دستورالعمل تحویل فنی دستگاه اندازه‌گیری

تانژانت دلتا و ظرفیت خازنی مدل TCM-400

جهاد دانشگاهی علم و صنعت

مرکز مهندسی فشار قوی

پاییز ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۱- مدار اندازه‌گیری ۲

۲- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی کابل‌های تا ۳۶ کیلوولت ۲

۳- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی کابل‌های ۳۶ تا ۱۷۰ کیلوولت ۳

۴- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی کابل‌های ۱۷۰ تا ۵۵۰ کیلوولت ۴

۵- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی شینه‌ی ماشین‌های الکتریکی ۵

۶- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی استاتور ماشین‌های الکتریکی ۷

۷- پیوست ها ۹

پیوست الف- فرم تحویل فنی ۹

پیوست ب- جداول استاندارد **IEC 62840** ۱۰

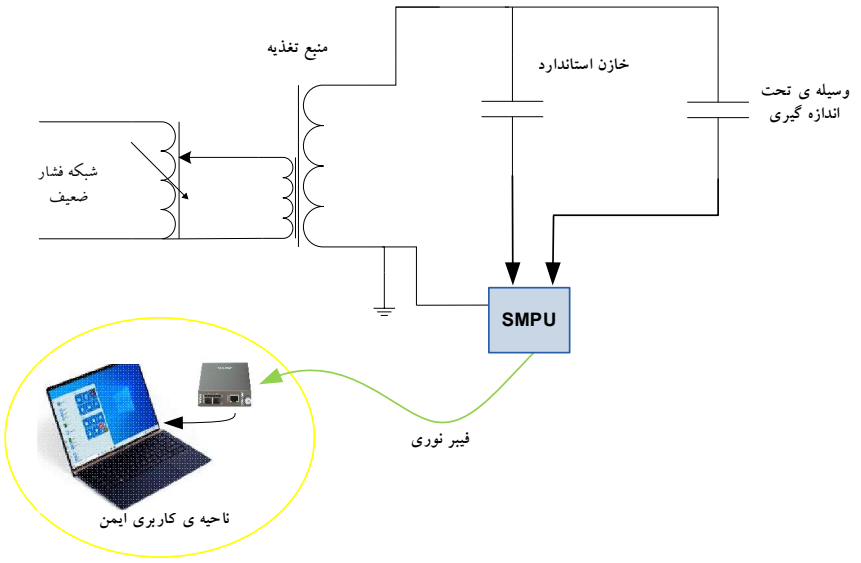
پیوست ج- جداول استاندارد **IEC 62067** ۱۱

نشانی: نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن: ۲ – ۷۷۴۵۵۰۰۱، دورنگار: ۷۷۴۵۵۰۰۳، کد پستی: ۱۶۸۴۹۳۳۵۱۱ صندوق پستی: ۱۶۷۶۵۱۸۹۹

دستورالعمل تحویل فنی دستگاه تانژانت دلتا

۱- مدار اندازه‌گیری

در شکل۱ مدار اندازه‌گیری دستگاه TCM-400 جهت اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی و ظرفیت خازنی نشان داده شده است.



شکل۱: شماتیک اندازه‌گیری تانژانت دلتای دستگاه TCM-400

۲- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی کابل‌های تا ۳۶ کیلوولت

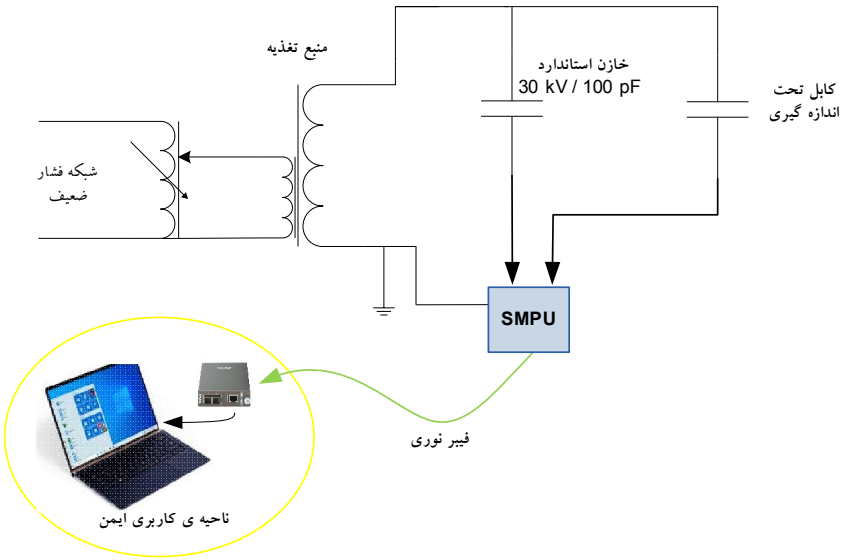
طبق استاندارد IEC 60502-2 که برای کابل‌های با U_m از ۷,۲ تا ۳۶ کیلوولت می‌باشد، ابتدا دمای کابل بین ۵ تا ۱۰ درجه بالاتر از حداکثر دمای هادی در شرایط کاری معمول (۹۰ درجه برای کابل‌های EPR/HEPR و XLPE)، افزایش داده می‌شود. این افزایش دما می‌تواند از طریق یک گرمکن یا حوضچه‌ی مملو از روغن و یا عبوردهی جریان از هادی یا غلاف کابل و یا هر دوی آنها انجام گیرد.

