استاندارد حدود مجاز هارمونیکها در سیستم برق ایران

عارف درودی جمشید خانشی محمدحسن بهشتی

مهندسین مشاور نیرو شرکت توانیر

چکیده :

هدف ازارائه این مقاله معرفی استاندارد حدود مجاز هارمونیکها درشبکه سراسری ایران می‌باشد. دراین استاندارد حدهای مجاز جریانهای هارمونیکی هرمشترک درسطوح ولتاژ مختلف باتوجه به سطح اتصال کوتاه محل تغذیه مشترک وهمچنین حدهای مجاز ولتاژهای هارمونیکی درنقاط مختلف شبکه بعنوان یکی ازعوامل مهم کیفیت برق‌رسانی تعیین میگردد. همچنین درزمینه اعوجاج هارمونیکی گذرا، محاسبه اعوجاج هارمونیکی چند مشترک وروش ارزیابی مشترکین جدید تولیدکننده هارمونیک ،راهنمایی‌هایی ارائه می‌دهد.

مقدمه

امروزه بعلت به کارگیری روزافزون المانها وبارهای غیر خطی سیگنالهای غیرسینوسی جریان وولتاژ درشبکه قدرت بوجود می‌آیند که به نوبه خود باعث پیدایش اعوجاج درموج اصلی جریان و ولتاژ می‌گردند. چنین سیگنالهای غیرسینوسی معمولا" توسط امواج سینوسی که هارمونیکهائی ازفرکانس قدرت هستند بیان شده واصطلاحاً به هارمونیکهای شبکه قدرت موسوم می‌باشند.

بارها والمانهای غیرخطی بطور کلی شامل مبدلهای قدرت (مانند یکسوکننده‌ها) تجهیزات تخلیه‌ای (مانندکوره‌های القایی) ،وسایل باهسته‌های مغناطیسی اشباع شده (مانندترانسها و ماشینهای الکتریکی) می‌گردند. مبدلهای قدرت بزرگترین بار غیرخطی شبکه برق بوده ودرصنایع برای مقاصد مختلفی بکارگرفته می‌شوند.

وقتی خازنهای موازی بعنوان جبران‌کننده قدرت راکتیو یااصلاح کننده ضریب قدرت درکنار بارهای غیرخطی بکار گرفته می‌شود، امکان ایجاد تشدید وجود داشته که خود باعث افزایش هارمونیکهای ولتاژ وجریان می‌گردد.

هارمونیکها باعث افزایش جریان خازنها ، افزایش تلفات درترانسفورمرها، موتورها، هادیهاو اختلال درعملکرد سیستمهای کنترل ، حفاظت وارتباطی می‌گردند.

هدف ازاین مقاله، آشنایی خواننده بااستاندارد تهیه شده درزمینه هارمونیکها درشبکه سراسری ایران می‌باشد. این استاندارد براساس راهنما وروش پیشنهادی مؤسسه بین‌المللی مهندسین برق والکترونیک در رابطه با کنترل هارمونیکها [۱] تهیه شده است . همچنین منابع تولید هارمونیکها ، اثرات سوء هارمونیکها درشبکه قدرت وتجهیزات موجود درآن و روشهای حذف هارمونیکها بطور خلاصه معرفی خواهند شد.

استاندارد موجود با تعیین مقدار مجاز جریانهای هارمونیکی که ازطریق مصرف‌کنندگان به شبکه برق وارد می‌شوند و همچنین تعیین حد مجاز ولتاژهای هارمونیکی درنقاط مختلف تغذیه مشترکین ، ازخسارات واشکالات بوجود آمده توسط هارمونیکها جلوگیری می‌نماید.

۲- منابع تولید هارمونیکها

هارمونیکهای موجود دریک شبکه قدرت راازنقطه‌نظر عامل پدیدآورنده آن می‌توان به دو دسته هارمونیکهای معین و غیرمعین تقسیم‌بندی نمود. هنگامی که مولدهارمونیکی یک سری هارمونیکهای معین ومشخص را ازلحاظ دامنه‌وفاز تولید نماید به آن هارمونیکها، هارمونیکهای معین می‌گویند.

