

جایابی بهینه منابع تولید پراکنده با هدف بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات شبکه برق کشور با استفاده از روش PSO و TLBO

علی مروجی ، جواد ربوندی

1- کارشناس تحقیق و توسعه شرکت نیان الکترونیک مشهد، شهرک صنعتی طوس،

2- کارشناس تحقیق و توسعه شرکت نیان الکترونیک مشهد، شهرک صنعتی طوس

خلاصه

منابع تولید پراکنده* یا DG¹ به منابعی اطلاق می شود که توان تولیدی آنها نسبت به نیروگاه های متمرکز کمتر بوده و در پایین ترین سطح شبکه و نزدیک به مصرف کنندگان نهایی نصب می شوند. نوع سوخت مصرفی، میزان توان تولیدی و محل نصب این نوع منابع مزایای زیادی را به همراه دارد که از جمله آن ها می توان به کاهش تلفات شبکه، بهبود پروفیل ولتاژ، آلودگی کم زیست محیطی، هزینه سرمایه گذاری کم و به تعویق انداختن هزینه های زیاد احداث نیروگاه های بزرگ و خطوط انتقال و همچنین افزایش قابلیت اطمینان سیستم اشاره کرد. نصب واحدهای تولید پراکنده در مکان های غیر بهینه می تواند نتایجی همچون افزایش تلفات را داشته باشد، که باعث افزایش قیمت و پروفیل (مشخصات) ولتاژ غیر بهینه در سیستم می گردد و تاثیر غیر مطلوب دارد. با توجه به اینکه این نوع منابع در نزدیک ترین سطح به مصرف کنندگان قرار دارند، انتخاب اشتباه محل نصب آن ها ممکن است باعث افزایش تلفات و همچنین افزایش ولتاژ از مقدار استاندارد شود. لذا انتخاب محل قرار گرفتن این منابع و همچنین تعیین میزان توان تولیدی آن ها برای بهینه کردن فواید استفاده از این نوع منابع جزء موارد مهمی است که امروزه از نقطه نظرهای متفاوت مورد بحث قرار گرفته است. عدم جایابی مناسب نیروگاه های تولید پراکنده در شبکه باعث افزایش تلفات و بالا رفتن هزینه های تولید و انتقال انرژی می شود. بنابراین لازم است با روش های بهینه سازی، جایابی این نیروگاه ها در شبکه انجام گیرد بدین ترتیب که تعداد نیروگاه های تولید پراکنده، محل نصب و ظرفیت آن ها چنان تعیین شود که بیشترین کاهش تلفات شبکه با در نظر گرفتن قیود مسأله به وجود آید.

کلمات کلیدی: تلفات شبکه، بهبود پروفیل ولتاژ، جایابی بهینه، منابع تولید پراکنده، روش TLBO²، روش PSO³.

1 - Distributed Generation (DG)

2- Teaching-Learning-Based Optimization (TLBO)

3 - Particle Swarm Optimization (PSO)

1. مقدمه

برای انتخاب بهینه محل و اندازه تولید DG باید با انتخاب درست یک تابع هدف مسئله بهینه سازی را حل نمود. انتخاب بهینه محل و اندازه توان تولیدی DG با توابع هدف متفاوتی انجام گرفته است. یکی از مهمترین توابع هدفی که برای پیدا کردن بهینه محل و اندازه DG استفاده می شود تلفات شبکه است. قرارگیری منابع تولید پراکنده در پایین ترین سطح و نزدیک به مصرف کننده نهایی نیاز به عبور توان از خطوط طولانی را کاهش داده که خود باعث کاهش در جریان عبوری از خطوط می شود. لذا تلفات کاهش می یابد. در این مقاله مکان یابی و تعیین سایز DG بر اساس تابع هدف مذکور (کاهش تلفات) در شبکه 69 باسه انجام می گیرد و مدل بار بصورت یک بار سه سطحی در نظر گرفته می شود. [1]

- سطح 1 : سطح کم باری
- سطح 2 : سطح بار متوسط
- سطح 3 : سطح پر باری

افق مورد بررسی برای بهره برداری از سیستم یک افق 5 ساله است که نرخ رشد بار و نرخ بهره و تورم نیز در محاسبات اقتصادی وارد می شود. [2] مکان یابی و تعیین سایز DG بر اساس عمل کرد چند ساله تعیین می شود. در ادامه پس از بیان مسئله روش TLBO و PSO توضیح داده شده و در نهایت نتایج شبیه سازی ها را خواهیم داشت و پس از آن به مقایسه نتایج حاصله از این دو روش و تعیین روش بهتر می پردازیم.

هدف بخش دوم مقاله پیدا کردن مکان مناسب در شبکه 33 باسه استاندارد برای تولیدات پراکنده به منظور تقویت پروفیل (مشخصات) ولتاژ کل سیستم می باشد . این روش شامل دو بخش است و بر اساس پخش بار می باشد. در قدم اول، باس های حساس به ولتاژ (باس هایی که دارای اندازه ولتاژ کمی می باشند) در نظر گرفته می شوند و رتبه بندی می گردند.

هدف از این بخش این است که ما می خواهیم تولید پراکنده را به عنوان یک وسیله الکترونیک قدرت (FACT) برای کنترل ولتاژ قرار دهیم و در قدم دوم تولید پراکنده در همه باس ها قرار می گیرد و پروفیل (مشخصات) ولتاژ کل سیستم در نصب و راه اندازی ها در نظر گرفته می شود و پروفیل (مشخصات) ولتاژ در همه بخش ها به ترتیب از بهترین بخش تا بدترین آن ها رتبه بندی می گردد .

در پایان برای دست یابی به کنترل ولتاژ در باس و مناسب بودن پروفیل (مشخصات) ولتاژ سیستم دو فهرست برای انتخاب بهترین مکان برای نصب و تخصیص تولید پراکنده وجود دارد .

