

تاثیر بازاریابی و افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی شبکه بر برنامه‌ریزی یک ریزشبکه

حمید قافی^{۱*}، احمد قاسمی^۲

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی برق-قدرت، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران
^۲ استادیار، گروه مهندسی برق-قدرت، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران

دریافت: بهار ۹۶ پذیرش: تابستان ۹۶

چکیده

هدف این مقاله ارائه مدلی جهت بازاریابی و مشارکت واحدهای ریزشبکه به منظور بهینه‌سازی سود و کاهش تلفات آن و همچنین بررسی ظرفیت ذخیره‌سازی در ریزشبکه مورد مطالعه می‌باشد. به این منظور ابتدا مدل ریزشبکه و عناصر آن معرفی می‌شود. ریزشبکه مورد مطالعه دارای ۱۰ باس و شامل میکروتوربین، توربین بادی به عنوان منابع تولید انرژی، باتری به عنوان ذخیره‌ساز می‌باشد. مقدار بار مصرفی و تخمین انرژی تولیدی واحد بادی با توجه به تغییرات سرعت باد به صورت غیرقطعی در نظر گرفته شده‌اند. برای مدل‌های عدم قطعیت تعدادی سناریو با توجه به شبیه‌ساز مونت کارلو تولید می‌شوند و بهره‌برداری بهینه ریزشبکه تحت این سناریوها بررسی می‌شود. این ریزشبکه در یکی از باس‌ها به شبکه‌ی بالادست متصل شده است و با در نظر گرفتن سود خود می‌تواند به مبادله با شبکه بالادست بپردازد. تعیین همزمان توپولوژی بهینه و نقطه کار بهینه و عناصر ریزشبکه شامل میزان تولید میکروتوربین‌ها، شارژ و دشارژ باتری‌ها، و مبادله با شبکه بالادست با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات انجام می‌گیرد. تابع هدف شامل درآمد منهای هزینه است. با وارد کردن عدم قطعیت منبع تولید پراکنده بادی و بار در خطوط تلاش می‌شود تاثیر عدم قطعیت در یافتن بهترین توپولوژی ریزشبکه و بهترین نقطه کار شبیه‌سازی شود.

* عهده‌دار مکاتبات: h.ghafi@yahoo.com

کلمات کلیدی: بازاریابی، ریزشبکه، مشارکت واحدها، عدم قطعیت، توربین بادی

۱- مقدمه

شبکه‌های توزیع به منظور کاهش تلفات توان، تعادل بار، و خدمات تعمیرات در شرایط بهره‌برداری از بارهای بحرانی بازاریابی می‌شوند [۱]. تاثیر بازاریابی شبکه‌های توزیع در ریزشبکه^۲ در مراجع [۲-۴] بحث شده است. به منظور حل کردن مسئله بهینه‌سازی بازاریابی شبکه‌های توزیع به منظور حداقل کردن تلفات توان، الگوریتم ازدحام ذرات^۳ با استفاده از سناریوهای تولید شده توسط شبیه‌ساز مونت کارلو^۴ در مرجع [۲] ارائه شده است. پخش بار اقتصادی^۵ و بازاریابی شبکه‌های توزیع با در نظر گرفتن هزینه‌های تولید و ذخیره‌سازی در ریزشبکه، تلفات توان شبکه به صورت تابع هدف^۶، در مراجع [۳ و ۴] مطالعه شده است. ژنراتورهای تولید

پراکنده^۷ با ویژگی تصادفی بودن با توجه به پیش‌بینی داده آب و هوا در نظر گرفته شده است. با این حال توزیع اقتصادی بار و بازاریابی شبکه‌های توزیع در بازه‌های زمانی مشترک در نظر گرفته نشده‌اند.

بازاریابی ریزشبکه در مراجع [۵-۸] تحلیل شده است. یک الگوریتم جدید به منظور حل کردن مسئله بازاریابی ریزشبکه مبتنی بر یک نمودار تصمیم‌گیری دودویی جهت حداقل کردن هزینه تلفات توان در مرجع [۵] حل شده است. یک روش برنامه‌ریزی ترکیبی به منظور حل کردن مسئله بازاریابی ریزشبکه جهت حداقل کردن تلفات توان و ذخیره‌سازی مجدد خدمات در مرجع [۶] پیشنهاد شده است. با در نظر گرفتن نیازمندی‌های بهره‌برداری، حداکثر ساختن بار و اولویت تأمین تقاضا پس از خطا، برخی روش‌هایی که مبتنی بر الگوریتم ژنتیک^۸ و نظریه گراف هستند و به منظور بازاریابی در ریزشبکه استفاده شده‌اند، در مرجع [۷] ارائه شده‌اند. با صرف نظر از تلفات توان و ظرفیت خط، یک روش جهت بازیابی هرچه بیشتر بارها با حداقل بهره‌برداری کلیدزنی در مرجع [۸]

¹ Distribution network reconfiguration

² Microgrid

³ Particle swarm optimization

⁴ Monte carlo simulation

⁵ Economic dispatch

⁶ Object function

⁷ Distributed generation

⁸ Genetic algorithm

ارائه شده است. با این حال، طبیعت تصادفی منابع انرژی تجدیدپذیر و تقاضای بار در ریزشکها در این مقاله صرفنظر شده است.

مشارکت واحدهای ریزشکها و پخش بار اقتصادی در مرجع [۹-۱۴] بحث شده است. یک مدل تصادفی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت انرژی باد در مرجع [۹] ارزیابی شده است. سناریوهای مختلفی توسط شبیه‌ساز مونت کارلو تولید شده و جهت حل مسئله مشارکت واحدها^۱ اعمال می‌شود. یک روش احتمالاتی شامل روش تخمین نقطه برای مدیریت عدم قطعیت و الگوریتم بهینه‌سازی خود-تطبیقی^۲ برای مدیریت بهینه انرژی ریزشکها در مرجع [۱۰] ارائه شده است. روش جدید پیشنهاد شده، منجر به ایجاد راه حل برای بهینه‌سازی سراسری می‌شود. یک الگوریتم جدید مبتنی بر الگوریتم PSO بهبود یافته تطبیقی به منظور بهینه‌سازی مدیریت چند-هدفه^۳ ریزشکها در مرجع [۱۱] پیشنهاد شده است. سه الگوریتم بهینه‌سازی برای بهره‌برداری ریزشکها در مرجع [۱۲] توسعه داده شده است. یک بهینه‌سازی چند-هدفه با استفاده از ضرایب وزنی جهت سازماندهی نسبت هزینه‌های تولیدی و محیطی به مسئله اقتصادی و محیطی ریزشکها، در مرجع [۱۳] اعمال شده است. یک روش احتمالاتی جدید با استفاده از تابع توزیع احتمال متغیرها و مکانیزم چرخ رولت^۴ در مرجع [۱۴] پیشنهاد شده است. برخی سناریوها با استفاده از روش احتمالاتی پیشنهاد شده تولید می‌شوند. آنگاه، سناریوهای مشابه به آن حذف می‌شوند. یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام زنبور عسل خود-تطبیقی^۵ در مرجع [۱۵] پیشنهاد شده است. مدل‌سازی‌های عدم قطعیت^۶ مختلف مرور شده و روش برآورد نقطه $m+12$ برای مدل‌سازی عدم قطعیت تقاضاهای بار، قیمت بازار، توربین بادی^۷ و سیستم‌های فوتوولتائیک^۸ استفاده شده است. تعهد واحد تعهد واحد در یک ریزشکها شامل چندین شبکه موازی نیروگاه سلول سوختی^۹ موازی در مرجع‌های [۱۶-۱۷] ارزیابی شده است.

هدف، بهینه‌سازی اندازه تجهیزات ذخیره‌سازی و مشارکت واحدها است و لذا توان خروجی با مراحل ۱۵ دقیقه‌ای در طول روز برنامه‌ریزی شده است. یک الگوریتم دو مرحله‌ای به منظور حل پیچیدگی مسئله بیان شده توسط طبیعت احتمالاتی بار گرمایی الکتریکی، فوتوولتائیک و توان خروجی توربین بادی و قیمت بازار برنامه‌ریزی می‌شود.

برخی از جنبه‌های جدید بازاریابی شبکه‌های توزیع در مراجع [۱۸ و ۲۰] بیان شده است. مشخصه داده تغییر پذیر با زمان در مراجع [۱۸ و ۲۰] در نظر گرفته شده است. یک روش جهت تعیین طرح بازاریابی سالیانه با در نظر گرفتن هزینه کلیدزنی و متغیرهای وابسته به زمان مانند

مشخصه‌های بار، در مرجع [۱۸] پیشنهاد شده است. بهترین پیکربندی برای هر ساعت در مرجع [۱۹] تعیین شده است که قصد در جهت حداقل کردن تلفات توان و هزینه‌های کلیدزنی دارد. با در نظر گرفتن بارهای متغیر با زمان، یک روش احتمالاتی برای بازاریابی بهینه جهت کاهش کل هزینه اجرا، شامل تلفات توان و هزینه کلیدزنی در مرجع [۲۰] ارائه شده است. روش پیشنهاد شده می‌تواند یک تعادل بهینه بین تعداد کلیدزنی و تلفات توان ایجاد کند.

