



ارائه روشی برای کاهش تلفات در سیستم های توزیع بر مبنای تغییر محل تغذیه سیستم های توزیع

احد کاظمی حیدر علی شایانفر حسن فشکی فراهانی سید مهدی حسینی

دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده مهندسی برق

چکیده

برای افزایش بازده سیستم در شبکه های توزیع باید بتوان تلفات سیستم که شامل قسمتهای مربوط به مولفه های اکتیو و راکتیو است، کاهش داد. در این مقاله روش جدیدی برای کاهش تلفات سیستم پیشنهاد شده است که در آن هر دو مولفه اکتیو و راکتیو تلفات کاهش پیدا می کند. با تغییر محل تغذیه سیستم شعاعی، مکان بهینه منبع به منظور کاهش تلفات بدست می آید. این روش برای هر سیستم توزیع شعاعی با هر تعداد شین و شاخه قابل اجرا می باشد. روش ذکر شده بر روی سیستم توزیع 33 شینه پیاده سازی شده و نتایج بدست آمده نشان می دهد که کاهش تلفات قابل ملاحظه ای در سیستم حاصل می شود.

واژه های کلیدی: خازن گذاری، سیستم های توزیع شعاعی، اندازه و مکان بهینه، کاهش تلفات، روش تغییر محل تغذیه سیستم شعاعی

1- مقدمه

سیستم های توزیع به عنوان نزدیکترین سیستم ارتباطی با مصرف کننده گان در شبکه قدرت می باشند. در این سیستم ها به علت نوع ساختار آنها که اغلب شعاعی است، بین مصرف کننده و منبع تغذیه فاصله زیادی وجود دارد و از طرفی به علت پایین بودن ولتاژ و بالا بودن جریان، تلفات RI^2 بسیار بیشتر و مهمتر از سیستم های انتقال است.

در مقالات و تحقیقات انجام شده روش های مختلفی برای کاهش تلفات در سیستم های توزیع وجود دارد. یکی از این روشها خازن گذاری است که در آن قسمتی از توان راکتیو مورد نیاز بارها توسط خازن ها تولید می شود و بدین طریق توان راکتیو عبوری از خطوط کاهش می یابد و در نتیجه تلفات راکتیو و در نهایت

تلفات کل سیستم کاهش می یابد. یکی دیگر از مزایای این روش بهبود پروفیل ولتاژ، ضریب توان و پایداری سیستم می باشد [1-3].

یکی دیگر از روش های کاهش تلفات سیستم های توزیع، تجدید آرایش می باشد. در این روش، مسیر عبور توان از منبع به بارها طوری تغییر می یابد که ضمن حفظ شعاعی بودن سیستم، تلفات حداقل شود. در روش تجدید آرایش بر خلاف روش خازن گذاری، مولفه اکتیو تلفات کاهش می یابد [4-6].

در این مقاله با محل تغذیه سیستم شعاعی مکان بهینه برای منبع به منظور کاهش تلفات سیستم بدست می آید. در این روش با تغییر محل تغذیه می توان همزمان تلفات اکتیو و راکتیو سیستم را کاهش داد. این روش بر روی سیستم توزیع شعاعی با 33 شین پیاده سازی شده و نتایج مطلوبی در کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ بدست آمده است.

2- تلفات در سیستم های توزیع شعاعی

تلفات RI^2 به دو مولفه اکتیو و راکتیو تقسیم می شود. کل تلفات RI^2 در یک سیستم توزیع که دارای n شاخه است، به صورت زیر بیان می شود [7]:

$$P_{L,total} = \sum_{i=1}^n R_i I_i^2 \quad (1)$$

در این رابطه I_i و R_i به ترتیب اندازه جریان و مقاومت در شاخه i ام هستند. جریان شاخه ها از حل پخش بار بدست می آید. جریان شاخه را می توان به دو مولفه اکتیو و راکتیو تقسیم کرد. مولفه اکتیو با I_a و مولفه راکتیو I_r نشان داده می شوند. تلفات مولفه های اکتیو و راکتیو را می توان به صورت زیر نوشت:

$$P_{L,active} = \sum_{i=1}^n R_i I_{ai}^2 \quad (2)$$

$$P_{L,reactive} = \sum_{i=1}^n R_i I_{ri}^2 \quad (3)$$

بعد از محاسبه تلفات خطوط، مجموع کلیه بارهایی که بعد از شین i ام قرار دارند به همراه مجموع تلفات خطوطی که بعد از این شین قرار دارند بصورت زیر می باشند که نحوه بدست آوردن شین ها و خطوطی که بعد از شین i ام قرار دارند در بخش 3 بصورت کامل توضیح داده خواهد شد.

