مجله دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه
دوره ۱۱. شماره ۱. بهار ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

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

محمدحسین مصطفوی [*۱]، عبدالرضا کرباسی [۲]، مریم پازکی [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 میباشد یک اکسیدان قوی و رادیکال آزاد ناپایدار است که سریعا با دیگر مواد ترکیب میشود و یا پس از واپاشی، به اکسیژن تبدیل میگردد. تولید ازن با الکتریسیته ساده میباشد ولی چالش اصلی هزینه بالای برق مصرفی ازنسازها میباشد هدف در این تحقیق طراحی و ساخت دستگاههای ازنساز با مصرف برق کمتر بوده است.

روش‌ها: در این تحقیق پس از شبیه سازی کامپیوتری اقدام به ساخت انواع ازنسازها 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 اشرشیاکلای به عنوان شاخص آلودگی میکروبی، ضمن رنگبری، ۹۹٪ میکروبکشی در آب نیز حاصل گردید.

نتیجه‌گیری: برای تولید ازن از پلاسمای 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 واژه‌ها:
گندزدایی آب، ازن، پلاسما

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه محفوظ است.

***آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشکده پردیس بین الملل دانشگاه تهران**

مقدمه

علیرغم مقدار قابل ملاحظه آب که ۷۰ ٪ سطح زمین را پو شانده اســت، ورود آلاینده های میکروبی و رنگ به منابع آبی، که با فعالیت‌های صـنعتی انسـان مدرن، نسـبت مسـتقیم دارد، باعث کاهش شـدید آب سـالم گردیده و تهدیدی بزرگ برای محیط زیسـت و سـلامت انسـان محسـوب می گردد. آینده پژوهی در حوزه آب بیشـتر معطوف به کمبود آب و بحرانهای سـیاسـی امنیتی ناشی از آن شده است (۱).

حذف آلاینده هایی که باعث بیماری انسـان می شـوند و حذف آلاینده هایی که بو، رنگ و مزه آب را برای انسـان نامطلوب می‌کنند دو دلیل اصـلی تصـفیه آب میباشـند و از طرفی هدف از تصـفیه فاضـلاب در جوامع امروزی علاوه بر جلوگیری از آلودگی محیط زیسـت و بروز خطرات بهداشـتی، تامین یک منبع آب دائمی و مطمئن جهت مصـارفی مانند صـنعت و کشـاورزی می باشد (۲). استاندارد این نوع آبهای بازیافتی یا خاکستری[1] از منظر آلودگی میکروبی دارای اهمیـت اسـت و معمولا بـا شـاخصـهای کل کلیفرم و کلیفرمهای مدفوعی سـنجیده میشـود (۳). از این دسـته، باکتری اشـریشـیاکلی، شـاخص 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 عفونت‌ها و مسـمومیت های غذایی ناشـی از آلودگی به اشـریشـیا کلی میباشـد. حذف آلودگی های میکروبی بیشـتر در مرحله نهایی گندزدایی از فرآیندهای تصفیه آب و پساب پوشش داده میشود (٤).از طرفی رنگها جزء اولین آلاینده هایی هسـتند که در آب تشخیص داده می شوند و یکی دیگر از منابع آلودگی آب، ذشت پسـاب و آبهای سـطحی و سـرگردان حاوی رنگ و حلال های رنگی صنعتی جدید است (٥).

حلقه‌های شـش ضـلعی بنزنی در رنگ های مصـنوعی[2] (٦) ، عطر ها (۷) ، محصـولات پتروشـیمی و آ فت کشـ ها (۸) ، آنتی‌بیوتیک‌ها (۹) و مواد مخدر وجود دارند (۱۰) که با نفوذ آنها به منابع آبی مخاطراتی را ایجاد می نمایند. لذا اسـتفاده از روش‌های مناسـب دوسـتدار محیط زیسـت به منظور حذف این آلاینده ها از آب و پسـاب ضـروری اسـت. هرچند تصـفیه بیولوژیکی به عنوان بهترین و اقتصـادی ترین روش تصـفیه شناخته می شود، ولی توانایی حذف عوامل میکروبی و تصفیه آلودگی رنگهای محلول در آب با سـاختار آروماتیک را ندارد (۱۱).

در سال های اخیر، استفاده از فرایندهای اکسیداسیون شیمیایی و اکسـیداسـیون پیشـرفته، بر پایه تولید اجزای بسـیار فعال و واکنش پذیر به عنوان یک روش پیش تصـفیه و یا کمک تصـفیه پیشـنهاد شـده اسـت (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 حضـور ازن در اکثر روشهای فرآیند اکسیداسیون پیشرفته (١٤) و تاثیر قوی ازن بر مواد آلوده کننده آب و البته نیمه عمر کوتاه آن، جایگاه ویژه ای به آن داده است (١٥) .