بازاریابی با انواع مختلفی از داده نامعلوم در مراجع [۲۱ و ۲۲] ارائه شده است. انواع مختلف عدم قطعیت در مرجع [۲۲] به منظور ارزیابی توزیع تصادفی بازاریابی فیدر در حضور نیروگاهی های سلولی سوختی، مدل‌سازی شده است. تحلیل بازه‌ای در مرجع [۲۲] جهت مقابله با عدم دقت و عدم قطعیت در ورودی قابل اطمینان، پارامترهای الکتریکی و داده بار جهت بیان یک روش بازاریابی جهت دار قابل اطمینان جهت بهبود عملکرد شبکه توزیع استفاده شده است. یک روش جهت تبدیل یک شبکه توزیع به یک ریزشکها خودکار در مرجع [۲۳] ارائه شده است. این روش تعداد، سایت، و اندازه DG ها و مشخصه‌های ساختاری در شبکه توزیع را تعیین می‌کند. تحلیل‌های چند-سناریویی با مفهوم نظریه تصمیم‌گیری به [۲۴] جهت تعیین پیکربندی توزیع در روز اعمال شده است. پیکربندی‌های تعیین شده سپس به منظور فرموله کردن یک پاسخ تقاضا به دست آمده در کاهش تقاضا جهت کاهش بیشتر در تلفات شبکه توزیع استفاده شده است. بازاریابی شبکه‌های توزیع بهینه جهت کاهش کل هزینه اجرا، شامل تلفات توان و هزینه کلیدزنی در مرجع [۲۰] ارائه شده است. روش پیشنهاد شده می‌تواند یک تعادل بهینه بین تعداد کلیدزنی و تلفات توان ایجاد کند. همچنین مسئله بازاریابی و مشارکت واحدها در مرجع [۲۵] با در نظر گرفتن عدم قطعیت توربین بادی و بار مصرفی بررسی شده است.

۲- مدل‌سازی ریاضی

در این مقاله دو حالت مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته است که در حالت اول، توان خروجی سه میکروتوربین (P_{mt})، شارژ و دشارژ باتری (P_{bat})، توان مبادلاتی با شبکه بالادست (P_{grid}) و تغییر ساختار ($n.topology$) به عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری برای هر ساعت در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین ۶ متغیر تصمیم‌گیری برای هر ساعت و ۱۴۴ متغیر برای روز بعد موجود است که باید مورد محاسبه قرار گیرند. ولی در حالت دوم با افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی ریزشکها و اضافه کردن یک باتری جدید، سیستم بررسی شده و علاوه بر متغیرهای تصمیم‌گیری حالت اول یک باتری نیز به متغیرها اضافه خواهد شد، بنابراین ۷ متغیر تصمیم‌گیری برای هر ساعت و ۱۶۸ متغیر برای روز بعد موجود است که باید مورد محاسبه قرار گیرند.

توان‌های بادی جزء توان‌های تجدیدپذیر و پاک محسوب می‌شوند زیرا در ازای تولید توان کمترین آلودگی زیست محیطی را بوجود می‌آورند. استفاده از این مولدها در ریزشکها ها و شبکه‌های سراسری بصورت روزافزون در حال گسترش است. در این تحقیق یک توربین بادی بوسیله یک ژنراتور دوسو تغذیه به باس سوم ریزشکها متصل است.

¹ Unit commitment

² Self-adaptive

³ Multi-objective optimization

⁴ Roulette wheel

⁵ Bee swarm optimization algorithm

⁶ Uncertainly model

⁷ Wind turbine

⁸ photovoltaic

⁹ Proton exchange membrane

$$CV_x = \frac{\sigma}{\mu_x \cdot N_s^{1/2}} \quad (6)$$

عدم قطعیت بار در رابطه (۷) با یک تابع توزیع نرمال مدل می‌شود [۴]

$$diff(p_k(t)) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(p_k(t)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$

- تابع هدف

سود ریز شبکه در این تحقیق به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است و این تابع هدف طبق رابطه (۸) بیشینه شده که در آن اختلاف بین هزینه و درآمد در ۲۴ ساعت محاسبه شده است:

$$Max : OF = \sum_1^{24} (revenue(t) - cost(t)) \quad (8)$$

در رابطه (۸) درآمد شامل مجموع مبلغ انرژی فروخته شده به بارهای ریز شبکه (Rload) و مبلغ انرژی فروخته شده به شبکه سراسری می‌باشد (Rnetwork)

$$revenue = R_{load} + R_{network} \quad (9)$$

- تابع هزینه

هزینه کل شامل هزینه‌های میکروتوربین‌ها (Cmt)، توربین بادی (Cwind)، باتری‌ها (Cbat) و هزینه انرژی خرید شده از شبکه سراسری (Cnetwork)، هزینه‌ی توان تلف شده (Closs) و هزینه کلیدزنی (Cswitching) می‌باشد. هزینه کل طبق رابطه (۱۰) فرموله شده است:

$$cost = \sum_{j=1}^{N_{mt}} C_{mt}(j) + C_{wind} + \sum_{j=1}^{N_{bat}} C_{bat}(j) + C_{network} + C_{loss} + C_{switching} \quad (10)$$

در رابطه (۱۰) C_{fuel} هزینه سوخت میکروتوربین، $C_{o\&m}$ هزینه نگهداری و بهره‌برداری میکروتوربین، $C_{st,mt}$ هزینه آغاز به کار میکروتوربین، $C_{capital,mt}$ سرمایه اولیه میکروتوربین و $C_{em,mt}$ هزینه انتشار میکروتوربین می‌باشند.

هزینه توربین بادی به صورت رابطه (۱۰) فرموله می‌شود که در آن $C_{capital-wind}$ سرمایه اولیه توربین بادی و Com_{wind} هزینه بهره‌برداری و نگهداری توربین بادی می‌باشند:

$$C_{wind}(t) = C_{capital-wind} + Com_{wind} / 8760 \quad (11)$$

ریز شبکه‌ها نیاز به ذخیره‌کننده‌هایی برای کنترل و مدیریت تولید خود دارند. باتری یکی از مهمترین اجزای ریز شبکه‌ها محسوب می‌شود. حضور

سرعت باد بوسیله اطلاعات ۱۲ سال گذشته برای هر ساعت به صورت ورودی در نظر گرفته شده است. پارامترهای ویبول به صورت زیر در نظر گرفته می‌شوند:

$$r = \left(\frac{\sigma}{W_{mean}} \right)^{-1.086} \quad (1)$$

$$c = \frac{W_{mean}}{\Gamma(1+1/r)} \quad (2)$$

r و c پارامترهای ویبول بوده و σ و W_{mean} انحراف معیارهای استاندارد و میانگین مقادیر سرعت باد در هر ساعت می‌باشند. تابع چگالی ویبول برای هر ساعت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f(w) = \frac{r}{c} \left(\frac{w}{c} \right)^{r-1} \exp \left[- \left(\frac{w}{c} \right)^r \right] \quad (3)$$

یک عدد به صورت تصادفی بین ۰ و ۱ برای هر ساعت تولید می‌شود. این عدد در گراف تابع توزیع حجمی ویبول و سرعت باد مربوط به صورت سرعت باد در نظر گرفته شده است. سرعت‌های باد ۲۴ ساعته توسط این روش به صورت مجزا تولید می‌شوند، و توان خروجی توربین بادی برای هر سناریو مبتنی بر سرعت باد به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{wind}(w) = \begin{cases} 0 & 0 \leq w \leq w_1 \\ (\alpha_1 + \alpha_2 w + \alpha_3 w^2) P_{rated} & w_1 \leq w \leq w_r \\ P_{rated} & w_r \leq w \leq w_{cut-out} \\ 0 & w \geq w_{cut-out} \end{cases} \quad (4)$$

که در آن، w سرعت باد، w_r سرعت نامی باد و $w_{cut-out}$ سرعت قطع باد می‌باشند. عدم قطعیت توسط شبیه‌ساز مونت کارلو مدل می‌شود. برخی از روش‌ها برای ورودی‌های نامعلوم مانند سرعت باد یا تقاضا بار تولید می‌شوند. سیستم تحت این سناریوها به صورت ورودی‌های قطعی تحلیل می‌شود. در نتیجه، حالت‌های مختلفی وجود دارد که توسط استفاده از سناریوهای مختلف مطالعه می‌شوند. مقدار مورد انتظار (f) برای تجمع سناریوها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$f = \sum_{i=1}^{N_s} p_s \cdot f_s \quad (5)$$

p_s احتمال وقوع هر سناریو بوده و f_s مقدار متغیرها در هر سناریو می‌باشد. که در رابطه (۶) فرموله شده است، ضریب واریانس نامیده می‌شود.