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ – ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار : ۷۷٤٥٥٠٠٣، کد پستی: ۱٦۸٤۹۳۳٥۱۱ صندوق پستی: ۱٦۷٦٥۱۸۹۹

در هر یک از روش‌های فوق دمای هادی از طریق اندازه‌گیری مقاومت هادی و یا دمای گرمکن یا حوضچه و یا دمای کابل مرجع تحت شرایط گرم کنندگی مشابه مشخص می‌گردد.

مقدار تانژانت دلتا در دمای ذکر شده و با اعمال ولتاژ حداقل ۲ کیلوولت مطابق مدار شکل ۲ اندازه‌گیری می‌گردد. باید توجه گردد که از یک ترانس با توان مناسب جهت تغذیه استفاده شود.

در نهایت مقدار تانژانت دلتای اندازه‌گیری شده نباید برای کابل‌های EPR/HEPR و XLPE به ترتیب از مقادیر 400×10^{-4} و 40×10^{-4} تجاوز نماید.



شکل۲: شماتیک اندازه‌گیری تانژانت دلتای کابل‌های زیر ۳۶ کیلوولت

۳- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی کابل‌های ۳۶ تا ۱۷۰ کیلوولت

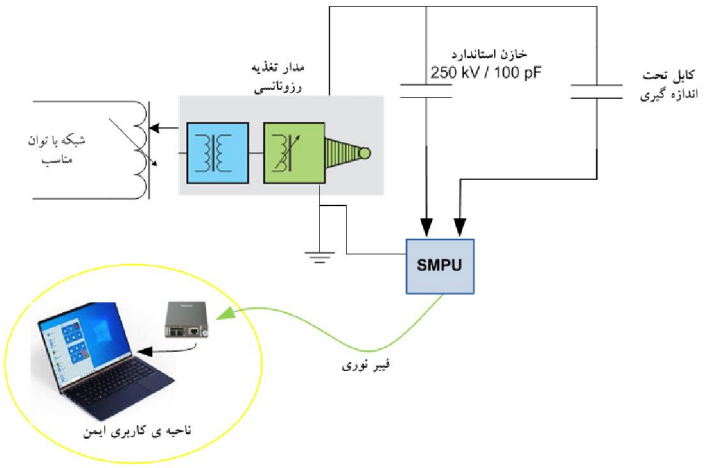
طبق استاندارد IEC 60840 که برای کابل‌های با U_m از ۳۶ تا ۱۷۰ کیلوولت می‌باشد، ابتدا دمای هادی کابل بین ۵ تا ۱۰ درجه بالاتر از حداکثر دمای هادی در شرایط کاری معمول افزایش داده شده و برای مدت زمان ۲ ساعت در این بازه‌ی دمایی نگهداری می‌گردد. این افزایش دما فقط باید از طریق عبوردهی جریان از هادی انجام گیرد. دمای

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ - ۷۷۴۵۵۰۰۱، دورنگار : ۷۷۴۵۵۰۰۳، کد پستی: ۱۶۸۴۹۳۳۵۱۱ صندوق پستی: ۱۶۷۶۵۱۸۹۹

هادی از طریق اندازه‌گیری مقاومت هادی و یا نصب سنسور دما بر روی غلاف کابل یا نصب سنسور دما بر روی هادی یک کابل مشابه با فرآیند گرم‌سازی یکسان، اندازه‌گیری می‌گردد.

