تاثیر نامطلوب پارامترهای الکتریکی شبکه توزیع بر کنتورهای الکترونیکی ازمنظرسازگاری کنتورها باشبکه

عباسعلی پورمحمد aa38_ pm@yahoo.com علیرضا خدابنده khodaban53@yahoo.com

شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان رضوی

کلیدواژه : کنتور دیجیتالی ،دو فاز شدن، خازن ، هارمونیک

چکیده :

نظر به اهمیت اندازه گیری دقیق انرژی مصرفی و احساس نیاز شدید به نصب و تولید کنتورهای دیجیتالی ودرراستای سیاستهای وزارت نیرو مبنی بر اعمال تعرفه های مختلف ساعات پیک و غیر پیک، ضرورت استفاده گسترده و جایگزینی کنتورهای الکترونیکی به جای کنتورهای مکانیکی هرچه بیشتر احساس شد. مقاله حاضر نتیجه تحقیق میدانی در خصوص یکی از عوامل اصلی الکتریکی آسیب رساندن به این لوازم میباشد که امیداست با عنایت مسئولین امر و دست اندرکاران صنعت توزیع و با در نظرگرفتن شرائط و ساختار شبکه های توزیع کشور و قبل از گسترش تمام عیار جایگزینی این کنتورها با توجه به دستورالعمل سال ۸۳ وزارت محترم نیرو مبنی بر نصب و جایگزینی کنتورهای الکترونیکی به جای کنتورهای مکانیکی چاره ای اندیشیده شود ، در این تحقیق به قطع یک فاز در شبکه های توزیع برق برای حالات مختلف بارو در شرائط متفاوت از نظر فنی اقدام گردیده که نتایج عملی بدست آمده موردتجزیه و تحلیل قرار گرفته است . با در نظر گرفتن مقادیر نامی ولتاژ و جریان که در کاتالوگهای سازنده گان کنتورهای الکترونیکی ذکر گردیده(۲۰+- درصد) شرایط دو فاز شدن در سمت اولیه ترانسفورماتورهای توزیع (۲۰ کیلوولت) برای کنتورهای الکترونیکی مشکل ساز میباشد. آزمایشات مذکور با انجام دونوع تست و در هر تست ۹ مرحله بدست آمده است شایان ذکر است که بدتر ین شرائط مربوط به حالتی است که بار خازنی وفاز وسط قطع باشد. در این حالت ولتاژ بین دو فاز به ۶۱۰ ولت می رسد که در اینصورت ولتاژ بوجود آمده روی ترمینالهای کنتور بیش از ولتاژ نامی و استاندارد کنتورهاست از این رو در صورتیکه وضعیت دو فاز شدن شبکه برای مدت زیاد ادامه یابدو اضافه ولتاژ روی ترمینالهای کنتور باقی بماند سبب سوختن کنتور خواهد شد . نتیجه دیگر بدست آمده از آزمایشات نشان میدهد که با کاهش توان خازن ولتاژ شبکه نیز در مقایسه با حالتیکه توان خازن بالاتر است کاهش می یابدپس باید در محاسبه ظرفیت خازن مورد نیاز، توان بهینه خازن را در نظر گرفت .در پایان پیشنهاداتی برای هریک از مشکلات بوجود آمده ارائه گردیده است که میتواند ضمن جلوگیری از سوختن تعداد زیادی کنتور از هدر رفتن این سرمایه های ملی جلوگیری بعمل آورد.

۱- مقدمه

با توجه به استفاده روز افزون از انرژی الکتریکی و اهمیت اطلاعات مربوط به کیفیت توان و چگونگی مصرف مشترکین، استفاده از دستگاههای اندازه گیری الکترونیکی اجتناب ناپذیر گردیده است ، کشور ما نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با توجه به رشد بالای جمعیت ، احداث مراکز مختلف صنعتی و کشاورزی جدید (با توجه به پرداخت تسهیلات) و سایر موارد مرتبط ضرورت دارد بیش از پیش بحث مدیریت بار و انرژی مورد توجه قرار گیرد ولذا نسل جدید کنتورهای تمام الکترونیکی به بازار آمد. ذیلا به انواع کنتورهای موجود دیجیتالی که در محدوده عمل شرکتهای توزیع مورد استفاده واقع شده اند می پردازیم .

