جایابی بارهای پاسخگو و جبران کننده های توان راکتیو با هدف کاهش تلفات و بهبود ولتاژ شبکه

دانشجو: حسین دهقان جزی

استاد راهنما: دکتر سعید افشارنیا

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

محدودیت منابع تولید کننده انرژی و نیز ضعیف بودن شبکه در بعضی نقاط، باعث می شود که در بارهای پیک شبکه امکان تأمین تمام بار میسر نشود یا اینکه با کاهش ولتاژ و افزایش تلفات مواجه شویم.

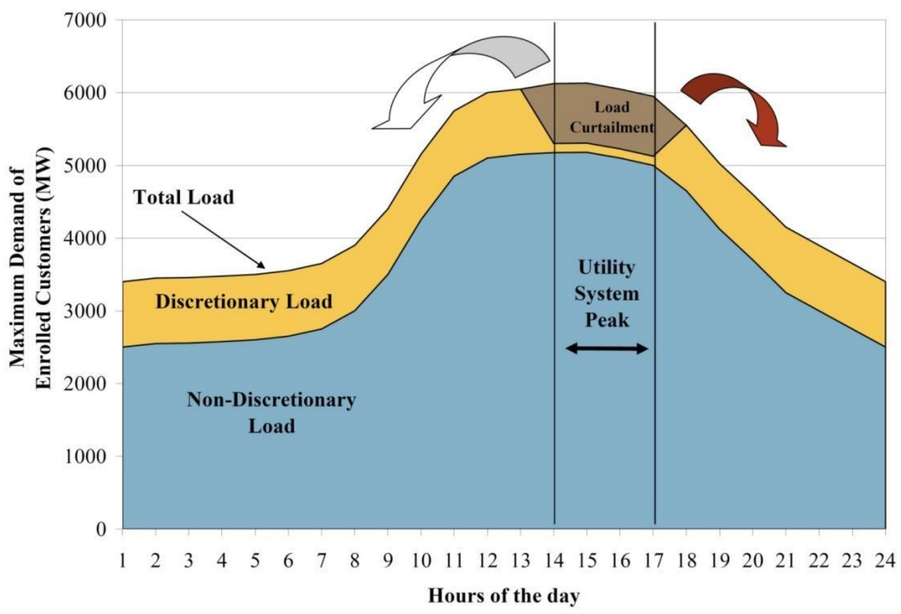
مبحث پاسخگویی بار در شبکه های قدرت میتواند به عنوان راه حلی برای کاهش بار در زمان پیک مصرف به کار برده شود، همچنین کنترل کننده های توان راکتیو که به‌منظور بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات در شبکه به کاربرده می‌شوند، نیز بعنوان یک روش عملیاتی مورد بحث می باشد. در این پروژه به معرفی این دو مبحث پرداخته و تأثیر آن بر شبکه های قدرت را مورد بررسی قرار می دهیم.

روش پیشنهادی

یکی از روش های بهبود ولتاژ شبکه، استفاده از برنامه های پاسخگویی بار می باشد. پاسخگویی بار بطورکلی به عنوان مشارکت مصرف‌کنندگان کوچک در بازار برق، روبروشدن آنها با قیمت‌های لحظه‌ای بازار و پاسخگویی به آن تعریف می‌شود.

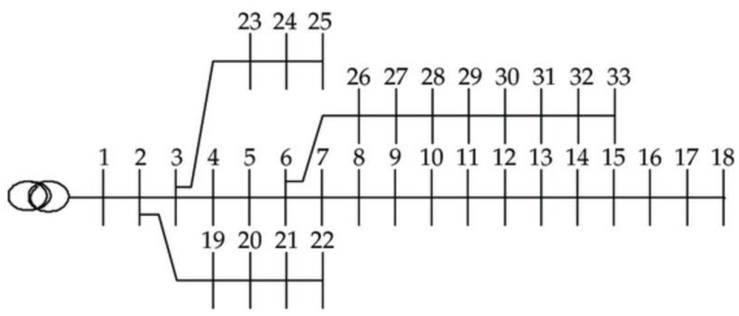
هم‌اکنون تعداد کمی از مصرف‌کنندگان از قیمت واقعی برق مطلع می‌باشند، در نتیجه هیچ‌گونه عامل تشویقی برای مصرف‌کنندگان برای شرکت در بازار و تطبیق مصرف خود با سمت تولید، شرایط شبکه و همچنین قیمت برق وجود نخواهد داشت.

تصویر زیر تأثیر برنامه های پاسخگویی بار بر منحنی مصرف مشتریان را نشان می دهد.



همچنین جبران‌سازی توان راکتیو یکی از ابزار بهینه‌سازی هزینه انرژی و برگشت سریع سرمایه است. در طول چند سال گذشته با بهره‌گیری از مواد جدید و روش‌های تولید پیشرفته، خازن‌هایی با تلفات بسیار اندک در حجم‌های کوچک ساخته شده است. جایابی بهینه این جبران کننده ها، به منظور اجتناب از مشکلات و هزینه های احتمالی بعدی، امری مهم و پر اهمیت می باشد.

برای جایابی بهینه جبران کننده‌ها و همچنین برنامه‌های پاسخگویی بار، یک برنامه کامپیوتری در نرم‌افزار متلب پیاده سازی شد. به عنوان شبکه مورد مطالعه، شبکه ۳۳ باس IEEE انتخاب و مدل سازی شده است.



نتایج

تصاویر زیر تأثیر جایابی بهینه جبران کننده ها و همچنین اعمال برنامه های پاسخگویی بار را بر شبکه‌ی نمونه نشان می دهد. نتایج به دست آمده حاصل اعمال الگوریتم جایابی بهینه پیاده‌سازی شده در نرم‌افزار متلب می‌باشد. برای پخش بار گرفتن از روش نیوتن-رافسون استفاده شده است.

شکل ۱ پخش بار شبکه در حالت عادی و شکل ۲ پخش بار شبکه در حالت جبران‌سازی و اعمال برنامه‌های پاسخگویی بار را نشان می‌دهد.

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
Maximum Power Mismatch = 7.46961e-08
No. of Iterations = 4

Bus No.	Voltage Mag.	Angle Degree	Load MW	Load Mvar	Generation MW	Generation Mvar	Inject Mvar
1	1.000	0.000	0.000	0.000	3.918	2.435	0.000
2	0.997	0.014	0.100	0.060	0.000	0.000	0.000
3	0.983	0.096	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
4	0.975	0.162	0.120	0.080	0.000	0.000	0.000
5	0.968	0.228	0.060	0.030	0.000	0.000	0.000
6	0.950	0.134	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
7	0.946	-0.097	0.200	0.100	0.000	0.000	0.000
8	0.941	-0.060	0.200	0.100	0.000	0.000	0.000
9	0.935	-0.134	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
10	0.929	-0.196	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
11	0.928	-0.189	0.045	0.030	0.000	0.000	0.000
12	0.927	-0.179	0.060	0.035	0.000	0.000	0.000
13	0.921	-0.270	0.060	0.035	0.000	0.000	0.000
14	0.918	-0.349	0.120	0.080	0.000	0.000	0.000
15	0.917	-0.386	0.060	0.010	0.000	0.000	0.000
16	0.916	-0.410	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
17	0.914	-0.487	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
18	0.913	-0.496	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
19	0.997	0.004	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
20	0.993	-0.063	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
21	0.992	-0.083	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
22	0.992	-0.103	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
23	0.979	0.065	0.090	0.050	0.000	0.000	0.000
24	0.973	-0.024	0.420	0.200	0.000	0.000	0.000
25	0.969	-0.068	0.420	0.200	0.000	0.000	0.000
26	0.948	0.173	0.060	0.025	0.000	0.000	0.000
27	0.945	0.229	0.060	0.025	0.000	0.000	0.000
28	0.934	0.312	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
29	0.926	0.390	0.120	0.070	0.000	0.000	0.000
30	0.922	0.496	0.200	0.600	0.000	0.000	0.000
31	0.918	0.411	0.150	0.070	0.000	0.000	0.000
32	0.917	0.388	0.210	0.100	0.000	0.000	0.000
33	0.917	0.380	0.060	0.040	0.000	0.000	0.000
Total			3.715	2.300	3.918	2.435	0.000

Total Loss Power (MW) >> 0.197

شکل ۱: پخش بار شبکه در حالت عادی

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
Maximum Power Mismatch = 1.13184e-08
No. of Iterations = 4

Bus No.	Voltage Mag.	Angle Degree	Load MW	Load Mvar	Generation MW	Generation Mvar	Inject Mvar
1	1.000	0.000	0.000	0.000	4.059	-2.477	0.000
2	0.998	-0.150	0.100	0.060	0.000	0.000	0.000
3	0.992	-0.957	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
4	0.990	-1.557	0.120	0.080	0.000	0.000	0.000
5	0.988	-2.187	0.060	0.030	0.000	0.000	0.000
6	0.992	-3.774	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
7	0.989	-3.984	0.200	0.100	0.000	0.000	0.000
8	0.984	-3.951	0.200	0.100	0.000	0.000	0.000
9	0.978	-4.018	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
10	0.973	-4.075	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
11	0.972	-4.069	0.045	0.030	0.000	0.000	0.000
12	0.971	-4.059	0.060	0.035	0.000	0.000	0.000
13	0.965	-4.143	0.060	0.035	0.000	0.000	0.000
14	0.963	-4.214	0.120	0.080	0.000	0.000	0.000
15	0.961	-4.248	0.060	0.010	0.000	0.000	0.000
16	0.960	-4.270	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
17	0.958	-4.340	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
18	0.957	-4.349	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
19	0.998	-0.161	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
20	0.994	-0.228	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
21	0.994	-0.247	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
22	0.993	-0.267	0.090	0.040	0.000	0.000	0.000
23	0.988	-0.987	0.090	0.050	0.000	0.000	0.000
24	0.982	-1.074	0.420	0.200	0.000	0.000	0.000
25	0.978	-1.118	0.420	0.200	0.000	0.000	0.000
26	0.994	-4.106	0.060	0.025	0.000	0.000	0.000
27	0.996	-4.568	0.060	-4.975	0.000	0.000	0.000
28	0.985	-4.494	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000
29	0.977	-4.424	0.120	0.070	0.000	0.000	0.000
30	0.974	-4.329	0.200	0.600	0.000	0.000	0.000
31	0.970	-4.405	0.150	0.070	0.000	0.000	0.000
32	0.969	-4.426	0.210	0.100	0.000	0.000	0.000
33	0.969	-4.433	0.060	0.040	0.000	0.000	0.000
Total			3.715	-2.700	4.059	-2.477	0.000

Total Loss Power (MW) >> 0.070

شکل ۲: پخش بار شبکه پس از جبران‌سازی

جمع بندی

در حال حاضر برنامه های پاسخگویی بار در سیستم قدرت ایران به طور موثر اجرا نمی‌شود. کاهش در مصرف بیشتر جنبه اجباری داشته و در مواقع ضروری که میزان تولید شبکه جوابگوی بارها نباشد، بیشتر در صنایع بزرگ اجرا می‌شود. اما استفاده از خازن به عنوان تولیدکننده بار راکتیور به منظور تنظیم و کنترل ولتاژ و جلوگیری از نوسانات قدرت درشبکه ها و اصلاح ضریب توان در مصرف کننده ها به علت ارزانی و سادگی سیستم آن، بسیار متداول است.

با توجه به نتایج شبیه سازی به دست آمده در نرم افزار متلب، به کار بردن برنامه های پاسخگویی بار در شبکه قدرت و همچنین استفاده از جبران‌کننده‌های خازنی، در صورت جایابی صحیح و بهینه، به عنوان یکی از روش های کارآمد برای کاهش تلفات شبکه و بهبود پروفیل ولتاژ قابل استفاده می باشد.

مراجع اصلی

1. *Albadi, M. H.; E. F. El-Saadany (2007). "Demand Response in Electricity Markets: An Overview". IEEE.*
2. *Hingorani, Narain G.; Gyugyi, Laszlo (2017-12-18). "Static Shunt Compensators: SVC and STATCOM". Wiley-IEEE Press Books*
3. *Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems, Wiley-IEEE Press, December 1999*