مقدار تانژانت دلتا در دمای فوق و با اعمال ولتاژ U_0 کابل مطابق مدار شکل ۳ اندازه‌گیری می‌گردد. باید توجه گردد که از یک ترانس با توان مناسب و یا مجموعه رزونانسی جهت تغذیه استفاده شود.

در نهایت مقدار تانژانت دلتای اندازه‌گیری شده نباید از مقادیر جدول ۳ استاندارد IEC 60840 تجاوز نماید.



شکل۳: شماتیک اندازه‌گیری تانژانت دلتای دستگاه TCM-400

٤- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی کابل‌های ۱۷۰ تا ۵۵۰ کیلوولت

طبق استاندارد IEC 62067 که برای کابل‌های با U_m از ۱۷۰ تا ۵۵۰ کیلوولت می‌باشد، ابتدا دمای هادی کابل بین ۵ تا ۱۰ درجه بالاتر از حداکثر دمای هادی در شرایط کاری معمول (۹۰ درجه برای کابل‌های EPR/HEPR و XLPE)، افزایش داده می‌شود. این افزایش دما فقط باید از طریق عبوردهی جریان از هادی انجام گیرد. دمای هادی از طریق اندازه‌گیری مقاومت هادی و یا نصب سنسور دما بر روی غلاف کابل یا نصب سنسور دما بر روی هادی یک کابل مشابه با فرآیند گرم‌سازی یکسان، اندازه‌گیری می‌گردد.

مقدار تانژانت دلتا در دمای فوق و با اعمال ولتاژ U_0 کابل مطابق مدار شکل ۳ اندازه‌گیری می‌گردد.

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ - ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار : ۷۷٤٥٥٠٠٣، کد پستی: ۱٦۸٤۹۳۳٥۱۱ صندوق پستی: ۱٦۷٦٥۱۸۹۹

در نهایت مقدار تانژانت دلتای اندازه‌گیری شده نباید از مقادیر جدول ۳ استاندارد IEC 62067 تجاوز نماید.

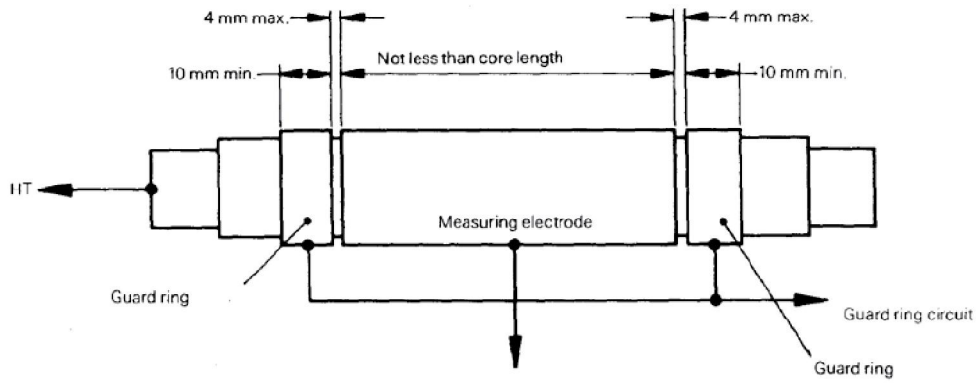
باید توجه گردد که در اندازه‌گیری‌ها از یک ترانسفورماتور یا مجموعه رزونانسی با توان مناسب جهت تغذیه استفاده شود.

۵- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی شینه‌ی ماشین‌های الکتریکی

اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی شینه‌ی ماشین‌های الکتریکی مطابق با استاندارد IEC 60894 انجام می‌گیرد. طبق این استاندارد شینه با فاصله عایقی مناسب بر روی پایه قرار داده شده و نسبت به زمین ایزوله می‌گردد. در دو طرف بازوی شینه حدود ۲ میلی‌متر فاصله عایقی بر روی سطح شینه قرار داده می‌شود و از هر دو طرف، بازوها با پیچیدن فویل آلمینیومی زمین می‌شود. قسمت صاف شینه نیز با یک فویل مسی یا آلمینیومی پوشیده شده و الکترود مربوطه به دستگاه اندازه‌گیری متصل می‌گردد.

ابتدا ولتاژ تا مقدار نامی افزایش داده شده و مدت ۱۵ ثانیه نگه داشته می‌شود. سپس به مقدار Un 0.2 کاهش داده شده و مقدار تانژانت دلتا از U_n 0.2 تا U_n 1.4 در پله‌های U_n 0.2 اندازه‌گیری می‌گردد.