انجام دهد. در ریزش شبکه پایداری ولتاژ، تعادل توان، و دیگر محدودیت‌ها باید در محدوده مجازی باشند. ممکن است تقاضای بار بیشتر از تولیدات ریزش شبکه در بعضی ساعات (بخصوص ساعات اوج بار) باشد به همین دلیل ریزش شبکه باید توان را با شبکه بالادستی مبادله کرده و در ساعات ذکر شده توان خریداری شده و در ساعاتی با در نظر گرفتن سود ریزش شبکه توان فروخته شود. قیود سیستم به صورت زیر است:

قید ولتاژ شین‌ها بیان می‌کند که ولتاژ هر شین باید در یک محدوده قابل قبول باشد، در این رابطه V_K ولتاژ شین k ام، V^{\min} حداقل و ولتاژ مجاز هر شین و V^{\max} حداکثر ولتاژ مجاز هر شین می‌باشد:

$$V^{\min} \leq V_K \leq V^{\max} \quad (14)$$

طبق قید جریان خطوط، جریان هر خط باید کمتر از حداکثر جریان مجاز آن خط باشد که در این رابطه I_K جریان خط k ام و I_K^{\max} حداکثر جریان مجاز خط k ام می‌باشد:

$$I_K \leq I_K^{\max} \quad (15)$$

طبق قید توازن توان تمامی بارها باید تامین شده و محدودیت‌های توازن توان باید رعایت شوند:

$$\sum_{k=1}^{N_{mt}} P_{mt}(t) + P_{wind} \pm \sum_{k=1}^{N_{bat}} P_{bat}(t) \pm P_{grid}(t) - \sum_{i=1}^{N_{load}} P_{load,i}(t) - P_{loss}(t) = 0 \quad (16)$$

طبق قید تبادل توان با شبکه بالادست، ریزش شبکه باید کمتر از حداکثر مقدار مجاز با شبکه تبادل توان کند:

$$|P_{grid}| \leq P_{grid}^{\max} \quad (17)$$

رابطه (۱۸) بیان کننده این است که توان تولیدی یک میکروتوربین باید بین محدوده تولید مجاز آن واحد باشد:

$$P^{\min} \leq P_{mt} \leq P^{\max} \quad (18)$$

روابط (۱۹) و (۲۰) بیان کننده محدودیت‌های روشن و خاموش بودن میکروتوربین‌ها می‌باشند:

$$(T_{j-1}^{on} - MUT)(u_j^{t-1} - u_j^t) \geq 0 \quad (19)$$

$$(T_{j-1}^{off} - MDT)(u_j^t - u_j^{t-1}) \geq 0 \quad (20)$$

که در این روابط MUT حداقل زمان روشن بودن میکروتوربین، MDT حداقل زمان خاموش بودن میکروتوربین، T_{j-1}^{off} زمان خاموش بودن میکروتوربین، T_{j-1}^{on} زمان روشن بودن میکروتوربین و

باتری در یک ریزش شبکه باعث مدیریت هرچه بهتر تغییرات تولید خواهد شد.

هزینه باتری طبق رابطه (۱۱) فرموله شده است:

$$C_{bat} = C_{wc,bat} \times |P_{bat}| \times t + C_{o\&m,bat} / 8760 \quad (11)$$

که در این رابطه $C_{wc,bat}$ هزینه بسته‌بندی باتری، P_{bat} توان مبادله شده باتری (شارژ و دشارژ)، t زمان بر حسب ساعت، بین ۱ تا ۲۴ و $C_{o\&m,bat}$ هزینه بهره‌برداری و نگهداری باتری می‌باشند.

این هزینه براساس توان خریداری شده از شبکه سراسری محاسبه می‌شود و اگر توان خریداری شده نداشته باشیم این هزینه صفر است.

هزینه شبکه در رابطه (۱۲) فرموله شده است که در آن $\rho_{buy-network}$ نرخ انرژی خریداری شده از شبکه در ساعت t ، $P_{buy-network}$ توان خریداری شده از شبکه و t زمان بر حسب ساعت، بین ۱ تا ۲۴ می‌باشند:

$$C_{network} = \rho_{buy-network} \cdot P_{buy-network} \cdot t \quad (12)$$

بعد از تحلیل پخش بار به روش پسر-پیشرو، هزینه تلفات با توجه به تلفات تمام خطوط در هر ساعت در رابطه (۱۳-الف) فرموله شده است که در آن N_{line} شماره خط، ρ_{loss} قیمت انرژی در ساعت t ، r_k قسمت حقیقی امپدانس شاخه k ام، I_k جریان شاخه k ام و t زمان بر حسب ساعت، بین ۱ تا ۲۴ می‌باشد:

$$C_{loss}(t) = \sum_{k=1}^{N_{line}} (3 \cdot \rho_{loss}(t) \cdot r_k \cdot I_k^2(t, k) \cdot t) \quad (13-الف)$$

هزینه کلیدزنی^۱ در رابطه (۱۳-ب) براساس نتایج بازاریابی که شامل هزینه وصل کردن و تغییر ساختار بوسیله باز و بسته کردن کلیدها می‌باشد فرموله شده است که در آن $\rho_{switching}$ نرخ هر کلیدزنی، $N_{switching}$ تعداد کلیدزنی و $C_{capital-switching}$ سرمایه اولیه کلیدزنی می‌باشد:

$$C_{switching} = \rho_{switching} \cdot N_{switching} + C_{capital-switching} / 8760 \quad (13-ب)$$

- قیود سیستم

ریزش شبکه بوسیله یک باس به شبکه بالادستی متصل می‌باشد و با توجه به سود تصمیم می‌گیرد که چه موقع با شبکه بالادست تبادل توان

¹ switching

ضمنا مقدار V_{base} و S_{base} به ترتیب 100KVA و 400V در نظر گرفته شده‌اند. در جدول (۳-۴) ساختارهای ریزشبکه مشاهده می‌شوند که به هر ساختار یک کد اختصاص داده شده است. ساختارهای ریزشبکه شامل ۱۱ حالت می‌باشند و هر ساختار ریزشبکه نمایش دهنده این موضوع است که کدام خطوط مورد بهره‌برداری قرار گیرند و کدام خطوط قطع شوند. بعد از پایان تکرارهای الگوریتم ازدحام ذرات مقادیر بهینه اختصاص یافته به واحدها، مقدار شارژ و دشارژ باتری، توان مبادلاتی با شبکه بالادست و بهترین ساختار ریزشبکه در سناریوی کنونی محاسبه می‌شوند. بعد از تولید سناریوهای کافی، مقدار سود ریزشبکه، مقدار بهینه تولیدات میکروتوربین‌ها و مقدار شارژ و دشارژ باتری و ساختار ریزشبکه برای هر ساعت بوسیله تجمیع سناریوها محاسبه می‌گردد. در نتیجه مقدار میانگین متغیرهای پیوسته محاسبه شده و بیشترین ساختار تکرار شده سناریوها برای هر ساعت مشخص شده و برای روز بعد ریزشبکه پیشنهاد خواهد شد. همچنین مقدار میانگین سود ریزشبکه برای سناریوها محاسبه می‌شود. ریزشبکه مورد مطالعه شامل سه میکروتوربین، توربین بادی و در حالت اول یک باتری و حالت دوم دو باتری می‌باشد، این ریزشبکه در باس یکم به شبکه بالادست متصل بوده که در شکل (۱) حالت اول و در شکل (۲) حالت دوم این ریزشبکه مشاهده می‌گردد.