ازطرف دیگر بعلت غیرایده‌آل بودن المانهای بوجودآورنده هارمونیکهای مشخص ونیز عواملی نظیر عدم تعادل درشبکه سه فاز وغیره یک سری هارمونیکهای غیرمشخص می‌توانند در شبکه تولید شوند که دامنه وفاز آنها باتغییرات درشبکه درطول زمان تغییر خواهد نمود.

عوامل اصلی تولید هارمونیکها رامیتوان به سه دسته اساسی تقسیم‌بندی نمود. دسته اول شامل مبدلهای الکترونیکی قدرت بوده که شامل یکسوکننده‌ها واینورترها می‌باشد. معروفترین نوع این مبدلها کانورترهای ۶ پالسه و ۱۲ پالسه هستند. بطورکلی یک کانورتر p پالسه، هارمونیکهای از مرتبه $np \pm 1$ تولید خواهد نمود که n دراین رابطه عدد صحیح است. دسته دوم را وسایل فرومغناطیسی شامل ترانسها وماشینهای الکتریکی تشکیل می‌دهند. دراین نوع وسایل رابطه بین شدت میدان الکتریکی و چگالی فشار مغناطیسی خطی نبوده وهمین عامل سبب می‌شود که جریان مغناطیسی آنان دارای هارمونیک گردد. تجهیزات تخلیه‌ای ،دسته‌سوم از عوامل تولید هارمونیکها راتشکیل می‌دهند. این تجهیزات شامل لامپهای فلورسنت لامپهای بخار سدیم وکوره‌های القایی می‌باشند ودراین گروه کوره‌های القایی بااهمیت‌ترین تولیدکننده هارمونیکها هستند زیرا آنهابا توجه به ظرفیت بزرگ خود مقدار زیادی هارمونیک دریک نقطه شبکه ایجاد می‌نمایند.

ازعوامل دیگر تولیدهارمونیکهامی‌توان به‌باتری شارژها،مبدلهای فرکانسی‌و...اشاره‌نمود.

۳- اثرات سوء هارمونیکها

هارمونیکهای ایجادشده توسط بارهای غیرخطی می‌توانندبرروی دیگربارهای مرتبط درمحل اتصال تأثیر زیادی بگذارند. اعوجاج‌های ولتاژی که توسط اعوجاج‌های جریان تولید می‌شوند تابعی‌ازامپدانس سیستم ومیزان جریان‌اعوجاج یافته‌است.بنابراین‌اگرامپدانس سیستم کم باشد اعوجاج ولتاژ ناچیز خواهد بود. اصولا" اعوجاج ولتاژ دو اثر اصلی باقی می‌گذارد:

الف - گرم شدن اضافی ماشینها ب - خرابی بانکهای خازنی

هارمونیکهای جریان دارای اثرات متفاوتی می‌باشند. وقتی هارمونیک جریان زیاد باشد و دریک مسیر موازی با سیستمهای مخابراتی قرار داشته باشد باعث ایجاد تداخل می‌گردد. میزان تداخلات بستگی به مسیر واندازه هارمونیکها دارد.

همچنین هارمونیک جریان باعث ایجاد تلفات اضافی درترانسها وماشینهای الکتریکی شده و تلفات درخطوط انتقال راافزایش می‌دهد. به‌ویژه هارمونیکهای فرد مضرب سوم که می‌توانند باعث افزایش حرارت بیش از حد هادیهای نول درسیستم سه فاز شوند زیرا درحالیکه جریان فرکانس اصلی خطوط یکدیگر رادرهادی نول خنثی می‌کنند، جریانهای هارمونیکی مضرب ۳ در هادی نول به یکدیگر اضافه می‌شوند. مسئله دیگر تأثیر هارمونیکها در وسایل اندازه‌گیری است. بعنوان مثال کنتورهای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی ازنوع اندوکسیونی که بطور معمول درشبکه‌های قدرت مورد استفاده قرارمی‌گیرند در حضور هارمونیکها مقدار انرژی الکتریکی اندازه‌گیری شده دچار خطا خواهد شد.