در شکل۴ نحوه‌ی قرار گرفتن شینه در مدار اندازه‌گیری تانژانت دلتا و اتصالات الکترودهای زمین و اندازه‌گیری، مطابق با استاندارد IEC 60894 نمایش داده شده است.

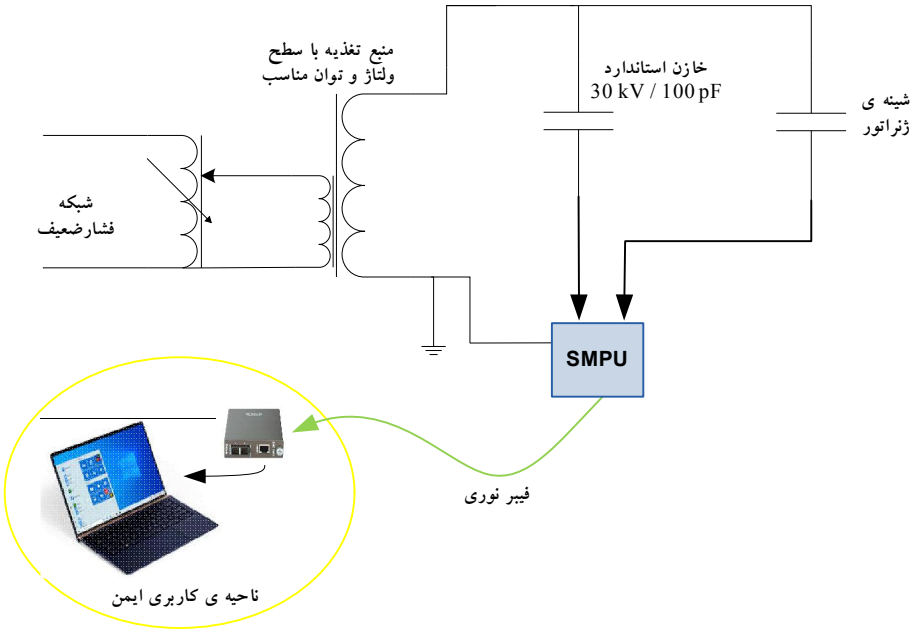


نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن: ۲ - ۷۷۴۵۵۰۰۱، دورنگار: ۷۷۴۵۵۰۰۳، کد پستی: ۱۶۸۴۹۳۳۵۱۱ صندوق پستی: ۱۶۷۶۵۱۸۹۹

شکل۴: نحوه‌ی قرار گرفتن شینه در مدار اندازه‌گیری تانژانت دلتا و اتصال الکترودها مطابق با استاندارد IEC

باید توجه گردد که در اندازه‌گیری‌ها از یک ترانسفورماتور با توان مناسب جهت تغذیه استفاده شود.

در شکل ۵ مدار اندازه‌گیری تانژانت دلتای شینه‌ی ژنراتور توسط دستگاه TCM-400 نمایش داده شده است.



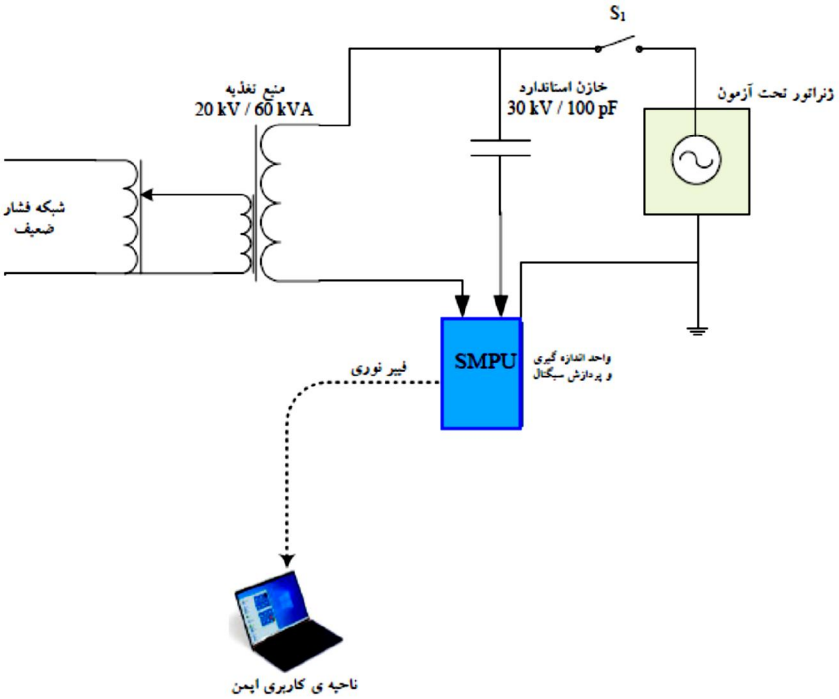
شکل۵: شماتیک مداری اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی شینه‌ی ژنراتور توسط دستگاه TCM-400