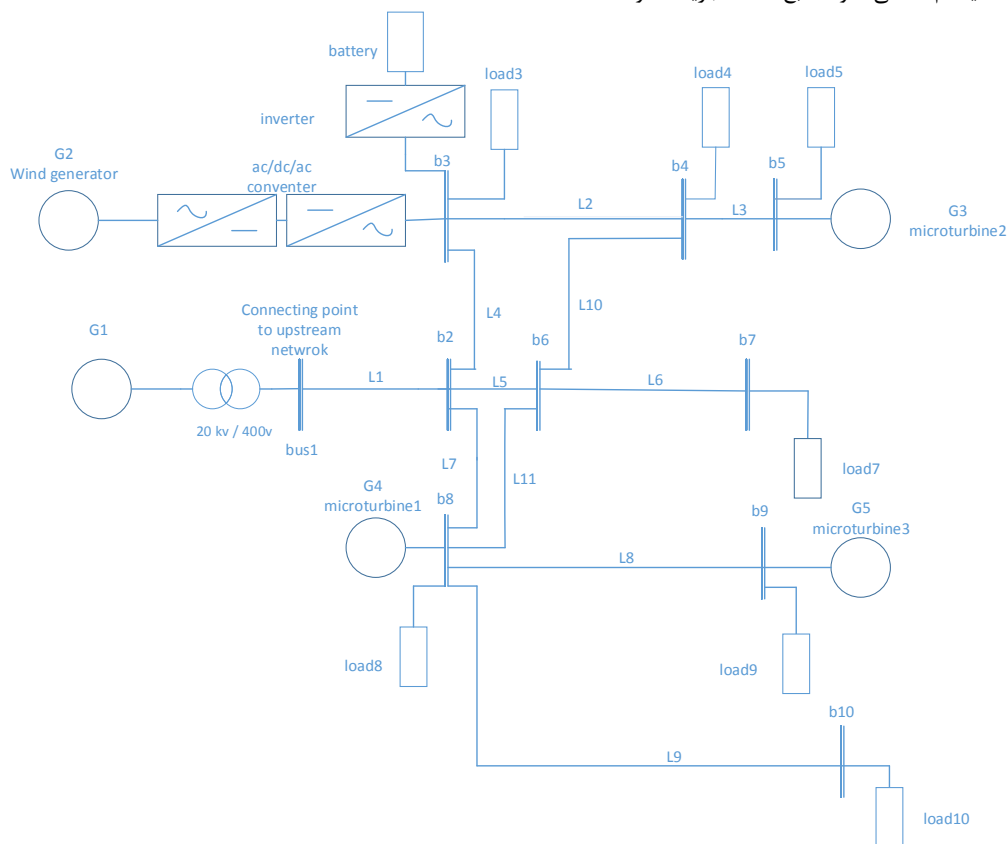
U_j^t وضعیت روشن یا خاموش بودن میکروتوربین j ام در بازه زمانی t می‌باشد.

رابطه (۲۱) بیان کننده این موضوع است که توان شارژ و دشارژ باتری باید بین محدوده مجاز تعریف شده باتری باشد:

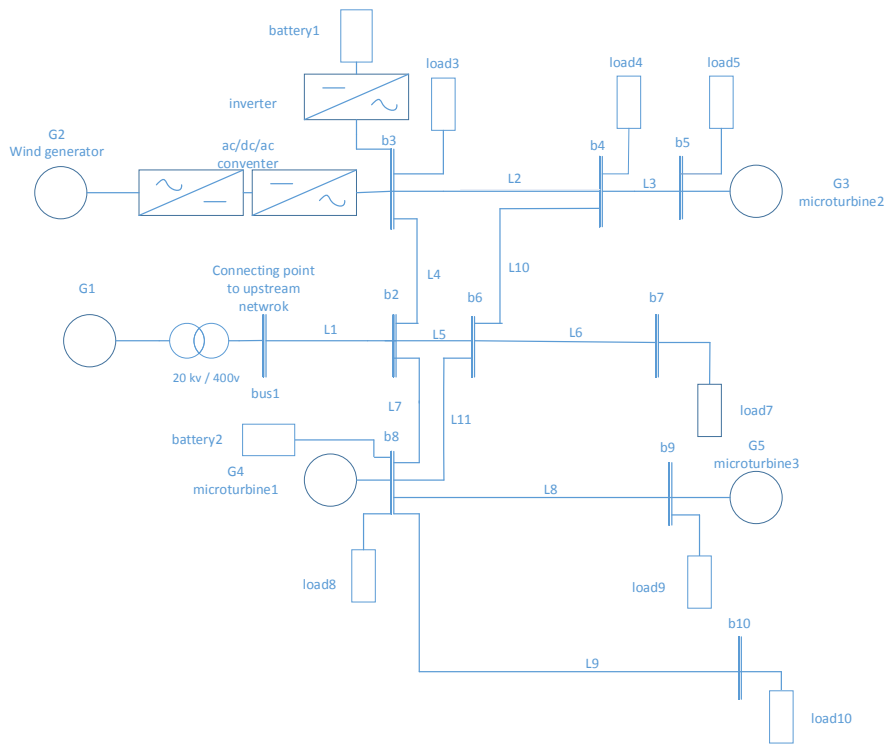
$$P_{bat-min} \leq P_{bat} \leq P_{bat-max} \quad (21)$$

۳-روش حل

در این حالت قصد براین است که سود ریزشبکه در مشارکت واحدها به تنهایی و بازاریابی و مشارکت واحدها به صورت همزمان باهم مقایسه شود. در الگوریتم پیشنهادی که فلوچارت آن در شکل (۳-۱) فصل سوم نمایش داده شد، ابتدا توان توربین بادی و بار در هر ساعت به صورت احتمالاتی محاسبه می‌شوند. بنابراین سناریوی کنونی شامل یک ماتریس 1×24 برای توان تولیدی توربین بادی و یک ماتریس 10×24 برای بار مصرفی برای هر ساعت می‌باشد. بارهای مصرفی هر ۱۰ باس در هر ساعت برای مصرف روز بعد محاسبه می‌شوند. مقدار محاسبه شده توان تولیدی توربین بادی و بار روزانه در جدول‌های (۴-۱) و (۴-۲) نمایش داده شده است. در قدم بعدی الگوریتم مقدار متغیرهای تصمیم‌گیری را با توجه به قیود آن‌ها که در فصل سه شرح داده شد را تولید می‌کند. بعد از تحلیل پخش بار پسر-پیشرو توان تلف شده خطوط محاسبه می‌شود و اگر از هر کدام از قیود سیستم تخطی شود، تابع هدف جریمه خواهد شد.



شکل ۱: حالت اول ریزشبکه مورد مطالعه



شکل ۲: حالت دوم ریزشکه مورد مطالعه

جدول (۱): مقادیر میانگین تولید توربین بادی

| ساعت | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| توان بادی (kw) | ۳۰.۱۸ | ۳۹.۷۸ | ۴۰.۱۲ | ۲۷.۱۳ | ۳۷.۷۵ | ۲۵.۸۷ | ۲۶.۲۹ | ۱۹.۱۹ |
| ساعت | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ |
| توان بادی (kw) | ۳۹.۲۷ | ۷۰.۷۲ | ۶۷.۵۷ | ۵۷.۰۸ | ۵۹.۵۷ | ۵۹.۰۳ | ۸۷.۲۳ | ۱۰۰ |
| ساعت | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ |
| توان بادی (kw) | ۱۰۰ | ۸۹.۳۲ | ۵۶.۹۴ | ۴۸.۴۶ | ۴۲.۷۴ | ۷۴.۵۹ | ۴۶.۸۷ | ۳۶.۱۸ |

جدول (۲): مقادیر میانگین بار مصرفی

| ساعت | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| بار (kw) | ۱۱۵.۱۲ | ۱۰۴.۰۵ | ۹۳.۶۱ | ۸۶.۷۷ | ۶۷.۹۵ | ۶۶.۳۲ | ۱۰۳.۰۱ | ۱۳۰.۷۸ |
| ساعت | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ |
| بار (kw) | ۱۸۳.۲۱ | ۱۸۰.۶۹ | ۱۷۶.۹۱ | ۱۹۸.۱۱ | ۲۰۱.۴۴ | ۱۸۶.۹۱ | ۱۸۳.۰۸ | ۱۷۶.۳۳ |
| ساعت | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ |
| بار (kw) | ۱۷۶.۱۴ | ۲۳۴.۳۹ | ۲۹۷.۹۵ | ۳۲۹.۱۵ | ۳۳۶.۳۷ | ۳۲۴.۴۳ | ۲۵۴.۴۱ | ۲۲۷.۷۸ |

جدول (۳): ساختار شبکه

| کد | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ |
|----|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | خط ۴ | خط ۴ | خط ۴ | خط ۵ | خط ۵ | خط ۲ | خط ۲ | خط ۲ | خط ۵ | خط ۷ | خط ۱۰ |
| | خط ۵ | خط ۷ | خط ۱۱ | خط ۷ | خط ۱۱ | خط ۵ | خط ۷ | خط ۱۱ | خط ۱۰ | خط ۱۰ | خط ۱۱ |

۴- نتایج

حالت ۱): تحلیل و بهینه‌سازی سود ریزشکبه مورد مطالعه همراه با مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان در حضور یک باتری

بعد از اجرای الگوریتم ازدحام ذرات و تجمیع سناریوها نتایج بدست آمده مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان با توجه به مقادیر میانگین توربین بادی و بار مصرفی شامل مقادیر میانگین تولیدات میکروتوربین‌ها، شارژ و دشارژ باتری، میزان تبادل توان با شبکه بالادست و ساختار بهینه برای هر ساعت می‌باشند که در جدول (۴) قابل مشاهده می‌باشند.

