اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص ۱۱۶۰-۱۱۴۷

بهره‌گیری از پتانسیل‌های صنعت آب و فاضلاب برای تولید پراکندهٔ انرژی پاک

مریم حمله‌دار[۱]، حسین یوسفی[۲*]، یونس نوراللهی[۲]، روشنک فهیمی هنزایی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران

۲. دانشیار گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران

۳. دانشجوی دکتری، مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۱۱/۱۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۰۶/۲۵)

چکیده

محدودیت استفاده از منابع انرژی فسیلی، افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی به واسطهٔ مصرف بی‌رویهٔ منابع انرژی فسیلی، افزایش جمعیت و مصرف انرژی، تلفات شبکه‌های برق، راندمان پایین نیروگاه‌های حرارتی، همگی مباحثی‌اند که اهمیت بهبود بازدهی انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر را نشان می‌دهند. صنعت آب و فاضلاب به‌واسطهٔ در اختیار داشتن امکانات و تسهیلاتی مانند خطوط انتقال آب و مخازن زیرزمینی، پتانسیل بالقوهٔ انرژی تجدیدپذیر را دارد. این آمار نه‌تنها امکان احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر و بازیابی این انرژی‌ها را به‌خوبی فراهم آورده بلکه سبب شده به دلایلی نظیر فناپذیرنبودن انرژی‌های تجدیدپذیر، کم‌بودن قیمت تمام‌شده، بهره‌برداری از حداقل پتانسیل آبی، مشکلات اجتماعی و زیست‌محیطی کمتر به منظور کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، افزایش تعداد مولدهای تولید پراکندهٔ مقیاس کوچک، جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی برای تولید برق باشد. از طرفی، اتلاف در شبکه‌های توزیع برق به‌عنوان یکی از پارامترهای کلیدی در بهره‌وری انرژی، اهمیت صنعت آب و فاضلاب را به‌عنوان یک پتانسیل بزرگ برای تولید انواع منابع انرژی تجدیدپذیر پراکنده نشان می‌دهد. در مقالهٔ حاضر پتانسیل‌های موجود در صنعت آب و فاضلاب برای تولید پراکندهٔ انرژی پاک با تأکید بر مزایای سیستم‌های میکروهیدروپاور در این صنعت برای شهر تهران بررسی شده است.

کلیدواژگان: بهبود بازدهی انرژی، تولید پراکنده، سیستم‌های میکروهیدروپاور، صنعت آب و فاضلاب.

* نویسندهٔ مسئول

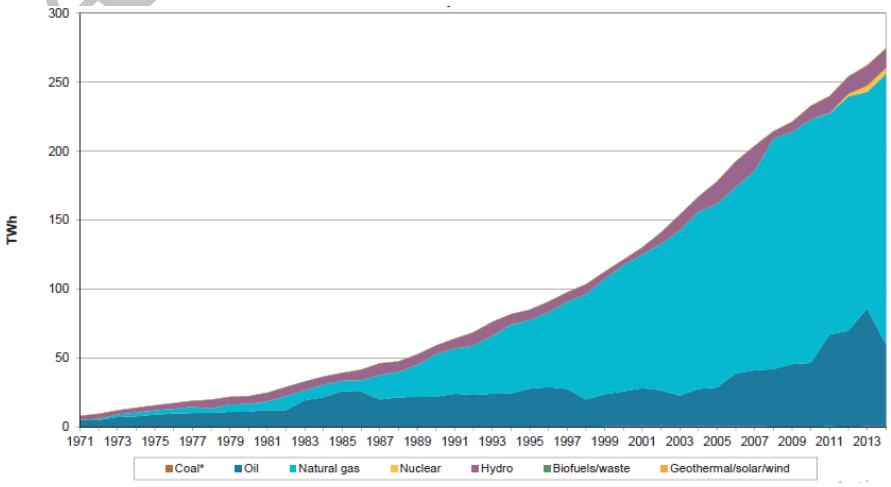
Email: hosseinyousefi@ut.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

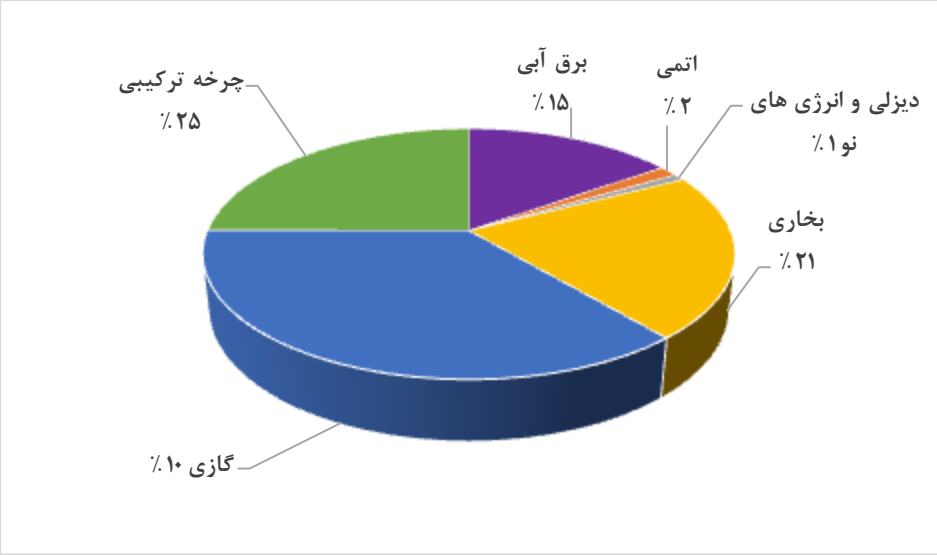
بی‌تردید، انرژی از عوامل مهم در پیشرفت و توسعهٔ پایدار جوامع بشری است که تولید، انتقال و مصرف انواع فسیلی آن بزرگ‌ترین عامل انهدام و آلودگی محیط زیست است. تجدیدناپذیر بودن، نوسانات قیمتی و آثار زیست‌محیطی از مهم‌ترین مشکلات منابع سوخت‌های فسیلی‌اند که ضرورت استفاده از منابع انرژی‌های جایگزین و به‌ویژه منابع انرژی‌های تجدیدپذیر را نمایان می‌سازند [۱]. در سال‌های اخیر با توجه به بحران‌های انرژی و اهمیت روزافزون تنوع‌بخشی در عرضهٔ انرژی به منظور دست‌یابی به توسعهٔ پایدار، سهم انرژی‌های جایگزین تجدیدپذیر، پاک، با دسترسی آسان و مقرون‌به‌صرفه، در سبد انرژی جهانی افزایش یافته و سبب سرمایه‌گذاری کشورها در زمینهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. گسترش انرژی‌های نو از نظر امنیت انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی نیز برای کشورها بسیار اهمیت دارد، تا به این وسیله وابستگی خود را به کشورهای صادرکنندهٔ انرژی‌های تجدیدناپذیر کاهش دهند و ثبات اقتصادی بیشتری را مهیا کنند [۲]. به علاوه، این انرژی‌ها دسترسی به انرژی پاک را در مناطق روستایی و دورافتاده میسر می‌کنند و حتی می‌توانند در ایجاد فرصت‌های شغلی و کاهش فقر تأثیرگذار باشند. به این منظور، برخی کشورهای درحال‌توسعه با هدف برق‌رسانی به مناطق روستایی و بهبود سطح زندگی اهالی روستا، نگاهی دوباره به منابع آبی خود برای به‌کارگیری منابع تجدیدپذیر دارند. فن بهره‌برداری از نیروی هیدروالکتریک به‌عنوان انرژی تجدیدپذیر از نظر تاریخی پیش از بهره‌برداری از سوخت‌های فسیلی وجود داشته و برق‌آبی منبع اصلی تجدیدپذیر برای تولید برق در سطح جهانی است، به‌طوری که این منبع تجدیدپذیر ۷۱ درصد از کل برق تجدیدپذیر را تأمین می‌کند. در سال ۲۰۱۶ ظرفیت نصب‌شدهٔ برق‌آبی ۱۰۶۴ گیگابایت بود، که این مقدار ۱۶/۴ درصد از برق جهان را تولید می‌کرد. اکنون پیشرفت‌های مهمی در چین، آمریکای لاتین و آفریقا متمرکز شده است و نیز آسیا بزرگ‌ترین پتانسیل غیرمستقیم را دارد که ۷۱۹۵ تراوات ساعت در سال تخمین زده می‌شود و این به معنای توسعه در زمینهٔ استفاده از این نوع انرژی در آینده است [۳].

