تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی معادل با در نظر گرفتن منحنی حساسیت تجهیز

مرتضی قاسم‌پنژاد عارف درودی جابر علی‌پور

دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی برق-قدرت

دانشگاه شاهد

تهران، ایران

چکیده *— شکل فلش ولتاژ[1] برای شبکه ای که شامل تعداد زیادی موتور القایی است در اثر دینامیک موتور القایی غیر مستطیلی خواهد بود. همچنین فلش غیر مستطیلی منتجه، اساساً دارای یک دامنه متغیر با زمان است. بنابراین برای استفاده در جداول دامنه- دوره فلش که برای محاسبه تعداد خروج از مدار تجهیزات حساس بکار میروند مناسب نخواهد بود. در این مقاله، برای استفاده فلش در جداول دامنه- دوره، روش هایی برای تبدیل مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ به یک مشخصه مستطیلی معادل ارائه شد ه است. همچنین تبدیل مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ به یک مشخصه مستطیلی معادل براساس یکسانی اتلاف ولتا ژ بررسی شده است. نشان داده شده است که این شاخص در برخی موارد نمی تواند به خوبی عمل کند و این معیار برای تبدیل یک فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی معادل کاملاً مناسب نیست. ضمن تشریح چگونگی بدست آمدن منحنی تلورانس ولتاژ مستطیلی، استفاده از این منحنی در معادل کردن فلش غیر مستطیلی به یک فلش مستطیلی طی دو مرحله بررسی و روشی جدید پیشنهاد شده است.*

واژه‌های کلیدی *— کیفیت توان، فلش ولتاژ، منحنی تلورانس ولتاژ[2]، مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ، منحنی حساسیت کامپیوتر ها*

۱. مقدمه

فلش ولتاژ یکی از پد یده های مهم ک یفیت برق بوده که از طرف مشترکین و شرکت های برق بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱] .مراجع مختلف برای فلش ولتاژ تعریف تقریباً یکسانی ارائه کرده اند که براساس آنها فلش ولتاژ، کاهشی در دامنه مؤثر ولتاژ با طول دوره کوتاه مدت (۰/۵ سیکل تا ۱ دقیقه) است و علل به وجود آمدن فلش های ولتاژ خطاهای روی سیستم قدرت و راه اندازی بارهای با جریان راه اندازی بالا و یا منتقل کردن بار از یک فیدر به فیدر دیگر می باشند [۲-۳]. دامنه و طول دوره زمانی دو مشخصه اصلی فلش ولتاژ هستند. عموماً در مطالعات کیفیت برق فلش ولتاژ را به شکل مستط یلی در نظر گرفته و آن را تنها با یک دامنه و طول دوره زمانی مشخص م یسازند . اما فرض مستطیلی بودن شکل فلش ولتاژ برای شبکه‌ای که شامل تعداد زیادی موتور القایی است فرض درستی نخواهد بود. هنگامی که یک فلش ولتاژ در ترمینال یک موتور القایی بوجود می‌آید گشتاور و سرعت موتور به زیر مقادیر نامی کاهش پیدا میکنند . به محض اینکه فلش ولتاژ برداشته شود موتور القایی تلاش می کند که دوباره شتاب بگیرد و مقدار زیادی جریان مجدداً از منبع تغذیه میکشد . جاری شدن جریان از امپدانس منبع تغذیه باعث جلوگیری از بازیافت ولتاژ و دوره فلش ولتاژ طولانی تری میشود [۴]. در این حالت دیگر پروفایل ولتاژ مستطیلی نبوده و فلش ولتاژ بوجود آمده ممکن است باعث از مدار خارج شدن تجهیزات حساس شود در حالیکه فلش قبلی مشکلی را بوجود نمی - آورد [۵-۷]. فلش غیر مستطیلی منتجه ، اساساً دارای یک دامنه متغیر با زمان است. بنابراین برای استفاده در جداول دامنه- دوره فلش که برا ی محاسبه

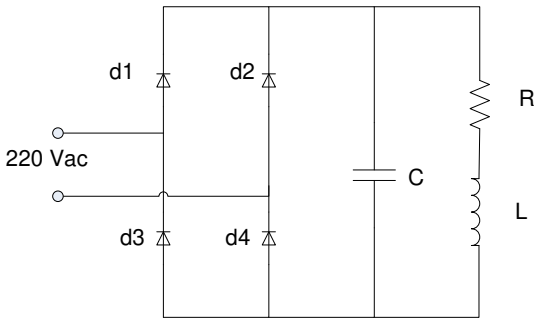
[1] -Voltage sag
[2] -Voltage tolerance curve

