Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

برنامه ریزی کوتاه مدت بهره برداری بهینه یک ریز شبکه در حضور منابع تولید پراکنده انرژی

حسین فرح بخش*[۱]، افشین لشکر آرا محمره[۲]

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول ، hfgh@chmail.ir
۲- استادیار، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، lashkarara@iust.ac.ir

تاریخ دریافت:۹۴/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش:۹۴/۱۰/۱۵

چکیده: برنامه‌ریزی کوتاه مدت یک ریزشبکه به صورت مستقل و خودکفا، به منظور بهره‌برداری بهینه برای مدت یک روز نمونه و با حضور منابع تجدیدپذیر انرژی انجام می‌شود. انجام این کار ضمن کمک به پایداری توان، به منظور استفاده از منابع پاک و کم هزینه که به کمتر آلوده شدن محیط زیست و هزینه‌ها کمک می‌کند، ضرورت دارد. در اینجا تصمیم به مدار آوردن نیروگاه‌ها، با کمینه کردن تابع لاگرانژ در توان بهینه تعیین می‌شود و جهت استخراج پاسخ‌ها، یک تحلیل دوگانه انجام می‌شود. در این تحقیق ریزشبکه‌ی مورد مطالعه، دارای پنج واحد تولید توان است، که شامل نیروگاه خورشیدی با سلول‌های فتوولتاییک و توربین بادی و دو میکروتوربین و پیل سوختی است. در حالت مستقل از شبکه، مسئله UC با توجه به تقاضای بار ریزشبکه و میزان تولید توان نیروگاه خورشیدی و توربین بادی در ساعات مختلف، دو میکروتوربین و یک پیل سوختی جهت پاسخ به تقاضا، برنامه‌ریزی می شوند. در این برنامه‌ریزی‌ها، که توسط نرم افزار MATLAB انجام شده است، برای جبران عدم قطعیت منابع تجدیدپذیر، استفاده از یک سیستم ذخیره‌ساز انرژی پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: به مدار آوردن نیروگاه، میکروتوربین، پیل سوختی، تابع انتشار، تابع هزینه

۱- مقدمه

امروزه با توجه به رو به پایان بودن سوخت‌های فسیلی و تلاش برای کاهش استفاده از این منابع، توجه کشورها به سمت استفاده از منابع تجدیدپذیر معطوف شده است. ریزشبکه‌ها از جمله شبکه‌هایی هستند که در آنها از منابع تجدیدپذیر استفاده چشمگیری شده است. ریزشبکه‌ها، از اتصال مجموعه‌ای از تولیدات کوچک و مدولار در سیستم‌های ولتاژ پایین و متوسط تشکیل شده‌اند که می‌تواند شامل مجموعه‌ای از منابع انرژی همچون تولیدات پراکنده، منابع تجدیدپذیر انرژی مثل باد و فتوولتائیک و سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی باشند[۱]. ریزشبکه‌ها برای تامین انرژی انواع مصرف کننده‌ها همچون خانگی، صنعتی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند و برآورد هزینه آنها بر اساس سیاست‌های قیمت گذاری در بازار برق صورت می‌گیرد. استفاده از ریزشبکه‌ها موجب ارائه توان با کیفیت بالاتر، افزایش قابلیت اطمینان سیستم و کاهش هزینه‌ها، تلفات و آلودگی در شبکه توزیع می‌شود[۲]. با توجه به استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند توربین‌های بادی و فتوولتائیک‌ها در ریزشبکه‌ها، و نیز ماهیت تصادفی منابع تجدیدپذیری مانند باد و خورشید، مدیریت و بهره‌برداری بهینه و ایمن از این شبکه‌ها به یکی از اولویت‌های تحقیقاتی پژوهشگران در این زمینه تبدیل شده است[۳]. پیش‌بینی رفتار این منابع و استفاده بهینه از آنها باعث افزایش بازدهی سیستم خواهد شد در بهره‌برداری از ریزشبکه‌ها اهداف گوناگونی همچون مسائل اقتصادی، زیست محیطی و کاهش میزان تلفات مدنظر قرار می‌گیرد[۴].

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

در زمینه بهره‌برداری از ریزشبکه‌ها تحقیقات زیادی انجام شده است که چند نمونه از آن را بررسی می‌کنیم:

در[۵] یک مطالع روی ریزشبکه‌ای انجام شده که در آن با هدف پایین آمدن آلاینده‌های زیست محیطی، از سلول‌های فتوولتائیک و توربین بادی به عنوان منابع اصلی تأمین انرژی استفاده شده است و در کنار آن DG[۱] ها به عنوان ژنراتورهای پشتیبان برنامه‌ریزی شده اند.

در [۶] نیز جهت مدل‌سازی مسئله UC[۲] و پخش بار اقتصادی برای ۲۴ ساعت آینده و فواصل زمانی ۵ دقیقه‌ای از قیمت‌های حاشیه‌ای محلی استفاده شده و مدل حاصل از آن، روی سیستمی با اندازه متوسط بررسی شده است.

در [۷] ریزشبکه‌ای با وجود RES[۳] و حضور میکروتوربین/سلول سوختی/باطری، به کمک الگوریتم چند هدفه‌ای به نام AMPSO (بهینه‌سازی اجتماع ذرات تطابقی اصلاح شده) مورد بهره‌برداری قرار گرفته و در فرمول سازی آن از مدل غیرخطی استفاده شده و هدف، کمینه‌سازی هزینه و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور همزمان بوده است.

در [۸] حل مسئله UC در ریزشبکه معرفی شده، که شامل بارهای کنترل‌پذیر می‌باشد، توسط الگوریتم ژنتیک بهبود یافته با اتخاذ روش تبرید شبیه‌سازی شده جهت تسریع همگرایی حاصل شده است. توابع هدف که در سطح شبیه‌سازی تعریف شده و به نتیجه مطلوب رسیده، عبارت‌اند از : کاهش هزینه بهره‌برداری از ریزشبکه در حالت مستقل از شبکه و بیشینه‌سازی درآمد و عواید حاصل در زمانی که به شبکه قدرت متصل باشد.