2. کاهش تلفات

استفاده از DG در پست های توزیع باعث کمتر شدن میزان جریان جاری در خطوط از تولید کننده های بزرگ به سوی ترانس های توزیع می گردد. تلفات در خطوط و سایر المان های شبکه متناسب با مجذور جریان است و در نتیجه جبران بار توسط منبع تولید پراکنده، تلفات را کاهش خواهد داد. این تاثیر خصوصا در مواقع پیک بار مشهود است. مسلما این کاهش تلفات مزایای دیگری را نیز به همراه خواهد داشت که در خدمات فرعی و هزینه های شبکه موثر خواهد بود .

اصلی ترین مزیت DG کاهش تلفات شبکه است که به واسطه حضور در محل مصرف و عدم انتقال توان از فواصل دورتر از مصرف کننده حاصل می شود. رابطه کاهش تلفات را می توان بصورت زیر نمایش داد [3]:

$$B_{Loss} = (Loss_{NDG} - Loss_{DG}) \times \rho \quad (1)$$

که در آن $Loss_{NDG}$ و $Loss_{DG}$ به ترتیب تلفات در حالت بدون DG و تلفات با حضور DG می باشد. باید دقت شود که این مزیت برای هر سال باید محاسبه گردد و نرخ بهره و نرخ تورم در قیمت برق با توجه به رابطه باید لحاظ گردد.

3. روش بهینه سازی TLBO

الگوریتم TLBO یک روش بهینه سازی هوشمند است که بر اساس تاثیرگذاری معلم بر دانش آموزان برای افزایش سطح علمی کلاس توسط آقای رآو [4و5] معرفی شد. اساس این روش بر این اصل استوار است که معلم سعی میکند سطح کلاس را به خود نزدیک نموده و دانش آموزان علاوه بر بهره گیری از دانش معلم و با رابطه با دیگر همکلاسی ها از دانش آنها برای افزایش سطح خود استفاده کنند. از آنجا که معلم نمی تواند سطح تک تک دانش آموزان را به خود برساند لذا سعی در این دارد که سطح متوسط کل کلاس بالا رود و سطح کلاس را بر اساس امتحانات و نمرات دانش آموزان ارزیابی می کند. بیان ریاضی این روش به این صورت است که در ابتدا جمعیتی از متغیرهای مسئله (دانش آموزان و معلم) بصورت تصادفی تعریف می شود. تمام این جمعیت با استفاده از تابع هدف با هم مقایسه می شوند و مجموعه متغیرها با بهترین پاسخ به عنوان معلم در نظر گرفته می شود. این روش به دو فاز تقسیم بندی می شود، فاز معلم و فاز دانش آموز.

3-1. فاز معلم

در این فاز معلم سعی می کند که میانگین کلاس را به خود برساند ولی از آنجا که این امر بسیار مشکل است سعی در افزایش میانگین کلاس از مقدار M_i به M_{new} دارد. هر مجموعه از متغیرهای مسئله بر اساس اختلاف این دو مقدار بروز می شوند. اختلاف این دو مقدار را می توان بصورت زیر در پارامتر $Diff_Mean$ ذخیره نمود:

$$Diff_Mean_i = r_i (M_{new} - T_f M_i) \quad (2)$$

که در آن T_f پارامتر معلم است که بصورت رندم از بین 1 و 2 انتخاب می شود. r_i نیز یک عدد تصادفی بین 0 و 1 است. با استفاده از رابطه (3) هر مجموعه از متغیرها بروز می شوند.

$$X_{new,i} = X_{old,i} + Diff_Mean_i \quad (3)$$

3-2. فاز دانش آموز

دانش آموزان علاوه بر استفاده از دانش معلم از دانش یک دیگر نیز بهره می برند. بیان ریاضی این فاز به این صورت است که در این فاز و در هر تکرار هر مجموعه متغیر (دانش آموز) به صورت رندم یکی از دانش آموزان دیگر را انتخاب می کند. به عنوان مثال دانش آموز i دانش آموز j را انتخاب می کند و این i حتماً مخالف j است. اگر دانش آموز j دارای دانش بیشتری نسبت به دانش آموز i باشد در اینصورت دانش آموز i وضعیت خود را بر اساس رابطه (4) بروز می کند.

$$X_{new,i} = X_{old,i} + r_i (X_j - X_i) \quad (4)$$

در غیر این صورت وضعیت دانش آموز بصورت زیر تغییر می کند.

$$X_{new,i} = X_{old,i} + r_i (X_j - X_i) \quad (5)$$

پس از اینکه تمام دانش آموزان وضعیت خود را تغییر دادند، با استفاده از تابع هدف سطح آن ها ارزیابی می شود. در این شرایط بهترین دانش آموز با معلم مرحله قبل مقایسه می شود و چنان چه دارای نتیجه بهتری باشد با معلم تکرار قبل جایگزین می شود. این روند تا احراز شرایط هم گرایی ادامه می یابد.

4. روش بهینه سازی PSO

الگوریتم PSO برگرفته از حرکت گروهی از پرندگان و ماهی هایی است که دسته جمعی بدنبال غذا می گردند و اولین بار توسط Kennedy و Eberhart در سال 1995 ارائه گردید. [6,7,8]. در روند این الگوریتم هر عضو بهترین موقعیت خود و بهترین موقعیت در کل اجتماع را بخاطر می سپارد و بر اساس این دو به تغییر موقعیت خود اقدام مینماید.

