کاربرد الگوریتم چرخه آب درتعیین اندازه و مکان بهینه منابع تولید پراکنده

مهرداد مطهری*[1]، افشین لشکرآرا[2]

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، mehrdad.iaud@gmail.com
۲- استادیار، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، Lashkarara@iust.ac.ir

چکیده: مکان‌یابی و تعیین اندازه واحدهای تولید پراکنده که مسیر عبور توان در شبکه‌های شعاعی را تغییر می‌دهند تاثیر قابل توجهی در کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و پایداری ولتاژ دارند. قرار دادن نادرست در برخی شرایط می‌تواند این مزایا را کاهش و حتی کل بهره‌برداری سیستم را به خطر اندازد. در این مقاله یک روش برای شناسایی محل و اندازه بهینه تولیدات پراکنده بر اساس شاخص پایداری ولتاژ و الگوریتم چرخه آب ارائه شده است. شاخص پایداری ولتاژ به عنوان تابع هدف برای تعیین موقعیت بهینه DG استفاده شده است. پس از تعیین شین منتخب برای قرارگیری DG، روش جست و جو اندازه و مکان بهینه DG را برای به حداقل رساندن کل تلفات توان و بهبود پروفیل ولتاژ، با استفاده از الگوریتم چرخه آب تعیین می‌کند. همچنین مصرف توان‌های اکتیو و راکتیو توسط شبکه نیز محاسبه شده و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج با استفاده از نرم افزار MATLAB روی سیستم ۳۳ شینه IEEE، مورد تست قرار گرفته و نتایج حاصل تحلیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پایداری ولتاژ ، تولیدات پراکنده، الگوریتم چرخه آب، سیستم‌های توزیع شعاعی

۱- مقدمه

شبکه‌های درمان نشده بزرگ و ضعیف با تغییرات ولتاژ معینی به ناچار در معرض فروپاشی ولتاژ قرار خواهند گرفت. بنابراین حفظ پایداری ولتاژ یکی از نگرانی‌های عمده در بهره‌برداری سیستم‌های قدرت است. طرح‌های مدیریت شبکه فعال[1] می‌توانند موجب افزایش و به حداکثر رساندن سرمایه شبکه شرکت‌های دولتی تولید برق شوند، که به شبکه‌های توزیع موجود اجازه می‌دهند تا با توجه به زیر ساخت‌های موجود خود و با استفاده از DG، ظرفیت خود را افزایش دهند. از این رو افزایش شبکه که پر هزینه بوده را به تاخیر انداخته یا متوقف می‌کنند [۱]. با استفاده از این منابع، بهره‌بردار سیستم قادر به مانور بیش‌تری در زمینه‌های مد اتصال شبکه در مواقع بحرانی، اقتصادی‌ترین حالت بهره‌برداری، اقتصادی‌ترین اندازه پست‌ها و همچنین جایابی بهینه پست‌ها، چگونگی اتصال مشترکین و مسائل مربوط به پرشدگی خطوط خواهد بود [۲]. به طور کلی تولید برق در محل می‌تواند باعث ۳۰٪ صرفه جویی در هزینه‌های انتقال و توزیع توان شود [۳].

در همین راستا بررسی‌های انجام شده بر روی سایر مقالات در مرجع [۴] یک روش بهینه‌سازی برای شناسایی محل و اندازه مناسب DG در یک سیستم توزیع سنتی به منظور افزایش بار پذیری سیستم،