در این تحقیق برنامه به مدار آوردن نیروگاه‌ها که به طور معمول برای ژنراتورهای بزرگ و مرکزی به کار می‌رود، برای ریزشبکه‌ای با حضور منابع انرژی تجدیدپذیر پیاده‌سازی خواهد شد. اجرای این برنامه به صورت بهینه و اقتصادی با توجه به ویژگی‌های فنی و عملکردی ریزشبکه، چالش‌های خاص خود را داراست، که جنبه‌های مختلف آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه امروزه مسئله محیط زیست و حفظ آن در جهان دارای اهمیت زیادی است لذا قیود زیست محیطی نیز باید اعمال شود تا آلودگی‌های زیست محیطی به حداقل برسند. از طرفی برای جبران عدم قطعیت منابع تجدیدپذیر، استفاده از یک سیستم ذخیره‌ساز انرژی پیشنهاد شده و راجع به اندازه آن نیز بحث شده است.

در این مقاله تلاش بر کاهش تابع انتشار آلودگی و کاهش میزان هزینه‌های تولید در ریزشبکه پیشنهادی با در نظر گرفتن قیود مربوطه می‌باشد.

ابتدا با تبدیل تابع هزینه کل به یک مسئله بهینه‌سازی محدب(همگرا)، با تغییر متغییرهایی این امر محقق می‌شود. سپس با نوشتن تابع لاگرانژ با توجه به جدید شدن روابط، تابع بیان UC استخراج می‌شود و به تبع آن نقاط بهینه‌ای از توان‌های بهینه بدست می‌آید، تا در پایین آوردن تابع انتشار آلودگی و تابع هزینه، نقش اصلی را ایفا نماید.

۲- فرمول‌بندی

۲-۱ توابع هدف

مسئله بهینه‌سازی هزینه در بهره‌برداری از ریزشبکه به صورت رابطه (۱) فرمول‌بندی می‌شود[۹]:

$$TC = \sum_{i=1}^{N} u_{i,t}(FC_{i,t} + MC_{i,t} + STC_{i,t}) \qquad (۱)$$

که در آن TC هزینه کل، و $u_{i,t}$ بیانگر برنامه به مدار آمدن نیروگاه‌ها یا UC است و $FC_{i,t}$ بیانگر هزینه سوخت واحد ها و $MC_{i,t}$ بیانگر هزینه نگهداری واحدها و $STC_{i,t}$ بیانگر هزینه راه‌اندازی واحدها می‌باشد.

مسئله بهینه‌سازی تابع انتشار آلودگی در بهره‌برداری از ریزشبکه به صورت رابطه (۲) فرمول‌بندی می‌شود[۱۰]:

$$E_{i,t}(P_{i,t}) = \alpha_i P^2{}_{i,t} + \beta_i P_{i,t} + \gamma_i \qquad (۲)$$

که در آن α_i و β_i و γ_i ضرایب انتشار آلودگی و $E_{i,t}$ تابع انتشار آلودگی و $P_{i,t}$ توان تولیدی هر واحد هستند.

هزینه سوخت از رابطه (۳) محاسبه می‌شود[۱۱]:

$$FC_{i,t}(P_{i,t}) = a_i P_{i,t}^2 + b_i P_{i,t} + c_i \qquad (۳)$$

که a_i و b_i و c_i ضرایب هزینه سوخت هستند.

هزینه نگهداری از رابطه (۴) محاسبه می‌شود[۱۲]:

$$MC_{i,t}(P_{i,t}) = d_i P_{i,t} \qquad (۴)$$

که در آن d_i ضریب هزینه نگهداری می‌باشد.

۲-۲ قیود بهره‌برداری

قیود بهره‌برداری به صورت روابط (۵) و (۶) می‌باشند[۱۰]:

$$P_i^{min} \le P_{i,t} \le P_i^{max} \qquad (۵)$$

که رابطه (۵) بیانگر قید حدود بیشینه و کمینه توان واحدها است که P_i^{min} کمترین میزان تولید توان توسط DG ها و P_i^{max} حداکثر توان تولیدی است که DG ها می‌توانند تولید کنند.

$$\sum_{i=1}^{N}(u_{i,t}E_{i,t}(P_{i,t})) \le \zeta \qquad (۶)$$

رابطه (۶) بیانگر قید محدودیت انتشار آلاینده‌هاست، که در آن ζ حد انتشار آلاینده‌هاست.

۳- بیان مسئله

مسئله TC[۴] یک برنامه‌ریزی آمیخته با اعداد صحیح بوده که فضای پاسخ غیرخطی دارد. به منظور تبدیل آن به یک مسئله بهینه‌سازی محدب(همگرا) متغیرهای کمکی توان $q_{i,t} = P_{i,t}.u_{i,t}$ و $u_{i,t}$ به

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

عنوان یک متغیر پیوسته در [۱ و ۰] معرفی شده‌اند. بنابراین مسئله تبدیل شده به شکل رابطه (۷) نوشته خواهد شد[۱۳]:

$$TC = \sum_{i=1}^{N} \left(\frac{a_i q_{i,t}^2}{u_{i,t}} + b_i' q_{i,t} + c_{i,t}' u_{i,t} \right) \qquad (۷)$$

که ضرایب هزینه مجموع $b_i' = b_i + d_i$ و $c_{i,t}' = c_i + STC_{i,t}$ می‌باشند.

همین روند برای روابط (۵) و (۶) نیز برقرار است.

