

TIPSKA ISPITIVANJA SN, NN I SKS KABELA

ZDRAVKO PAMIĆ

TIPSKA ISPITIVANJA KABELA

Tipska ispitivanja kabela su postupci pri kojem se ispituje i potvrđuje da ispitani reprezentativan uzorak kabela, uzet iz proizvodnje neke od konstrukcije istog tipa kabela, ispunjava sve zahtjeve propisane normom za taj tip kabela, neovisno koja konstrukcija tog tipa kabela se uzela za ispitivanje.

TIPSKA ISPITIVANJA KABELA

Tipska ispitivanja se ne moraju ponavljati osim ako se ne promjeni pojedini element konstrukcije kabela ili neki od materijala koji mogu pouzročiti promjenu radnih značajki kabela.

Razlikuju se električna i neelektrična tipska ispitivanja.

NORME ZA KABELE

za SN kabele: HRN HD 620 S2:2010

za NN kabele: HRN HD 603 S1:2001/A3:2008

za SKS: HRN HD 626 S1:2001/A2:2007

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

- mjerenje specifičnog otpora izolacije
- mjerenje parcijalnih izboja
- ispitivanje parcijalnih izboja nakon savijanja
- mjerenje tgδ na sobnoj i povećanoj temperaturi
- ispitivanje parcijalnih izboja nakon cikličkog zagrijavanja i hlađenja
- ispitivanje udarnim naponom
- ispitivanje izmjeničnim naponom
- harmonizirano dugotrajno ispitivanje (2 godine), poseban izvještaj
- ispitivanje debljine zaslona izolacije
- otpor zaslona vodiča i zaslon izolacije