[1] Active Network Management

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

به حداقل رساندن تلفات توان راکتیو در سیستم توزیع و بهبود پایداری ولتاژ پیشنهاد شده است. نتایج با کمک روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات و منحنی P-V، برای چهار نوع DG و برای تعیین اندازه و محل مناسب DG و به حداقل رساندن تلفات توان راکتیو در سیستم به دست آمده‌اند. در مرجع [۵] به منظور بهبود توانایی بهره‌برداری از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبور عسل[1] (ABC) با استفاده از بهینه‌سازی ازدحام ذرات[2] (PSO) برای ساخت الگوریتم ABC برای حل مسئله بهینه‌سازی استفاده شده است. شاخص عملکرد چند هدفه برای یافتن مکان بهینه و ظرفیت واحدهای DG جهت تولید توان اکتیو استفاده شده است. در مرجع [۶] با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گرده افشانی گل[3] (FPA) و روش شاخص برداری، اندازه و محل بهینه DG ها جهت کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ تعیین شده است. روش شاخص برداری برای پیدا کردن مکان DG به منظور به حداقل رساندن فضای جستجو استفاده شده است؛ همچنین اندازه بهینه DG با استفاده از الگوریتم بدست می‌آید. در مرجع [۷] یک روش ترکیبی برای ارزیابی همزمان محل و اندازه DG ها و بانک‌های خازنی در شبکه‌های توزیع ارائه شده است. این روش با ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک[4] (GA) و رقابت استعماری[5] (ICA)، باعث بهینه‌سازی اندازه و محل DG ها و خازن‌ها شده است. در مرجع [۸] یک بررسی جامع از برنامه‌ریزی یکپارچه تولیدات پراکنده در شبکه انجام شده است. با توجه به آگاهی جهانی برای افزایش نفوذ منابع انرژی تجدید پذیر[6]، بررسی در مرجع [۸] به طور خاص برای DG ها بر اساس RES انجام شده است. در مرجع [۹] یک الگوریتم ترکیبی برای محاسبه محل و ظرفیت DG ها در ریز شبکه ارائه شده است. در این روش محل DG توسط GA جستجو و ظرفیت آن توسط الگوریتم قطره آب هوشمند[7] (IWD) بهینه شده است. در این روش نیز از شاخص VSI ولی با فرمول‌بندی متفاوتی استفاده شده که از لحاظ عملکردی در مقایسه با روش پیشنهادی دارای نواقصی است. در مرجع [۱۰] یک روش برای همگرایی زودرس و سرعت بخشیدن به روند جستجو بر اساس الگوریتم ترکیبی جهش قورباغه ارائه شده است. در مرجع [۱۰] توابع هدف با مجموعه‌های فازی مدل شده‌اند. در مرجع [۱۱] یک روش بر اساس روش تحلیلی برای تعیین اندازه و مکان بهینه DG برای به حداقل رساندن تلفات توان‌های اکتیو و راکتیو در سیستم‌های توزیع ارائه شده است. به عبارت دیگر در این روش جهت تعیین اندازه و مکان DG تنها نیاز به پخش‌بار برای بار پایه[8] (LF) مورد نیاز است. در مرجع [۱۲] جایابی بهینه و اندازه DG با تابع چند هدفه[9] (MOF) بر اساس شاخص‌های مختلف با استفاده از GA و PSO مورد تست قرار گرفته است. چند شاخص ارزیابی عملکرد شامل شاخص تلفات توان‌های اکتیو و راکتیو، شاخص انحراف ولتاژ، شاخص قابلیت اطمینان و شاخص ضریب حساسیت (ضریب توان انتقال) استفاده شده‌اند. در مرجع [۱۳] به طور همزمان پیکره بندی دوباره و مکان‌یابی DG برای یک سیستم توزیع شعاعی ۳۳ شینه و الگوریتم شبیه‌سازی اصلاح شده رشد گیاهان[10] (MPGS) در نظر گرفته شده است. در مرجع [۱۳] با در نظر گرفتن اتصال‌های جدید ساخته شده در شبکه شعاعی، جریان یک سویه تبدیل به دو طرفه شده که موجب افزایش بهره‌وری و گاهی اوقات کاهش پایداری سیستم شده است. در مرجع [۱۳] مزیت اصلی الگوریتم MPGSA جست و جوی مداوم همراه با تغییر تابع هدف به دلیل عدم قطعیت و تغییرات دائمی توان دریافتی از منابع تولید پراکنده عنوان شده است. در مرجع [۱۴] روشی جدید مبتنی بر الگوریتم آموزش و تدریس شبه مخالف[11] (QOTLBO) به منظور پیدا کردن محل بهینه تولید پراکنده، بهینه‌سازی تلفات توان، شاخص پایداری ولتاژ و انحراف ولتاژ شبکه‌های توزیع شعاعی به طور همزمان ارائه شده است. این الگوریتم بهینه‌سازی، بهینه شده الگوریتم اصلی بهینه‌سازی آموزش و تدریس[12] (TLBO) است. مزیت اصلی الگوریتم TLBO عدم استفاده از پارامترهای ابتدایی برای شروع الگوریتم است، یعنی هیچ پارامتری برای کار از الگوریتم مورد نیاز نیست و الگوریتم قادر به پیدا کردن یک راه حل بهینه کلی و یا نزدیک به کلی خواهد بود. علاوه بر این به یک زمان شبیه‌سازی بسیار کوتاه در محدوده چند ثانیه نیاز دارد. در مرجع [۱۵] یک روش تحلیلی جدید برای تعیین مکان و اندازه بهینه تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع شعاعی متعادل برای به حداقل رساندن تلفات توان سیستم ارائه شده است. تابع هدف مسئله قرارگیری DG برای به حداقل رساندن تلفات مؤلفه‌های جریان اکتیو و راکتیو شاخه است. در مرجع [۱۵] مزایای روش پیشنهادی استفاده از الگوریتم خود اصلاح[13] (SCA)، که نیاز به تعداد کمی تکرار (تنها ۳ تکرار هر سیستم) دارد، برای رسیدن به همگرایی عنوان کرده است. یکی دیگر از مزایای مرجع [۱۵] این است که تعداد کل پخش-باراستفاده شده معمولا بدون تغییر در سیستم بزرگ‌تر مانند ۶۹ شینه یا ۱۱۸شینه باقی می‌ماند. روش ارائه شده در مرجع [۱۵] برای سیستم توزیع نامتعادل و تار عنکبوتی قابل اجرا نبوده همچنین در شبکه‌های نامتعادل نیز نمی‌توان از این روش استفاده کرد. در مرجع [۱۶] از الگوریتم بهینه‌سازی جدیدی به نام تقاطع جهش تکامل تفاضلی[14] (IMDE) برای بهینه‌سازی مکان DG ها و خازن‌های شنت

[1] Chaotic Artificial Bee Colony
[2] Particle Swarm Optimization
[3] Flower Pollination Algorithm
[4] Genetic Algorithm
[5] Imperialist Competitive Algorithm
[6] Renewable Energy Sources
[7] Intelligent Water Drops
[8] base case Load Flow
[9] Multi Objective Function
[10] Modified Plant Growth Simulation Algorithm
[11] Quasi Oppositional Teaching Learning Based Optimization
[12] Teaching Learning Based Optimization
[13] Self Correction Algorithm
[14] Intersect Mutation Differential Evolution

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014
[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

و همچنین تعیین اندازه های آن‌ها در شبکه‌های توزیع شعاعی استفاده شده است. تابع هدف مسئله به حداقل رساندن تلفات توان و هزینه تلفات، با توجه به این نکته که ولتاژ شین و جریان خط در محدوده خود باقی بماند، در نظر گرفته شده است.

در این مقاله، هدف پیدا کردن مکان و اندازه بهینه منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع است. این مسئله به صورت یک مسئله غیر خطی گسسته با تکنیک‌های بهینه‌سازی کلاسیک در نظر گرفته شده است. راه‌حل پیشنهادی شامل چندین منبع تولید پراکنده و با هدف به حداقل رساندن تلفات و هزینه‌های تولیدی است. توابع هدف و تلفات شبکه به یک تابع هدف کلی تبدیل شده‌اند که باعث پایداری و افزایش ولتاژ و افزایش سطح اتصال کوتاه شبکه خواهند شد. آسیب‌پذیر ترین شین‌ها با استفاده از شاخص VSI تعیین شده است و به عنوان بهترین کاندیدا برای نصب DG ها استفاده شده است. اندازه مورد نیاز منابع تولید پراکنده نیز با استفاده از الگوریتم چرخه آب به‌گونه‌ای تعیین شده است که هم ولتاژ شبکه افزایش یابد و هم در محدوده قابل قبول شبکه نگه داشته شود. علاوه بر این جریان کشیده شده از منبع به کمترین میزان خود برسد و در شین‌های انتهایی مشکلات مربوط به کمبود جریان راکتیو جبران شود. همچنین مقادیر هزینه‌ای هر DG مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در ادامه کار دو نوع DG و در حالات زیر در نظر گرفته می‌شود:

- بهره برداری DG در ضریب قدرت واحد
- بهره برداری DG در ضریب قدرت بهینه

این نتایج بر روی سیستم ۳۳ شینه IEEE مورد بررسی قرار گرفته است. به طور کلی روش پیشنهادی WCA نتایج مناسبی برای همه سیستم‌های مورد تست، برنامه‌ریزی بهتر برای مکان‌یابی منابع تولید پراکنده[1] و مدیریت بهتر به کارگیری منابع توان اکتیو و راکتیو را ارائه می‌دهد.

مقاله حاضر در پنج بخش تنظیم گردیده است. در ادامه و در بخش دوم تعریف مفاهیم الگوریتم، طریقه فرمول‌بندی و پیاده‌سازی الگوریتم ذکر گردیده است. مدل‌ها، شاخص پایداری ولتاژ، طریقه محاسبه شاخص و انواع توابع هدف و فرمول‌بندی مسئله در بخش سوم به طور کامل شرح داده شده‌اند. در بخش چهارم با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و مطابق الگوریتم پیشنهادی اقدام به شبیه‌سازی مسئله بر روی شبکه استاندارد ۳۳ شینه IEEE گردیده و نتایج حاصله به صورت نمودار و جدول ارائه شده است. نتایج خروجی با توجه به توابع هدف و قیود مسئله استخراج شده و در انتها در بخش پنجم یک نتیجه‌گیری از تحقیق انجام شده است.

۲- روش حل مسئله

در این مقاله با توجه به مرجع [۱۷] از یک روش بهینه‌سازی جدید به نام الگوریتم چرخه آب[2] که محدود به تعدادی قیود بهینه‌سازی و مسائل طراحی مهندسی بوده، استفاده شده است. به طور کلی الگوریتم چرخه آب از نظر به حداقل رساندن فضای جستجو و همچنین استفاده از قیود و روش‌های همگرایی سخت علاوه بر همگرایی سریع از به دام افتادن در یک محل بهینه جلوگیری می‌کند؛ که از نظر ساختاری نسبت به سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی تصادفی که تا کنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، دارای مزیت خواهد بود. جهت انجام کار ابتدا پخش‌بار در محیط متلب انجام خواهد شد. پخش‌بار تنها برای دو بار نیاز به انجام دارد. در اولین مرحله محاسبات برای بار پایه انجام شده و در مرحله دوم با توجه به قید شاخص VSI، حداقل تلفات کل و پروفیل ولتاژ پس از قرارگیری DG پیدا می‌شود.

لازم به ذکر است که در محاسبات، واحدهای DG توانایی تولید توان اکتیو و راکتیو را دارا خواهند بود. به طور کلی الگوریتم پیشنهادی WCA در شکل (۱) به فرم فلوچارت نشان داده شده است.

۳- فرمول‌بندی مسئله

۳-۱- شاخص پایداری ولتاژ[3] (VSI)

پایداری ولتاژ به توانایی یک سیستم قدرت در حفظ کردن قابل قبول ولتاژ شین با توجه به شرایط بهره‌برداری نرمال و پس از به وجود آمدن یک اختلال گفته می‌شود. معمولا مشکلات پایداری ولتاژ بر اساس تخمین حداکثر بار پذیری و محاسبات بحرانی‌ترین بار سیستم قدرت که در نهایت منجر به فروپاشی ولتاژ شده، تحلیل می‌شود [۳].

یک سیستم توزیع شعاعی ساده با یک منبع و دو شین در شکل (۲) نشان داده شده است.

[1] Distributed Generation

[2] Water Cycle Algorithm

[3] Voltage Stability Index

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

با استفاده از مدل ریاضی و روابط مداری شاخص پیشنهادی پایداری ولتاژ با توجه به مرجع [۲] به صورت رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$VSI = \frac{4X}{V_1^2}\left(\frac{P_2^2}{Q_2} + Q_2\right) \le 1 \qquad (۱)$$

با استفاده از معادله (۱) تابع هدف کلی بدست می‌آید.

$$f = \min VSI(i) \qquad (۲)$$

در شرایط کار عادی، مقدار VSI باید کمتر از واحد باشد. هرچه مقدار VSI به صفر نزدیک‌تر باشد، سیستم پایدارتر خواهد بود. اگر مقدار VSI بالا باشد، سیستم آسیب‌پذیر و ناپایدار است. شینی با مقدار بالای VSIدارای حساسیت بیشتری است و برای قرار دادن بهینه DG انتخاب می‌شود.

۳-۲- هزینه تلفات انرژی و هزینه DG

برای محاسبات هزینه تلفات انرژی و هزینه ترکیبی توان راکتیو بر اساس مدل ریاضی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱) هزینه تلفات انرژی (CL): هزینه سالانه افت انرژی داده شده است [۲]:

$$\text{CL=(کل تلفات توان اکتیو)} \times (E_C \times T) \ \$ \qquad (۳)$$

E_C= نرخ انرژی (\$/KW h) و برابر ۰.۰۶ در نظر گرفته می‌شود.

T= مدت زمان (h) و برابر ۸۷۶۰ در نظر گرفته می‌شود.

۲) هزینه ترکیبی DG برای مشخصه هزینه توان اکتیو و راکتیو DG با توجه به معادله (۴) انتخاب می‌شود [۲]:

$$C(P_{DG}) = a \times P_{DG}^2 + b \times P_{DG} + C \quad \$/h \qquad (۴)$$

ضرایب هزینه $a = 0$ ،$b = 20$ ،$c = 0.25$ گرفته می‌شوند.

