یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بهبود مشخصه های شبکه توزیع در نفوذ بالای منابع انرژی تجدیدپذیر با تخصیص منابع ذخیره کننده

حمیدرضا صمدخواه تمر[۱]، سجاد گلشن نواز[۲]، داریوش نظرپور[۳]

[۱]دانشجو کارشناسی ارشد سیستم های قدرت ، دانشگاه ارومیه st_h.samadkhah@urmia.ac.ir

[۲] دانشیار گروه مهندسی برق قدرت، دانشگاه ارومیه S.golshannavaz@urmia.ac.ir

[۳] استاد گروه مهندسی برق قدرت، دانشگاه ارومیه D.nazarpour@urmia.ac.ir

چکیده

امروزه نقش منابع انرژی نو در شبکه های قدرت قابل انکار نمیباشد. مزایای حاصل از حضور این منابع را میتوان از دیدفنی به تاثیر آنها در کاهش تلفات شبکه ، بار پیک ، از دید اقتصادی به کاهش هزینه های اقتصادی برای احداث شبکه ها ، از دید زیست محیطی به تاثیر این منابع در کاهش میزان آلایندگی اشاره کرد. اما حضور حداکثری این منابع در ساختار شبکه های قدرت بدون چالش نبوده و مشخص ترین چالش این منابع افزایش متغیرپذیری در بار خالص شبکه است که منجر به بهم خوردن انعطاف پذیری شبکه توزیع میشود. در این مقاله هدف بهبود مشخصه های اصلی شیکه توزیع مانند کاهش هزینه های سالیانه ، کاهش تلفات می باشد و همچنین کاهش تخلیه منابع تجدید پذیر از طریق نصب منابع ذخیره کننده به کمک الگوریتم ژنتیک میباشد.

واژه‌های کلیدی

منابع انرژی تجدید پذیر، شبکه توزیع، انعطاف پذیری، عدم قطعیت،منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری

۱. مقدمه

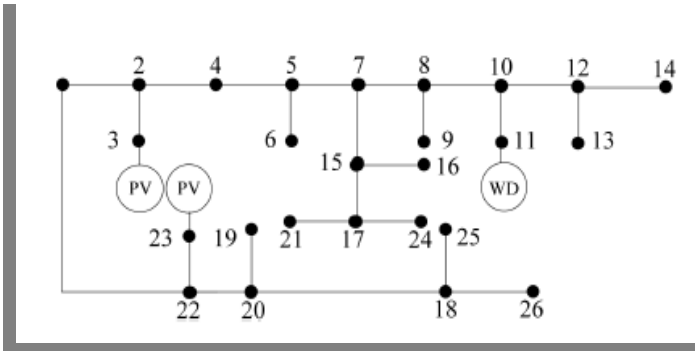
امروزه با توجه به وضعیت ناگوار آلاینده های زیست محیطی و بالا بودن قیمن و محدودیت سوخت های فسیلی و همچنین افزایش روز افزون میزان تقاضای مصرف برق ، تمامی نگاه ها برای تولید برق به سمت استفاده از منابع تجدیدپذیر تغییر یافته است بطوری که در سراسرجهان ، اکثر سرمایه گذاری ها در حوزه تولید برق معطوف به نیروگاه های تجدیدپذیر شده است. نیروگاه های تجدید پذیر مزایای بسیاری دارند که از جمله آن می توان به رایگان بودن سوخت مصرفی برای تولید توان و همچنین پاک بودن آنها اشاره کرد. ۰ بنابراین با توجه به نقش موثر منابع تجدید پذیردر افزایش کارایی صنعت برق و موضوع کربن زدایی،گسترش این منابع که اساساوابسته به وضعیت آب و هوایی هستند، همانند سلول های خورشیدی و توربین های بادی در حال افزایش است.این امر باعث ایجاد تغییرات گسترده ای درساختار مدیریت و بهره برداری شبکه های قدرت شده است یکی از بخش های شبکه قدرت که شدیدا تحت تاثیر حضور منابع انرژی های تجدیدپذیر است شبکه های توزیع می باشد درکنار مزایایی که واحد های تجدیدپذیر دارند، دارای معایبی از جمله هزینه سرمایه گذاری بالا می باشند.همچنین حضور حداکثری این منابع در ساختار شبکه های قدرت باعث افزایش متغیرپذیری در بارخالص شبکه(تقاضا منهای تولید) و در نهایت افزایش تقاضا برای انعطاف پذیری می شود که در طول زمان تامین این حجم از انعطاف پذیری از طریق منابع قدیمی امکان پذیر نمی باشد. انعطاف پذیری یک شبکه توزیع را می توان به عنوان توانایی شبکه توزیع برای کنترل پارامترهای عملیاتی کلیدی شبکه، به سرعت در یک بازه زمانی مشخص تعریف کرد[1،2]۰انعطاف پذیری در[3] به عنوان توانایی سیستم در بکارگیری منابع خود جهت پاسخگویی به تغییرات خالص تقاضا تعریف شده است. در نتیجه باحضور زیاد منابع تجدید پذیر در ساختار شبکه قدرت ، برنامه ریزی جدیدی لازم است که در شبکه اتخاذ گرددتا اینکه امنیت شبکه از نظر برقراری تعادل بین تولید و مصرف فراهم شود. تقاضا برای انعطاف پذیری شبکه به مقدار تغییر در بار خالص شبکه (تفاوت بار و تولید) اشاره دارد. برای بهبود ظرفیت مصرف انرژی تجدیدپذیر شبکه توزیع و حفظ کیفیت ولتاژ کاربران و امنیت و ثبات سیستم لازم است بطور کمی نیاز به انعطاف پذیری را اندازه گیری کرد و متعاقبا منابع تنظیم انعطاف پذیری را بر اساس نیاز برنامه ریزی کنیم. یکی از راه ها برای حل عدم انعطاف پذیری ناشی از حضور منابع تجدیدپذیر و حفظ تعادل تولید و مصرف استفاده از منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری درشبکه توزیع میباشد. در این مقاله با نصب ذخیره کننده هایی که توسط الگوریتم ژنتیک در شبکه توزیع جایابی می شوند به بررسی تلفات و هزینه های بهره برداری پرداخته می شود. همچنین تاثیر این منابع در تخیله نامناسب انرژی های تجدیدپذیر بررسی می شود که بتوان حداکثر استفاده را از منابع تجدیدپذیرکرد.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات قبلی[6-9] مدل های برنامه ریزی شبکع توزیع که شامل انرژی تجدیدپذیر می شوند را در نظرگرفته اند اما تخصیص بهینه منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری را نادیده گرفته اند. در مقاله[10] یک سیستم جامع به منظور مدیریت و پیشنهاد برای خدمات انعطاف پذیری توسط یک نهاد مستقل که متشکل از بارهای صنعتی و تجاری همراه با منابع ذخیره ساز انرژی می باشد ارایه شده است که هدف آن صرفا به حداکثر رساندن سود حاصل می باشد و متغیر های تصمیم گیری تعداد دفعات شروع انعطاف پذیری و مدت زمان آن است.

۳.مدلسازی سیستم

دراین مقاله از شبکه ۳۹ باسه استاندارد به عنوان شبکه تست استفاده شد که قسمتی از شماتیک آن درشکل (۱) نشان داده شده است.این شبکه شامل دو نیروگاه خورشیدی ۱۰و۵ مگاواتی بترتیب در شین های ۳و۲۳ و یک نیروگاه بادی ۵ مگاواتی در شین ۱۱می باشد.که شامل ۸۰ درصد نفوذ انرژی تجدیدپذیر می باشد.



