

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

**OPTIMALIZACE ČÁSTEČNÝCH VÝBOJŮ  
UG 500R A UG 550 PRO NAPĚŤOVOU HLADINU  
17,5 kV**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE  
AUTHOR**

**BC. TOMÁŠ BAJÁNEK**

**BRNO 2013**



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektroenergetika**

**Student:** Bc. Tomáš Bajánek

**ID:** 115143

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Optimalizace částečných výbojů UG 500R a UG550  
pro napěťovou hladinu 17,5 kV**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Popis optimalizovaných rozváděčů.
2. Popis způsobu měření částečných výbojů.
3. Definování potenciálních zdrojů částečných výbojů v jednotlivých rozváděčích.
4. Kontrolní měření, návrhy redesignu a redesign, ověřovací měření.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 24.5.2013

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

BAJÁNEK, T. *Optimalizace částečných výbojů UG 500R a UG 550 pro napěťovou hladinu 17,5 kV*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 84 s.

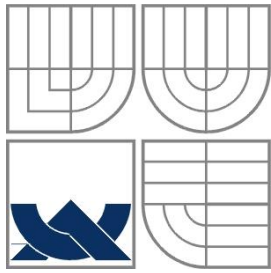
Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Rád by som sa na tomto mieste poďakoval doc. Ing. Jaroslave Orságovej PhD., za odborné vedenie mojej bakalárskej práce a prístup pri konzultáciách. Ďalej Ing. Michalovi Bernardovi PhD. a Ing. Pavlovi Vrbkovi za odborné konzultácie v priebehu spracovania diplomovej práce.

V Brne dňa 24.5.2013

---

Bc. Tomáš Bajánek



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**  
**Ústav elektroenergetiky**

**Diplomová práce**

# **Optimalizace částečných výbojů UG 500R a UG 550 pro napět'ovou hladinu 17,5 kV**

**Bc. Tomáš Bajánek**

**vedoucí: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013**

**Brno**



**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Electrical Engineering and Communication  
Department of Electrical Power Engineering**

**Master's Thesis**

**Optimization of partial discharges  
in UG 500R and UG 550 for 17,5 kV  
voltage level**

**by**

**Bc. Tomáš Bajánek**

**Supervisor: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.**

**Brno University of Technology, 2013**

**Brno**

**ABSTRAKT**

Diplomová práca sa zaoberá optimalizáciou čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napätovú hladinu 17,5 kV. Obsahuje popis meracej metódy čiastkových výbojov v kovovo krytých rozvádzačoch vysokého napätia, popis možných miest vzniku čiastkových výbojov a postup optimalizácie čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napätovú hladinu 17,5 kV.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** čiastkové výboje, rozvádzač, zdanlivý náboj, optimalizácia,

**ABSTRACT**

Master's thesis deals with the optimization of partial discharges in switchgears ABB UniGear 500R and ABB UniGear 550 for 17,5 kV voltage level. It contains a description of the measurement method of partial discharges in metal enclosed medium voltage switchgears, analysis of the places where it may lead to formation of partial discharges and project of optimization of partial discharges in switchgears ABB UniGear 500R and ABB UniGear 550 for 17,5 kV voltage level.

