



دومین کنگره بین المللی علوم و مهندسی

آلمان - هامبورگ

اسفند ماه 9317

پخش بار بهینه جهت بهره برداری متمرکز از یک ریز شبکه با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه

میثم بهاری فر^{9*}، فرانک حیدری²، کاظم جهان بخش³، محمد عالی محمودی⁴

1- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد برق قدرت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

Meysam.baharifar@gmail.com

2- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد برق قدرت دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

Faranak.heidari@yahoo.com

3- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد الکترونیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

Jahanbakhsh80@yahoo.com

4- دانشجوی کارشناسی ارشد برق قدرت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

m.alimahmoudi@gmail.com

چکیده

امروزه بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های دارای چند ریزمنبع، چالش‌های جدیدی را در سیستم‌های قدرت به وجود آورده است. لذا ارائه سیستم‌های مدیریت انرژی با در نظر گرفتن بهره‌برداری بهینه از ریز شبکه‌ها با لحاظ کردن اهداف مختلفی نظیر هزینه بهره‌برداری، میزان آلودگی و استفاده گسترده‌تر از منابع انرژی تجدید پذیر در این حوزه مورد توجه بسیاری از جوامع پیشرفته قرار گرفته است. در این مقاله برای مدیریت انرژی در سیستم‌های دارای ریز شبکه‌های متعدد با کیفیت‌های مختلف که شامل تولیدات پراکنده، میکروتوربین، توربین بادی، سلول خورشیدی، پیل سوختی، باتری و دیزل ژنراتور می‌باشد، سعی شده است از الگوریتم قورباغه برای تعیین بهترین پاسخ استفاده نمود. بطوریکه برای اجرای آن از سه سناریو بهره‌برداری در حالت پایه، بهره‌برداری از حداکثر ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌برداری به شرط تبادل نامحدود توان بین شبکه LV و MV مد نظر قرار می‌گیرد. نتایج عددی به‌دست آمده به‌طور واضح نشان دهنده تأثیر مدل برنامه‌ریزی پیشنهادی برای توزیع بهینه منابع انرژی در یک ریز شبکه نمونه را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ریز شبکه، مدیریت بهینه انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی چندهدفه، الگوریتم جهش قورباغه

9- مقدمه

امروزه استفاده از انرژی‌های نو به صورت منابع تولید پراکنده در سطح جهان گسترش چشمگیری داشته است. خورشید و باد به عنوان منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توانند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی، که علاوه بر تجدیدناپذیری از لحاظ زیست محیطی نیز بسیار مضر می‌باشند، مطرح شوند. یک ریزشبهه بخشی از شبکه توزیع است که شامل منابع تولید پراکنده ذخیره‌ساز و بارها می‌باشد که در کنار هم قرار گرفته‌اند به طوری که این مجموعه می‌تواند به صورت اتصال به شبکه و جزیره‌ای مورد بهره برداری قرار گیرند از طرفی امروزه با توجه به حساس بودن بارهای مصرف کنندگان به کیفیت توان ریزشبهه‌های موجود، بایستی در کنترل ولتاژ و فرکانس محلی قوی باشند تا از ریز شبکه و تجهیزات متصل به آن پشتیبانی کنند [1]. پیشرفت در توسعه فناوری‌های حاصل از انرژی باد، خورشید و پیل سوختی و اهمیت روزافزون استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مسائل زیست محیطی، به کارگیری این منابع را برای تأمین انرژی برق به صورت جدا و متصل به شبکه افزایش داده است. به کارگیری منابع بادی و خورشیدی با هم و استفاده از ذخیره‌ساز، عملکرد این منابع را بهبود و قابلیت اطمینان و در نتیجه هزینه‌های سیستم قدرت را کاهش داده است. استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی مانند باتری، ذخیره‌ساز هیدروژنی (الکترولایزر، و... SMES) تانک هیدروژن و پیل سوختی، خازن‌ها، می‌تواند عملکرد منابع بادی/خورشیدی را برای دنبال کردن بار بهبود ببخشد. تقریباً در تمامی پژوهش، فقط تأمین بار الکتریکی مدنظر بوده و مسائل زیست محیطی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولیدات پراکنده اهداف مختلفی همچون کاهش تلفات، افزایش قابلیت سیستم، کاهش هزینه‌های تولید و کاهش آلودگی‌ها را دنبال می‌کند [2]. از جمله سیستم‌هایی که در آن از تولیدات پراکنده استفاده شده است ریزشبهه‌ها می‌باشند. ریزشبهه‌ها در طراحی‌های مختلف و در سطوح ولتاژ پایین و متوسط و همچنین هم به صورت مستقل از شبکه سراسری و هم به صورت متصل به آن عمل می‌کنند [3]. در ریزشبهه می‌توان از انواع منابع تولید پراکنده همچون میکروتوربین (MT)، پیل‌ها سوختی (FC)، و منابع تجدیدپذیری مانند توربین‌های بادی (WT) و فتوولتائیک‌ها (PV) و همچنین از ذخیره‌سازهای انرژی بهره می‌برند [4]. بهره‌برداری ایمن و بهینه از ریزشبهه‌ها با توجه به استفاده از منابع انرژی مانند خورشید و باد که دارای ماهیت تصادفی می‌باشند، به یکی از مسائل مورد توجه پژوهشگران تبدیل شده است [5]. در این مقاله، مدیریت بهینه واحدهای تولید موجود در ریزشبهه، مدیریت سمت تقاضا و تبادل ریزشبهه‌ها با شبکه سراسری جهت رسیدن به حداقل هزینه بهره‌برداری و انتشار آلاینده‌گی با استفاده از الگوریتم چند هدفه T الگوریتم جهش قورباغه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