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

1. Mjerenje specifičnog otpora izolacije

$$\text{na } 20^{\circ}\text{C} \geq 10^{16} \Omega \bullet \text{cm}$$

$$\text{na } 90^{\circ}\text{C} \geq 10^{14} \Omega \bullet \text{cm}$$

2. Mjerenje parcijalnih izboja

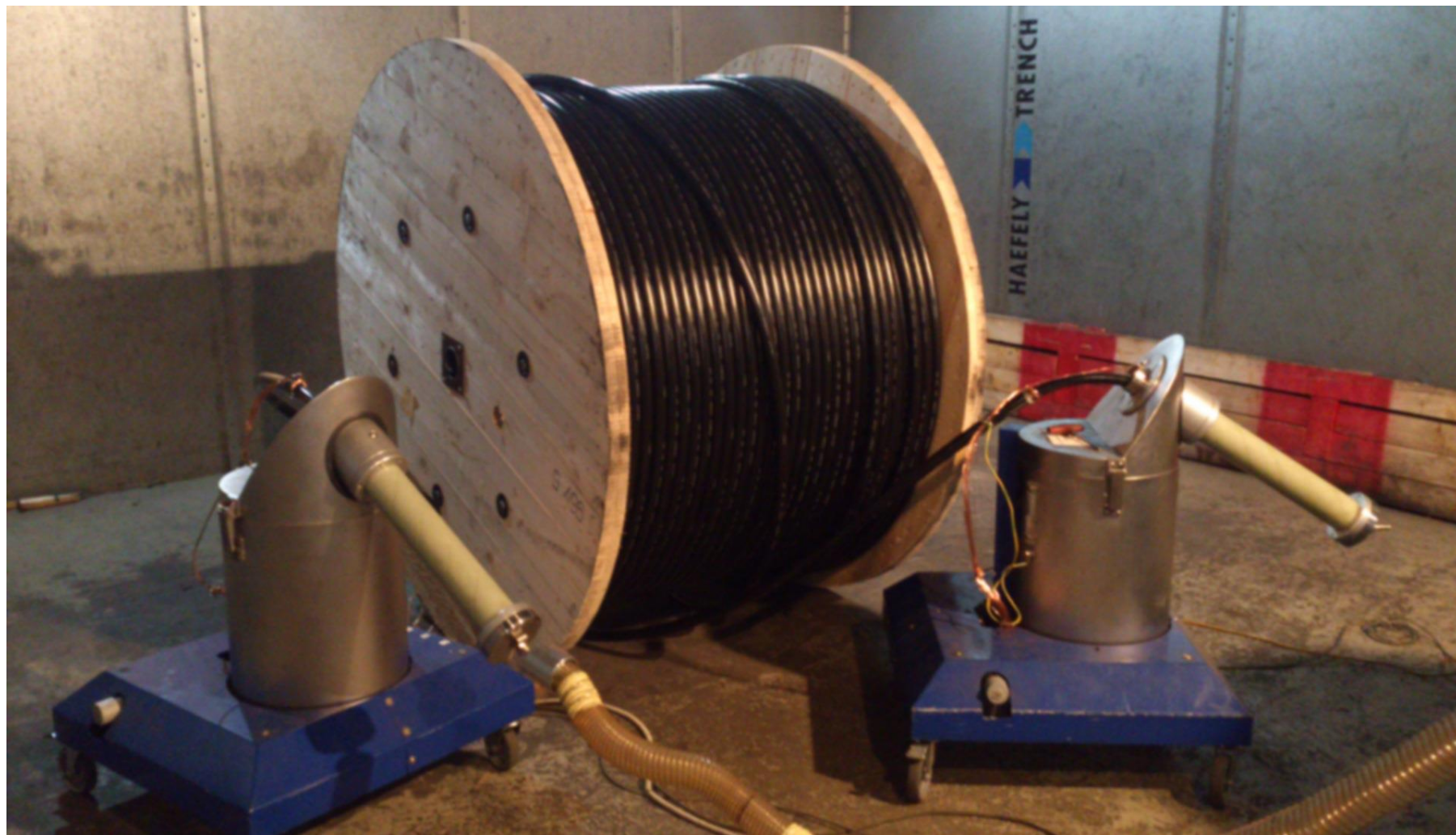
$$\leq 2 \text{ pC}$$

3. Mjerenje $\text{tg}\delta$ u ovisnosti o temperaturi

