بررسی و بهبود کیفیت ولتاژ شبکه های ۴۰۰ ولت دارای آسانسورهای برقی
(مطالعه موردی: سیستم فشار ضعیف توزیع مشهد)

حمیدرضا محمد زاده[۱] **علی اکبر قره ویسی[۲و۳]**

H.Mohammadzade@krec.ir *a_gharaveisi@yahoo.com*

۱- دفتر کیفیت توان، شرکت برق منطقه ای خراسان

۲- هسته پژوهشی بهینه سازی و کنترل دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- پژوهشکده انرژی مرکز بین المللی علوم پیشرفته و تکنولوژی و علوم محیطی

واژه های کلیدی : کیفیت توان، فلش ولتاژ، آسانسور برقی،محرکه الکترونیکی

چکیده

با توجه به رشد عمودی شهرنشینی و توسعه آپارتمانها در شهرهای بزرگ، اثرات آسانسورهای برقی بر کیفیت برق شبکه های فشار ضعیف از جمله مسائلی است که باید بطور جدی مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله با مطالعه بخشی از شبکه ٤٠٠ ولت سیستم فشار ضعیف شهر مشهد که به علت رشد عمودی دارای آسانسورهای برقی است ، نشان داده می شود که کیفیت برق شبکه تحت تاثیر پدیده فلش ولتاژ قرار می گیرد.

مدلسازی و شبیه سازی شبکه تحت مطالعه در محیط Simulink نرم افزار Matlab انجام می شود. در ضمن مجهز نمودن آسانسورهای برقی به محرکه های الکترونیکی به عنوان راهکار عملی بهبود کیفیت توان مد نظر می باشد که نتایج شبیه سازی درستی روش پیشنهادی مقاله را نشان می دهد.

۱- مقدمه

کیفیت انرژی الکتریکی یا کیفیت توان از مسائل مورد توجه شرکتهای برق و مصرف کنندکان انرژی الکتریکی می باشد [1]. به طور کلی می‌توان دلایل زیر را برای توجه روز افزون به مبحث کیفیت برق ذکر نمود.

الف) شبکه برق یک شبکه به هم پیوسته و مجتمع می‌باشد و با توجه به این مشخصه هرگونه خرابی و نقصان در اجزا شبکه تاثیر نامطلوبی بر روی عملکرد کلی شبکه خواهد گذاشت. در نتیجه اگر شبکه برق از کیفیت مطلوب برخوردار نباشد احتمال بروز اعوجاج زیاد می‌گردد.

ب) حساسیت تجهیزات الکتریکی جدید نسبت به تغییرات کیفیت برق بیشتر شده است. بسیاری از وسایل الکتریکی جدید از کنترل‌کننده‌های میکروپروسسوری و المانهای الکترونیک قدرت استفاده می‌کنند و این تجهیزات به بسیاری از انواع اعوجاج‌های موجود در شبکه قدرت حساس

می‌باشند. حساسیت این تجهیزات الکتریکی نیز به نوبه خود به عملکرد نامناسب تجهیزات منجر خواهد شد که با توجه به تعداد زیاد این وسایل به خصوص در مراکز صنعتی، بیمارستانی، آزمایشگاهی و مانند آنها مسائل خاصی را به دنبال خواهد داشت.

پ) آگاهی نسبت به مسائل کیفیت برق نزد مشترکین و مصرف کنندگان بالا رفته است و موضوعاتی از قبیل قطع برق، پایین بودن ولتاژ و پدیده‌های گذرای مربوط به کلیدزنی روزبه‌روز مورد توجه مشترکین بیشتری قرار گرفته و شرکت‌های برق را وادار می‌سازد که کیفیت برق تحویلی به مشترکین را بهتر سازند. این بدان معناست که مشترکین مانند گذشته فقط به داشتن برق اکتفا نمی‌کنند بلکه برقی با کیفیت بالا مورد نظر آنها می‌باشد. به نحوی که تمامی تجهیزات مدرن بکار گرفته شده به نحو مطلوب مورد استفاده قرار گیرند.