علاوه‌بر موارد فوق هارمونیکها باعث عملکرد نامناسب رله‌ها ، کلیدها ، فیوزها و سیستمهای فرمان از راه دور می‌گردند بطور کلی می‌توان اثرات هارمونیکها را به چهار دسته اصلی تقسیم نمود:

- اثرات برعایقهای تجهیزات
- اثرات گرمایی بر تجهیزات
- عملکرد نامناسب تجهیزات شبکه‌قدرت
- تأثیر روی مدارهای ارتباطی

٤- روشهای حذف هارمونیکها

باتوجه به مشکلات ومسائل فوق‌الذکری که هارمونیکهادر سیستم‌های قدرت و مخابراتی ایجاد می‌نمایند، لزوم استفاده ازتجهیزات یاوسائلی که مشکلات بالقوه منابع تولید هارمونیک راتشخیص داده ودرجهت پیشگیری ویاتصحیح برای بهبود واصلاح کیفیت انرژی الکتریکی اقدام نمایند، افزایش روز افزون یافته است.

معروفترین روش حذف هارمونیکها استفاده ازفیلترها است. وظیفه اصلی یک فیلتر جلوگیری از عبور جریانهای هارمونیکی ویاکاهش آنها درمسیر اصلی است. مسیراصلی معمولا" ازمنبع تولید هارمونیک به سمت منبع تولید انرژی الکتریکی است. عمل فیلتر نمودن ممکن است به یکی از دو صورت زیربرای جلوگیری ازبرقراری جریانهای هارمونیکی نامطلوب درمسیرهای حیاتی انجام پذیرد:

- انحراف مسیر عبور جریانهای هارمونیکی

- کوتاه نمودن ویاانسداد مسیر عبور جریانهای هارمونیکی

درسالیان اخیر روشهای دیگری که براساس کنترل تطبیقی بناشده‌اند برای حذف هارمونیکها پیشنهاد شده‌است. [۲]

۵- استانداردها ومقررات کشورهای مختلف درمورد هارمونیکها

بررسی استانداردهای کشورهای مختلف درمورد هارمونیکهای سیستم برق‌رسانی تفاوتهای زیادی درنحوه برخورد وتعیین مقادیر مجاز هارمونیکها رانشان می‌دهد که خود حاکی ازپیچیدگی مسئله هارمونیکها می‌باشد.

باتوجه به اثرات هارمونیکهای ولتاژ وهارمونیکهای جریان به نظر می‌رسد که یک مقررات مناسب بهتر است شامل محدودکردن هردو مقادیر هارمونیکهای ولتاژ وجریان باشد. ولی مقررات و استاندارد کشورهای مختلف درمورد هارمونیکها همگی به اینصورت نیست. برخی ازاستانداردها تنهامقدار ماکزیمم هارمونیکهای ولتاژ درسطوح مختلف ولتاژ شبکه را درحدمشخصی محدود می‌کنند. برخی دیگرتنهامقدار ماکزیمم هارمونیکهای جریان تزریقی به شبکه را براساس سطح اتصال کوتاه بار هرشینه تعیین می‌نمایند. در بعضی از کشورها نیز هم مقادیر مجاز هارمونیکهای جریان وهم هارمونیکهای ولتاژ مشخص شده‌است.

مسئله دیگر درمقررات هارمونیکها سهم هرمشترک یامصرف‌کننده برق متصل به یک شینه درتولید هارمونیکها می‌باشد استاندارد موجود درکشورهای مختلف درمورد تعیین سهم تولید هارمونیک هرمشترک متصل به یک شینه را به سه دسته تقسیم می‌نمایند:

- مصرف‌کننده اول تمام ویاقسمت اعظم ظرفیت مجازهارمونیک رامی‌تواند استفاده نماید.