۲- انواع کنتورهای دیجیتالی

استفاده از کنتورهای دیجیتالی که علاوه بر داشتن محاسن زیاد از جمله پایین بودن خطای اندازه گیری و یا نداشتن خطا بر اثر طول عمر زیاد بعلت نداشتن قسمتهای مکانیکی و ساختار تعرفه بندی جامع ، در سالهای اخیر مورد استفاده نسبتاً گسترده در شبکه های توزیع نیروی برق قرار گرفته است . اما ابتدا این کنتورها که بصورت نیمه دیجیتال با نامهای MD200و MD300 که ازدو قسمت مکانیکی و الکترونیکی توسط شرکت کنتورسازی ایران ساخته شده بودبه بازار آمده و در محلهای مصرف نصب گردید که این نوع کنتورها بدلیل کیفیت نامناسب کیتهای الکترونیکی به سرعت از رده خارج و ضمن ایجاد مشکلات فراوان برای شرکتهای توزیع بتدریج جایگزین گردیدند . و پس از آن کنتورهای تمام الکترونیکی ساخت شرکتهای مختلف مانند ایسگرا،کرمان تابلو ، AMPY ، ABB ، ACTARIS ، و ..به بازار آمده ودر شبکه های توزیع مورد استفاده قرار گرفتند. ذیلا به بررسی مشخصات فنی کنتورهای الکترونیکی تکفاز و۳ فازکه در سالهای اخیر در بازار ایران تولید و یا وارد شده و نصب گردیده اندوویزگیهای آنها عمدتا مشابه اند اشاره میگردد:

۲-۱-۱- کنتورهای تکفاز از نوع الکترونیکی

این کنتورها عموما دارای کلاس دقت ۱ یا ۲ و ولتاژ نامی ۲۳۰ ولت(20+-) و جریان نامی تا 100A و درجه حرارت قابل تحمل از ۶۵+ تا ۲۵- درجه سانتیگرادمیباشد.

۲-۱-۲- کنتورهای سه فاز از نوع الکترونیکی

۱) مدل CT : این مدل قابلیت اتصال بصورت ولتاژ اولیه وبا CT,PT را دارد ولتاژ نامی (un ٪۲۰+) ۲۴۰/۴۱۵*۳ و جریان نامی ^{A}۱۰۰- ۵ و نوع CT ^{A} ۱۵-۵

۲) مدل DC : این مدل قابلیت اتصال بصورت مستقیم به شبکه رادارد.

ولتاژهای ۲۳۰/۴۰۰*۳ ولت و جریان نامی ^{A}۱۰۰- ۵ ، البته نوع کنتورهای CT باولتاژهای پایین برای پستهای ولتاژ اولیه نیز وجود دارد.

ذیلاً شرایط مختلف قطع یک فاز که از حوادث رایج شبکه های توزیع می باشد درحالیکه کنتور دیجیتالی درمدار قراردارد و بصورت یک مطالعه موردی انجام گرفته بررسی شده و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد .

۳- بررسی حالت های خاص درشبکه

با در نظر گرفتن مقادیر نامی ولتاژ و جریان که در کاتالوگهای سازنده کنتورهای الکترونیکی ذکر گردیده(۲۰+- درصد) تغییرات ولتاژ شبکه در طول شبانه روز خارج از محدوده ۲۰+- درصد نمی باشد و جریانهای ناشی از اضافه دیماند که ممکن است از وقایع شبکه های توزیع باشد نیز برای ترانسفورماتورهای جریان قابل تحمل است و این تغییرات جزئی برای کنتورهای دیجیتالی نیز مشکلی بوجود نمی آورد .از طرفی دو فاز شدن سمت فشار ضعیف پستهای توزیع هم تغییر قابل ملاحظه ای در ولتاژهای اعمال شده به کنتور بوجود نمی آورد . اما شرایط دو فاز شدن در سمت اولیه ترانسفورماتورهای توزیع (۲۰ کیلوولت) مشکل ساز میباشد که ما آزمایش خود را با نصب دستگاه TDL83 و TDL85مورد مطالعه قرار دادیم ودر حالتهای مختلف تست نتایج ولتاژ ، جریان و کسینوس فی و هارمونیکهای جریان و ولتاژ ثبت گردید البته این نتایج علاوه بر ثبت با دستگاه ثبات پارامترهای الکتریکی، با اندازه گیری دستی توسط آوومتردیجیتالی نیز نتایج مشابهی داشته است آزمایشات مذکور با انجام دو نوع تست ، ودر هر تست ۹ مرحله بدست آمده است که ذیلا به آن اشاره میگردد .