امروز، موضوع انرژی به یک راهبرد اولویت‌دار در جهان تبدیل شده است و ایران کشوری بهره‌مند از مواهب انرژی محسوب می‌شود که شرایط استفاده از اقسام گوناگون انرژی علاوه بر سوخت‌های فسیلی همچون بادی (وجود کانال‌های باد در برخی مناطق کشور)، خورشیدی (وجود سالانه ۲۸۰ تا ۳۲۰ روز آفتابی)، انرژی بیوگاز (در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب) و... را دارد. انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید الکتریسیته در ایران سهم ناچیزی دارند و ۹۵ درصد آن از منابع فسیلی تأمین می‌شود. شکل ۱ تولید الکتریسیته در ایران را بر اساس انواع منابع انرژی نشان می‌دهد. بر این اساس، تولید برق ایران در سال ۲۰۱۲ معادل ۲۵۴ تراوات ساعت بوده که حدود ۹۸/۱ درصد آن از منابع فسیلی تأمین شده و فقط ۱/۴ درصد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است، اما در بخش انرژی‌های بادی، یکی از بخش‌های پیشرفته در منطقه با ۹۱ مگاوات ظرفیت تولید در سال ۲۰۰۹ متعلق به ایران بوده است [۴].



شکل ۱.تولید الکتریسیته از انواع منابع انرژی [۴]

www.SID.ir



شکل ۲. ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های کشور پایان سال ۱۳۹۴ [۵]

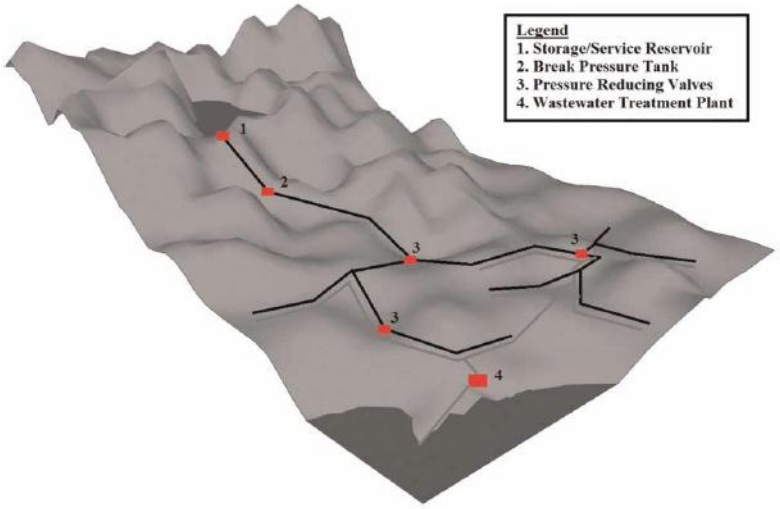
هرچند ایران کشوری کم‌آب است، اما ثروت زیادی در این نعمت خدادادی دارد، چرا که آب حامل انرژی‌های فراوان است. همان‌طور که آب در رودها، سفره‌های زیرزمینی و لوله‌ها جریان دارد، انرژی هم در آن جاری است. شکل ۲ ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های کشور را تا پایان سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد که بیان‌کنندهٔ رشد ۵/۳ درصدی نیروگاه‌های برق‌آبی نسبت به سال پیش است [۵].

یکی از حوزه‌هایی که پتانسیل بالقوه‌ای در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر دارد، صنعت آب و فاضلاب است. در توسعهٔ شهرها، بحث رشد آب و فاضلاب بسیار اهمیت دارد، در حالی که انرژی مصرفی آن‌ها نیز درخور توجه است. نیاز به کاهش هزینه‌های انرژی استفاده‌شده در تصفیهٔ آب و فاضلاب به‌عنوان یکی از نگرانی‌های مهم صنعت آب طی چند سال گذشته افزایش یافته است و انتظار می‌رود که در آیندهٔ نزدیک مهم‌تر شود، چون صنعت آب و فاضلاب یکی از مصرف‌کنندگان بزرگ انرژی الکتریکی به شمار می‌رود. رسیدگی به مشکلات پایداری انرژی در صنعت آب و فاضلاب نیازمند بازنگری کامل و تحقیق در زمینهٔ فناوری‌هایی است که مقرون‌به‌صرفه و پایدار برای هر مکان باشند. در کشور ما سیستم آب و فاضلاب با تقاضای قرارداد ۶۰۰ مگاوات ساعت، مصرف انرژی سالانهٔ دو میلیارد کیلووات ساعت و حدود چهار هزار انشعاب برق در سطح کشور یکی از سیستم‌های بزرگ مصرف انرژی الکتریکی است [۵].

در چارچوب استراتژیکی انرژی، هر اتلافی باید برای تولید، به انواع دیگر انرژی تبدیل شود. میکروهیدرو عمل مؤثری برای کاهش فشار و افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم‌های آب است که فرصت‌های جدیدی را برای تولید انرژی همراه با بهبود بازدهی به وجود می‌آورد [۶]. صنعت آب و فاضلاب مسئول تأمین و توزیع آب بهداشتی است. این تنها کار مهم و حیاتی ای است که به‌ویژه در تهران به‌عنوان پایتخت ایران که با بحران کمبود آب مواجه است، انجام می‌شود. در عین حال تصمیم‌گیرندگان و مدیران صنعت باید از توان بالقوه و متنوع تولید انرژی سبز در این صنعت آگاه باشند. وجود بیش از ۱۳ هزار کیلومتر لوله‌گذاری آب نشان دهندهٔ ظرفیتی عظیم برای تولید انرژی در تهران است. هم‌اکنون، ۸۱ دستگاه پنل خورشیدی، ۲۱ دستگاه آبگرمکن خورشیدی و ۴ واحد بیوگاز در شرکت آبفای استان تهران نصب شده که ۵۳۳۷ کیلووات انرژی از آن‌ها تولید می‌شود. همچنین، در صورت استفاده از ظرفیت فشارشکن‌ها و خطوط انتقال آب، این عدد می‌تواند به ۱۰۸ هزار کیلووات ساعت افزایش یابد [۷]. تحقیقات انجام‌شده در زمینهٔ تولید انرژی در سیستم‌های تأمین آب و فاضلاب شامل مطالعاتی روی شیرهای کاهش فشار، شیرهای کنترل، مخازن تحت فشار، مخازن ذخیره‌سازی و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است [۸]. این مکان‌ها را برای بازیابی انرژی می‌توان در شکل ۳ مشاهده کرد. به این ترتیب، صنعت آب و فاضلاب به‌طور

www.SID.ir

فزاینده به‌عنوان یک پتانسیل بالقوهٔ تولید انرژی به‌حساب می‌آید که نه‌تنها می‌توان مصرف انرژی آن را کاهش داد بلکه با تولید انرژی می‌توان به سودآوری نیز رسید. در مقالهٔ حاضر ضمن معرفی پتانسیل‌های عظیم موجود به منظور بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت آب و فاضلاب، به امکان استفاده از سیستم‌های میکروهیدروپاور نیز پرداخته شده و این امکانات در صنعت آب و فاضلاب شهر تهران تخمین زده شده است.



شکل ۳. مکان‌ها با پتانسیل بازیافت انرژی در زیرساخت‌های آب و فاضلاب [۹]

پیشینهٔ تحقیق

در سال‌های اخیر بهره‌گیری از پتانسیل‌های صنعت آب و فاضلاب برای تولید انرژی پاک در کنار سیاست‌های بهره‌وری انرژی توجه زیادی را به خود جلب کرده و پروژه‌هایی به این منظور در بیشتر کشورها از جمله کشور ما انجام شده است. نمونه‌هایی از مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه ارائه شده است. نیروگاه هزارمگاواتی شهید مفتح همدان که با احداث برج‌های خشک و تغییر ساختار سیستم‌های خنک‌کننده از تَر به خشک اقدام به‌صرفه‌جویی در مصرف آب نیروگاه کرده است، به‌منظور کاهش استفاده از منابع آب زیرزمینی به بهره‌گیری از پساب تصفیه‌شدهٔ فاضلاب شهر همدان روی آورده است. استفاده از پساب تصفیه‌شدهٔ فاضلاب در واحدهای حرارتی تولید برق برای نخستین‌بار در نیروگاه شهید مفتح همدان با ظرفیت انتقال پساب تا ۱۵ میلیون مترمکعب در سال اجرایی شده است. میزان تولید برق نیروگاه شهید مفتح همدان که در سال ۱۳۹۳ به میزان ۲/۵ میلیون مگاوات بود، در سال ۱۳۹۴ با انتقال پساب تصفیه‌شدهٔ فاضلاب شهر همدان و نیز احداث برج خشک در واحد نخست درمجموع به ۳/۷ میلیون مگاوات رسیده است [۱۰].