هزینه توان راکتیو ارائه شده توسط DG بر اساس حداکثر توان مختلط تامینی توسط DG با توجه به مرجع [۲] محاسبه شده است:

$$C(Q_{DG}) = \left[\cos t(S_{g\max}) - \cos t\left(\sqrt{S_{g\max}^2 - Q_g^2}\right)\right] \times K \quad (\$/h)$$

$$S_{g\max} = \frac{P_{g\max}}{\cos\phi}$$

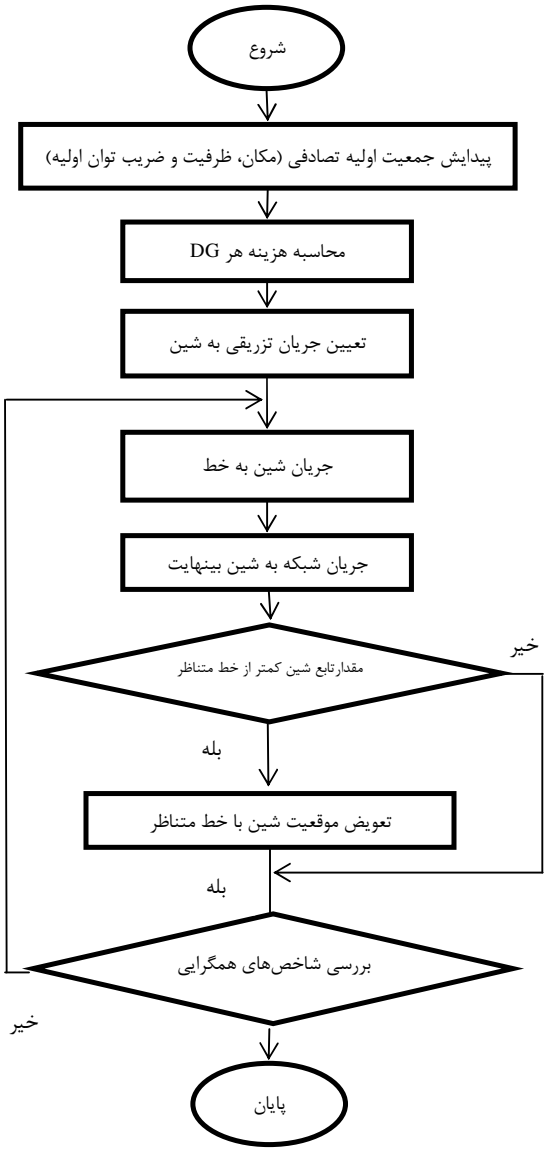
$$P_{\max} = 1.1 \times P_g \qquad (۵)$$

$$S_{g\max} = \frac{P_{g\max}}{\cos\phi}$$

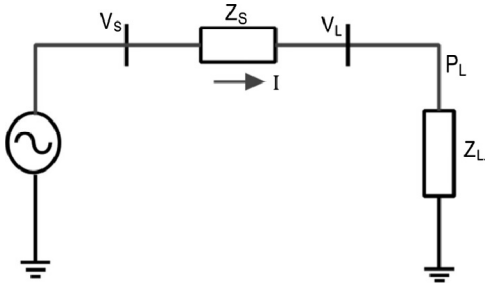
$$P_{\max} = 1.1 \times P_g$$

$$K = 0.1 - 0.05$$

در این مقاله مقدار ضریب K، ۰.۱ گرفته شده است.



شکل (۱): فلوچارت الگوریتم چرخه آب



شکل (۲): سیستم دو شینه [۳]

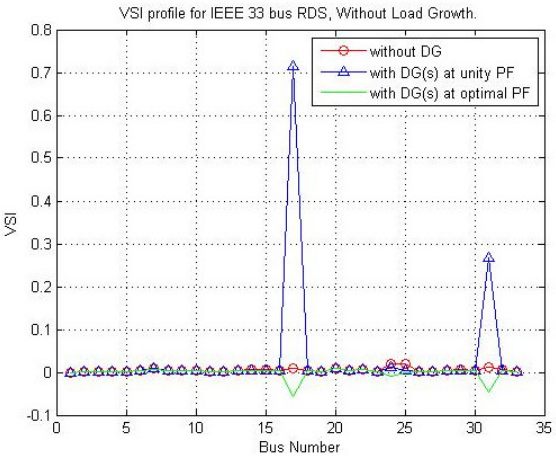
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

۴- نتایج خروجی در شبیه‌سازی

در شکل (۳) پروفیل VSI برای سیستم‌های ۳۳ شینه IEEE نشان داده شده است.



شکل (۳): پروفیل VSI برای RDS ۳۳ شینه IEEE

با توجه به شکل (۳) می‌توان مشاهده کرد که شاخص VSI در شین ۱۷، ۲۴، ۲۵ و ۳۱ ام بیشترین مقدار را دارد. از این‌رو مکان‌های بهینه برای قرارگیری DG در شین‌های ۱۷، ۲۴، ۲۵ و ۳۱ ام برای سیستم ۳۳ شینه IEEE است. پس از شناسایی شین‌های بالقوه برای قرارگیری DG، الگوریتم جستجو برای تعیین اندازه بهینه DG و رسیدن به حداقل هزینه‌های توان‌های اکتیو و راکتیو تولیدی استفاده می‌شود.

۴-۱- بررسی موردی نتایج

بر اساس روش پیشنهادی، VSI برای DG ها جهت بهبود پروفیل ولتاژ و به منظور کاهش کل تلفات توان استفاده می‌شوند. نتایج تست برای سیستم‌های ۳۳ شینه IEEE به ازای پروفیل ولتاژ، الگوهای پخش‌بار توان‌های اکتیو و راکتیو، هزینه تلفات انرژی، هزینه توان‌های اکتیو و راکتیو به دست آمده از DG ها و هزینه سالانه صرفه‌جویی در تلفات انرژی، بدون و با حضور DG ها به دست آمده است.