ت) دلیل اصلی و نهایی توجه به کیفیت برق مسائل اقتصادی است. مسائل اقتصادی برای شرکتهای برق، مشترکین و تولیدکننده‌های وسایل الکتریکی بسیار تاثیر گذار می باشد و کیفیت برق می‌تواند تاثیر اقتصادی مستقیمی روی بسیاری از مصارف مشترکین به خصوص مشترکین صنعتی داشته باشد. همانطور که گفته شد اخیرا تاکید بسیاری روی پیشرفت صنایع در استفاده از دستگاههای مدرن و اتوماتیک صورت می‌گیرد. این وسایل معمولا تجهیزاتی هستند که به صورت الکترونیکی کنترل شده و در نتیجه نسبت به کیفیت برق بسیار حساس خواهند بود.

در مراجع مختلف تعاریف کاملا متفاوتی برای واژه کیفیت برق وجود دارد. برای مثال شرکتهای برق ممکن است واژه کیفیت برق را مترادف با کلمه عدم قطعی برق فرض بنماید در عوض سازندگان وسایل الکتریکی ممکن است تعریف دیگری مانند این تعریف "مشخصاتی از شبکه قدرت که توانایی کارکرد مناسب را برای تجهیزات مهیا سازند" را برای واژه کیفیت برق ارائه دهند. در هر صورت به طور کلی می‌توان تعریف زیر را برای واژه کیفیت برق بکار گرفت[۲] :

"تغییر کمیات الکتریکی ولتاژ، فرکانس و جریان که باعث عملکرد نادرست بارهای الکتریکی گردد"

بسیاری از مقالات و مراجع علمی واژه کیفیت توان را متناظر کیفیت ولتاژ دانسته اند. یکی از مهمترین پدیده هایی که شرکتهای برق منطقه ای را در امر توزیع برق با مشکل مواجه ساخته ، پدیده فلش ولتاژ[1] می باشد. فلش ولتاژ کاهشی در دامنه ولتاژ به اندازه ۰،۱ تا ۰،۹ پریونیت است که برای مدت زمانی از ۰،۵ سیکل تا حدود یک دقیقه ادامه می یابد[۳]. از عوامل اصلی ایجاد فلش ولتاژ راه اندازی موتورها می باشد.

در این مقاله با توجه به رشد عمودی شهرنشینی و توسعه آپارتمانها در شهرهای بزرگ، اثرات آسانسورهای برقی بر کیفیت برق شبکه فشار ضعیف مورد بررسی قرار گرفته و سپس راهکارهای بهبود کیفیت توان برای جبران این ادوات ارائه می گردد. سیستم مورد مطالعه بخشی از سیستم توزیع شهر مشهد انتخاب شده است.

۲- فلش ولتاژ

همانگونه که گفته شد فلش ولتاژ کاهشی در دامنه ولتاژ به اندازه ۰،۱ تا ۰،۹ پریونیت است که برای مدت زمانی از ۰،۵ سیکل تا حدود یک دقیقه ادامه می یابد. فلش ولتاژ می تواند سبب صدمه به تجهیزات شبکه و عملکرد نامناسب آنها گردد[۳]. بطور خلاصه برخی از اثرات فلش ولتاژ به شرح زیر بیان است :

- از دست رفتن سنکرونیزم ماشینهای سنکرون.
- خاموشی لامپهای تخلیه ای.
- فرمان غلط قطع و وصل کنتاکتورها.
- عملکرد غلط ادوات تنظیم کننده.
- تغییر سرعت و یا توقف کامل موتورهای لکتریکی.

[1] - Voltage Sag

- خطا در محاسبات کامپیوتری.

۲-۱-عوامل بروز فلش ولتاژ

دو عامل اصلی بروز پدیده فلش ولتاژ وجود دارد. این دو عامل عبارتند از[۴] :

۱- بروز اتصال کوتاه دائمی در شبکه های توزیع شعاعی که هر فیدر دارای کلید وصل مجدد می باشد. عمل کلید وصل مجدد پس از برقدار نمودن بخش معیوب سبب می شود که در دیگر فیدرهای سالم فلش ولتاژ بروز نماید.