تعداد خروج از مدار تجهیزات حساس بکار میروند مناسب نخواهد بود[۸]. برای استفاده فلش در جداول دامنه- دوره، مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ باید به یک مشخصه مستطیلی معادل تبدیل شود. از سوی دیگر در روش-های نمایش و اندازه گیری متعارف کیفیت برق فرض می شود که پروفایل ولتاژ در طول فلش مستطیلی است. بنابراین فلش ولتاژ در حالت غیر مستطیلی نمی تواند تخمین زده شود. علاوه بر این، در این گونه روش ها منحنی حساسیت تجهیز (منحنی تلورانس ولتاژ) در نظر گرفته نمیشود . لذا تاثیر بر تجهیزات مطابق با مشخصه های تلورانس ولتاژ شان بدرستی منعکس نمی‌شود. در این مقاله، تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی با در نظر گرفتن منحنی حساسیت کامپیوترها (CBEMA) انجام خواهد گرفت. برای این کار ابتدا چگونگی بدست آمدن منحنی تلورانس ولتاژ مستطیلی ، شرح داده خواهد شد. سپس روش اتلاف ولتاژ [۵] که یکی از روش های تبدیل فلش غیر مستطیلی به مستطیلی است معرفی شده و معایب آن شرح داده خواهد شد. در این حالت نشان داده میشود که مدل تجهیز حساس با سرعت در این تبدیل بکار گرفته شود. در نهایت روش جدید جهت تعیین دامنه فلش مستطیلی معادل پیشنهاد میگردد . در این روش با در نظرگرفتن منحنی تلورانس ولتاژ کامپیوترها و همچنین با تعیین دقیق تر طول دوره فلش ولتاژ، فلش مستطیلی معادلی به دست میآید که میتواند براحتی در جداول دامنه-دوره فلش برای محاسبه تعداد خروج از مدار کامپیوترها بکار رود. روش بکار رفته براحتی می تواند برای هر گونه تجهیز حساس تعمیم داده شود. در پایان نتیجه گیری ارائه میشود

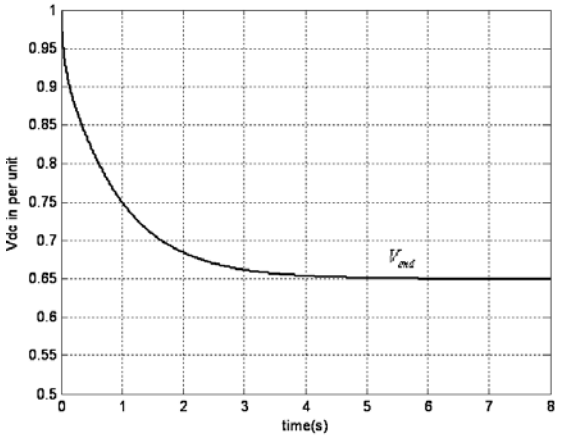
۲. بدست آوردن منحنی CBEMA

مفهوم منحنی تلورانس ولتاژ برای تجهیزات الکتریکی حساس در سال ۱۹۷۸ توسط Tomas key مطرح شد [۹]. منحنی تلورانس ولتاژ بدست آمده چندین سال بعد بعنوان منحنی CBEMA مشهور و شناخته شد. منحنی تلورانس ولتاژ بخش مهمی از استاندارد IEEE-۱۳۶۴ را شامل می-گردد [۱۰]. این استاندارد روشی برای مقایسه عملکرد تجهیزات با توجه به مسائل کیفیت منبع تغذیه ارائه کرده است. نمودار CBEMA با استفاده از آزمایش و داده های موجود بدست میآید . بهترین تفسیر از منحنی CBEMA را می توان با استفاده از ولتاژ استاندارد باس dc یکسوکننده بدست آورد. حالتی را در نظر بگیرید که یکسوکننده، تمام موج و بار آن یک RL سری است (شکل ۱). اگر ولتاژ باس dc تحت شرایط خطا بر حسب تابعی از دوره فلش ولتاژ رسم شود شکل ۲ به دست خواهد آمد. از شکل ۲ می‌توان منحنی V_{dc} را با یک تابع نمایی دوتایی نشان داد.

$$V_{dc}(t) = A + Be^{-bt} + Ce^{-ct} \qquad (۱)$$



شکل ۱ : یکسوکننده تمام موج با بار RL سری



شکل ۲. ولتاژ باس dc تحت شرایط خطا بر حسب تابعی از طول دوره فلش

پارامتر A مقدار نهایی $(t \to \infty)$ ولتاژ خروجی یکسوکننده است که با V_{end} نشان داده میشود . برای یکسوکننده تکفاز و در حالت فلش متقارن، پارامتر A همان عمق فلش ولتاژ ac است. اگر سه نقطه بر روی منحنی CBEMA استاندارد انتخاب شود می توان مقادیر RLC یکسو کننده را محاسبه کرد. ولتاژ dc یکسوکننده را می توان با برازش منحنی به صورت زیر بدست آورد.