۴-۲- نتایج برای شبکه ۳۳ شینه IEEE

نتایج برای سیستم توزیع شعاعی ۳۳ شینه IEEE با روش VSI و با توجه به الگوریتم چرخه آب ارائه شده است. برای سیستم ۳۳ شینه بدون نصب DG، تلفات توان‌های اکتیو و راکتیو به ترتیب برابر با ۲۰۲/۶۷۶ KW و ۱۳۵/۱۴۰ KVAr هستند. توان‌های اکتیو و راکتیو از پست به ترتیب برابر ۳۹۱۷/۶۵۹ KW و ۲۴۳۵/۱۲۹ KVAr هستند. با توجه به شکل (۳) بیشترین VSI در شین‌های ۱۷، ۲۴، ۲۵ و ۳۱ بدست آمده است؛ بنابراین شین‌های ۱۷، ۲۴، ۲۵ و ۳۱ به عنوان شین‌های نامزد برای قرارگیری DG انتخاب شده‌اند. قرارگیری DG در شین‌های ۱۷، ۲۴، ۲۵ و ۳۱ و تغییر اندازه آن‌ها در هر مرحله، تغییر در کل تلفات توان اکتیو با توجه به اندازه‌های مختلف آن‌ها بدست می‌آید. تلفات توان اکتیو با توجه به اندازه DG در ضریب توان‌های واحد و پس فاز و برای هر DG در شکل‌های (۵) و (۶) نمایش داده شده‌اند. توان‌های اکتیو و راکتیو در پست با ضریب توان واحد به مقادیر ۱۰۰۸/۰۴۳ KW و ۲۳۵۳/۴۸۵ KVAr و برای ضریب توان بهینه به مقادیر ۹۴۰/۷۰۳ KW و ۵۹۰/۷۹۸ KVAr کاهش پیدا می‌کنند. با نصب DG در ضریب توان بهینه تلفات توان‌های اکتیو و راکتیو به ترتیب ۱۹/۳۸۳ KW و ۱۷/۵۳۳ KVAr است.

پروفیل ولتاژ بدون در نظر گرفتن DG و با توجه به ضریب توان‌های واحد و پس‌فاز بدست آمده و در شکل (۴) نمایش داده شده است. این نتایج نشان می‌دهند که حضور DG باعث افزایش پایداری ولتاژ سیستم شده است.

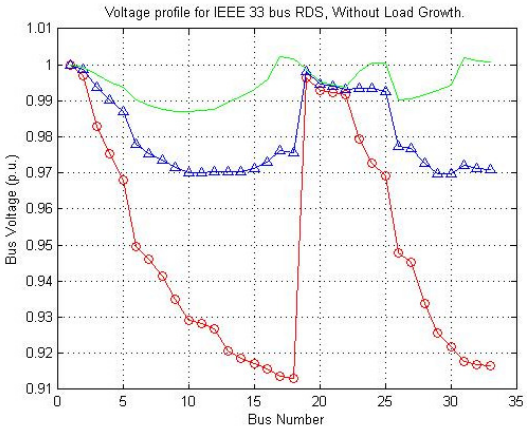
با مشاهده نتایج شبیه‌سازی اندازه DG برای ضریب توان پس‌فاز نسبت به اندازه به دست آمده در ضریب توان واحد بزرگ‌تر است. همچنین مشاهده می‌شود که تلفات در DG با ضریب توان پس‌فاز کمتر از DG با ضریب توان واحد است؛ به این دلیل که توان اکتیو و راکتیو به صورت محلی برای بارها تولید شده و در نتیجه باعث کاهش توان راکتیو دریافتی از سمت پست تحت شرایط بهره‌برداری DG در ضریب توان پس‌فاز می‌شود. حداقل ولتاژ با نصب DG با ضریب توان‌های واحد و پس‌فاز از ۰/۹۱۳ p.u به ترتیب به ۰/۹۷ p.u و ۰/۹۸۷ p.u افزایش می‌یابد.

با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که پروفیل ولتاژ در ضریب توان پس‌فاز نسبت به ضریب توان واحد بهبود می‌یابد، نتایج در شکل (۴) نمایش داده شده‌اند. حداقل ولتاژ به دست آمده با DG در ضریب توان پس‌فاز، در مقایسه با ولتاژ به دست آمده با DG در ضریب توان واحد و همچنین نسبت به حالت بدون DG بیش‌تر است.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

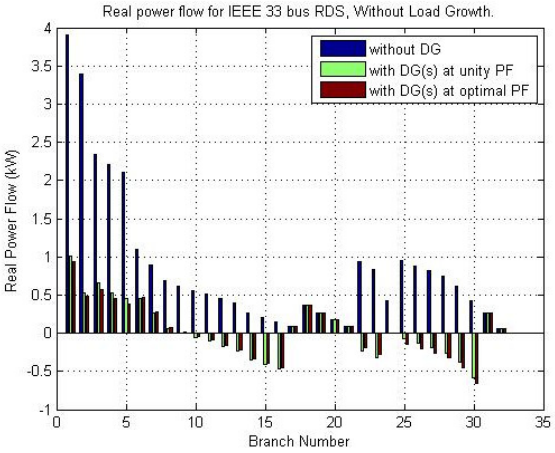
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]



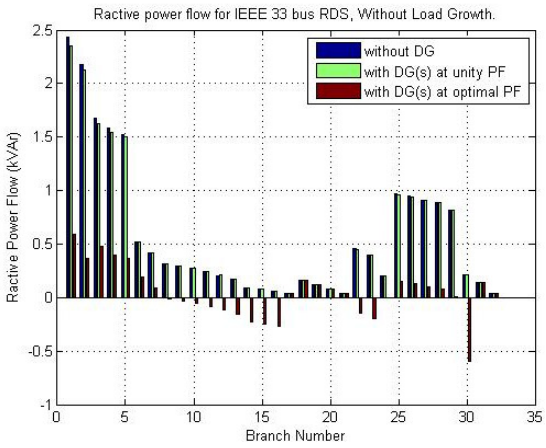
شکل (۴): پروفیل ولتاژ برای RDS ۳۳ شینه IEEE

بهره‌برداری از سیستم توزیع از حالت شبکه‌های پسیو به شبکه‌های اکتیو با یکپارچه‌سازی منابع تولید پراکنده در مکان‌های مختلف سیستم توزیع تغییر کرده است. افزایش تولیدات پراکنده در سطح شبکه توزیع، مشخصه شبکه را با تغییر جهت جریان توان‌های اکتیو و راکتیو از حالت یک‌طرفه به دو طرفه، تغییر خواهد داد.