۲- راه اندازی موتورهای الکتریکی. یکی از اثرات نامطلوب موتورها، کشیدن جریانی در حدود چندین برابر جریان نامی در هنگام راه اندازی است. عبور این جریان از امپدانس شبکه برق رسانی ، سبب ایجاد فلش ولتاژ می کند. این پدیده در اثر ضریب قدرت بسیار کم موتورها در هنگام راه اندازی است که حدود ۰،۱۵ تا ۰،۳ می باشد. زمان لازم برای شتاب گرفتن موتور از زمان سکون تا رسیدن به دور نامی با دامنه فلش ولتاژ افزایش می یابد و حتی ممکن است یک فلش ولتاژ بزرگ سبب عدم راه اندازی موتور گردد[۵]. فلش ولتاژ ایجاد شده در اثر راه اندازی موتورهای الکتریکی ممکن است تا چندین ثانیه طول بکشد که این زمان به قدرت ، اینرسی و روش راه اندازی موتور و امپدانس شبکه بستگی دارد.

۲-۲- روشهای جبران فلش ولتاژ

روشهای مختلفی برای کاهش و مقابله با فلش ولتاژ وجود دارد. این راهکارها از دو نظر کلی مورد بررسی قرار می گیرند :

الف) راهکارهای مشترکین

ب)راهکارهای شرکت های برق منطقه ای

مشترکین برای جبران فلش ولتاژ به سیستمی نیاز دارند که پس از نیم سیکل عکس العمل نشان داده و توان مورد نیاز مشترک را برای مدت چند ثانیه تامین نماید تا فلش ولتاژ حذف شده و ولتاژ به مقدار عادی خود باز گردد. تمهیدات و لوازمی که مصرف کنندگان برای مقابله با فلش ولتاژ بکار می برند، عبارتند از :

- بهبود مشخصات تجهیزات الکتریکی
- استفاده از منابع تغذیه بدون وقفه
- بکار بردن ترانسفورماتورهای فرورزونانسی
- استفاده از ترکیب کننده های مغناطیسی
- بکار بردن واحد موتور – ژنراتور

شرکتهای برق منطقه ای نیز برای جلوگیری از بروز پدیده فلش ولتاژ و حفظ کیفیت برق تولیدی خود راهکارهای زیر را بکار می برند :

- استفاده از ذخیره کننده های مغناطیسی ابررسانا.
- جلوگیری از بروز خطا و بهبود عملیات رفع خطا.
- تنظیم وقفی رله های حفاظتی.
- استفاده از فیوزهای محدود کننده جریان.
- محدود نمودن مصرف کنندگانی که مسبب ایجاد فلش ولتاژ می باشند.

در ادامه مقاله پس از بررسی اثرات آسانسورهای برقی که از عوامل ایجاد فلش ولتاژ معرفی می شوند، راهکاری ارائه می گردد که با اعمال آن اثرات نامناسب فلش ولتاژ حاسله از آسانسورهای برقی جبران می شوند.

۳- بررسی تاثیر آسانسورها بر کیفیت ولتاژ

افزایش روزافزون جمعیت از یک طرف و محدود بودن زمینهای شهری از طرف دیگر باعث شد که رشد عمودی در شهرهای بزرگ اجتناب ناپذیر باشد. یکی از لوازم مهم که در اکثر آپارتمانها استفاده می شود آسانسور برقی است. در این بخش پس از مدلسازی آسانسورهای مورد استفاده در آپارتمانهای مسکونی با شبیه سازی نمونه ای از سیستم فشار ضعیف ۴۰۰ ولت توزیع اثرات افزایش آسانسورهای برقی را بر کیفیت برق بررسی می نماییم.