مطالعات دیگری در زمینهٔ استفاده از سیستم‌های میکروهیدروپاور و ارزیابی‌های زیست‌محیطی و اقتصادی این سیستم‌ها صورت گرفته‌اند. از آنجا که در حال حاضر تکنولوژی پیشرفتهٔ تولید انرژی برق‌آبی بهره‌برداری از حداقل پتانسیل آبی را فراهم آورده است، در ایران نیز با توجه به وضعیت توپوگرافی و اقلیمی و وجود سلسله‌کوه‌های زاگرس و البرز از یک‌طرف، وجود رودخانه‌های بزرگ و کوچک با سرشاخه‌های متعدد از سوی دیگر، پتانسیل‌های آبی فراوانی را به وجود آورده که امکان احداث نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک در آن یافت می‌شود. در کشور ما بر اساس یک تحقیق انجام‌شده حدود سه هزار مگاوات پتانسیل انرژی هیدرولیکی وجود دارد که می‌توان با انجام تمهیدات خاص بخش بزرگی از آن را بازیافت کرد. به‌طوری که، میزان پتانسیل تولید برق از نیروگاه‌های برق‌آبی ۵۰ هزار مگاوات ساعت پیش‌بینی می‌شود که در حال حاضر ۷۶۷۰ مگاوات بهره‌برداری شده و نیز حدود ۶۶۰۰ مگاوات در دست ساخت است. همان‌طور که گفته شد، مهم‌ترین مزیت استفاده از نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک در ایران، استفاده از آن‌ها به‌منظور تأمین برق مورد نیاز مناطق دورافتاده است [۱۱ و ۱۲]. به همین منظور تا کنون بیش از ۲۵۰۰ منطقه برای

www.SID.ir

ساخت نیروگاه‌های آبی کوچک در کشور شناسایی و حدود ۹۴۴ نقطه برای احداث نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک با ظرفیت ۱۴۱۱۱۶۹/۴۴ کیلووات مناسب تشخیص داده شده است. همچنین، تا کنون مطالعهٔ ۲۸۰ نیروگاه در مرحلهٔ فاز (۱) و ۴۱ نیروگاه در فاز (۲) انجام شده و ۲۳ واحد نیروگاهی کوچک نیز در حال احداث است. نیروگاه برق‌آبی کوچک تصفیه‌خانهٔ زاهدان با بهره‌گیری از پتانسیل اختلاف فشار آب در خطوط انتقال زابل-زاهدان اجرا شده است که با بهره‌برداری از این نیروگاه آبی، برق مورد نیاز تصفیه‌خانهٔ آب زاهدان شامل ایستگاه پمپاژ، زلال‌سازها، دستگاه‌های کلرزنی و نیز روشنایی محوطهٔ تصفیه‌خانه تأمین می‌شود. توربین این نیروگاه با دبی ۰/۸۹ مترمکعب در ثانیه و توان خروجی ۴۶۷ کیلووات بوده و ژنراتور استفاده‌شده از نوع سنکرون سه فاز بدون جاروبک است [۱۰].

میرزاقلی و همکارانش [۱۳] طراحی، ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه برق‌آبی با استفاده از پمپ معکوس در مسیر خطوط انتقال آب در ورودی مخازن شهر مقدس مشهد با قدرت ۴۰۰ کیلووات را ارزیابی کردند و مزیت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی این طرح را بیان کردند. نورالهی و همکارانش [۱۴] امکان‌سنجی و پتانسیل‌سنجی تولید برق از نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک در استان کردستان را بررسی کردند. میزان دبی هر یک از حوضه‌ها بر اساس میزان متوسط بارش، متوسط دما و مساحت آن‌ها تخمین زده شد. سپس، با توجه به محدودیت‌های فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی در نظر گرفته‌شده، نقاط مناسب به‌منظور احداث نیروگاه‌های برق‌آبی را تعیین کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ امکان احداث ۳۴۱۱ نیروگاه برق‌آبی کوچک در استان کردستان است که درنهایت در صورت احداث نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک در همهٔ مناطق پیشنهادی امکان تولید ۴۳۲ مگاوات برق فراهم است. نیکو و همکارانش [۱۵] در استان خوزستان مطالعات اقتصادی مربوط به پنج نیروگاه میکروهیدروپاور که مدت احداث کلیهٔ این نیروگاه‌ها دو سال فرض شده است را بررسی کردند.

کورکوران و همکارانش [۱۶] پتانسیل بازیابی انرژی میکروهیدروپاور از شبکهٔ تأمین آب در منطق دوبلین را بررسی کردند. تحقیق آنها شامل مجموعه داده‌های فشاری و میزان جریان در منطقهٔ دوبلین برای طیف وسیعی از نقاط شبکه همچون مخازن فشارشکن و شیر فشارشکن بود. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق یادشده نشان داد پتانسیل درخور توجهی در بازیابی انرژی از مخازن فشارشکن/شیر فشارشکن حدود ۱۰۰کیلووات وجود دارد. در نمونهٔ دیگر، پتانسیل بازیافت انرژی از ۲۳ شیر فشارشکن در برزیل با طیف وسیعی در محدودهٔ ۲/۶-۴۰ کیلووات بررسی شد [۱۷]. بیشتر شیرهای فشارشکن در محلی از خطوط لوله با قطر داخلی ۵۰ میلی‌متری که در آن ظرفیت متوسط بازیابی انرژی معمولاً ۸ کیلووات بود، قرار داشتند. در یکی از شیرهای فشارشکن در محلی از خط لوله با قطر داخلی بزرگ‌تر از ۱۱۰ میلی‌متر، بیش از ۴۰ کیلووات تولید برق برآورد شد. با این حال، ۹۰ درصد کارایی سیستم استفاده‌شده در تحقیق یادشده می‌تواند به‌عنوان یک ارزش بهینه در نظر گرفته شود. گیوگی و همکارانش [۱۸] شیرهای کاهش فشار و پمپ‌های معکوس برای کنترل فشار در یک شبکهٔ توزیع آب در منطقهٔ ناپل را به کار گرفتند و با جایگزین‌کردن شیرهای کاهش فشار با پمپ معکوس پتانسیل بازیابی انرژی ۹/۵ کیلووات را برآورد کردند. در مقالهٔ حاضر پتانسیل‌های موجود در صنعت آب و فاضلاب برای تولید پراکندهٔ انرژی پاک با تأکید بر مزایای سیستم‌های میکروهیدروپاور در این صنعت برای شهر تهران بررسی شده است.

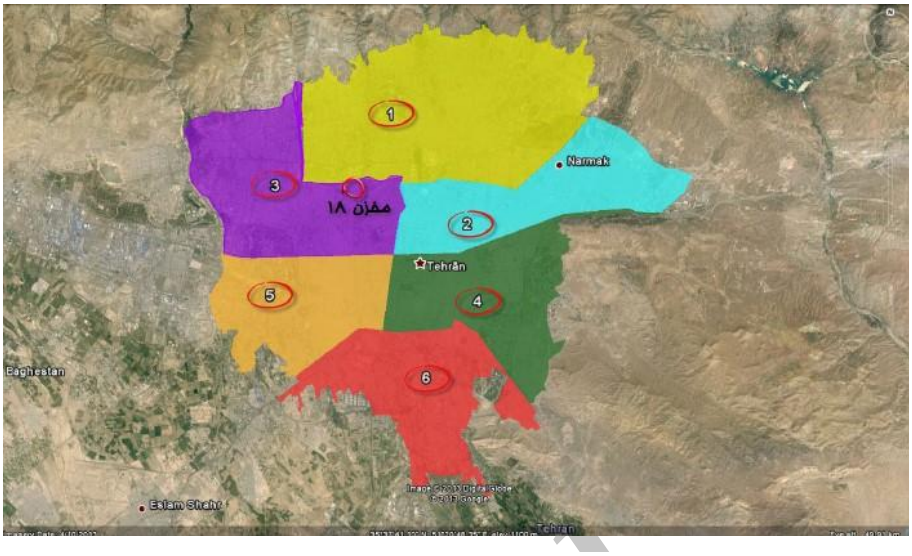
مواد و روش

پژوهش حاضر مطالعهٔ موردی شبکهٔ آب و فاضلاب شهر تهران است که شامل شش منطقهٔ آب و فاضلابی می‌شود. در حال حاضر، منابع تأمین آب تهران شامل سدهای کرج، لار، لتیان و ۱۱۷۲ حلقه چاه عمیق می‌شود. همچنین، تصفیه‌خانه‌های در دست بهره‌برداری در شهرهای استان تهران پنج واحد است. به‌منظور ذخیره‌سازی این آب آشامیدنی و متعادل‌سازی فشار آب شبکه‌های توزیع آن، در حال حاضر ۲۶۵ واحد مخزن با حجم ۲/۲۴ میلیون مترمکعب در شهرهای استان تهران بهره‌برداری شده است. طول شبکهٔ توزیع آب شهرهای استان تهران ۱۴۸۹۳ کیلومتر در اقطار ۸۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر است. شرکت آب و فاضلاب استان تهران خدمات خود را از طریق حدود ۱۵۰۰۰۰۰ انشعاب فعال (معادل ۳۲۳۰۰۰۰ واحد) به مشترکین ارائه می‌دهد. از این تعداد حدود ۱۳۱۰۰۰۰ انشعاب معادل ۲۷۴۰۰۰۰ واحد خانگی و بقیه غیر خانگی