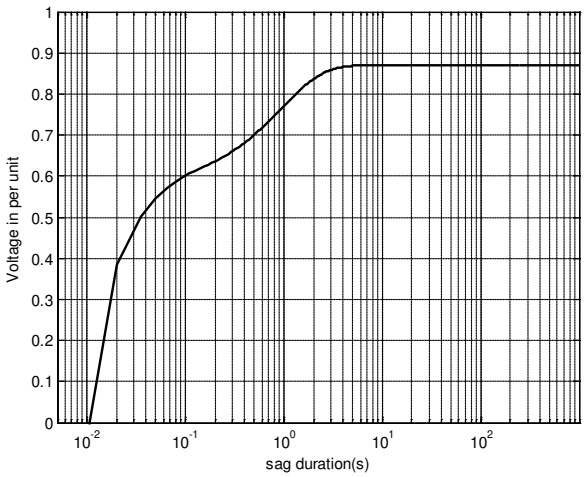
$$V_{dc}(t) = V_{end} + 0.288e^{-1.06t} + (0.712 - V_{end})e^{-23.7t} \qquad (۲)$$

بعنوان مثال، مقدار ولتاژ استاندارد را $V_{dc} \geq 0.87$ در نظر می‌گیریم (یعنی

مقدار $V_{\min}$ را برابر با ۰.۸۷ فرض می شود.) بنابراین وقتی که ولتاژ باس dc برابر با $V_{dc}=0.87$ در زمان T شد تجهیز از مدار خارج شده و این حالت غیر قابل قبول خواهد بود. بدست آوردن V_{end} برحسب T عبارت زیر را نتیجه خواهد داد.

$$V_{end}=\frac{0.87-0.288e^{-1.06T}-0.712e^{-23.7T}}{1-e^{-23.7T}} \qquad (۳)$$

این رابطه ریاضی برای قسمت زیر ولتاژ منحنی CBEMA است که در آن بر حسب پریونیت و برحسب ثانیه می باشد. که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳ . منحنی تلورانس ولتاژ با ولتاژ استاندارد ۰.۸۷

۳.تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی با استفاده از مفهوم اتلاف ولتاژ

هر گونه تبدیلی از فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی همراه با یک سری ساده سازی است و فلش مستطیلی معادل، تقریبی از آن فلش واقعی خواهد بود. یکی از راه های تبدیل فلش های ولتاژ غیرمستطیلی به مستطیلی استفاده از مفهوم اتلاف ولتاژ است [۱۱]. در این روش، فلش غیر مستطیلی ابتدایی و فلش مستطیلی معادل اتلاف ولتاژ یکسانی دارند. اتلاف ولتاژ به شکل زیر تعریف میشود :

$$Lv=\int_{t1}^{t2}\left(1-V\left(t\right)\right)dt \qquad (۴)$$

شکل ۴ روش تبدیل فلش ولتاژ بر اساس مفهوم اتلاف ولتاژ را نشان می‌دهد. در نظر بگیرید که یک موتور القایی در معرض یک فلش ولتاژ مستطیلی (نمایش داده شده با خطوط خط چین abcefijm در شکل۴) قرار گرفته است. در نتیجه دینامیک موتورالقایی، این فلش ولتاژ تبدیل به فلش غیرمستطیلی شده که با حروف abcfihm نشان داده شده است. اگرآستانه ولتاژ ۰/۹ پریونیت در نظر گرفته شود با استفاده از (۴) فلش ولتاژ غیرمستطیلی با سطح زیر ۰/۹ پریونیت به یک فلش مستطیلی هاشورخورده در شکل ۴ تبدیل می شود. فلش ولتاژ مستطیلی جدید، که با حروف abcdghk نمایش داده شده است معادل فلش غیر مستطیلی ابتدایی، بر مبنای اتلاف ولتاژ مساو ی می باشد. در فلش غیرمستطیلی ابتدائی که در شکل ۴ با خطوط پر نشان داده شده است فقط قسمت های زیر ۰/۹ پریونیت برای تبدیل مورد استفاده قرار گرفته است. نمودار bcefih بوسیله یک سری از نقاط تعریف شده است. سطح ز یر این نمودار به صورت ز یر است:

$$A_{non-rec-sag}=\sum_{i=1}^{n-1}\left[\left(\frac{v_{i+1}+v_i}{2}\right)\left(t_{i+1}-t_i\right)\right] \qquad (۵)$$

