

University of Kurdistan

Dept. of Electrical and Computer Engineering

Smart/Micro Grid Research Center

smgrc.uok.ac.ir

Optimal operation in a connected microgrid

Attai S, Feizi MR, Bevrani H

Published (to be published) in: Smart Grid Conference, Tehran, Iran

(Expected) publication date: 2013

Citation format for published version:

Attai S, Feizi MR, Bevrani H (2013) Optimal operation in a connected microgrid. 2013 Smart Grid Conference (in Persian), Tehran, Iran.

Copyright policies:

- Download and print one copy of this material for the purpose of private study or research is permitted.
- Permission to further distributing the material for advertising or promotional purposes or use it for any profit-making activity or commercial gain, must be obtained from the main publisher.
- If you believe that this document breaches copyright please contact us at smgrc@uok.ac.ir providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

بهره برداری بهینه از یک ریز شبکه در حالت متصل به شبکه سراسری

سیروان عطایی^۱، محمد رامین فیضی^۲ و حسن بیورانی^۳

^۱دانشگاه کردستان، دانشکده فنی مهندسی، Sirwan.ataee@gmail.com

^۲دانشگاه کردستان، دانشکده فنی مهندسی، Faizi.m.r@gmail.com

^۳عضو هیئت علمی دانشگاه کردستان، دانشکده فنی مهندسی، bevrani@uok.ac.ir

چکیده - در این مقاله بهره برداری بهینه از یک ریز شبکه ی متصل به شبکه اصلی در طول یک شبانه روز خاص با در نظر گرفتن یک مدل ریاضی مناسب مورد بررسی قرار می گیرد. ریز شبکه مورد نظر شامل توربین بادی، آرایه ی خورشیدی، باتری، دیزل ژنراتور و بارهای محلی می باشد. داده های مربوط به سرعت باد و تابش خورشید، برای یک منطقه روستایی با مختصات جغرافیایی $47^{\circ}5' E$ و $35^{\circ}59' N$ در نظر گرفته شده است. با اعمال استراتژی مدیریت بار مصرفی (DR) به برنامه بهره برداری بهینه، به مقایسه نتایج حاصل با حالت بدون اعمال این استراتژی پرداخته شده است. همچنین با در نظر گرفتن عدم قطعیت در سرعت باد و تابش خورشید، اثر این عدم قطعیت ها بر بهره برداری بهینه از ریز شبکه بررسی شده است. سائز بهینه تجهیزات موجود در ریز شبکه با استفاده از نرم افزار HOMER بدست آمده است. کلید واژه- بهره برداری بهینه، ریز شبکه، مدیریت بار (DR)، عدم قطعیت

همراه خواهد داشت که این امر با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر از جمله توربین های بادی و آرایه های خورشیدی به صورت پراکنده امکان پذیر می باشد [5]. مدیریت عملکرد منابع مختلف تولید در یک ریز شبکه از جمله منابع تجدید پذیر و منابع سنتی تولید، منابع ذخیره انرژی و وجود تعرفه های مختلف قیمت برق که به صورت ساعتی تغییر می کنند [8-6]، اهمیت زیادی دارد. با توجه به مطالب گفته شده، اهمیت مدیریت و برنامه ریزی عملکرد منابع موجود در ریز شبکه برای یک افق زمانی کاملاً محسوس و پرنگ می باشد.

در این مقاله ابتدا در بخش دوم ساختار ریز شبکه معرفی شده، سپس در بخش سوم یک مدل ریاضی مناسب برای بهره برداری بهینه از ریز شبکه ارائه شده است. در بخش چهارم به تحلیل نتایج شبیه سازی با اعمال مدیریت بار (DR) و همچنین اعمال عدم قطعیت به ریز شبکه پرداخته شده و نتیجه گیری حاصل از این تحقیق در بخش پنجم ارائه شده است.