۴- تست اول :ترانسفورماتور ۱۰۰ کیلوولت آمپر ، الکتروموتور ۵۵ کیلووات ، خازن ۳۰ کیلووار

لازم به توضیح است که امکان در مدار قرار دادن الکتروموتور به تنهایی و با خازن و بدون خازن نیز فراهم گردید و مراحل تست به شرح زیر انجام و نتایج حاصله ثبت گردید .در مجموع ۹ مرحله تست به شرح ذیل برای هر یک از تستهای دو گانه انجام و نتایج در جداول ثبت گردید .

مرحله اول ،کنتور تحت ولتاژ ، قطع فاز وسط (کشیدن لینک کات اوت) ، بدون بار ، دو فاز وصل

مرحله دوم ، الکتروموتوردرمدار (بار سلفی) ، سه فاز وصل

مرحله سوم ، الکتروموتور در مدار (بار سلفی) ، دو فاز وصل (قطع فاز وسط)

مرحله چهارم ، الکتروموتور و خازن در مدار (بار سلفی خازنی) ، سه فاز وصل

مرحله پنجم ، الکتروموتور و خازن در مدار (بار سلفی خازنی) ، دو فاز وصل (قطع فاز وسط)

مرحله ششم ، خازن در مدار (بار خازنی) ، سه فاز وصل

مرحله هفتم، خازن در مدار (بار خازنی) ، دو فاز وصل (قطع فازسمت راست)

مرحله هشتم ، خازن در مدار (بار خازنی) ، دو فاز وصل (قطع فازسمت چپ)

مرحله نهم ، خازن در مدار (بار خازنی) ، دو فاز وصل(قطع فاز وسط).

وضعیت مدار	ولتاژ فازی			ولتاژ خطی			جریان فازی		
	T	S	R	RT	ST	RS	T	S	R
مرحله اول قطع فاز وسط (تحت ولتاژ)	۱۲۱	۱۲۳	۲۳۴	۳۵۲	۸۴	۳۵۲	۰	۰	۰
مرحله دوم (بار سلفی) سه فاز وصل	۲۲۳	۲۲۴	۲۲۵	۳۸۶	۳۸۵	۳۸۷	۶۲	۶۲	۶۵
مرحله سوم (بار سلفی) قطع فاز وسط	۱۶۲	۱۹۸	۲۱۵	۴۱۰	۳۷۴	۳۵۲	۵۱	۴۸	۴۷
مرحله چهارم (بارسلفی خازنی) سه فاز وصل	۲۳۰	۲۳۱	۲۳۲	۳۹۸	۳۹۷	۳۹۹	۵۴	۵۲	۵۴
مرحله پنجم(بارسلفی خازنی)قطع فازوسط	۲۰۱	۲۳۹	۲۲۷	۴۱۵	۳۷۷	۳۵۰	–	–	–

۴-۱- نتایج ویژه تست اول ،

در مراحل هفتم تا نهم که بدترین شرایط از نظر ایجاد اضافه ولتاژ برای کنتور میباشد مقادیر بشرح جدول ذیل میباشد.قابل توجه است که بدتر ین شرائط مربوط به حالتی است که بار خازنی وفاز وسط قطع باشد. شایان ذکر است که مقادیر جریان فازی درمراحل پنجم، هفتم، هشتم ونهم بدلیل ناپایداری وعدم تعادل صرفنظر گردیده است.

وضعیت مدار	ولتاژ فازی			ولتاژ خطی			جریان فازی		
	T	S	R	RT	ST	RS	T	S	R
مرحله ششم(بارخازنی) سه فاز وصل	۲۳۹	۲۴۰	۲۴۲	۴۱۵	۴۱۲	۴۱۶	۵۰	۵۲	۵۲
مرحله هفتم (بارخازنی) قطع فازراست	۳۵۳	۲۴۲	۲۷۰	۵۷۰	۵۲۷	۳۸۵	_	_	_
مرحله هشتم (بار خازنی) قطع فازچپ	۲۳۹	۰	۳۵۱	۵۲۱	۳۹۸	۵۷۲	_	_	_
مرحله نهم (بار خازنی) قطع فاز وسط	۳۱۵	۳۵۵	۲۳۷	۴۳۳	۶۱۰	۵۰۳	_	_	_

۵-تست دوم : ترانسفورماتور ۱۰۰ کیلوولت آمپر ، الکتروموتور ۳۸ کیلووات ، خازن ۲۵ کیلووار

در این حالت نسبت به تست اول ظرفیت ترانسفورماتور ثابت مانده و توان خازن کاهش یافته است . نتیجه بدست آمده نشانگر آنست که با کاهش توان خازن، ولتاژ شبکه نیز در مقایسه با حالتیکه توان خازن بالاتر است کاهش می یابد بنا براین نتایج بدست آمده در جداول ذیل ارائه گردیده است .