**KEY WORDS:** partial discharges, switchgear, apparent charge, optimization

## OBSAH

<b>ZOZNAM OBRÁZKOV.....</b>	<b>10</b>
<b>ZOZNAM TABULIEK.....</b>	<b>12</b>
<b>ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>	<b>13</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>14</b>
<b>2 POPIS ROZVÁDZAČA UNIGEAR 500R.....</b>	<b>15</b>
<b>3 POPIS ROZVÁDZAČA UNIGEAR 550.....</b>	<b>22</b>
<b>4 POŽIADAVKY NA ČIASTKOVÉ VÝBOJE V ROZVÁDZAČOCH VYSOKÉHO NAPÄTIA....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 POUŽITIE .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 SKÚŠOBNÝ POSTUP.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 MAXIMÁLNE DOVOLENÉ MNOŽSTVO ČIASTKOVÉHO VÝBOJA .....</b>	<b>28</b>
<b>5 LABORATÓRIUM NA MERANIE ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 MERACIE PRÍSTROJE ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV .....</b>	<b>31</b>
5.1.1 UVIRCO COROCAM III.....	31
5.1.2 DOBLE LEMKE LDS-6.....	32
<b>6 METÓDA MERANIA ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV.....</b>	<b>33</b>
<b>7 POPIS MOŽNÝCH MIEST VZNIKU ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV .....</b>	<b>35</b>
<b>7.1 ROZVÁDZAČ ABB UNIGEAR 500R .....</b>	<b>35</b>
7.1.1 ODDIEL PRÍPOJNÍC.....	36
7.1.2 ODDIEL VYPÍNAČA/PRÍVODU .....	39
7.1.3 ODDIEL NÍZKONAPÄŤOVEJ SKRINKY .....	42
7.1.4 ODDIEL ODFUKOVÉHO KANÁLA .....	42
<b>7.2 ROZVÁDZAČ ABB UNIGEAR 550 .....</b>	<b>43</b>
7.2.1 ODDIEL PRÍPOJNÍC.....	44
7.2.2 ODDIEL VYPÍNAČA.....	45
7.2.3 ODDIEL PRÍVODU .....	47
7.2.4 ODDIEL NÍZKONAPÄŤOVEJ SKRINKY .....	49
7.2.5 ODDIEL ODFUKOVÉHO KANÁLA .....	49
<b>8 NÁVRH OPTIMALIZÁCIE ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV V ROZVÁDZAČOCH UG500R A UG 550.....</b>	<b>50</b>
<b>9 VYPÍNAČ ABB VMAX.....</b>	<b>53</b>
<b>10 OPTIMALIZÁCIA ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV.....</b>	<b>54</b>
<b>10.1 ROZVÁDZAČ UNIGEAR 500R .....</b>	<b>54</b>
10.1.1 MERANIE Č.1.....	56
10.1.2 MERANIE Č.2.....	58
10.1.3 MERANIE Č.3.....	59
10.1.4 MERANIE Č.4.....	60
10.1.5 MERANIE Č.5.....	62

---

10.1.6 MERANIE Č.6.....	65
10.1.7 MERANIE BUREAU VERITAS .....	66
<b>10.2 ROZVÁDZAČ UNIgear 550 .....</b>	<b>67</b>
10.2.1 MERANIE Č.1 .....	69
10.2.2 MERANIE Č.2.....	74
10.2.3 MERANIE Č.3.....	76
10.2.4 MERANIE Č.4.....	79
10.2.5 MERANIE BUREAU VERITAS .....	80
<b>11 ZHODNOTENIE PRÁCE .....</b>	<b>81</b>
<b>12 ZÁVER.....</b>	<b>83</b>
<b>POUŽITÁ LITERATÚRA .....</b>	<b>84</b>

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

<i>Obr. 1 Rozvádzač ABB UniGear 500R .....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 2 IEC a ENA verzia rozvádzača ABB UniGear 500R s vyznačenými oddielmi.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 3 Model rozvádzača ABB UniGear 500R s vyznačenými oddielmi (IEC verzia) .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 4 Manuálne ovládanie trojpolohového odpojovača na rozvádzači ABB UniGear 500.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 5 Jednotlivé polohy trojpolohového odpojovača v rozvádzači ABB UniGear 500R.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 6 Vákuový vypínač ABB Vmax.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 7 Predná časť vypínača ABB Vmax v rozvádzači ABB UniGear 500R.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 8 Rozvádzač ABB UniGear 550.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 9 Model rozvádzača ABB UniGear 5550 s vyznačenými oddielmi.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 10 ABB Vmax (prevedenie pre montáž na výsuvnej kazete) .....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 11 Uzemňovač v rozvádzači ABB UniGear 550 .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 12 Blokovanie pozície skratovača pomocou zámku v rozvádzači ABB UniGear 550 .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 13 Laboratórium firmy ABB Brno na meranie čiastkových výbojov .....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 14 Merací pult so zariadením LDS-6 v laboratóriu firmy ABB Brno.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 15 Napájacie zariadenie WGBS od firmy HIGHVOLT .....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 16 Korónová kamera UViRCO CoroCAM III .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 17 Meracie zariadenie Doble Lemke LDS-6.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 18 Väzobné zariadenie CD v sérii s väzobným kondenzátorom .....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 19 Rozvádzače ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 20 Vyznačené miesta možného vzniku čiastkových výbojoch na kontaktoch trojpolohového odpojovača .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 21 Oddiel prípojnic s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 22 Spodná časť montáže monobloku s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 23 Horná časť montáže monobloku s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 24 Detailný pohľad na montáž izolátoru s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 25 Meracie transformátory napätia s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 26 Meracie transformátory prúdu s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 27 Detailný pohľad na zadnú časť meracích transformátorov prúdu s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov .....</i>	<i>41</i>