و دوره فلش از رابطه زیر بدست میآید

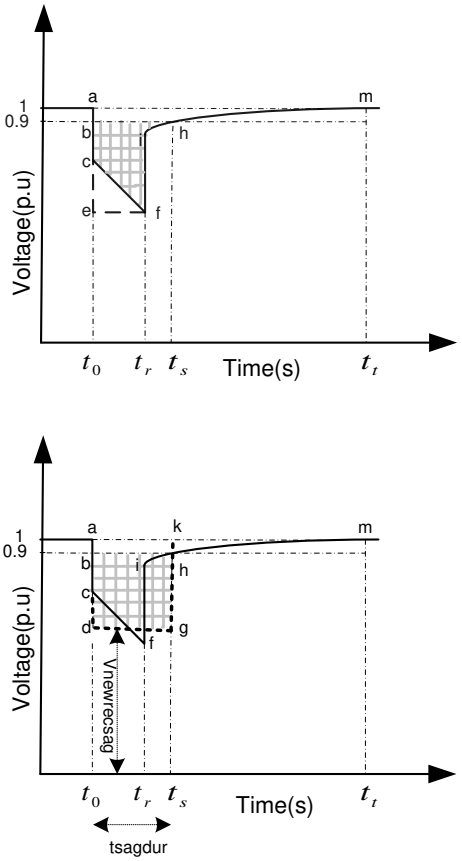
$$t_{sag-dur}=\sum_{i=1}^{n-1}\left(t_{i+1}-t_i\right) \qquad (۶)$$

طول دوره هر دو فلش ولتاژ مستطیلی معادل و غیرمستطیلی یکسان است در حالیکه دامنه فلش کاهش می‌یابد. دامنه فلش از رابطه زیر بدست میآید .

$$V_{newrecsag}=\frac{A_{nonrec}}{t_{sagdur}} \qquad (۷)$$

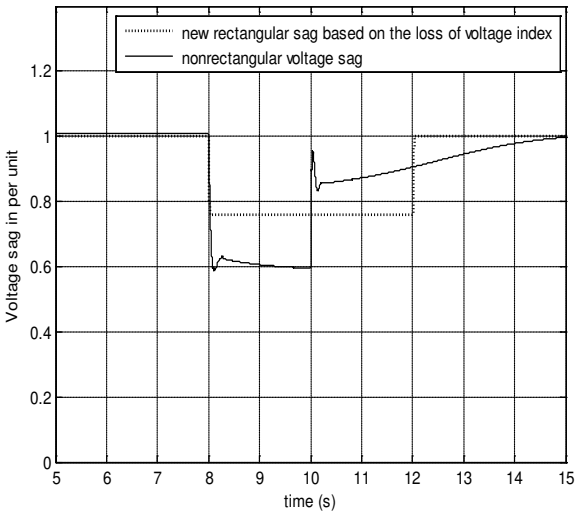
با استفاده از معادلات (۴) الی (۷) فلش ولتاژ غیر مستطیلی (bcefih) تبدیل به معادل مستطیلی با دامنه نشان داده شده در شکل ۴ شده است. همانطور که مشاهده م یشود فلش ولتاژ مستطیلی منتجه دامنه بزرگتر و ثابت نسبت به فلش ابتدائی داشته در حالیکه طول دوره هر دو فلش یکسان است. معادل گرفتن این دو فلش می بایستی از جهت دیگر این بازتاب گردد چرا که هدف اصلی، بکاربردن فلش مستطیلی در جداول دامنه–دوره زمانی فلش برای محاسبه تعداد خروج از مدار تجهیز حساس است و باید تاثیر این دو فلش بر تجه یز و مطابقت ا ین دو، با منحنی حساسیت تجه یز بررسی

گردد. برای نشان دادن این امر، فلش ولتاژ معادل مستطیلی بدست آمده از روش اتلاف ولتاژ و ولتاژ غیر مستطیلی به یکسو کننده اعمال شده است.

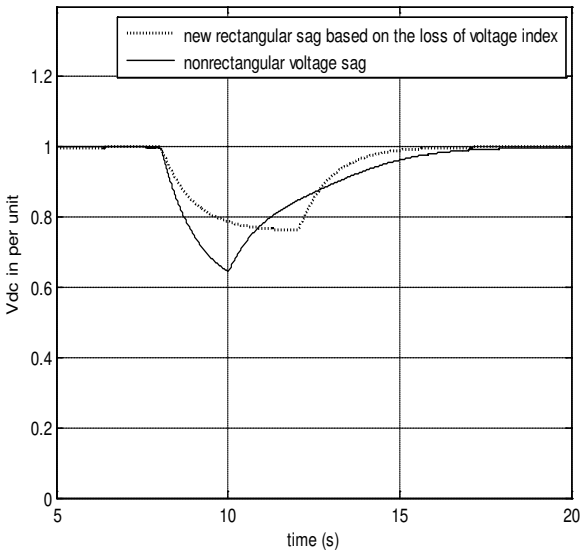


شکل ۴. روش تبدیل فلش ولتاژ بر اساس مفهوم اتلاف ولتاژ

فلش ولتاژ نوع F با دامنه ۶۰ درصد و طول دوره ۲ ثانیه که در تحت تاثیر موتور القایی به شکل غیر مستطیلی در آمده است استفاده شده‌است شکل ۵ نتایج شبیه سازی را نشان میدهد . نتایج نشان میدهد در حالیکه مشخصه فلش غیر مستطیلی کندتر به مقدار ولتاژ آستانه میرسد (بعلت دوره شتاب گیری مجدد موتور طولانی است)، اختلاف ولتاژهای dc یکسوکننده بیشتر میشود . در نتیجه فلش مستطیلی به دست آمده از این روش معادل مناسبی نبوده و نمی‌توان آن را در جداول مقایسه‌ای استفاده نمود.