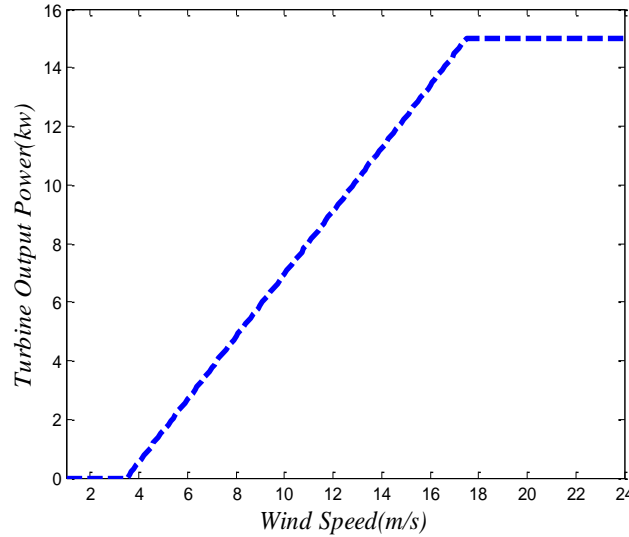
بقیه مقاله در بخش‌های زیر سازمان دهی شده است: بعد از بخش مقدمه، در بخش دوم به مدل سیستم تبدیل انرژی بادی پرداخته شده است، در بخش سوم به قیود و محدودیت‌ها، در بخش چهارم به الگوریتم بهینه‌سازی جهش قورباغه مخلوط شده، و در بخش پنجم نتایج شبیه‌سازی مورد بحث واقع شده است و نهایتاً بخش آخر به نتیجه‌گیری‌های مهم حاصل از کار ارائه شده، می‌پردازد.

2- مدل سیستم تبدیل انرژی بادی

توربین بادی انرژی بادی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند بطوریکه توان خروجی توربین بادی به پارامترهایی از قبیل دسترس پذیری بادی، منحنی توان توربین بادی، سرعت باد، شکل و اندازه توربین بستگی دارد. مشخصه توان خروجی توربین بادی مطابق معادله (1) قابل محاسبه است [6].

$$P_w(v_{wind}) = \begin{cases} 0 & v_{wind} < v_{ci} \\ P_R \frac{(v_{wind} - v_{ci})}{(v_r - v_{ci})} & v_{ci} \leq v_{wind} < v_r \\ P_R & v_r \leq v_{wind} < v_{co} \\ 0 & v_{wind} \geq v_{co} \end{cases} \quad (1)$$

که در آن V_{wind} و V_{co} ، V_r ، V_{ci} به ترتیب سرعت وصل، سرعت نامی، سرعت قطع و واقعی توربین بادی P_R توان نامی توربین می‌باشد. توربین بادی استفاده شده در این مطالعه از نوع AIR40 بوده که در آن $V_r=17.5$ m/s؛ $V_{ci}=3.5$ m/s؛ $V_{co}=18$ m/s؛ $P_R=15$ KW می‌باشد [7]، شکل 1 منحنی توان این توربین بادی را نشان می‌دهد.



شکل 9

9-2- مدل سیستم فتوولتائیک

مولدهای فتوولتائیک سیستمی هستند که نور خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند بطوری که خروجی سیستم خورشیدی کاملاً وابسته به میزان تابش است.

با استفاده از معادله (2) می‌توان میزان تابش خورشید را به توان خورشیدی تبدیل کرد [8].

$$P_{PV}(s) = A_c \cdot \eta \cdot s \quad (2)$$

که در آن $P_{PV}(s)$ بیانگر میزان توان خروجی PV بر حسب (kW) برای میزان تابش s ، A_c سطح آرایه‌ها (m^2) و η بازده سیستم PV است.

2-2- توابع هدف

تابع هدف در این مقاله به صورت هزینه بهره برداری و هزینه انتشار آلاینده‌گی به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

9-2-2- تابع هدف هزینه بهره برداری

حداقل ساختن کل هزینه بهره برداری از ریز شبکه مطابق معادله زیر می‌باشد:

$$Min f_1(x) = \sum_{t=1}^T \left\{ \begin{aligned} & \sum_{i=1}^{N_g} [U_i(t) P_{Gi}(t) B_{Gi}(t) + S_{Gi} |U_i(t) - U_i(t+1)|] \\ & - \sum_{j=1}^{N_s} [U_j(t) P_{sj}(t) B_{sj}(t) + S_{sj} |U_j(t) - U_j(t-1)|] - P_{Grid}(t) B_{Grid}(t) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