شکل(۱) قسمتی از شبکه توزیع مورد مطالعه

۱.۳.مدلسازی سیستم ذخیره کننده

سیستم های ذخیره کننده با تغییر زمانی عرضه و تقاضا انعطاف پذیری را فراهم میکنند به این صورت که با مثبت بودن تغییرات بارخالص شبکه از توان ذخیره شده آنها استفاده میکند و برعکس اگه تغییرات بار خالص منفی باشد ، سیستم ذخیره کننده قسمتی از توان اضافی تولید شده در شبکه را ذخیره می کندکه بترتیب عرضه انعطاف پذیری رو به بالاو رو به پایین نامیده می شوند.

$$FS^{up}_{iE,t} = \min [P_{imax,dis} , E_{iw}\eta_{idis}(SOC_{i,t} - SOC_{imin})/\Delta T] \qquad (1)$$

$$FS^{down}_{iE,t} = \min [P_{imax,ch} , E_{iw}(SOC_{imax} - SOC_{i,t})/\eta_{i,ch}\Delta T] \qquad (2)$$

که در این دو رابطه $FS^{up}_{iE,t}$ و $FS^{down}_{iE,t}$ بترتیب عرضه انعطاف پذیری روبه بالا و پایین ذخیره کننده i در زمان t ، η_{idis} و $\eta_{i,ch}$ بترتیب بازه دشارژ و شارژ ذخیره کننده i در زمان t ، $SOC_{i,t}$ وضعیت شارژ ذخیره کننده i در زمان t، SOC_{imin} و SOC_{imax} بترتیب مقدار حد پایین و بالای ذخیره کننده ، $P_{imax,ch}$ و $P_{imax,dis}$ بترتیب حداکثر توان شارژ مجاز و حداکثر توان دشارژ مجاز ذخیره کننده ، E_{iw} نرخ ظرفیت ذخیره کننده i .

۴.فرمول بندی مسئله

$$\text{Min } f_1 = C_{loss} + C_{AE} - C_E \qquad (3)$$

$$C_{loss} = \Sigma_{s=1}^{Ns} t_s \Sigma_{t=1}^{T} C_{pu,t} P_{loss,t}^{s} \Delta T \qquad (4)$$

که درآن ts تعداد کل روزها در سناریو s، Ns تعداد کل حالات که از الگوریتم ژنتیک بدست می آید.

$$C_{AE} = \sum_{s=1}^{Ns} t_s \sum_{t=1}^{T} C_{ae} \left(\sum_{i=1}^{Np} (P^{*s}_{iwd,t} - P^{s}_{iwd,t})\Delta T + \sum_{i=1}^{Nv} (P^{*s}_{ipv,t} - P^{s}_{ipv,t})\Delta T\right) \quad (5)$$

که در آن $P^{*s}_{iwd,t}$ توان پیش بینی شده توربین بادی i در زمان t در حالت s، $P^{*s}_{ipv,t}$ توان پیش بینی شده PV درزمان t در فصل s، C_{ae} هزینه جریمه هرواحد توان تخلیه منابع بادی و خورشیدی می باشد.

$$C_E = \sum_{s=1}^{Ns} t_s \sum_{t=1}^{T} \sum_{i=1}^{Nw} (m_{dis}\, P_{idis,t}^{s}\, \Delta T - m_{ch}\, P_{ich,t}^{s}\, \Delta T) \quad (6)$$

که $P_{idis,t}^{s}$ توان دشارژ ذخیره کننده i در زمان ه کننده i در زمان t در حالت s، $P_{ich,t}^{s}$ توان شارژ ذخیره کننده i در زمان t در حالت s، m_{dis} دشارژ و m_{ch} قیمت شارژ هستند که بر حسب هزینه خرید و فروش برق در آن زمان تعیین می شود.

۲.۴.تابع تلفات سالیانه

$$\text{Min } f2 = \sum_{s=1}^{Ns} t_s \sum_{t=1}^{T} P^{s}_{loss,t}\, \Delta T \quad (7)$$

۳.۴.تابع تخلیه منابع بادی و خورشیدی

$$\text{Min } f3 = \sum_{t=1}^{T} \left(\sum_{i=1}^{Np} (P^{*s}_{iwd,t} - P^{s}_{iwd,t})\Delta T + \sum_{i=1}^{Nv} (P^{*s}_{ipv,t} - P^{s}_{ipv,t})\Delta T\right) \quad (8)$$