طبق بررسی‌های به عمل آمده از نتایج جدول (۴) مشاهده می‌شود که میکروتوربین‌ها در ساعات اولیه تولیدات کمتری از توان نامی خود دارند و مشاهده می‌شود که باتری به دلیل پایین بودن قیمت انرژی در این ساعات شروع به شارژ شدن کرده است. طبق شکل (۳) مشاهده می‌شود که در ساعات ۱۵ تا ۲۲ به دلیل بالا بودن قیمت انرژی باتری شروع به دشارژ شدن می‌کند که در شکل (۴) وضعیت شارژ و دشارژ باتری مشخص شده است. از ساعات ۱۸ تا ۲۱ میکروتوربین‌ها به دلیل بالا بودن مصرف در این ساعات با توانی نزدیک به توان نامی خود مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. طبق شکل (۴-۵) مشاهده می‌شود که در اکثر

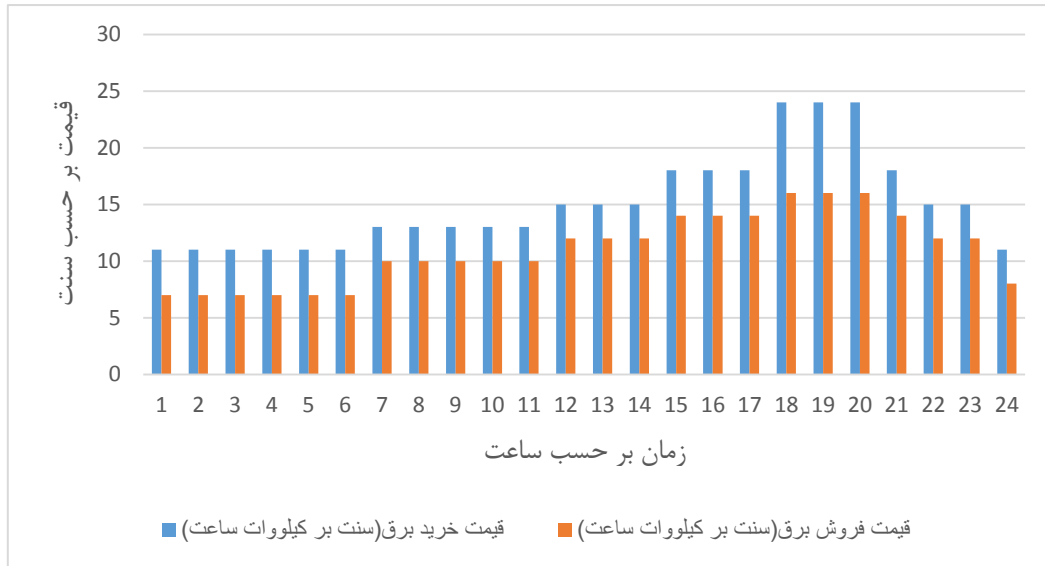
ساعات توان به شبکه بالادست فروخته می‌شود اما در ساعات ۱۹ تا ۲۲ به دلیل بالا بودن بار مصرفی ریزشکبه از شبکه بالادست توان خریداری کرده است. همچنین مشاهده می‌شود که بیشترین ساختارهای استفاده شده در ریزشکبه ساختارهای ۱ و ۱۱ می‌باشند. مقدار سود ریزشکبه در زمان مشارکت واحدها به تنهایی با زمانی که مشارکت واحدها و بازآرایی به طور همزمان انجام شده است مورد مقایسه قرار گرفته‌اند که در جدول (۵) مشاهده می‌شود سود ریزشکبه در حالت همزمان مشارکت واحدها و بازآرایی ۴۰۲۹ سنت بیشتر می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود نتایج پایان نامه نسبت به حالت مشابه در مرجع [۲۵] بهبود چشمگیری یافته است. همچنین مشاهده می‌شود که بیشترین ساختارهای استفاده شده در ریزشکبه ساختارهای ۱ و ۱۱ می‌باشند.

مقدار سود ریزشکبه در زمان مشارکت واحدها به تنهایی با زمانی که مشارکت واحدها و بازآرایی به طور همزمان انجام شده است مورد مقایسه قرار گرفته‌اند که در جدول (۵) مشاهده می‌شود سود ریزشکبه در حالت همزمان مشارکت واحدها و بازآرایی ۴۰۲۹ سنت بیشتر می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود نتایج پایان نامه نسبت به حالت مشابه در مرجع [۲۵] بهبود چشمگیری یافته است.

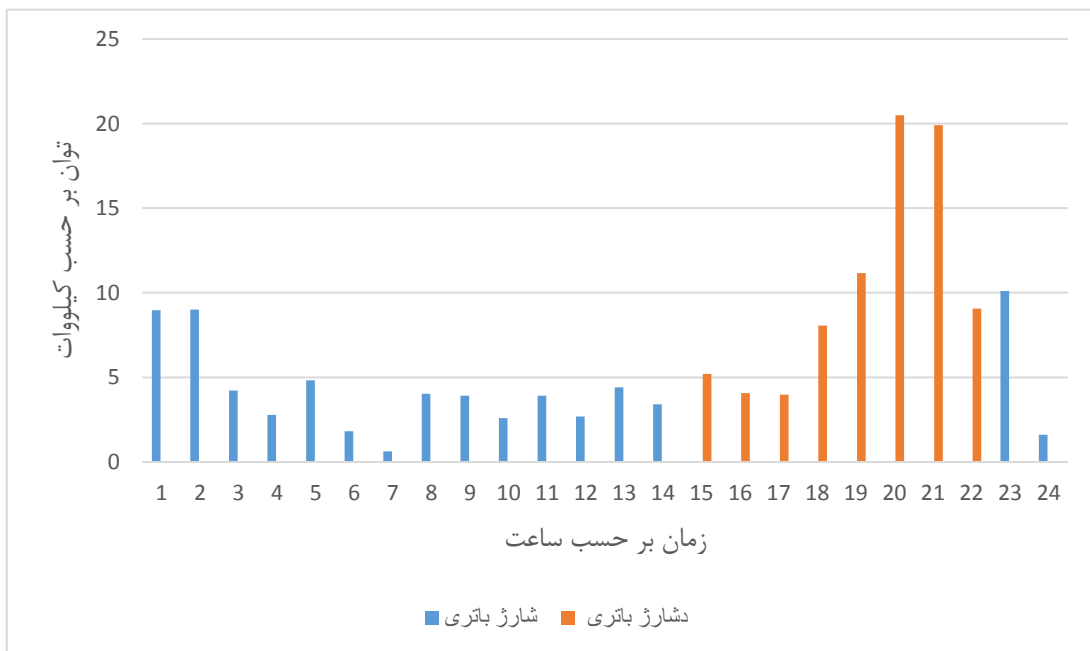
جدول (۴): نتایج بهینه‌سازی مشارکت واحدها و بازآرایی برای مقادیر میانگین توربین بادی و بار در حالت اول

| ساختار | Pgrid (MW) | Pbat (MW) | PMT3 (MW) | PMT2 (MW) | PMT1 (MW) | ساعت |
|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| ۱ | -۵۴.۱۲ | -۸.۹۷ | ۶۸.۶۵ | ۴۱.۴۴ | ۳۸.۱۱ | ۱ |
| ۱ | -۵۰.۷۷ | -۹.۰۱ | ۵۷.۷۱ | ۳۴.۷۷ | ۳۵.۲۱ | ۲ |
| ۱۱ | -۴۷.۸۹ | -۴.۲۱ | ۴۹.۱۳ | ۲۹.۶۰ | ۲۷.۶۴ | ۳ |
| ۱۱ | -۵۳.۹۶ | -۲.۷۷ | ۵۹.۰۱ | ۲۹.۲۳ | ۲۷.۰۹ | ۴ |
| ۱۱ | -۵۱.۰۲ | -۴.۸۳ | ۴۴.۹۱ | ۲۲.۰۹ | ۲۲.۸۷ | ۵ |
| ۱۱ | -۴۶.۶۴ | -۱.۸۱ | ۳۸.۴۱ | ۲۷.۷۷ | ۲۳.۰۹ | ۶ |
| ۱۱ | -۶۵.۳۷ | -۰.۶۲ | ۶۸.۶۰ | ۳۹.۵۲ | ۳۷.۹۶ | ۷ |
| ۱ | -۶۳.۷۹ | -۴.۰۳ | ۸۰.۱۱ | ۴۹.۰۷ | ۵۰.۱۲ | ۸ |
| ۱۱ | -۳۹.۱۱ | -۳.۹۱ | ۸۳.۴۹ | ۵۳.۱۲ | ۴۸.۳۵ | ۹ |
| ۱۱ | -۵۶.۴۴ | -۲.۵۹ | ۸۱.۰۱ | ۴۳.۹۱ | ۴۵.۰۷ | ۱۰ |
| ۱۱ | -۵۸.۸۷ | -۳.۹۱ | ۸۷.۳۱ | ۳۹.۲۳ | ۴۸.۰۸ | ۱۱ |
| ۱۱ | -۴۵.۷۷ | -۲.۹۶ | ۹۵.۰۶ | ۵۱.۹۸ | ۴۵.۱۳ | ۱۲ |
| ۱۱ | -۳۹.۳۳ | -۴.۴۱ | ۹۳.۷۱ | ۵۱.۲۶ | ۴۳.۶۶ | ۱۳ |
| ۱۱ | -۴۷.۹۹ | -۳.۴۱ | ۸۵.۷۷ | ۴۶.۷۶ | ۴۷.۹۰ | ۱۴ |
| ۱ | -۷۹.۸۳ | ۵.۲۱ | ۸۷.۱۹ | ۳۷.۱۹ | ۴۹.۰۳ | ۱۵ |
| ۱۱ | -۹۷.۱۵ | ۴.۰۶ | ۷۵.۵۱ | ۴۴.۸۴ | ۴۹.۱۱ | ۱۶ |
| ۱۱ | -۱۰۹.۶۷ | ۳.۹۷ | ۸۰.۰۵ | ۴۵.۵۱ | ۵۶.۶۶ | ۱۷ |
| ۱۱ | -۷۵.۸۸ | ۸.۰۶ | ۹۵.۲۱ | ۴۸.۶۳ | ۵۸.۶۳ | ۱۸ |
| ۱۱ | ۶.۹۶ | ۱۱.۱۷ | ۱۱۶.۱۲ | ۵۳.۱۲ | ۵۶.۰۱ | ۱۹ |
| ۱ | ۱۹.۷۲ | ۲۰.۴۹ | ۱۱۹.۹۱ | ۵۹.۸۱ | ۵۹.۹۴ | ۲۰ |
| ۱۱ | ۳۴.۴۱ | ۱۹.۹۱ | ۱۱۹.۷۷ | ۵۹.۹۵ | ۵۹.۹۸ | ۲۱ |

