

مدیریت انرژی میکروگرید هیبریدی در حالت متصل به شبکه و منفصل از شبکه با استفاده از منطق فازی

مهدی محمدزاده^۱، لاریسا خدادادی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی ۱، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- استادیار گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی ۱، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

خلاصه

در جوامع مدرن امروزی داشتن یک منبع تأمین انرژی پایدار نقش مهمی را ایفا می‌کند. نگرانی روزافزونی برای دسترسی مداوم به انرژی‌های مورد استفاده و فرسوده شدن زیرساخت‌های شبکه‌های انتقال و توزیع انرژی برق وجود دارد و چالش‌های امنیتی، پایداری و کیفیت منابع تأمین انرژی در این زمینه مطرح هستند. میکروگریدها شبکه‌هایی هستند که از کنار هم قرار گرفتن تعدادی مولد کوچک تشکیل شده‌اند که میزان بار اندکی را در محدوده خود تأمین می‌کنند و می‌توانند با اتصال به یکدیگر، یک شبکه گسترده با توان بالا تولید نمایند که قابل جایگزینی با شبکه‌های کنونی باشد و در عین حال در مواقع ضروری، مجدداً به شبکه‌های کوچک تشکیل‌دهنده خود تجزیه شوند. در این میان کنترل میکروگریدها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است که در این مقاله از کنترل‌کننده فازی برای سامان‌دهی و مدیریت استفاده می‌شود. در کنترلر طراحی شده، علاوه بر میزان انرژی مصرفی توسط مشترکان و میزان انرژی تولید شده توسط میکروگرید، هزینه انرژی در ساعات مختلف نیز در نظر گرفته می‌شود که باعث بهبود عملکرد سیستم در حالت کلی خواهد بود. با پیاده سازی این کنترلر، از قطعی‌های ناخواسته در شبکه توزیع بدلیل خرابی‌های رخ داده جلوگیری بعمل خواهد آمد که رضایتمندی مشترکان را به دنبال خواهد داشت. بعلاوه در مکان‌هایی که بدلیل افزایش تعداد مشترکان تقویت سیستم توزیع مورد نیاز است، با بهره‌گیری از این سیستم در هزینه‌های نوسازی نیز تا حد بسیار زیادی صرفه جویی خواهد شد.

کلمات کلیدی: میکروگرید، منطق فازی، مدیریت انرژی، زمان پیک مصرف

۱. مقدمه

در جوامع مدرن امروزی داشتن یک منبع تأمین انرژی پایدار نقش مهمی را ایفا می‌کند. نگرانی روزافزونی برای دسترسی مداوم به انرژی‌های مورد استفاده و فرسوده شدن زیرساخت‌های شبکه‌های انتقال و توزیع انرژی برق وجود دارد و چالش‌های امنیتی، پایداری و کیفیت منابع تأمین انرژی در این زمینه مطرح هستند. سرمایه قابل توجهی برای توسعه و

* Corresponding Author's Email: Lkhodadadi@iaut.ac.ir

نوسازی سیستم‌های توزیع و انتقال انرژی برق موردنیاز است و مؤثرترین راه برای مرتفع کردن این مشکل ترکیب ایده‌های خلاقانه با تکنولوژی و ساختار شبکه برق است. آژانس جهانی انرژی، میزان سرمایه کلی برای بخش انرژی در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۳۰ را ۱۶ تریلیون دلار تخمین زده است [۱] و این در حالی است که شبکه برق باید با تغییرات تکنولوژی، تغییرات جامعه، تغییرات زیست‌محیطی و تغییرات اقتصادی مقابله کند. بنابراین امنیت سیستم، عملکرد مطمئن، حفاظت محیطی، کیفیت توان، هزینه انرژی و تأثیر آن باید از جنبه‌های مختلف مورد نقد و بررسی قرار گیرد تا بتواند خود را با نیازهای جامعه جدید و رو به پیشرفت تطبیق دهد. ایده شبکه‌های هوشمند از گسترش و توسعه شبکه‌های برق با توجه به نیازهای روزافزون جامعه به وجود آمد. شبکه هوشمند به شبکه‌ای اطلاق می‌شود که توانایی ترکیب رفتارهای تمام مصرف‌کنندگانی که به آن وصل هستند را در راستای تحویل پایدار انرژی به صورت اقتصادی و امن داشته باشد. شبکه‌های هوشمند از روش‌ها و سرویس‌های خلاقانه برای کنترل، مانیتورینگ و ارتباط هوشمند استفاده می‌کنند. الزامی برای هوشمند سازی تمام سیستم قدرت مخصوصاً در بخش انتقال وجود ندارد درحالی‌که قسمت توزیع، در حال حاضر تجربه‌هایی برای هوشمند سازی داشته است. شبکه‌های قدرت در مسیر گذر از حالت غیرفعال به حالت فعال نیاز به امکاناتی مانند تصمیم‌گیری و کنترل هوشمند دارند تا نیازهای دنیای مدرن را برآورده کنند. این دسته شبکه‌ها ترکیب تولیدات پراکنده با منابع انرژی تجدیدپذیر را تسهیل می‌کنند، که هدف اصلی شبکه‌های توزیع فعال ایجاد یک لینک قدرت مؤثر و مفید با مشترکان و اجازه تصمیم‌گیری زمان آنی در جهت عملکرد بهتر آن‌ها است. میکروگریدها به‌عنوان بخشی از شبکه‌های هوشمند به حساب می‌آیند که شاید بتوان گفت مهم‌ترین بخش آن نیز به حساب می‌آیند. این ظرفیت‌های کنترلی به شبکه‌های توزیع، خصوصاً شبکه‌های توزیعی که با شبکه‌های توزیع بالادست در ارتباط هستند، این اجازه را می‌دهد تا در صورتی که شبکه اصلی به هر علتی اعم از وقوع خطاهای خارجی یا اضافه بار قطع شد، کماکان به کار خود ادامه دهند و باعث افزایش کیفیت سیستم تولید و توزیع مرکزی شوند. ایده طراحی سیستم کنترلر فازی جهت مدیریت انرژی میکروگریدهای هیبریدی در حالت متصل به شبکه و منفصل از شبکه با در نظر گرفتن موارد مذکور به وجود آمد. ایده مطرح‌شده از جنبه‌های مختلفی دارای مزیت است که باعث از بین بردن مشکلات موجود در سیستم‌های متداول امروزی خواهد شد. در سیستم مدیریتی موردنظر، از منطق فازی برای مدیریت استفاده شده و نیز سیستم در دو حالت متصل به شبکه و منفصل از شبکه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سیستم فازی مورد استفاده در ورودی خود علاوه بر پارامترهای متداولی که معمولاً در این موارد استفاده می‌شود که عبارت‌اند از زمان، روز و قیمت برق در آن زمان از روز است. بنابر سیاست‌های اداره برق مبنی بر صرفه‌جویی در مصرف، هزینه برق در ساعات مختلف شبانه‌روز متفاوت است و این پارامترها نیز در مدیریت سیستم فازی در نظر گرفته شده است. اعمال این پارامترها به سیستم کنترل فازی باعث بهبود عملکرد سیستم و مدیریت سیستم در ساعات مختلف روز می‌شود و یک راه‌حل خلاقانه و نوآورانه در مقایسه با سیستم‌های مورد استفاده است که در مقایسه با موارد مشابه برتری بزرگی به حساب می‌آید. با اعمال قوانینی که شامل سیگنال‌های کنترلی و زمان، روز و هزینه برق در ساعات مختلف است، کارایی سیستم به مراتب از موارد مشابه بیشتر خواهد بود. استفاده از این سیستم در حالت منفصل از شبکه باعث پایین آمدن قابل توجه حجم سیم کشی خواهد شد و مصرف‌کنندگان به صورت محلی به منابع تولید انرژی دسترسی دارند که باعث سهولت در تعمیر و نگهداری سیستم خواهد شد. کاهش حجم سیم کشی از محل تولید انرژی تا محل مصرف باعث صرفه‌جویی بزرگی در هزینه‌های شرکت برق خواهد شد و همچنین نوسازی شبکه را در بر خواهد داشت. دیگر مزیت سیستم مورد بررسی که حالت منفصل از شبکه آن در نظر گرفته شده است، خودکفا شدن هر قسمت از شبکه اصلی است؛ بدین معنی که اگر خطا یا مشکلی در سیستم انتقال پیش آید، منطقه ای که از سیستم پیشنهادی استفاده می‌کند، دچار خاموشی نخواهد شد و این حالت از نظر مصرف‌کنندگان مزیت بزرگی برای شبکه برق به حساب می‌آید. در حالت ایجاد مشکل در شبکه اصلی و تأمین برق منطقه