وضعیت مدار	ولتاژ فازی			ولتاژ خطی			جریان خازنی		
	T	S	R	RT	ST	RS	T	S	R
مرحله اول (تحت ولتاژ) قطع فاز وسط	۲۱۹	۱۱۰	۱۱۹	۳۳۵	۳۲۳	۴۷	۰	۰	۰
مرحله دوم (بار سلفی) سه فاز وصل	۲۱۱	۲۱۱	۲۱۱	۳۶۷	۳۶۷	۳۶۶	۴۵	۴۳	۴۵
مرحله سوم (بار سلفی) قطع فاز وسط	۲۰۸	۱۹۱	۱۷۱	۳۲۹	۳۵۹	۲۹۶	۷۵	۳۶	۳۷
مرحله چهارم (بارسلفی خازنی) سه فاز وصل	۲۱۷	۲۱۷	۲۱۷	۳۷۷	۳۷۷	۳۷۵	۳۰	۲۹	۳۱
مرحله پنجم(بارسلفی خازنی)قطع فازوسط	۲۱۶	۲۳۱	۲۰۰	۳۴۶	۴۰۱	۳۷۲	۶۱	۲۹	۳۰

۱-۵- نتایج ویژه تست دوم ،

درمراحل هفتم تا نهم همانند حالت تست یک، بدترین شرایط اضافه ولتاژ برای کنتورحالتی است که فقط بار خازنی در مدار بوده و تک تک فازها جداگانه قطع گردیده اند ، ضمناً خازن بصورت دستی در مدار قرار گرفته است .همانطور که از نتایج جدول ذیل استنباط میگردد قطع فاز وسط بدترین حالت برای مصرف کننده ها و کنتور میباشد .

وضعیت مدار	ولتاژ فازی			ولتاژ خطی			جریان خازنی		
	T	S	R	RT	ST	RS	T	S	R
مرحله ششم(بارخازنی) سه فاز وصل	۲۲۵	۲۲۴	۲۲۴	۳۸۵	۳۸۵	۳۸۵	۳۹	۳۷	۳۷
مرحله هفتم (بارخازنی) قطع فاز راست	۲۶۵	۲۳۲	۳۴۸	۳۲۵	۴۵۰	۵۰۸	–	–	–
مرحله هشتم (بار خازنی) قطع فاز چپ	۳۴۶	۰	۲۲۹	۵۱۰	۵۳۱	۳۳۷	–	–	–
مرحله نهم (بار خازنی) قطع فاز وسط	۲۲۶	۳۴۶	۲۷۶	۳۷۴	۴۹۲	۵۶۶	۴۶	۷۱	۵۸

۶-بررسی مقادیر ولتاژ و جریان در حالات مختلف

همانگونه که در جداول تست اول و دوم مشاهده می گردد بدترین تغییرات ولتاژ بین فاز و نول و ولتاژهای خطی هنگامی است که تنها خازن در مدار باقی می ماند (مرحله نهم) که در این حالت ولتاژ بین دو فاز در تست اول تا ۶۱۰ ولت و در تست دوم تا ۵۷۰ ولت می رسد که در اینصورت ولتاژ بوجود آمده روی ترمینالهای کنتور بیش از ولتاژ نامی و استاندارد کنتورهاست از این رو در صورتیکه در هر مورد وضعیت دو فاز شدن شبکه برای مدت زیاد ادامه یابدو اضافه ولتاژ روی ترمینالهای کنتور باقی بماند سبب سوختن کنتور خواهد شد .

البته بدترین وضعیت مربوط به قطع فاز وسط در طرف اولیه ترانسفورماتور می باشد. تغییرات جریان و ولتاژدر نمودارهای پیوست بخوبی بیانگر وضعیت های ۹گانه میباشد. همانطور که ملاحظه می شود تغییر توان خازن از ۳۰ کیلووار به ۲۵ کیلووار موجب کاهش تغییرات ولتاژ بین فازها در مرحله نهم آزمایش می گردد .

علاوه بر ولتاژ مقادیر جریان هم در مرحله سوم (در مدار قرار داشتن الکترو موتور بصورت دو فاز) دریکفاز به بیش از دو و نیم برابر جریان نامی و در مرحله پنجم (در مدار قرار داشتن الکتروموتور و خازن بصورت دو فاز) نیز به بیش از دو برابر جریان نامی در یکفاز می رسد . که این اضافه جریان نیز می تواند موجب سوختن کنتور گردد.