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ – ۷۷۴۵۵۰۰۱، دورنگار : ۷۷۴۵۵۰۰۳، کد پستی: ۱۶۸۴۹۳۳۵۱۱ صندوق پستی: ۱۶۷۶۵۱۸۹۹

٦- اندازه‌گیری تانژانت دلتا بر روی استاتور ماشین‌های الکتریکی

اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی استاتور ماشین‌های الکتریکی مطابق با استاندارد IEC 60034-27-3 انجام می‌گیرد.

در مورد ماشین‌های الکتریکی زمین نشده روش اندازه‌گیری مشابه شکل۵ می‌باشد. اما جهت اندازه‌گیری تانژانت دلتا در ماشین های الکتریکی زمین شده، از مدار شکل۶ استفاده می‌شود. در این شکل اندازه‌گیری در دو مرحله باز و بسته بودن کلید S_1 انجام گرفته و مقدار تانژانت دلتای ماشین الکتریکی از تفاضل دو مقدار اندازه‌گیری شده بدست خواهد آمد.



اندازه گیری در دو مرحله انجام می شود:
۱- باز بودن کلید **S1**
۲- بسته بودن کلید **S1**
مقدار تانژانت دلتای ژنراتور برابر است با تفریق مقادیر اندازه گیری شده در حالتهای ۲ و ۱

شکل۶: مدار اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی استاتور ماشین‌های الکتریکی زمین شده

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ – ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار : ۷۷٤٥٥٠٠۳، کد پستی: ۱٦۸٤۹۳۳٥۱۱ صندوق پستی: ۱٦۷٦٥۱۸۹۹

ولتاژ آزمون توسط یک منبع تغذیه‌ی با توان مناسب و با شکل موج سینوسی با هارمونیک پایین (مطابق با IEC 60060-1) تامین می‌گردد. اندازه‌گیری در استپ‌های $0.2\ U_n$ تا $1\ U_n$ تکرار می‌گردد.

تذکر: فراهم سازی شرایط مورد نیاز و آماده‌سازی نمونه کابل تحت اندازه‌گیری بندهای ۲ تا۶ بر عهده‌ی مشتری می‌باشد.

نشانی: نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن: ۲ – ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار: ۷۷٤٥٥٠٠٣، کد پستی: ١٦٨٤٩٣٣٥١١ صندوق پستی: ١٦٧٦٥١٨٩٩

۷- پیوست ها

پیوست الف- فرم تحویل فنی

شماره سریال دستگاه: ..... **متقاضی :** .....

۱ – آزمایش اندازه گیری ظرفیت خازنی

شرایط محیطی آزمایشگاه در حین آزمون:	**T=**..... °C	**H=**..... gr/m^3	**P=**.....mbar
نام و شماره سریال دستگاه اندازه گیری :	.....	.....	.....

ردیف	نام تجهیز تحت آزمون	ولتاژ (kv)	ظرفیت خازنی	توضیحات
۱				
۲				
۳				
٤				

۲ –آزمایش اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی

شرایط محیطی آزمایشگاه در حین آزمون:	**T=**..... **°C**	**H=**..... gr/m^3	**P=**.....mbar
نام و شماره سریال دستگاه اندازه گیری :	.....	.....	.....

ردیف	نام تجهیز تحت آزمون	ولتاژ (kv)	تانژانت دلتا	توضیحات
۱				
۲				
۳				
٤				

تاریخ انجام تست: .....**مسئول انجام تست:** .....**امضاء:** .....

تاریخ نظارت تست: .....**ناظر تست:** .....**امضاء:** .....

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ – ۱۹۰، تلفن : ۲ – ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار : ۷۷٤٥٥٠٠٣، کد پستی: ۱٦۸٤۹۳۳٥۱۱ صندوق پستی: ۱٦۷٦٥۱۸۹۹

پیوست ب- جداول استاندارد IEC 62840

Table 3 – Tan δ requirements for insulating compounds for cables

Designation of compound (see 4.2)		PE	HDPE	EPR/ HEPR	XLPE
Maximum tan δ	10^{-4}	10	10	50	10 [a]
[a] For cables produced with an XLPE compound containing special additives, the maximum tan δ is 50×10^{-4}.					