مدل ریاضی این الگوریتم را می توان بصورت رابطه زیر عنوان کرد :

$$S_i(t) = (S_{i,1}(t), S_{i,2}(t), \dots, S_{i,n}(t)) \quad (6)$$

که در آن S برداری است n بعدی، معرف موقعیت عنصر i ام در زمان t . n تعداد متغیرهای بهینه سازی است که در این پروژه اندازه و محل نصب هر DG می باشد.

$$V_i(t) = (V_{i,1}(t), V_{i,2}(t), \dots, V_{i,n}(t)) \quad (7)$$

که در آن V بردار n بعدی است که بیانگر سرعت تغییر موقعیت یک عنصر می باشد .

$$P_i(t) = (P_{i,1}(t), P_{i,2}(t), \dots, P_{i,n}(t)) \quad (8)$$

P برداری n بعدی است که بهترین موقعیت یک عنصر را تا زمان t نشان می دهد .

$$P_{gb}(t) = (S_{gb,1}(t), S_{gb,2}(t), \dots, S_{gb,n}(t)) \quad (9)$$

P_{gb} نیز بردار n بعدی است که بهترین موقعیت بدست آمده در تمامی اجتماع تا زمان t را نشان می دهد. لازم به ذکر است که $P_i(t)$ و $P_{gb}(t)$ در هر دوره t بروز می گردند. تغییرات در زمان $t+1$ بصورت رابطه (10) تعریف میشود.

$$V_i(t+1) = k[w(t)V_i(t) + C_1 \text{rand}_1(P_i(t) - S_i(t)) + C_2 \text{rand}_2(P_{gb}(t) - S_i(t))] \quad (10)$$

که در آن C_1 و C_2 ضرایب توازن بین دو نیروی اجتماعی و نیروی فردی می باشند. بدین معنا که هرچه ضریب C_1 به نسبت C_2 بزرگتر باشد تاثیر پذیری فرد از اجتماع کمتر بوده و بیشتر بصورت فردی عمل می نماید و هر چه کوچکتر باشد بیشتر از اجتماع تاثیر می پذیرد. در یک اجتماع واقعی از آنجا که تمام عناصر شبیه به هم نیستند این ضرایب متفاوت است.

rand_1 و rand_2 اعداد تصادفی بوده که با توزیع یکنواخت بین صفر و یک پراکنده گشته اند و $w(t)$ ضریبی لختی (میل به عدم تغییر مسیر) در یک عنصر می باشد.

ضریب k در معادله (10) برای تضمین همگرایی به کار می رود و بصورت رابطه (11) تعریف میشود :

$$k = \frac{2}{|2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}|}, \quad \varphi = C_1 + C_2, \quad \varphi \geq 4 \quad (11)$$

برای تضمین همگرایی بهترین مقدار k مقدار 0/75 است. [9]

5. انتخاب بهینه محل و اندازه توان تولیدی DG با استفاده از روش PSO و TLBO

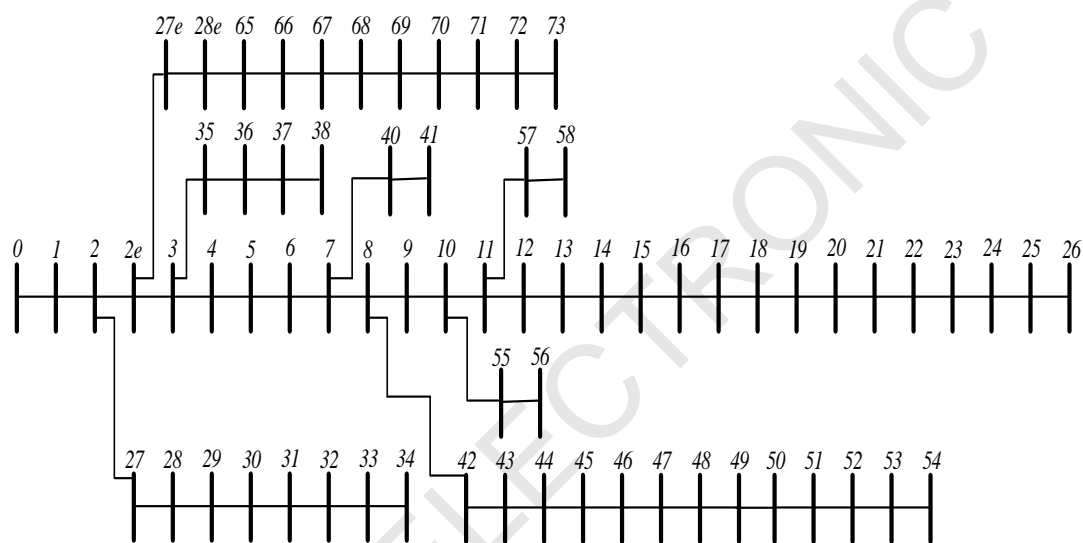
همانطور که عنوان شد DG به منابع تولید توانی اطلاق می‌شود که در پایین‌ترین سطح شبکه نصب می‌شوند. از این رو شبکه مورد مطالعه برای پروژه مورد نظر باید یک شبکه توزیع شعاعی باشد. برای این منظور از شبکه 69 با سه توزیع شعاعی که در مرجع [10] معرفی شده است استفاده می‌شود. این شبکه در شکل (1) نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به خطوط و میزان بار این شبکه در جدول (1) آمده است [11]. مقدار پایه ولتاژ 12/66 KV و مقدار توان پایه 10 KVA می‌باشد. این شبکه دارای 3802/2KW بار در شرایط پیک است. بار در هر سال 10٪ افزایش می‌یابد. در این شبکه نرخ خروج خطوط 0/046 به ازای هر کیلومتر در سال است و فرض شده است که دیگر تجهیزات شبکه دارای قابلیت اطمینان 100٪ هستند. اگر خطایی در خطی رخ دهد از زمانی که خط خارج شود تا تعمیر شده و دوباره به شبکه برگردد 8 ساعت طول می‌کشد. بنابراین به ازای هر خطا بارهای زیر دست آن خط به مدت قطع خط، قطع می‌باشند. فرض بر آن است که چنانچه منطقه جزیره شده دارای DG باشد، از همان ابتدای قطعی بار، DG به اندازه که قبلاً تولید می‌کرده است، تولید می‌کند و اگر این میزان، از بار بخش قطع شده کمتر باشد بارهای اضافی قطع می‌شوند. بارهای شبکه مورد نظر ترکیبی از بارهای خانگی، صنعتی و تجاری است. مدل بار در شبکه پروفیل بار روزانه است که به سه سطح دسته بنده شده است. کم باری، بار متوسط و پرباری.