۷- بررسی اثرات هارمونیکی ولتاژ و جریان درحالت دو فازی ترانس در بارهای مختلف

نمودارهای پیوست به ترتیب اثرات هارمونیکی (THD) جریان و ولتاژ را در حالت دو فازی ترانسفورماتور (قطع فاز وسط) نشان می دهد ، THD جریان در حالت بار سلفی دوفاز و THD ولتاژ در حالت بار خازنی دو فاز بیشترین اثرات هارمونیکی را ایجاد نموده است و قویترین هارمونیک ، هارمونیک سوم می باشد و در حالت دوفازی بدون بار نیز هارمونیک دوم از همه قویتر است و در حالت دو فازی با بار سلفی و یا بار سلفی و خازنی اثرات هارمونیکی قابل توجهی بوجود نمی آید . همانطور که از نمودارها ملاحظه می شود THD جریان به میزان۵۶٪ ، THD ولتاژ به میزان ۳۴٪ میباشدکه این عوامل نیز می تواند در سوختن کنتورها مؤثر باشد، همچنین در گرم شدن بیش از اندازه هسته ترانسفورمرها نیز موثر است یکی از دلائل بالا رفتن هارمونیک کل جریان احتمال به اشباع رفتن هسته های مغناطیسی ترانسفورماتور و الکتروموتور میتواند باشد .

۸-نتیجه گیری

با توجه به بررسی آزمایش مدار در حالتهای مختلف بطور خلاصه نتایج زیر حاصل می گردد .

۱)سوختن کنتور بر اثر اضافه ولتاژ تا حدود ۶۰۰ ولت بر اثر دوفاز شدن شبکه ۲۰کیلوولت در حالتیکه خازن به تنهایی در مدار باقی می ماند . این وضعیت موقعی بوجود می آید که رله کنترل فاز فرمان قطع مدار الکتروموتور را صادر کرده و خازن در حالت دستی قرار داشته باشدو در مدار باقی بماند اما زمانیکه خازن در حالت اتومات قرار داشته باشد پس از فرمان قطع مدار الکتروموتور توسط رله کنترل فاز، مدار خازن نیز قطع می گردد و مشکلی بوجود نمی آید .

۲)اضافه جریان تا حدود ۲ یا ۲/۵ برابر جریان نامی بر اثر دو فاز شدن شبکه ۲۰ کیلوولت موجب عدم ثبت مقادیر انرژی توسط کنتور میگردد . در حالتیکه الکترو موتور و خازن و یا الکتروموتور به تنهایی در سرویس قرار داشته باشد جریان سمت ثانویه ترانسفورماتور از حد اشباع گذشته و موجب عدم ثبت مقادیر انرژی درکنتور می گردد، این عامل (اضافه جریان)نیز میتواند موجب سوختن کنتور گردد.

۳)سوختن کنتوربراثر افزایش هارمونیک های فرد درحالت بارخازنی و بر اثر افزایش هارمونیک های زوج در حالت بی باری پس از قطع یکفاز در سمت ۲۰ کیلوولت ترانس نیز از دیگر عوامل موثردرآسیب دیدگی لوازم اندازه گیری می باشد.

۹- پیشنهادات والزامات

۱) از آنجائیکه ولتاژ قابل تحمل برای کلیه کنتورهای دیجیتالی ۲۰+- ٪ می باشد (۴۸۰-۳۲۰ ولت) ولتاژهای بالاتر از این مقدار برای مدت طولانی موجب سوختن کنتور می گردد لذا نظربه اینکه دو فاز شدن شبکه های توزیع و استفاده از کات اوت فیوز امری اجتناب ناپذیر است ، توصیه می گرددسازندگان این تجهیزات، ولتاژ قابل تحمل کنتورها را تا حدود ۶۵۰ ولت افزایش دهند. (البته ظرفیت خازنهای بیشتر از ۳۰ کیلوولت آمپر راکتیو ممکن است موجب افزایش ولتاژ بیش از این مقدارنیز باشد.) پیش بینی ظرفیت اضافی خازن موجب افزایش بیشتر ولتاژ درحالت قطع یک فاز مدار خواهد شد بنابراین باید در محاسبه ظرفیت خازن مورد نیاز توان بهینه خازن را در نظر گرفت.