الف



ب

شکل۵ . ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ نوع B با دامنه ۶۰ درصد در حضور موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش اتلاف انرژی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده

۴.تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی با در نظر گرفتن منحنی حساسیت تجهیز

در این روش با در نظرگرفتن منحنی تلورانس ولتاژ هر تجهیز و همچنین با تعیین دقیق تر طول دوره فلش ولتاژ، فلش مستطیلی معادلی به دست میآید که براحتی در جداول دامنه–دوره فلش برای محاسبه تعداد خروج از مدار آن تجهیز حساس بکار میرود . در ابتدا دامنه فلش ولتاژ

معادل با در نظرگرفتن منحنی تلورانس ولتاژ تجهیز بدست می‌آید و سپس تعریف طول دوره فلش اصلاح می‌شود.

۴.۱. به دست آوردن دامنه فلش معادل

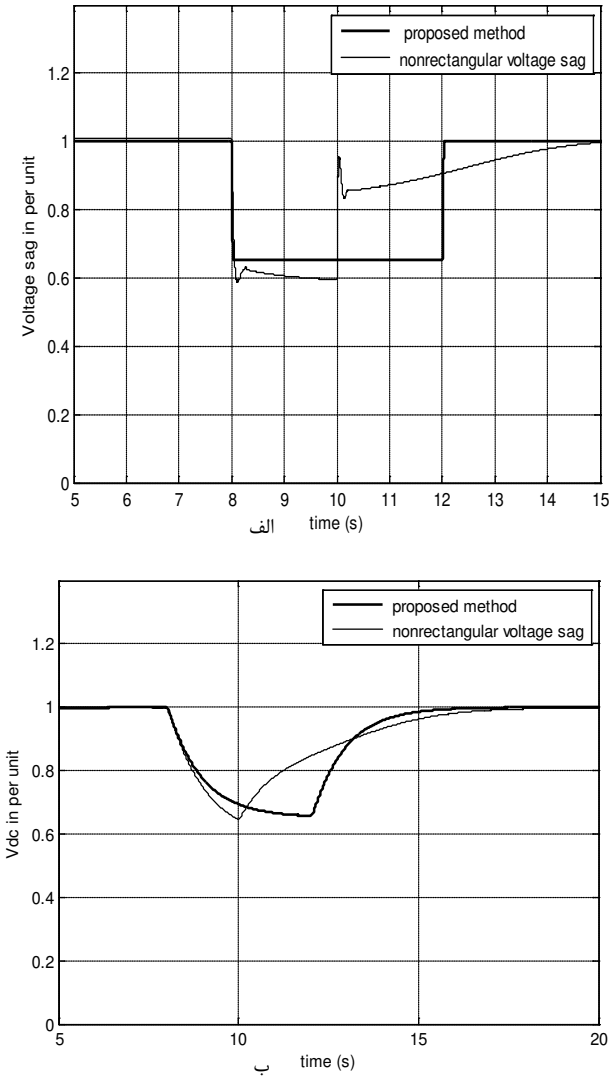
در این بخش، هدف یافتن یک فلش مستطیلی با استفاده از منحنی حساسیت تجهیزات است. برای این منظور به رابطه (۲) رجوع می‌کنیم این رابطه نشان دهنده معادله ای است که با انتخاب سه نقطه بر روی منحنی CBEMA برای بدست آوردن مقادیر RLC یکسو کننده بدست آمد. حال با داشتن مقادیر RLC، فلش ولتاژ غیر مستطیلی را به یکسو کننده اعمال می کنیم. ولتاژ dc حاصله در شکل ۶ با خطوط توپر نشان داده شده است. اگر مقدار مینیمم ولتاژ dc در (۲) قرار داده شود، می‌توان مقدار V_{end} را بدست آورد و این مقدار را می توان به عنوان دامنه فلش مستطیلی معادل بکاربرد.