شکل (۵): توان اکتیو عبوری برای RDS ۳۳ شینه IEEE

همان‌گونه که در شکل‌های (۵) و (۶) می‌توان مشاهده کرد توان دریافتی از منبع در شین‌های ابتدایی بسیار کاهش یافته و بیش از دو برابر کاهش یافته است. همچنین به دلیل تزریق توان در شین‌های انتهایی شاهد برگشت توان به سمت شین‌های میانی خواهیم بود. الگوهای پخش‌بار توان‌های اکتیو و راکتیو در شکل (۵) و (۶) نشان داده شده‌اند.



شکل (۶): توان راکتیو عبوری برای RDS ۳۳ شینه IEEE

به دلیل کاهش کل تلفات توان با توجه به نصب DG، کاهش قابل توجهی در هزینه تلفات انرژی به وجود می‌آید. هزینه تلفات انرژی در ضریب توان‌های واحد و پس‌فاز از $ ۱۰۶۵۲۶/۵۳۷ به ترتیب به $ ۳۹۷۰۲/۷۱۲و $ ۱۰۲۱۷/۵۶۱ کاهش می‌یابد. نتایج صرفه‌جویی سالانه در ضریب توان‌های واحد و پس‌فاز به ترتیب $ ۶۶۸۲۳/۸۲۵ و $ ۹۶۳۰۸/۹۷۶ خواهند شد.

خلاصه‌ای از نتایج به دست آمده بدون و با نصب DG با استفاده از روش VSI در جدول (۱) داده شده است. با مشاهده نتایج به دست آمده تولید توان راکتیو توسط واحدهای DG بهتر از نتایج به دست آمده با DG در ضریب توان واحد خواهد بود.

جدول (۱): نتایج مربوط به RDS ۳۳ شینه IEEE

	بدون DG	با DG در PF=1	با DG در optimal PF
محل DG	-	۱۷	۱۷
		۲۴	۲۴
		۲۵	۲۵
		۳۱	۳۱
اندازه DG (KVA)	-	۶۲۰/۴۱۱	۶۸۸/۳۵۱
		۷۳۹/۵۰۶	۸۰۰/۵۲
		۴۲۰/۲۲۶	۴۶۵/۱۸۶
		۱۰۰۰/۳۵۳	۱۳۴۰
ضریب توانDG	-	۱	۰/۸۸ lag
			۰/۸۶۹ lag
			۰/۹۰۳ lag
			۰/۸ lag
تغییرات ولتاژ شین (P.U)	۰/۹۱۴	۰/۹۷۶	۱
	۰/۹۷۳	۰/۹۹۴	
	۰/۹۶۹	۰/۹۹۳	
	۰/۹۱۸	۰/۹۷۲	
کل تلفات توان اکتیو (KW)	۲۰۲/۶۷۶	۷۵/۵۳۸	۱۹/۳۸۳

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

کل تلفات توان راکتیو (KVAr)	۱۳۵/۱۴	۵۳/۴۹۲	۱۷/۵۳۳
حداقل ولتاژ شین (P.U) @ شین	۰/۹۱۳@۱۸	۰/۹۷@۳۰	۰.۹۸۷@۹
Pi/P(KW)	۳۹۱۷/۶۵۹	۱۰۰۸/۰۴۳	۹۴۰/۷۰۳
هزینه P_{DG} ($/h)	-	۱۲/۶۵۸	۱۲/۳۷۵
		۱۵/۰۴	۱۴/۱۵۹
		۸/۶۶۵	۸/۶۵
		۲۰/۲۹۷	۲۱/۶۹۱
هزینه تلفات انرژی ($)	۱۰۶۵۲۶/۵۳۷	۳۹۷۰۲/۷۱۱	۱۰۲۱۷/۵۶۱
صرفه جویی در هزینه تلفات انرژی ($)	-	۶۶۸۲۳/۸۲۵	۹۶۳۰۸/۹۷۶

با استفاده از جدول (۱) می‌توان مشاهده کرد که افت ولتاژ در حالت ضریب توان بهینه کاملا جبران شده است. همچنین با توجه به جدول (۲) و تابع هدف مسئله می‌توان نتیجه گرفت که روش پیشنهادی با وجود اندازه بزرگ‌تر DG ها و ضریب توان کوچک‌تر نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌ها داشته است. با مشاهده جدول (۲) و مقایسه نتایج آماری روش پیشنهادی WCA در برابر روش‌های متعدد بهینه‌سازی دیگر همانند [۹،۱۱-۱۶،۱۸و۱۹]، جذابیت روش پیشنهادی با توجه به کاهش متغیرها در حل مسئله از طریق الگوریتم کاملا مشهود است. لازم به ذکر است که در مرجع [۱۲] با توجه به استفاده از دو روش متفاوت توسط دو الگوریتم مختلف، نتایج بدست آمده از GA با روش پیشنهادی مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود روش پیشنهادی WCA نتایج بهتری برای همه سیستم‌های مورد تست، برنامه‌ریزی بهتری برای مکان‌یابی منابع تولید پراکنده و مدیریت بهتر به کارگیری منابع توان اکتیو و راکتیو ارائه می‌دهد.