۲)برای حفاظت کنتور در مقابل ولتاژایجاد شده بر اثر دو فاز شدن شبکه های توزیع میتوان با یک فیوز مناسب مدار کنتور را حفاظت نمود.

۳)راه حل دیگر حفاظت کنتور در مقابل ولتاژ ایجاد شده بر اثر دو فاز شدن شبکه های توزیع استفاده از رله های کنترل فاز در مدار کنتور و قطع مدار ولتاژ کنتور میباشد که این امر نیاز به طراحی و تعبیه رله و کنتاکتوردر داخل تابلو اندازه گیری دارد.

۴) از آنجائیکه جریان قابل تحمل برای کنتورهای از نوع CT ۵ آمپرو در برخی از آنها حداکثر ۱۰آمپر(۲۰+- ٪) می باشد ولی جریان آستانه سوختن کنتورها بیش از ۱۰ آمپر می باشد و جریان در حالات ذکر شده به بیش از این مقدارمی رسد (حدود ۱۵آمپر).لازمست برای ممانعت از عبور جریان بیش از این مقدارCT با یک رنج بالاتر استفاده نمود که مشکلی هم برای مدار اندازه گیری بوجود نمی آورد.

۵)استفاده از دستگاه قطع همزمان جریان کات اوت فیوز ها از طریق کلید اتومات در سمت تابلو فشار ضعیف ; این فرمان بصورت الکتریکی مکانیکی پس از دو فاز شدن ترانسفورماتور به کلید اتومات تابلوی فرمان مصرف کننده های پستهای اختصاصی و یا تابلوهای پستهای عمومی صادر می گردد، البته درصورت وجود کلید اتومات مجهز این امکان میسر خواهد بود. قسمت مکانیکی از یک سیم پیچ و یک میله متحرک که در داخل سیم پیچ قرار دارد تشکیل شده است وظیفه این قسمت که با ولتاژ ۳۱۷ ولت مستقیم تغذیه میشود ضربه زدن به "PUSH BUTTON " می باشد عمل ضربه زدن به دلیل غلبه بر اینرسی سکون در چندین مرحله صورت میگیرد ، مدارات الکترونیکی نیز وظیفه نمونه گیری از ولتاژ سه فاز و مقایسه آن با ولتاژ استاندارد را به عهده دارند . در حال حاضر این دستگاه در دفتر تحقیقات و بهره وری شرکت توزیع استان خراسان رضوی بصورت یک نمونه تحقیقاتی ساخته شده و مورد استفاده و آزمایش نیز قرار گرفته است .قطع کلید اتومات موجب قطع الکترو موتور و خازن مدار می گردد و تنها وضعیت بدون بار دو فاز برای کنتور باقی می ماند .

۶) بکارگیری دستگاه قطع همزمان سه فاز در سمت فشار متوسط ترانسفورماتورهای توزیع که در صورت استفاده انبوه از این دستگاه ، حفاظت مدارهای ثانویه و کنتور کاملاً تضمین شده و از خسارات احتمالی به ترانسفورماتور نیز جلوگیری بعمل می آید.

امید است با بکاربستن تجربه حاصل و ادامه آزمایشات لازم با استفاده از دستگاههای ثبات پیشرفته مانند PQM (power quality meter) بتوان نتایج کاملتری را بدست آورد تا ضمن جلوگیری از سوختن تعداد زیادی کنتور بتوان از هدر رفتن این سرمایه های ملی جلوگیری کرد (هزینه های سنگین تعویض کنتور ، مصرف انرژی در زمان عدم قرائت کنتور و بالاخره کاهش تلفات در سطح وسیعتری از شبکه های توزیع) .

