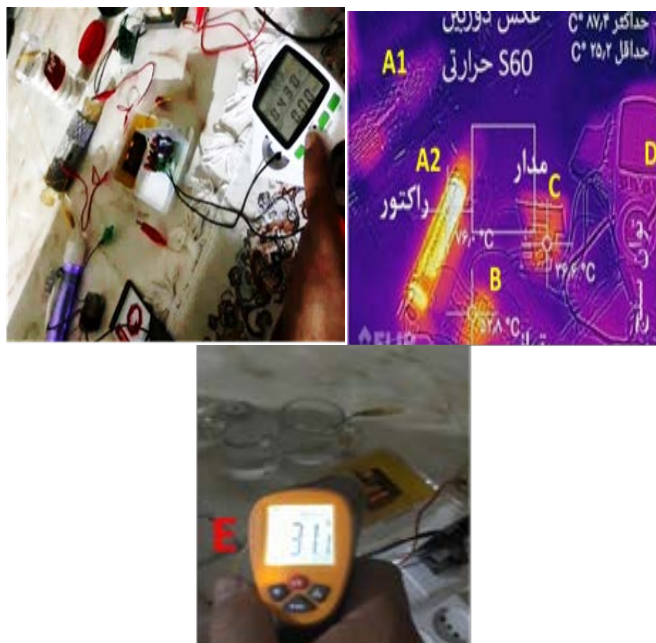
جدول ۱ - هشت نمونه آب مورد آزمایش و نتایج میکروبیکی اشرشیاکلای پس از ازندهی

نوع نمونه	آب	آب+رنگ	آب+میکروب	آب+میکروب+رنگ
کلنیهای E. COLI	0	9	*>1100	*>1100
نمونه بعد ازندهی	آب+ازن	آب+رنگ+ازن	آب+میکروب+ازن	آب+میکروب+رنگ+ازن
کلنیهای E. COLI	0	0	9	0

جدول ۲ - هشت نمونه آب مورد آزمایش و نتایج میکروبیکی کل کلیفرم پس از ازندهی

نوع نمونه	آب	آب+رنگ	آب+میکروب	آب+میکروب+رنگ
کلنیهای COLIFORM	0	44	*>1100	*>1100
نمونه بعد ازندهی	آب+ازن	آب+رنگ+ازن	آب+میکروب+ازن	آب+میکروب+رنگ+ازن
کلنیهای COLIFORM	0	4	9	4

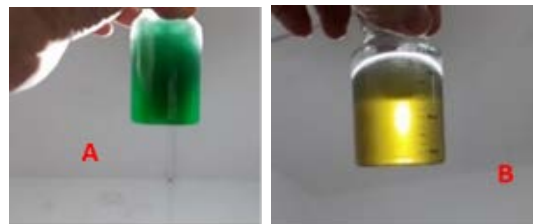
یکی از استفاده های این روش در بهینه یابی ۵۰ ترانس ولتاژ بالا استفاده گردید.



شکل ۶ از سمت چپ در هر دو شکل که متناظر هستند و یک عکس با دوربین معمولی و یک عکس با دوربین فلیر گرفته شده است (A1, A2) راکتور پلاسما و ازن (B) ترانسفورماتور هسته فریت خطی و UU افزاینده ولتاژ (C) مدار افزایش فرکانس هالفبریج دو ترانزیستوره (D) واتمتر (E) ترمومتر لیزری

نتیجه گیری

وقتی که به جای روشهای مرسوم و کمی گندزدایی آب (مانند کلرزنی) به ضدعفونی کیفی منابع آبی نیاز است، ازن به دلیل منحصر به فرد بودنش، خودنمایی میکند خصوصا که در فرآیندهای نوین تصفیه آب و فاضلاب و بسته بندی صنایع غذایی نیز با رشد روز افزون کاربردهای متنوع ازن مواجهیم و چالشهایی چون هزینه بالای ساخت تجهیز اولیه و همچنین هزینه جاری مصرف برق از نسازها، نقاط ضعف بکارگیری وسیع این فناوری محسوب میگردند. توپولوژی پیشنهادی و پایلوت ساخته شده در این مقاله، با ایجاد یک پلاسما یکنواخت از جرعه های ریز پر تکرار به جای جرعه های بزرگ پرمصرف و داغ در راکتور، ضمن کاهش مصرف برق، نشان داد در فرکانس بالاتر و جریان پایینیتر نیز میتوان به تولید ازن پرداخت.



شکل ۷ ازندهی به پساب میکروبی کامل (A) نمونه رشد یافته اشرشیا کلای در آب پس از ۳ روز (B) پساب میکروبی ازندهی شده که کاهش بار میکروبی نسبت به نمونه A در آن مشهود است.