ازن در از بین بردن ویروس ها، باکتری‌ها، طعم و بو، کلرامین ها و کلر ترکیبی بسـیار خوب عمل میکند (١٦) ازن به عنوان اکسیدان، مستقیما در حذف آلودگی آب، موثر است و بصورت غیر مسـتقیم باعث تسـریع تولید رادیکال هیدروکسـیل به عنوان جزئ اصلی فرآیند اکسیدا سیون پیشرفته میگردد (۱۷) و البته ثابت شده است که فرآیند اکسیدا سیون پیشرفته مبتنی بر ازن در سـم زدایی طیف وسـیعی از مواد شـیمیایی از پسـاب‌های صنعتی حاوی مواد آلی مقاوم، محصولات دارویی، آفت‌کش‌ها، فنل‌ها، رنگ‌ها موثر هسـتند. با توجه به تحقیقهای زیاد سـالهای ۲۰۰۲ به بعد در تاثیر ازن بر حذف ویروس سـارس کووید (۱۸) و بعد از همه گیری کرونا از سـال ۲۰۱۹ به طور ویژه تحقیقات در تاثیر مثبت ازن جهت حذف و غیرفعال سـازی ویروس کوید ۱۹ انجام شدهاست (۱۹).

1.gray water

2.synthetic dyes

روش‌ها

افزایش میدان الکتریکی بین الکترودهای فلزی باعث تخلیه الکتریکی و تشکیل پلاسما میگردد که هدایت هوا به داخل این جرقه 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 پلاسمای دمای پایین بر اثر تخلیه الکتریکی در گاز نیز بوجود می آید. پلاسمای تخلیه الکتریکی[1] 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 پلاسمای سرد روش جدیدی برای نابودکردن باکتریها کشف کرده اند؛ این روش توسط Mounir Laroussi کشف شد.

در کاربردهای صنعتی و تولید ازن، برای تولید پلاسمای سرد در فشار اتمسفر از خواص سد دی الکتریک موسوم به روشDBD استفاده میگردد (۲۳). با افزایش سطح ولتاژ برق شهر بین دو رسانای فلزی در فشار اتمسفر جرقه تشکیل میگردد ولیکن تشکیل پلاسمای ماندگار، نیازمند فرکانس بالا میباشد (۲٤). 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؛ جرقه 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 پلاسمای سرد بین ۳۰۰ تا ٤۰۰ کلوین است (۲٦). عکسهای شکل ٤ در ولتاژ و جریان و فاصله برابر گرفته شده اند که در آنها تشکیل جرقه در هوا و تشکیل جرقه با دی الکتریک شیشه اختلاف دمایی بالغ بر ۸۰۰ درجه سلسیوس دارند.

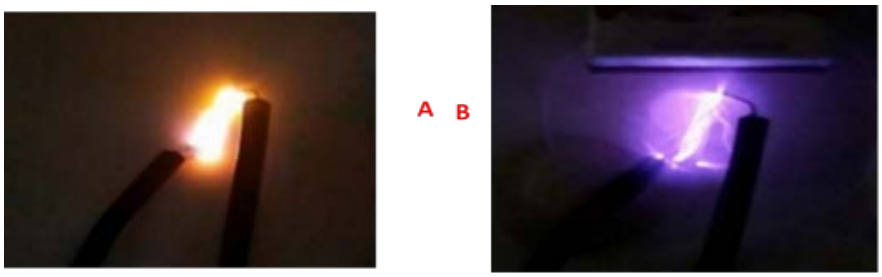
ساخت و تست پایلوت

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.

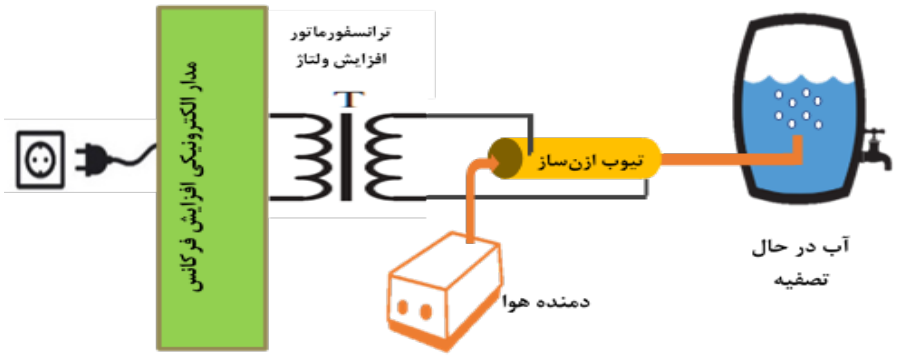
مطابق شماتیک شکل ۳ طراحی مدار اینورتر برای بالا بردن فرکانس برق شهر از ۵۰ هرتز ، تا فرکانس ۲۵ کیلو هرتز بر مبنای منابع تغذیه سوئیچینگ انجام گردید. در طراحی این مدار با بهره گیری از کلیات طراحی در مدار بالاستهای الکترونیکی لامپ کم مصرف، یک اینورتر خود تشدید (Self-Resonance) با ضریب انتقال توان بالاتر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