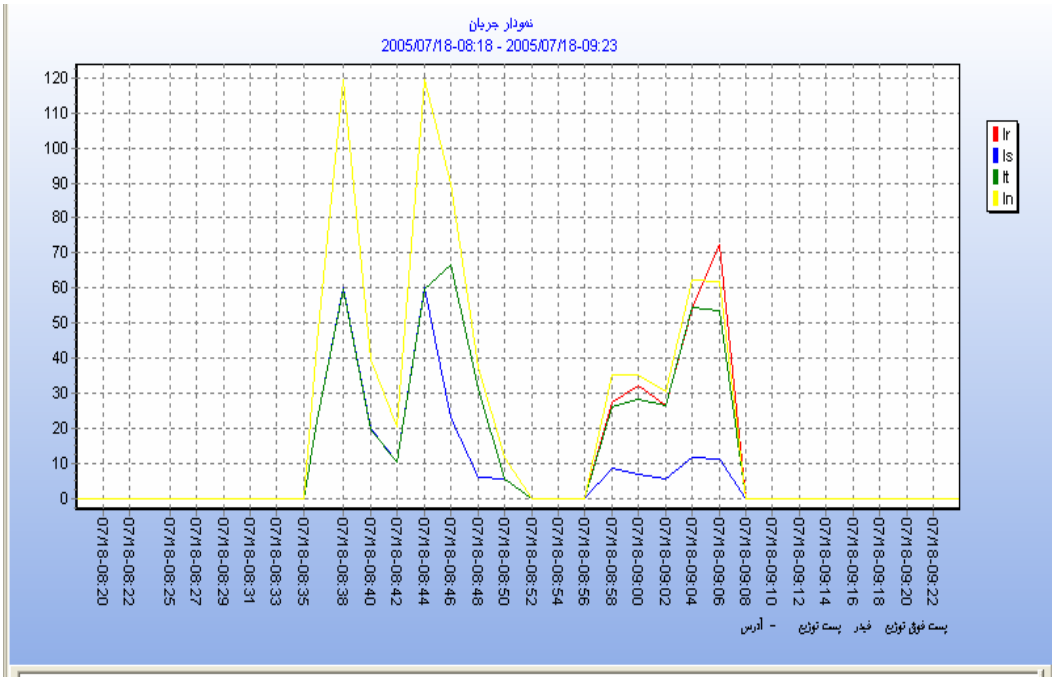
- منابع و مراجع

۱- دستورالعمل وزارتی انشعابات دیماندی به شماره ۱۱/۸۷۶۱ مورخه ۷۷/۱۲/۱۵

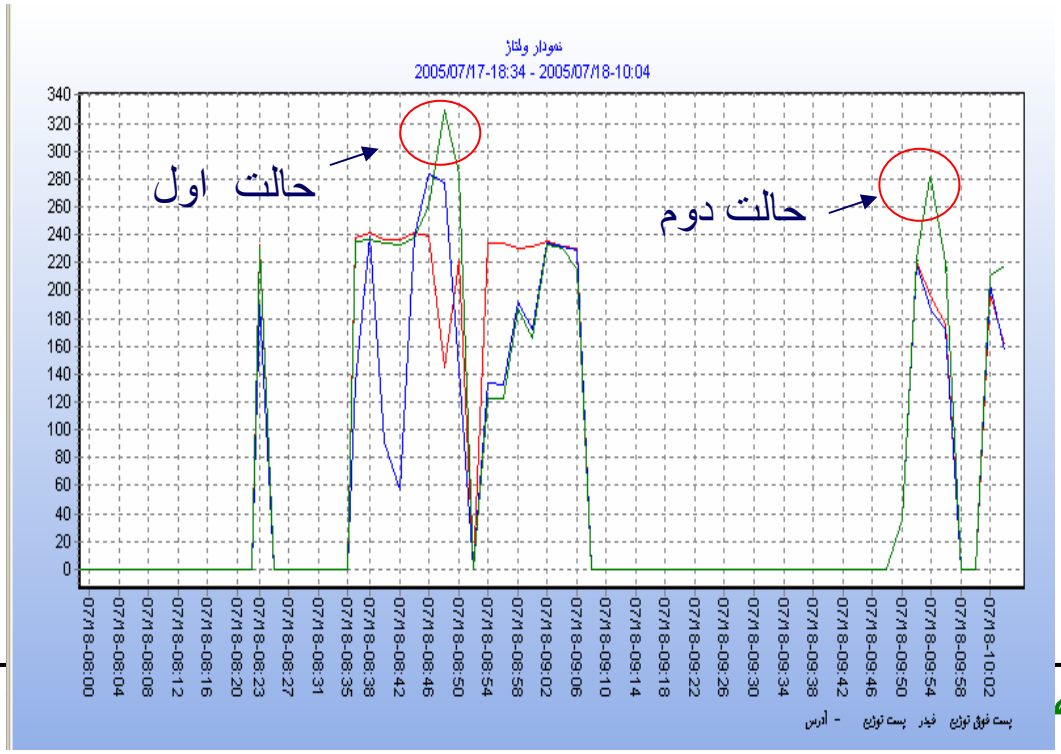
۲- اطلاعات حاصل از آزمایش مدار در وضعیتهای مختلف بصورت میدانی در محدوده شرکت توزیع برق استان خراسان رضوی

۳- مستندات مربوط به کمیته بهبودبهره برداری شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان رضوی