تابع لاگرانژ به صورت رابطه (۸) نوشته می شود:

$$\mathcal{L}(\lambda_t, \mu_t, \nu_t, P, u) = \sum_{i=1}^{N} u_{i,t} \varphi_{i,t}(P_{i,t}) + \lambda_t A_t - \mu_t \zeta + \nu_t R_t - \nu_t \sum_{i=1}^{N} P_i^{max} \qquad (۸)$$

که در آن ν_t و μ_t و λ_t ضرایب لاگرانژ و R_t و A_t به ترتیب ذخیره بهره‌برداری و تقاضای اصلاح شده مربوط به پیش‌بینی بار می‌باشند. در رابطه (۹)، $\varphi_{i,t}(P_{i,t})$ می‌تواند به صورت تابع بیان UC بررسی شود :

$$\varphi_{i,t}(P_{i,t}) = (a_i + \mu_t \alpha_i) P_{i,t}^2 + (b_i' + \mu_t \beta_i - \lambda_t + \nu_t) P_{i,t} + (c_{i,t}' + \mu_t \gamma_i) \qquad (۹)$$

مطابق رابطه (۱۰) با جایگذاری $u_{i,t} = 1$ برای همه $\varphi_{i,t}(P_{i,t}^*) <$ 0 و در غیر این صورت $u_{i,t} = 0$ ، مقدار کمینه (مینیمم) بدست می‌آید.

$$u_{i,t}^* = \begin{cases} 1, & \varphi_{i,t}(P_{i,t}^*) < 0 \\ 0, & other\ wise \end{cases} \qquad (۱۰)$$

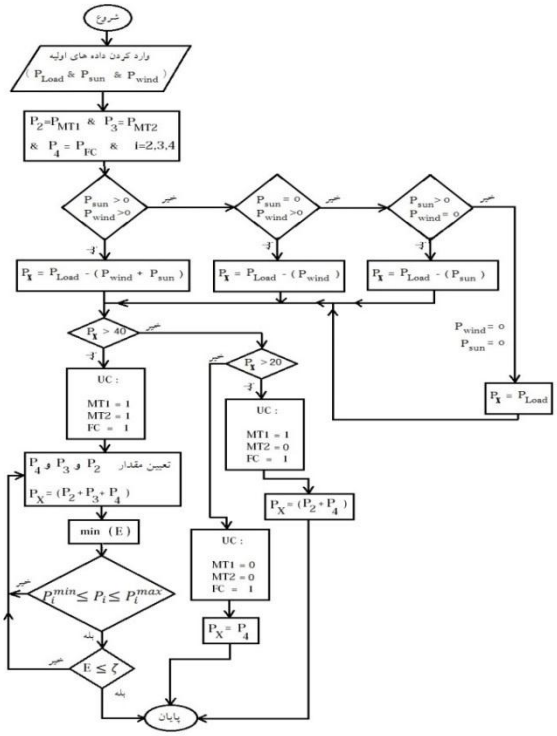
ضرایب هزینه سوخت، ضرایب انتشار آلاینده‌ها و محدودیت‌های توان DG ها در جدول (۱) خلاصه شده که $P_{(0)}^{\min}$ برای همه DG ها برابر صفر کیلووات است[۱۴].

جدول (۱): پارامترهای تولید ژنراتورها

P_0^{max}	γ(0)	β(0)	α(0)	c(0)	b(0)	a(0)	Unit
۳۰	۲/۵۴	-۶/۰۵	۵/۶۴	۱۰۰	۵۰	۲۰	MT1
۷۵	۴/۰۹	-۵/۵۵	۶/۴۹	۱۴۰	۴۰	۱۰۰	MT2
۱۰۰	۵/۳۳ × ۱۰$^{-۴}$	-۳/۵۵ ×۱۰$^{-۴}$	۳/۳۸ ×۱۰$^{-۴}$	۲۰	۲۰	۱۰	FC

که a(0) و b(0) و c(0) همان ضرایب هزینه سوخت میکروتوربین ۱ و ۲ و پیل سوختی هستند و همچنین α (0) و β (0) و γ (0) همان ضرایب تابع انتشار آلودگی مربوط به میکروتوربین ۱ و ۲ و پیل سوختی هستند.

فلوچارت برنامه‌ریزی مسئله و مراحل شبیه‌سازی به صورت شکل (۱) می‌باشد:

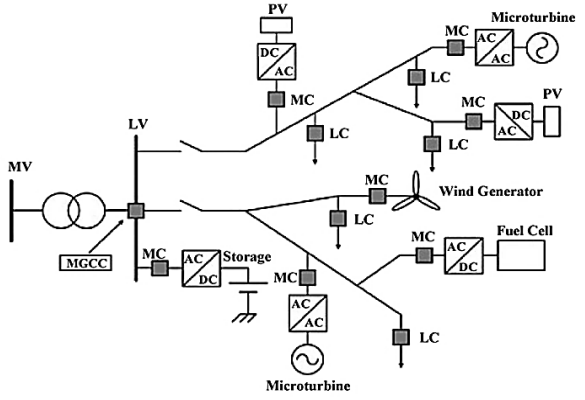


شکل (۱) فلوچارت برنامه‌ریزی مسئله شبیه‌سازی

در این فلوچارت، P_x همان توانی است که قرار است برای تولید آن در هر ساعت، واحدهای DG برنامه‌ریزی شوند.

۴- نتایج شبیه سازی

ریزشبکه مورد مطالعه به صورت شماتیک در شکل (۲) نشان داده شده است. این ریزشبکه شامل انواع منابع همچون میکروتوربین، پیل سوختی، فتوولتائیک، توربین بادی و باتری را پوشش می‌دهد:



شکل (۲) ریزشبکه مورد مطالعه[1]

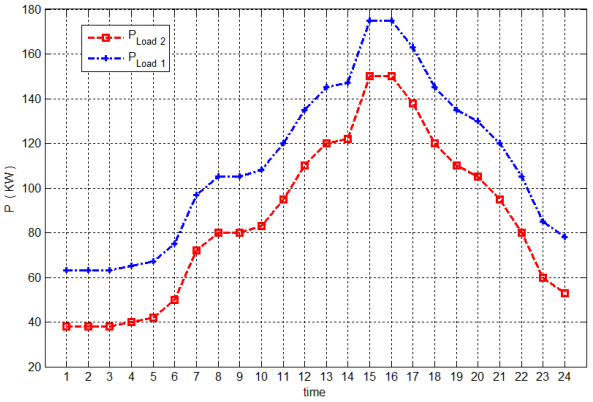
در این تحقیق توان نامی میکروتوربین ۱ برابر ۳۰ کیلووات و توان نامی میکروتوربین ۲ برابر ۷۵ کیلووات و توان نامی پیل سوختی ۱۰۰ کیلووات می‌باشد، با وجود اینکه واحدهای تولید پراکنده بخصوص واحدهای مورد استفاده در این تحقیق، دارای راندمان