که در آن T بیانگر کل ساعات مورد مطالعه، N_g ، N_s به ترتیب بیانگر تعداد واحدهای تولیدی و ذخیره کننده انرژی، $U_i(t)$ وضعیت واحد i ام در زمان t ام (خاموش یا روشن بودن) $P_{sj}(t)$ و $P_{Gi}(t)$ میزان توان خروجی واحد i ام و ذخیره کننده i ام در



دومین کنگره بین المللی علوم و مهندسی

آلمان – هامبورگ

اسفند ماه 9317

زمان t ، $B_{Gi}(t)$ و $B_{Sj}(t)$ قیمت انرژی پیشنهادی واحد نام و ذخیره کننده زام در زمان t ، S_{Gi} و S_{Sj} هزینه راهاندازی و یا خاموش کردن واحد نام و ذخیره کننده زام و در نهایت $P_{Grid}(t)$ و $B_{Grid}(t)$ میزان توان مبادله‌ای با شبکه بالا دستی در زمان نام می‌باشد.

2-2-2- تابع انتشار آلودگی

تابع انتشار آلودگی شامل توابع میزان آلودگی ناشی از واحدهای تولید پراکنده و میزان آلودگی ناشی از شبکه هنگام خرید از آن می‌باشد. آلاینده‌های در نظر گرفته شده شامل CO_2 ، SO_2 و NOx است که مدل ریاضی تابع انتشار آلودگی مطابق معادله (4) قابل گسترش است.

$$\text{Min} f_2(x) = \sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} [U_i(t) P_{G_i}(t) E_{G_i}(t)] + \sum_{j=1}^{N_s} [U_j(t) P_{S_j}(t) E_{S_j}(t)] + P_{Grid}(t) E_{Grid}(t) \right\} \quad (4)$$

3- قیود و محدودیت‌ها

ریز شبکه نمونه تحت قیود فنی زیر بهره برداری می‌شود.

3-9- تعادل بار و تولید

محدودیت‌های مربوط به بار و تولید مطابق معادله زیر می‌باشد:

$$\sum_{i=1}^{N_{DG}} P_{DG_i}(t) + \sum_{j=1}^{N_s} P_{S_j}(t) + P_{Grid,s}(t) = P_{Load} \quad (5)$$

3-9-9- محدودیت توان واحدهای تولیدی

تمامی واحدها اعم از تولیدات پراکنده (DG)، ذخیره کننده‌ها و بازار دارای حد پایین و بالایی برای توان تولیدی خود هستند.

$$P_{G_i, \min}(t) \leq P_{G_i}(t) \leq P_{G_i, \max}(t) \quad (6)$$

$$P_{S_j, \min}(t) \leq P_{S_j}(t) \leq P_{S_j, \max}(t) \quad (7)$$

$$P_{Grid, \min}(t) \leq P_{Grid}(t) \leq P_{Grid, \max}(t) \quad (8)$$

3-9-2- محدودیت نرخ شارژ و دشارژ ذخیره کننده

محدودیت نرخ شارژ و دشارژ ذخیره کننده مطابق معادلات زیر قابل بیان است:

$$SOC_{S_j}(t) = SOC_{S_j}(t-1) + P_{chg/Dchg}(t) \quad (9)$$

$$0 \leq |P_{chg/Dchg}(t)| \leq P_{CDS_j, \max} \quad (10)$$

که در آن $SOC_{Sj}(t)$ و $SOC_{Sj}(t-1)$ بیانگر میزان شارژ ذخیره کننده در زمان فعلی و قبلی می‌باشد، $P_{chg/Dchg}(t)$ مقدار شارژ (دشارژ) در مدت زمان t امین ساعت و $P_{CDSj, \max}$ اکزیمم نرخ شارژ (دشارژ) را نشان می‌دهد.

4- الگوریتم بهینه‌سازی جهش قورباغه مخلوط شده

الگوریتم جهش قورباغه مخلوط شده (Shuffled Frog Leaping Algorithm) یا به اختصار (SFLA)، یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری است که از رفتار اجتماعی قورباغه‌ها الهام گرفته شده است، و از نظر طبقه‌بندی، در میان الگوریتم‌های رفتاری یا الگوریتم‌های ممتیک (Memetic Algorithms) قرار می‌گیرد. از نام‌های دیگر این الگوریتم که در ایران مصطلح و رایج است، می‌توان به الگوریتم قورباغه و الگوریتم جهش قورباغه اشاره نمود.

الگوریتم جهش قورباغه، نسخه توسعه یافته الگوریتم تکامل مجتمع‌های مخلوط شده یا Shuffled Complex Evolution به اختصار SCE و یا (SCE-UA) است، که یکی از الگوریتم نسبتاً با سابقه در حوزه بهینه‌سازی هوشمند است. الگوریتم SCE-UA در واقع از ترکیب قابلیت‌های تکاملی الگوریتم ژنتیک و قابلیت جستجوی تصادفی الگوریتم جستجوی تصادفی کنترل شده یا CRS ایجاد شده است و می‌توان آن را نیز، تا حدودی در دسته الگوریتم‌های ممتیک (Memetic Algorithms) طبقه بندی کرد.