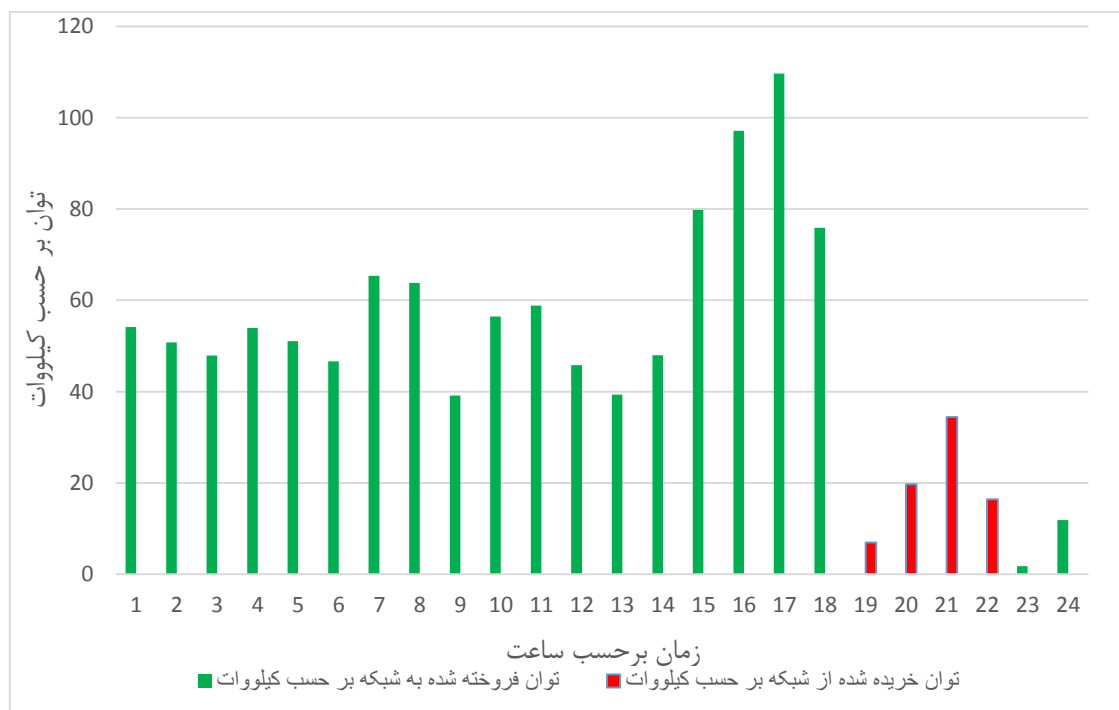
| | | | | | | |
|----|-------|-------|--------|--------|--------|----|
| ۲۲ | ۵۶.۱۴ | ۵۷.۹۱ | ۱۱۲.۵۴ | ۹.۰۶ | ۱۶.۴۳ | ۱۱ |
| ۲۳ | ۵۴.۹۱ | ۵۵.۰۳ | ۱۱۲.۱۲ | -۱۰.۱۱ | -۱.۷۴ | ۱۱ |
| ۲۴ | ۵۱.۰۱ | ۴۸.۷۷ | ۱۰۵.۴۱ | -۱.۶ | -۱۱.۸۶ | ۱۱ |



شکل (۳): قیمت خرید و فروش برق با شبکه بالادست [25]



شکل (۴): مقدار شارژ و دشارژ باتری در حالت اول



شکل (۵): توان مبادله شده با شبکه بالادست در حالت اول

| میانگین سود ریزش شبکه (بر حسب سنت) | وضعیت بهره‌برداری در حالت اول |
|------------------------------------|--|
| ۵۴۲۱۵ | مشارکت واحدها |
| ۵۸۲۴۴ | مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان |
| ۴۹۸۹۱ | مشارکت واحدها در مرجع [۲۵] |
| ۵۳۰۶۸ | مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان در مرجع [۲۵] |

شده در حالت یک محاسبه می‌گردد. مقادیر میانگین تولیدات میکروتوربین‌ها، شارژ و دشارژ باتری‌ها، میزان تبادل توان با شبکه بالادست و ساختار بهینه برای هر ساعت می‌باشند که در جدول (۶) قابل مشاهده می‌باشند، همچنین در شکل‌های (۶) و (۷) توان مبادلاتی با شبکه بالادست و مقدار شارژ و دشارژ دو باتری مشخص شده‌اند. با بررسی جدول (۷) مشابه حالت اول، در حالت دوم نیز سود ریزش شبکه در بازآرایی و مشارکت واحدها به طور همزمان بیشتر از سود ریزش شبکه در مشارکت واحدها به تنهایی می‌باشد. و طبق این جدول سود در بازآرایی و مشارکت واحدها به طور همزمان ۴۴۲۰ سنت بیشتر از حالت مشارکت واحدها به تنهایی می‌باشد.

حالت اول و دوم نیز در جدول (۸) و شکل (۸) مقایسه شده‌اند. براساس نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که باتری جدید همانند باتری قبل در ساعات اول شروع با شارژ کرده است و همچنین عمده‌ی توان ذخیره شده در باتری دوم از میکروتوربین یک تغذیه می‌شود و همین امر باعث افزایش تولید این میکروتوربین نسبت به حالت قبل شده است. بین ساعات ۱۵ تا ۲۲ به دلیل افزایش قیمت انرژی هر دو باتری شروع به

حالت (۲): تحلیل و بهینه سازی سود ریزش شبکه مورد مطالعه همراه با مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان در حضور دو باتری

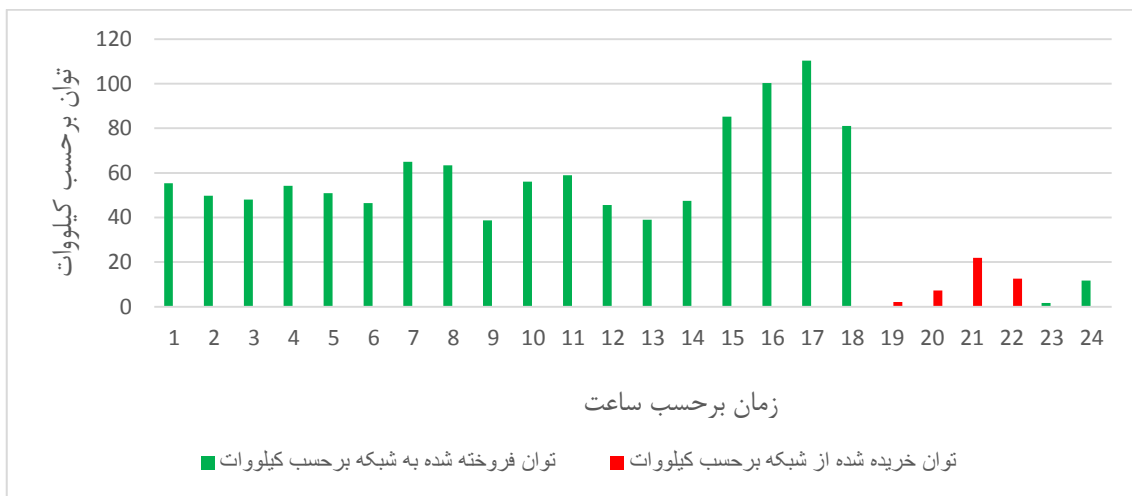
در این قسمت با افزایش ظرفیت ذخیره سازی ریزش شبکه مورد مطالعه، سود آن را نسبت به حالت اول مقایسه کرده و بررسی می‌شود که این افزایش ظرفیت ذخیره سازی چه تاثیری روی سود ریزش شبکه و تولیدات میکروتوربین‌ها و تبادل توان با شبکه بالادست دارد. ریزش شبکه نمونه در این حالت علاوه بر عناصر موجود در حالت قبل، یک باتری اضافه در باس ۸ خود دارا می‌باشد که ساختار این ریزش شبکه در شکل (۲) نمایش داده شده است. مقادیر عدم قطعیت شامل مقدار میانگین تولید توربین بادی برای هر ساعت طبق جدول (۱) و مقدار بار مصرفی در هر ساعت در جدول (۲) محاسبه و نمایش داده شدند. بعد از تحلیل پخش بار در این حالت و محاسبه تلفات، بعد از تولید سناریوهای کافی، مقدار سود ریزش شبکه، مقدار بهینه تولیدات میکروتوربین‌ها و مقدار شارژ و دشارژ باتری‌ها و ساختار ریزش شبکه برای هر ساعت بوسیله تجمیع سناریوها طبق توضیحات ذکر