$$\text{na } 20^{\circ}\text{C} \leq 40 \cdot 10^{-4} \Omega \bullet \text{cm}$$

$$\text{na } 90^{\circ}\text{C} \leq 10^{-4} \Omega \bullet \text{cm}$$

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

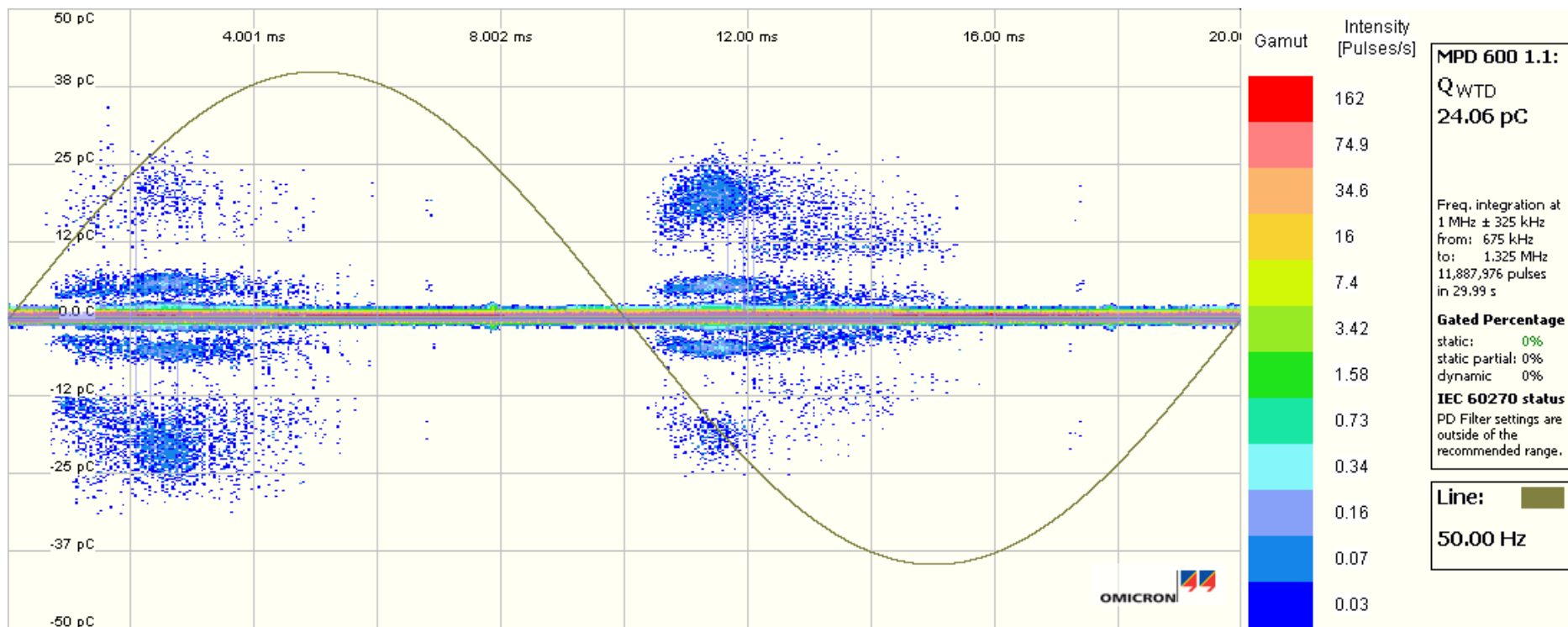


ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA



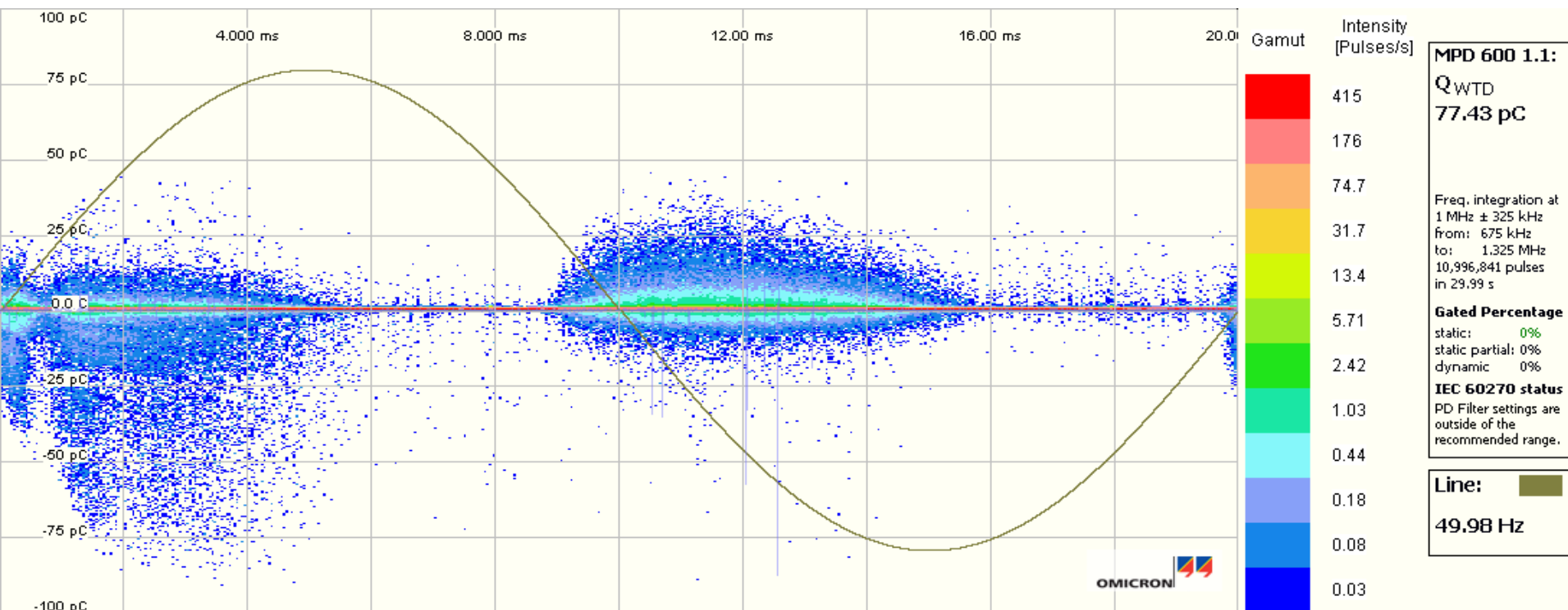
ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