Archive of SID

www.SID.ir

هستند. همچنین، تعداد شیر خط‌های شبکهٔ توزیع حدود ۱۲۱۹۴۰ عدد است. در بررسی‌های صورت‌گرفته برای کنترل فشار خطوط آب‌رسانی شهری بیش از ۶۷۱ فشارشکن در سطح شهر تهران وجود دارد. این فشارشکن‌ها در مقادیر افت فشار متفاوتی روی خطوط انتقال آب با قطرهای مختلف نصب شده‌اند [۷]. تقسیم‌بندی مناطق شش‌گانهٔ آب و فاضلاب شهر تهران در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. محدودهٔ مناطق شش‌گانهٔ آب و فاضلاب شهر تهران روی تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۴ منطقه

ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق

انرژی الکتریکی در زندگی امروز بشر کارکرد مهمی دارد، با این‌حال بشر در استفاده از این انرژی با چالش‌های زیادی نیز روبه‌روست. از یک‌سو با رشد جمعیت و فناوری، هر روز بر شمار متقاضیان افزوده می‌شود، از سوی دیگر بنا بر دلایل زیادی نمی‌توان با استفاده از همان روش‌های تولید سنتی، نیاز انرژی امروز را برآورده کرد. ازجمله مهم‌ترین این دلایل پایان‌پذیری سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز طبیعی است که در نیروگاه‌های احتراقی سنتی به کار می‌روند. از طرف دیگر، نوسانات قیمت و هزینهٔ زیاد این سوخت‌ها نیز به‌عنوان دلیلی دیگر محسوب می‌شود. روش‌های سنتی تولید انرژی الکتریکی با توجه به مقدار زیاد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی باید متوقف شوند و یا حداقل رشد آنها کاهش یابد. نکتهٔ دیگری که باید به آن اشاره کرد این است که حتی با فرض اینکه بتوان همهٔ انرژی مورد نیاز را با روش‌های سنتی تولید کرد، انتقال این انرژی به مناطق دورافتاده نیز معضل دیگری است. از آنجا که میزان زیاد اتلاف انرژی در مسیر انتقال و توزیع صورت می‌گیرد، کاهش اتلاف در شبکهٔ توزیع توان، کارکردی اساسی در بهبود بهره‌وری انرژی دارد. همچنین، هزینه‌های گزاف، پیچیدگی و محدودیت‌های زیست‌محیطی و اجتماعی احتمالی بر سر راه توسعهٔ خطوط انتقال انرژی (مانند جنگل‌ها، مزارع، روستاها و مناطق مسکونی و غیره) ازجمله مشکلات و موانع موجود در بخش انتقال انرژی (و به‌طور مشابه برای انتقال سوخت) است. بشر برای رفع این مشکل سال‌هاست که راه حل منطقی یافته و تولید توسط منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و نیز تولید به روش توزیع‌شده و محلی را به‌عنوان جایگزینی برای تولید سنتی در دستور کار خود قرار داده است.

در سیستم‌های به‌هم‌پیوستهٔ برق مرسوم، تولید انرژی الکتریکی به‌صورت متمرکز و توسط نیروگاه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. در سرتاسر جهان، سیستم‌های قدرت معمول با مشکلاتی مانند کاهش تدریجی منابع سوخت‌های فسیلی، بازدهی کم انرژی، افزایش هزینه‌های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی، آلودگی زیست‌محیطی و محدودیت‌های به وجودآمده از قانون‌گذاری‌های مختلف مواجه‌اند، بنابراین تولید متمرکز توان الکتریکی توسط نیروگاه‌های بزرگ با چالش‌هایی روبه رو شده است. این تغییر و تحول‌ها از یک طرف و عواملی همچون آلودگی محیط زیست، مشکلات احداث خطوط انتقال جدید و دیگر مشکلات بیان‌شده و نیز پیشرفت فناوری در زمینهٔ اقتصادی‌کردن ساخت واحدهای

www.SID.ir

تولید در مقیاس کوچک از طرف دیگر، به ایجاد تمایلاتی برای افزایش استفاده از واحدهای کوچک توان و تولید توان محلی توسط منابع انرژی تجدید پذیر مانند نیروی باد، سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی، پیل‌های سوختی، میکروتوربین‌ها و نیز ترکیبی از این‌ها در شبکه‌های توزیع منجر شده است. این نوع تولید انرژی به‌عنوان «تولید پراکنده[1]» شناخته شده و این منابع انرژی را «منابع انرژی پراکنده[2]» می‌نامند. در واقع، عبارت تولید پراکنده در مقابل تولید متمرکز مرسوم قرار می‌گیرد. با حضور ترکیبی از تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع این شبکه‌ها به‌صورت فعال عمل می‌کنند و به این دلیل آنها را شبکهٔ توزیع فعال می نامند [۱۹]. به‌طور کلی، هدف استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع تأمین تمام یا قسمتی از توان مصرفی شبکه به‌صورت تمام‌وقت یا پاره‌وقت بوده که در این میان هدف اصلی تولید توان اکتیو است. به‌طور کلی، استفاده از تولیدات پراکنده در شبکهٔ توان ویژگی های زیادی دارد که مزایای آن در صنعت آب و فاضلاب می‌تواند شامل بهبود بهره‌وری انرژی، کاهش اتلاف شبکهٔ توزیع، ایجاد مصرف‌کنندگان مستقل از شبکهٔ برق، بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بدون استفاده در ایران، کاهش هزینه‌های انرژی برای صنعت آب و فاضلاب، مدل کسب‌وکار جدید برای خدمات آب و فاضلاب، مزایای زیست‌محیطی، بهبود زمان زندگی پتانسیل آب و غیره باشد.

پتانسیل صنعت آب و فاضلاب برای تولید منابع انرژی پراکنده

از آنجا که یکی از استراتژی‌های مهم به منظور کاهش اتلاف در شبکهٔ توزیع، توان استفاده از منابع انرژی پراکنده یا همان تولید پراکنده است، امکانات و پتانسیل‌های موجود در صنعت آب و فاضلاب این صنعت را به یک پتانسیل بزرگ تولید انرژی پاک تبدیل کرده است. به این منظور، برای بهبود بهره‌وری انرژی با بهره‌گیری از منابع انرژی برای تولید پراکنده در این صنعت، اولویت‌ها باید بررسی شود، که عبارت‌اند از: برق‌آبی، انرژی بیولوژیکی، ظرفیت مزارع خورشیدی/بادی، کاهش مصرف انرژی بالقوه با بهره‌گیری از ظرفیت حرارتی خاص و استفاده از پمپ‌های حرارتی که در ادامه برای شهر تهران این پتانسیل‌ها تخمین زده شده است.

استفاده از میکروتوربین‌ها در فشارشکن‌های شبکهٔ آب برای استفاده از اختلاف ارتفاع ۸۰۰ متری بین مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقطهٔ تهران برای تولید انرژی است. با توجه به قابلیت‌های موجود در استان تهران، در صورت نصب فشارشکن نرم در خطوط تأمین، انتقال و توزیع آب استان تهران، ظرفیت تولید نزدیک به ۸۰ مگاوات ساعت انرژی پاک قابل تصور است [۷]. با نصب این نوع فشارشکن‌ها علاوه بر افزایش عمر تأسیسات شبکهٔ آب شهری و کاهش هدررفت آب با اعمال مدیریت هوشمند فشار، توانایی تغییر آنلاین (برخط) الگوی فشار خروجی هم به ایستگاه‌های فشارشکن افزوده می‌شود. با اتصال سامانهٔ میکروتوربین‌ها به شبکهٔ توزیع برق، علاوه بر کمک و مساعدت صنعت آب به بخش برق با افزایش تولید برق در ساعت های اوج مصرف، با هم‌زمانی افزایش مصرف آب (پیکسایی)، فرصت مناسبی برای تولید برق بدون آسیب به محیط زیست و با قابلیت قرارگیری سریع در مدار و جلوگیری از اتلاف خطوط توزیع با مصرف محلی توان تولیدی را فراهم می‌آورد. مطالعات کارشناسان نشان می‌دهد فقط در حوزهٔ شهر تهران بیش از ۵۰ مگاوات ظرفیت تولید انرژی برق آبی از شبکه‌های آب و خطوط انتقال وجود دارد، این در حالی است که ۴۰ شهر کوچک و بزرگ دیگر در استان تهران قرار دارند. گروه مطالعات فنی مولدها و تولید پراکندهٔ شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ به‌منظور بررسی امکان افزایش تعاملات مؤثر با شرکت تأمین و تصفیهٔ آب و فاضلاب تهران، نشست‌هایی در محل ستاد راهبردی این شرکت برگزار کرده است. ضمن بررسی‌های انجام‌شده، صحبت از وجود ۶۷۰ فشارشکن در شبکهٔ آب درون‌شهری تهران شده است که توانایی تولید هزار مگاوات برق پاک را دارند [۷]. دربارهٔ مهم‌ترین مزایای این طرح به ساده‌بودن و مقرون‌به‌صرفه بودن آن، قابل استفاده بودن در همهٔ خطوط انتقال آب دارای پستی و بلندی، استفاده از نیروهای مزاحم داخل لولهٔ انتقال آب و تبدیل آن‌ها به انرژی مفید و قابل استفاده و درنهایت استفاده از انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق اشاره می‌شود.