است و در زمان مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان سود ریزشیکه در حالت دوم ۱۲۴۰ سنت بیشتر از حالت اول است. با بررسی سود ریزشیکه در این حالات مشخص می‌شود که اضافه کردن ظرفیت ذخیره‌سازی در ریزشیکه نمونه باعث افزایش سود چشمگیری در ریزشیکه شده است.

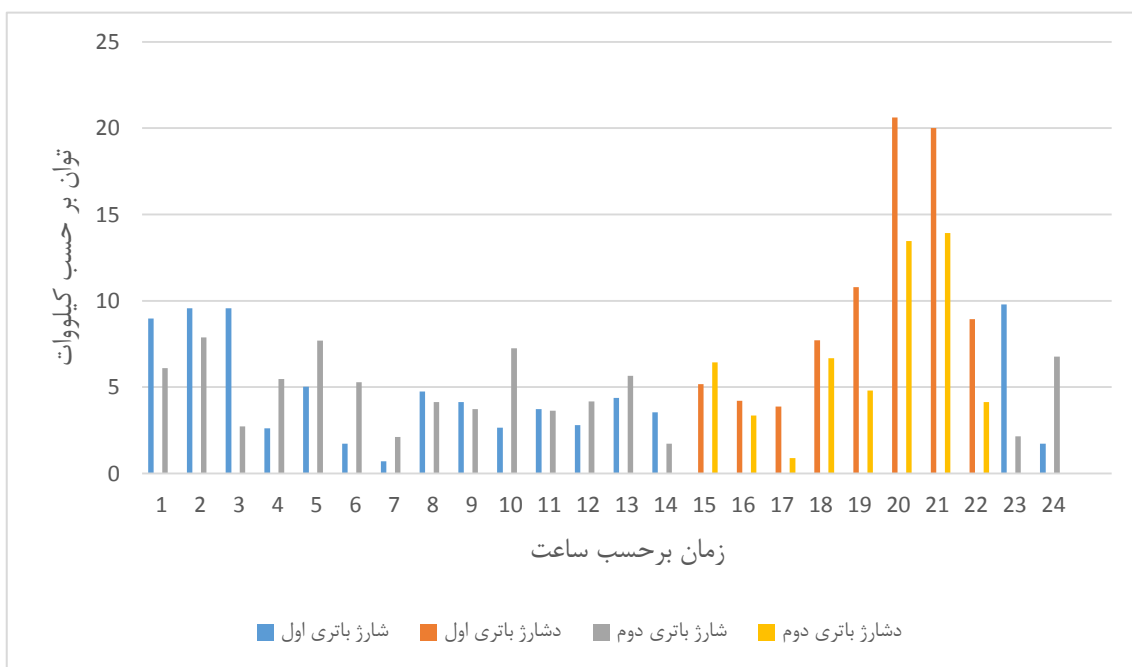
دشارژ شدن می‌کنند و این امر باعث فروش بیشتر انرژی به شبکه نسبت به حالت اول می‌شود. در ساعات اوج بار (۱۹ تا ۲۲) تاثیر باتری دوم به وضوح دیده می‌شود و حضور این باتری باعث کاهش مقدار توان خریداری شده از شبکه بالادست در این ساعات شده است که این امر باعث افزایش سود چشمگیری در ریزشیکه خواهد شد. در نهایت سود ریزشیکه در حضور باتری دوم در محاسبه شده و در جدول (۷) قابل مشاهده می‌باشد. طبق این بررسی‌ها مشاهده می‌شود سود ریزشیکه در زمان مشارکت واحدها به تنهایی، در حالت دوم ۸۴۹ سنت بیشتر از حالت اول

جدول (۶): نتایج بهینه شبیه‌سازی مشارکت واحدها و بازآرایی برای مقادیر میانگین توربین بادی و بار در حالت دوم

| ساختار | Pgrid (MW) | Pbat1 (MW) | Pbat2 (MW) | PMT3 (MW) | PMT2 (MW) | PMT1 (MW) | ساعت |
|--------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------|
| ۱ | -۵۵.۳۲ | -۶.۱۱ | -۸.۹۷ | ۶۹.۱۳ | ۴۷.۸۷ | ۴۴.۲۳ | ۱ |
| ۱۱ | -۴۹.۸۳ | -۷.۸۸ | -۹.۵۷ | ۵۷.۲۶ | ۳۴.۵۶ | ۴۲.۰۳ | ۲ |
| ۱۱ | -۴۸.۰۲ | -۲.۷۳ | -۴.۰۸ | ۵۰.۵۱ | ۲۸.۰۷ | ۳۰.۱۱ | ۳ |
| ۱۱ | -۵۴.۲۵ | -۵.۴۷ | -۲.۶۱ | ۵۹.۳۷ | ۲۹.۶۶ | ۳۲.۷۷ | ۴ |
| ۱۱ | -۵۰.۸۶ | -۷.۷۰ | -۵.۰۲ | ۴۵.۳۳ | ۲۱.۸۹ | ۳۰.۰۹ | ۵ |
| ۱۱ | -۴۶.۴۸ | -۵.۲۹ | -۱.۷۲ | ۳۹.۱۲ | ۲۷.۸۶ | ۲۸.۷۹ | ۶ |
| ۱۱ | -۶۴.۹۶ | -۲.۱۱ | -۰.۷۱ | ۶۸.۵۲ | ۳۹.۷۷ | ۳۹.۵۱ | ۷ |
| ۱ | -۶۳.۳۷ | -۴.۱۴ | -۴.۷۴ | ۷۹.۶۷ | ۴۹.۸۹ | ۵۵.۰۸ | ۸ |
| ۱۱ | -۳۸.۷۱ | -۳.۷۳ | -۴.۱۴ | ۸۴.۱۷ | ۵۲.۹۶ | ۵۲.۷۸ | ۹ |
| ۱۱ | -۵۶.۰۹ | -۷.۲۶ | -۲.۶۶ | ۷۹.۹۸ | ۴۳.۷۵ | ۵۱.۸۳ | ۱۰ |
| ۸ | -۵۸.۹۲ | -۳.۶۴ | -۳.۷۳ | ۸۶.۹۰ | ۴۰.۱۸ | ۵۲.۶۱ | ۱۱ |
| ۱۱ | -۴۵.۶۲ | -۴.۱۷ | -۲.۸۰ | ۹۴.۶۹ | ۵۲.۳۲ | ۴۹.۷۱ | ۱۲ |
| ۱۱ | -۳۸.۹۶ | -۵.۶۶ | -۴.۳۷ | ۹۳.۵۵ | ۵۱.۳۴ | ۴۸.۹۳ | ۱۳ |
| ۱۱ | -۴۷.۴۹ | -۱.۷۲ | -۳.۵۵ | ۸۶.۱۶ | ۴۶.۸۰ | ۴۹.۶۴ | ۱۴ |
| ۱ | -۸۵.۱۹ | ۶.۴۳ | ۵.۱۷ | ۸۷.۳۴ | ۳۶.۹۸ | ۴۹.۴۴ | ۱۵ |
| ۱۱ | -۱۰۰.۲۴ | ۳.۳۵ | ۴.۲۱ | ۷۵.۸۸ | ۴۴.۷۲ | ۴۹.۳۶ | ۱۶ |
| ۱۱ | -۱۱۰.۳۱ | -۰.۹۵ | ۳.۸۸ | ۷۹.۹۶ | ۴۵.۸۳ | ۵۶.۷۹ | ۱۷ |
| ۸ | -۸۱.۰۳ | ۶.۶۸ | ۷.۷۱ | ۹۶.۳۶ | ۴۹.۰۳ | ۵۸.۹۲ | ۱۸ |
| ۱۱ | ۲.۱ | ۴.۸۱ | ۱۰.۸۰ | ۱۱۶.۴۴ | ۵۳.۲۶ | ۵۵.۸۹ | ۱۹ |
| ۱۱ | ۷.۳ | ۱۳.۴۶ | ۲۰.۶۱ | ۱۱۹.۳۵ | ۵۹.۸۸ | ۵۹.۹۷ | ۲۰ |
| ۱ | ۲۱.۸۷ | ۱۳.۹۲ | ۲۰.۰۱ | ۱۱۹.۸۳ | ۵۹.۹۰ | ۵۹.۹۴ | ۲۱ |
| ۱۱ | ۱۲.۶۳ | ۴.۱۴ | ۸.۹۳ | ۱۱۳.۳۱ | ۵۸.۱۷ | ۵۶.۳۳ | ۲۲ |
| ۱۱ | -۱.۶۶ | -۲.۱۶ | -۹.۱۹ | ۱۱۱.۹۸ | ۵۵.۲۹ | ۵۷.۱۱ | ۲۳ |
| ۱ | -۱۱.۷۹ | -۶.۷۷ | -۱.۷۲ | ۱۰۵.۳۶ | ۴۹.۰۸ | ۵۱.۲۲ | ۲۴ |