بحث

از نظر الگوی مصرف انرژی، راکتورهای بهینه شده شامل دو الکترود فلزی و یک لایه دی الکتریک شیشه کوارتز بودند که با تبدیل جرعه داغ، به ریزتخلیه های یکنواخت بر روی کل سطح الکترودها، از خواص ویژه پلاسما سرد در تولید ازن، استفاده شد. جرعه های داغ که ازن ساز هستند، تا چند آمپر مصرف برق دارند ولی راکتور تولید ازن ساخته شده با بهینه سازی پلاسما، نهایتا تا یکدهم آمپر جریان کشی داشتند و این مصرف برق کمتر متناظر تلفات کمتر نیز میباشد. با توجه به نوع طراحی راکتور در این تحقیق و برای برقراری پلاسما دمای پایین در بین آند و کاتد به ماده نیمه رسانا و یا دی الکتریک بدون ناخالصی نیاز است. مطابق شکل 4C با توجه به داغ شدن راکتور با دی الکتریک شیشه پیرکس، در نمونه های نهایی از شیشه کوارتز با خلوص بالا استفاده شد. در طول این تحقیق با دوربین حرارتی FLIR، همه دستگاه های ساخته شده پایش و بهینه سازی گردید چراکه با پایش طیف دمای عملکرد دستگاه، میتوان خنکترین مدار و ترانس و راکتور ساخته شده برای هر منظور را مشخص کرد و البته دمای پایین تر کاربرد راکتور ازن و پلاسما هم متناظر تلفات کمتر برق مصرفی است و هم متناظر راندمان بالاتر تولید ازن میباشد. پس همراه بهینه سازی طراحی، بهینه یابی عملکردی با تستهای مداومت کار و دما انجام شد. روش پایش طیفی در بهینه سازی اجزا مدار بر اساس عکسهای دوربین مادون قرمز (ترموویژن) در شکل ۶ نشان داده شده است. دستگاه ازن ژنراتور ساخته شده با ساخت و تعویض مکرر منبع تغذیه هایولتاژ آن، بهینه گردید و سپس با بهره مندی از بهبود پلاسما در آن یک دستگاه از نپلاسما طراحی و ساخته شد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از کلیه افرادی که در مراحل نگارش این مقاله همکاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تضاد منافع

در این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت نویسندگان:

- (۱) مفهوم پردازش و طراحی مطالعه، یا جمع آوری داده ها، یا تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها: همه نویسندگان
- (۲) تهیه پیش نویس مقاله یا بازبینی آن جهت تدوین محتوای اندیشمندانه: همه نویسندگان
- (۳) تایید نهایی دستنوشته پیش از ارسال به مجله: همه نویسندگان

References

1. Maruyama S, Ikoma M, Genda H, Hirose K, Yokoyama T, Santosh MJGF. The naked planet Earth: most essential pre-requisite for the origin and evolution of life. 2013;4(2):141-65.
2. Obaideen K, Shehata N, Sayed ET, Abdelkareem MA, Mahmoud MS, Olabi AJEN. The role of wastewater treatment in achieving sustainable development goals (SDGs) and sustainability guideline. 2022;7:100112.
3. Oteng-Peprah M, Acheampong MA, DeVries NKJW, Air., Pollution S. Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception—a review. 2018;229(8):255.
4. Bonetta S, Pignata C, Gasparro E, Richiardi L, Bonetta S, Carraro EJESE. Impact of wastewater treatment plants on microbiological contamination for evaluating the risks of wastewater reuse. 2022;34(1):20.
5. Arif Z, Sethy NK, Mishra P, Verma BJGgp, methods r. Impact on groundwater quality resources due to industrial effluent. 2021:212-31.
6. Franck H-G, Stadelhofer JW. Industrial aromatic chemistry: raw materials· processes· products: Springer Science & Business Media; 2012.
7. Arctander S. Perfume & Flavor Chemicals (Aroma Chemicals) Vol. III: Lulu. com; 2019.
8. Speight JG. Environmental organic chemistry for engineers: Butterworth-Heinemann; 2016.
9. Pollak P. Fine chemicals: the industry and the business: John Wiley & Sons; 2011.
10. Myers RL. The 100 most important chemical compounds: a reference guide: ABC-CLIO; 2007.
11. Ramos MDN, Lima JPP, de Aquino SF, Aguiar AJJoWPE. A critical analysis of the alternative treatments applied to effluents from Brazilian textile industries. 2021;43:102273.
12. Pavithra KG, Jaikumar VJJoI, Chemistry E. Removal of colorants from wastewater: A review on sources and treatment strategies. 2019;75:1-19.
13. Nashmi OA, Abdulrazzaq NN, Mohammed AAJAoAUJoES. Removal of methylene blue from aqueous solution by ozone microbubbles. 2020;27(3):31-40.
14. Capodaglio AGJAS. Critical perspective on advanced treatment processes for water and wastewater: tvs, ARPs, and AORPs. 2020;10(13):4549.
15. Venkatesh S, Pandey N, Quoff AJIJoARiC, Structural, Environmental, Engineering I, Developing. Decolorization of synthetic dye solution containing Congo red by advanced oxidation process (AOP). 2014;2(1):49-5.
16. Von Sonntag C, Von Gunten U. Chemistry of ozone in water and wastewater treatment: IWA publishing; 2012.
17. Gao Y, Duan Y, Fan W, Guo T, Huo M, Yang W, et al. Intensifying ozonation treatment of municipal secondary effluent using a combination of microbubbles and ultraviolet irradiation. 2019;26:21915-24.
18. Zhang J-m, Zheng C-y, Xiao G-f, Zhou Y-q, Gao RJCJoD. Examination of the efficacy of ozone solution disinfectant in inactivating SARS virus. 2004;21(1):27-9.
19. Tizaoui C, Stanton R, Statkute E, Rubina A, Lester-Card E, Lewis A, et al. Ozone for SARS-CoV-2 inactivation on surfaces and in liquid cell culture media. 2022;428:128251.
20. Nijdam S, Teunissen J, Ebert UJPSS, Technology. The physics of streamer discharge phenomena. 2020;29(10):103001.

