



راهنمای آنلاین وبکو

تست اشباع "CT"، قسمت چهارم

tester	دسته
Current Trasformer روم	بخش
فارسی	زبان
2026-10-23	تاریخ تولید

Imported Content

1

نقطه اشباع و تغییر فرکانس

همانطور که گفته شد تلفات هسته از دو بخش هیستریزیس و فوکو تشکیل شده و مدل آن به صورتی است که می بینید:

$$P_f = K_e (V_2)$$

$$P_h = K_h * V_x / f^{1-x} \Rightarrow P_h = K_h * f^{1-x} * V_x^{-2} * V_2$$

$$P_c = P_e + P_h = K_e (V_2) + K_h * f^{1-x} * V_x^{-2} * V_2$$

با استفاده از این رابطه مدل مقاومت فوکو و مقاومت هیستریزیس قابل دستیابی است که مدل مقاومت فوکو خطی و مستقل از ولتاژ و مدل مقاومت هیستریزیس غیرخطی و وابسته به ولتاژ است.

$$R_e = 1/K_e$$

$$R_h = 1 / (K_h * f^{1-x} * V_x^{-2})$$

اگر از سمت ثانویه ولتاژ اعمال شود، با توجه به مشخص بودن " R_{ct} " و جریان کشیده شده از منبع ، ولتاژ شاخه موازی از رابطه ی:

$$E = V_{terminal} - R_{CT} * I$$

محاسبه می شود. پس از محاسبه "E" تلفات هسته از رابطه

$$P_c = E * I * \cos(\phi)$$

به دست می آید. با داشتن مقدار تلفات هسته و رابطه گسترده ی آن

$$P_c = K_e (V_2) + K_h * f^{1-x} * V_x^{-2} * V_2$$

می توان از طریق حل سه معادله سه مجهول، " K_e "، " K_h " و " x " را محاسبه کرد. برای حل این معادلات می توان سه ولتاژ متفاوت را اعمال کرد. اما اگر در هر سه مورد فرکانس ثابت باشد دترمینان آن صفر می شود و برای مجهولات جوابی به دست نمی آید. بنابراین باید یکی از ولتاژها را با فرکانسی متفاوت اعمال کرد.

در مرحله اول حل این معادلات با ولتاژ " V_1 " و فرکانس " f_1 "، پارامترهای " K_e " و " $K_h(f_1^{-x})$ " از طریق دو معادله دو مجهول به دست می آید.

$$P_{c1} = K_e (V_1^2) + K_h * f_1^{1-x} * V_1^{-2} * V_1^2$$

$$P_{c2} = K_e (V_2^2) + K_h * f_1^{1-x} * V_2^{-2} * V_2^2$$

در مرحله بعد یکی از ولتاژها با فرکانس " f_2 " اعمال شده و " x " به دست می‌آید. با جایگذاری آن در " $K_h(f^{1-x})$ "، " K_h^* " هم مشخص می‌شود. با مشخص شدن این پارامترها مقاومت فوکو و هیستریزیس مشخص می‌شود

$$P_{c2} = K_e (V_2^2) + K_h * f_1^{1-x} (*) V_2^{x-2} (*) V_2^2$$

$$P_{c3} = K_e (V_2^2) + K_h * f_2^{1-x} (*) V_2^{x-2} (*) V_2^2$$

با توجه به محدودیت اعمال ولتاژ برای "CT" هایی با نقطه اشباع خیلی بالا، می‌توان با کاهش ولتاژ و فرکانس به یک نسبت، نقطه اشباع را در فرکانس نامی پیدا کرد. چرا که شار متناسب با نسبت " V/f " می‌باشد.

اما آیا تغییر فرکانس هیچ تاثیری در سیستم "CT" نمی‌گذارد؟ برای تحلیل این موضوع باید به بررسی اجزای "CT" که تغییر فرکانس و ولتاژ بر آن‌ها موثر است، پرداخت. طبق تحلیل‌های قبل " R_{ct} " وابسته به جنس سیم بوده و " R_{eddy} " به جنس هسته وابسته است. در شاخه " X_m " هم با توجه به تغییر متناسب " V " و " f " و ثابت بودن شار، این شاخه هم بدون تغییر باقی می‌ماند. بنابراین تنها پارامتر متاثر از ولتاژ و فرکانس مقاومت هیستریزیس است که به صورت که می‌بینید.

$$(\underline{R_h}) = 1 / (K_h * f^{1-x} (*) V^{x-2})$$

حالا فرض کنید برای بدست آوردن نقطه اشباع ولتاژ و فرکانس تغذیه نصف شود. آیا با دو برابر کردن ولتاژ و جریان کشیده شده، نقطه اشباع در فرکانس نامی بدست می‌آید؟ در ادامه این موضوع مشخص می‌شود.

فرض کنید مقاومت dc برابر $1.5 - 4$ برابر $10 - 1.8$ $x=3 - 10$ $K_h=10$ یوده و نقطه زانویی "CT"، با کاهش فرکانس به 25 هرتز، 500 ولت و جریان 15 میلی‌آمپر بدست آمده است. طبق رابطه " $V_{terminal} - R_{ct} I_{Exc}$ " ولتاژ شاخه موازی حاصل می‌شود.

$$\underline{E_{Exc}} = V_{terminal} - R_{ct} I_{Exc}$$

با توجه به معلوم شدن " K_h "، " K_e " و " x " با تقسیم " E_{Exc} " به " R_{eddy} " و " R_h " جریان " I_e " و " I_h " محاسبه می‌شود. با کم کردن این دو از " I_{Exc} " جریان سلف بدست می‌آید. بنابر رابطه

$$\Phi = L * I$$

با ثابت بودن شار، جریان سلف ثابت است. بنابراین با دو برابر کردن ولتاژ شاخه موازی، این جریان ثابت می‌ماند. پس از دو برابر کردن ولتاژ و فرکانس، با رابطه نشان داده شده

$$I_{eddy} = 2 E_{Exc} / R_{eddy}$$

$$(\underline{I_h}) = 2 E_{Exc} / 1 / (K_h * f^{1-x} (*) V^{x-2} (*) V^{x-2}) = 2 E_{Exc} * (K_h * 50^{1-x} (*) 2 E_{Exc}^{x-2})$$

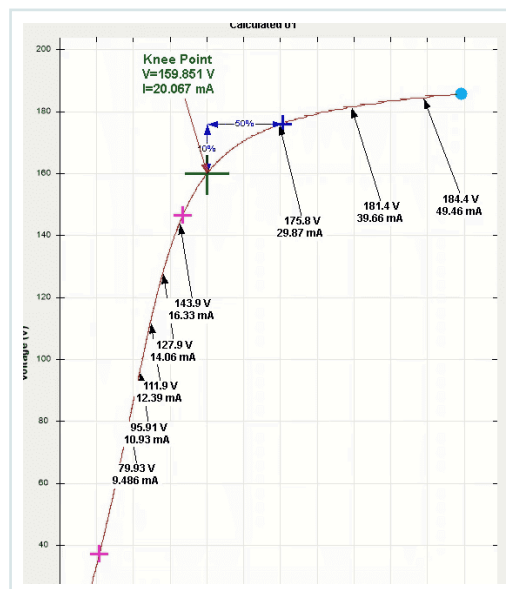
$$I_e = 2 E_{Exc} * K_e$$

جریان فوکو و هیستریزیس محاسبه شده و با جریان سلف جمع شده و " I_{Exc} " به دست می‌آید. سپس ولتاژ شاخه موازی

یعنی " $2E_{Exc}$ " با " $R_{ct} * I_{Exc}$ " جمع شده و ولتاژ ترمینال به دست می‌آید.

$$V_{terminal} = 2E_{Exc} + (R_{ct} * I_{Exc})$$

همانطور که می‌دانید حداکثر ولتاژ خروجی دستگاه "450" ولت در حالت تکفاز می‌باشد. معمولاً "CT" های "Measuring" برای این که تجهیزات اندازه گیری آسیب نبینند، در ولتاژهای پایین به اشباع می‌روند. اما ولتاژ اشباع برخی از "CT" های "Protection" مانند "CT" های "TPY"، "TPX" و "TPZ" بسیار بالاست و معمولاً این ولتاژ خارج از توان دستگاه می‌باشد. برای تست این "CT" ها می‌توان ولتاژ را تا حدی بالا برد تا این که "CT" به اشباع رود اما برخی مراجع علمی توصیه کرده‌اند که نباید ولتاژ بالا به "CT" ها تزریق شود چرا که ولتاژ زیاد باعث آسیب به عایق تجهیز می‌شود. روش دیگر برای تست اشباع "CT" هایی که ولتاژ اشباع بالایی دارند، کاهش فرکانس است. این روش در استاندارد تست اشباع "CT" هم بیان شده است که می‌توان با دستگاه "AMT105" هم آن را انجام داد.



تصویر 1

State Settings

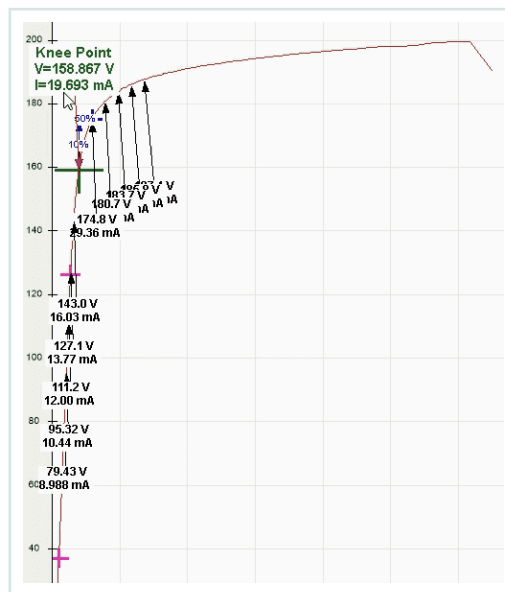
☐ Rdc
☒ Demagnetize
Time:
% of Vend
☐ Calc. From TestObject
Frequency
V end
Excitation Time Test:

Choose Current Measurement Mode:
☒ Low Current $I_{exc} < 500mA$
☐ High Current $500mA < I_{exc} < 800mA$

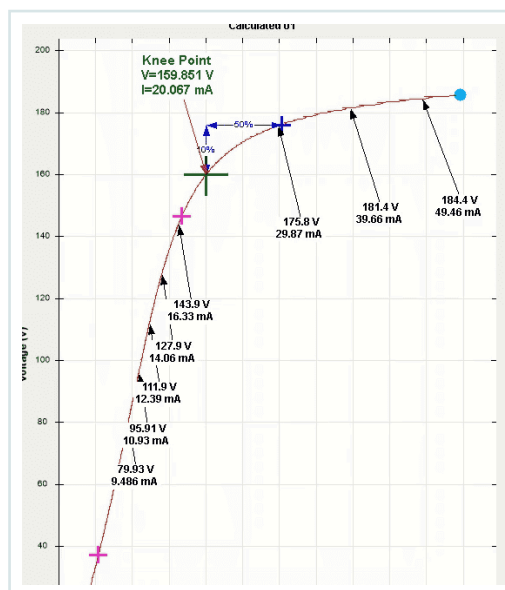
☐ Don't change hardware settings

تصویر 2

همانطور که دیدید نقطه زانویی یک حفاظتی 5P10 در فرکانس 50 هرتز، حدود 159 ولت اندازه‌گیری شد. اگر بخواهید مقدار ولتاژ انتهایی و فرکانس تزریقی را خودتان مشخص کنید باید تیک گزینه "Calc. From TestObject" را برداشته و فیلدهای "Frequency" و "V end" را وارد کنید. که برای مثال فرکانس "25" هرتز و ولتاژ انتهایی "186" ولت وارد می‌شود که معادل "372" ولت در فرکانس "50" هرتز است. توجه کنید که با تغییر ولتاژ ممکن است سربندی تغییر کند. در این روش تیک گزینه "Demagnetize" برای از بین بردن پسماند مغناطیسی و انجام محاسباتی که پیش از این گفته شد به صورت پیش‌فرض زده شده است.



تصویر 3

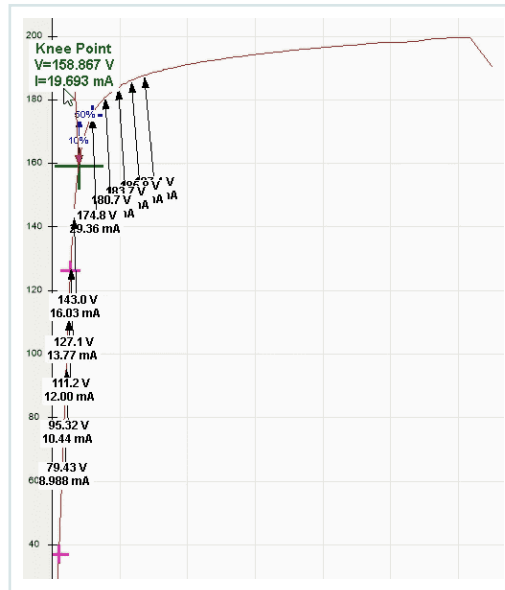


تصویر 4



تصویر 5

پس از انجام این تنظیمات و مشخص کردن مدت زمان تست روی گزینه "Init Test" کلیک و تست اجرا می‌شود. همانطور که در "Signal View" می‌بینید با کاهش فرکانس و معادل سازی، نقطه زانویی با آنچه که در فرکانس 50 هرتز اندازه‌گیری شد تقریباً یکسان است. بنابراین در مواردی که ولتاژ نقطه اشباع CT خارج از محدوده دستگاه است، می‌توانید با کاهش فرکانس نقطه زانویی و اشباع آن را اندازه‌گیری کنید.



تصویر 6

CT_Excitation_Test_Part4[V1]