در شکل ٤ 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 تیوپ (که به آن راکتور پلاسما و ازن ساز اطلاق می گردد 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 سوییچینگ ساخته شده مطابق شکل٤B جهت افزایش سطح ولتاژ، یک ترانسفورماتور افزاینده ولتاژ با هسته فریت فرکانس بالا طراحی و ساخته شد.

1.Electric discharge plasma (EDP)

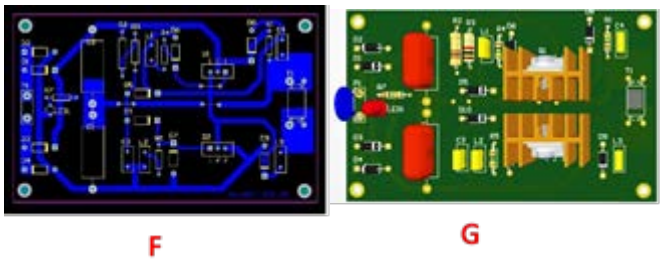


شکل ۱ (A) پلاسمای داغ (B) پلاسمای سرد(با دیالکتریک شیشه)

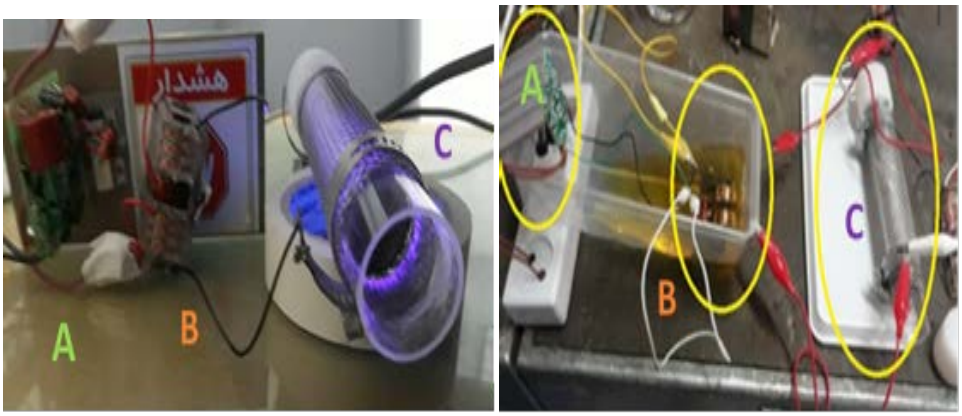


شکل ۲اجزای اصلی پلاسماساز و ازنساز

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



شکل۳ شماتیک مدارات سازنده پلاسما و ازن (A) برق شهر ۲۲۰ولت ۵۰ هرتز، (B) یکسوساز پل دیودی، (C) دو ترانزیستور سوییچ (D) ترانسفورماتور ولتاژ بالای هسته فریت (E) مدار معادل راکتور (F) چاپ و زینک برد الکتریکی (G) PCB برد الکتریکی



شکل ٤(A) مدار ۲۵۰۰۰هرتز (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 پلاسمایر و 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 مجددا برای سنجش در رنگبری آب و حذف عوامل میکروبی آب آزمون شد.

جهت سنجش عملکرد دستگاه های ساخته شده، از سنجش رنگبری در آب ا ستفاده گردید. هرچند انواع راکتورهای پلا سما 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 ٤٦ NTU اندازه گیری شد و با ٤ دقیقه ازندهی؛ کدورت به مقدار 6 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 میکروبکشی بعد از تنها ٤ 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 کولونی میکروب اشرشیاکلای و ۵۰NTU 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.