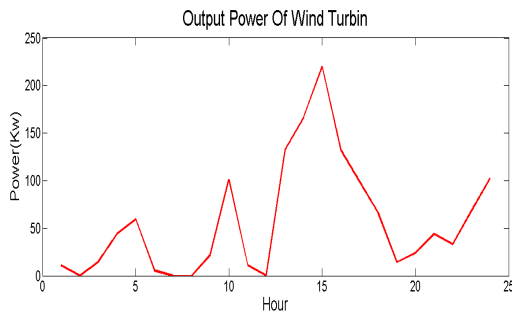
1- مقدمه

امروزه، نیاز روزافزون به استفاده از انرژی الکتریکی، کاهش منابع سوخت فسیلی، آلودگی های زیست محیطی و ایجاد گازهای گلخانه ای موجب افزایش سرمایه گذاری در بخش تولید انرژی های تجدید پذیر شده است. با این وجود تعیین نوع انرژی مورد استفاده باید با توجه به شرایط جغرافیایی و روش های نوین برنامه ریزی بهینه، مورد بررسی قرار گیرد. به علاوه، برای مناطق دور افتاده و همچنین روستاهای مجزا از شبکه، ترکیب دو یا چند منبع تجدید پذیر تولید انرژی مانند خورشید، باد و ... با هم می تواند تولید برق و توان قابل اطمینان تری را نسبت به منابع غیر تجدید پذیر به ارمان آورد [۴-۱].

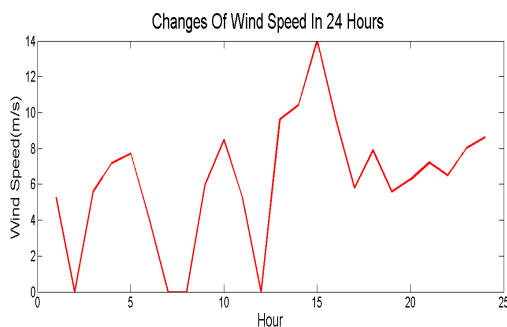
با اصلاح ساختار شبکه های برق به سمت شبکه های هوشمند الکتریکی، ریز شبکه ها نقش مهمی را در تامین مصرف برق به عهده خواهند داشت. همچنین تولید پراکنده انرژی الکتریکی در نزدیکی مصرف کننده ها توسط ریز شبکه ها مزایای عمده ای از جمله بازدهی بالاتر، تلفات و آلاینده گی کمتر را به

این تعرفه ها در جدول 2 نشان داده شده است.

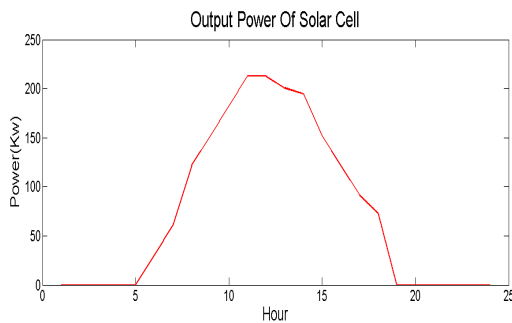
2- ساختار ریز شبکه



شکل 3: نمودار تغییرات توان تولیدی توربین بادی در شبانه روز



شکل 4: نمودار تغییرات سرعت باد در روستای مذکور



شکل 5: نمودار تغییرات توان تولیدی آرایه خورشیدی

جدول 2: هزینه های مربوط به خرید و فروش برق از شبکه بر حسب ریال بر کیلووات ساعت

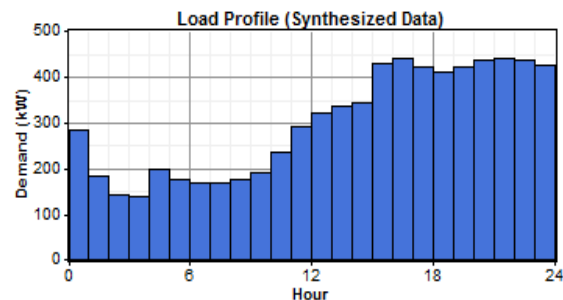
ساعت	فروش برق به شبکه	خرید برق از شبکه	حالت های مصرف بار
8 الی 24	180	42	کم باری
8 الی 18	180	77	میان باری
18 الی 24	180	154	بار قله

ریز شبکه مورد مطالعه از توربین بادی، آرایه خورشیدی، دیزل ژنراتور، باتری، مبدل توان و در حالت اتصال به شبکه، جهت تأمین بارهای محلی تشکیل شده است که به واسطه استفاده از مبدل الکترونیک قدرت، ارتباط بین دو باس AC و DC برقرار می شود. ساینز بهینه برای تجهیزات مورد استفاده در ریز شبکه، از نرم افزار HOMER به صورت جدول 1 بدست آمده است.