با استفاده از توربین‌های میکرو برای استفادهٔ دوگانه از کاهش فشار و تولید برق، با توجه به جریان کم در اواسط

1. Distributed generation
2. Distributed energy resources

www.SID.ir

شب و فشار کم طی زمان پیک مصرف آب، این سیستم می‌تواند تقریباً دو برابر مقدار انرژی مورد نیاز برای صنعت آب و فاضلاب در تهران را تأمین کند. به این معنا که نه‌تنها شرکت آب و فاضلاب تهران هزینهٔ برق را پرداخت نخواهد کرد، بلکه می‌تواند با فروش برق و نیز دریافت مزایای مقررات زیست‌محیطی مانند مکانیسم توسعهٔ تمیز[1] در مرحلهٔ دوم باشد. به‌سادگی توجه داشته باشید که با استقرار این قدرت، نه‌تنها صنعت آب و فاضلاب از مزایای اقتصادی و محیطی تولید انرژی تجدیدپذیر برخوردار است، بلکه به دلیل تغییر فشار آب اضافی به انرژی به‌جای کاهش آن در خطوط لوله و دریچه‌های کاهش فشار، طول عمر امکانات شبکهٔ آب افزایش خواهد یافت و هزینه‌های تعمیر و نگهداری کاهش می‌یابد که به معنای واقعی بهبود بهره‌وری در ابعاد مختلف است [۲۰].

جریان فاضلاب و بیوگاز ناشی از آن، منبعی است که می‌توان از آن‌ها به تولید برق پرداخت و این مهم درون مخازن، کانال‌ها و لوله‌های به‌کاررفته در تصفیه‌خانه‌ها امکان‌پذیر است. برقی که به این طریق تولید می‌شود بدون پسماند است و می‌توان آن را پاک‌ترین انرژی تولیدی در آبفای کشور دانست. در ایستگاه تصفیهٔ فاضلاب جنوب تهران، با توجه به تکنیک فوق (بیوگاز)، ۴/۲ گیگاوات انرژی الکتریکی در هر ساعت تولید می‌شود که با اتمام ساخت شبکهٔ فاضلاب حداقل چهار برابر می‌شود و به دفع فاضلاب به ایستگاه تصفیهٔ مجهز به امکانات تولید بیوگاز و تبدیل آن به برق و گرما توسط سیستم ترکیبی تولید گرما و توان[2] و یا سیستم ترکیبی تولید گرما و سرما و توان[3] منجر می‌شود. در حال حاضر، با نصب واحدهای تولید هم‌زمان برق و حرارت در شش واحد تصفیه‌خانهٔ فاضلاب جنوب تهران، سالیانه حدود ۶۰ گیگاوات انرژی الکتریکی و ۲۰۰ تراژول انرژی حرارتی تولید می‌شود که این مقدار معادل تأمین برق مصرفی یک شهرک مسکونی ۸۰ هزارنفری است. با توجه به پیش‌بینی احداث ۲۰ واحد تصفیه‌خانه و احداث نیروگاه‌هایی به ظرفیت یک مگاوات انرژی الکتریکی و ۱/۲ مگاوات انرژی حرارتی در هر واحد، تولید سالیانه ۲۰۰ گیگاوات انرژی الکتریکی و ۷۰۰ تراژول انرژی حرارتی در کلیهٔ تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تهران پیش‌بینی شده که از این مقدار در حال حاضر سالیانه ۴۳ گیگاوات انرژی الکتریکی و ۱۴۰ تراژول انرژی حرارتی تولید می‌شود [۷].

همچنین، یکی دیگر از پتانسیل‌های موجود برای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکهٔ آب و فاضلاب، وجود مخازن آب زیرزمینی است که با توجه به دیدگاه‌های جغرافیایی، زیست‌محیطی، اقتصادی و توپولوژیکی، مزارع خورشیدی، بادی یا هیبریدی برای اجرا و اتمام مخازن آب زیرزمینی ایده‌آل خواهند بود. در امکانات آب و فاضلاب تهران تقریباً ۱۰۰ مخزن آب زیرزمینی وجود دارد که در سرتاسر شهر توزیع می‌شوند و بیش از ۶۵ هکتار زمین برای بهره‌برداری از مزارع خورشیدی و یا باد وجود دارد که بدون نیاز به صنعت، برای پرداخت هزینهٔ زمین می‌تواند قدرت تولیدشده را به شبکهٔ برق تزریق کند و آن را به سازمان انرژی‌های تجدید پذیر ایران بفروشد یا آن را در محل استفاده کند. مقدار تولید انرژی خورشیدی این زمین‌ها تقریباً ۲۲ مگاوات است که با توجه به تلفات بیش از ۱۵ درصد در شبکه، به‌سادگی به ۳/۵ مگاوات می‌رسد که به معنای بهبود بهره‌وری انرژی، بهره‌وری در هزینه‌ها، حفاظت و بهره‌وری از محیط زیست است [۷].

همان‌طور که گفته شد، تعداد زیادی مخازن آب زیرزمینی در اطراف منطقهٔ شبکهٔ آب و فاضلاب توزیع می‌شوند، که با توجه به ظرفیت حرارتی ویژهٔ آب، صنعت آب و فاضلاب را با پتانسیل بالقوه‌ای برای بهره‌گیری از سیستم نیمه‌زمین‌گرمایی با استفاده از پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی معرفی می‌کنند. در بهره‌گیری از این سیستم در صنعت آب و فاضلاب نیازی به حفاری و صرف هزینه‌ها در این زمینه نیست، زیرا مخازن آب خازن‌هایی عالی به‌عنوان منبع حرارتی هستند، چرا که آب در زمستان گرم‌تر و در تابستان سردتر از دمای محیط است. تحقیقات و مطالعات نشان می‌دهد با توجه به مسائل زیست‌محیطی، این سیستم‌ها سبب کاهش ۴۰ تا ۶۰ درصدی مصرف انرژی برای اهداف گرمایش و سرمایش می‌شوند. در بخش صنعتی تهران در صنعت آب و فاضلاب، این تکنولوژی می‌تواند سبب کاهش تقریباً ۵۵ مگاوات ساعت در مصرف انرژی سالانه شود [۷]. واضح است که این توانایی صرفه‌جویی در انرژی در کل صنعت آب و فاضلاب می‌تواند تأثیر زیادی در اجرای سیاست‌های بهبود بهره‌وری انرژی در ایران داشته باشد.

1. Clean Development Mechanism
2. Combined Heat and Power
3. Combined Cooling, Heat and Power

www.SID.ir

هیدروپاور در پتانسیل تصفیه در صنعت آب و فاضلاب

به‌طور کلی، انرژی هیدرولیکی به‌دست‌آمده از توربین‌های آبی می‌تواند برای صنایع کوچک روستایی، مانند آسیاب گندم، چوب‌بری‌ها یا پمپاژ آب مصرف شود، اما مهم‌ترین و گسترده‌ترین کاربرد توربین آبی، تولید برق از نیروی آب است و درست به همین دلیل است که نیروگاه آبی در برنامهٔ عرضهٔ انرژی وارد شده است [۲۱]. نیروگاه‌های آبی کوچک برای تأمین انرژی در نقاط دورافتاده و هنگام کم‌بودن تقاضای انرژی راه حل مناسبی‌اند. موضوع توربین‌های آبی میکرو و قابلیت‌ها و فعالیت‌های ایران در این زمینه، در پژوهش‌های بسیاری بحث شده است. در کشورمان تلاش‌هایی در زمینهٔ اجرای پروژه‌های برق‌آبی میکرو صورت پذیرفته است. نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک یک پتانسیل بزرگ جهانی تولید برق هستند که مشکلات زیست‌محیطی کمی به همراه دارند. این نیروگاه‌ها به دلیل کاهش مشکلات محیط زیستی، پایان‌ناپذیری منبع تأمین انرژی، توسعهٔ مناطق و اشتغال‌زایی در بازار انرژی جهانی فقط نزدیک به چهار درصد ظرفیت کل نیروگاه‌های برق‌آبی را تشکیل می‌دهند [۳]. نیروگاه‌های آبی میکرو ویژگی‌های متعددی ازجمله پایان‌ناپذیری منبع انرژی، آلوده‌نکردن محیط، توسعهٔ اجتماعی، کشاورزی و صنعتی مناطق روستایی، اشتغال‌زایی، افزایش دانش فنی منطقه، تولید انرژی ارزان، عمر مفید طولانی و راندمان بالا، سهولت ساخت و بهره‌برداری، کاهش تلفات انرژی، افزایش پایداری شبکه، امکان جذب سرمایه‌های بخش خصوصی و بالابودن ضریب آمادگی نیروگاه دارد.