3- الگوریتم تشخیص شینها و شاخه های بعد از یک شین برای استفاده

در پخش بار

یکی از مهمترین اطلاعات برای انجام پخش بار در سیستمهای توزیع داشتن شین ها و شاخه های بعد از هر شین می باشد. در این بخش نحوه بدست آوردن این اطلاعات توضیح داده می شود. همانطور که در

شکل 1 مشاهده می شود خط 2 به شین دریافت کننده اش که شین 2 است وصل شده است. این خاصیت برای تمام شین ها و خطوط در نظر گرفته شده است. فرض شود بخواهیم شین ها و خطوط بعد از شین 2 را تعیین نماییم در این صورت شین های مورد نظر عبارتند از : 14، 3، 4، 10، 11، 12، 13 و 14 و شاخه های بعد از این شین نیز 3، 4، 10، 11، 12، 13 و 14 می باشند. شماره شین ها و شاخه های قرار گرفته شده بعد از هر شین در جدول 1 نشان داده شده است. جدول 2 ماتریس شین و شاخه را برای سیستم با 15 شین (شکل 1) نشان می دهد. الگوریتم تشخیص مسیرهای منتهی به فیدر به ترتیب زیر می باشد:

الف) گرفتن اطلاعات سیستم

ب) تشکیل ماتریس M که دارای NL سطر (تعداد شاخه ها) و NB ستون (تعداد شین ها) می باشد. در این ماتریس برای هر شاخه در هر سطر شین سمت فرستنده 1- و شین سمت دریافت کننده 1 در نظر گرفته می شود. در نتیجه در هر سطر فقط یک درایه 1 و یک درایه 1- بوده و مابقی صفر می باشند.

ج) برای تعیین شین های متصل به یک شاخه، ابتدا در ستون مربوط به آن شین سطر متناظر با 1 تعیین می شود که این مربوط به اولین شاخه متصل به این شین است. سپس در سطر تعیین شده، ستون متناظر با 1- را پیدا نموده و اگر در این ستون عدد 1 وجود داشت، مرحله 3 را مجدداً انجام داده و در غیر این صورت به شین منبع رسیده ایم و تمام شاخه ها پیدا شده اند.

برای سیستم با 15 شین، شین های انتهایی عبارتند از: 4، 6، 8، 9، 12، 13 و 14 مجموعه مسیرهای شین های انتهایی در جدول 3 نشان داده شده است.

4- الگوریتم بدست آوردن مکان بهینه محل تغذیه سیستم

در این روش منبع تغذیه به ترتیب در تک تک شین های سیستم قرار می گیرد و برنامه پخش بار برای هر حالت انجام شده، تلفات کل (تلفات مربوط به مولفه اکتیو و راکتیو جریان) سیستم محاسبه شده و بهترین نقطه که دارای کمترین تلفات است، به عنوان شین تغذیه بدست می آید. براساس روش شرح داده شده در بخش 5، با تغییر محل منبع تغذیه، شماره گذاری سیستم نیز باید متناسب با محل تغذیه تغییر پیدا کند. به عنوان مثال فرض کنیم که سیستم از شین 1 تغذیه شده باشد، در این صورت نحوه شماره گذاری شین ها و شاخه ها مطابق شکل 1 خواهد بود. حال اگر بخواییم محل منبع تغذیه در شین 13 باشد، در این صورت شماره گذاری شین ها و شاخه ها برای اینکه کمترین تغییر در سیستم نسبت به حالت اولیه به وجود آید مطابق شکل 2 می باشد. سپس برنامه پخش بار با کمترین تغییر انجام می شود. این کار برای تمامی شین ها تکرار می شود تا این که محل بهینه تغذیه سیستم به منظور کاهش تلفات سیستم بدست آید.

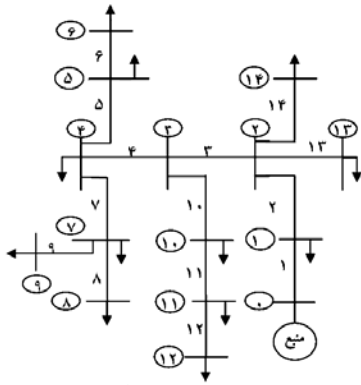
5- نتایج شبیه سازی

روش شرح داده شده در قسمت های قبل برای انجام پخش بار روی یک سیستم توزیع شعاعی نمونه که دارای 33 شین است، با استفاده از برنامه نویسی به زبان *MATLAB* پیاده سازی شده است که نتایج شبیه سازی روی این سیستم در این قسمت آورده شده است. اطلاعات این سیستم که دارای 33 شین و ولتاژ 10 kV می باشد، از مرجع [9] بدست آمده است. بار کل سیستم $(3715 + j 2300)\text{ kVA}$ است. در این سیستم 32 بار برنامه پخش بار (تعداد شین ها منهای یک) اجرا شده است که مشخص شده است که اگر شین تغذیه در شین شماره 5 در سیستم اولیه که اطلاعات آن در جدول 4 داده شده است، نصب شود، تلفات کل سیستم به کمترین مقدار خود می رسد. در حالت اول تلفات کل سیستم $270/66\text{ kW}$ ($110/09\text{ kW}$) تلفات مربوط به مولفه اکتیو جریان و $160/57\text{ kW}$ تلفات مربوط به مولفه راکتیو جریان (می باشد در شرایطی که محل تغذیه از شین 5 صورت پذیرد، تلفات سیستم به $159/35\text{ kW}$ ($70/05\text{ kW}$) مربوط به تلفات مولفه اکتیو جریان و $89/3\text{ kW}$ مربوط به تلفات مولفه راکتیو جریان) می رسد. در این حالت مشاهده می شود که هر دو مولفه تلفات کاهش چشمگیری می یابند. در صورتی که محل تغذیه به صورت نامناسب انجام گیرد، تلفات سیستم بسیار زیاد می شود. نتایج پخش بار نشان می دهد در این سیستم محل تغذیه از شین 17 صورت گیرد تلفات سیستم $2183/39\text{ kW}$ ($1027/03\text{ kW}$) مربوط به تلفات مولفه اکتیو جریان و $1156/36\text{ kW}$ مربوط به تلفات مولفه راکتیو جریان) می رسد. شکل 3 میزان تلفات کل ایجاد شده را در سیستم زمانی که منبع تغذیه در هر شین قرار می گیرد، نشان می دهد.

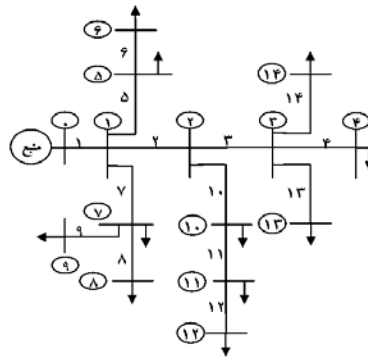
نکته دیگری که در این جا مطرح است، مسئله پروفیل ولتاژ می باشد. شکل 4 وضعیت ولتاژ شین های شبکه را در سه حالت مختلف که در آن تغذیه سیستم به ترتیب از شین های 1، 5 و 17 صورت می گیرد را نمایش می دهد و مشخص است که پروفیل ولتاژ در حالت سوم (تغذیه در شین 17) بسیار نامطلوب می باشد که این مسئله به خاطر وجود تلفات بالا در این وضعیت است. پس در حالتی که محل تغذیه تعویض می شود، می توان علاوه بر کاهش تلفات، پروفیل ولتاژ را نیز بهبود بخشید.

6- نتیجه گیری

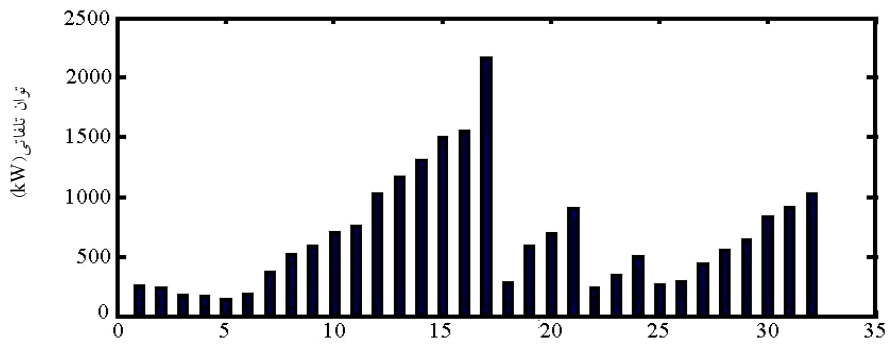
در این مقاله روشی نوین برای کاهش تلفات سیستم ارائه شد که در آن هر دو مولفه اکتیو و راکتیو تلفات کاهش پیدا می کند. در این روش با تغییر محل تغذیه سیستم شعاعی، مکان بهینه منبع به منظور کاهش تلفات بدست می آید. این روش برای هر سیستم توزیع شعاعی با هر تعداد شین و شاخه قابل اجرا می باشد. روش ذکر شده بر روی سیستم توزیع با 33 شین پیاده سازی شده و نتایج بدست آمده نشان می دهد که صرفه جویی تلفات قابل ملاحظه ای در سیستم حاصل می شود. همچنین مشاهده شد با تغییر محل تغذیه و قرار گرفتن آن در محل مناسب، علاوه بر صرفه جویی تلفات، پروفیل ولتاژ نیز به طور قابل ملاحظه ای بهبود می یابد.



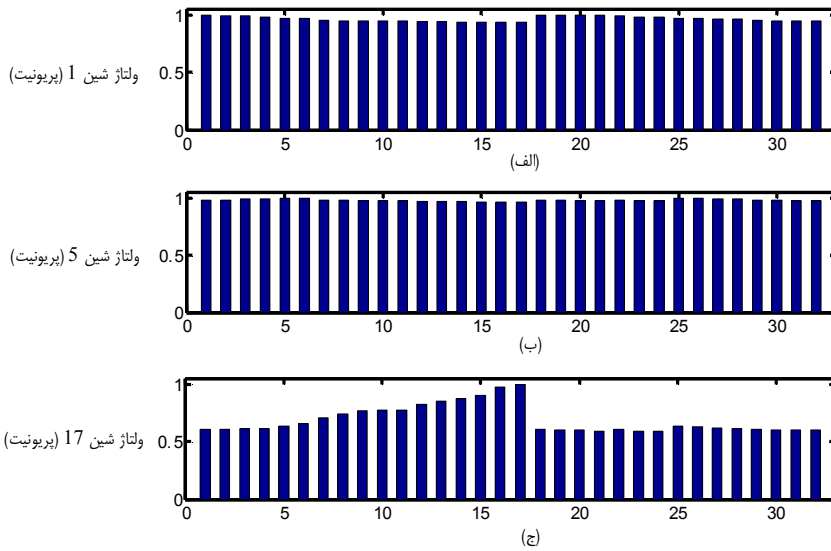
شکل 2- دیاگرام تک خطی سیستم شعاعی با 15 شین در حالت تغییر محل تغذیه



شکل 1- دیاگرام تک خطی سیستم شعاعی با 15 شین



شکل 3- میزان تلفات کل ایجاد شده در صورت قرار گرفتن تغذیه در آن شین



شکل 4- پروفیل ولتاژ در حالت قرار گرفتن تغذیه در الف- شین 1، ب- شین 5، ج- شین 17

جدول 2- ماتریس شین و شاخه

شماره شین ها														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

جدول 1- ماتریس شین ها و شاخه های متصل به هر شین

شماره شاخه	شماره شین فرستنده	شماره شین گیرنده	شین ها و شاخه های متصل به شین گیرنده
1	0	1	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14
2	1	2	3,4,10,11,12,13,14
3	2	3	4,13,14
4	3	4	-
5	1	5	6
6	5	6	-
7	1	7	8,9
8	7	8	-
9	7	9	-
10	2	10	11,12
11	10	11	12
12	11	12	-
13	3	13	-
14	3	14	-

جدول 3- مجموعه مسیرهای شین های انتهایی

شماره شین انتهایی					
4	1	2	3	4	
6	1	5	6		
8	1	7	8		
9	1	7	9		
12	1	2	10	11	12
13	1	2	3	13	
14	1	2	3	14	