- به کلیه مصرف‌کننده‌هاحق مساوی‌برای‌تولیدهارمونیک یابه عبارت‌دیگرآلوده‌کردن سیستم‌داده می‌شود.

- براساس میزان کل بار مصرفی مشترک به اواجازه تولید هارمونیک داده میشود یعنی چنانچه مصرف بار مشترک زیاد باشد تقریباً به همان نسبت اجازه تولید هارمونیک بیشتر دارد.

۶- استاندار مجاز هارمونیکها درشبکه برق ایران

استاندارد هارمونیکها درایران حدود هارمونیکهای جریان مجاز هر مشترک وهمچنین حداکثرهارمونیکهای ولتاژ که درشبکه باولتاژهای مختلف درنقطه تحویل برق به مشترک می‌تواند وجود داشته باشد راتعیین و توصیه می‌نماید. بطور کلی شاخص‌های هارمونیکی زیرجهت این استاندارد تعیین گردیده‌اند: [۳]

- اعوجاج تکی وکلی ولتاژ
- اعوجاج تکی وکلی جریان

اتکای تنها به حدهای مجاز شاخص‌های هارمونیکی همواره باعث جلوگیری از مسائل و مشکلات نمی‌گردد که درنتیجه لازم است درزمان تغییرات شکل سیستم قدرت، بررسیهای هارمونیکی تکرار گردد. بطور کلی مشترک بایستی مطالعات لازم درمورد سیستم داخلی برق خود را انجام داده وموارد زیر راتأیید نماید:

- خازنهای اصلاح ضریب قدرت ویافیلترهای هارمونیکی بیش ازحد تحمل خود تحت فشارهای ناشی ازهارمونیکها نمی‌باشد.

- رزونانس یاتشدید سری یا موازی وجود ندارد.

- مقادیر هارمونیکهایعنی اعوجاجهای تکی وکلی جریان وولتاژ درمحل اتصال به شبکه از حدهای مشخص شده در این استاندارد پایین‌تر می‌باشند.

دراین استاندارد سقف بار یاسقف دیماند مشترکین که بعلت کمی مصرف نیاز به بررسی هارمونیکهای آنها نمی‌باشد بطور مشخص تعیین نگردیده‌است. این سقف بار که می‌تواند حدود ۰/۱ تا ۱ درصد قدرت اتصال کوتاه نقطه محل اتصال مشترک به شبکه باشد باتوجه به امکانات و وضعیت شرکتهای برق رأساً توسط خود شرکتهای برق تعیین می‌گردد.

فلسفه تعیین حدود مجاز برای هارمونیکها دراین استاندارد به‌شرح زیر است:

- محدود کردن تزریق هارمونیک توسط هر مشترک به‌صورتی که باعث اعوجاج ولتاژ غیرقابل قبول درشرایط عادی کار سیستم برق نگردد.
- محدود کردن اعوجاج کلی ولتاژ درسیستم برق بخصوص درمحل تغذیه مشترکین

اعوجاج ولتاژ درسیستم تابعی ازکل جریانهای هارمونیکی تزریقی وامپدانس سیستم درهرفرکانس هارمونیکها می‌باشد. کل جریانهای هارمونیکی تزریق شده وابستگی به تعداد واندازه مشترکین دارد که تولید هارمونیک جریان می‌نمایند. درنتیجه روش منطقی برای محدود کردن جریانهای هارمونیکی برای هر مشترک، تعیین حدود مجاز جریانهای هارمونیکی براساس اندازه ویامقدار بار هرمشترک می‌باشد. مشترکین بزرگتربخاطر اینکه قسمت بیشتری از بار را مصرف می‌کنندامکان بیشتری برای تزریق جریانهای هارمونیکی برسیستم خواهندداشت.