۴.۴.قیود مسأله

روابط (9) و (10) قیود فنی و مساوی می باشندکه $P_{i,t}^{s}$ و $Q_{i,t}^{s}$ بترتیب توان اکتیو و راکتیو وارد شده به باس i در زمان t در حالت s می باشند. $V_{i,t}^{s}$ و $V_{j,t}^{s}$ بترتیب ولتاژ باس های i و j در زمان t در حالت s . G_{ij} , B_{ij} ,$\theta_{ij,t}^{s}$ بترتیب اختلاف زاویه بین باس های سوسپتانس و رسانایی باسهای i و j میباشند. روابط(11) و (12) قیود ولتاژ باسها را مشخص می کنند که V_{min} و V_{max} بترتیب حد بالامجاز و پایین مجاز باس ها می باشند.روابط (13) بیانگر محدودیت های شارژ و دشارژ ذخیره کننده ها می باشند که $P_{i\ max,ch}$ و $P_{i\ max,dis}$ بترتیب حداکثر توان مجاز شارژ و دشارژ ذخیره کننده ها هستند. $SOC_{i,t}^{s}$ میزان شارژ ذخیره کننده i در زمان t در حالت s ، $SOC_{i\ min}$ و $SOC_{i\ max}$ بترتیب حد پایین و بالا میزان شارژ ذخیره کننده i می باشند.روابط(14) محدودیت توان خروجی منابع بادی و خورشیدی را نشان می دهند.

$$P_{i,t}^{s} = V_{i,t}^{s} \sum_{j=1}^{Nl} V^{s}_{j,t} \left(G_{i,j} \cos\theta_{ij,t}^{s} + B_{ij} \sin\theta_{ij,t}^{s}\right) \quad (9)$$

$$Q_{i,t}^{s} = V_{i,t}^{s} \sum_{j=1}^{Nl} V^{s}_{j,t} \left(G_{ij} \cos\theta_{ij,t}^{s} - B_{ij} \sin\theta_{ij,t}^{s}\right) \quad (10)$$

$$V_{min} < V_{i,t}^{s} < V_{max} \quad (11)$$

$$V_{min} < V_{j,t}^{s} < V_{max} \quad (12)$$

$$\begin{cases} P_{ich,t}^{s} \le P_{imax,ch} \\ P_{idis,t}^{s} \le P_{imax,dis} \\ SOC_{i\,min} \ll SOC_{i,t}^{s} \ll SOC_{i\,max} \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} P_{iwd,t}^{s} \ll P_{iwd,t}^{*s} \\ P_{ipv,t}^{s} \ll P_{ipv,t}^{*s} \end{cases} \quad (14)$$

۵.۴.الگوریتم ژنتیک

روش ها و الگوریتم های متعددی برای بهینه سازی مکان و اندازه منابعی که وارد شبکه میشوند ، وجود دارد از جمله این روش ها میتوان به الگوریتم رقابت امپریالیستی اصلاح شده ، روش های تحلیلی ، الگوریتم جستجو ممنوعه و ... اشاره کرد.در این مقاله بدلیل وجود شرایط عدم قطعیت ازالگوریتم ژنتیک برای جایابی منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری استفاده شده است ، بدلیل وجود شرایط عدم قطعیت ، تحلیل سناریو به عنوان روشی برای بررسی بهینه سازی استفاده می شود. با مدلسازی سناریوهای ممکن عوامل عدم قطعیت در مدل به چندین مسأله با سناریو قطعی تبدیل می شوند.

۵.نتایج و بحثها

در این مقاله با استفاده از الگوریتم ژنتیک دو سناریو برای بهینه سازی شبکه توزیع مدل می شود. سناریو اول بهره برداری از شبکه توزیع با نفوذ منابع تجدیدپذیر بدون تخصیص منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری و سناریو دوم بهره برداری با تخصیص منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری می باشد.با کمک الگوریتم ژنتیک مکان بهینه برای ذخیره کننده ها باس های۳،۱۱،۲۳ و ظرفیت بهینه آنها بترتیب ۱۱۱۶، ۱۶۲۰، ۱۵۶۲ کیلووات ساعت می باشد. نتایج بهینه سازی شبکه در دو سناریو در جدول (۱) آورده شده است و مزایای حاصل از تخصیص منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری در بهره برداری از شبکه توزیع با نفوذ منابع تجدیدپذیر بررسی می شود.