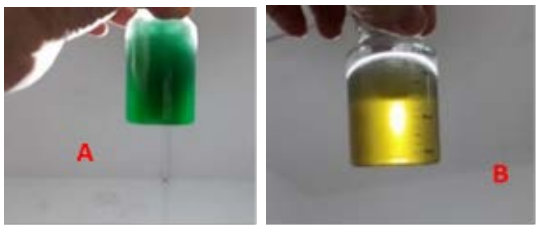
پس از سنجش تاثیر ازن در حذف میکروب اشرشیا کلای از آب، از آنجایی که ازندهی علاوه بر صنعت تصفیه آب در صنعت تصفیه فاضلاب نیز کاربرد دارد ، جهت بررسی تاثیر ازن تولیدی بر پساب، اقدام به ۱۰ دقیقه ازندهی نمونه شاهد شکل ۵A باقیمانده از آزمایش قبل گردید که غلظت بسیار بالای میکروب ا شر شیا کلای که سه روز در محیط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

جدول ۱ – هشت نمونه آب مورد آزمایش و نتایج میکروبکشی 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

جدول۲– هشت نمونه آب مورد آزمایش و نتایج میکروبکشی 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

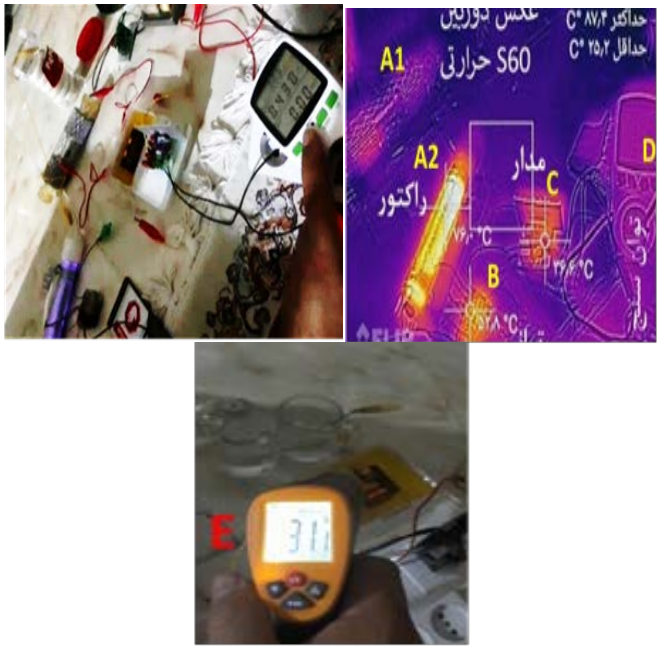


شکل ۵ازندهی به پساب میکروبی کامل (A) نمونه رشد یافته اشرشیا کلای در آب پس از ۳ روز (B) پساب میکروبی ازندهی شده که کاهش بار میکروبی نسبت به نمونه A در آن مشهود است.

بحث

از نظر الگوی مصرف انرژی، راکتورهای بهینه شده شامل دو الکترود فلزی و یک لایه دی‌الکتریک شیشه کوارتز بودند که با تبدیل جرقه داغ، به ریزتخلیه‌های یکنواخت بر روی کل سطح الکترودها، از خواص ویژه پلاسمای سرد در تولید ازن ، استفاده شد.جرقه 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 پلاسمای دمای پایین در بین آند و کاتد به ماده نیمه رسانا و یا دی‌الکتریک 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 کارکرد 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 ٦ نشان داده شده است. دستگاه ازن ژنراتور ساخته شده با ساخت و تعویض مکرر منبع تغذیهٔ هایولتاژِ آن، بهینه گردید و سپس با بهره مندی از بهبود پلاسما در آن یک دستگاه ازنپلاسما طراحی و ساخته شد.

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



شکل ٦ 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

نتیجه‌گیری

وقتی که به جای روشهای مرسوم و کمّی 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 ازنسازها، نقاط ضعف بکارگیری وسیع این فناوری محسوب میگردند. توپولوژی پیشنهادی و پایلوت ساخته شده در این مقاله، با ایجاد یک پلاسمای یکنواخت از جرقه های ریز پر تکرار به جای جرقه های بزرگ پرمصرف و داغ در راکتور ، ضمن کاهش مصرف برق، نشان داد در فرکانس بالاتر و جریان پایینتر نیز میتوان به تولید ازن پرداخت.

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 منافعی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت نویسندگان:

(۱) مفهوم پردازی 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 MJJJoPDAP. Generation of reactive species in water film dielectric barrier discharges sustained in argon, helium, air, oxygen and nitrogen. 2020;53(43):435206.

Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences
2023, Volume 11, No. 1: 38-47.

Original article

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

Keywords:
water disinfection, ozone, plasma

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.

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.

Copyright © 2020 Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite.