

ارائه یک روش عملی جهت تعیین منشاء فلیکر و روشهای جبران آن در سیستم های قدرت

بهزاد میرزائیان دهکردی

دانشگاه اصفهان، دانشکده مهندسی، گروه الکترونیک

mirzaeian@eng.ui.ac.ir

امیر فرخ پیام

دانشگاه صنعتی اصفهان

amir_farokh@yahoo.com

مسعود حیرانی اصفهانی

شرکت پژوهنده نیرو

eprad@epradco.com

خلاصه مقاله - در این مقاله بر اساس نفوذ فلیکر در شبکه قدرت روشی عملی به منظور تعیین جهت فلیکر در سیستم قدرت ارائه می شود. در ادامه و با توجه به تشخیص منبع آلوده کننده دو روش به منظور جبران اثرات فلیکر مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج شبیه سازی و تست عملی صحت و قابلیت عملکرد روشهای ارائه شده را تأیید می نماید.

کلید واژه - فلیکر، خازن سری، خازن سری - موازی

۱- مقدمه

یکی از مسائل مهم در شبکه قدرت پایین نگره داشتن سطح فلیکر است. چرا که یک منبع فلیکر اغلب اوقات بر تعداد وسیعی از مشترکین اثر می گذارد. منابع فلیکر وسایلی مانند کوره های القایی، ماشین های جوشکاری و بارهای سریع قطع و وصل شونده هستند که به شبکه فشار قوی متصلند. روشهای ارائه شده جهت کاهش فلیکر علاوه بر تقویت شبکه شامل، ایزوله کردن منبع فلیکر یا نصب یک وسیله جبران مانند SVC است. یافتن منبع فلیکر هم برای شبکه و هم برای مشترک مهم و تأثیرگذار است. به منظور تعیین جهت منشاء فلیکر نسبت به

نقطه اندازه گیری روش هایی پیشنهاد شده اند که از جمله می توان به [۱] - [۶] اشاره نمود. در [۱] روشی برای تعیین منبع فلیکر ارائه شده است. در [۲] روشهایی جهت محاسبه سمت منبع فلیکر معرفی شده است. در [۳] نیز سه روش محاسباتی دیگر برای تعیین جهت فلیکر ارائه شده است. در [۴] بر اساس دامنه مؤلفه های متناسب سیگنال روشی ساده جهت تعیین محل فلیکر نسبت به نقطه اندازه گیری ارائه شده است. در [۵] و [۶] مؤلفین مقاله حاضر بر اساس مفاهیم توان متوسط و انرژی فلیکر روشهای دقیقی به منظور تعیین منشاء فلیکر ارائه داده اند. ولی به علت اینکه داده های اندازه گیری مورد نیاز این روش ها به منظور تعیین منبع فلیکر توسط دستگاههای موجود امکان پذیر نمی باشد و لذا برای اطلاعات ثبت شده امکان تعیین منبع فلیکر با استفاده از روشهای ذکر شده به طور دقیق میسر نمی باشد. بر اساس این واقعیت و بر اساس نفوذ فلیکر در شبکه قدرت، در این مقاله ابتدا روش عملی به منظور تعیین منبع فلیکر در سیستم قدرت ارائه می گردد. لازم به ذکر است که در این روش عامل اصلی ایجاد کننده فلیکر در شبکه قدرت

$$V = \left| V_{th} \right| - (R_{th} I_w + X_{th} I_M) \quad (1)$$

$$= \left| V_{th} \right| - \frac{1}{3V^*} (PR_{th} + QX_{th})$$

که در آن:

I_w : مؤلفه اکتیو جریان

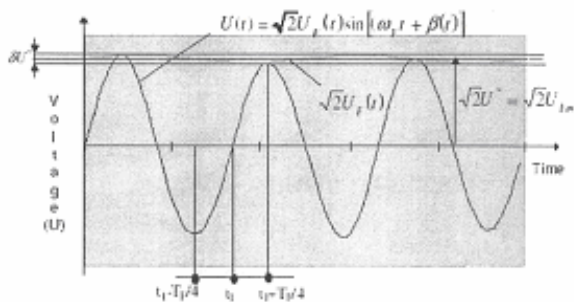
I_M : مؤلفه راکتیو جریان

آنچه از این رابطه فهمیده می شود آن است که تغییرات ولتاژ به تغییرات بار اکتیو و راکتیو بستگی دارد. تغییر ولتاژی که بدلیل تغییر بار با زمان به وجود می آید با رابطه زیر بیان می شود:

$$\delta V \cong \frac{1}{3V^*} (R_{th} \delta P + X_{th} \delta Q) \quad (2)$$

$$= R_{th} \Delta I_w + X_{th} \Delta I_M = \delta(\Delta V)$$

در مورد بارهای ثابت ($\delta V = 0, \delta Q = 0, \delta P = 0$) خواهد بود. اما معمولاً در بارهای قوسی توان راکتیو به شدت تغییر می کند و لذا δV تابعی از تغییرات توان راکتیو می باشد. در شکل (۲) تغییرات پرریودیک ولتاژ نشان داده شده است.



شکل (۲): تغییرات پرریودیک دامنه ولتاژ

مقدار مؤثر ولتاژ در زمان t_1 به صورت زیر است:

$$v_f(t_1) = \sqrt{\frac{2}{T_f} \int_{t_1 - \frac{T_f}{4}}^{t_1 + \frac{T_f}{4}} V^2(t) dt} \quad (3)$$

که $\omega_f = \frac{2\pi}{T_f}, T_f = 20ms$, مقدار میانگین این مقدار مؤثر به صورت زیر است:

$$V_{fm} = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} \int_0^T V_f(t) dt \right] = V^* \quad (4)$$

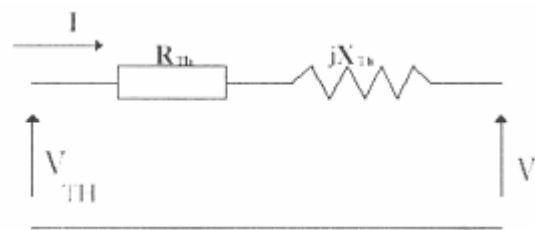
شناسایی شده و نیاز به اندازه گیری همزمان از نقاط به هم پیوسته دارد. به منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی، منشاء ایجادکننده و جهت نفوذ فلیکر در پست محلات که اندازه گیری همزمان بر روی فیدرها و بارهای مهم متصل به آنها تعیین شده، ارائه شده و سپس به منظور جبران و بهبود فلیکر در سیستم قدرت روش های استفاده از خازن سری و سری - موازی مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد.

۲- فلیکر

مصرف کنندگان انرژی الکتریکی مانند لامپها که از شبکه توزیع عمومی تغذیه می شوند، به منظور کارکرد درست نیاز به یک ولتاژ مؤثر ثابت دارند. مشترکینی که توان مصرفی متغیر دارند باعث تغییرات دامنه ولتاژ می شوند. تغییرات پرریودیک سریع ولتاژ که نوسانات ولتاژ نیز نامیده می شود دارای اثری به نام فلیکر است. این اثر به صورت نوسانات قابل مشاهده با چشم ظاهر شده و چشم انسان را آزار می دهد.

۲-۱- منشاء اصلی فلیکر

شکل (۱) مدار معادل تونن شبکه را نشان می دهد.



شکل (۱): مدار معادل تونن شبکه

در خصوص تغییرات ولتاژی که منشاء فلیکر هستند از مدل معادل تونن فوق استفاده می شود.

مقدار ولتاژ در سمت مشترک، کوچکتر از ولتاژ تونن است که این بدلیل افت ولتاژی است که بوسیله جریان مشترک (با فرض پس فاز بودن) روی امپدانس (مقاومت و راکتانس) شبکه ایجاد می شود. افت ولتاژ بر روی یک فاز با رابطه زیر نشان داده می شود.

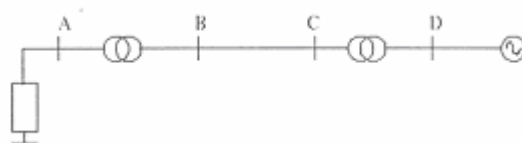
چشم انسان نه تنها به تغییرات ولتاژ حساس است بلکه به فرکانس این تغییرات نیز حساس می باشد.

۲-۲- عوامل تولید و مشترکین تولید کننده فلی کر

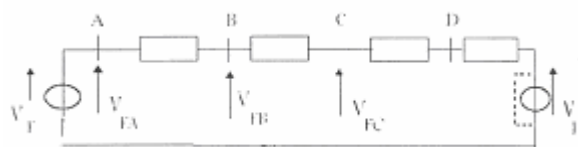
- سوئیچ کردن سریع بارهای بزرگ (مانند پرسهای اتوماتیک)
- راه اندازی موتورهای با توان بالا (خصوصاً با کارکرد پرودیک)
- بارهای نوسانی (مانند کوره های الکتریکی کنترل شده توان بالا)
- تجهی زات جوشکاری
- کوره های قوس الکتریکی

۳- نفوذ فلیکر در شبکه

به منظور بررسی فلیکر در شبکه قدرت، شبکه شکل (۳) بررسی شده است. ابتدا حالتی در نظر گرفته می شود که منبع فلیکر در سمت فشار ضعیف باشد. با توجه به شکل (۴) اعوجاج تولید شده در سمت فشار ضعیف به سمت فشار م توسط شبکه نفوذ پیدا می کند.



شکل (۳): دیاگرام تک خطی شبکه



شکل (۴): منبع فلیکر در سمت فشار ضعیف

V_H ولتاژ تونن شبکه، نقاط B و C در سمت فشار متوسط شبکه (یا فشار قوی) و نقطه A در سمت فشار ضعیف شبکه می باشد. V_F اختلالی است که توسط دست گاههای مشترک در سمت فشار ضعیف تولید می شود. تأثیر این اختلال در سمت ولتاژ مرجع V_H بسیار کمتر است، زیرا V_F با توجه به امپدانس های شبکه تا رسیدن به سمت تغذیه تقسیم می شود. بنابراین رابطه بین سطوح فلیکر در نقاط A, B, C به صورت زیر است:

$$V_{FA} :: V_{FC} = \frac{1}{S_{CA}} : \frac{1}{S_{CB}} : \frac{1}{S_{CC}} \quad (۸)$$

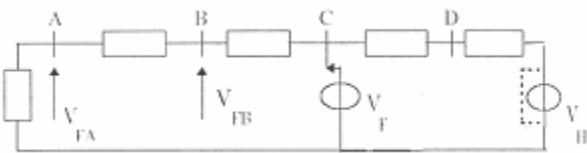
که S_{CC}, S_{CB}, S_{CA} قدرت اتصال کوتاه بین ولتاژ مرجع (V_H) و نقاط C, B, A است. اگر فقط باس بارهای A, B در نظر گرفته شود داریم:

$$\frac{V_{FA}}{V_{FB}} = \frac{S_{CB}}{S_{CA}} \quad (۹)$$

از آنجا که فلیکر متناسب با تغییرات ولتاژ است، سطوح فلیکر اندازه گیری شده در دو نقطه A, B به صورت زیر است.

$$P_{st}^{(B)} = P_{st}^{(A)} \cdot \frac{S_{CA}}{S_{CB}} \quad (۱۰)$$

این رابطه را برای باس بارهای دیگر نیز می توان با استفاده از پارامترهای خود آنها نوشت. همانگونه که در روابط قبل نیز مشاهده شد، اختلال تولید شده در سمت فشار ضعیف در قسمت فشار متوسط کاهش یافته و تأثیر آن محلی است. منابع فلیکر در سمت فشار متوسط و قوی قابل توجه نیستند. مدل شبکه در این حالت در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵): منبع فلیکر در سمت فشار متوسط و فشار قوی

V_H ولتاژ تونن شبکه، نقاط B, C, D در قسمت فشار متوسط و قوی و نقطه A سمت فشار ضعیف می باشد.

V_F در سمت فشار متوسط (نقطه C) تولید می شود. از آنجا که راکتانس بین نقطه C و A بسیار کوچکتر از راکتانس بین نقطه A و زمین است، V_F در نقطه A بدون تغییر باقی می ماند و داریم:

$$P_{st}^{(A)} \approx P_{st}^{(B)} \approx P_{st}^{(C)}$$

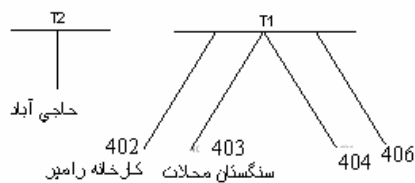
در نقطه D اثر V_F بسیار کمتر از حالتی می شود که منبع اختلال در سمت فشار ضعیف باشد. زیرا راکتانس بین نقاط D, C تقریباً مساوی با راکتانس بین D و زمین است، بنابراین رابطه زیر برقرار می شود:

$$P_{St}^{(D)} = P_{St}^{(C)} \frac{S_C^{(C)}}{S_C^{(D)}} \quad (10)$$

۴- تعیین منشاء فلیکر در پست محلات از شبکه برق منطقه ای باختر

با توجه به روش ارائه شده و با اندازه گیری همزمان از نقاط کارخانه رامپر، سنگستان محلات، پست محلات فیدر ۴۰۴، پست محلات فیدر ۴۰۶، پست محلات T₁ و حاجی آباد و با توجه به این مطلب که در سیستم قدرت هر چه از محل وقوع فلیکر دورتر شویم اثر فلیکر ضعیف تر می شود نتایج زیر حاصل می شود:

جدول (۱) فلیکر غیرمجاز فاز a اندازه گیری شده در پست محلات را نشان می دهد. همانگونه که از مقادیر این جدول مشخص است و با توجه به توضیحات ارائه شده در بخش قبل و در نظر گرفتن کاهش نفوذ فلیکر به نسبت دور شدن از محل وقوع فلیکر، مشاهده می شود که معدن حاجی آباد از مهمترین منابع ایجاد فلیکر می باشد که به واسطه بالا بودن میزان P_{st} غیرمجاز در این فیدر نیاز به نصب SVC جهت کاهش و جبران اثرات این پدیده برای این فیدر می باشد. همچنین مقادیر غیرمجاز فلیکر برای فیدرهای ۴۰۶ و ۴۰۴ نیز زیاد می باشد، بر این اساس مقادیر غیرمجاز فلیکر نشان دهنده این است که اکثر فلیکر ایجاد شده در این شبکه که دیاگرام تک خطی آن نیز در شکل (۶) نشان داده شده است از سمت بارهای متصل به فیدرهای ۴۰۴ و ۴۰۶ می باشد.



شکل (۶): دیاگرام تک خطی پست محلات

جدول (۱): اطلاعات مربوط به فلیکر غیرمجاز فاز a پست محلات

Local Time	V1 Ramper	V1 Sangestan Mahalat	V1 Post 63 Mahalat 20kV 404	V1 406	T1	Haji Abad
2005-Sep-05 20:10	1.471253276					
2005-Sep-07 00:10	3.710069895					
2005-Sep-09 06:40	0.934307337					
2005-Sep-11 02:30	2.077373743					
2005-Sep-11 14:00			2.071681976			
2005-Sep-11 14:30			0.963937819			
2005-Sep-11 22:20			138.5099335			
2005-Sep-11 22:30			27.75592613			
2005-Sep-12 07:30		0.71356988				
2005-Sep-12 08:00						15.9431181
2005-Sep-12 10:00						1.187736511
2005-Sep-12 11:10						17.37350082
2005-Sep-12 11:30		1.396048188	1.966273785	0.899954379	1.974839926	
2005-Sep-13 07:20			0.827332973	3.504885912	1.11194253	
2005-Sep-13 15:50		0.869928181	0.889580905		0.885738075	
2005-Sep-13 17:30						16.74394608
2005-Sep-14 09:40						1.328359365
2005-Sep-14 11:10			1.514545202	1.678728104	1.539652705	
2005-Sep-14 11:30			2.014803886	2.369930267	1.887973666	
2005-Sep-14 18:40						0.869623482
2005-Sep-14 22:50						1.075934291
2005-Sep-15 13:10	صنعه ۲۵۸		۱۳۱۲ اردیبهشت ۸۵			۱۳۲۱۱۰۱۹
2005-Sep-16 09:40			10.4917078	1.625370145	10.3945322	
2005-Sep-18 10:00			0.884817779			

۱-۴- نتیجه گیری

با بررسی نتایج حاصل از به کارگیری روش ارائه شده و جداول بدست آمده برای پست محلات ملاحظه می شود که معدن حاجی آباد و بارهای متصل به فیدرهای ۴۰۴ و ۴۰۶ در پست محلات از منابع ایجاد فلیکر در این پست بوده و به خصوص معدن حاجی آباد نیاز به نصب تجهیزات مخصوص به منظور بهبود این پدیده ها دارد.

۱-۵- استفاده از خازن سری

در این بخش از مقاله پس از شبیه سازی سیگنال ولتاژ به همراه مؤلفه های فلیکر به مطالعه و بررسی عملکرد خازن سری در کاهش فلیکر در حضور بارهای مختلف پرداخته می شود. در این مطالعات تمامی شبیه سازیها با نرم افزار EMTDC انجام شده است.

۲-۵- شبیه سازی سیگنال ولتاژ به همراه مؤلفه های فلیکر

سیگنال ولتاژ همراه با مؤلفه های فلیکر در حالت مانا به صورت رابطه (۱۱) نمایش داده می شود.

$$V(t) = \sqrt{2} [V + \sum V_k \sin(2\pi f_k t)] \sin(2\pi f t) \quad (11)$$

در این رابطه f و V به ترتیب فرکانس و دامنه مؤلفه اصلی ولتاژ سیستم می باشد. V_k دامنه فلیکر و f_k فرکانس فلیکر می باشد که می تواند از ۰ تا ۳۰ هرتز متغیر باشد. رابطه (۱۱) را می توان به صورت زیر نیز نمایش داد.

$$V(t) = A \sin(2\pi f t) + A_k \cos(2\pi f_k^+ t) - A_k \cos(2\pi f_k^- t) \quad (12)$$

$$A = \sqrt{2} \times V \quad (13)$$

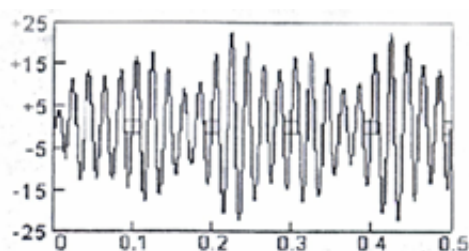
$$A_k = \frac{(\sqrt{2} \times V)}{2} \quad (14)$$

$$f_k^- = f - f_k \quad (15)$$

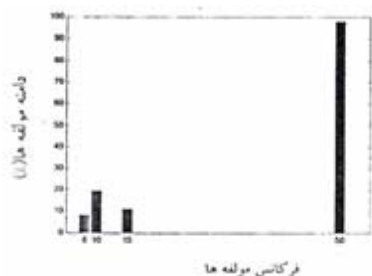
$$f_k^+ = f + f_k \quad (16)$$

در اینجا برای شبیه سازی سیگنال ولتاژ به همراه مؤلفه های فلیکر با استفاده از روابط (۱۲) تا (۱۶) دامنه و فرکانس سیگنال اصلی به ترتیب ۱۳/۵ کیلوولت و ۵۰ هرتز در نظر می گیریم. دامنه و فرکانس چند مؤلفه مهم فلیکر با نسبت (V_k, f_k) به ترتیب (۱۵Hz و ۱/۵kV)، (۱۰Hz و ۲/۲kV)، (۸Hz و ۱kV) فرض می شوند. درصد فلیکر ولتاژ به ترتیب برابر با ۱۱/۱۱، ۱۶/۲۹ و ۷/۴ درصد می باشد.

شکل (۷) شکل موج ولتاژ سیستم به همراه مؤلفه های فلیکر را که با استفاده از رابطه (۱۲) شبیه سازی شده است نشان می دهد. با استفاده از تبدیل فوریه مؤلفه های فلیکر موجود در سیگنال ولتاژ شکل (۷) استخراج می شوند که در شکل (۸) نمودار میله ای حاصل از تبدیل فوریه نشان داده شده است.



شکل (۷): شکل موج ولتاژ سیستم به همراه مؤلفه های فلیکر



شکل (۸): استخراج مؤلفه های فلیکر با استفاده از تبدیل فوریه

۶- خازن های سری و موازی

خازن ها در آخر خطوط و در نزدیکی بارها (عمدتاً بارهای القایی) و برای تأمین توان راکتیو با اهداف زیر نصب می شوند:

- کاهش مؤلفه های راکتیو جریان خطوط
- افزایش سطح ولتاژ در بار و بهبود تنظیم ولتاژ

- تصحیح ضریب قدرت سیستم و کاهش توان ظاهری
- کاهش هزینه فیدرها، پست ها، خطوط انتقال و خطوط توزیع

مشخصات ترانسفورماتورهای مدل ارائه شده در شکل (۹) در جدول (۲) آورده شده است. طول خط مربوط به بار حدود ۱۲ مایل و توان بار ۴۲۰۰ کیلوولت آمپر با ضریب قدرت ۰/۷ می باشد. بر اساس مشخصات ترانسفورماتورها و خط انتقال امپدانس بین بار و کوره قوسی معادل محاسبه شده است. برای مدل کردن خطوط انتقال در نرم افزار EMTDC از مدل J.Matri استفاده شده است.