۱-۶- حدهای مجاز اعوجاج جریان برای هرمشترک

حدهای اعوجاج هارمونیکی مشخص شده دراین استانداردماکزیمم مقدارمجاز اعوجاج جریان هرمشترک می‌باشد. ۹ مقدار مجاز اعوجاج جریان باتوجه به مقدار ماکزیمم جریان مصرفی هرمشترک وبصورت درصدی ازآن تعیین می‌گردد. جداول شماره ۱ و۲ و۳ حدهای مجاز جریانهای هارمونیکی رابراساس اندازه بار مصرفی مشترکین نسبت به اندازه وقدرت شبکه برق درنقطه محل تغذیه یااتصال مشترک درسیستهای باولتاژ مختلف راارائه می‌دهد. حدهای ارائه شده در جداول فوق برای مشترکین عمومی وآنهایی که دارای یکسوکننده‌های شش ضربه‌ای هستند صادق می‌باشند. اگر یکسوکننده‌هابه نحوی باشد که نتیجه آن برای سیستم تغذیه بصورت یکسوکننده‌های بیش از شش ضربه‌ای به حساب آید حدهای مجاز برای انواع هارمونیکهای مشخصه آنها متناسب باضریب $\frac{9}{6}\sqrt{}$ که

q مشخص کننده تعداد ضربه‌آنها می‌باشد افزایش می‌یابد واندازه مجاز انواع هارمونیکهای غیرمشخصه آنهابه مقدار۲۵ درصد مقادیر تعیین شده درجداول ۱ و ۲ و ۳کاهش می‌یابد.

دررابطه بااستفاده ازحدهای مجاز اعوجاج جریان هارمونیکی مشخص شده درجداول ۱ و۲ و۳ بایستی ظرفیت ترانسفورمرهای ارتباطی بین مشترک وشرکت برق نیز مورد بررسی قرار گیرد به نحوی که ازترانسفورمری که مصرف‌کننده رابه شرکت برق ارتباط می‌دهد بیش از معادل ۵ درصد ظرفیت ترانسفورمر جریان هارمونیکی عبورنکند.

۲-۶- حدهای مجاز اعوجاج ولتاژ درشبکه

جدول شماره ۴ حدهای مجاز اعوجاج ولتاژ درشینه‌های محل تغذیه مشترکین در ولتاژهای مختلف رانشان می‌دهد در این جدول حد اعوجاج ولتاژ برای هارمونیک همچنین حد اعوجاج کلی ولتاژ به درصد نسبت ولتاژ نامی درفرکانس ۵۰ هرتز داده شده‌است.

هرگاه درقسمتی ازشبکه برق رسانی اعوجاج ولتاژ ازمقادیر حدی جدول شماره ۴ تجاوز کند لازم است شرکتهای برق اقدام به اندازه‌گیری هارمونیکها درنقاط مختلف شبکه خود نمایند تامشترک یا مشترکینی که دارای سیستم‌های هارمونیک بوده وبیش از حد مجاز تولید جریان هارمونیکی می‌نمایند مشخص گردند. بایستی از اینگونه مشترکین خواسته شود که با تمهیداتی از جمله نصب فیلتر مقدار جریان هارمونیکی تزریقی خود به شبکه راتاحدهای مجاز کاهش دهند.

۳-۶- اعوجاج هارمونیکی گذرا

همانطور که می دانیم هارمونیکهای گذرا یاکوتاه مدت احتمالا" اثر کمتری رانسبت به هارمونیکهای پایدار وثابت روی تجهیزات شبکه دارند . هرچند اثر آنها درموردسیستم‌های کنترل ، ارتباطی مشابه هارمونیکهای پایدار می‌باشد. درنتیجه چنانکه اعوجاج جریان ناشی از هارمونیکهای مشترکین برای مدت کوتاهی (کمترازیک ساعت) در روز ازمقادیر حدهای معین شده دراین استاندارد بیشتر گردد این افزایش ممکن است بانظر شرکتهای برق تامقدار ۵۰ درصد افزایش نسبت به مقادیر جداول شماره ۱ و ۲ و ۳ بصورت مجاز شناخته شود.