جدول 1: ساینز بهینه بدست آمده برای تجهیزات ریز شبکه بر حسب کیلووات

توربین بادی	آرایه خورشیدی	دیزل ژنراتور	مبدل	باتری	شبکه
220	212,6	200	100	100	330

ریز شبکه مورد نظر، مربوط به یک روستا در مختصات جغرافیایی $35^{\circ}59' N$ و $47^{\circ}5' E$ در نزدیک شهر سنندج می باشد که دارای 200 خانوار با جمعیت متوسط 5 نفر و شامل مدرسه، درمانگاه شبانه روزی، مسجد و مصارف کشاورزی است. نمودار بار مصرفی در طول 24 ساعت شبانه روز در شکل 2 مشاهده می شود.



شکل 2: نمودار بار مصرفی روستا برای 24 ساعت شبانه روز

نمودار مربوط به توان خروجی توربین های بادی و سرعت باد به ترتیب در شکل های 3 و 4 و میزان توان خروجی آرایه های خورشیدی در شکل 5 برای 24 ساعت شبانه روز نشان داده شده است. داده های مربوط به توان باد از مرجع [9] و داده های مربوط به میزان تابش خورشید از مرجع [10] گرفته شده است. قیمت خرید برق از شبکه به صورت سه تعرفه ای و قیمت فروش، ثابت در نظر گرفته شده است [11]. جزئیات مربوط به

3-1- تابع هدف

در رابطه (1) تابع هدف به کمینه کردن هزینه های ناشی از تأمین مصرف انرژی الکتریکی ریز شبکه برای 24 ساعت آینده با قابلیت مبادله توان با شبکه می پردازد.

$$\text{تابع هدف} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=1}^{24} P_{Gridin}(t) \times Price_{Gridin} \dots \\ -P_{Gridout}(t) \times Price_{Gridout} \dots \\ +F(t) \times Price_{Fuel} + O \& M \end{array} \right\} \quad (1)$$

3-2- قیود سیستم

قیدهای سیستم شامل قید تعادل در باس AC و قیدهای فنی و مرتبط با هر یک از تجهیزات مورد استفاده در ریز شبکه هستند. در رابطه (2) قید تعادل در باس AC را می توان مشاهده کرد.

$$\text{قیود تعادل} = \left\{ \begin{array}{l} P_{WT}(t) + P_{DG}(t) + P_{Gridin}(t) \dots \\ + P_{PV}(t) \times \eta_{DC/AC} + P_{charge} \times \eta_{AC/DC} \dots \\ = P_{Gridout}(t) + P_{Charge}(t) \times \eta_{AC/DC} + P_{Load}(t) \end{array} \right\} \quad (2)$$

همانطور که پیش تر ذکر شد مقدار ماکزیمم برای خرید و فروش برق از ابه شبکه 330 کیلووات می باشد. قیود مربوط به شبکه را می توان در رابطه (3) مشاهده نمود.

$$\text{قیود شبکه} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \leq P_{Gridmax} \leq 330 \\ X_{Gridin}(t) + X_{Gridout}(t) \leq 1 \\ P_{Gridin} \leq X_{Gridin} \times P_{Gridmax} \\ P_{Gridout} \leq X_{Gridout} \times P_{Gridmax} \end{array} \right\} \quad (3)$$

از رابطه (4) می توان دید که مقدار تولید دیزل ژنراتور از مقدار بیشینه 200 کیلووات نمی تواند بیشتر باشد. از طرفی محدودیت در تغییر توان خروجی (افزایش و یا کاهش) دیزل ژنراتور در هر ساعت را 20 کیلووات اعمال شده است.

$$\text{قیود دیزل ژنراتور} = \left\{ \begin{array}{l} P_{DG}(t) \leq P_{DG \max} \\ P_{DG}(t+1) - P_{DG}(t) \leq RR \\ P_{DG}(t+1) - P_{DG}(t) \leq RR \\ P_{DG}(t) = F(t) \times HR \times \eta_{DG} \end{array} \right\} \quad (4)$$