جدول (۲): مشخصات ترانسفورماتورهای مدل ارائه شده در شکل (۹)

ترانسفورماتور	V	kVA	XT %
T1	۱۳/۸-۶۶ kV	۵۵۰۰	۵/۵
T2	۶۶-۰/۴ kV	۵۰۰	۴/۲۵
T3	۶۶-۴/۱۶ kV	۱۰۰۰	۳

تأثیر کوره الکتریکی روی شکل موج ولتاژ شبکه به صورت مؤلفه های فلیکر شبیه سازی می شود. برای شبیه سازی مؤلفه های فلیکر نسبت (V_k, F_k) را در رابطه (۱۲) به ترتیب $(۱۵\text{Hz}$ و $۱/۵\text{kV}$)، $(۱۰\text{Hz}$ و $۲/۲\text{kV}$) و $(۸\text{Hz}$ و ۱kV) در نظر گرفته می شود. علت انتخاب این مؤلفه ها این است که چون مؤلفه های با فرکانس ۷ تا ۱۵ هرتز اولاً دامنه بزرگتر، ثانیاً نقش بیشتری در آزدگی چشم انسان دارند. درصد فلیکر ولتاژ (ΔF) از رابطه (۱۹) بدست می آید:

$$\Delta F = \frac{V_{2PK} - V_{1PK}}{V_{2PK} + V_{1PK}} \times 100 \quad (19)$$

در رابطه (۱۹)، ΔF درصد ولتاژ فلیکر و V_{1PK} و V_{2PK} به ترتیب حداکثر و حداقل ولتاژ پیک موجود در شکل موج ولتاژ بار می باشد.

نتایج حاصل از شبیه سازی برای بارهای با ضریب قدرت مختلف و همچنین مقادیر گوناگون خازن در جدول (۳) آورده شده است.

از خازن های سری در خطوط انتقال و توزیع برای جبران سازی راکتانس سلفی و کاهش افت ولتاژ سلفی خطوط استفاده می شود. راکتانس سلفی خط با نصب خازن سری کاهش می یابد و باعث افزایش ظرفیت خط انتقال می شود به طوری که اگر راکتانس خط به یک سوم مقدار نامی کاهش پیدا کند توان انتقالی ۵۰ درصد زیادتر می شود.

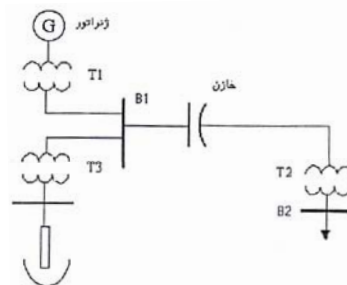
توان انتقالی در خط انتقال از رابطه (۱۷) محاسبه می شود:

$$P = \frac{ES EP \sin \delta}{X_L} \quad (17)$$

در رابطه (۱۷) E_R و E_S به ترتیب ولتاژ ابتدا و انتهای خط و X_L راکتانس خط و δ زاویه بین E_R و E_S می باشد. از دیگر کاربردهای خازن سری استفاده از آن به عنوان تنظیم کننده ولتاژ می باشد که علاوه بر تنظیم دامنه ولتاژ برای تصحیح ضریب توان نیز به کار می رود.

۶-۲- شبیه سازی اثر خازن سری

برای مطالعه و شبیه سازی اثر خازن در کاهش فلیکر ولتاژ از مدل شبکه نشان داده شده در شکل (۹) و سپس شبیه سازی آن دو نرم افزار EMTDC استفاده می شود.



شکل (۹): مدل شبکه مورد مطالعه

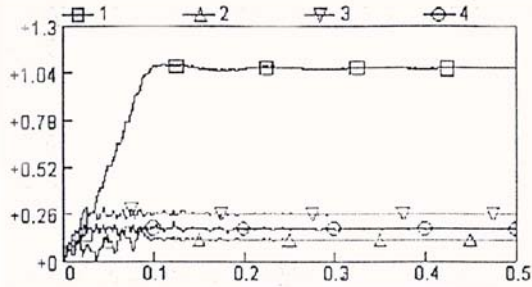
جدول (۳): نتایج شبیه سازی در نرم افزار EMTDC