Mjerenje parcijalnih izboja



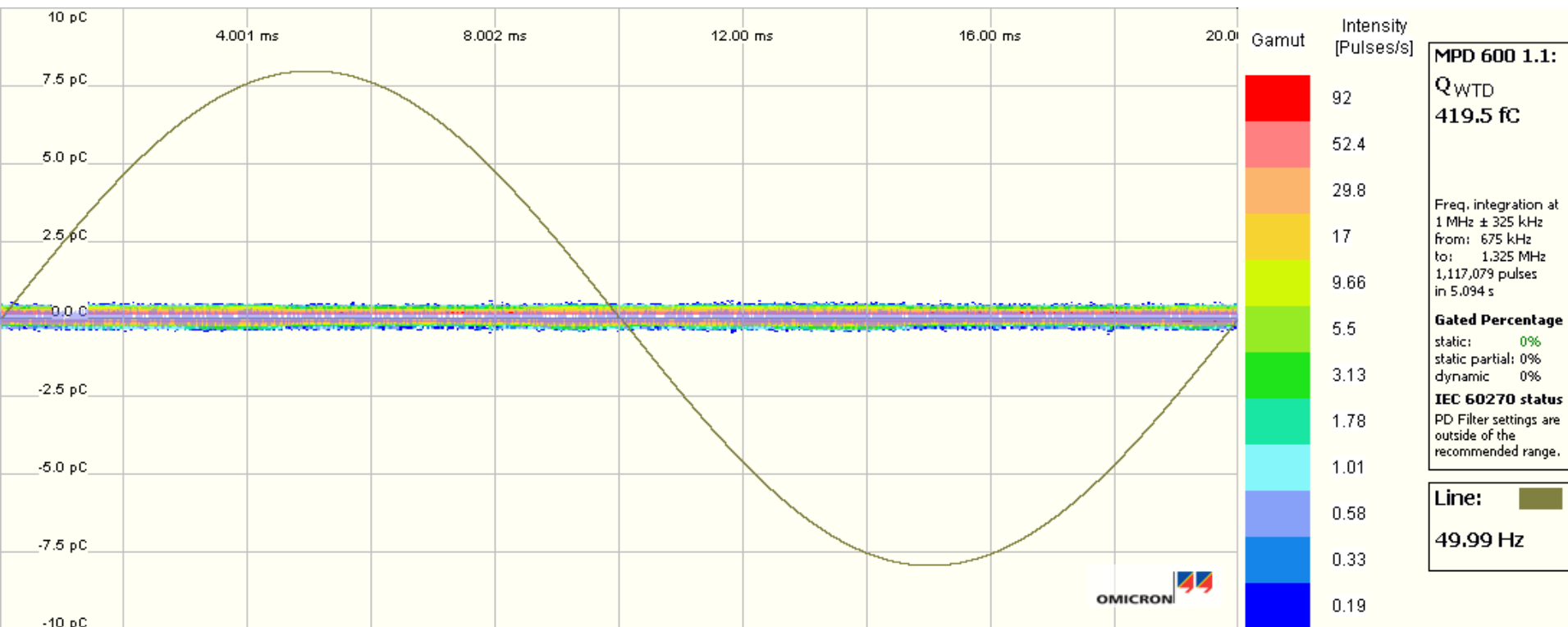
ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