جدول 3 : نمادهای مورد استفاده

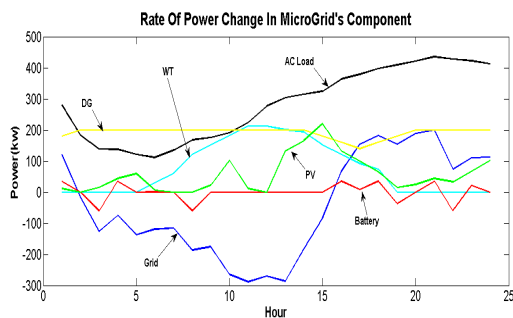
DR	مدیریت بار (Demand Response)
P_{Gridin}	توان خریداری شده از شبکه در هر ساعت (کیلووات)
$P_{Gridout}$	توان فروخته شده به شبکه در هر ساعت (کیلووات)
$Price_{Gridin}$	هزینه خرید از شبکه (ریال)
$Price_{Gridout}$	هزینه فروش به شبکه (ریال)
$Price_{Fuel}$	هزینه سوخت دیزل ژنراتور (ریال)
$F(t)$	مقدار سوخت مصرفی (لیتر)
η_{DG}	راندمان دیزل ژنراتور
$\eta_{AC/DC}, \eta_{DC/AC}$	راندمان مبدل الکترونیک قدرت
$Battery_{Max}$	بیشینه توان باتری (کیلووات)
P_{Charge}	توان الکتریکی ذخیره شده در باتری (کیلووات)
$P_{Decharge}$	توان الکتریکی تخلیه شده باتری (کیلووات)
SOC	وضعیت شارژ باتری
P_{Load}	توان بار مصرفی (کیلووات)
P_{WT}	توان تولیدی توربین بادی (کیلووات)
P_{PV}	توان تولیدی آرایه خورشیدی (کیلووات)
$O \& M$	هزینه تعمیر و نگهداری (ریال)

3- مدل سازی ریاضی

مدل سازی ریاضی عملکرد یک ریز شبکه ای متصل به شبکه توزیع، نیاز به در نظر گرفتن قیود هر یک از تجهیزات داخل ریز- شبکه دارد و این قیود بایستی تا حد ممکن به گونه ای تعریف شوند که مساله ی بهینه سازی نهایی، ساده و کاربردی باشد [11]. در این مقاله، هدف کمینه کردن هزینه ی بهره برداری برای ریز شبکه مورد نظر در یک روز خاص می باشد. مدل ارائه شده در این مقاله قابل اعمال به تمامی روزهای مختلف سال نیز می باشد. همچنین مدل جامع است و در هر مطالعه موردی دیگر نیز می- تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این مدل هدف تعیین میزان تولید دیزل ژنراتور، میزان مبادله برق با شبکه و میزان شارژ و دشارژ ذخیره ساز می باشد. نمادهای استفاده شده در این بخش را می توان در جدول 3 مشاهده کرد.

1-4- نتایج شبیه سازی بدون اعمال DR

در این قسمت نتایج حاصل از بهره برداری بهینه از ریزشبکه در حالت عادی، در شکل 6 نشان داده شده است. هزینه کلی تمام شده جهت بهره برداری بهینه، 3012796/5 ریال می باشد.



شکل 6: نمودار تغییرات توان در تجهیزات مورد استفاده در ریز شبکه

2-4- نتایج شبیه سازی با اعمال DR

مدیریت بار، روشی است که اپراتورهای سیستم با ایجاد مشوق هایی به مصرف کننده ها، جهت کاهش بار مصرفی خود در ساعت های بار قله و انتقال مصرف به ساعت های خارج از محدوده بار قله انجام می شود. در این روش علاوه بر کاهش هزینه ی مصرف کننده ها، میزان سود بهره برداری از ریزشبکه نیز افزایش می یابد. با توجه به شکل 7 می توان دید که با اجرای DR توان ریزشبکه جهت فروش برق به شبکه اصلی کاهش یافته است. در واقع در این حالت ریزشبکه وابستگی خود را به تولید دیزل ژنراتور (با هزینه سوخت بالاتر نسبت به قیمت خرید توان از شبکه اصلی) کاهش داده و در عوض به خرید بیشتر از شبکه اصلی در ساعت های کم باری و میان باری با تعرفه ارزان تر پرداخته است.

در شکل 8 نیز منحنی بار اصلاح شده با مدیریت بار، در مقایسه با منحنی بار مصرفی در حالت عادی نمایش داده شده است.