PF	B1			B2			C(μ F)	Xc(Ω)
	V2PK (p.u)	V1PK (p.u)	ΔF (%)	V2PK (p.u)	V1PK (p.u)	ΔF (%)		
0.7	1.25	0.91	15.6	1.05	0.72	18.3	—	—
0.7	1.25	0.88	17.6	1.11	1.01	4.8	127.4	25
0.7	1.25	0.88	17.3	1.09	0.96	6.2	159.2	20
0.7	1.25	0.37	17.6	1.13	1.04	3.8	106.1	30
0.6	1.25	0.92	15.2	1.03	0.71	18.6	—	—
0.6	1.26	0.89	17.3	1.11	1.02	4.2	127.4	25
0.8	1.24	0.9	15.8	1.07	0.74	18.3	—	—
0.8	1.24	0.87	17.6	1.11	0.99	5.3	127.4	25
0.85	1.24	0.89	16	1.09	0.75	18.2	—	—
0.85	1.24	0.86	17.7	1.11	0.99	5.6	127.4	25
0.9	1.23	0.89	16.1	1.11	0.77	18.1	—	—
0.9	1.23	0.86	17.7	1.1	0.98	5.8	127.4	25

می باشد (بر اساس مشخصات داده شده) در نتیجه خواهیم داشت:

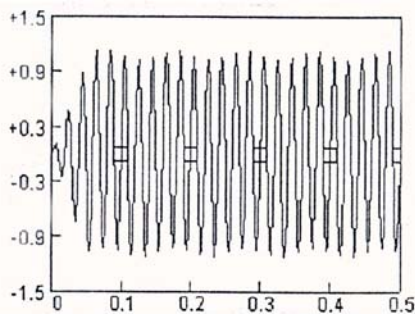
$$X_c = 25\Omega, \quad C = 127.35\mu F$$

در مرحله بعد خازن در نزدیکی شین B2 قرار می گیرد. با نصب خازن شکل موج ولتاژ دو سر بار با PF=0.7 به صورت شکل (۱۲) می باشد.



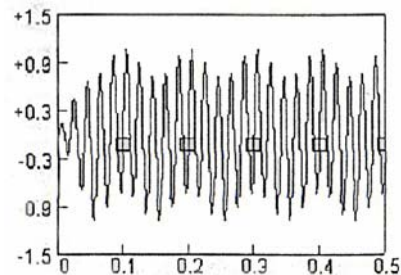
شکل (۱۱): شکل موج مؤلفه های فلیکر در شین B2 با اعمال تبدیل فوریه

با مشاهده شکل (۱۲) می توان دریافت که درصد فلیکر ولتاژ به مراتب کمتر شده است که طبق جدول (۴) درصد فلیکر ولتاژ در حالت نصب خازن به ۴/۸ درصد کاهش می یابد. با استفاده از تبدیل فوریه از شکل موج ولتاژ دو سر بار مشاهده می شود که مؤلفه های فلیکر به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافته اند. که این موضوع در شکل (۱۳) نشان داده می شود. در این شکل منحنی شماره ۱ دامنه مؤلفه اصلی شکل موج با فرکانس ۵۰ هرتز و منحنی های شماره ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب دامنه مؤلفه ها، فلیکر با فرکانس ۸ و ۱۰ و ۱۵ هرتز را نشان می دهد که برابر با ۱/۶ و ۳/۸ و ۲/۴ درصد می باشد.



شکل (۱۲): شکل موج ولتاژ دو سر بار در شین B2 با نصب خازن

شکل (۱۰) شکل موج ولتاژ دو سر بار (شین B2) با PF=0.7 در زمان پریود ذوب کوره و در زمانی که خازن در خط نصب نشده است را نشان می دهد. طبق جدول (۳) درصد فلیکر ولتاژ در شین B1 برابر ۱۵/۶ درصد و در شین B2، ۱۸/۳ درصد می باشد.



شکل (۱۰): شکل موج ولتاژ دو سر بار در شین B2 بدون نصب خازن

با استفاده از تبدیل فوریه، مؤلفه های فلیکر موجود در ولتاژ دو سر بار استخراج شده و در شکل (۱۶) نشان داده شده است. در این شکل منحنی شماره ۱ دامنه مؤلفه اصلی شکل موج با فرکانس ۵۰ هرتز و منحنی های شماره ۲ و ۳ و ۴ به ترتیب دامنه مؤلفه های فلیکر با فرکانس ۸ و ۱۰ و ۱۵ هرتز را نشان می دهد که برابر با ۷/۳ و ۱۷/۹ و ۱۱/۱ درصد می باشد.