جدول 5- تلفات سیستم در صورت قرار گرفتن تغذیه در شین های مختلف

جدول 4: اطلاعات سیستم با 33 شین

شماره شین	P(kW)	Q(kVar)	S(kVA)
1	110/09	160/57	270/66
2	102/9	146/46	249/36
3	82/59	108/58	189/17
4	80/3	102/07	182/37
5	70/05	89/3	159/35
6	100/83	98/64	199/47
7	180/16	208/55	388/71
8	240/5	292/51	533/01
9	277/12	331/25	608/37
10	312/47	404/15	716/62
11	324/85	441/55	766/4
12	445/78	595/24	1041/2
13	528/64	658/25	1186/9
14	591/55	726/41	1317/6
15	672/69	838/7	1511/9
16	699/72	866/35	1566/7
17	1027/3	1156/6	2183/9
18	125/45	176/67	302/12
19	267/46	334/29	601/75
20	324/53	383/15	707/68
21	445/39	474/62	920/01
22	157/33	144/76	252/09
23	155/14	205/34	360/48
24	223/03	292/07	515/1
25	121/88	159/81	281/69
26	131/49	178/67	310/16
27	197/92	253/69	451/61
28	252/79	316/69	569/48
29	275/12	360/53	653/65
30	378/01	464/66	842/67
31	421/53	502/02	923/55
32	494/43	548/97	1043/4

شماره شاخه ها	شین فرستنده	شین گیرنده	$R(\Omega)$	$X(\Omega)$	توان اکتیو شین ها	توان راکتیو شین ها
1	0	1	0/0470	0/0922	100	60
2	1	2	0/2511	0/4930	90	40
3	2	3	0/1864	0/3660	120	80
4	3	4	0/1941	0/3811	60	30
5	4	5	0/7070	0/8190	60	20
6	5	6	0/6188	0/1872	200	100
7	6	7	1/2351	1/7114	200	100
8	7	8	0/7400	1/0300	60	20
9	8	9	0/7400	1/0440	60	20
10	9	10	0/0650	0/1966	45	30
11	10	11	0/1238	0/3744	60	35
12	11	12	1/1550	1/4680	60	35
13	12	13	0/7129	0/5416	120	80
14	13	14	0/5260	0/5910	60	10
15	14	15	0/5450	0/7463	60	20
16	15	16	1/7210	1/2890	60	20
17	16	17	0/5740	0/7320	90	40
18	1	18	0/1565	0/1640	90	40
19	18	19	1/3554	1/5042	90	40
20	19	20	0/4784	0/4095	90	40
21	20	21	0/9373	0/7089	90	40
22	2	22	0/3083	0/4512	90	50
23	22	23	0/7091	0/8980	420	20
24	23	24	0/7011	0/8960	420	20
25	5	25	0/1034	0/2030	60	25
26	25	26	0/1447	0/2842	60	25
27	26	27	0/9377	1/0590	60	20
28	27	28	0/7006	0/8042	120	70
29	28	29	0/2585	0/5075	200	600
30	29	30	0/9630	0/9744	150	70
31	30	31	0/3619	0/3105	210	100
32	31	32	0/5302	0/3410	60	40

6- مراجع

- [1] BARAN, M.E., and WU, F.F. 'Optimal capacitor placements on radial distribution systems', IEEE Trans. 1989, PD-4, (1), pp. 725-732.
- [2] W. H. Kersting and W. H. Phillips, "A Radial Three-phase Power Flow Program for the PC", Conference paper, presented at 1987 Frontiers Power Conference, Stillwater, OK, October 1987.
- [3] M SCHMILL, J.V., 'Optimal size and location of shunt capacitors on distribution feeders', IEEE Trans. 1965, PAS-84, (9), pp. 825-832.
- [4] G BARAN, M.E., and WU, F.F. ' Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing ', IEEE Trans. 1989, PD-4, (2), pp. 1401-1407.
- [5] CHIANG, H.D., and JEAN-JUMEAU, R. 'Optimal network reconfiguration in distribution systems- part 2: Solution algorithm and numerical results ', IEEE Trans. 1990, PD-5, (3), pp. 1568-1574.
- [6] S.K., and BASU, S.K. 'A new algorithm for the reconfiguration of distribution feeder for loss minimization ', IEEE Trans. 1992, PD-7, (3), pp. 1484-1491.
- [7] M. H. HAQUE, 'Capacitor placement in radial distribution system for loss reduction, IEE Proc. Gener. Transm. Distrib Vol. 146, No. 5, September 1999, pp. 501-505
- [8] JIN, M.A., JIANYUAN, X.U., WANG SHENGHUI and LIN XIN, 'Calculation and analysis for line losses in distribution network', IEEE Trans. 2002, pp. 2537-2541.
- [9] SUNDHARAJAN, A., and PAHWA, A., 'Optimal selection of capacitors for radial distribution systems using genetic algorithm', IEEE Trans. 1994, PWRS-9, (3), pp. 1499-1507.