جدول 1: اطلاعات شبکه 69 با سه

Line No.	Sending End	Receiving End	R(Ω)	X(Ω)	P(KW) at receiving end	Q(KVAR) at receiving end
1	1	2	0.0005	0.0012	0	0
2	2	3	0.0005	0.0012	0	0
3	3	4	0.0015	0.0036	0	0
4	4	5	0.0251	0.0294	0	0
5	5	6	0.366	0.1864	2.6	2.2
6	6	7	0.3811	0.1941	40.4	30
7	7	8	0.0922	0.047	75	54
8	8	9	0.0493	0.0251	30	22
9	9	10	0.819	0.2707	28	19
10	10	11	0.1872	0.0619	145	104
11	11	12	0.7114	0.2351	145	104
12	12	13	1.03	0.34	8	5.5
13	13	14	1.044	0.345	8	5.5
14	14	15	1.058	0.3496	0	0
15	15	16	0.1966	0.065	45.5	30
16	16	17	0.3744	0.1238	60	35
17	17	18	0.0047	0.0016	60	35
18	18	19	0.3276	0.1083	0	0
19	19	20	0.2106	0.0696	1	0.6
20	20	21	0.3416	0.1129	114	81

21	21	22	0.014	0.0046	5.3	3.5
22	22	23	0.1591	0.0526	0	0
23	23	24	0.3463	0.1145	28	20
24	24	25	0.7488	0.2475	0	0
25	25	26	0.3089	0.1021	14	10
26	26	27	0.1732	0.0572	14	10
27	3	28	0.0044	0.0108	26	18.6
28	28	29	0.064	0.1565	26	18.6
29	29	30	0.3978	0.1315	0	0
30	30	31	0.0702	0.0232	0	0
31	31	32	0.351	0.116	0	0
32	32	33	0.839	0.2816	14	10
33	33	34	1.708	0.5646	19.5	14
34	34	35	1.474	0.4873	6	4
35	4	36	0.0034	0.0084	0	0
36	36	37	0.0851	0.2083	79	56.4
37	37	38	0.2898	0.7091	384.7	274.5
38	38	39	0.0822	0.2011	384.7	274.5
39	8	40	0.0928	0.0473	40.5	28.3
40	40	41	0.3319	0.1114	3.6	2.7
41	9	42	0.174	0.0886	4.35	3.5
42	42	43	0.203	0.1034	26.4	19
43	43	44	0.2842	0.1447	24	17.2
44	44	45	0.2813	0.1433	0	0
45	45	46	1.59	0.5337	0	0
46	46	47	0.7837	0.263	0	0
47	47	48	0.3042	0.1006	100	72
48	48	49	0.3861	0.1172	0	0
49	49	50	0.5075	0.2585	1244	888
50	50	51	0.0974	0.0496	32	23
51	51	52	0.145	0.0738	0	0
52	52	53	0.7105	0.3619	227	162
53	53	54	1.041	0.5302	59	42
54	11	55	0.2012	0.0611	18	13
55	55	56	0.0047	0.0014	18	13
56	12	57	0.7394	0.2444	28	20
57	57	58	0.0047	0.0016	28	20
58	3	59	0.0044	0.0108	26	18.55
59	59	60	0.064	0.1565	26	18.55
60	60	61	0.1053	0.123	0	0

61	61	62	0.0304	0.0355	24	17
62	62	63	0.0018	0.0021	24	17
63	63	64	0.7283	0.8509	1.2	1
64	64	65	0.31	0.3623	0	0
65	65	66	0.041	0.0478	6	4.3
66	66	67	0.0092	0.0116	0	0
67	67	68	0.1089	0.1373	39.22	26.3
68	68	69	0.0009	0.0012	39.22	26.3



شکل 1: شبکه 69 باسه

اطلاعات مربوط به مقدار بار به نسبت بار پیک بر حسب درصد، دوره های بار بر حسب سال، قیمت برق بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت و قیمت انرژی تامین نشده بر حسب دلار بر مگا وات ساعت در سه سطح طبقه بندی شده در جدول 2 نشان داده شده است.

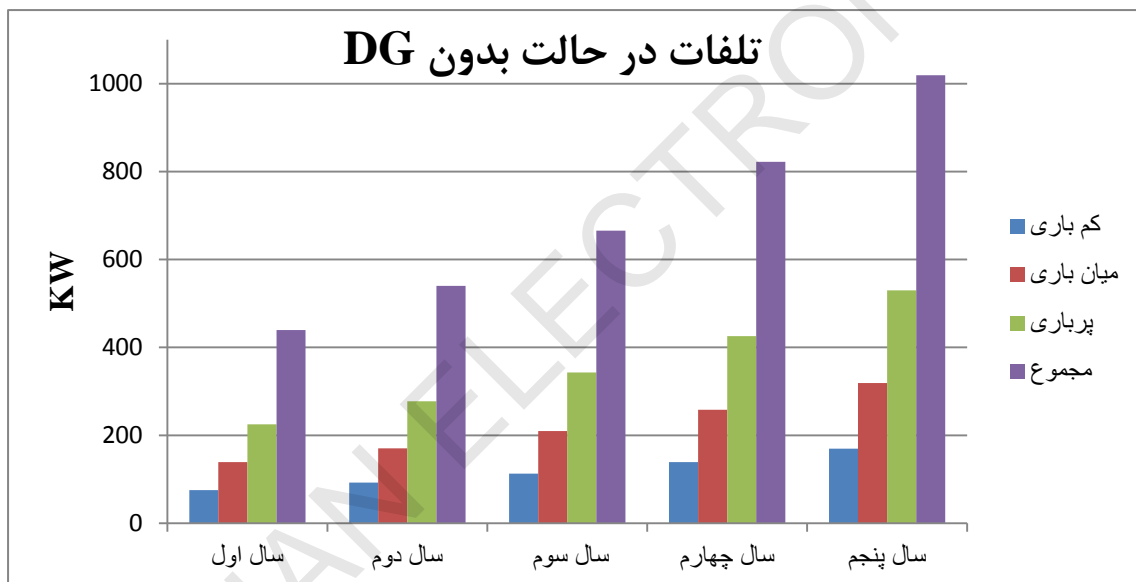
جدول 2: مشخصات بار و توان در دوره های مختلف بار [6]