Mjerenje parcijalnih izboja



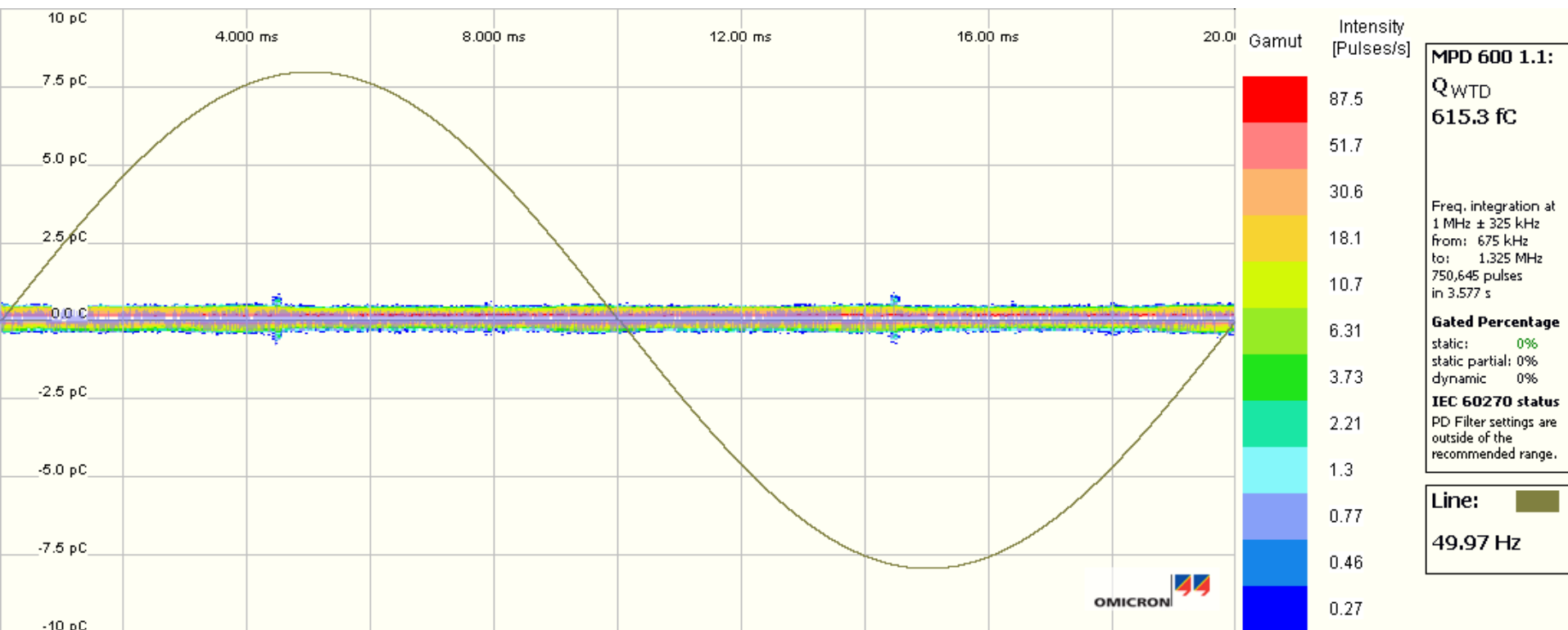
ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

Mjerenje parcijalnih izboja



ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

Mjerenje parcijalnih izboja



ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

4. Ispitivanje udarnim naponom

oblikom vala 1,2/50 μ s, tjemene vrijednosti 125 kV
za 12/20 (36) kV kabele odnosno 200 kV za 20,8/36
(42) kV kabele, 10 (+) i 10 (-) impulsa

5. Ispitivanje izmjeničnim naponom

$3U_0$ u trajanju 4 sata

6. Harmonizirano dugotrajno ispitivanje

$3U_0$ AC, 6 uzoraka u trajanju ≥ 8750 sati te 6 uzoraka
u trajanju ≥ 17500 sati

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

7. Ispitivanje debljine zaslona izolacije

za 12/20 (24) kV kabele $\geq 0,3\text{mm}$ i $\leq 0,6\text{mm}$

za 20,8/36 (42) kV kabele između 0,6mm i 1,2mm

(razlika najveće i najmanje izmjerene vrijednosti smije biti $\leq 0,4\text{mm}$)



ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

8. Ispitivanje otpora zaslona vodiča i zaslona izolacije

$\leq 1000 \Omega \bullet m$ za zaslon vodiča

$\leq 500 \Omega \bullet m$ za zaslon izolacije

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

- mjerenje specifičnog otpora izolacije
- ispitivanje izmjeničnim naponom
- Ispitivanje površinskog otpora vanjskog zaštitnog plašta