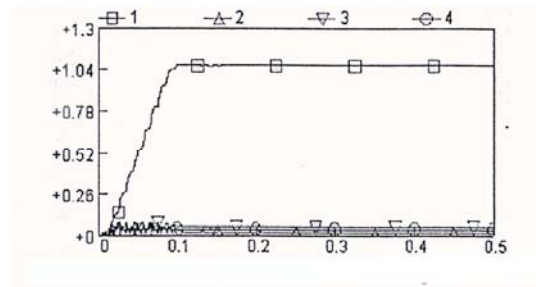
برای کاهش درصد فلیکر ولتاژ با استفاده از خازن سری مقدار ظرفیت خازن باید طوری محاسبه شود تا مؤلفه X_L ناشی از امیدانس خطوط و ترانسفورماتور را خنثی کند. در این شبیه سازی امیدانس معادل خطوط و ترانسفورماتور $X_L=25$ اهم

۳-۶- نتیجه گیری

استفاده از خازن سری برای کاهش فلیکر ولتاژ در یک سیستم نمونه در این مقاله ارائه شده است. با شبیه سازی سیستم نمونه توسط نرم افزار EMTDC و همچنین شبیه سازی شکل موج فلیکر با منظور کردن دامنه و فرکانسهائی که عمدتاً برای چشم آزردهائی ایجاد می کنند انجام شده است. شبیه سازی سیستم نمونه با استفاده از مدل های متداول در سیستم قدرت انجام شده است. بر اساس نتایج شبیه سازی نشان داده شده است که مقدار خازن سری در کاهش فلیکر ولتاژ به طور قابل ملاحظه ای تأثیر دارد. همچنین نشان داده شده است که بارهای با ضریب توان پائین تر (خاصیت سلفی بیشتر) تأثیر بیشتری در کاهش فلیکر ولتاژ اعمال شده به بار دارند.

مراجع

- [1] A.M.Dan, Identification of Flicker Sources, 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Vol 2, pp.1179-1181, Athens Greece, Oct 1998
- [2] P.Axelberg, J.Carlsson, Measurement Methods for Calculating of the Direction to a Flicker Source. Patent Application, 2002
- [3] P.Axelberg, Measurement Methods for Calculating of the Direction to a Flicker Source, Chalmers University of Technology, 2003
- [4] www. arbiter. Com /ftp / datasheets /1133a .Direction Harmonic Flicker_pdf
- [5] B.Mirzaeian, M.Moallem, A. Farrokh Payam, M.Heirani, A Mathematical Method to Determine the Direction of Flicker at the Point of Common Coupling, 13th ICEE2005 V0. 14, pp.449-455
- [6] A. Farrokh Payam, B.Mirzaeian, M.Moallem, A New Method for Determination of Flicker Direction Based on Energy Concept, AIESP 2006, Conference Proceeding.



شکل (۱۳): شکل موج مؤلفه های فلیکر در شین B2 با اعمال تبدیل فوریه پس از نصب خازن

اگر ظرفیت خازن نصب شده بزرگتر از مقدار محاسبه شده باشد طبق جدول (۴) چنانچه $X_C = 30\Omega$ باشد $\Delta F = 3.8\%$ می باشد که کاهش فلیکر ولتاژ نسبت به حالت قبل ($X_C = 25\Omega$) با کاهش بیشتری همراه بوده است اما مقدار افزایش X_C باعث اضافه ولتاژ قابل ملاحظه ای روی بار می باشد. اگر X_C خازن نصب شده کمتر از X_L محاسبه شده باشد طبق جدول (۴) برای $X_C = 20\Omega$ $\Delta F = 6.2\%$ که این مقدار بیانگر اینست که کاهش فلیکر ولتاژ کمتر صورت گرفته است. پس مقدار بهینه ظرفیت خازن نصب شده همان مقدار محاسبه شده است.

مقدار ضریب قدرت بار نیز می تواند در کاهش فلیکر ولتاژ دخالت داشته باشد. در این قسمت از بارهای با ضریب قدرت های مختلف برای اثبات موضوع فوق استفاده شده است که نتایج آن در جدول (۴) آورده شده است. همانطور که از مشاهده نتایج مشخص است برای بار با $PF=0.6$ ، $\Delta F = 4.2\%$ ولی برای بارهای $PF=0.8$ و $PF=0.85$ و $PF=0.9$ به ترتیب $\Delta F = 5.3\%$ ، $\Delta F = 5.6\%$ و $\Delta F = 5.8\%$ می باشد که می توان گفت برای بارهای با خاصیت سلفی بیشتر با مقدار خازن نصب شده یکسان، کاهش فلیکر بیشتر می باشد.