شرایط بار	مقدار بار به نسبت بار پیک (%)	زمان دوره در هر سال (h/year)	قیمت انرژی تامین نشده (\$/KWh)	قیمت برق (\$/MWh)
کم باری	60	2190	2/68	35
بار متوسط	80	4745	3/76	49
پر باری	100	1825	4/92	70

حال می‌خواهیم تاثیر حضور و عدم حضور DG را بر روی شبکه بر اساس مزیت کاهش تلفات که برای DG برشمرده‌ایم بررسی کنیم. در ابتدا شبکه را در حالت بدون DG مطالعه کرده و پارامترهای عنوان شده را محاسبه می‌کنیم. این مقادیر در جدول (3) آورده شده است.

جدول 3: تلفات در حالت بدون DG

		سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
تلفات (KW)	کم باری	75/5	92/28	112/94	138/38	169/81
	بار متوسط	138/9	170/46	209/57	258/2	318/97
	پر باری	224/97	277/4	343/03	425/46	529/72
	مجموع	439/4	540	665/5	822	1019



شکل 2: تلفات در حالت بدون DG

در این مرحله انتخاب بهینه محل و اندازه DG با استفاده از روش TLBO و PSO و با حضور DG را انجام می‌دهیم. برای انتخاب بهینه محل و اندازه DG تابع هدف تلفات را با دو روش بهینه سازی عنوان شده، شبکه را طراحی می‌نماییم که نتایج آن در جدول (4) و (5) آمده است. بدلیل مقایسه دو روش بهینه سازی عملیات شبیه سازی را در 10 مرتبه تکرار انجام می‌دهیم. با توجه به نتایج مشخص است که دو DG مورد نظر در اکثر برنامه ریزی‌ها با توابع مختلف میزان تولیدی به اندازه حداکثر ظرفیت خود دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهترین میزان تولید، تولید حداکثر ظرفیت است.

جدول 4: روش TLBO برای کمترین تلفات

اندازه		مکان		مقدار تابع هدف
DG1	DG2	DG1	DG2	
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15
868/07	999/9	51	50	-2214/15

جدول 5: روش PSO برای کمترین تلفات

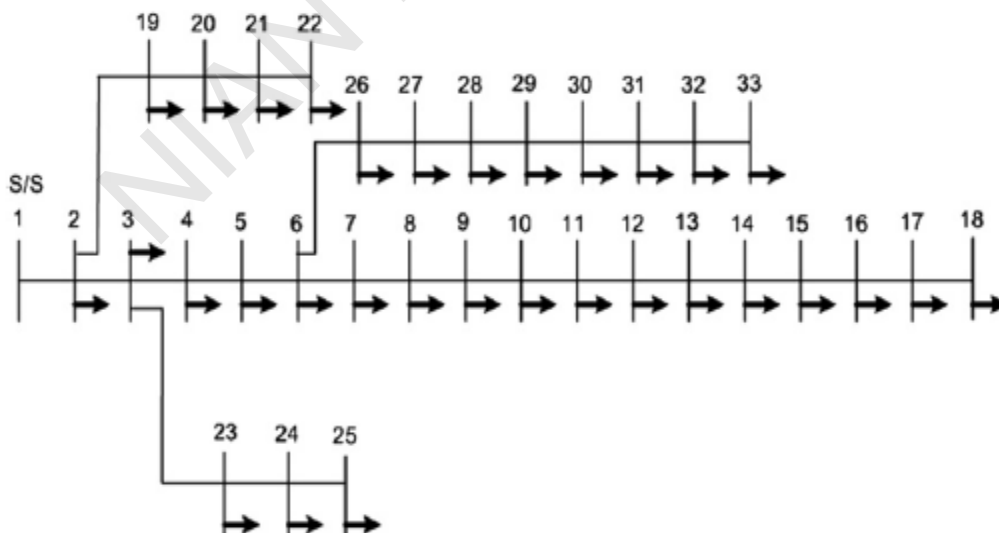
اندازه		مکان		مقدار تابع هدف
DG1	DG2	DG1	DG2	
1000	1000	51	50	-2204/81
953/76	907/27	50	51	-2213/59
1000	841/14	50	51	-2213/76
997/55	995/77	50	51	-2205/70
1000	1000	50	51	-2204/81
1000	869/63	50	51	-2214/15
1000	1000	51	50	-2204/81
1000	874/80	50	51	-2214/13
953/76	1000	51	50	-2210/20
1000	1000	50	12	-2085/23

جدول 6: مقایسه TLBO و PSO برای کاهش تلفات

	کاهش تلفات				بهترین روش
	مقدار تابع هدف	تکرار در مرحله	زمان (ثانیه)		
TLBO	بهترین پاسخ	-2214/154972259495	سوم	1460	✓
	بدترین پاسخ	-2214/154972259423	اول		
PSO	بهترین پاسخ	-2214/153642579677	ششم	1490	
	بدترین پاسخ	-2085/237889769998	دهم		