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

1. Mjerenje specifičnog otpora izolacije

$$\geq 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$$

2. Ispitivanje izmjeničnim naponom

izmjeničnim naponom 1,8 kV u trajanju 4 sata

3. Ispitivanje površinskog otpora vanjskog
zaštitnog plašta

$$\geq 10^9 \Omega$$

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

- mjerenje specifičnog otpora izolacije
- ispitivanje izmjeničnim naponom
- Ispitivanje udarnim naponom

ELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

1. Mjerenje specifičnog otpora izolacije
 $\geq 1000 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
2. Ispitivanje izmjeničnim naponom 10 kV
u vodi, pola sata
3. Ispitivanje udarnim naponom 20 kV
10 (+) i 10 (-) impulsa

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

- mehaničke značajke izolacije
- upijanje vode
- skupljanje izolacije
- umreženje zaslona vodiča i zaslona izolacije
- mehaničke značajke vanjskog zaštitnog plašta
- termoplastičnost vanjskog zaštitnog plašta
- lom u mediju (SRC) vanjskog zaštitnog plašta
- sadržaj čađe u vanjskom zaštitnom plaštu
- tvrdoća vanjskog zaštitnog plašta
- starenje na kompletnom kabelu
- ovalnost zaslona izolacije
- nepravilnosti zaslona vodiča u izolaciju
- mjerenje debljine zaslona izolacije

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

1. Ispitivanje mehaničkih značajki izolacije

prekidna čvrstoća $\geq 12,5 \text{ N/mm}^2$

prekidno istezanje $\geq 200 \%$

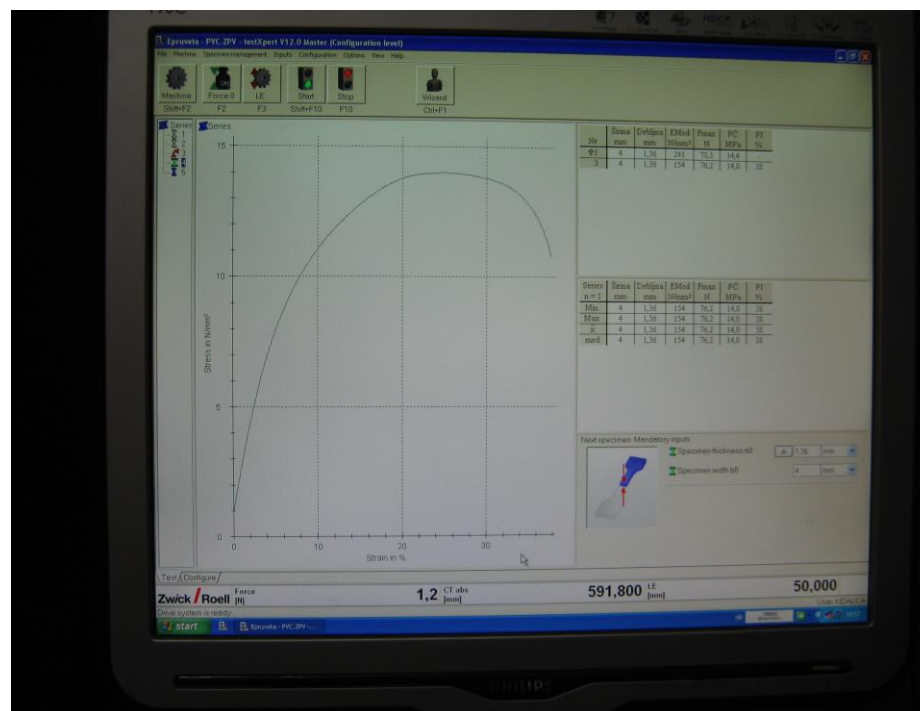
Nakon 168 sati na temperaturu 135°C :

prekidne čvrstoće $\pm 25 \%$

prekidnog istezanja $\pm 25 \%$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