پراکندگی نیروگاه‌های میکروهیدروپاور در سیستم‌های تأمین آب به‌طور عمده به خطوط انتقال بزرگ‌تر محدود می‌شود که در آنها ویژگی‌های هیدرولیکی تقریباً ثابت و بازیابی توان در آن‌ها درخور توجه است [۲۲]. در عوض، در زمینهٔ شبکه‌های توزیع آب شهری، طراح نیروگاه تولید انرژی با تغییرات بزرگ‌تری از مشخصات هیدرولیکی (جریان و هد) به‌منظور رسیدن به توان در دسترس روبه‌روست [۲۳]. با این‌حال، تولید انرژی تجدید پذیر مانند استفاده از انرژی ایجادشده توسط هد کم، جریان زیاد در تصفیهٔ پتانسیل فاضلاب با هد زیاد، جریان زیاد از انرژی تولیدشده از شیرهای کاهش فشار در سیستم‌های انتقال آب هنوز کمتر بهره‌برداری شده‌اند [۲۴]. تکنولوژی بسیار پیشرفته و اثبات‌شدهٔ برق‌آبی که در سراسر جهان به کار می‌رود تا انرژی تجدیدپذیر از جریان آب با شیب هیدرولیکی را تولید کند، یکی از راه حل‌های امکان‌پذیر پایداری انرژی برای صنعت آب و فاضلاب است [۲۵]. با این‌حال، به دلیل موقعیت جغرافیایی صنایع آب و فاضلاب، همهٔ امکانات و تسهیلات برای برق‌آبی قابل قبول نخواهد بود، به این دلیل که برای بقای یک طرح هیدرولیکی و مناسب بودن بازگشت سرمایه‌گذاری، هد و جریان باید درخور توجه باشد [۲۶]. هنگامی که مقدار کوچکی از جریان نیاز باشد هد زیادتر، بیشترین تأثیر را دارد تا همان مقدار از توان تولید شود، در حالی که هد کمتر هنوز قابل قبول‌تر است، اما ممکن است نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد و دورهٔ بازپرداخت طولانی‌تر داشته باشد.

خروجی تصفیهٔ فاضلاب[1]

به جای تخلیهٔ مستقیم پساب فاضلاب تصفیه‌شده به آب دریافتی، می‌توان آن را از طریق یک پنوماتیک تحت فشار به یک توربین برای تولید برق هدایت کرد. پساب تصفیه‌شده پس از عبور از مسیر ورودی به پنستاک وارد می‌شود و سپس به توربینی که در پایین قرار گرفته می‌ریزد، که در آنجا بر اثر ضربه به تیغه سبب می‌شود که شفت متصل به ژنراتور بچرخد، در نتیجه شفت چرخشی به برق تبدیل می‌شود. توان تولیدشده می‌تواند در محل استفاده شود و یا اگر توان بیش از حد تولیدشده باشد، برای فروش به شبکه صادر می‌شود [۲۷]. با این حال، تمامی امکانات تصفیهٔ فاضلاب نمی‌تواند از مزایای این انرژی تجدید پذیر بهره ببرد چرا که امکان تولید برق‌آبی برای هر مکان به‌طور عمده بر اساس هد خالص موجود و رژیم جریان تصفیه برای تولید انرژی کافی کار می‌کند تا ارزش سرمایه‌گذاری داشته باشد. برای بهینه‌سازی یک طرح هیدرولیکی، هد و یا جریان باید درخور توجه باشد. از آنجا که امکانات تصفیه داخل تپه‌ها، کوه‌ها و دره‌ها به احتمال زیاد مقدار درخور توجهی از توان را در هزینهٔ نسبتاً کم و با زمان بازپرداخت کوتاه‌تر تولید می‌کند، برخی از پتانسیل تصفیه‌ها این مزیت را دارند تا با توجه به موقعیت جغرافیایی خود برای این کار مناسب‌تر باشند. در حالی که استفاده از طرح‌های آبی در تأسیسات تصفیهٔ آب، سهم درخور توجهی

1. Sewage Treatment Outfall

www.SID.ir

در استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد، اما یک طرح هیدرولیک در خروجی تصفیهٔ فاضلاب فقط در صورتی قابل قبول است که بتواند مشوق‌های دولتی را برای آن تأمین کند. یک میزان جریان معمولی برای یک مکان تصفیهٔ فاضلاب با جمعیتی معادل ۸۰ هزار نفر حدود دو مترمکعب بر ثانیه است که برای اینکه چنین طرحی ایده‌آل باشد، یک هد حداقل پنج‌متری مورد نیاز است. با این حال، چنین هدی به‌سختی در تصفیهٔ فاضلاب در دسترس است مگر با استفاده از خروجی تصفیهٔ فاضلاب که از لحاظ جغرافیایی مناسب است [۸].

جریان جبران از مخازن آب[1]

شرکت‌های آب آشامیدنی برای تصفیه از مخازن ذخیره‌شده و غیره انتصابی از جریان رودخانه‌ای[2] استفاده می‌کنند که به موجب قوانین یک مقدار مشخصی از جریان را به داخل رودخانه آزاد می‌کند، این جریان به معنای «جریان باقی‌مانده» یا «جریان جبران» است تا کیفیت آب و اکولوژی رودخانه حفظ شود. مقدار جریان جبران معمولاً توسط آژانس محیط زیست تنظیم می‌شود و می‌تواند از ۹۰ تا ۹۵ درصد میانگین جریان روزانه، بسته به مقدار انتزاعی متفاوت باشد [۲۸]. اگر آب مستقیم از مخزن به کارهای تصفیه منتقل شود، تنظیماتی معمولاً برای حفظ جبران جریان در پایین‌دست رودخانه، ایجاد می‌شود. این می‌تواند شامل ایجاد یک خروجی اضافی از مخزن باشد تا جریان پایین‌دست را برای اتصال به جریان باقی‌ماندهٔ مورد نیاز هدایت کند. اگر جریان هدایت‌شده و هد درخور توجه باشد، یک توربین می‌تواند در خروجی نصب شود تا انرژی را مهار کند. ۹۰ تا ۹۵ درصد جریان جبران ممکن است برای تولید نیروی برق‌آبی در مقایسه با مقدار انتزاعی مربوط به کار تصفیه کوچک باشد، اما مزیت آن ثابت‌بودن است، به این معنا که یک توربین نصب‌شده در هر زمان با حداکثر کارایی خود عمل می‌کند، بنابراین یک منبع برق ثابت ارائه می‌کند. اگرچه، جریان‌های باقی‌مانده از مخازن می‌توانند منبع قابل اعتماد انرژی باشند، آن به مقدار انتزاعی تصفیه و زمین مخزن بستگی دارد. از آنجا که میزان جریان جبران معمولاً در مقایسه با مقدار انتزاعی کوچک است، هد و جریان باید برای یک طراحی قابل اجرا مقدار درخور توجهی داشته باشند. در فصل زمستان جریان بیش از حد و آزاد معمولاً منبع اصلی جریان جبران از مخزن را تشکیل می‌دهند و طی تابستان، فقط جریان نشت به جریان جبران کمک می‌کند. در تابستان و در مکان‌هایی با هد کم، بهره‌برداری از جریان نشت بسیار امکان‌پذیر است. با این حال، با توجه به مدت‌زمان فصلی غیر قابل پیش‌بینی ممکن است مقرون‌به‌صرفه نباشد.

شیرهای کاهش فشار[3]

مدیریت مطلوب شبکهٔ توزیع آب به‌شدت به کاهش فشار مربوط است به‌طوری که میزان نشت آب در یک خط لوله با مقدار فشار افزایش می‌یابد و یک استراتژی کاهش فشار به کاهش منطقی مقدار اتلاف آب کمک می‌کند. از این‌رو، یکی از استراتژی‌های طراحی شبکه‌های توزیع آب شامل کمینه‌کردن قطر لوله به‌منظور کاهش هزینه‌های آن است که هم کاهش فشار به دلیل تلفات انرژی در خط لوله و هم کاهش هزینه‌های نصب می‌تواند به دست آید. علاوه بر این، راه حل دیگر استفاده از شیرهای کاهش فشار برای کنترل مقادیر فشار است [۲۹]. می‌دانیم در صورت وجود جریان آب و اختلاف ارتفاع کافی امکان تولید برق وجود دارد، ولی آنچه شاید همه نمی‌دانیم، آن است که چنین پتانسیل‌هایی به‌جز در سدهای بزرگ، در نزدیکی و حتی در داخل شهرها نیز وجود دارد. قدرت آب ترکیبی از هد و جریان است. هر دو باید برای تولید برق حاضر باشند تا امکان تولید برق (هیدروپاور) وجود داشته باشد. روی خطوط انتقال آب با مشکلات کمتری می‌توان از این پتانسیل استفاده کرد و به‌علاوه در بسیاری از کشورها به دلیل وجود اختلاف ارتفاع در شهرها و حجم آب کافی برای تولید برق به‌جای فشارشکن‌های مستقر روی خطوط توزیع آب، توربین قرار داده شده است. یکی از روش‌های جدید تولید برق در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، استفاده از جریان آب در ورودی و خروجی این تأسیسات است که کشورهای دیگر نیز به آن به‌عنوان یک انرژی پاک می‌نگرند.