6. بهبود پروفیل ولتاژ

- در شبکه‌های توزیع بهره برداران شبکه سعی دارند که برق داده شده به مشترکین در ولتاژ استاندارد که همان 1 پریونیت است، ارائه شود. از این رو در مدیریت شبکه بهبود پروفیل ولتاژ [12،13] را مدنظر قرار می‌دهند. روش محاسباتی جایابی بهینه در زیر به تفکیک مراحل ارائه می‌گردد.
- 1- اجرای پایه ای پخش بار (انجام پخش بار بدون حضور تولید پراکنده) .
 - 2- پس از پخش بار ، پروفیل (مشخصات) ولتاژ سیستم معین می گردد و سپس نمودار ولتاژ / شماره باس را رسم می کنیم .
 - 3- از نمودار ولتاژ / شماره باس ، فهرست اولویت بندی را با این قالب تشکیل می دهیم :
- باس های حساس (که باید کنترل ولتاژ داشته باشند) در بالاترین رتبه قرار می گیرند . به عبارت دیگر باس ها به ترتیب از کمترین ولتاژ تا بیشترین ولتاژ رتبه بندی می گردند .
- 4- تولید پراکنده را در هر باس قرار می دهیم .
 - 5- پس از قرار دادن تولید پراکنده در هر باس دوباره پخش بار در سیستم را اجرا می کنیم .
 - 6- نمودار های پروفیل (مشخصات) ولتاژ سیستم را برای پخش بار مرحله ی قبل رسم می کنیم .
 - 7- از روی نمودار مرحله ی قبل ، فهرست اولویت بندی دیگری را با این قالب تشکیل می دهیم :
- پس از مقایسه نمودار ها آن ها را به ترتیب از بهترین پروفیل (مشخصات) ولتاژ ، تا بدترین آن ها رتبه بندی میکنیم.
- 8- اکنون ، فهرست مرحله ی سوم را با فهرست مرحله ی هفتم مقایسه می کنیم و با توجه به مصالحه (تلفیق) این دو فهرست محل مناسب برای تخصیص تولید پراکنده را انتخاب می نماییم .
- روش فوق را بر روی شبکه ی استاندارد زیر که شامل 33 باس و 32 شاخه می باشد و یک سیستم شعاعی با بار کل 3.72^{Mw} و 2.3^{Mvar} است، با نرم افزار متلب تست و شبیه سازی می کنیم .



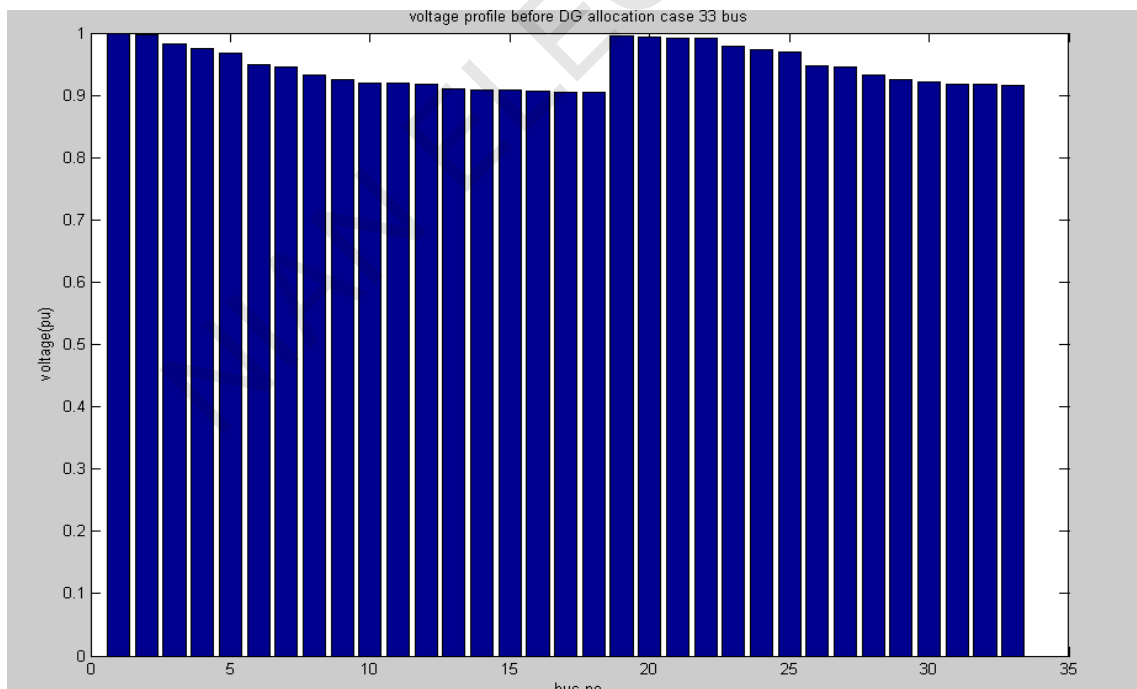
شکل 3: شبکه 33 باسه

ولتاژ های بدست آمده توسط پخش بار در جدول زیر آورده شده اند :

جدول 7: ولتاژ باس ها قبل از نصب DG

BUS NO	VOLTAGE (pu)	BUS NO	VOLTAGE (pu)	BUS NO	VOLTAGE (pu)
1	1.000	12	0.918	23	0.979
2	0.997	13	0.911	24	0.973
3	0.983	14	0.909	25	0.969
4	0.975	15	0.908	26	0.947
5	0.968	16	0.906	27	0.945
6	0.949	17	0.904	28	0.933
7	0.946	18	0.904	29	0.925
8	0.932	19	0.996	30	0.922
9	0.926	20	0.993	31	0.918
10	0.920	21	0.992	32	0.917
11	0.919	22	0.992	33	0.916

پروفیل (مشخصات) ولتاژ سیستم قبل از نصب تولید پراکنده در شکل زیر (توسط نرم افزار متلب) نشان داده شده است :



شکل 4: پروفیل ولتاژ باس ها قبل از نصب DG

اکنون بر طبق الگوریتم، باس ها باید از کمترین مقدار ولتاژ تا بیشترین مقدار آن رتبه بندی شوند .