جدول(۱)

هزینه های عملیاتی سالیانه($)	درصد کاهش تلفات شبکه	تلفات سالیانه شبکه(MWh)	درصد کاهش تخلیه منابع بادی و خورشیدی	تخلیه منابع بادی و خورشیدی(MWh)	درصد مصرف انرژی تجدیدپذیر	مصرف انرژی تجدیدپذیر(MWh)	سناریو
۶۸۷۶۸/۳	–	۳۵۱۲/۴۷	–	۲۱۳۸۵	۶۰/۰۹	۳۲۱۹۷/۵۰۵	سناریو(۱)
۶۶۱۳۴	۱۳/۳۵	۳۰۴۳/۶۹	۳۷/۴۱	۱۳۳۸۵/۳۴	۷۵/۰۲	۴۰۱۹۷/۱۷	سناریو(۲)

همانطور که در جدول(۱) مشاهده میکنیم نرخ مصرف انرژی های تجدیدپذیر در سناریو (۲) نسبت به سناریو(۱) ، ۱۴/۹۳ درصد افزایش یافته است و مقدار تخلیه نادرست منابع بادی و خورشیدی و تلفات سالیانه و هزینه عملیاتی سالیانه بترتیب ۳۷/۴۱ و ۱۳/۳۵ و۳/۸ درصد کاهش می یابند.

۶.نتیجه گیری

هدف این مقاله ارایه روشی برای افزایش انعطاف پذیری شبکه توزیع و در نتیجه بهبود مشخصه های شبکه قدرت بوده است و به همین منظور از دو سناریو استفاده شده است.با مقایسه دو سناریو درمی یابیم که تخصیص منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری مانند ذخیره کننده ها، میکروتوربین ها، بارهای قابل تغییر و ...باعث تعادل تولید و عرضه و در نتیجه افزایش انعطاف پذیری ، افزایش مصرف انرژی های تجدیدپذیر و کاهش تلفات و هزینه سالیانه می شود.بنابراین تخصیص منابع تنظیم کننده انعطاف پذیری باعث افزایش انعطاف پذیری شبکه توزیع در نفوذ منابع تجدیدپذیر و بهبود مشخصه های شبکه توزیع می شود.

۷. منابع

[1] G. Martin, "Renewable energy gets the" green" light in Chicago," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 99, no. 6, pp. 34-39, 2003.
[2] M. Eshani, Y. Gao, S. E. Gay, and A. Emadi, "Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles," Fundamentals, Theory, and Design. Boca Raton, FL: CRC, 2005.
[3] S. Rahman and B. Kroposki, "Photovoltaics and demand side management performance analysis at a university building," IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 8, no. 3, pp. 491-498, 1993.
[4] Ellabban, ۰., Abu-Rub, H. and Blaabjerg, F., Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 39, pp. 764-748, 2014.
[5] Ghaemi, S. and Zare, K., A New Method of Distribution Marginal Price Calculation in Distribution Networks by Considering the Effect of Distributed Generations Location on Network Loss. Journal of Operation and Automation in Power Engineering, vol. 5, pp. 171 - 180 , 2017 .
[6] Lund, H., Renewable energy strategies for sustainable development. Energy, vol. 32, pp. 912 - 919 , 2007.
[7] Zafar, R., Mahmood, A., Razzaq, S., Ali, W., Naeem, U. and Shehzad, K., Prosumer based energy management and sharing in smart grid. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 82,pp.1675-1684’2,2017.
[8] Chandler: ‘Harnessing variable renewables: a guide to the balancing challenge’, 2011
[9] North American Electric Reliability Corporation: ‘Special report: accommodating high levels o1 variable generation’ (North American Electric Reliability Corporation, American, 2009)
[10] E.Lannoye, D. Flynn, and M. O’Malley, “Evaluation of power system flexibility,” IEEE Trans.Power Syst., vol.27, no. 2, pp. 922-931, May 2012.