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

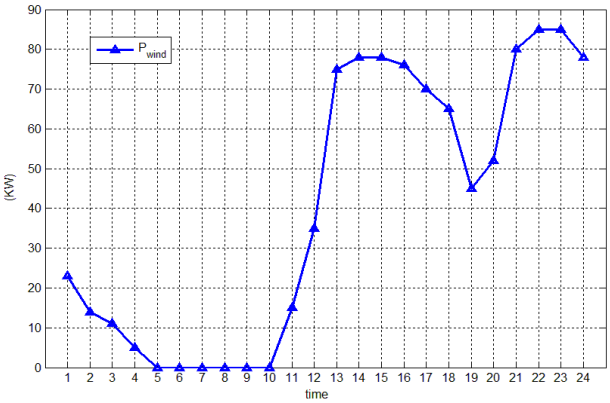
بالایی هستند، اما معمولاً رسیدن به توان نامی محقق نمی‌شود، لذا حداکثر توان تولیدی ممکن، به ترتیب ۲۴ و ۶۵ و ۸۷ کیلووات می تواند باشد.

نمودار پیش‌بینی تقاضای بار ریزشبکه و همچنین توان تولیدی پیش بینی شده‌ی توربین بادی و توان تولیدی پیش‌بینی شده نیروگاه خورشیدی به ترتیب به صورت شکل‌های (۳) و (۴) و (۵) می-باشند[۳]:

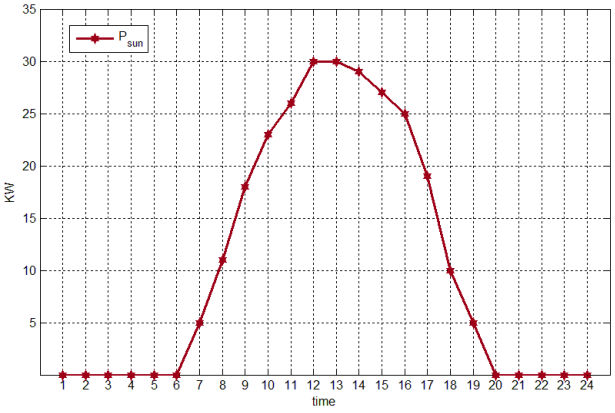


شکل(۳) نمودار پیش‌بینی تقاضای بار ریزشبکه

در شکل (۳) نمودار $P_{Load\ 1}$ بیانگر حالتی است که ۲۵ کیلووات تولید مازاد بر تقاضای پیش‌بینی شده، تولید توان داشته باشیم، و $P_{Load\ 2}$ بیانگر نمودار پیش‌بینی بار ریزشبکه می‌باشد. در این تحقیق ۲۵ کیلووات به منظور تأمین بارهای بحرانی در زمان قطع برق ریزشبکه، به صورت مازاد توسط واحدها تأمین می‌شود.



شکل (۴) نمودار پیش‌بینی تولید توربین بادی



شکل (۵) نمودار پیش‌بینی توان نیروگاه خورشیدی

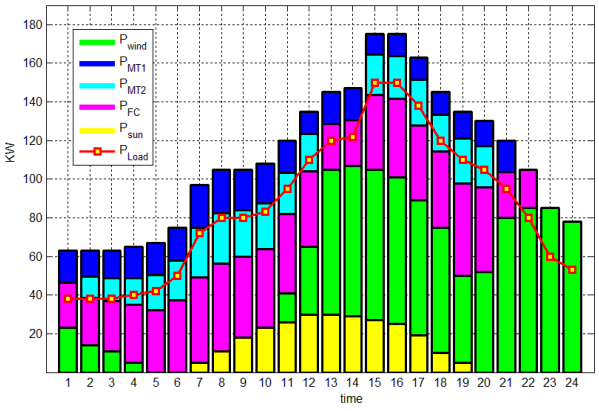
در این حالت برنامه به مدار آمدن واحدها به صورت جدول (۲) است:

جدول (۲) برنامه به مدار آمدن واحدها

واحد	ساعت (۱ – ۲۴)
میکروتوربین ۱	۰ ۰ ۰ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱
میکروتوربین ۲	۰ ۰ ۰ ۰ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۰ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۱ ۰
پیل سوختی	۰ ۰ ۱

طبق جدول (۲) بیشترین همکاری برای تولید توان را پیل سوختی انجام داده است. این امر به این دلیل است که پیل سوختی تابع انتشار آلودگی و همچنین تابع هزینه‌ی کمتری نسبت به سایر واحدها دارد. بعد از پیل سوختی بیشترین همکاری برای تولید توان را میکروتوربین ۱ داشته است، که تابع انتشار آلودگی و هزینه آن از پیل سوختی بالاتر و از میکروتوربین ۲ پایین‌تر می‌باشد. بعد از آن کمترین همکاری به منظور تولید توان را میکروتوربین ۲ دارد، که تابع انتشار آلودگی و تابع هزینه آن از سایر واحدها بیشتر است.