<i>Obr. 28 Detailný pohľad na spodnú časť montáže monobloku s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 29 Rozvádzač ABB UniGear 550 s parametrami 17,5 kV, 1250 A, 31,5 kA/3s.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 30 Oddiel prípojnic s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 31 Oddiel vypínača s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 32 Izolačné priechodky s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 33 Zásuvka výkonového vypínača s vyznačeným možným miestom vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 34 Oddiel prívodu s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 35 Nože uzemňovača s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 36 Uzemňovač s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 37 ABB Vmax.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 38 Jednopolová schéma poľa rozvádzača ABB UniGear 500R.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 39 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 40 Zmena typu použitých šróbov.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 41 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 42 3D model trubky použitej v kontaktnom systéme.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 43 3D model kontaktného systému v monobloku.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 44 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 45 Návrh úpravy hornej časti kontaktného systému.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 46 Návrh úpravy susednej časti kontaktného systému.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 47 Jednopolová schéma poľa rozvádzača ABB UniGear 550.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 48 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 49 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 50 3D model s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 51 3D model s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 52 Kritické miesto na hornom držiaku vypínača ABB Vmax.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 53 Zmena spôsobu uchytenia – hlavička šróbu zo spodnej strany.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 54 Kritická dĺžka šróbov na uchytení horného držiaku vypínača ABB Vmax.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 55 Graf vývoja hodnoty zdanlivého náboja pre ABB UniGear 500R.....</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 56 Graf vývoja hodnoty zdanlivého náboja pre ABB UniGear 500R.....</i>	<i>82</i>

**ZOZNAM TABULIEK**

<i>Tabuľka 1 Parametre korónovej kamery UViRCO CoroCAM III.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabuľka 2 Postup skúšky merania čiastkových výbojov podľa IEC 62271-200 .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabuľka 3 Súhrn výsledkov popisu možných miest vzniku čiastkových výbojov a návrhu optimalizácie pre ABB UniGear 500R .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabuľka 4 Súhrn výsledkov popisu možných miest vzniku čiastkových výbojov a návrhu optimalizácie pre ABB UniGear 550.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabuľka 5 Atmosférické podmienky počas meraní rozvádzača ABB UniGear 500R .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabuľka 6 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.1.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabuľka 7 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.2.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabuľka 8 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.3.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabuľka 9 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.4.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabuľka 10 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.6.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabuľka 11 Parametre testovaného poľa ABB UniGear 500R IEC pri Bureau Veritas .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabuľka 12 Namerané hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov pri Bureau Veritas .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabuľka 13 Atmosférické podmienky počas meraní rozvádzača ABB UniGear 550.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabuľka 14 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri napájaní do prípojnic bez vypínača.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabuľka 15 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri napájaní do prípojnic so zapnutým vypínačom .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabuľka 16 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri napájaní do káblového priestoru bez vypínača .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabuľka 17 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja samotného vypínača.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabuľka 18 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri zasunutom vypnutom vypínači a napájaní do prípojnic .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabuľka 19 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri zapnutom vypínači a napájaní do prípojnic .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabuľka 20 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja samotného upraveného vypínača ..</i>	<i>77</i>
<i>Tabuľka 21 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja upravený vypínač v rozvádzači pri napájaní do prípojnic .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabuľka 22 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabuľka 23 Parametre testovaného poľa ABB UniGear 550 pri Bureau Veritas .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabuľka 24 Namerané hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov pri Bureau Veritas .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabuľka 25 Súhrn úprav v optimalizovaných rozvádzačoch.....</i>	<i>81</i>

## **ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK**

U <sub>r</sub>	priložené napätie sieťovej frekvencie
UG	Unigear (názov produktovej rady ABB)
RMS	efektívna hodnota (root mean square)

# 1 ÚVOD

Snahou každej spoločnosti v dnešnej dobe je vylepšovať svoje zariadenia a dbať na ich kvalitu, spoľahlivosť a životnosť. O to sa snaží aj firma ABB u všetkých svojich produktoch. Rozvádzače vysokého napätia patria medzi jedny z týchto produktov. Veľký výskyt čiastkových výbojov v izolačnom systéme zariadenia spôsobuje degradáciu izolačného systému až na hranicu prerazu izolačného systému.