با افزوده شدن قابلیت‌های نخبه‌گرایی (Elitism) و هوش جمعی (Swarm Intelligence) به الگوریتم SCE الگوریتم جهش قورباغه به دست آمده است که از نظر ساختاری، اشتراکات بسیار زیادی را با الگوریتم SCE دارد. این شباهت و ارتباط به اندازه‌ای است، که در هنگام پیاده‌سازی هر یک از این دو الگوریتم، با تغییراتی که چند دقیقه بیشتر زمان نمی‌برد، می‌توان برنامه کامپیوتری و پیاده‌سازی یک الگوریتم را به دیگری تبدیل نمود.

همان‌طور که گفته شد، الگوریتم جهش قورباغه یا SFLA از جمله الگوریتم‌های رفتاری یا ممتیک (Memetic Algorithms) است. در مقابل الگوریتم‌های ژنتیک که در آن صفات و قابلیت‌ها، توسط والدین برای فرزندان به ارث گذاشته می‌شود، در الگوریتم‌های ممتیک، هر فردی (با توجه به نظریه تکاملی لامارک) صفات و ویژگی‌های مفید را، با جستجو در اطراف خود (به صورت جستجوی محلی) به دست می‌آورد. یعنی، علاوه بر تکامل در جمعیت، تکامل به صورت فردی نیز به پیش می‌رود. به همین دلیل، بعضاً از الگوریتم‌های ممتیک، به عنوان الگوریتم‌های ترکیبی (Hybrid Algorithms) و یا الگوریتم‌های ژنتیک محلی شناخته می‌شوند.

4-9- تولید جمعیت اولیه

همانند تمامی الگوریتم‌های شهودی جمعیت اولیه (قورباغه‌ها) به صورت تصادفی بین بازه مسأله با توجه به رابطه (11)

تولید می‌شود:

$$X_i = X_i^l + rand \times (X_i^h - X_i^l)$$

(11)

که در آن، X_i مقدار معادل هر عضو از جمعیت X_i^l کران پایین متغیر X_i ، X_i^h کران بالای متغیر X_i و $rand$ یک مقدار تصادفی بین 0 الی 1 است.

هر قورباغه نمایانگر یک راه حل قابل قبول در مسأله بهینه‌سازی است که دارای یک مقدار شایستگی است. قورباغه‌ها براساس شایستگی‌شان به صورت نزولی مرتب می‌شوند و بر اساس روندی خاص به زیر مجموعه‌های مختلف تقسیم می‌شوند

5- نتایج شبیه‌سازی

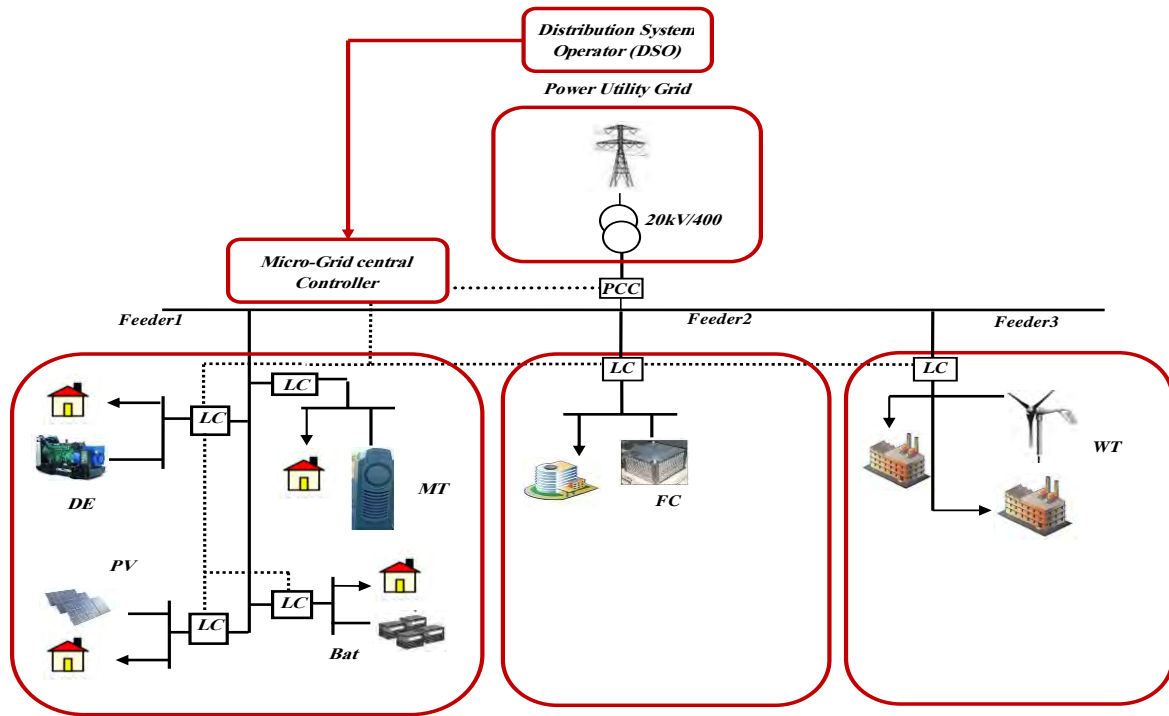
در این بخش کار، الگوریتم پیشنهادی SFLA بر ریزشکه نمونه‌ای که مطابق شکل 2 شامل منابع تولیدی میکروتوربین، توربین بادی، سلول خورشیدی، پیل سوختی و باتری بوده و قابلیت تبادل انرژی با شبکه بالادستی را هم داراست؛ اعمال شده است. جهت اثبات کارایی مدل پیشنهادی، مسئله بهینه‌سازی در سه حالت مختلف طرح‌ریزی و به اجرا گذاشته می‌شود. حالت اول، بهره‌برداری پایه (Main Case) که نمایانگر کار عادی شبکه است، حالت دوم بهره‌برداری از حداکثر ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر (Max-Renew) که بیانگر استفاده از حداکثر ظرفیت تولید واحدهای بادی و خورشیدی در طی روز و در نهایت حالت سوم بهره‌برداری به شرط تبادل نامحدود توان بین شبکه LV و MV در نظر گرفته می‌شود. در تمامی حالات فرض