سهم تولید هر واحد به صورت شکل (۶) می‌باشد:



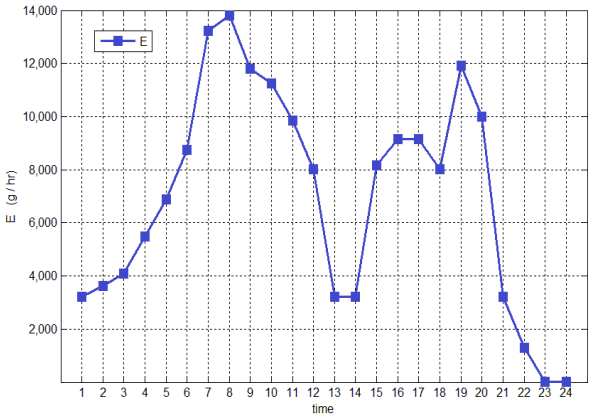
شکل (۶) توان تولیدی، به تفکیک هر واحد

همچنین سهم تولید توان هر واحد بر حسب کیلووات به صورت جدول شماره (۳) می‌باشد:

جدول (۳) توان تولیدی هر واحد

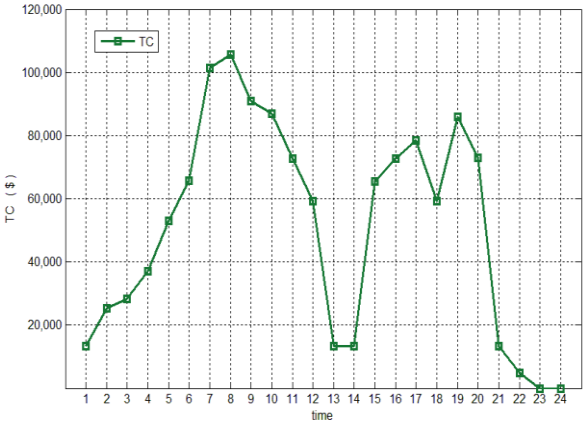
P_{sun}	P_{wind}	FC	MT 2	MT 1	Hours
۰	۲۳	۲۳/۶۰	۰	۱۶/۴۰	۱
۰	۱۴	۲۴/۵۰	۱۱/۲۷	۱۳/۲۳	۲
۰	۱۱	۲۶/۰۰	۱۱/۹۶	۱۴/۰۴	۳
۰	۵	۳۰/۰۰	۱۳/۸۰	۱۶/۲۰	۴
۰	۰	۳۲/۱۶	۱۸/۰۹	۱۶/۷۵	۵
۰	۰	۳۷/۵۰	۲۰/۲۵	۱۷/۲۵	۶
۵	۰	۴۴/۱۶	۲۵/۷۶	۲۲/۰۸	۷
۱۱	۰	۴۵/۱۲	۲۶/۳۲	۲۲/۵۶	۸
۱۸	۰	۴۱/۷۶	۲۴/۳۶	۲۰/۸۸	۹
۲۳	۰	۴۰/۸۰	۲۳/۸۰	۲۰/۴۰	۱۰
۲۶	۱۵	۴۱/۰۸	۲۱/۳۳	۱۶/۵۹	۱۱
۳۰	۳۵	۳۹/۲۰	۱۹/۱۸	۱۱/۶۲	۱۲
۳۰	۷۵	۲۳/۶۰	۰	۱۶/۴۰	۱۳
۲۹	۷۸	۲۳/۶۰	۰	۱۶/۴۰	۱۴
۲۷	۷۸	۳۸/۵۰	۲۱/۰۰	۱۰/۵۰	۱۵
۲۵	۷۶	۴۰/۷۰	۲۲/۲۰	۱۱/۱۰	۱۶
۱۹	۷۰	۳۸/۸۵	۲۳/۶۸	۱۱/۴۷	۱۷
۱۰	۶۵	۳۹/۲۰	۱۹/۱۸	۱۱/۶۲	۱۸
۵	۴۵	۴۷/۶۰	۲۳/۲۹	۱۴/۱۱	۱۹
۰	۵۲	۴۳/۶۸	۲۱/۳۷۲	۱۲/۹۴۸	۲۰
۰	۸۰	۲۳/۶۰	۰	۱۶/۴۰	۲۱
۰	۸۵	۲۰/۰۰	۰	۰	۲۲
۰	۸۵	۰	۰	۰	۲۳
۰	۷۸	۰	۰	۰	۲۴

تابع انتشار آلودگی به صورت شکل (۷) می‌باشد:



شکل (۷) تابع انتشار واحدها

همچنین تابع هزینه کل به صورت شکل (۸) می‌باشد:



شکل (۸) تابع هزینه کل واحدها

مطابق شکل (۶)، از ساعت ۱ تا ۶ تولید نیروگاه خورشیدی به دلیل عدم وجود خورشید صفر است، پس هیچ اثر مثبتی روی تغذیه‌ی میکروشبکه ندارد.

به منظور سهولت در کار، توربین بادی با نام واحد ۱ و میکروتوربین ۱ و ۲ به ترتیب با نام واحد ۲ و ۳ و پیل سوختی با نام واحد ۴ و نیروگاه خورشیدی را با نام واحد ۵ معرفی می‌نمائیم.

در ساعت ۱ بامداد که بار ۳۸ کیلووات است و در حالت کم باری می‌باشد همزمان توربین بادی ۲۳ کیلووات توان تولید می‌کند که کمک خوبی به تولید سایر واحدها می‌کند و تقریباً ۳۶٪ توان مورد نیاز در ساعت ۱ را تولید می‌کند، لذا تولید توان مورد نیاز باقی مانده بین واحد ۲ و واحد ۴ تقسیم می‌شود که در این ساعت، واحد ۳ خاموش می‌باشد.

در ساعت ۲ و ۳ نیز تقاضا همانند ساعت ۱ می‌باشد، اما با این تفاوت که انرژی حاصل از باد در حال کاهش می‌باشد که در ساعت ۲ توان بادی ۱۴ و در ساعت ۳ توان بادی ۱۱ کیلووات می‌باشد که باعث می‌شود واحد ۳ نیز وارد سرویس شود و این اختلاف توان بادی را که با ساعت ۱ وجود دارد را جبران نماید.

در ساعت ۴ مقدار تقاضا کمی بالاتر می‌رود و همزمان توان بادی کم می‌شود و به کمتر از نصف ساعت قبل می‌رسد، که در این ساعت نیاز است واحدها تولیدشان را بیشتر کنند. در این ساعت توان بادی ۵ کیلووات است و هر سه واحد تولیدی روشن می‌باشند.