از سیستم پیشنهادی، کنترل و مدیریت انرژی بر عهده قسمت فازی خواهد بود. سیستم موردنظر از یک توربین بادی و یک سیستم خورشیدی تشکیل شده است که به صورت هیبریدی عمل می کنند. در صورتی که سیستم هیبریدی بتواند انرژی موردنیاز بخش تحت پوشش خود را تأمین کند از شبکه اصلی استفاده نخواهد کرد که مسئله استفاده از شبکه اصلی یا استفاده نکردن از آن با توجه به کنترلر فازی تصمیم گیری خواهد شد. در صورت بالا رفتن تقاضا نیز سیستم به شبکه متصل می شود و مانع بروز خاموشی در بخش کنترلی می شود. همان طور که اشاره شد در بحث میکروگریدها، عملکرد آن ها را می توان به دو بخش متصل به شبکه و منفصل از آن در نظر گرفت. بالاترین اولویت میکروگریدها تأمین انرژی پایدار برای مصرف کنندگان با در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی است. بنابراین هدف و استراتژی های مدیریت انرژی در هر دو حالت متفاوت خواهد بود که تمامی این چالش ها در سیستم فازی پیشنهاد شده در نظر گرفته خواهند شد.

۲.۱. مدیریت انرژی در میکروگریدها

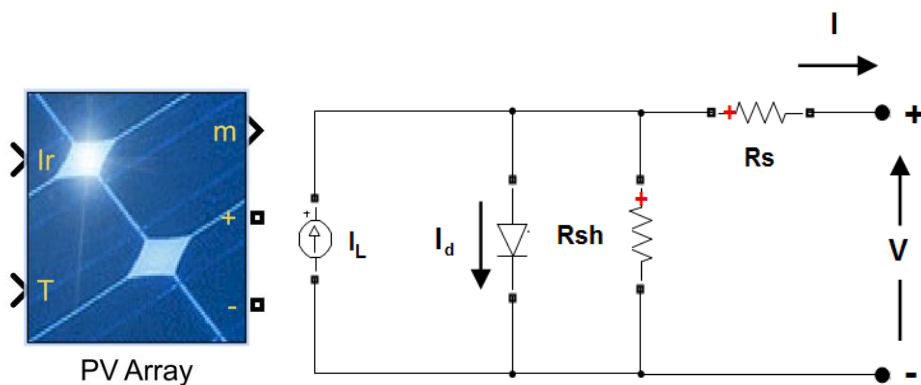
با افزایش تقاضا برای انرژی و در نظر گرفتن چالش های محیطی و اقتصادی برای کاهش آلودگی هوا و با در نظر گرفتن اینکه هفتاد درصد انرژی موردنیاز از سوخت های فسیلی تأمین می شود، سیستم های تولید پراکنده انرژی آن هم از نوع تجدید پذیر، یک راه حل قابل تأمل برای رفع این مشکل به نظر می آید. میکروگریدها به عنوان قسمت اصلی از بدنه سیستم تولید پراکنده به حساب می آیند که مدیریت و کنترل آن ها دارای اهمیت بالایی است. با در نظر گرفتن تفاسیر فوق، مدیریت و کنترل میکروگریدها، زمان اتصال آن ها به شبکه اصلی و زمان قطع آن ها و کار به صورت مستقل از اهمیت بالایی برخوردار است که هم در زمینه های اقتصادی و هزینه تمام شده برای مصرف کنندگان تأثیر دارد و هم در کاهش خاموشی نقش دارد. کنترل و مدیریت میکروگرید در سیستم پیشنهادی در دو حالت مستقل از شبکه و منفصل از شبکه با استفاده از منطق فازی بررسی خواهد شد که در مقایسه با کارهای مشابه که در ادامه توضیح داده خواهند شد، هم از نظر متصل و منفصل بودن از شبکه برتری دارد و هم در اعمال قوانین فازی به عنوان کنترلر، پارامترهای بیشتر و تأثیرگذارتری را به سیستم کلی اعمال می کند. در سال ۲۰۱۱ سیستمی متشکل از سلول خورشیدی با استفاده از منطق فازی جهت بهینه سازی مدیریت انرژی پیاده سازی شد که هدفش ذخیره سازی انرژی و مدیریت شارژ باتری بود که به صورت مستقل از شبکه عمل می نمود. در این سیستم برخلاف سیستم پیشنهادی فقط از سلول های خورشیدی برای تولید انرژی استفاده شده بود و قوانین کنترلر فازی بیشتر به عمر باتری با مدیریت شارژ و دشارژ آن توجه داشت که در سیستم پیشنهادی در این مقاله علاوه بر اینکه از توربین بادی در کنار سلول خورشیدی استفاده شده است، قوانین فازی بحث اقتصادی مسئله را نیز مدیریت خواهند کرد [۲]. در سال ۲۰۱۲ یک سیستم مدیریت انرژی فازی بر روی ماشین هیبریدی پیاده شد که علاوه بر سوخت از انرژی برق نیز برای به حرکت درآوردن خودرو بهره می برد. در این سیستم اگر خودرو به عنوان یک منطقه در نظر گرفته شود که دارای مصرف کنندگانی است، سیستم کنترلی پیاده شده درصد مدیریت مصرف انرژی آن ها برمی آید. سیستم پیشنهادی این مقاله در مقایسه با این سیستم دارای برتری هایی مانند متصل به شبکه بودن، استفاده از انرژی های باد و خورشید و در نظر گرفتن صرفه اقتصادی مصرف کنندگان می باشد [۳]. در همان سال، مدیریت انرژی میکروگرید در یک ساختمان تجاری پیاده شد. در این مجتمع تجاری انرژی میکروگرید از یک سیستم خورشیدی تأمین می شد که در ساختمان پیاده سازی شده بود. هدف از پیاده سازی این سیستم کم کردن گازهای منتشر شده از سوخت های فسیلی می باشد. سیستم مذکور در قوانین فازی همانند سیستم های قبل، فقط سیکل شارژ و دشارژ باتری را در خود دارد که در مقایسه با سیستم پیشنهادی این مقاله، جنبه اقتصادی را در نظر نگرفته است و برای منبع تولید انرژی تنها از سیستم خورشیدی استفاده نموده است ولی در این سیستم از سیستم بادی به همراه سیستم خورشیدی استفاده شده است [۴]. در همین سال استراتژی کنترل فازی برای کم کردن انرژی مصرفی در ترمینال فرودگاه ها پیاده سازی شد. در این سیستم