دومین کنگره بین المللی علوم و مهندسی

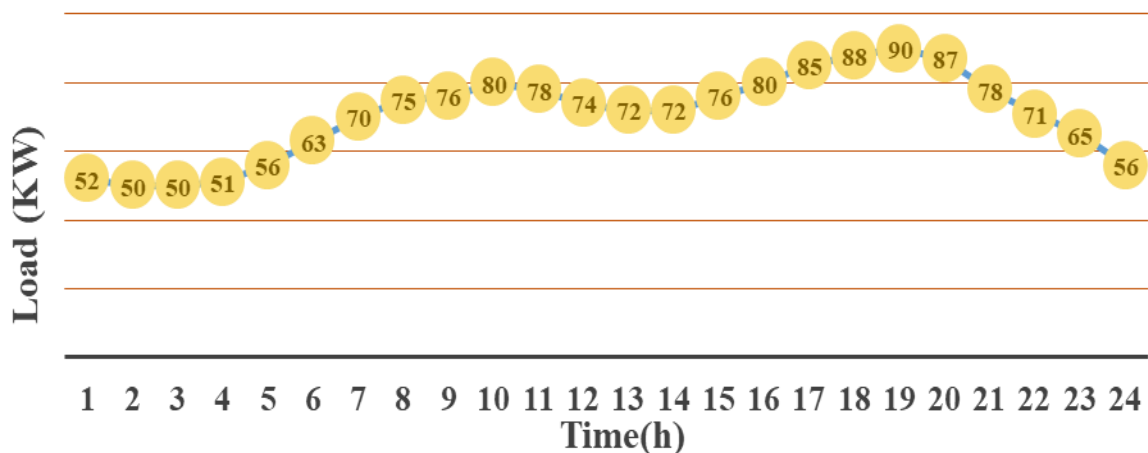
آلمان – هامبورگ

اسفند ماه 9317

می‌گردد که DGها در ضریب توان واحد کار می‌کنند. منحنی بار زیر شبکه مطابق شکل 3 می‌باشد که معادل 1695 کیلووات ساعت تقاضای انرژی است. مشخصات فنی و اقتصادی واحدها در جداول 1 و 2 مشخص شده است. قیمت پیشنهادی بازار مطابق شکل 4 می‌باشد. میزان توان خروجی توربین بادی و سلول خورشیدی بر اساس مقادیر پیش‌بینی شده در جدول 3 آورده شده است. در شبکه نمونه باتری با ظرفیت 30KWh در نظر گرفته شده است که با توجه به فیدر خانگی بودن ماکزیمم توان شارژ با فرض 230 ولت و 16 آمپر بودن سیستم برق‌رسانی خانگی تقریباً برابر 4 KWh فرض می‌شود.