در ساعت ۵ و ۶ انرژی حاصل از باد به صفر می‌رسد و تقاضای بار به ترتیب به ۴۲ و ۵۰ کیلووات می‌رسد، که باعث افزایش تولید سایر واحدها می‌شود و تمامی واحدها در حال تولید توان می‌باشند.

در ساعت ۷ همزمان که باد وجود ندارد و توربین بادی تولیدش صفر است، با افزایش تقاضا به ۸۰ کیلووات، نیروگاه خورشیدی ۵ کیلووات تولید توان دارد، که این مقدار هر چند که کم است ولی در عین حال می تواند اندکی به پاسخ به تقاضا و کاهش هزینه‌ها و

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

کاهش تلفات زیست محیطی کمک کند. در این ساعت هر سه واحد روشن هستند.

در ساعت ۸ انرژی تولیدی حاصل از خورشید بیشتر می‌شود و به ۱۱ کیلووات می‌رسد و همزمان تقاضای بار به ۸۰ کیلووات می رسد. با توجه به افزایش ۷ کیلوواتی تقاضا و همچنین افزایش ۶ کیلوواتی تولید نیروگاه خورشیدی، لذا تفاوت تولید بین ساعت قبل با این ساعت فقط ۱ کیلووات می‌باشد، که نشان می‌دهد که نیروگاه خورشیدی کمک خوبی کرده است. در این ساعت هر سه واحد روشن می‌باشند.

در ساعت ۹ تقاضای بار تغییری نسبت به ساعت قبل نداشته است و روی ۸۰ کیلووات ثابت می‌ماند، ولی اتفاق خوبی که در این ساعت رخ می‌دهد افزایش توان تولیدی نیروگاه خورشیدی است که توان آن برابر ۱۸ کیلووات است که باعث می‌شود کمی تولید سایر واحدها پایین بیاید. در این ساعت هر سه واحد روشن هستند.

در ساعت ۱۰ تقاضا به ۸۳ کیلووات می‌رسد، که افزایش ۳ کیلوواتی دارد اما تولید نیروگاه خورشیدی افزایش ۵ کیلوواتی دارد که باز هم باعث می‌شود که تولید سایر واحدها در این ساعت کاهش یابد. در این ساعت هر سه واحد روشن می‌باشند.

در ساعت ۱۱ انرژی حاصل از باد بعد از ۵ ساعت صفر بودن به ۱۵ کیلووات می‌رسد که با توجه به افزایش ۳ کیلوواتی نیروگاه خورشیدی که اینک ۲۶ کیلووات تولید می‌کند، کمک بسیار خوبی برای کاهش تولید سایر واحدها می‌باشد. در این ساعت تقاضا افزایش یافته و به ۹۵ کیلووات می‌رسد و هر سه واحد روشن هستند.

در ساعت ۱۲ تقاضا بیشتر می‌شود و به ۱۱۰ کیلووات می‌رسد، همزمان نیروگاه خورشیدی در حال تولید ماکزیمم خود، یعنی ۳۰ کیلووات است و نیروگاه بادی نیز تولید توانش افزایش می‌یابد و به ۳۵ کیلو وات می‌رسد، که باز هم سهم تولید سایر واحدها کمتر می‌شود. در این ساعت هر سه واحد روشن می‌باشند.

در ساعت ۱۳ و ۱۴ که در آن تقاضا به ترتیب به ۱۲۰ و ۱۲۲ کیلووات می‌رسد و نیروگاه خورشیدی به ترتیب ۳۰ و ۲۹ کیلووات تولید دارد، همزمان میزان وزش باد افزایش می‌یابد که به سبب آن توان تولیدی توربین بادی افزایش می‌یابد، این امر باعث می‌شود که میزان توان موجود در این ساعات آن قدر خوب باشد که واحد ۳ در این ساعات خاموش بماند و درصد زیادی به کاهش هزینه‌ها و کاهش تلفات زیست محیطی کمک کند.

در ساعت ۱۵ و ۱۶ که حداکثر تقاضا را داریم (۱۵۰ کیلووات)، توان خورشیدی به ترتیب به ۲۷ و ۲۵ کیلووات تنزل پیدا می‌کند ولی انرژی حاصل از باد تغییرات چندانی ندارد و به ترتیب ۷۸ و ۷۶ کیلووات می‌باشد. اما افزایش ۲۸ کیلوواتی تقاضا، سیستم را وادار می‌کند که واحد ۳ را وارد مدار کند که در افزایش هزینه‌ها و تلفات زیست محیطی کم تأثیر نیست.

در ساعت ۱۷ و ۱۸ که شاهد کاهش تقاضا به ترتیب به ۱۳۸ و ۱۲۰ کیلووات می‌باشیم، همزمان شاهد کاهش انرژی حاصل از خورشید (به ترتیب ۱۹ و ۱۰ کیلووات) و انرژی حاصل از باد (به ترتیب ۷۰ و ۶۵ کیلووات) می‌باشیم. در این ساعات هر سه واحد روشن می‌باشند.

در ساعت ۱۹ توان حاصل از آن ۵ کیلووات است و همزمان تقاضا کمی کاهش می‌یابد و به ۱۱۰ کیلووات می‌رسد اما انرژی حاصل از باد، ناگهان ۲۰ کیلووات کاهش می‌یابد و به ۴۵ کیلووات می‌رسد، که همه واحدها مجبور به افزایش تولید می‌شوند. این افزایش تولید افزایش هزینه و آلایندگی را به دنبال دارد.

در ساعت ۲۰ علی‌رغم اینکه دیگر انرژی خورشید را نداریم اما انرژی توربین بادی در اثر افزایش باد، اندکی افزایش یافته و به ۵۲ کیلووات می‌رسد و تقاضای بار ریزشبکه نیز پایین می‌آید و به ۱۰۵ کیلووات می‌رسد و به مقدار جزئی کاهش تولید در سایر واحدها را به دنبال دارد. در این ساعت هر سه واحد روشن هستند.