برای ورودی کنترلر فازی، تعداد مسافران، زمان ورود و خروج آن‌ها و میزان روشنایی و دمای ترمینال در نظر گرفته شد که با استفاده از قوانین فازی تعیین شده، گرما و روشنایی محیط ترمینال کنترل می شود که باعث کاهش انرژی مصرفی در فرودگاهها خواهد شد [۵]. در سال ۲۰۱۳ مدیریت انرژی یک میکروگرید به صورت متصل به شبکه و منفصل از شبکه بررسی شد که به صورت تولید پراکنده پیاده سازی شده است که در مقایسه با سیستم پیشنهادی در این مقاله از انرژی های تجدیدپذیر استفاده نشده است [۶]. در همان سال سیستم متشکل از سلول های خورشیدی و توربین بادی در حالت متصل به شبکه مورد بررسی قرار گرفت که مدیریت آن با استفاده از منطق فازی صورت پذیرفت که در قوانین فازی کنترل ولتاژ خروجی به صورت مدولاسیون پهنای باند اعمال گردید که در این مقاله علاوه بر کنترل خروجی و مدیریت آن صرفه اقتصادی نیز آورده شده است [۷]. در سال ۲۰۱۴ مدیریت میکروگرید در یک روز تابستان پیاده سازی و مورد بررسی قرار گرفت. در این سیستم جنبه های اقتصادی نیز برای مصرف کنندگان در قوانین مدنظر گرفته شده است ولی برای تولید انرژی تنها از سلول های خورشیدی استفاده شده است که سیستم مورد بررسی این مقاله به صورت هیبرید متشکل از توربین بادی و سلول های خورشیدی است [۸]. در همین سال همانند تحقیقات قبلی یک سیستم میکروگرید هیبریدی با استفاده از منطق فازی پیاده سازی شده است که به صورت منفصل از شبکه پیاده سازی شده است در حالی که سیستم مدنظر این مقاله به دو صورت منفصل از شبکه و متصل به شبکه عمل خواهد نمود [۹]. در اواخر سال ۲۰۱۴ تحقیقی در مورد افزایش توان سلول های خورشیدی در جهت کنترل شارژ و دشارژ باتری انجام پذیرفت که در این مقاله سعی خواهد شد از آن به عنوان بخشی از سیستم مدیریت باتری سلول ها استفاده کرد [۱۰]. تحقیقات متعددی در سال ۲۰۱۵ بر روی سیستم های میکروگریدی انجام پذیرفت. گروهی از محققان هندی در این سال تحقیقی در مورد مکان یابی منابع تولید پراکنده و مدیریت انرژی آن‌ها به عمل آوردند. در این تحقیق یک سیستم مدیریت انرژی برای میکروگرید متشکل از باتری و سوخت فسیلی و انرژی های تجدید پذیر در نظر گرفته شد که در قوانین فازی کنترل ولتاژ مدنظر گرفته شده است و برخلاف این مقاله جنبه اقتصادی در نظر گرفته نشده است [۱۱]. در تحقیق مشابه یک میکروگرید هیبریدی متشکل از خورشیدی و بیومس استفاده شده است که به صورت آنلاین قابل آنالیز است و در این تحقیق جنبه های تحلیلی در نظر گرفته شده است [۱۲]. تحقیق دیگری در این مورد به صورت میکروگرید هیبریدی جریان مستقیم انجام شده است. در این سیستم کنترلر فازی دارای دو ورودی است که بیشتر به مدیریت باتری متمرکز شده است که در این مقاله پارامترهای مختلفی در نظر گرفته شده است که در خروجی تأثیر بسزایی دارد [۱۳]. در تحقیق دیگری یک میکروگرید متصل به شبکه مورد بررسی قرار گرفته است که با استفاده از منطق فازی تلاش در کاهش نوسانات اعمالی از میکروگرید به شبکه اصلی را دارد که در سیستم فرض شده در این مقاله این مسئله نیز قابلیت بکارگیری در رفع مشکلاتی مانند پیک سایه را نیز دارد [۱۴]. در همین سال مدیریت انرژی میکروگرید با استفاده از منطق فازی بر اساس تقاضای شبکه طراحی و پیاده سازی شد. در این تحقیق که از انرژی های تجدیدپذیر استفاده شده است، میزان تقاضا پس از کم شدن مقدار انرژی تولیدی توسط منابع تجدیدپذیر با استفاده از منطق فازی مدیریت می شود [۱۵]. دوباره در همین سال سیستم مدیریت انرژی با استفاده از منطق فازی بر روی کشتی هیبرید الکتریکی پیاده سازی شد که هدف در آن مدیریت سیستم های ذخیره کننده انرژی بر روی کشتی بود [۱۶]. در تحقیق دیگری در همین سال، از منطق فازی برای مدیریت انرژی ساختمانها استفاده شد. در این سیستم نیز مدیریت سیستم های گرمایشی و سرمایشی و تهویه مورد بررسی قرار گرفت [۱۷]. تحقیق دیگری که در همین سال انجام شد در جهت مدیریت انرژی سیستم پمپاژ آب با استفاده از سیستم های خورشیدی بود. در این تحقیق نیز مدیریت بهینه باتری برای مدیریت انرژی پمپ آب هدف اصلی بشمار می رفت. همچنین در قسمت سلول های خورشیدی، بحث بیشترین توان به دست آمده از طریق سلول ها نیز مطرح شد [۱۸]. در سال ۲۰۱۶ نیز بررسی در مورد کنترل و مدیریت میکروگرید منفصل از شبکه صورت گرفته است که تمرکز آن بر روی شارژ و دشارژ باتری مورد