برای بررسی صحت این روش، چندین فلش غیر مستطیلی به یکسو کننده، اعمال شده ولی فقط نتایج برای یک نوع فلش در شکل ۶ آمده است. در این روش نیز همانند روش اتلاف ولتاژ طول دوره فلش معادل، مدت زمانی خواهد بود که ولتاژ به زیر مقدار آستانه ولتاژ (معمولا ۰/۹ پریونیت) افت کند. همانطور که از شکل ۶ مشاهده میشود اگرچه اختلاف ولتاژهای dc یکسوکننده، با اعمال فلش معادل به دست آمده از روش پیشنهادی و فلش غیر مستطیلی کم است اما مشاهده میشود فلش مستطیلی معادل ممکن است با طول دوره طولانی تخمین زده شود (بویژه در حالتی که مشخصه فلش غیر مستطیلی کندتر به مقدار ولتاژ آستانه می رسد) بنابراین در ادامه تعریف طول دوره فلش اصلاح می‌شود.

۴.۲. بهبود تعریف دوره فلش

برای بهبود روش پیشنهادی، در این جا، تعریف طول دوره فلش اصلاح می‌شود. در روش پیشنهاد شده طول دوره موثر فلش یعنی d' برحسب دامنه فلش V_{sag} ، متوسط ولتاژ درطول فلش ولتاژ V_{avg} و $V_{\min}$ که از منحنی تلورانس ولتاژ تجهیز بدست میآید محاسبه خواهد شد. اگر تجهیزی دارای یک منحنی تلورانس ولتاژ با نقطه زانو در $t_{\max}$ و $V_{\min}$ باشد منطقی است که طول دوره موثر فلش ولتاژ برای این تجهیز برابر با زمانی است که ولتاژ زیر $V_{\min}$ باقی می‌ماند. در این فرض اگر طول دوره کمتر از $t_{\max}$ باشد فلش بر عملکرد تجهیز تاثیر نمی گذارد. در مقابل اگر d' بزرگتر از $t_{\max}$ باشد تجهیز دراین فلش ولتاژ از مدار خارج می شود.

بنابراین، در روش پیشنهادی این امکان وجود دارد که مشخص کنیم که آیا این فلش، تجهیز را از مدار خارج میکند یا نه.



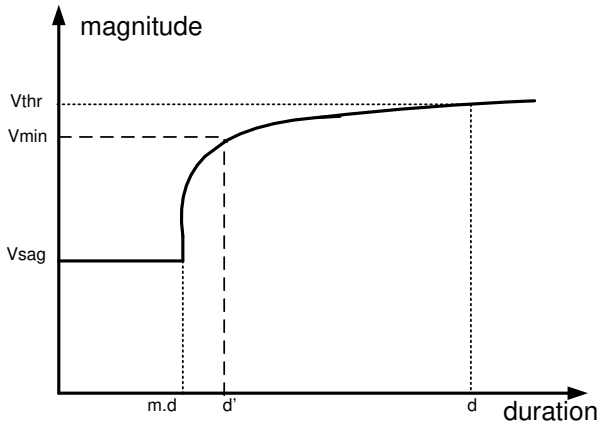
شکل ۶. ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ F با دامنه ۶۰ درصد در حضور موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش پیشنهادی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده

پروفایل فلش ولتاژ باید از مقادیر اندازه گیری شده از مانیتورینگ مانند V_{sag} و V_{avg} و طول دوره d تخمین زده شود. در این جا، تابع $\sqrt[k]{X}$ به عنوان یک تابع تقریبی انتخاب شده است. این تابع می تواند بطور نسبتا خوبی بازگشت ولتاژ فلش غیر مستطیلی را تقریب بزند.

تابع $\sqrt[k]{X}$ بهترین تابع تقریبی نیست ولی تابعی ساده می‌باشد. ممکن است توابعی دقیق تر و پیچیدهتر از ریشه k ام وجود داشته باشد با این وجود اگر ریشه k ام رادیکالی بعنوان تابع تقریبی استفاده شود فلش غیر مستطیلی را می توان فقط با دیتاهایی که از مانیتور PQ اندازه گیری شده‌اند تقریب زد. در این حالت تابع ولتاژ به شکل زیر تعریف میشود [۱۲] :

$$V(t)=\begin{cases} V_{sag} & (0\le t<m.d) \\ V_{sag}+\left(V_{thr}-V_{sag}\right).\sqrt[k]{\dfrac{t-m.d}{(1-m).d}} & (m.d\le t<d) \end{cases} \quad (۸)$$

که در آن V_{thr} آستانه ولتاژ ی است که برا ی یافتن دوره فلش در روش متعارف معرفی شد و $m.d$ دوره زمانی است که ولتاژ در V_{sag} باقی می‌ماند. پروفایل ولتاژ تقریبی در شکل ۷ نشان داه شده است .