شکل 2: شماتیک پیکربندی ریز شبکه پیشنهادی



شکل 3: پروفیل بار روزانه ریز شبکه تحت مطالعه

دومین کنگره بین المللی علوم و مهندسی

آلمان – هامبورگ

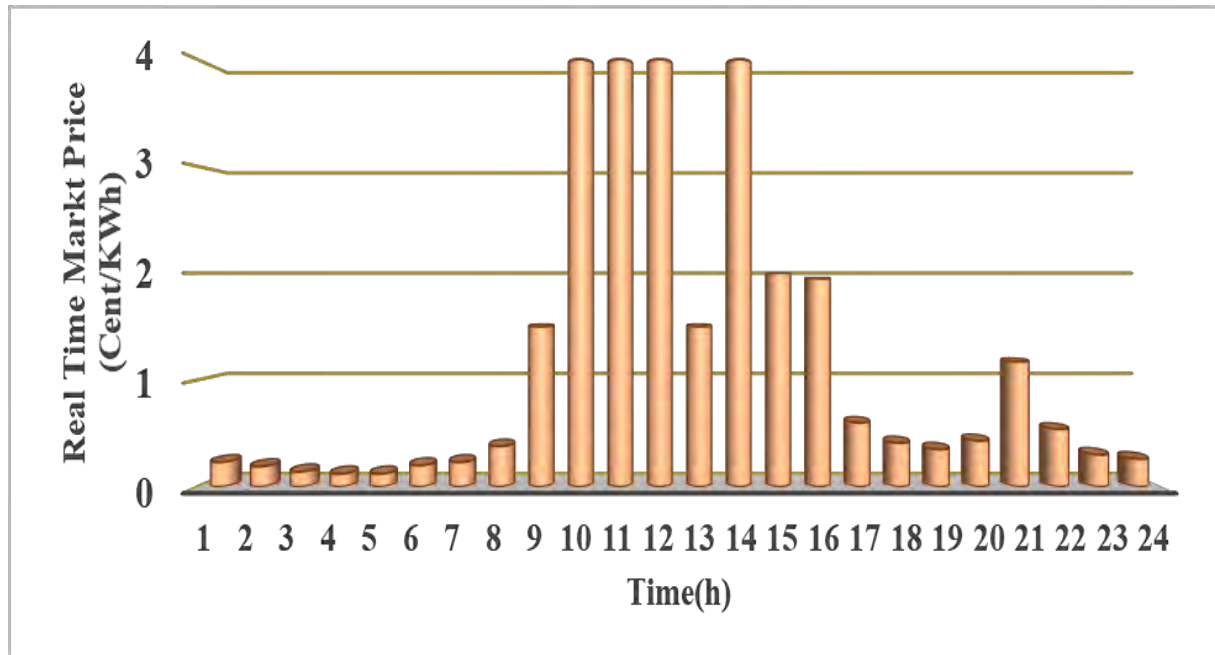
اسفند ماه 9317

جدول 1: پیشنهادات قیمت و ضرایب فنی منابع DG

Unit	Type	Bid(€Cent/KWh)	Start-up/Shut-down Cost(€Cent)	P_{min} (KW)	P_{max} (KW)
1	MT	0.457	0.96	6	30
2	PAFC	0.294	1.65	3	30
3	Bat	0.38	0	-30	30
4	PV	2.584	0	0	25
5	WT	1.073	0	0	15
6	Grid	-	0	-30	30

جدول 2: ضرایب آلودگی منابع DG

Unit	Type	CO ₂ (Kg/MWh)	SO ₂ (Kg/MWh)	NO _x (Kg/MWh)
1	MT	720	0.0036	0.1
2	PAFC	460	0.003	0.0075
3	Bat	10	0.0002	0.001
4	PV	0	0	0
5	WT	0	0	0
6	Grid	950	0.5	2.1



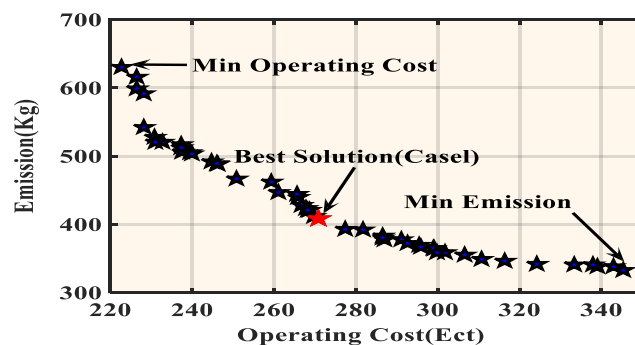
شکل 4: منحنی قیمت بازار

جدول 3: توان بادی و خورشیدی پیش بینی شده

Hour	WT(kW)	PV(kW)	Hour	WT(kW)	PV(kW)
1	1.7850	0	13	3.9150	23.90
2	1.7850	0	14	2.3700	21.05
3	1.7850	0	15	1.7850	7.875
4	1.7850	0	16	1.3050	4.225
5	1.7850	0	17	1.7850	0.550
6	0.9150	0	18	1.7850	0
7	1.7850	0	19	1.3020	0
8	1.3050	0.200	20	1.7850	0
9	1.7850	3.750	21	1.3005	0
10	3.0900	7.525	22	1.3005	0
11	8.7750	10.45	23	0.9150	0
12	10.410	11.95	24	0.6150	0

5-9- سناریو اول

نتایج عددی شبیه سازی در حالت پایه و با توجه به در نظر گرفتن همزمان دو تابع ناسازگار هزینه بهره برداری و انتشار آلاینده‌گی برای الگوریتم SFLA مطابق جدول 4 می‌باشد. از آنجایی که اهداف هزینه بهره برداری و آلاینده‌گی در تقابل با یکدیگر می‌باشند، لذا با توجه به شکل 5 حرکت از نقاط ابتدایی نمودارها به سمت نقاط انتهایی آن‌ها و بر مسیر پارتو به معنای تغییر الگوی بهره برداری از هزینه کمتر و آلودگی بیشتر به هزینه بیشتر و آلودگی پایین تر می‌باشد که با استفاده از مکانیزم فازی می‌توان محل بهره برداری بهینه را معین کرد. از نتایج شبیه سازی پیدا است که در اولین ساعات روز بخش عمده‌ای از بار ریز شبکه توسط پیل سوختی و شبکه بالادست تامین می‌گردد، بطوریکه با اوج گرفتن بار و بالا رفتن قیمت پیشنهادی بازار، واحدهای تولید پراکنده میزان تولید خود را با توجه به اولویت کمترین هزینه و آلودگی افزایش می‌دهند. از طرفی خرید انرژی از شبکه بالادست با فرایند فروش انرژی توسط کنترلر ریزشبه و آن هم در ساعات اوج بار جایگزین می‌گردد تا به لحاظ اقتصادی عملکرد بهتری صورت پذیرد. به علاوه مشاهده می‌گردد شارژ باتری در ریزشبه در ساعات اولیه روز و با توجه به تعرفه‌های قیمتی پایین تری صورت می‌گیرد حال آنکه در ساعات بعدی روز و با رشد منحنی فرآیند دشارژ انجام می‌شود.