شکل (۶): توان مبادله شده با شبکه بالادست در حالت دوم



شکل (۷): مقدار شارژ و دشارژ دو باتری در حالت دوم

جدول (۷): مقایسه سود ریزش شبکه در حالت مشارکت واحدها به تنهایی و مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان در حالت دوم

| میانگین سود ریزش شبکه (بر حسب سنت) | وضعیت بهره‌برداری در حالت دوم |
|------------------------------------|---|
| ۵۵۰۶۴ | مشارکت واحدها |
| ۵۹۴۸۴ | مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان |

جدول (۸): مقایسه سود ریزش شبکه در حالت اول و دوم

| میانگین سود ریزش شبکه در حالت اول (بر حسب سنت) | مقایسه وضعیت بهره‌برداری ریزش شبکه در دو حالت | میانگین سود ریزش شبکه در حالت دوم (بر حسب سنت) |
|--|---|--|
| ۵۵۰۶۴ | مشارکت واحدها | ۵۴۲۱۵ |
| ۵۹۴۸۴ | مشارکت واحدها و بازآرایی به صورت همزمان | ۵۸۲۴۴ |



شکل (۸): مقایسه سود ریزشکه در حالت اول و دوم

IEEE indust electronics society conf (IECON);2012. p. 1381-6.

- [4] S, Tan, J, Xu, Sk, Panda. Optimization of distribution network incorporating distributed generators: an integrated approach. IEEE Trans Power Sys 2013;1-12.
- [5] Y, Qiao, Z Lu, S, Mei. Microgrid reconfiguration in catastrophic failure of large power systems. In: IEEE sustainable power gen supply conf (SUPERGEN'09);2009. p. 1-8.
- [6] TC, Ou, WM, Lin, CH, Huang, FS, Cheng. A hybrid programming for distribution reconfiguration of DC microgrid. In: IEEE sustainable alter energy conf (SAE);2009. p. 1-7.
- [7] F, Shariatzadeh, R, Zamora, AK, Srivastava. Real time implementation of microgrid reconfiguration. In: IEEE North American power symposium conf (NAPS); 2011. p. 1-6.
- [8] X, Wang,X, Li. Fault recovery of micro-grid based on network reconfiguration. In: IEEE power and energy engineering conf (APPEEC); 2012. p. 1-4.
- [9] H, Siahkali, M, Vakilian. Stochastic unit commitment of wind farms integrated in power system. Electr Power Syst Res 2010;80:1006-17.
- [10] T, Niknam, F, Golestaneh, A, Malekpour. Probabilistic energy and operation management of a microgrid containing wind/photovoltaic/fuel cell generation and energy storage devices based on point estimate method and self-adaptive gravitational search algorithm. Energy 2012;43:427-37.
- [11] AA, Moghaddam,A, Seifi,T, Niknam, MRA, Pahlavani. Multi-objective operation management of a renewable MG (micro-grid) with back-up micro-turbine/fuel

۵- نتیجه گیری

در این مقاله مساله بازاریابی و مشارکت واحدها به در یک ریزشکه با در نظر گرفتن عدم قطعیت توربین بادی و بار مصرفی به طور کامل حل شد و در این راستا دو حالت در نظر گرفته شد. در حالت اول روی ریزشکه با یک باتری و در حضور توربین بادی و میکروتوربینها مشارکت واحدها به تنهایی انجام شد و سود این وضعیت با مشارکت واحدها و بازاریابی به صورت همزمان مقایسه شد و مشاهده شد که سود ریزشکه در وضعیت مشارکت واحدها و بازاریابی به صورت همزمان بیشتر است. در حالت دوم با اضافه کردن یک باتری به ریزشکه، سود ریزشکه بعد از افزایش ظرفیت ذخیره سازی در آن مورد بررسی قرار گرفت و با حل مساله مشخص شد که با اضافه کردن ظرفیت ذخیره سازی ریزشکه مورد مطالعه، سود این ریزشکه نسبت به حالت اول افزایش چشمگیری داشته است.

مراجع

- [1] J, Torres, JL, Guardado, F, Rivas-Dávalos, S, Maximov, E, Melgoza. A genetic algorithm based on the edge window decoder technique to optimize power distribution systems reconfiguration. Electr Power Energy Syst 2013;45:28-34.
- [2] E, Ghiani, S, Mocci, F, Pilo. Optimal reconfiguration of distribution networks according to the microgrid paradigm. In: IEEE future power syst conf; 2005. p.1-6.
- [3] S, Tan, J, Xu, Sk, Panda. Optimization of distribution network incorporating microgrid using vaccine-AIS. In:

- [19] EA, Feinberg, J, Hu, K, Huang. A rolling horizon approach to distribution feeder reconfiguration with switching costs. In: IEEE smart grid communications conf (SmartGridComm); 2011. p. 339–44.
- [20] AE, Milani, MR, Haghifam. A new probabilistic approach for distribution network reconfiguration: applicability to real networks. *Math Comput Model* 2013;57(1):169–79.
- [21] T, Niknam, AK, Fard, A, Baziar. Multi-objective stochastic distribution feeder reconfiguration problem considering hydrogen and thermal energy production by fuel cell power plants. *Energy* 2012;42:563–73.
- [22] P, Zhang, W, Li, S, Wang. Reliability-oriented distribution network reconfiguration considering uncertainties of data by interval analysis. *Electr Power Energy Syst* 2012;34:138–44.
- [23] M, Venkata Kirthiga S, Arul Daniel, S, Gurunathan. A methodology for transforming an existing distribution network into a sustainable autonomous micro-grid. *IEEE Trans Sust Energy* 2013;31–41.
- [24] I, Coroama, G, Chicco, M, Gavrilas, A, Russo. Distribution system optimization with intra-day network reconfiguration and demand reduction procurement. *Electr Power Syst Res* 2013;98:29–38.
- [25] R, Jabbari-Sabet, S. M, Moghaddas-Tafreshi., S. S, Mirhoseini. “Microgrid operation and management using probabilistic reconfiguration and unit commitment,” *Electr Power Energy Syst* 2016: vol. 75, pp. 328–36.
- cell/battery hybrid power source. *Energy* 2011;36:6490–507.
- [12] MD, Govardhan, R, Roy. Artificial bee colony based optimal management of microgrid. In: IEEE environment and electrical engineering conf (EEEIC); 2012. p. 334–9.
- [13] H, Ren, A, Xiang,W, Teng,R, Cen. Economic optimization with environmental cost for a microgrid. In: IEEE power and energy society general meeting conf;2012. p. 1–6.
- [14] S, Mohammadi, S, Soleymani, B, Mozafari. Scenario-based stochastic operation management of microgrid including wind, photovoltaic, micro-turbine, fuel cell and energy storage devices. *Electr Power Energy Syst* 2014;54:525–35.
- [15] S, Mohammadi, B, Mozafari, S, Soleymani. A stochastic programming approach for optimal microgrid economic operation under uncertainty using 2m + 1 point estimate method. *J Renew Sust Energy* 2013;5:033112.
- [16] S, Mohammadi, A, Mohammadi. Stochastic scenario-based model and investigating size of battery energy storage and thermal energy storage for micro-grid. *Electr Power Energy Syst* 2014;61:531–46.
- [17] S, Mohammadi, B, Mozafari, S, Soleymani, T, Niknam. Stochastic scenario-based model and investigating size of energy storages for PEM-fuel cell unit commitment of micro-grid considering profitable strategies. *IET Gener Transm Distrib* 2014;8(7):1228–43.
- [18] MH, Shariatkhah, MR, Haghifam, J, Salehi, A, Moser. Duration based reconfiguration of electric distribution networks using dynamic programming and harmony search algorithm. *Electr Power Energy Syst*2012;41:1–10.