در ساعت ۲۱ انرژی باد به یکباره افزایش پیدا کرده و به ۸۰ کیلووات می‌رسد و تقاضای بار نیز کاهش یافته و به ۹۵ کیلووات می‌رسد، که سیستم در اینجا واحد ۳ را از مدار خارج کرده و به کمک واحد ۲ و ۴ توان تقاضا شده را تامین می‌کند.

در ساعت ۲۲ انرژی حاصل از باد کمی افزایش یافته و به ۸۵ کیلووات می‌رسد و همزمان تقاضای بار به حدی کاهش می‌یابد که واحد ۲ نیز خاموش می‌شود و سیستم با توربین بادی و واحد ۴ به تقاضای بار پاسخ می‌دهد. واحد ۳ همچنان خاموش می‌باشد.

در ساعت ۲۳ و ۲۴ ریزشبکه به دلیل وزش باد مناسب و کاهش توان تقاضا شده به ترتیب به ۶۰ و ۵۳ کیلووات، فقط با توربین بادی تغذیه می‌شود و سایر واحدها خاموش می‌باشند.

طبق شکل‌های (۷) و (۸)، برای توابع انتشار آلودگی و هزینه، می‌توان چنین گفت:

در ساعت ۲۳ و ۲۴ مشاهده می‌شود که تابع انتشار آلودگی و تابع هزینه صفر است و هیچ گونه آلودگی وجود ندارد که دلیل آن تغذیه‌ی بار از طریق توربین بادی و خاموش بودن سایر واحدها می‌باشد.

در ساعت ۲۲ که ریزشبکه فقط از طریق توربین بادی و پیل سوختی تغذیه می‌شود و میزان توان تقاضا پایین است، در رتبه‌ی بعدی کمترین آلودگی و کمترین هزینه می‌باشد.

در ساعات ۱ و ۲۱ که تقاضا پایین است و وزش باد مناسب است، فقط پیل سوختی و میکروتوربین ۱ به کمک توربین بادی ریزشبکه را تغذیه می‌کنند و میکروتوربین ۲، در این ساعات خاموش است، به همین خاطر توابع انتشار آلودگی و هزینه در این ساعات کم است.

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

در ساعات ۱۳ و ۱۴ نیز پیل سوختی و میکروتوربین ۱ به کمک توربین بادی و همچنین نیروگاه خورشیدی ریزشبکه را تغذیه می‌کنند و علی‌رغم بالا بودن میزان تقاضا، میکروتوربین ۲ خاموش است، که این امر دلیل کم بودن میزان آلایندگی و تابع هزینه در این ساعات است.

در ساعات ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ دلیل بالا بودن میزان تابع انتشار آلودگی و تابع هزینه، عدم همکاری توربین بادی، آن هم در شرایطی است که بار رفته به رفته بیشتر می‌شود. تولید توان توسط توربین بادی در این ساعات صفر است.

در ساعت ۱۹ دلیل افزایش میزان تابع انتشار آلودگی، افزایش ناگهانی بار بعد از یک کاهش است و همچنین دلیل دیگر آن کاهش ناگهانی انرژی باد و کاهش میزان تابش خورشید است.

در ساعت ۲۰ دلیل بالا بودن آلایندگی زیست محیطی و تابع هزینه، کم بودن میزان تولید توربین بادی و صفر بودن تولید حاصل از خورشید است، که سبب روشن شدن تمام واحدها می‌شود.

در سایر ساعات، تولید توان، روند عادی خود را دارد و با توجه به میزان تولید واحد ۱ و ۵، تولید سایر واحدها تغییر می‌کند و به همان نسبت آلایندگی‌ها و هزینه‌ها تغییر می‌کنند.

جدول تعداد ساعات خاموش و یا روشن بودن واحدها در یک روز و ماکزیمم توان تولید شده، به صورت جدول (۴) می‌باشد:

جدول (۴) تعداد ساعات خاموش و روشن بودن واحدها

P_{max} (KW)	OFF (hr)	ON (hr)	Unit
۲۲/۵۶	۳	۲۱	MT 1
۲۶/۳۲	۷	۱۷	MT 2
۴۷/۶۰	۲	۲۲	FC
	۱۲	۶۰	

همچنین هزینه‌ی کل و میزان آلایندگی کل ریزشبکه در یک روز به صورت جدول (۵) می‌باشد:

جدول (۵) میزان آلایندگی و هزینه‌ی کل

واحد	آلایندگی کل	هزینه ی کل
MT 1	۲۸۵۴۶	۱۳۶۷۵۰
MT 2	۴۶۰۹۱	۷۶۸۳۲۰
FC	۹۲۶۷۳	۳۱۴۸۸۰
	۱۶۷۳۱۰ g	۱۲۲۰۰۰ $

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق مشاهده شد که با توجه به ساعات مختلف، تقاضا برای بارهای مختلف متفاوت بوده است. این تفاوت، زمانی آشکارتر می‌شد که میزان تولید توربین بادی که به عنوان منبع اولیه تولید انرژی ریزشبکه بود و همچنین تولید نیروگاه خورشیدی تغییر می‌کرد.

همچنین مشاهده می‌شد که تولید میکروتوربین ۱ و میکروتوربین ۲ و پیل سوختی، وابسته به میزان تقاضا و میزان تولید توربین بادی و نیروگاه خورشیدی تغییر می‌کرد. در برخی از ساعات این دو انرژی رایگان و تمیز را در اختیار نداشتیم و در برخی از ساعات کم یا متوسط و در برخی از ساعات آنقدر خوب بود که یک یا دو واحد و گاهی هر سه واحد خاموش می‌شدند و نیازی به تولید آن واحد یا واحدها نبود. پس در این شرایط، میزان تولید متغییری داشتیم و به دنبال آن تابع انتشار آلودگی و تابع هزینه تغییر می‌کرد.

نیروگاه خورشیدی و توربین بادی، سوختی مصرف نمی‌کنند پس تلفات زیست محیطی و همچنین هزینه سوخت ندارند لذا در هر ساعتی که از این دو انرژی یا یکی از این دو انرژی پاک بهره‌مند بودیم، تأثیر آن را در تابع هزینه و تابع انتشار آلودگی حاصله، حتی اگر کم هم باشد، به وضوح مشاهده کرده‌ایم.