۳-۱- مدلسازی آسانسور

در بررسی یک آسانسور برقی مهمترین قسمت موتور آن است که امروزه موتور آن از نوع القایی می باشد. معادلات یک ماشین القایی با روتور قفس سنجابی را می توان به صورت زیر نوشت[۵] :

$$\begin{aligned} v_{ds} &= R_s i_{ds} - \omega_s((L_{s\sigma} + L_m) i_{qs} - L_m i_{qr}) \\ v_{qs} &= R_s i_{qs} + \omega_s((L_{s\sigma} + L_m) i_{ds} - L_m i_{dr}) \\ 0 &= R_r i_{dr} - s\omega_s((L_{r\sigma} + L_m) i_{qr} - L_m i_{qs}) \\ 0 &= R_r i_{qr} + s\omega_s((L_{r\sigma} + L_m) i_{dr} - l_m i_{ds}) \end{aligned} \qquad (۱)$$

در ضمن میزان توان حقیقی و راکتیو یک ماشین القایی از روابط زیر بدست می آید.

$$\begin{aligned} P &= v_{ds} i_{ds} + v_{qs} i_{qs} \\ Q &= v_{qs} i_{ds} - v_{ds} i_{qs} \end{aligned} \qquad (۲)$$

موتور از طریق روتورش به جعبه دنده متصل شده و توان مکانیکی آسانسور را تامین می نماید.

برای مدلسازی دینامیکی موتور القایی معادلات زیر استفاده شده است[5]:

$$\begin{aligned} P\varphi_{ds} &= \omega_b(V_{ds} - R_s i_{ds} - \varphi_{qs}) \\ P\varphi_{qs} &= \omega_b(V_{qs} - R_s i_{qs} + \varphi_{qs}) \\ P\varphi_{qr} &= \omega_b(V_{qr} + R_r i_{qr}) + (\omega_b - \omega_m)\varphi_{dr} \\ P\varphi_{dr} &= \omega_b(V_{dr} + R_r i_{dr}) - (\omega_b - \omega_m)\varphi_{qr} \end{aligned} \qquad (۳)$$

لازم به ذکر است در معادلات فوق تمام مقادیر به قسمت استاتور انتقال داده شده اند. در اثر بارگیری از موتور گشتاور الکترومکانیکی به عنوان گشتاور عمل کرده خواهد بود که مقدار این گشتاور در سیستم پریونیت از رابطه زیر بدست می آید[۵] :

$$Te = \varphi_{ds} i_{qs} - \varphi_{qs} i_{ds} \qquad (۴)$$

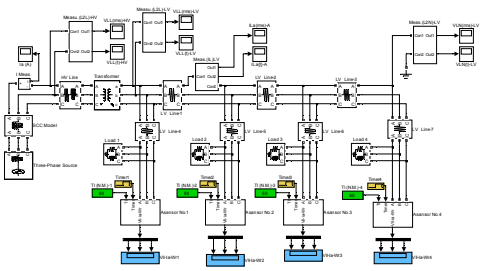
برای شبیه سازی حرکت روتور موتور القایی رابطه (۵) استفاده می گردد.

$$P\omega_m = \frac{\omega_b}{H}(T_e - T_L) \qquad (۵)$$

که در رابطه فوق T_L گشتاور بار حاصل از آسانسور می باشد و لازم به ذکر است که تمامی کمیات روابط (۱) الی (۵) در مرجع[۵]بطور کامل ارائه شده است.

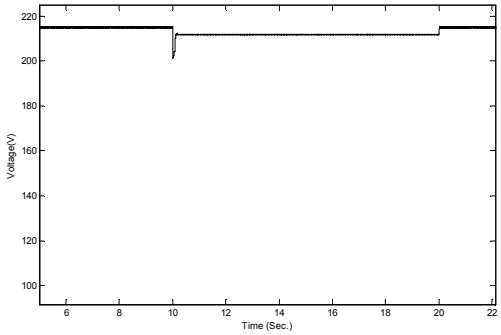
۳-۲- شبیه سازی شبکه ۴۰۰ ولت شامل آسانسور

شکل (۱) شبکه فشار ضعیف ۴۰۰ ولت مورد استفاده در این مقاله را نشان می دهد که در محیط Simulink نرم افزار Matlab شبیه سازی شده است. این سیستم از طریق فیدر ۲۰ کیلوولت شمال پارک شهر مشهد، به سیستم انتقال متصل می گردد و مقدار سطح اتصال کوتاه در محل سیستم اتصال برابر ۳۲۴،۲۲ مگاولت آمپر می باشد. حوزه تغذیه فیدر فشار ضعیف مورد مطالعه ۴۰۰ متر بوده و از طریق یک ترانسفورماتور ۲۰kv به 400v با ظرفیت ۲۵۰ کیلوولت آمپر تغذیه می شود.