21. Stryczewska HD, Boiko OJAS. Applications of Plasma Produced with Electrical Discharges in Gases for Agriculture and Biomedicine. 2022;12(9):4405.
22. Laroussi MJFiP. Cold plasma in medicine and healthcare: The new frontier in low temperature plasma applications. 2020;8:74.
23. Duarte G. Characterization of a Novel Double Cooled Electrode DBD Reactor for Ozone Generation. 2020.
24. Wu Q, Wang M, Zhou W, Wang X, Liu G, You CJIA. Analytical switching model of a 1200V SiC MOSFET in a high-frequency series resonant pulsed power converter for plasma generation. 2019;7:99622-32.
25. Osmokrovic P, Vujisic M, Stankovic K, Vasic A, Loncar B. Mechanism of electrical breakdown of gases for pressures from 10^{-9} to 1 bar and inter-electrode gaps from 0.1 to 0.5 mm. Plasma Sources Science and Technology. 2007;16(3):643.
26. Li J, Wu F, Xian Y, Lu X, Nie LJCAP. Temporal gas temperature of atmospheric pressure air plasma. 2022;34:41-9.
27. Mohades S, Lietz AM, Kushner MJJoPDAP. Generation of reactive species in water film dielectric barrier discharges sustained in argon, helium, air, oxygen and nitrogen. 2020;53(43):435206.

Optimizing the energy consumption of ozone generator and plasma generator in water decolorization and disinfection

Mohammad Hossein Mostafavi ^{*1}, Abdul Reza Karbasi ², Maryam Pazoki ³

1. phd student of Energy System, Faculty of International Campus University of Tehran, Tehran

2. Associate Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran

3. Assistant Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran

Corresponding author: Faculty of International Campus University of Tehran

Abstract

Background & Aim: The use of ozone in water and waste water treatment and health and food industries has found an exponential trend due to its compatibility with the environment. Ozone, which is a triatomic molecule of oxygen, is a strong oxidant and unstable free radical that quickly combines with other substances or turns into oxygen after decay. The production of ozone with electricity is simple, but the main challenge is the high cost of electricity consumed by ozone generators. The purpose of this research was to design and build ozone generating devices with less electricity consumption.

Methods: In this research, after computer simulation, various types of ozone generators and plasma generators were made with the approach of reducing energy consumption. Since all these equipments are composed of three components, frequency increasing circuits and voltage increasing transformers and reactor based on electric discharge in gas, after designing and simulating all three parts separately, we proceeded to build a complete pilot device for color removal. And the water was disinfected.

Results: by making an ozone device that consumes as much as a 30-watt low-power light bulb and by injecting this device's ozone for 5 minutes into water with methylene blue color pollution as an indicator of color pollution and Escherichia coli as an indicator of microbial pollution, while decolorizing, 99% microbicide was achieved in water.

Conclusion: In order to produce ozone from cold plasma, integrated construction and simultaneous optimization of the circuit, transformer and reactor have been done. According to the high frequency inverter designed in this research, the ozone production reactor works at a lower temperature.

Keywords:

water
disinfection,
ozone,
plasma

How to Cite this Article: Mostafavi M, Karbasi A, Pazoki M. Optimizing the energy consumption of ozone generator and plasma generator in water decolorization and disinfection. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. 2023;11(1):38-47.