واضح است که باتری در هر ساعت نمی تواند همزمان شارژ و دشارژ شود، همچنین مقدار شارژ و دشارژ باتری در هر ساعت بایستی محدود و متناسب با ظرفیت باتری مورد استفاده در نظر گرفته شود. با توجه به توضیحات ارائه شده قیدهای باتری در رابطه (5) بیان شده است.

$$\text{قید باتری} = \left\{ \begin{array}{l} X_{Charge}(t) + X_{Discharge}(t) \leq 1 \\ P_{Charge}(t) \leq X_{Charge}(t) \times P_{ChargeMax} \\ P_{Discharge}(t) \leq X_{Discharge}(t) \times P_{DischargeMax} \\ SOC(t+1) = SOC(t) \dots \\ + \left(\frac{P_{Charge}(t) \times \eta_{AC/DC} - P_{Discharge}(t) \times \eta_{DC/AC}}{Battery_{Max}} \right) \\ SOC_{Min} \leq SOC(t) \leq SOC_{Max} \end{array} \right\} \quad (5)$$

از طرفی با توجه به پیش بینی های انجام شده برای سرعت باد و تابش خورشید در منطقه، میزان توان خروجی توربین های بادی و آرایه های خورشیدی مورد استفاده، در محدوده بیان شده به ترتیب در روابط (6) و (7) قرار خواهند گرفت.

$$0 \leq P_{WT}(t) \leq 220 \quad (6)$$

$$0 \leq P_{PV}(t) \leq 212 \quad (7)$$

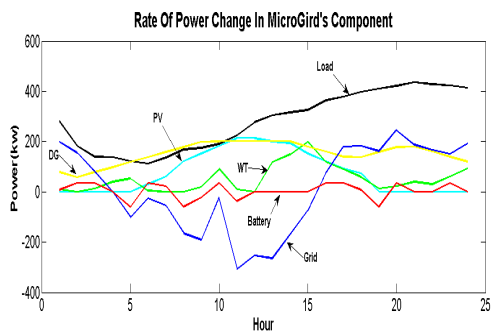
برای اعمال مدیریت بار، قید ذکر شده در رابطه (8) به برنامه بهره برداری بهینه اعمال خواهد شد [12].

$$\text{DR قید} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=1}^{24} DR(t) \cdot Load(t) = \sum_{t=1}^{24} Load(t) \\ 0.8 \leq DR(t) \leq 1.2 \end{array} \right\} \quad (8)$$

4- نتایج شبیه سازی

مدل ریاضی ذکر شده به صورت یک مدل MIP می باشد که در نرم افزار GAMS و توسط CPLEX Solver حل می شود. ابتدا نتایج شبیه سازی بدون اعمال مدیریت بار ارائه می شود. سپس با اعمال قیدهای مربوط به مدیریت بار، مسئله بهینه سازی را مجدداً حل کرده و نتایج آن با حالت قبل مقایسه می شود. در نهایت تأثیر عدم قطعیت های مختلف بر نتایج بهره برداری بهینه ریزشبکه بررسی شده است.

درصد کمتر از آن چیزی بوده که برای بهره‌برداری از ریزشبکه پیش‌بینی شده بود. در شکل ۹ نتایج حاصل از اجرای برنامه بهره‌برداری، با اعمال این عدم قطعیت نشان داده شده است. هزینه تمام شده جهت بهره‌برداری در این حالت برابر 3261576/5 ریال بدست آمد.



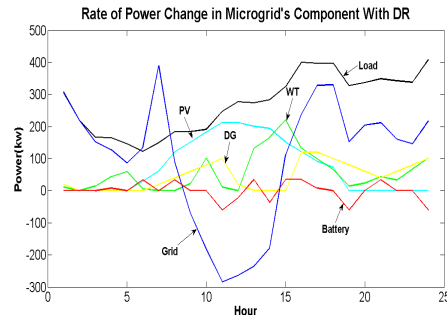
شکل ۹: تغییرات توان در تجهیزات مورد استفاده در ریزشبکه

با دقت در شکل بالا می‌توان دید که با ایجاد تغییرات و کاهش در سرعت باد و در نتیجه کاهش در توان خروجی توربین‌های بادی، در ساعت‌هایی که توان خروجی آرایه خورشیدی صفر است، میزان خرید از شبکه بیشتر شده است. از طرفی به دلیل افزایش خرید توان از شبکه اصلی، مقدار توان تولید شده توسط دیزل ژنراتور کاهش یافته است. دلیل این امر را می‌توان در قیمت بالای تمام شده برای تولید توان دیزل ژنراتور به واسطه هزینه بالاتر سوخت نسبت به هزینه خرید توان از شبکه اصلی دانست. با اعمال این عدم قطعیت، میزان وابستگی ریزشبکه به خرید توان از شبکه اصلی افزایش و از وابستگی ریزشبکه به تولید دیزل ژنراتور کاسته شده است.