استفاده است و در این مقاله علاوه بر موارد ذکر شده در این مقاله سیستم از نظر جنبه اقتصادی مورد بررسی قرار خواهد گرفت [۱۹]. در سال ۲۰۱۶ تحقیقی بر روی سیستم ذخیره سازی انرژی وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی انجام گردید که از منطق فازی برای مدیریت انرژی آن استفاده شده بود. در این سیستم مدیریت انرژی باتری‌های خودروهای الکتریکی مدنظر بود [۲۰]. در تحقیق دیگری در همین سال از منطق فازی برای بهبود و مدیریت انرژی در شبکه‌های سنسور بی‌سیم استفاده شده است. هدف در این تحقیق مدیریت انرژی سنسورهای بی‌سیم هنگام تبادل اطلاعات به‌وسیله کنترلر فازی است [۲۱]. در همین سال نیز مدیریت انرژی بر روی میکروگریدهای AC با استفاده از منطق فازی طراحی و پیاده سازی شد. در این سیستم از اینورتر و کانورتر نیز استفاده شده است [۲۲]. در سال ۲۰۱۷ از کنترلر فازی برای مدیریت انرژی خانه هوشمند استفاده شد. در این سیستم نیز وسایل برقی استفاده شده در خانه به عنوان ورودی در نظر گرفته شده‌اند و با دسته‌بندی آن‌ها از نظر اولویت و استفاده از منطق فازی به مدیریت آن پرداخته است [۲۳]. در همین سال از منطق فازی برای مدیریت انرژی میکروگریدهای متصل به شبکه استفاده شد. در این تحقیق با استفاده از منطق فازی و در نظر گرفتن میزان انرژی تولیدی، برای اتصال یا انفصال به شبکه از منطق فازی استفاده شد [۲۴]. همچنین از منطق فازی برای مدیریت انرژی در خانه‌ها به‌صورت مستقل استفاده شد. برای این منظور کلیه موارد مصرفی خانه در نظر گرفته شده است و مدیریت مصرف آن‌ها با استفاده از منطق فازی انجام شده است [۲۵]. تحقیق دیگری که در این زمینه در همین سال انجام شد در زمینه مدیریت خانه‌های هوشمند به‌صورت مستقل و با استفاده از سیستم‌های هیبریدی و انرژی‌های تجدیدپذیر بود. در این سیستم نیز انرژی‌های تجدیدپذیر به سیستم ذخیره انرژی هدایت می‌شوند تا با استفاده از منطق فازی در زمان مشخص و برای مصرف‌کننده مشخص مورد استفاده قرار گیرند [۲۶]. در سال ۲۰۱۸ از منطق فازی برای مدیریت انرژی خانه استفاده شد که در این تحقیق ورودی به‌صورت دمای منزل در نظر گرفته شده است که با مدیریت آن با استفاده از منطق فازی به مدیریت انرژی پرداخته شده است [۲۷].

۲. اجزا سیستم هیبریدی

در سیستم مورد نظر برای تولید انرژی از پنل‌های خورشیدی و توربین بادی استفاده شده است. مدار داخلی یک سلول خورشیدی در شکل ۱ نشان داده شده است.

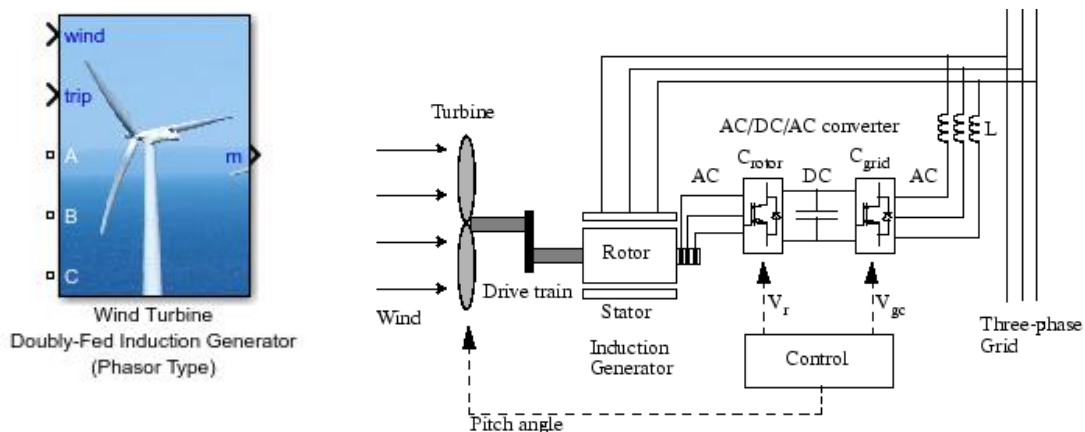


شکل ۱- مدار داخلی یک سلول خورشیدی

همانطور که در شکل مشاهده می شود، مدل سلول نیز از پنج بخش تشکیل شده است. IL جریان تولیدی توسط نور است. جریان دیود و مقاومت سری و موازی نیز برای نشان دادن میزان تابش و دما قرار داده شده اند. برای توربین بادی نیز از بلوک و مدار داخلی نشان داده شده در شکل ۲ می توان استفاده نمود.