ماکزیمم اعوجاج جریان مجاز هرمشترک به درصد نسبت به ماکزیمم جریان معرفی بدون هارمونیک مشترک											
بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان معرفی بدون هارمونیک به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه (R)	اعوجاج تکی جریان هرهارمونیک مرتبه n										اعوجاج کلی جریان
	n<۱۱		۱۱≤n<۱۷		۱۷≤n<۲۳		۲۳≤n<۳۵		n≥۳۵		
	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	
R>۵	۴	۱/۰	۲/۰	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۵
۵≥R>۲	۷	۱/۷	۳/۵	۰/۹	۲/۵	۰/۶	۱/۰	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۸
۲≥R>۱	۱۰	۲/۵	۴/۵	۱/۱	۴/۰	۱/۰	۱/۵	۰/۴	۰/۷	۰/۲	۱۲
۱≥R>۰/۱	۱۲	۳/۰	۵/۵	۱/۴	۵/۰	۱/۲	۲/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۳	۱۵
R≤۰/۱	۱۵	۳/۸	۷/۰	۱/۷	۶/۰	۱/۵	۲/۵	۰/۶	۱/۴	۰/۳	۲۰

جدول شماره۱

حدهای مجازاعوجاج جریان‌برای مشترکین درشبکه‌های توزیع ۳۸۰ ولت و ۲۰ کیلوولت

ماکزیمم اعوجاج جریان مجاز هرمشترک به درصد نسبت به ماکزیمم جریان معرفی بدون هارمونیک مشترک											
بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان معرفی بدون هارمونیک به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه (R)	اعوجاج تکی جریان هرهارمونیک مرتبه n										اعوجاج کلی جریان
	n<۱۱		۱۱≤n<۱۷		۱۷≤n<۲۳		۲۳≤n<۳۵		n≥۳۵		
	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	
R>۵	۲/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۲	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۲/۵
۵≥R>۲	۳/۵	۰/۹	۱/۷	۰/۴	۱/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۰	۴/۰
۲≥R>۱	۵/۰	۱/۲	۲/۲	۰/۶	۲/۰	۰/۵	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۶/۰
۱≥R>۰/۱	۶/۰	۱/۵	۲/۷	۰/۷	۲/۵	۰/۶	۱/۰	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۷/۵
R≤۰/۱	۷/۵	۱/۹	۳/۵	۰/۹	۳/۰	۰/۷	۱/۲	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۱۰/۰

جدول شماره ۲

حدهای مجاز اعواج جریان برای مشترکین درشبکه‌های فوق توزیع ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت

ماکزیمم اعوجاج جریان مجاز هر مشترک به درصد نسبت به ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک مشترک											
بزرگی مشترک یا درصد ماکزیمم جریان مصرفی بدون هارمونیک به جریان اتصال کوتاه محل تغذیه (R)	اعوجاج تکی جریان هرهارمونیک مرتبه n										اعوجاج کلی جریان
	n<۱۱		۱۱≤n<۱۷		۱۷≤n<۲۲		۲۲≤n<۳۵		n≥۳۵		
	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	فرد	زوج	
R>۲	۲/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۲	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰۴	۲/۵
R≤۲	۳/۰	۰/۷	۱/۵	۰/۴	۱/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۰۵	۴/۰

جدول شماره ۳

حدهای مجاز اعوجاج جریان برای شبکه‌های انتقال فشار قوی ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ایران

ماکزیمم اعوجاج ولتاژ مجاز در شینه‌های با ولتاژهای مختلف به درصد نسبت به ولتاژ نامی با فرکانس ۵۰ هرتز			
ولتاژ شینه	اعوجاج تکی ولتاژ هارمونیک		اعوجاج کلی ولتاژ
	فرد	زوج	
۳۸۰ ولت و ۲۰ کیلوولت	۳/۰	۱/۵	۵/۰
۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت	۱/۵	۰/۷	۲/۵
۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت	۱/۰	۰/۵	۱/۵