گستردگی شهرها و نیاز همهٔ آن‌ها به آب سبب گستردگی خطوط انتقال آب به شهرها شده است و موقعیت جغرافیایی و پستی و بلندی‌های مسیر انتقال این آب موجب می‌شود گاهی فشار آب در درون خطوط انتقال به حدی

1. Compensation flow from reservoirs
2. Run of River
3. pressure reduction valves

www.SID.ir

زیاد شود که نیاز به استفاده از شیرهای فشارشکن یا مخازن متعادل‌سازی فشار باشد و در اینجاست که پیشنهاد می‌شود از این فشارهای اضافی برای تولید انرژی استفاده شود. تا چندی پیش بیشترین توجه به خطوط انتقال آب به شهرها که حجم زیادی از آب را جابه‌جا می‌کرد، معطوف بود، ولی در بسیاری از شهرها که حجم آب توزیع‌شده در سطح شهر زیاد است یا اینکه شهر اختلاف ارتفاع درخور توجهی دارد، به خطوط توزیع آب درون شهرها نیز توجه شده است، چون عموماً در این خطوط توزیع نیز از شیرهای فشارشکن استفاده می‌شود و می‌توان برای کاهش فشار در این مسیرها از توربین‌های مولد برق هم استفاده کرد [۳۰]. در جریان کنترل فشار در سیستم‌های توزیع آب، انرژی از بین می‌رود که تقریباً ۸۵ درصد انرژی تلف‌شده می‌تواند با جایگزینی شیرهای کاهش فشار با توربین یا نصب توربین به‌موازات شیرهای کاهش فشار بهبود یابد. با این‌حال، زمانی که آن‌ها به‌صورت موازی نصب می‌شوند، باید اقدامات لازم در مکان انجام شود تا اگر توربین خاموش شد آب بتواند از ژنراتور خارج شود و به این ترتیب از آسیب به شبکه و اتصالات لوله‌کشی جلوگیری می‌شود [۲۸]. توربین‌های بازیافت انرژی می‌توانند در هر مکانی که فشار دیفرانسیل کافی وجود دارد در فرایندهای تصفیهٔ آب و فاضلاب استفاده شوند. آن‌ها را می‌توان در خروجی لوله‌های بسته در فرایندهای تصفیه تحت فشار نصب کرد، به طور مثال در فیلترهای جاذبهٔ سریع استفاده‌شده در تصفیهٔ آب و در فیلترهای شن و ماسه استفاده‌شده برای کاهش بیوشیمیایی تقاضای اکسیژن[1] و مواد جامد معلق در سیستم‌های تصفیهٔ پساب به کار می‌روند. انتخاب توربین برای یک طرح هرچند توسط دامنهٔ هد صورت می‌گیرد، عواملی مانند سرعت چرخشی، سرعت فرار و محدودیت کاویتاسیون نیز در شبکهٔ توزیع آب برای آن در نظر گرفته می‌شود.

چشم‌انداز آینده برای استفاده از میکروهیدروپاور

اساساً علت‌های زیادی برای توسعهٔ این‌گونه طرح‌های هیدروپاور بیان می‌شود که می‌توان به تولید برق سبز و تجدیدپذیر، عدم مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها اشاره کرد. به‌طور کلی، نیروگاه‌های آبی از منابع بازگشت‌پذیر (آب) استفاده می‌کنند که می‌توان از این منابع به‌صورت چندمنظوره نیز استفاده کرد. علاوه بر این، به‌کارگیری این نیروگاه‌ها، هیچ‌گونه آلودگی در بر نخواهد داشت که این مسئله از لحاظ زیست‌محیطی اهمیت فراوانی دارد. به علاوه، این نیروگاه‌ها عمر طولانی و راندمان نسبتاً بالایی (تا حدود ۹۰ درصد) دارند. تجهیزات نیروگاه‌های آبی به‌آسانی و خیلی سریع می‌توانند برای تنظیم تغییرات بار در شبکهٔ سراسری به کار روند. به همین دلیل است که از این نیروگاه‌ها بیشتر برای شرایط پیک بار بهره می‌گیرند. این قابلیت، سهولت بهره‌برداری و کیفیت برق شبکه (ولتاژ و فرکانس ثابت) را تضمین می‌کند. در نتیجه، همین مزایای عمر طولانی، راندمان نسبی بالاتر، آلوده‌نشدن محیط زیست، کم‌بودن هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، استفادهٔ چندمنظوره از منابع آبی آنها، تجدیدپذیربودن منابع مصرفی آنها، توان پاسخ‌گویی زیاد به نوسانات تقاضای برق و نیز داشتن تکنولوژی قابل اطمینان با تأثیرات مثبت و منفی شناخته‌شده، سبب گسترش روزافزون این فناوری داخل شهرها نیز خواهد شد. ولی آنچه در کشور ما به‌عنوان موتور محرکهٔ اصلی این پروژه‌ها به شمار می‌رود، آن است که دولت در سال‌های گذشته حاضر شده بود برق تولیدی از منابع تجدید پذیر را با قیمت‌های خوبی خریداری کند که این موضوع مورد توجه بسیاری از سازمان‌های دولتی و خصوصی قرار گرفت.

دربارهٔ مزایای این‌گونه طرح‌ها می‌توان به تولید برق سبز (بدون آلودگی)، ایجاد درآمد جدید، ایجاد شغل، پدافند غیر عامل در شهرها، وجود منابع تولید انرژی برای مواقع اضطرار و بحران اشاره کرد. دراین‌باره بعضی افراد فقط بر موضوع فروش برق به شبکه و درآمدزایی آن تأکید دارند و معتقدند با کاهش قیمت خرید تضمینی برق، این پروژه‌ها باید طرح‌های مشابه مسکوت گذاشته شود تا بعداً شرایط تغییر کند. در همین زمینه، برخی کارشناسان معتقدند در اجرای این پروژه‌های کوچک باید شرایط خاص هر شهر و منطقه را در نظر داشت و از آن منظر به موضوع نگریست. یعنی زمانی که یک شهر در مناطق مرزی قرار دارد باید موضوعاتی از قبیل دوری از مرکز و احتمال بروز شرایط ناخواسته را به پارامترهای دخیل در تصمیم‌گیری افزود. اگر شهر در زمرهٔ مناطق محروم است، پس ایجاد چند شغل کوچک نیز به اقتصاد کل آن شهر کمک کرده و افراد را به زندگی امیدوارتر می‌کند. یکی از

1. Biochemical oxygen demand

www.SID.ir

موارد دیگری که مسئولان شهری و استانی باید به آن توجه کنند، این است شاید بتوان این‌گونه نیروگاه‌های هیدروپاور کوچک را در مناطقی ساخت که سبب ایجاد یا رونق بیشتر مراکز گردشگری شود. برای مثال، شاید یک دریاچه در اطراف مسیر خطوط انتقال وجود داشته باشد که با برق‌رسانی به آن محل بتوان امکان استفاده از آن را افزایش داد یا یک پارک جنگلی یا آبشار را به مردم معرفی کرد که با این کار، اقتصادهای روستایی را تقویت کرد. شاید بتوان مسیر خروج فاضلاب‌های تصفیه‌شده را به‌گونه‌ای طراحی کرد که علاوه بر تولید برق، این پساب به صنایع محتاج به آب رسانده شود. در ادامه اگر پروژه در شهرهای بزرگ مستقر است، بهتر است به بزرگی مشکلات این‌گونه شهرها هنگام بروز سوانح توجه کرد و پدافند غیرعامل را نیز به این پارامترها افزود و اینکه اگر در شهری مانند تهران امکان تولید برق مناسبی وجود داشته باشد، شاید بتوان هنگام آلودگی هوا در فصول سرد بعضی از نیروگاه‌های متوسط مستقر در شهر را برای مدتی خاموش کرد و از حجم آلودگی‌های واردشده به شهر کاست. به نظر می‌رسد در چنین طرح‌هایی باید سود به‌دست‌آمده از هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های منتشرشده از نیروگاه‌های معادل این پروژه‌ها و نیز هزینهٔ تولید هر شغل نیز مد نظر قرار گیرد. پس می‌توان هزینهٔ ایجاد یک شغل جدید را به منافع این طرح‌ها افزود. در بسیاری از مشکلات کلان‌شهری مانند تهران یکی از دلایل، وجود شیب زیاد در شهر عنوان می‌شود، ولی در این طرح‌ها وجود این اختلاف ارتفاع در مناطق مختلف شهر مزیت تلقی می‌شود و به اصطلاح این طرح‌های هیدروپاور تهدیدها را به فرصت تبدیل کرده‌اند که باید با به‌کارگیری بهترین فناوری‌ها حداکثر بهره‌برداری را کرد.