۳. سیستم فازی طراحی شده

سیستم فازی طراحی شده در ورودی خود چهار پارامتر زمان، هزینه، انرژی تولیدی و مقدار تقاضا را می گیرد. این سیستم دارای پارامترهای ورودی و خروجی می باشد.



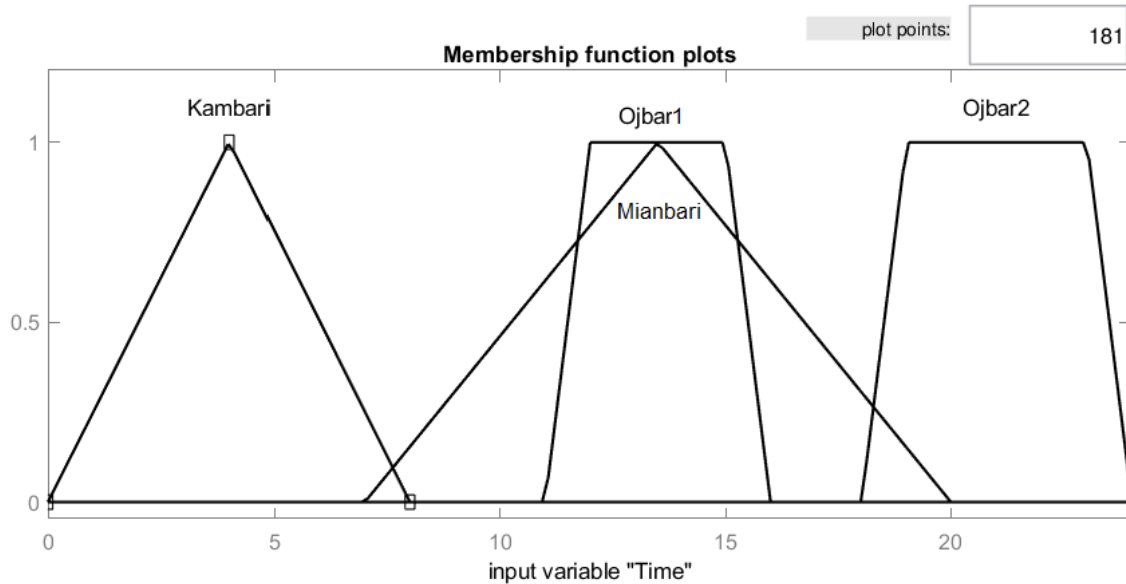
شکل ۲- بلوک و مدار داخلی یک توربین بادی

۱.۳. زمان

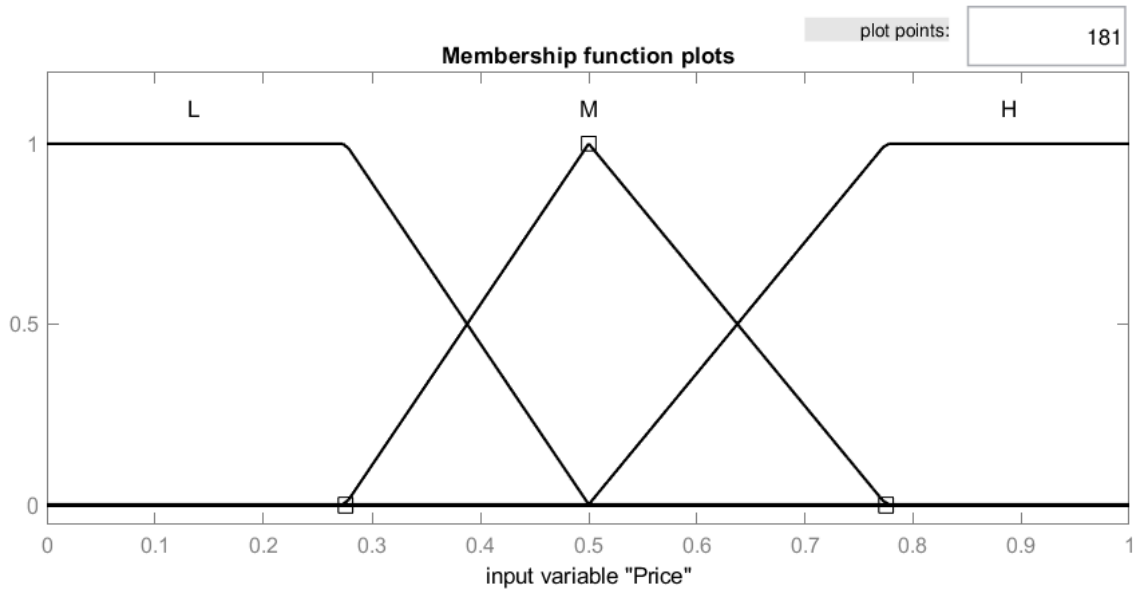
با توجه به تعرفه بندی هزینه برق در طول ساعات شبانه روز و با در نظر گرفتن اوقات کم باری، میان باری و اوج بار، فاکتور زمان تاثیر بسزایی در مدیریت انرژی دارد. در تعرفه اداره برق از ساعت ۲۳ شب تا ۷ صبح به عنوان کم باری، از ساعت ۷ صبح تا ۱۹ شب به عنوان میان باری و از ساعات ۱۲ تا ۱۶ و ۱۹ تا ۲۳ به عنوان اوج بار تعریف شده اند. به همین خاطر در مباحث مدیریت انرژی باید این فاکتور دخالت داده شود. در کنترلر فازی طراحی شده این عامل در ۴ بخش کم باری، میان باری، اوج بار اول و اوج بار دوم دخالت داده شده است. در تابع عضویت نشان داده شده در شکل ۳، تمامی این زمان ها دخالت داده شده اند که با اعمال قوانین در نتیجه تاثیر خواهند داشت.