کمک بزرگی که نیروگاه خورشیدی می‌تواند داشته باشد، در زمان ماکزیمم بودن تولیدش است که با پیک بار مقارن می‌شود، پس در کاهش هزینه‌ها و تابع انتشار آلودگی در همان ساعاتی که نیاز به تولید زیاد داریم کمک بسیار خوبی می‌شود. همچنین توربین بادی در شرایطی که باد بخوبی شروع به وزیدن کند می‌تواند به مانند نیروگاه خورشیدی کمک خوبی برای پایین آمدن هزینه‌ها و آلاینده‌ها در ساعات پیک بار داشته باشد.

با بررسی دقیق‌تر به وضوح می‌توانیم دریابیم که در هر ساعتی که از وجود نیروگاه خورشیدی و همچنین توربین بادی بهره می‌بردیم، کمترین میزان آلایندگی و هزینه را در طول یک روز داشتیم. همچنین تعداد ساعاتی که می‌توانست واحدها خاموش باشند(چرا که خاموشی یک واحد به معنای هزینه‌ی کمتر و مصرف سوخت کمتر و آلایندگی کمتر است) نیز در شرایطی رخ می‌داد که این دو انرژی پاک را در اختیار داشتیم.

مراجع:

[1] Alireza Rezvani, Majid Gandomkar, Maziar Izadbakhsh, Abdollah Ahmadi, "Environmental /economic scheduling of a micro-grid with renewable energy resources", ELSEVIER. Cleaner Production, vol.87, No.15, pp 216–226, January 2015.

[2] Walied Alharbi, Kaamran Raahemifar, "Probabilistic coordination of microgrid energy resources operationconsidering uncertainties", ELSEVIER. Electric Power Systems Research, Vol.128, No.10, pp 1–10, June 2015.

[3] Binyan Zhao, Yi Shi, Xiaodai Dong, Wenpeng Luan, Jens Bornemann, "Short-Term Operation Scheduling in Renewable-Powered Microgrids", Vol. 5, No. 1,pp.209-217, January 2014

[4] M. Pipattanasomporn, H. Feroze, and S. Rahman, "Securing critical loads in a PV-based microgrid with a

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 23:38 +0330 on Friday November 13th 2026

multi-agent system", ELSEVIER.Energy, Vol. 39, No.1, pp. 166–174, March 2012.
[5] R.A. Gupta, Nand Kishor Gupta, "A robust optimization based approach for microgrid operation in deregulated environment", ELSEVIER.Energy Conversion and Management, Vol.93, No.15, pp 121–131, March 2015.
[6] Emmanouil A. Bakirtzis, Pandelis N. Biskas, Dimitris P. Labridis, Anastasios G. Bakirtzis, "Multiple Time Resolution Unit Commitment for Short-Term Operations Scheduling Under High Renewable Penetration", IEEE Transactions on power systems, Vol.29, No.1, January 2014.
[7] Amjad Anvari Moghaddam, Alireza Seifi, Taher Niknam, Mohammad Reza Alizadeh Pahlavani, "Multi-objective operation management of a renewable MG (micro-grid) with back-up micro-turbine/fuel cell/battery hybrid power source", ELSEVIER.Energy, Vol.36, No.1, pp 6490–6507, November 2011.
[8] C. A. Hernandez, T. C. Green, N. Mugniot, "Fuel consumption minization of a microgrid", IEEE Transactions on Industrial Applications, Vol.41, No.3, pp.673-681, November 2005.
[9] F. Mohamed, "Microgrid modelling and online management", Ph.D. dissertation, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland, 2008.
[10] F. Mohamed, H. Koivo, "Multiobjective optimization using modified game theory for online management of microgrid", IEEE, Vol. 21, No. 1, pp.839–854, Apr 2011.
[11] S. Chen, H. Gooi, and M. Wang, "Sizing of energy storage for microgrids", IEEE Trans. Smart Grid, Vol. 3, No. 1, pp. 142–151, March 2012.
[12]. A.Azmy, I. Erlich, "Online optimal management ofPEMfuel cells using neural networks", IEEE Trans. Power Del, Vol. 20, No. 2, pp. 1051–1058, Apr. 2005.
[13] S. Boyd, L. Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2004.
[14] C. Chen, S. Duan, T. Cai, B. Liu, G. Hu, "Smart energy management system for optimal microgrid economic operation", IET Renew. Power Gen., Vol. 5, No. 3, pp. 258–267, May 2011.

رزومه



حسین فرح بخش متولد سال ۱۳۶۴ در شهرستان بهبهان می باشد. تحصیلات مقطع کاردانی خود را در استان فارس و دانشگاه آزاد اسلامی واحد صفاشهر (سال ۱۳۸۵) رشته الکتروتکنیک و مقطع کارشناسی خود را در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه (سال ۱۳۸۹) رشته مهندسی برق- قدرت و مقطع کارشناسی ارشد را در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول (سال ۱۳۹۴) رشته مهندسی برق- قدرت، گذرانده است.



افشین لشکرآرا در سال (۱۳۵۲) در تهران متولد شد. مدارک کارشناسی،کارشناسی ارشد و دکترای خود را در سالهای (۱۳۷۴)، (۱۳۸۰) و (۱۳۸۹) بترتیب از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دانشگاه مازندران و دانشگاه علم و صنعت ایران در رشته مهندسی برق- قدرت اخذ نموده است. ایشان هم اکنون عضو ارشد انجمن مهندسی برق و الکترونیک امریکا (IEEE Senior Member) و از سال (۱۳۸۰) تاکنون عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشند. زمینه تحقیقاتی ایشان مطالعات استاتیکی و دینامیکی سیستم‌های قدرت، پایداری و کنترل و ادوات FACTS می‌باشد.

زیرنویس ها

[1] Distributed Generation
[2] Unit Commitment
[3] Renewable Energy Sources
[1] Total Cost

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013