Táto práca sa zaoberá optimalizáciou čiastkových výbojov vo vzduchu izolovaných rozvádzačoch vysokého napätia firmy ABB a to ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napäťovú hladinu 17,5 kV. Nadväzuje na bakalársku prácu s názvom „Monitoring čiastkových výbojů a jejich minimalizace v rozváděči UG ZS1“, ktorá obsahuje teoretický základ o čiastkových výbojoch.

V tejto práci je rozpracovaný teoretický popis rozvádzačov ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550, na ktorých bude prebiehať optimalizácia. Ďalej sú tu uvedené požiadavky na čiastkové výboje podľa medzinárodnej normy IEC 62271-200 a popis meracej metódy čiastkových výbojov používanej v laboratóriu firmy ABB. Táto meracia metóda je popísaná v medzinárodnej norme IEC 60270. Spolu s meracou metódou sú uvedené aj meracie zariadenia použité pri optimalizácii. V práci sú vytypované slabé miesta v rozvádzačov ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 na čiastkové výboje. Následne je uvedený postup optimalizácie čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550.

Výsledkom diplomovej práce bude optimalizácia čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napäťovú hladinu 17,5 kV.

## 2 POPIS ROZVÁDZAČA UNIGEAR 500R

Rozvádzač od firmy ABB model UniGear 500R, zobrazený na Obr. 1 [2]. ABB UniGear 500R je kovovo krytý, vzduchom izolovaný rozvádzač vysokého napätia, ktorý je vyvinutý na základe rozvádzača ABB UniGear ZS1. Používa sa najmä v distribučných sieťach vysokého napätia ale taktiež v rozvodných závodoch, v priemysle, doprave a infraštruktúrach.

Rozvádzač UniGear 500R má kompaktné rozmery, vyznačuje sa najmä malou šírkou, ktorá je 500 mm. Výška a hĺbka rozvádzača je zhodná s ďalšími rozvádzačmi z produkcie ABB, čo umožňuje kombináciu jednotlivých typov polí v rozvádzači. Všetky komponenty sú namontované vo vnútri rozvádzača. Ovládacie prvky rozvádzača sú umiestnené na prednej strane, čo umožňuje vykonávať všetky operácie uvedenia do prevádzky, údržby a obsluhy z prednej strany rozvádzača.



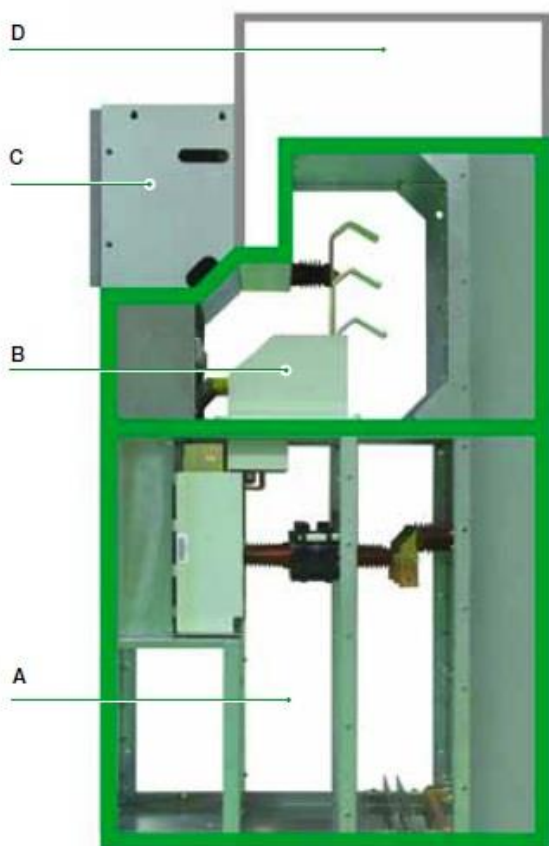
*Obr. 1 Rozvádzač ABB UniGear 500R*

Rozvádzač ABB UniGear 500R je vyrábaný v dvoch prevedeniach:

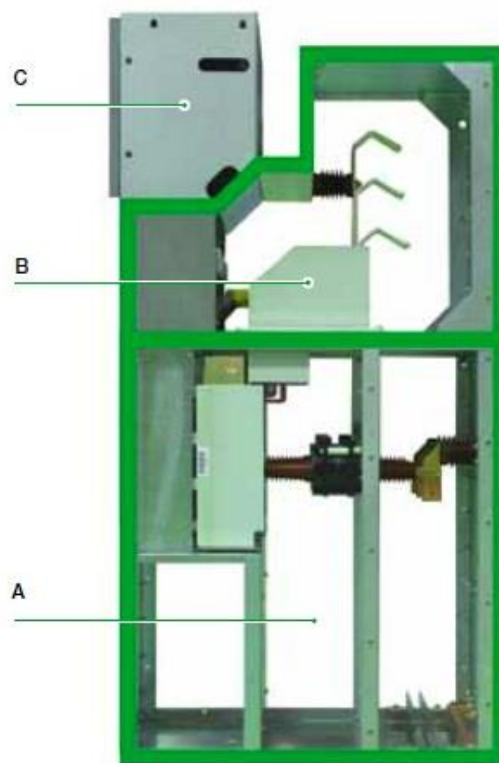
- IEC verzia,
- ENA verzia.

Daná práca je zameraná na IEC verziu rozvádzača ABB UniGear 500R, ktorá je popísaná v nasledujúcej kapitole. ENA verzia rozvádzača ABB UniGear 500R je vyvinutá pre Veľkú Britániu na základe ENATS 41-36. ENA verzia na rozdiel od IEC verzie neobsahuje oddiel odfukového kanála v hornej časti poľa rozvádzača. Na ENA verzii sú umiestnené otváracie klapky na zadnej strane poľa rozvádzača, ktoré sa v prípade vzniku vnútorného oblúka automaticky otvoria. Z tohto dôvodu nemôže byť ENA verzia rozvádzača ABB UniGear namontovaná zadnou časťou priamo k stene ale je potrebné dodržať vzdialenosť 600 mm medzi zadnou časťou rozvádzača a stenou miestnosti. Štandardnou súčasťou ENA verzie je umiestnenie testovacieho zariadenia káblov na rozdiel od IEC verzie. Rozdiel medzi ENA a IEC verzou rozvádzača ABB UniGear 500R je znázornený na Obr. 2 [1].