جدول 8: ترتیب باس ها بر اساس پروفیل ولتاژ قبل از نصب DG

Bus No .	Voltage (pu)	Rank
17,18,16,15,14,13	0.904 – 0.911	1
33,32,31,11,12,10	0.916 – 0.920	2
30,29,9	0.922 – 0.926	3
8,28	0.932 – 0.933	4
27,7,26,6	0.945 – 0.949	5
5,25	0.968 – 0.969	6
24,4,23	0.973 – 0.979	7
3	0.983	8
22,21,20,19,2	0.992 – 0.997	9

به منظور یافتن پروفیل (مشخصات) ولتاژ در هر بخش، تولید پراکنده با مقدار معین (در اینجا واحد تولید پراکنده 1^{Mw} و 0.75^{Mvar} می باشد) بر روی هر باس در نظر گرفته می شود. هنگامی که پروفیل ولتاژ محاسبه گردید، به ترتیب اولویت بهترین پروفیل ولتاژ تا بدترین، رتبه بندی می گردند . جدول زیر رتبه بندی پروفیل ولتاژ باس ها را هنگامی که تولید پراکنده بر روی آن ها نصب شده است نشان می دهد .

جدول 9: ترتیب باس ها بر اساس پروفیل ولتاژ بعد از نصب DG

Ranking	Bus No.
1	10,11,12,13,14
2	9
3	15,16,17,18
4	8
5	32,33,31
6	30
7	28,27,26
8	7,6
9	29
10	25,24,23,3
11	4,5
12	2,19
13	20,21,22

با مقایسه دو جدول 7 و 8 می توانیم بهترین باس ها را برای قرار دادن واحد تولید پراکنده رتبه بندی و مشخص کنیم.

جدول زیر بهترین مکان ها را برای قرار دادن واحد تولید پراکنده نشان می دهد که باعث تقویت پروفیل ولتاژ و پایداری ولتاژ می گردد .

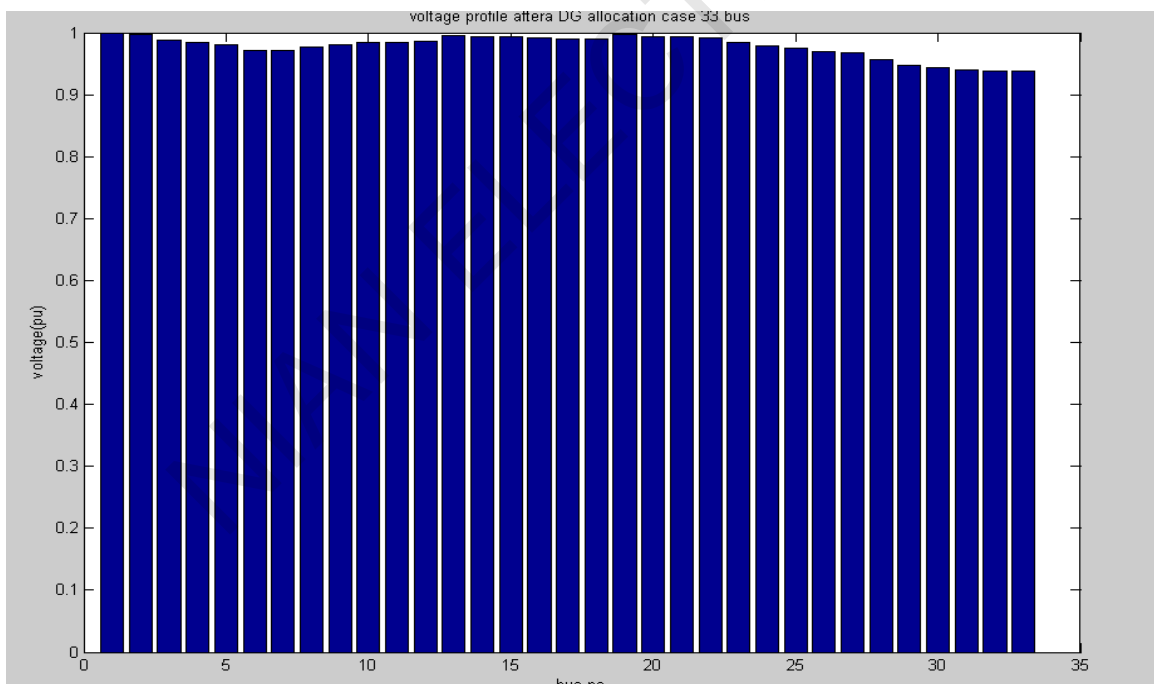
جدول 10: جایابی بهینه DG برای بهبود پروفیل ولتاژ

Rank	Bus No.	Rank	Bus No.	Rank	Bus No.
1	13,14	7	30	13	23,24
2	10,11,12	8	28	14	5
3	15,16,17,18	9	26,27	15	3
4	9	10	6,7	16	4
5	31,32,33	11	29	17	2,19
6	8	12	25	18	20,21,22