جدول (۲): مقایسه کلی نتایج RDS ۳۳ شینه IEEE

	IWD [۹]	LF [۱۱]	MOF-GA [۱۲]	MPGS [۱۳]	QOTLBO [۱۴]	SCA [۱۵]	IMDE [۱۶]	INSGA [۱۸]	MOPSO [۱۹]	روش پیشنهادی
محل DG	۱۱	۶	۳	۱۷	۱۰	۶	۱۴	۱۷	۹	۱۷
	۱۶	۲۵	۱۳	۱۸	۲۴	۱۴	۳۰	۳۲	۲۳	۲۴
	۳۲	۳۱	۳۰	۳۳	۳۱	۲۴			۳۰	۲۵
										۳۱
اندازه DG (KVA)	۱۲۲/۱۴	۱۸۱۰	۱۴۸۷/۹	۱/۰۵۸	۸۲۴/۶	۲۹۶۸/۳۳	۸۴۰	۵۱۸	۹۱۱	۶۸۸/۳۵۱
	۶۸۳/۳	۸۴۰	۹۴۶/۴	۵/۹۰۰	۱۰۳۱/۱	۱۱۳۳/۴۱	۱۱۳۰	۴۲۲/۴	۶۶۹	۸۰۰/۵۲
	۱۲۱۳/۵	۹۳۰	۴۳۳	۱۰/۸۱۲	۸۸۶/۲	۱۶۸۰/۲۵			۱۴۲۳	۴۶۵/۱۸۶
										۱۳۴۰
ضریب توانDG	-	مطابق ضریب توان بار متصل به همان شین	-	بهینه شده توسط MPGSA	-	-	-	-	۰/۹۸۲	۰/۸۸ lag
									۰/۸۸	۰/۸۶۹ lag
									۰/۸	۰/۹۰۳ lag
										۰/۸ lag
کل تلفات توان اکتیو (KW)	۲۱۰/۹۹۸	۲۶/۰۷	۲۱/۵	۹۵/۴۲	۷۵/۵۴	۱۳۱/۴۱	۸۴/۲۸	۱۰۴/۲	۸۰/۸	۱۹/۳۸۳
کل تلفات توان راکتیو (KVAr)	۱۴۳	۲۲/۴۳	۱۶/۷	-	-	-	-	-	-	۱۷/۵۳۳
حداقل ولتاژ شین (P.U) @ شین	-	-	-	۰/۹۵۸۵	-	-	۰/۹۷۱@۳۳	-	-	۰/۹۸۷@۹

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله به جای استفاده از نرم‌افزارهای مبتنی بر تکرار متداول با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم چرخه آب در محیط نرم‌افزاری MATLAB ، اندازه بهینه DG برای سیستم توزیع شعاعی ۳۳ شینه پیدا شده که محل بهینه آن توسط شاخص جدید پایداری ولتاژ (VSI) ارائه شده است. مفاهیم اساسی و ایده اولیه روش WCA از طبیعت الهام گرفته شده و بر اساس فرایند چرخه آب در جهان واقعی است. نمایش گرافیکی نتایج VSI نشان می‌دهد که حضور DG باعث افزایش پایداری ولتاژ سیستم شده است.

نتایج بدون در نظر گرفتن رشد بار برای تلفات توان اکتیو و راکتیو، پروفیل ولتاژ، الگوهای پخش توان‌های اکتیو و راکتیو، هزینه تلفات انرژی، هزینه ترکیبی برای توان‌های اکتیو و راکتیو بدست آمده از DG و هزینه سالانه صرفه‌جویی تلفات انرژی بدست آمده است.

به عنوان یک نتیجه کلی می‌توان گفت که با وجود DG و در ضریب توان پس‌فاز کاهش چشمگیری در تلفات توان‌های اکتیو و راکتیو و همچنین بهبود پروفیل ولتاژ با توجه به تامین توان راکتیو توسط خود سیستم وجود دارد. بنابراین بهره‌برداری DG در ضریب توان پس‌فاز به خصوص بهره‌برداری DG در ضریب قدرت بهینه و به دنبال آن تامین توان راکتیو سیستم، نتایج بهتری نسبت به DG در ضریب توان واحد می‌دهد. روش پیشنهادی WCA نتایج بهتری برای همه سیستم‌های مورد تست، برنامه‌ریزی بهتر برای مکان‌یابی منابع تولید پراکنده و مدیریت بهتر به کارگیری منابع توان اکتیو و راکتیو را ارائه می‌دهد.

مراجع

[1] Sultan S. Al Kaabi, H. H. Zeineldin, Vinod Khadkikar, “Planning active distribution networks considering multi-DG configurations” , IEEE transactions on power systems, Vol. 29, No. 2, pp. 785 – 93, February 2014.

[2] V.V.S.N. Murty, A. Kumar, “Optimal placement of DG in radial distribution systems based on new voltage stability index under load growth” , electrical power and energy systems, Vol. 69, pp. 246-54, July 2015.

[3] R. Ishak, A. Mohamed, Ahmed N. Abdalla, Mohd Zamri Che Wanik, “Optimal placement and sizing of distributed generators based on a novel MPSI index” , electrical power and energy systems, Vol. 60, pp. 389–98, September 2014.

[4] Nguyen Cong Hien, N. Mithulananthan, R. C. Bansal, “Location and sizing of distributed generation units for loadabilty enhancement in primary feeder” , IEEE systems journal, Vol. 7, No. 4, pp.797 - 806 , December 2013.

[5] N. Mohandas, R. Balamurugan, L. Lakshminarasimman, “Optimal location and sizing of real power DG units to improve the voltage stability in the distribution system using ABC algorithm united with chaos” , electrical power and energy systems, Vol. 66, pp. 41–52, March 2015.

[6] P. Dinakara Prasad Reddy, V.C. Veera Reddy, T. Gowri Manothar, “Application of flower pollination algorithm for optimal placementand sizing of distributed generation in Distribution systems” , Electrical Systems and Information Technology, pp. 2586-2603, 14 April 2016.

[7] M. H. Moradi, A. Zeinalzadeh, Y, Mohammadi, M, Abedini, “An efficient hybrid method for solving the optimal sitting and sizing problem of DG and shunt capacitor banks simultaneously based on imperialist competitive algorithm and genetic algorithm” , Electrical Power and Energy Systems, Vol. 54, pp. 101-111, January 2014.

[8] P. Paliwal, N.P. Patidar, R.K. Nema, “Planning of grid integrated distributed generators: A review of technology, objectives and techniques” , renewable and sustainable energy reviews, Vol. 40, pp. 557–70, December 2014.