شکل 5: نحوه توزیع معیار پارتو هزینه بهره برداری و آلاینده‌گی با در نظر گرفتن حالت پایه



دومین کنگره بین المللی علوم و مهندسی

آلمان – هامبورگ

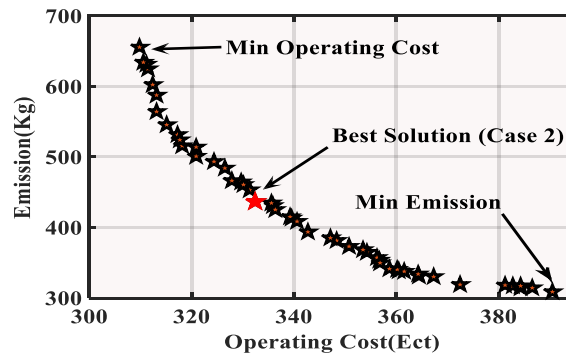
اسفند ماه 9317

جدول 4: تخصیص توان‌های بهینه با در نظر گرفتن همزمان اهداف هزینه و آلودگی (حالت پایه)

Hour	MT(KW)	PAFC(KW)	WT(KW)	PV(KW)	Batt(KW)	Utility (KW)
1	9.53	23.56	0	0	5.47	13.42
2	6	30	0	0	-15.47	29.47
3	8	22.43	0.41	0	-10.85	30
4	6	28.95	0.01	0	-13.70	29.73
5	7.07	5.70	0.49	0	16.45	26.27
6	7	26.32	0.60	0	5.106	23.96
7	6	22.82	0.17	0	12.57	28.42
8	25.97	22.95	0.42	0.18	14.04	11.42
9	29.97	28.55	1.72	3.24	30	-17.49
10	30	30	3.09	7.52	29.99	-20.61
11	30	30	8.37	9.62	30	-30
12	30	30	10.41	3.59	30	-30
13	29.98	30	3.91	0	29.89	-21.79
14	30	30	2.22	9.66	30	-29.88
15	30	29.77	1.78	7.08	30	-22.65
16	30	30	1.30	4.20	29.99	-15.50
17	30	29.93	1.51	0.27	29.99	-6.72
18	19.11	28.27	0.21	0	14.26	26.13
19	22.53	30	0.39	0	16.79	20.27
20	24.29	30	0.95	0	21.48	10.26
21	29.99	30	1	0	29.99	-13
22	21.60	29.97	1.30	0	26.99	-8.86
23	9.18	21.74	0.43	0	3.63	30
24	26.76	27.30	0.61	0	-7.57	8.90

5-2- سناریو دوم

نتایج عددی شبیه‌سازی در حالت دوم و با توجه به هر یک از اهداف اقتصادی و آلودگی مطابق جدول 5 و منحنی پارتو این اهداف در شکل 6 نشان داده شده است. همانطور که از نتایج پیداست در حالت دوم به جهت استفاده حداکثری از واحدهای بادی و خورشیدی که دارای آلودگی کم و هزینه بالایی می‌باشند هزینه بهره‌برداری از ریز شبکه افزایش یافته و رشدی معادل 28/4٪ نسبت به حالت پایه نشان می‌دهد، هر چند میزان آلودگی ریز شبکه به طور نسبی 10٪ کاهش می‌یابد.



شکل 6: نحوه توزیع معیار پارتو هزینه بهره‌برداری و آلاینده‌گی با در نظر گرفتن حداکثر ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر

(Max-Renew)

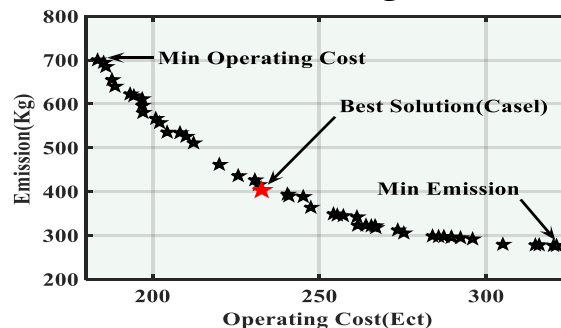
جدول 5: تخصیص توانهای بهینه با در نظر گرفتن همزمان اهداف هزینه و آلودگی (در نظر گرفتن حداکثر ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر)