جدول شماره ۴

حدهای مجاز اعوجاج ولتاژ در شبکه

۴-۶- محاسبه اعوجاج هارمونیکی چند مشترک

به صورت ایده‌آل جریانهای هارمونیکی تولید شده توسط مشترکین مختلف که ازیک شبکه تغذیه می‌گردند بایستی بصورت‌برداری باتوجه به زاویه فاز ومرتبه آنها بایکدیگر جمع گردند ومقدار اعوجاج ولتاژ ناشی ازهارمونیکها براساس امپدانس مقدار تغذیه محاسبه شود. باتوجه به وضعیت متغیر تولید هارمونیکها این روش بسیار وقت‌گیر بوده ونتیجه آن زیاد قابل استفاده نمی‌باشد. روش ساده، تقریبی ومحافظه کارانه‌ای که دراین استاندارد پیشنهاد می‌گردد، به‌اینصورت می‌باشد که ابتدا محاسبه مداری برای هرمرتبه هارمونیک تولیدی هرمشترک بصورت جداگانه انجام شود وجریان شاخه‌هاو ولتاژ نقاط بدست آورده شود وبعد بصورت عددی بایکدیگرجمع گردندالبته چنانچه ضرایب‌همزمانی‌مشخص وجودداشته‌باشدمی‌توان‌ازآنهابرای محاسبه جمعی مشترکین‌استفاده‌نمود.

۵-۶- روش ارزیابی مشترکین جدید تولیدکننده هارمونیک

چنانکه بررسی ومطالعات اولیهٔ اضافه شدن مشترک جدید به شبکه مشخص نماید که مقدار هارمونیکهای جریان ویا اعوجاج تکی وکلی جریان کمتر ازحدود تعیین شده دراین استاندارد می‌باشند بررسی ومطالعات بیشتری موردنیاز نبوده و مشترک جدید می‌توان مورد پذیرش قرارگیرد.

اگر مقداراعوجاج تکی یاکلی جریان بیش ازمقادیرتعیین شده دراین استاندارد باشد لازم است محاسبات لازم جهت تعیین اعوجاج‌های ولتاژتکی وکلی درشبکه محل تغذیه انجام‌گیرد. چنانکه نتایج بدست آمده ازحدهای مجاز اعوجاج تکی وکلی ولتاژ تعیین شده دراین استاندارد کمتر باشد و آزمایشات محلی جهت تعیین مقادیر زمینه‌ای اعوجاج ولتاژ وهمچنین میزان تولید هارمونیکهای دیگر مشترکین اجازه دهد مشترک جدید می‌تواند باتعیین شرایطی که توسط شرکت برق تعیین میگردد پذیرفته شود.

۷- قدردانی وتشکر

درخاتمه لازم است از آقای مهندس شبستری بانی ومشوق انجام استاندارد حدود مجاز هارمونیکها درسیستم برق ایران وآقایان دکتر رهبر، مهندس حسینیان ، مهندس صفایی ، جمشیدی

و سرکار خانم مهندس منشی‌زاده که درتهیه وتدوین استاندارد مذکور همکاری داشته‌اند صمیمانه سپاسگزاری شود.

همچنین ازشرکت متن که ساخت دستگاه اندازه‌گیری هارمونیکها رابرعهده داشته‌است تشکر وقدردانی میگردد.

۸- منابع و مراجع

[1] **IEEE Standard 519, 1992, "IEEE Recommended practice and Requirement for harmonic Control in electric power system."**

[2] **J.Arrillage,D.A.Bradley and P.S.Bodger,"power system harmonics",john wilege & Sons, Interscience 1985.**

۳- استاندارد حدود مجاز هارمونیکها درسیستم برق ایران، وزارت نیرو - شرکت توانیر سازمان برق معاونت تحقیقات وتکنولوژی ، تهیه شده بوسیله مهندسین مشاور نیرو سال ۱۳۷۳