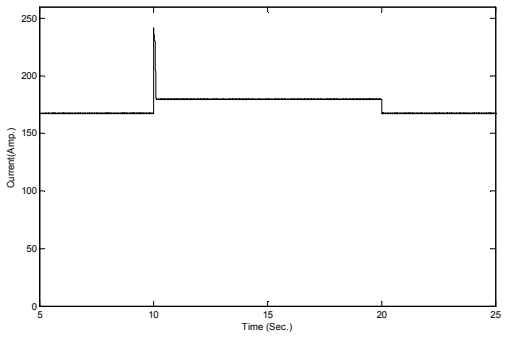


شکل(۱) : مدل شبکه ۴۰۰ ولت شهر مشهد در محیط Simulink

با فرض اینکه آسانسوری با توان ۷،۵ کیلو وات در شبکه فشار ضعیف مورد مطالعه راه اندازی شود شکل موجهای مقادیر موثر ولتاژ و جریان این شبکه در اشکال (۲) و (۳) نشان داده شده اند. همانطور که نتایج نشان می دهند مقدار فلش ولتاژ ۱۲ ولت (۰،۰۵ پریونیت) در مدت زمان ۰،۱ ثانیه می باشد که هنوز شدت قابل توجهی ندارد.

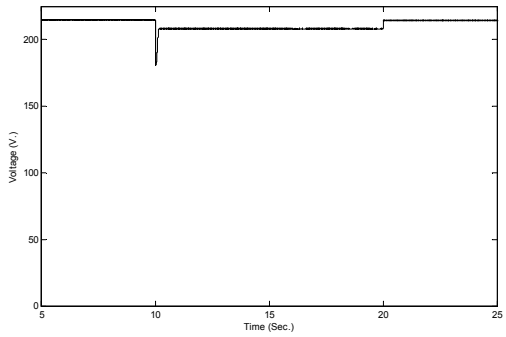


شکل(۲) : اثرات راه اندازی آسانسوری با ظرفیت ۷،۵ کیلو وات بر مقدار موثر ولتاژ فاز به نول شبکه مورد مطالعه

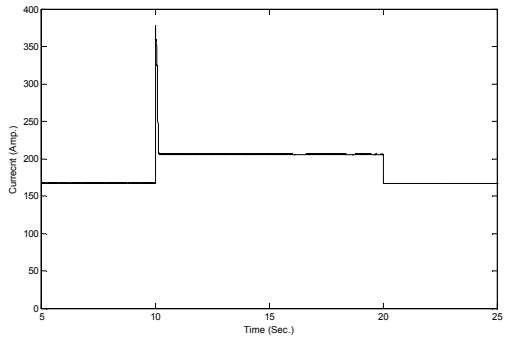


شکل(۳) : اثرات راه اندازی آسانسوری با ظرفیت ۷،۵ کیلو وات بر مقدار موثر جریان شبکه مورد مطالعه

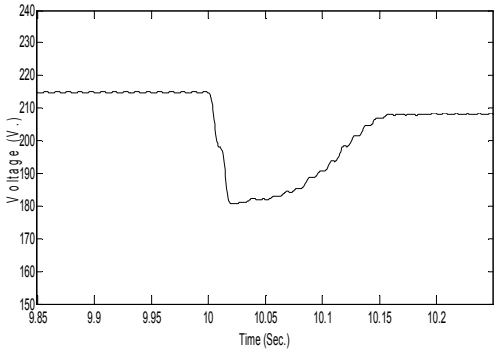
اکنون فرض می کنیم بار آسانسوری شبکه مورد مطالعه افزایش یافته و به ۱۰ درصد ظرفیت نامی ترانس یعنی ۲۵ کیلو وات برسد. این مهم متناظر با آن است که در حوزه تغذیه فیدر فشار ضعیف مورد مطالعه اکنون چهار آسانسور و یعنی چهار آپارتمان مسکونی وجود دارد. اشکال (۴) و (۵) به ترتیب مقادیر موثر ولتاژ و جریان حاصل از شبیه سازی فیدر را در این حالت نمایش می دهند. همانگونه که نتایج نشان می دهند فلش ولتاژی با دامنه ۴۵ ولت (۰،۲ پریونیت) در مدت زمان ۰،۱۵ ثانیه ایجاد شده که می تواند بسیار مخرب باشد. در شکل (۶) این پدیده واضح تر نشان داده شده است. با مطالعه منحنی جریان نشان داده شده در شکل (۵) دیده می شود که عامل بروز فلش ولتاژ جریان راه اندازی آسانسورها می باشد که تا ۲،۵ برابر جریان نامی آسانسورها افزایش داشته است.