۲.۳. هزینه

در بحث هزینه نیز با توجه به تعرفه های زمانی، هزینه های متفاوتی به مشترکین اعمال می شود. به منظور تشویق مشترکان برای جابجایی مصارف خود از ساعت اوج بار به ساعت کم باری، پس از محاسبه بهای برق مصرفی و تخفیف



شکل ۳ - تابع عضویت زمان



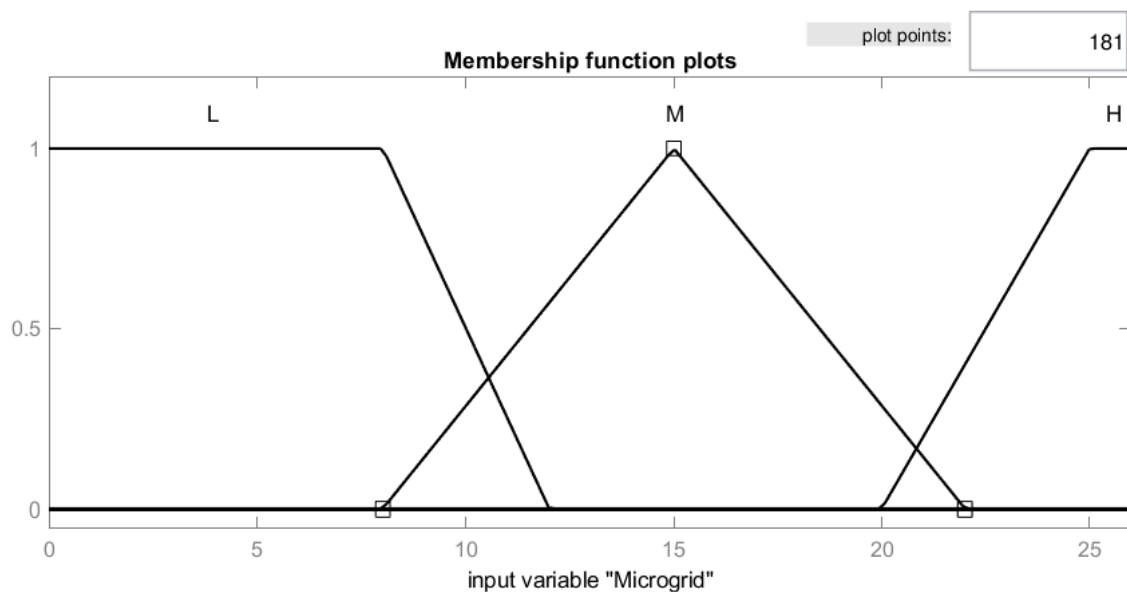
شکل ۴ - تابع عضویت هزینه

مصارف غیر اوج بار برای آن دسته از مشترکان خانگی که دارای لوازم اندازه گیری چند زمانه هستند به ازای هر کیلووات ساعت مصارف ثبت شده در اوج بار با نرخ ۴۵۰ ریال به عنوان اضافه پرداختی و برای مصارف ثبت شده در زمان کم باری به ازای هر کیلووات ساعت به میزان ۲۲۵ ریال برای مشترکان دارای کنتور سه تعرفه و ۹۰ ریال برای مشترکان دارای

کنتور دو تعرفه به عنوان تخفیف کم باری لحاظ شده و محاسبه می‌شود. تابع عضویت هزینه در شکل ۴ نشان داده شده است. در این تابع عضویت هزینه به سه قسمت کم، متوسط و زیاد تقسیم بندی شده است.

۳.۳. میزان انرژی تولید شده

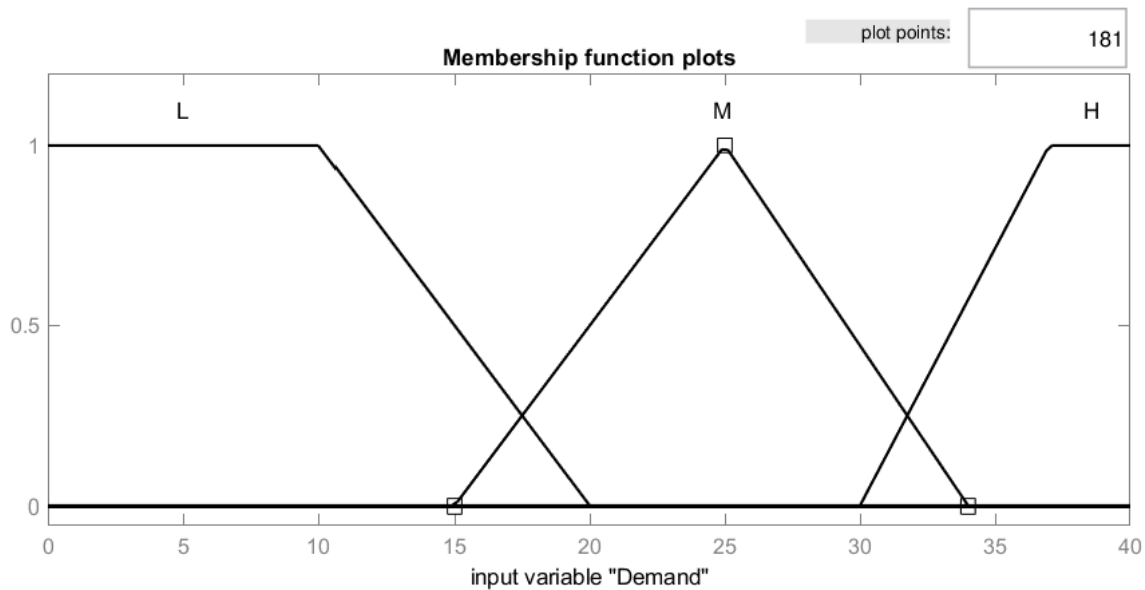
در این سیستم برای تولید انرژی دو سیستم سلول خورشیدی و توربین بادی در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه خورشید در طول ۲۴ ساعت همیشه نمی‌تابد و با توجه به اینکه نمی‌توان وزش باد را برای تمام ساعات روز در نظر گرفت، ترکیب این دو بصورت سه قسمتی کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته شده است که در شکل ۵ آورده شده است.