Hour	MT(KW)	PAFC(KW)	WT(KW)	PV(KW)	Batt(KW)	Utility (KW)
1	6.23	30	1.78	0	28.67	-14.69
2	6	28.48	1.78	0	30	-16.27
3	10.46	3	1.78	0	30	4.74
4	8.76	26.48	1.78	0	30	-16.02
5	6	3	1.78	0	30	15.21
6	6	21.64	0.91	0	28.65	5.78
7	6.41	30	1.78	0	30	1.79
8	30	29.28	1.30	0.2	29.99	-15.79
9	30	30	1.78	3.75	30	-19.53
10	30	29.97	3.09	7.52	30	-20.59
11	29.01	29.88	8.77	10.4	29.87	-30
12	22.07	29.56	10.41	11.9	30	-30
13	14.24	29.94	3.91	23.9	30	-30
14	23.51	30	2.37	21.0	25.06	-30

15	30	30	1.78	7.87	30	-23.66
16	30	30	1.30	4.22	30	-15.53
17	30	30	1.78	0.55	30	-7.33
18	30	30	1.78	0	30	-3.78
19	30	30	1.30	0	30	-1.30
20	30	30	1.78	0	30	-4.78
21	30	30	1.30	0	30	-13.30
22	30	30	1.30	0	30	-20.30
23	9.57	30	0.915	0	30	-5.48
24	6	30	0.61	0	30	-10.6

5-3- سناریو سوم

نتایج شبیه‌سازی در حالت سوم نشان می‌دهد که با ایجاد شرایط تبادل نامحدود توان، و با در نظر گرفتن همزمان اهداف اقتصادی و زیست محیطی، هزینه بهره‌برداری از ریزشبه‌کاهش یافته و معادل 5٪ را نسبت به حالت پایه تجربه می‌کند. در حالی که میزان الودگی در این حالت کاهش 22/5٪ را نسبت به حالت پایه از خود نشان می‌دهد. شکل 7 نشان دهنده منحنی پارتو بهره‌برداری در حالت تبادل نامحدود را نشان می‌دهد.



شکل 7: نحوه توزیع معیار پارتو هزینه بهره‌برداری و آلاینده‌گی با در نظر گرفتن تبادل نامحدود توان بین شبکه LV و MV

6- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتم بهینه‌سازی SFLA برای حل مسئله مدیریت بهره‌برداری چندهدفه طرح گردید و به اجرا گذاشته شد. روش مذکور به دلیل استفاده از یک مکانیزم فازی برای تعیین نقطه تعامل قادر بود به جواب‌های مناسب‌تری در زمان کمتر دست یابد. به منظور ارزشیابی عملکرد مدل‌های پیشنهادی سه سناریو مختلف طرح گردید و روش‌های مذکور در شبیه‌سازی آن‌ها بکار گرفته شدند. نتایج حاصل گواهی بر آن است که استفاده گسترده از منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند سهم بسزایی در کاهش حجم آلودگی‌های ریز شبکه داشته باشد ضمن آنکه هزینه بهره‌برداری از آن در کوتاه‌مدت افزایش می‌دهد. همچنین برقرار نمودن یک امکان ارتباطی مناسب جهت تبادل توان میان دو شبکه قادر است بهره‌برداری از ریز شبکه را در مد اتصال به شبکه بالادست از هر دو جنبه اقتصادی و آلودگی بهبود بخشد. از طرفی نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد که الگوریتم پیشنهادی از پایداری و کارایی بالایی برخوردار است.



دومین کنگره بین المللی علوم و مهندسی

آلمان – هامبورگ

اسفند ماه 9317

مراجع

- [1] L. Meng, E. R. Sanseverino, A. Luna, T. Dragicevic, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, "Microgrid supervisory controllers and energy management systems: A literature review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 1263-1273, 2016.
- [2] Y. Atwa, E. El-Saadany, M. Salama, R. Seethapathy, M. Assam, and S. Conti, "Adequacy evaluation of distribution system including wind/solar DG during different modes of operation," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 26, pp. 1945-1952, 2011.
- [3] E. Barklund, N. Pogaku, M. Prodanovic, C. Hernandez-Aramburo, and T. C. Green, "Energy management in autonomous microgrid using stability-constrained droop control of inverters," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 23, pp. 2346-2352, 2008.
- [4] T. Zhou and B. François, "Energy management and power control of a hybrid active wind generator for distributed power generation and grid integration," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, pp. 95-104, 2011.
- [5] X. Liu and W. Xu, "Minimum emission dispatch constrained by stochastic wind power availability and cost," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, pp. 1705-1713, 2010.
- [6] C. Gamarra and J. M. Guerrero, "Computational optimization techniques applied to microgrids planning: a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 48, pp. 413-424, 2015.
- [7] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D'haeseleer, "Distributed generation: definition, benefits and issues," *Energy policy*, vol. 33, pp. 787-798, 2005.
- [8] H. B. Puttgen, P. R. Macgregor, and F. C. Lambert, "Distributed generation: Semantic hype or the dawn of a new era?," *IEEE power and energy magazine*, vol. 1, pp. 22-29, 2003.