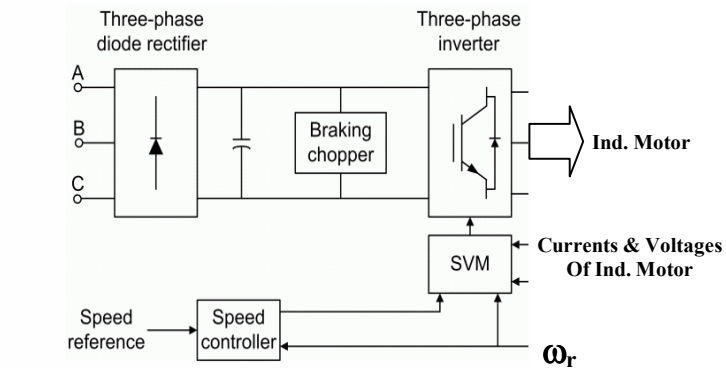
شکل(۴) : اثرات راه اندازی آسانسورهای با ظرفیت ۲۵ کیلو وات بر مقدار موثر ولتاژ شبکه مورد مطالعه



شکل(۵) : اثرات راه اندازی آسانسورهای با ظرفیت ۲۵ کیلو وات بر مقدار موثر جریان شبکه مورد مطالعه



شکل(۶) : شمایی بزرگتر از فلش ولتاژ موجود در شکل (۵)



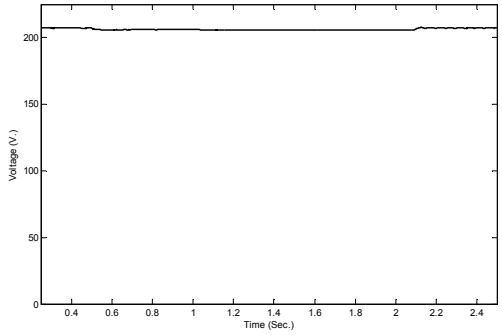
شکل(۷) : ساختار کلی محرکه الکترونیکی در جبرانسازی آسانسور

۴- جبران سیستم فشار ضعیف دارای آسانسور

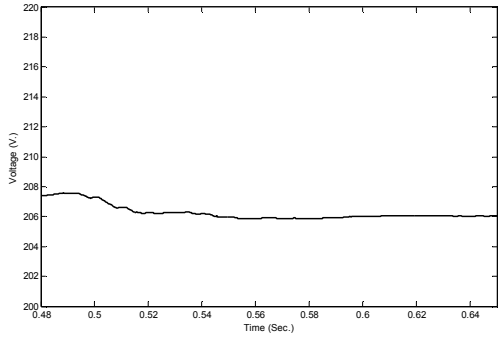
همانگونه که در بخش قبل دیدیم بروز پدیده فلش ولتاژ با توجه به رشد فزاینده کاربرد آسانسورهای برقی اجتناب ناپذیر می باشد. بنابراین باید قبل از آسیبهای جدی این مشکل مهار و جبران گردد. یکی از راهکارهای مقابله با پدیده فلش ولتاژ ترغیب مشترکین به بهبود مشخصات تجهیزات الکتریکی مورد کاربرد مشترک می باشد. روش بکار رفته در این مقاله نیز ترغیب کاربران آسانسورها در استفاده از محرکه های الکترونیکی در آسانسور برقی است. در این مقاله پارامترهای زیر سیستم های محرکه الکترونیکی طوری طراحی و انتخاب می گردند که این محرکه قابلیت راه اندازی و کنترل موتور ۷،۵ کیلووات یک آسانسور را داشته باشد.