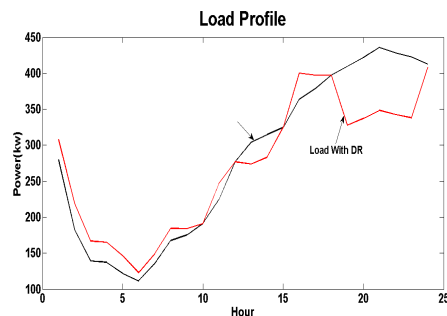
4-3-2- بررسی اثر عدم قطعیت در تابش خورشید

در این بخش فرض می‌کنیم تابش خورشید به میزان 10 درصد کمتر از آن چیزی بوده که برای بهره‌برداری از ریزشبکه پیش‌بینی شده بود. در شکل 10 نتایج حاصل از اجرای برنامه بهره‌برداری با اعمال این عدم قطعیت نشان داده شده است.

هزینه تمام شده جهت بهره‌برداری با اعمال این عدم قطعیت برابر 3237563 ریال بدست آمد.



شکل 7: نمودار تغییرات توان در تجهیزات ریزشبکه با اعمال DR



شکل 8: مقایسه منحنی بار مصرفی در حالت عادی با حالت اجرای DR

همانطور که انتظار می‌رفت هزینه تمام شده برای بهره‌برداری، از 3012796/5 ریال (در حالت عادی بهره‌برداری) به 2556536/5 ریال (با اجرای DR) کاهش یافته است.

با توجه به شکل 8 می‌توان دید که با اعمال DR به مساله بهینه‌سازی، با اصلاح الگوی بار مصرفی، مقدار مصرف توان از محدوده بار قله به ساعت‌های کم‌باری و میان‌باری انتقال یافته است.

4-3-3- بررسی اثر عدم قطعیت بر بهره‌برداری بهینه از ریزشبکه

در این بخش به بهره‌برداری از ریزشبکه با نظر گرفتن کاهش 10 درصدی در سرعت باد و تابش خورشید، به تاثیر این عدم قطعیت‌ها بر هزینه تمام شده‌ی بهره‌برداری بهینه پرداخته شده است.

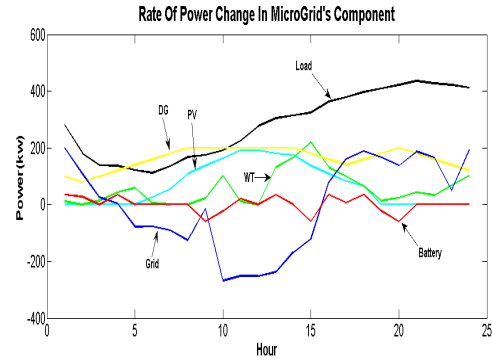
4-3-4- بررسی اثر عدم قطعیت در سرعت باد

در این حالت فرض بر آن است که سرعت باد به میزان 10

$RR = 20$	نرخ افزایش/کاهش توان دیزل ژنراتور در ساعت (کیلووات)
$HR = 10$	نرخ افزایش حرارت سوخت (کیلووات ساعت/ریال)
$\eta_{DG} = 0.4$	راندمان دیزل ژنراتور
$\left\{ \begin{array}{l} \eta_{DC/AC} = 0.85 \\ \eta_{AC/DC} = 0.9 \end{array} \right.$	راندمان مبدل توان
$\left\{ \begin{array}{l} SOC_{Max} = 1.0 \\ SOC_{Min} = 0.3 \end{array} \right.$	حد بالا و پایین وضعیت شارژ باتری
	بیشینه توان شارژ و تخلیه باتری در هر ساعت (کیلووات)
$\left\{ \begin{array}{l} P_{ChargeMax} = 65 \\ P_{DischargeMax} = 35 \end{array} \right.$	
$O \& M = 5012$	هزینه تعمیر و نگهداری در هر ساعت (ریال)
$Price_{Fuel} = 5000$	هزینه هر لیتر گازوئیل