شکل ۵ - تابع عضویت انرژی تولید شده

۴.۳. میزان انرژی مورد تقاضا

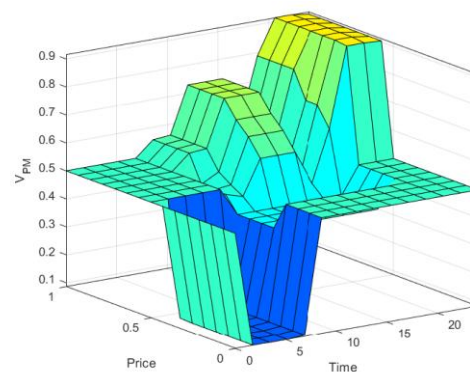
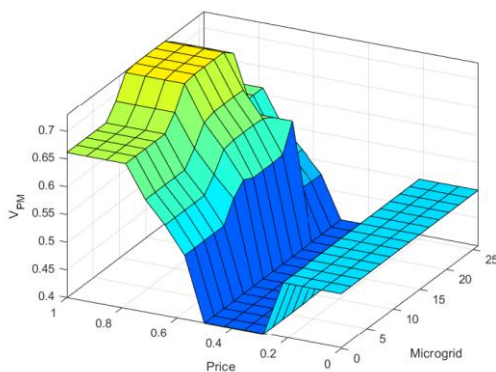
در عمل تمامی وسایل برقی خانگی و تجهیزات دیگر برای ولتاژ نامی خاصی طراحی شده و بایستی در ولتاژ مجاز نامی مورد استفاده قرار گیرند و عدم رعایت این موارد باعث صدمه دیدن وسایل و کاهش عمر آنها میشود. از طرف دیگر ولتاژ شبکه در ساعات اوج بار (پیک) کاهش پیدا میکند. ایامی از سال و نیز ساعاتی در هر شبانه روز، دارای بیشترین مصرف انرژی الکتریکی است که به آن، روزها و ساعات اوج بار گفته می‌شود. در ایران بیشترین مصارف در فصل تابستان از حدود اواسط تیرماه لغایت اواسط شهریورماه و در ساعات اولیه شب بعد از غروب خورشید است. در نتیجه استفاده از وسایل برقی خانگی در ساعات اوج بار که میزان بار و برق مصرفی به حداکثر مقدار خود می‌رسد، باعث اختلال در شبکه و ایجاد خاموشی و یا صدمه دیدن وسایل برقی میشود. با دانستن این مطالب بایستی نحوه مصرف برق خانگی را طوری کنترل نماییم که مصرف در این روزها و آن ساعات کاهش یابد. تابع عضویت این ورودی در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۶- تابع عضویت انرژی مورد تقاضا

۵.۳. نتیجه سیستم فازی

در بحث مدیریت انرژی، متعادل نمودن میزان تولید و مصرف یکی از جنبه های مهم طراحی است. با اعمال نمودن ورودی های سیستم و وضع قوانین مربوطه، در خروجی پروفیل ولتاژ اصلاح شده بدست خواهد آمد که در چه ساعاتی از روز نیاز به اصلاح دارد و در چه ساعاتی ندارد و میزان این اصلاح باید در چه حدی باشد. اصلاح پروفیل ولتاژ کلا به دو صورت در شبکه های برق دارای اهمیت است. اولین بخش برای از بین بردن هارمونیک ها مورد استفاده قرار می گیرد بدین معنی که در صورت وجود هارمونیک در شبکه پروفیل ولتاژ برای از بین بردن این هارمونیک ها نیاز به اصلاح شدن دارد. دومین بخش برای از بین بردن نوسانات شبکه مورد استفاده قرار می گیرد که در ساعات اوج بار رخ می دهد. مواقعی نیاز به اصلاح زیادی در شبکه احساس می شود عبارتند از ساعات اولیه شب در طول سال و ساعات میانی روز در تابستان. تابع عضویت خروجی در هفت قسمت در نظر گرفته شده است که این هفت قسمت عبارتند از به شدت کم، خیلی کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد و به شدت زیاد. این تابع عضویت در شکل ۷ آمده است.



شکل ۷- تحلیل فازی انرژی تولید شده و هزینه به همراه زمان و هزینه

در مورد زمان، به چهار بخش تقسیم بندی شده است زیرا اوج بار یک در میان روز و دیگری اواسط شب اتفاق می افتد که اولویت آن بخاطر زیاد بودن مصرف و زمان پیک بار بیشتر در نظر گرفته شده است. همچنین میزان انرژی تولیدی در ساعات پایانی روز به دلیل غروب خورشید و تاثیر مستقیم آن بر تولید انرژی کمتر در نظر گرفته شده است ولی با این وجود شرط هایی مبنی تولید انرژی زیاد نیز با در نظر شب های بادی و طوفانی در قوانین گنجانده شده است تا در صورت بروز چنین حالتی سیستم توانایی تصمیم گیری متناسب را داشته باشد. پس از اعمال قوانین و تعریف توابع عضویت ورودی و خروجی، تحلیل بدست آمده از کنترلر فازی بصورت شکل ۸ است.

۴. نتیجه گیری

با توجه به توضیحات فوق و نتایج خروجی سیستم فازی، در سیستم مورد بررسی مدیریت انرژی با در نظر گرفتن پارامترهای مختلفی اعم از زمان روز، ساعت، هزینه انرژی در آن ساعت از روز و میزان تقاضا پیاده سازی شده است. با در نظر گرفتن زمان کم باری، میان باری و اوج بار و هزینه در این زمان ها و میزان انرژی تولید شده توسط میکروگرید در نظر گرفته شده و با پیاده سازی ۳۵ قانون در دستورات فازی، این نتیجه حاصل شد که نیاز به اصلاح پروفیل ولتاژ در ساعات اوج مصرف بیشتر از مواقع وجود دارد زیرا در این ساعات انرژی تولیدی بخاطر نبودن آفتاب و تولید انرژی توسط پنل های خورشیدی کم خواهد بود و در زمان میان باری با توجه به مصرف متوسط موجود و با در نظر گرفتن اینکه خورشید بیشترین تابش خود را بر سلول ها خواهد داشت، نیاز خیلی کمتری به اصلاح پروفیل ولتاژ وجود دارد. با توجه به نیاز به اصلاح یا عدم اصلاح پروفیل ولتاژ، مدیریت مناسب بر مصرف باید صورت پذیرد که در این مواقع مشخص شده اند. برای مدیریت نیز استفاده از سیستم های هوشمند و افزایش ظرفیت ذخیره سازها برای مصرف در زمان های پیک بار پیشنهاد می شود. سیستم های هوشمند می توانند با دریافت خروجی کنترلر فازی میزان مصرف خود را با این خروجی تطابق دهند تا از مصرف بیش از حد در ساعات اوج مصرف کاسته شود.