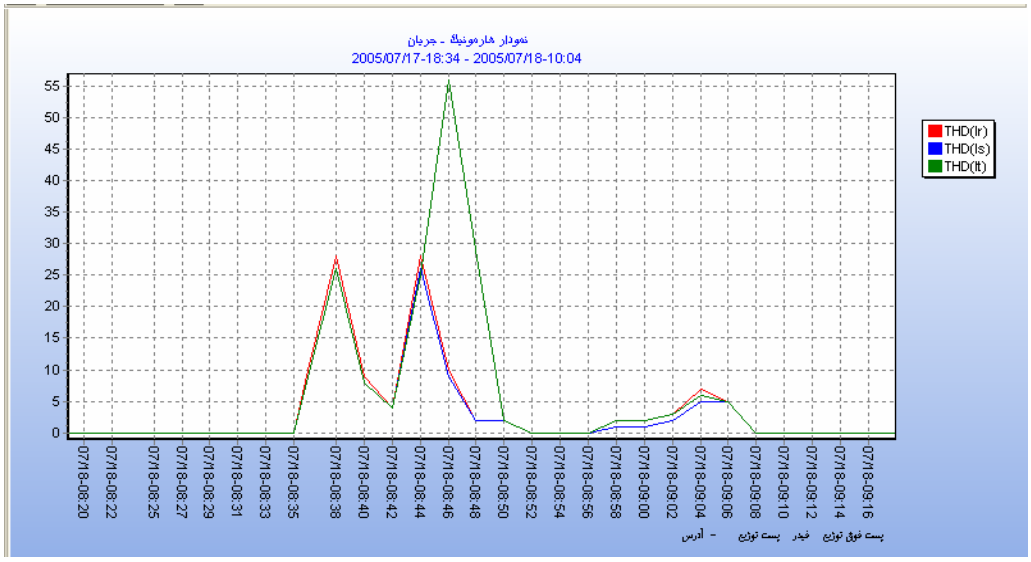
۴- کاتالوگ های سازندگان کنتورهای دیجیتالی



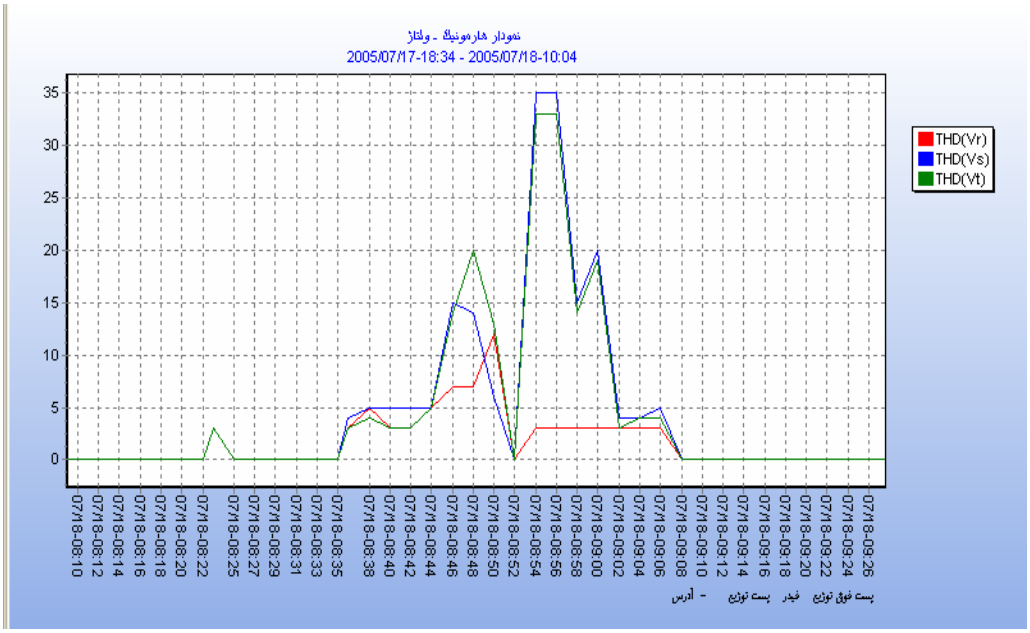
نمودار جریانهای سه فاز و نول در طی مراحل آزمایش



نمودار ولتاژهای فازی سه فاز و در طی مراحل آزمایش



نمودار هارمونیک جریان در طی مراحل آزمایش (**THD** جریان)



نمودارهارمونیک ولتاژ در طی مراحل آزمایش (**THD** ولتاژ)