یافته‌ها

با توجه به بحران انرژی، در حال حاضر نه‌تنها به‌عنوان یک حق انتخاب، بلکه به‌عنوان یک نیاز اساسی، صنعت انرژی ایران باید به منظور سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر تحقیق، تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی دقیقی در همهٔ حوزه‌های دارای پتانسیل داشته باشد، چراکه انرژی‌های تجدیدپذیر عاملی کلیدی برای افزایش بهره‌وری انرژی در کشور به‌حساب می‌آیند. از آنجا که صنعت آب و فاضلاب به‌عنوان یک منبع تولید پراکندهٔ انرژی تجدیدپذیر هم می‌تواند به افزایش بازدهی انرژی و نیز کاهش اتلاف توان در شبکه‌های انتقال و کاهش انرژی مصرفی خود کمک کند، به مدیران و تصمیم‌گیرندگان صنعت آب و فاضلاب و صنایع برق پیشنهاد می‌شود به منظور قانون‌گذاری سیاست‌های تولید انرژی پاک، طرح‌های جامعی برای پتانسیل‌های انرژی تجدیدپذیر در امکانات آب و فاضلاب ارائه کنند. همچنین، با محاسبهٔ مقدار دقیق این توان و بررسی میزان هزینه‌های لازم، به منظور استفاده از پتانسیل‌های درخشان این صنعت برای اجرای سیاست‌های بهره‌وری انرژی، به خصوص از طریق تولید پراکندهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، گام‌های بزرگی بردارند.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، سیاست‌های اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی و حرکت از انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های پاک و بدون کربن و توسعهٔ ظرفیت‌های تولید برق از منابع تجدید پذیر و سیاست‌های افزایش بهره‌وری انرژی راه حل‌های کارآمدی برای حفظ محیط زیست و تأمین امنیت انرژی هستند. از یک‌سو، انرژی‌های تجدید پذیر به سبب سادگی فناوری، ضایعات ناچیز و ظرفیت‌های ایجاد اشتغالی که دارند مهم هستند، و از سوی دیگر در کنار بهره‌وری انرژی می‌توانند به‌عنوان ستون‌های دوگانهٔ سیاست انرژی پایدار، اولویت‌های زیادی در سلسله‌مراتب انرژی پایدار داشته باشند. یکی از عوامل کلیدی برای بهبود بهره‌وری انرژی در شبکه‌های توزیع توان، کاهش تلفات توان مصرفی است، که روش مشهور شناخته‌شده ای برای کاهش این افت توان، تولید پراکنده یا تولید انرژی در محل است. بر این اساس، می‌توان نگاه ویژه‌ای به صنعت آب و فاضلاب برای بهره‌گیری از منابع تولید پراکنده انرژی داشت.

صنعت آب و فاضلاب یک صنعت بالقوه چشمگیر برای تولید انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است، به‌طوری که در هر زمینه از تولید انرژی پاک می‌توان آن را به‌عنوان تولید پراکنده به شبکه تزریق کرد. قوانین و مقررات بین شرکت‌های آب و فاضلاب، شرکت برق و سازمان انرژی‌های تجدید پذیر برای مسائل فنی و حقوقی می‌تواند این صنعت را به صنعت پاک پیشرو در کشور تبدیل کند که نه‌تنها نیازی به پرداخت هزینه برای مصرف انرژی الکتریکی آن ندارد، بلکه

Archive

www.SID.ir

می‌تواند از فروش انـرژی بـه شـبکه بـا تعرفـه‌هـای تشـویقی، سودآوری نیز داشته باشد و نیز کـارکردی کلیـدی در اجـرای سیاست بهبود بهره‌وری انرژی در ایران داشته باشـد. بـا توجـه به زیرساخت‌ها، امکانات، تجهیزات و فشار و جریـان آب بـرای تولید انرژی پاک، صنعت آب و فاضلاب را می‌تـوان پتانسـیلی برای بهبود بهره‌وری انرژی در ایران محسوب کرد.

منابع

[1].Mohammadi, Y. Noorollahi, B. Mohammadi-Ivatloo, H. Yousefi, and S. Jalilinasrabady, "Optimal Scheduling of Energy Hubs in the Presence of Uncertainty-A Review," Journal of Energy Management and Technology, vol. 1, pp. 1-17, 06/01 2017.

[2].M. Mehrpooya, M. Mohammadi, and E. Ahmadi, "Techno-economic-environmental study of hybrid power supply system: A case study in Iran," Sustainable Energy Technologies and Assessments, vol. 25, pp. 1-10, 2018/02/01/ 2018.

[3]. A. Zervos And C. Lins.Ren21,Renewables 2016 Global Status Report.2016 .

[4]. International Energy Agency. [Online]. Available: Http://Www.Iea.Org/. [Accessed: 10-Jan-2017.[

[5]. Office Of Planning For Electricity And Energy, "Energy Balance Sheet 2014. The Ministry Of Energy. [Online]. Available: Http://Isn.Moe.Gov.Ir.

[6]. Punys P,Dumbrauskas A,Kvaraciejus A,Vyciene G. Tools For Small Hydropower Plant Resource Planning And Development: A Review Of Technology And Applications. Energies. 2011;4(9):1258–1277.

[7]. Tehran Province Water & Wastewater. [Online]. Available: Http://Www.Tpww.Ir./

[8]. Gaius-Obaseki T. Hydropower Opportunities In The Water Industry. International Journal Of Environmental Sciences. 2010; 1(3):392–402.

[9]. Mcnabola A, Coughlan P, Corcoran , Power C, Williams A P, Harris I, Et Al. Energy Recovery In The Water Industry Using Micro-Hydropower: An Opportunity To Improve Sustainability.Water Policy. 2014;16(1):168–183.

[10]. Water and Wastewater Company of Iran. [Online]. Available:Http://Www.Nww.Ir ./

[11]. Ghorashi A H, Rahimi A. Renewable and Non-Renewable Energy Status in Iran: Art of Know-How and Technology-Gaps. Renew. Sustain. Energy Rev. 2011; 15(1):729–736.

[12]. Mazandarani A, Mahlia T M I. Chong W T, Moghavvemi M. A Review On The Pattern of Electricity Generation and Emission in Iran from 1967 to 2008. Renew. Sustain. Energy Rev.2010; 14(7): Pp. 1814–1829.

[13]. Mirzaghili M, Zamanian A A.Small Scale Hydroelectric Power Plant On Water Transmission Lines. In The 6th Scientific Conference On Renewable Energy.Clean And Efficient. 2014.

[14]. Noorollahi Y, Yousefi H, Taheri Bavil Oliaei M, mohammadi M. Identification of the catchment areas and potential survey of power generation from small hydropower plants in Kurdistan province.Iranian Journal of Eco Hydrology.2017;4(1):275-286.

[15]. Niko T, Alimohamadi M, Rezaei V.Potential of small hydroelectric power plants in Khuzestan province. Eighteenth International Electrical Conference.2003.

[16]. Corcoran L, Mcnabola A, Coughlan P. Energy Recovery Potential Of The Dublin Region Water Supply Network. In Water Congress On Water, Climate And Energy: Dublin, Ireland, 2012.

[17]. Da Silva B L A, Tofoli F L, Scartazzini L S. Case study: hydroelectric generation employing distribution network in Pato Branco, Brazil. in Proceedings of the IASTED International Conference on Power and Energy Systems.2011: 22–24.

[18]. Giugni M, Fontana N, Portolano D. Energy saving policy in water distribution networks. in International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'09). Valencia, Spain, 2009.

[19]. Chiradeja P. Ramakumar R. An Approach To Qualify The Technical Benfits Of Distributed Generation.Iieee Tans. Energy Conv.2004;19(4):764-773.

[20]. Renewable Energy And Energy Efficiency Organization. [Online].available: Http://Www.Satba.Ir

[21]. Maher P, Smith N. Pico Hydro For Village Power. 2001.

[22]. Aggidis G A, Luchinskaya E, Rothschild R, Howard D C.The Costs Of Small-Scale Hydro Power Production: Impact On The Development Of Existing Potential. Renew. Energy. 2010;35(12): 2632–2638.

Archive of SID

www.SID.ir

[23]. Karadirek I E, Kara S, Yilmaz G, Muhammetoglu A, Muhammetoglu H. Implementation Of Hydraulic Modelling For Water-Loss Reduction Through Pressure Management. Water Resour. Manag.2012. 1–14.

[24]. Bennett A.Energy Efficiency: Wastewater Treatment And Energy Production. Filtr. Sep. 2007; 44(10):16–19.

[25]. Price T, Probert D. Harnessing Hydropower: A Practical Guide. Appl. Energy. 1997;57(2):175–251.

[26]. Paish O.Small Hydro Power: Technology And Current Status. Renew. Sustain. Energy Rev.2002;6(6):537–556.

[27]. Saket R K. Design, Development And Reliability Evaluation Of Micro Hydro Power Generation System Based On Municipal Waste Water. In Electric Power Conference, 2008. EPEC 2008. IEEE Canada. 2008; 1–8.

[28]. Wallace A R. Embedded Mini-Hydro Generation In The Water Supply Industry. In Opportunities And Advances In International Electric Power Generation, International Conference On (Conf. Publ. No. 419).1996:168–171.

[29]. Nazif S, Karamouz M, Tabesh M, Moridi A.Pressure Management Model For Urban Water Distribution Networks. Water Resour. Manag. 2010;24(3): 437–458.

[30]. Fontana M P , Giugni N. European Association For The Development Of Renewable Energies, Environment And Power Quality Energy Saving.In International Conference On Renewable Energies And Power Quality (ICREPQ’09), 2009.

Archive of SID

www.SID.ir