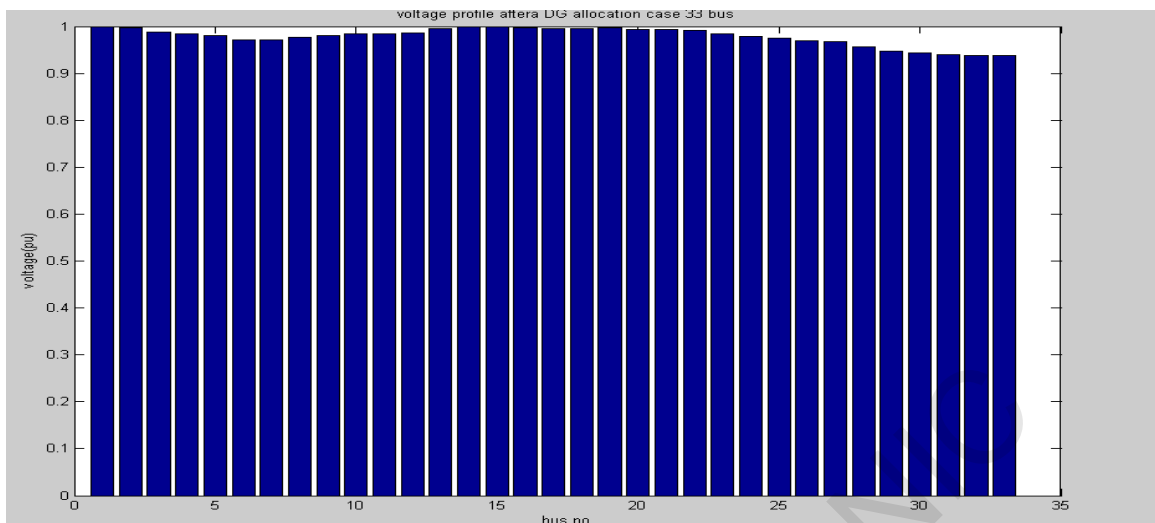
نکته مهم که از جدول بالا باید در نظر گرفته شود این است که مکان مناسب برای قرار دادن واحد تولید پراکنده باس های 13 و 14 می باشند.

رتبه های پایین تر اهمیت چندانی ندارند، زیرا هدف از این روش انتخاب بهترین مکان برای قرار دادن و نصب واحد تولید پراکنده می باشد تا پروفیل و پایداری ولتاژ بهبود یابد.

شکل های 5 و 6 پروفیل ولتاژ را هنگامی که واحد تولید پراکنده بر روی باس های 13 و 14 شبکه مذکور حضور دارند و نصب شده اند نشان می دهند.



شکل 5: پروفیل ولتاژ هنگام قرار گرفتن واحد تولید پراکنده بر روی باس 13



شکل 6: پروفیل ولتاژ هنگام قرار گرفتن واحد تولید پراکنده بر روی باس 14

6. نتیجه گیری

در پایان با توجه به پخش بار و جایابی بهینه صورت گرفته بر روی شبکه 33 باسه و شکل های (5) و (6) مشاهده می شود که با نصب واحد تولید پراکنده مفروض بر روی باس های 13 و 14 مقدار پروفیل ولتاژ تمامی باس ها به میزان قابل توجهی بهبود یافتند و سپس برای کاهش تلفات شبکه 69 باسه استاندارد پس از جایابی بهینه به مقایسه دو روش مذکور برای تابع هدف پرداختیم. این مقایسه براساس دو پارامتر مقدار تابع هدف و زمان انجام محاسبات هر روش می باشد. ابتدا تابع هدف تلفات را در نظر گرفته و بهترین و بدترین پاسخ را در 10 مرتبه تکرار در روش TLBO پیدا می کنیم و سپس با بهترین و بدترین پاسخ در روش PSO مقایسه می کنیم و در نهایت بهترین روش که روش TLBO می باشد را می یابیم. همان طور که پیش تر گفته شد بهترین میزان تولید، تولید حداکثر ظرفیت است.

7. قدردانی

با تشکر و سپاس فراوان از زحمات مدیریت محترم شرکت نیان الکترونیک جناب آقای مهندس چمنیان که در راستای انجام این پروژه ما را یاری کردند .



8. مراجع

- [1] - In-Su Bae ; Jin-O Kim ; Jae-Chul Kim ; C.Singh, “Optimal operating strategy for distributed generation considering hourly reliability worth”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 19, No. 1, pp. 287-292, 2004.
- [2] - N. Khalesi, N. Rezaei, M.-R. Haghifam, “DG allocation with application of dynamic programming for loss reduction and reliability improvement”, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 33, No. 2, pp. 288-295, February 2011.
- [3] - Saeid Soudi “Distribution system planning with distributed generation considering benefits and costs”, i.j.modern education and computer science, 2013, 9, 45-52
- [4] - R.V.Rao, V.J.Savsani, , D.P.Vakharia, “Teaching–learning-based optimization: an optimization method for continuous non-linear large scale problem”, Inf. Sci. 183, 1–15, 2012.
- [5] - R.V. Rao, V. Patel, “An elitist teaching–learning-based optimization algorithm for solving complex constrained optimization problems” Int. J. Ind. Eng. Comput., 3, <http://dx.doi.org/10.5267/j.ijiec.03.007>, 2012.
- [6] - S.C.Reddy, P.V.N. Prasad, A.J. Laxmi, “Reliability improvement of distribution system by optimal placement of DGs using PSO and neural network”, International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET), pp. 156-162, 2012.
- [7] - Haupt R. L. and Haupt S. E., PrACTical genetic algorithms. Second Edition, John Wiley & Sons Inc. Publication, 2004, pp. 189-190.
- [8] - M. Clerc. Particle Swarm Optimization. ISTE, 2006.
- [9] - E.N. Avadani, B. Moradzadeh, M. Abedi, S.H. Hosseinian, “Multiobjective Optimization for Optimal Power Flow Considering Valve Loading Effect”, UPEC Conf.
- [10] - Shyh-Jier Huang, “An Immune-Based Optimization Method to Capacitor Placement in a Radial Distribution System”, IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 15, No. 2, pp. 744-749, 2000 .
- [11] - M. E. Baran and F. F. Wu, “Optimal Capacitor Placement on Radial Distribution Systems,” IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, no. 1, pp. 725–734, January 1989.
- [12] - Nasser G. A. Hemdan, and Michael Kurrat, “Distributed Generation Location and Capacity Effect on Voltage Stability of Distribution Networks” , Student Paper, 2008 Annual IEEE Conference .
- [13] - Jiang Fengli, Piao Zailin , Wu Shihong , Huang Rui , Zhang Yunan, “Power Flow Calculation for Radial Distribution Systems with Distributed Generation” , Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation August 5 - 8, Chengdu, China .