۵. مراجع

- 1- H. Nikos, 2014, "Microgrids Architectures and Control ", IEEE PRESS (WILEY), 341 pages.
- 2- F. Chekired, A. Mahrane, M. Chikh, Z. Smara, "Optimization of energy management of a photovoltaic system by the fuzzy logic technique ", Energy procedia Elsevier journal, 2011, Vol 6, pages 513 – 521.
- 3- A. Ahmad, S. Cui, "A Fuzzy Logic Global Power Management Strategy for Hybrid Electric Vehicles Based on a Permanent Magnet Electric Variable Transmission ", Energies Journal (1996-1073), 2012, Vol 5, pages 1175- 1198.
- 4- A. Mambo, M. Eftekhari, S. Thomas, "Fuzzy Supervisory Control Strategies to Minimise Energy Use of Airport Terminal Buildings", Proceedings of the 18th International Conference on Automation and Computing (ICAC), Loughborough University, UK, 2012, pp. 43 – 48.

- 5- H. Zhang, A.Davigny, F. Colas, Y. Poste, B. Robuns, "Fuzzy logic based energy management strategy for commercial buildings integrating photovoltaic and storage systems ", Energy and Building Elsevier journal, 2012, Vol 54, pages 196-206.
- 6- Q. Jiang, M. Xue, G. Geng, "Energy Management of Microgrid in Grid-Connected and Stand-Alone Modes ", IEEE Transactions on Power Systems, 2013, Vol 28, pages 3380-3389.
- 7- A. Rajan, A. Kurian, "Fuzzy Controller Based Grid Connected Wind\ PV Generating System ", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2013, Vol 2, pages 338-345.
- 8- L. Roine, K. Therani, Y. Manjili, M. Jamshidi, "Microgrid Energy Management System Using Fuzzy Logic Control ", World Automation Congress IEEE, 2014, pages 1-6.
- 9- S.Merlin Joys Mary¹, S.Rajesh Babu, " Energy Management on Grid Connected Hybrid Renewable Energy Sources using Fuzzy Logic ", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2014, Vol 3, pages 9275-9283.
- 10- E. Hatem, A. Ahmed, "Maximum Power of PV Cells Using Fuzzy Control ", European Journal of Academic Essays, 2014, Vol 5, pages 52-57.
- 11- S. Ezhilarasan, P. Palanivel, S. Sambath, " Design and Development of Energy Management System for DG Source Allocation in a Micro Grid with Energy Storage System ", Indian Journal of Science and Technology, 2015, Vol 8, pages 1-9.
- 12- M. Hailemariam, T. Mekonnen, H. sudheendra, " Novel Approach to Fuzzy Logic controller based Hybrid Solar/Micro Hydro/Bio-mass Generation, A Real time analysis ", International Journal of Innovative Research in Engineering & Multidisciplinary Physical Sciences, 2015, Vol 3, pages 56-63.
- 13- A. Albert Martin Ruban, G. Mathew Rajasekaran, N. Rajeswari, "Implementation of Energy Management System to PV-Wind Hybrid Power Generation System for DC microgrid Applications ", International Research Journal of Engineering and Technology, 2015, Vol 2, pages 204-210.

- 14- D. Arcos, J. Pascual, L. Marroyo, " Fuzzy Logic-Based Energy Management System Design for Residential Grid-Connected Microgrids ", IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, pages 1-14.
- 15- L.Roine, K. Therani, Y. Manjili, M. Jamshidi, "Microgrid Energy Management System Using Fuzzy Logic Control" , International Journal of Complex Systems – Computing, Sensing and Control, 2015, Vol 3, pages 79-92.
- 16- K. Sharma, V. Sharma, "Fuzzy Logic Controller For Energy Management System In Hybrid Electric Ship", Internatioal Journal of Science, Engineering and Technology- www.ijset.in, 2015, 979-984.
- 17- R. Alcalá, J. Casillas, A. Gonzalez, "Tuning Fuzzy Logic Controllers for Energy Efficiency Consumption in Buildings ", International journal of innovations in engineering and technology, 2015, pages 1-4.
- 18- I. Yahyaoui, M. Chaabene, F. Tadeo, "Fuzzy Energy Management for Photovoltaic Water Pumping System ", International Journal of Computer Applications, 2015, Vol 110, No 9, pages 29-36.
- 19- V. Ramudu, "Hybrid renewable based DC micro grid using fuzzy control technique for energy management system", International journal of innovations in engineering and technology, 2016, pages 357-363.
- 20- H. Yin, W. Zhou, CH. Zhao, "An Adaptive Fuzzy Logic Based Energy Management Strategy on Battery/Ultracapacitor Hybrid Electric Vehicles ", IEEE Transactions on Transportation Electrification, 2016, pages 1-12.
- 21- F. Aoudia, M. Gautier, M. Gentil, O. Berder, "How Fuzzy Logic can enhance Energy Management in autonomous Wireless Sensor Nodes ", Conference on Design and Architectures for Signal and Image Processing (DASIP), 2016, pages 1-5.
- 22- R. Badwawi, W. Issa, T. Mallick, M. Abusara, "Power Management of AC Islanded Microgrids using Fuzzy Logic ", 8th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives, 2016, pages 1-7.
- 23- A. Garrab, A. Bouallegue, R. Bouallegue, "An Agent Based Fuzzy Control for Smart Home Energy Management in Smart Grid Environment ", International Journal Of Renewable Energy Research, 2017, Vol 7, No 2, pages 1-14.



- 24- D. Aviles, J. Pascual, L. Marroyo, P. Sanchis, F. Guinjoan, "Fuzzy Logic-Based Energy Management System Design for Residential Grid-Connected Microgrids ", IEEE Transactions on Smart Grid,2017, pages 1-14.
- 25- S. Bissey, S. Jacques, J. Bunetel, "The Fuzzy Logic Method to Efficiently Optimize Electricity Consumption in Individual Housing ", energies journal, Vol 10, Issue 11, pages 1-24.
- 26- S. Zenned, H. Chaouali, A. Mami, "Fuzzy Logic Energy Management Strategy of a Hybrid Renewable Energy System Feeding a Typical Tunisian House ", International Journal of Advanced Computer Science and Applications,2017, Vol 8,No 12,pages 206-212.
- 27- J. Hernandez, R. Sanz, A. Corredera, R. Palomar, "A Fuzzy-Based Building Energy Management System for Energy Efficiency ", mdpi journals building, 2018, Vol 8, pages 1-10.