۴-۲- شبیه سازی سیستم فشار ضعیف جبران شده

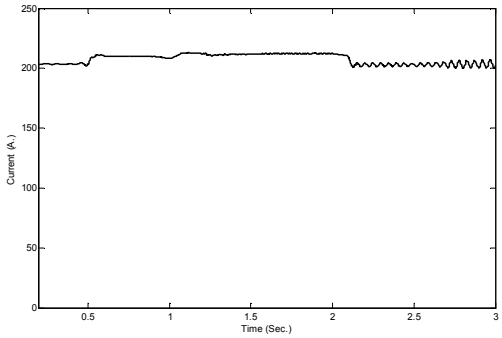
در این بخش آسانسورهای موجود در شبکه شکل (۱) را مجهز به محرکه الکترونیکی ارائه شده در شکل (۷) نموده و با شبیه سازی سیستم بدست آمده ، پدیده فلش ولتاژ را مطالعه می نماییم که نتایج شبیه سازی در اشکال (۸) و (۹) دیده می شود. با توجه به این شکل دیده می شود که مقدار فلش ولتاژ برابر ۳ ولت (۰،۰۱۵ پریونیت) می باشد که قابل صرف نظر بوده و کیفیت توان در اینحالت در اثر راه اندازی موتور خراب نشده است. در شکل (۱۰) نیز جریان خط شبکه فشار ضعیف را در اینحالت نشان مدهد.



شکل(۸) : اثرات راه اندازی آسانسور مجهز به محرکه الکترونیکی بر مقدار موثر ولتاژ شبکه مورد مطالعه



شکل(۹) : شمایی بزرگتر از شکل (۸)



شکل(۱۰) : اثرات راه اندازی آسانسور مجهز به محرکه الکترونیکی بر مقدار موثر جریان شبکه مورد مطالعه

۵- نتیجه گیری

با توجه به رشد عمودی شهرنشینی و توسعه آپارتمانها در شهرهای بزرگ، اثرات آسانسورهای برقی بر کیفیت برق شبکه فشار ضعیف از جمله مسائلی است که باید بطور جدی مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله با مطالعه بخشی از شبکه ٤٠٠ ولت سیستم فشار ضعیف شهر مشهد که به علب رشد عمودی دارای آسانسورهای برقی است ، نشان داده شد که کیفیت برق به شدت تحت تاثیر پدیده فلش ولتاژ قرار می گیرد. سپس مجهز نمودن آسانسورهای برقی به محرکه های الکترونیکی به عنوان راهکار عملی بهبود کیفیت توان مورد توجه قرار گرفت. در نهایت با مدلسازی و شبیه سازی شبکه تحت مطالعه درستی روش پیشنهادی ارزیابی گردید.

۶- مراجع

[1] R. Dugan & et al, “Electrical Power System Quality”, McGraw-Hill,1996.

[2] D. Caldron & et al, “Voltage Sag Effects on Continuous Industrial Processes”, Paper in @nd Int. Con. Power Quality, 1992, pp.1-7.

[3] M. McGranghan, D. Mueller, “Voltage Sags in Industrial Systems”, IEEE Trans. On Industry Application, Vol.29,No.2, 1993.

[4] ″ ارزیابی کیفیت توان″، نویسنده : جی آریلیاگا و دیگران ، مترجم : س. ح. حسینیان ، شرکت برق منطقه ای غرب.

[5] J.P. Lopes, F.P.M. Berbosa, C .Pidre ’Simulation of M.V. Network with Asynchronous local Generation Sourse’IEEE 1991.

[6] J.G. Olivier, G. Stone, “Implication of the Application of Adjustable Speed Drive Electronics to motor Stator Winding Insulation”, IEEE Insulation Magazine, pp.32-36, 1995.