Table 4 – Test voltages

1 [c]	2	3	4 [a]	5 [a]	6 [a]	7 [a]	8 [a]	9 [a]	10 [b]
Rated voltage	Highest voltage for equip-ment	Value of U_0 for determin-ation of test voltages	Voltage test of 9.3	Partial discharge test of 9.2 and 12.4.4	Tan δ measure-ment of 12.4.5	Heating cycle voltage test of 12.4.6	Lightning impulse voltage test of 10.12, 12.4.7 and 13.2.5	Voltage test of 12.4.7	Voltage test after installa-tion of 16.3
U	U_m	U_0	2,5 U_0	1,5 U_0	U_0	2 U_0		2,5 U_0	
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
45 to 47	52	26	65	39	26	52	250	65	52
60 to 69	72,5	36	90	54	36	72	325	90	72
110 to 115	123	64	160	96	64	128	550	160	128
132 to 138	145	76	190	114	76	152	650	190	132
150 to 161	170	87	218	131	87	174	750	218	150

[a] If necessary, these test voltages shall be adjusted as stated in 12.4.1.

[b] If necessary, these test voltages shall be adjusted as stated in 16.3.

[c] For rated voltages not listed in column 1, see 8.4.

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ – ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار : ۷۷٤٥٥٠٠٣، کد پستی: ۱٦۸٤۹۳۳٥۱۱ صندوق پستی: ۱٦۷٦٥۱۸۹۹

پیوست ج- جداول استاندارد IEC 62067

Table 3 – Tan δ requirements for insulating compounds for cables

Designation of compound (see 4.2)		PE	HDPE	EPR	XLPE
Maximum tan δ	10^{-4}	10	10	30	10

Table 4 – Test voltages

1	2	3	4[a]		5[a]	6[a]	7[a]	8[a]	9[a]	10[a]	11
Rated voltage	**Highest voltage for equipment**	**Value of U_0 for determination of test voltages**	**Voltage test of 9.3**		**Partial discharge test of 9.2 and 12.4.4**	**Tan δ measurement of 12.4.5**	**Heating cycle voltage test of 12.4.6**	**Impulse lightning voltage test of 10.12, 12.4.7.2 and 13.2.5**	**Voltage test after impulse voltage test of 12.4.7.2**	**Switching impulse voltage test of 12.4.7.1**	**Voltage test after installation of 16.3**
U	U_m	U_0	Voltage[b]	Duration[b]	1,5 U_0	U_0	2 U_0		2 U_0		
kV	kV	kV	kV	min	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
220 to 230	245	127	318	30	190	127	254	1 050	254	–	180
275 to 287	300	160	400	30	240	160	320	1 050	320	850	210
330 to 345	362	190	420	60	285	190	380	1 175	380	950	250
380 to 400	420	220	440	60	330	220	440	1 425	440	1 050	260
500	550	290	580	60	435	290	580	1 550	580	1 175	320

[a] If necessary, these test voltages shall be adjusted as stated in 12.4.1.

[b] A threshold limit of 27 kV/mm to 30 kV/mm should not be exceeded for some insulations (as specified by the supplier), in order to avoid any possible weakening of the insulation prior to delivery which might later cause a failure in service. At the voltage test of 9.3, for example for rated voltage 330 kV to 500 kV, the voltage is lowered, combined with a longer testing time in order to avoid too high stresses. For insulations where a threshold limit is not a problem, the supplier may increase the test voltage and reduce the testing time. However, the duration should be at least 30 min.

Subject to agreement between manufacturer and purchaser, the voltage test of 9.3 may be replaced by a test at lower voltage and longer duration, even if the maximum stress in the insulation is lower than 30 kV/mm. However, the voltage level shall not be below 1,5 U_0 and the duration not longer than 10 h.

نشانی : نشانی: تهران، نارمک، خیابان فرجام، خیابان شهید حیدرخانی، خیابان ملک لو پلاک ۱۸۸ - ۱۹۰، تلفن : ۲ – ۷۷٤٥٥٠٠١، دورنگار : ۷۷٤٥٥٠٠٣، کد پستی: ۱٦۸٤۹۳۳٥۱۱ صندوق پستی: ۱٦۷٦٥۱۸۹۹