مراجع

- [1] O. Hafez and K. Bhattacharya, "Optimal planning and design of a renewable energy based supply system for microgrids," *Renewable Energy*, Vol. 45, pp 7-15, September 2012.
- [2] M. S. Ngan and C. W. Tan, "Assessment of economic viability for PV/wind/diesel hybrid energy system in southern Peninsular Malaysia," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, Iss. 1, pp. 634-647, January 2012.
- [3] J. Dekker, M. Nthontho, S. Chowdhury and S.P. Chowdhury, "Economic analysis of PV/diesel hybrid power systems in different climatic zones of South Africa", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 40, Iss. 1, pp. 104-112, September 2012.
- [4] B. E. Türkay and A. Y. Telli, "Economic analysis of standalone and grid connected hybrid energy systems," *Renewable Energy*, Vol. 36, Iss. 7, pp. 1931-1943, July 2011.
- [5] J. S. Katz, "Educating the smart grid," presented at the *IEEE Energy2030 Conf.*, Atlanta, GA, Nov. 17-18, 2008.
- [6] C. Triki and A. Violi, "Dynamic pricing of electricity in retail markets," *Renewable Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 21-36, Mar. 2009.
- [7] C. M. Colson and M. H. Nehrir, "A review of challenges to real-time power management of microgrids," presented at the *2009 IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, Calgary, AB, Canada, PESGM 2009.
- [8] X. Guan, Z. Xu, and Q. Jia, "Energy-efficient buildings facilitated by microgrid," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 3, pp. 243-52, Dec 2010.
- [9] <http://eosweb.larc.nasa.gov/>.
- [10] <http://fs.weatherspark.com.s3.amazonaws.com/production/reports>.
- [11] X. Guan, Z. Xu, and Q. Jia, "Energy-Efficient Buildings Facilitated by Microgrid," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 1, no. 3, December 2010.
- [12] J. Mohammadi, A. Rahimi-Kian and M. S. Ghazizadeh, "Aggregated wind power and flexible load offering strategy," *IET Renew. Power Gener.*, Vol. 5, Iss. 6, pp. 439-447, 2011.



شکل 10: تغییرات توان در تجهیزات مورد استفاده در ریزشبکه

با مشاهده شکل 10 می توان دید که با کاهش توان خروجی آرایه های خورشیدی، همانند آنچه در بخش قبل مشاهده شد، میزان توانایی ریزشبکه در فروش انرژی الکتریکی به شبکه اصلی کاهش یافته است. در واقع می توان گفت که برنامه بهره برداری بهینه از ریزشبکه با اعمال این عدم قطعیت، از میان تولید توان از دیزل ژنراتور و خرید از شبکه اصلی، خرید توان را ترجیح داده است. چگونگی تغییرات در تولید واحدها و تجهیزات ریزشبکه در این حالت، مشابه تغییرات توان واحدها در بخش قبل خواهد بود، اما با توجه به نقش کم رنگ تر آرایه خورشیدی نسبت به توربین بادی در تولید توان برای ریزشبکه، میزان عدم قطعیت در تولید آن، هزینه کمتری بر ریزشبکه تحمیل شده است.

5- نتیجه گیری

در این مقاله به بهره برداری بهینه از ریزشبکه متشکل از توربین بادی، آرایه خورشیدی، دیزل ژنراتور، مبدل توان و باتری، در حالت اتصال به شبکه اصلی پرداخته شده است. مدت زمان بهره برداری از ریزشبکه 24 ساعت در نظر گرفته شد و به ازای هر ساعت، میزان تولید و تغییرات توان اجزای ریزشبکه یاد شده، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که مدیریت بار مصرفی (DR)، موجب افزایش خرید از شبکه اصلی در حالت کم باری و با هزینه کم، و کاهش میزان خرید از شبکه در حالت بار قله و با هزینه زیاد، گردید. وجود عدم قطعیت در سرعت باد و تابش خورشید نیز، موجب افزایش هزینه تمام شده جهت بهره برداری بهینه از ریزشبکه گردید.