شکل ۷. پروفایل ولتاژ تقریبی

بعلت اینکه اطلاعات کامل فلش ولتاژ و پروفایل ولتاژ منتجه مشخص نیستند، $m\ (0\le \mathrm{m}\le 1)$ هم مقداری نامشخص است. با این حال m را میتوان از مقادیر ی که تا حالا مشخص شده اند بدست آورد. در ابتدا متوسط ولتاژ بصورت زیر محاسبه میشود .

$$V_{avg}=\frac{1}{d}\left[\int_0^{m.d}V_{sag}dt+\int_{m.d}^{d}\left\{V_{sag}+\left(V_{thr}-V_{sag}\right).\sqrt[k]{\frac{t-m.d}{(1-m).d}}dt\right\}\right] \quad (۹)$$
$$=V_{sag}+\frac{k}{k+1}(1-m)\left(V_{thr}-V_{sag}\right)$$

در واقع فرض شده که V_{avg} توسط مانیتور PQ محاسبه می گردد و بقیه متغیرها به غیر از m مشخص هستند. بنابراین (۹) را می توان مرتب کرد و m را بصورت زیر بدست آورد.

$$m=1-\frac{k+1}{k}.\frac{V_{avg}-V_{sag}}{V_{thr}-V_{sag}} \quad (۱۰)$$

اگر $V_{\min}>V_{sag}$ باشد ، طول دوره جدید یعنی d' از رابطه زیر محاسبه می شود:

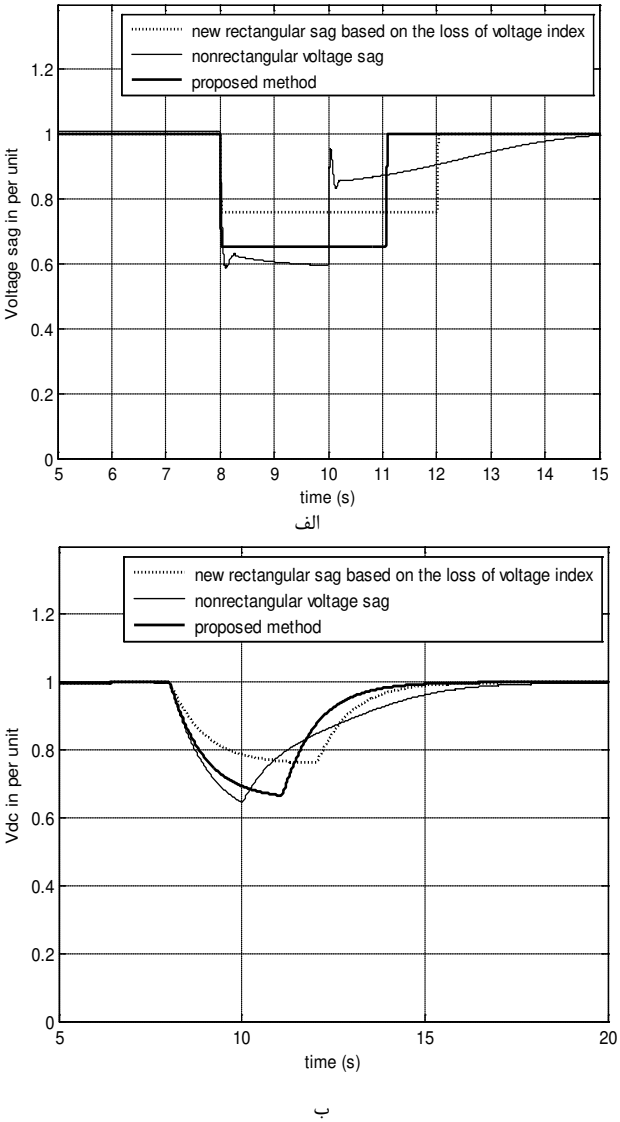
$$V_{\min}=V_{sag}+\left(V_{thr}-V_{sag}\right).\sqrt[k]{\frac{d'-m.d}{(1-m).d'}}$$

$$d'=d.\left[m+(1-m).\left(\frac{V_{\min}-V_{sag}}{V_{thr}-V_{sag}}\right)^k\right]=$$
$$d.\left[1-\left(\frac{k+1}{k}.\frac{V_{avg}-V_{sag}}{V_{thr}-V_{sag}}\right).\left\{1-.\left(\frac{V_{\min}-V_{sag}}{V_{thr}-V_{sag}}\right)^k\right\}\right] \quad (۱۱)$$

اگر V_{sag} بزرگتر از $V_{\min}$ باشد d' صفر می شود. این بدان علت است که فلش نمی تواند هیچ آسیبی به تجهیز برساند. بررسی رابطه (۱۱) اطلاعات مفیدی را ارائه می دهد. اگر پروفایل فلش ولتاژ دقیقاً مستطیلی باشد V_{sag} مساوی با V_{avg} بوده و بنابراین d و d' یکی خواهد بود. این بدان معنی است که روش برای فلش مستطیلی نیز کاربرد دارد. هر چه پروفایل فلش ولتاژ مستطیلی تر باشد اختلاف بین V_{sag} و V_{avg} کمترخواهد بود. اختلاف بر روی محاسبه d' اثر می گذارد بطوریکه فلش غیر مستطیلی میتواند با دقت بیشتری تخمین زده شود. علاوه بر این d' با توجه به $V_{\min}$ هر تجهیز مشخص شده است که در واقع اثرات واقعی فلش بر تجهیز مطابق با منحنی تلورانس ولتاژ آن بر روی دوره فلش منعکس خواهد شد.