Ispitivanje mehaničkih značajki izolacije



NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

2. Ispitivanje upijanja vode izolacije

14 dana na temperaturi 85 ± 2 °C:

upijanje vode ≤ 1 mg/cm²

3. Ispitivanje skupljanja izolacije

6 sati na temperaturu 130 °C:

skupljanje ≤ 4

4. Umreženje zaslona vodiča i zaslona izolacije

Na 200 °C u trajanju 15 minuta, pod naprezanjem od 0,1 Mpa

bez prekida uzorka

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

5. Mehaničke značajke vanjskog zaštitnog plašta

prekidna čvrstoća $\geq 18 \text{ N/mm}^2$

prekidno istezanje $\geq 300 \%$

Nakon 14 dana na temperaturi 110°C :

prekidno istezanje $\geq 300 \%$

6. Termoplastičnost vanjskog zaštitnog plašta

6 sati na temperaturi 115°C :

dubina utiskivanja u plaštu $\leq 30 \%$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SN KABELA

7. Tvrdća vanjskog zaštitnog plašta ≥ 55 shore D



NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

- mehaničke značajke izolacije
- upijanje vode
- skupljanje izolacije
- umreženje izolacije
- mehaničke značajke vanjskog zaštitnog plašta
- termoplastičnost vanjskog zaštitnog plašta
- termička stabilnost vanjskog zaštitnog plašta
- otpornost vanjskog zaštitnog plašta na niske temperature
- gubitak mase vanjskog zaštitnog plašta nakon starenja
- starenje na kompletnom kabelu

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

1. Ispitivanje mehaničkih značajki izolacije

prekidna čvrstoća $\geq 12,5 \text{ N/mm}^2$

prekidno istezanje $\geq 200 \%$

Nakon 168 sati na temperaturu 135°C :

prekidne čvrstoće $\pm 25 \%$

prekidnog istezanja $\pm 25 \%$

2. Ispitivanje upijanja vode izolacije

14 dana na temperaturi $85 \pm 2^\circ\text{C}$:

upijanje vode $\leq 1 \text{ mg/cm}^2$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

3. Ispitivanje skupljanja izolacije

6 sati na temperaturu 130 °C:

skupljanje $\leq 4 \%$

4. Umreženje izolacije

15 min na temperaturu 200 °C:

skupljanje $\leq 175 \%$

15 min na temperaturu 200 °C, potom na 20 °C:

skupljanje $\leq 15 \%$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

Uređaj za ispitivanje umreženja izolacije



NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

5. Mehaničke značajke vanjskog zaštitnog plašta

Prije starenja:

prekidna čvrstoća $\geq 12,5 \text{ N/mm}^2$

prekidno istezanje $\geq 150 \%$

Nakon 7 dana na temperaturi 100°C :

prekidna čvrstoća $\geq 12,5 \text{ N/mm}^2$

promjena prekidne čvrstoće $\pm 25 \%$

prekidno istezanje $\geq 150 \text{ N/mm}^2$

promjena prekidnog istezanja $\pm 25 \%$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

6. Termoplastičnost vanjskog zaštitnog plašta

6 sati na temperaturu 90 °C:

dubina utiskivanja u plaštu $\leq 50 \%$

7. Termička stabilnost vanjskog zaštitnog plašta

Na temperaturi 90 °C:

unutar 80 minuta ne smije degradirati

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

8. Otpornost vanjskog zaštitnog plašta na niske temperature

Prije starenja na nisku temperaturu -15°C / 4 sata, prekidno istezanje $\geq 20\%$

6 sati na -15°C

savijanje i udar, i tom prilikom ne smije doći do pucanja vanjskog zaštitnog plašta

9. Gubitak mase vanjskog zaštitnog plašta nakon starenja

168 sati na temperaturi 100°C :

gubitak mase $\leq 1,5 \text{ mg/cm}^2$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

10. Starenje na kompletnom kabelu

168 sat na 90 °C:

- na izolaciji:

prekidna čvrstoća, promjena $\pm 25 \%$

prekidno istezanje, promjena $\pm 25 \%$

- na zaštitnom plaštu kabela:

prekidna čvrstoća $\geq 12,5 \text{ N/mm}^2$

prekidna čvrstoća, promjena $\pm 25 \%$

prekidno istezanje $\geq 150 \%$

prekidno istezanje, promjena $\pm 25 \%$

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

10. Starenje na kompletnom kabelu

Otpornost na gorenje PVC vanjskog zaštitnog plašta:

samogasivost - upaljeni kabel se sam ugasi

168 sati na temperaturu 120 ± 2 °C:

otpornosti na povišenu temperaturu:

ne smije doći do promjene boje izolacije i vanjskog zaštitnog plašta kabela na kojem se ne smiju pojaviti ni napukline

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA NN KABELA

Ispitivanje na gorenje IEC 60332-2 - vertikalni test



NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

- ispitivanje vodiča: promjer, linearni otpor, mehaničke značajke
- ispitivanje mehaničkih značajki izolacije
- ispitivanje skupljanja izolacije
- otpornost izolacije na mehaničko probijanje
- ispitivanje upijanja vode izolacije
- ispitivanje sadržaja čađe u izolaciji

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

1. Ispitivanje vodiča

Ispituje se

- promjer vodiča, koji je definiran za svaki presjek u normi HRN ND 383 kao i za nosivi vodič
- linearni otpor, koji je propisan najvećom vrijednošću na 20 °C
- prekidna sila, koja je propisana najmanjom vrijednošću u daN.

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

2. Ispitivanje mehaničkih značajki izolacije

prekidna čvrstoća $\geq 30 \text{ N/mm}^2$

prekidno istezanje $\geq 200 \%$

Nakon 168 sati na temperaturu 135°C :

promjena prekidne čvrstoće $\pm 25 \%$

promjena prekidnog istezanja $\pm 25 \%$

3. Ispitivanje skupljanja izolacije

1 sat na temperaturi 100°C :

skupljanje ≤ 4

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

4. Otpornost izolacije na mehaničko probijanje

izolacija bez separatora ≤ 5 sekundi

izolacija sa separatora ≤ 10 sekundi

5. Ispitivanje upijanja vode izolacije

14 dana na temperaturi 85 ± 3 °C:

upijanje vode ≤ 1 mg/cm²

6. Ispitivanje sadržaja čađe u izolaciji

sadržaj čađe ne smije biti manji od $2,5 \pm 0,5$ %

NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

6. Ispitivanje sadržaja čađe u izolaciji

sadržaj čađe ne smije biti manji od $2,5 \pm 0,5 \%$



NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

7. Mehaničko naprezanje izolacije prema postupku 2.2.2. ≥ 20 dN



NEELEKTRIČNA TIPSKA ISPITIVANJA SKS KABELA

7. Mehaničko naprezanje izolacije

prema postupku 2.2.5. ≥ 1600 dN



PITANJA RECENZENTA I ODGOVORI

1. Na javnim natječajima za SN, NN i SKS kabele izričit zahtjev HEP ODS-a je da ponuditelji tih kabela prilože tipske izvještaje za svaku konstrukciju kabela koji se traži u tom natječaju - koji bi mogli biti razlozi takvom zahtjevu obzirom da se u referatu navodi da su tipski izvještaji jedinstveni za jedan tip kabela, ne za svaku konstrukciju tog tipa kabela?

Mogući razlog je neznanje tj nepoznavanje definicije tipskog izvještaja: to su postupci pri kojima se ispituje i potvrđuje da ispitani uzorak kabela ispunjava sve zahtjeve propisane normom za taj tip kabela, **neovisno koja konstrukcija tog tipa kabela se uzela za ispitivanje.**

PITANJA RECENZENTA I ODGOVORI

2. Detaljnije objasniti i prikazati slikama ispitnu opremu, primjere električnog tipskog ispitivanja za svaki tip kabela koji se koristi u HEP ODS-u

Objašnjeno je u prethodnoj prezentaciji referata.

PITANJA RECENZENTA I ODGOVORI

3. Detaljnije objasniti i prikazati slikama ispitnu opremu, za primjere neelektričnog tipskog ispitivanja za svaki tip kabela koji se koristi u HEP ODS-u

Objašnjeno je u prethodnoj prezentaciji referata.

PITANJA?

HVALA NA PAŽNJI !