[9] M.H. Moradi, M. Abedini, “A novel method for optimal DG units capacity and location in Microgrids” , Electrical Power and Energy Systems, Vol. 75, pp. 236-44, February 2016.

[10] H. Doagou-Mojarrad, G.B. Gharehpetian, H. Rastegar, Javad Olamaei, “Optimal placement and sizing of DG (distributed generation) units in distribution networks by novel hybrid evolutionary algorithm” , Energy, Vol.54, pp. 129-138, 1 June 2013.

[11] S. Gopiya Naik, D. Khatod, M. Pal Sharma, “Analytical approach for optimal siting and sizing of distributed generation in radial distribution networks” , IET Generation, Transmission & Distribution, , Vol. 9, pp. 209-20, December 2015.

[12] A. Kumar Bohre, G. Agnihotri, M. Dubey, “Optimal sizing and sitting of DG with load models using soft computing techniques in practical distribution system” , IET Generation, Transmission & Distribution, , ISSN. 1751-8687, pp. 1-16, March 2016.

[13] R. Rajaram, K. Sathish Kumar, N. Rajasekar, “Power system reconfiguration in a radial distribution network for reducing losses and to improve voltage profile using modified plant growth simulation algorithm with Distributed Generation (DG)” , Energy Reports, Vol. 1, pp. 116-22, November 2015.

[14] Sneha Sultana , Provas Kumar Roy, “Multi-objective quasi-oppositional teaching learning based optimization for optimal location of distributed generator in radial distribution systems” , Vol. 63, pp. 534-45, December 2014.

[15] R. Viral , D.K. Khatod, “An analytical approach for sizing and siting of DGs in balanced radial distribution networks for loss minimization” , Vol. 67, pp. 191-201, May 2015.

[16] A. Khodabakhshian, M. Hadi Andishgar, “Simultaneous placement and sizing of DGs and shunt capacitors in distribution systems by using IMDE algorithm” , Vol. 82, pp. 599-607, November 2016.

[17] H. Eskandar, A. Sadollah, A. Bahreininejad, M. Hamdi, “Water cycle algorithm – A novel metaheuristic optimization method for solving constrained engineering optimization problems” , Computers and Structures, Vol.110-111, pp. 151-66, November 2012.

[18] W. Sheng, Y. Liu, X. Meng, Yunhua Li, Ke-Yan Liu, “Optimal Placement and Sizing of Distributed Generation via an Improved Nondominated Sorting Genetic Algorithm II” , IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, Vol. 30, No.2, pp. 569 – 578, April 2015.

[19] A. Zeinalzadeh, Y. Mohammadi, Mohammad H. Moradi, “Optimal multi objective placement and sizing of multiple DGs and shunt capacitor banks simultaneously

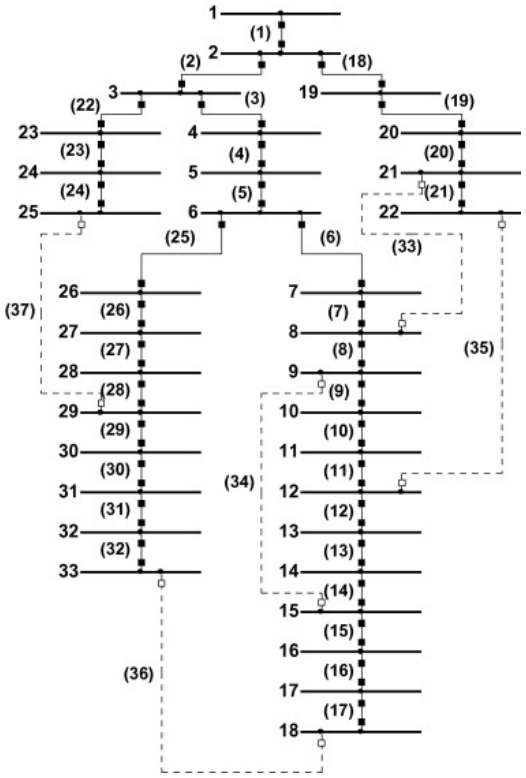
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]

considering load uncertainty via MOPSO approach" , Electrical Power and Energy Systems, Vol. 67, pp. 336-49, May 2015.

ضمایم



شکل (۷): شبکه ۳۳ شینه IEEE

رزومه



افشـــین لشـــکرآرا محمـــره در تهـــران متولـــد شـــده اســـت (۱۳۴۸). تحصـــیلات دانشـــگاهی خـــود را در مقطـــع کارشناســـی مهندســـی بـــرق- قـــدرت از دانشـــگاه آزاد اســـلامی واحـــد دزفـــول (؟)، کارشناســـی‌ارشـــد مهندســـی بـــرق- قـــدرت از دانشـــگاه مازنـــدران (؟) و دکتـــری مهندســـی بـــرق-قـــدرت از دانشـــگاه علـــم و صـــنعت (؟) ســـپری کـــرده اســـت. فعالیـــت‌هـــای پژوهشـــی و علاقـــه‌منـــدی ایشـــان در زمینـــه ادوات FACTS، کیفیـــت تـــوان، و شـــبکه‌هـــای هوشـــمند اســـت و در حـــال حاضـــر اســـتادیار گـــروه بـــرق دانشـــگاه آزاد اســـلامی واحـــد دزفـــول مـــی-باشـــد.و در حـــال حاضـــر اســـتادیار گـــروه بـــرق دانشـــگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشد.

مهـــرداد مطهـــری در دزفـــول متولـــد شـــده اســـت. تحصـــیلات دانشـــگاهی خـــود را در مقطـــع کارشناســـی مهندســـی بـــرق- قـــدرت از دانشگاه دزفول (۱۳۹۱)، کارشناســـی‌ارشـــد مهندســـی بـــرق- قـــدرت از دانشگاه دزفول (۱۳۹۴) سپری کـــرده اســـت. فعالیـــت‌هـــای پژوهشـــی و علاقه‌مندی ایشان شبکه‌های هوشمند است.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 3-No. 1-spring & summer 2014

[DOR: 20.1001.1.23222468.1393.3.1.3.9]