برای بررسی صحت این روش، یک فلش غیر مستطیلی به یکسو کننده اعمال شده و نتایج در شکل ۸ آمده است. مقداری که برایk در نظر گرفته شده، با سعی و خطا به دست آمده و برابر با ۱۰ می‌باشد. همچنین برای مقایسه، معادل بدست آمده از روش اتلاف ولتاژ نیز آورده شده است.

همانطور که از شکل ۸ مشاهده میشود با اعمال فلش معادل به دست آمده از روش پیشنهادی و فلش غیر مستطیلی، اختلاف ولتاژهای dc یکسوکننده در این دو حالت کمتر است. همچنین در حالتی که مشخصه فلش غیر مستطیلی کندتر به مقدار ولتاژ آستانه می‌رسد فلش مستطیلی معادل با طول دوره مناسب تخمین زده شده است.



شکل ۸ . ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ F با دامنه ۶۰ درصد در حضور چند موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش پیشنهادی و روش اتلاف انرژی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده

نتیجه گیری

برای راحتی ارزیابی فلش ولتاژ در یک باس با استفاده از جداول دامنه-دوره فلش (که برای بررسی عملکرد فلش ولتاژ در خروج تجهیزات حساس استفاده می‌شوند) تبدیل مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ به یک مشخصه مستطیلی معادل براساس یکسانی اتلاف ولتاژ ارائه شد. نشان داده شد که این شاخص در برخی موارد نمی تواند به خوبی عمل کند و این معیار برای تبدیل یک فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی معادل کاملاً مناسب نیست. ضمن تشریح چگونگی بدست آمدن منحنی تلورانس ولتاژ مستطیلی، استفاده از این منحنی در معادل کردن فلش غیر مستطیلی به یک فلش مستطیلی طی دو مرحله بررسی و روشی جدید پیشنهاد شد. نتایج نشان میدهد که روش ارائه شده معیار مناسب تری نسبت به روش اتلاف ولتاژ برای تبدیل فلش های غیر مستطیلی به مستطیلی است.

منابع

[1] R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, and H. W. Beaty, *Electrical Power systems Quality* vol. 2nd ed: McGraw-Hill, 2004.

[2] "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality., IEEE std-1159," 1995.

[3] M. J. Bollen, Understanding Power Quality. Problems voltage sags and Interruptions. New Jersey: IEEE. Press, 2000.

[4] W. Zhijun, W. Xiaoyu, and C. Y. Chung, "An Analytical Method for Calculating Critical Voltage Sag Clearance Time of Induction Motors," *Power Delivery, IEEE Transactions on,* vol. 27, pp. 2412-2414, 2012.

[5] J. V. Milanovic, M. T. Aung, and S. C. Vegunta, "The Influence of Induction Motors on Voltage Sag Propagation—Part I: Accounting for the Change in Sag Characteristics," *IEEE Transactions on Power Delivery,* vol. 23 ,pp. 1063-1071, April 2008.

[6] M.H.J.Bollen and P.M.E.Dirix, "Simple model for post-fault motor behavior for reliability /power quality assessment of industrial power systems," *Inst. Electr. Eng. Generation,Transmission, Distribution,* vol. 143, pp. 56-6 ,0Jan.1996.

[7] M. H. J. Bollen, "The Influence of Motor Reacceleration on Voltage Sags," *IEEE Transactions on Industry Applications,* vol. 31, pp. 667 - 674, July/August 1995.

[8] M. Piumetto and J. C. Gomez Targarona, "Characterization of Voltage Sags and its Impact on Sensitive Loads in a MV System with Distributed Generation for Single-phase Fault," *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina),* vol. 11, pp. 439-446, 2013.

[9] T. S. key, "diagnosing power quality related computer problems," *IEEE Transactions on Industry Applications,* vol. 15, no. 4, pp. 381-393, July 1979.

[10] "IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility With Electronic Process Equipment," IEEE std-13461998.

[11] S.Z.Djokic, J.V.Milanovic, and K.A.Charalambous, "Computer simulation of voltage sag generator," presented at the 10 th IEEE Int. Conf .Harmonics Quality Power, RiodeJaneiro,Brazil, Oct.6–9,2002.

[12] D. J. Won, S. J. Ahn, and S. I. Moon, "A Modified Sag Characterization Using Voltage Tolerance Curve for Power Quality Diagnosis," *IEEE transaction on Power Delivery,* vol. 20, pp. 2638-2643, october 2005.