UniGear 500R IEC version



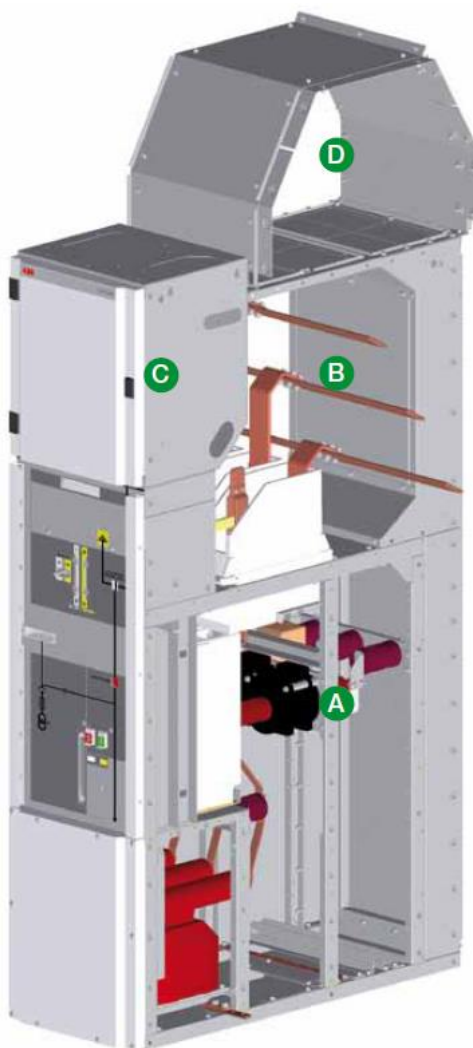
UniGear 500R ENA version



Obr. 2 IEC a ENA verzia rozvádzača ABB UniGear 500R s vyznačenými oddielmi

Rozvádzač ABB UniGear 500R patrí do kategórie LSC-2A, definovanej na základe normy IEC 62271-200. Rozvádzače kategórie LSC-2A majú oddiel hlavných prípojnic fyzicky a elektricky oddelený od oddielu vypínača/prívodu. U zariadení v tejto kategórii je umožnený prístup k oddielu vypínača/prívodu aj v prípade ak je oddiel hlavných prípojnic napájaný. [6]

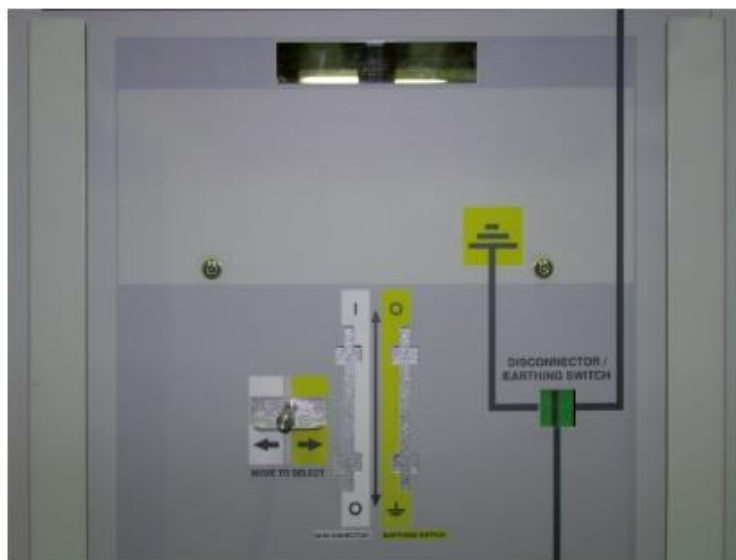
Pole rozvádzača ABB UniGear 500R sa skladá z dvoch silových oddielov, ktoré sú uvedené na Obr. 2 [1] a Obr. 3 [1] – oddiel prípojnic (B) a oddiel vypínača/prívodu (A). Predný kryt vypínača a dvere káblového priestoru sú prichytené skrutkami. Každé pole je osadené prístrojovou skrinkou nízkeho napätia (C), v ktorej sú umiestnené všetky pomocné prístroje a kabeláž. Rozvádzač, ktorý je odolný voči vnútorným oblúkovým skratom je vybavený kanálom (D) pre odvedenie plynov vytváraných oblúkom (IEC verzia). Všetky oddiely sú prístupné z prednej alebo hornej strany rozvádzača, čo umožňuje montáž rozvádzača zadnou časťou priamo k stene.



Obr. 3 Model rozvádzača ABB UniGear 500R s vyznačenými oddielmi (IEC verzia)

**Oddiel prípojnic** – obsahuje hlavný systém prípojnic, ktorý je pomocou odbočiek pripojený k izolovaným kontaktom trojpolohového odpojovača. Pre hodnoty menovitého prúdu do 2500A sú použité ploché prípojnice, v prípade prúdu s hodnotou medzi 3150A a 4000A sú použité prípojnice v tvare písmena D. Prípojnice sú vyrobené z elektrolytickej medi. V danom oddiele sú namontované meracie transformátory prúdu, napätia a taktiež uzemňovač. Podľa požiadaviek môžu byť jednotlivé prípojnice izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem.

**Trojpolohový odpojovač** – každé pole okrem poľa merania je vybavené trojpolohovým odpojovačom, ktorý je manuálne ovládaný z prednej strany rozvádzača, kde je taktiež možné sledovať jeho polohu pomocou ukazovateľa. Na Obr. 4 [2] je možné vidieť manuálne ovládanie trojpolohového odpojovača z prednej strany rozvádzača ABB UniGear 500R. Trojpolohový odpojovač umožňuje oddelenie vypínača od systému hlavných prípojnic.

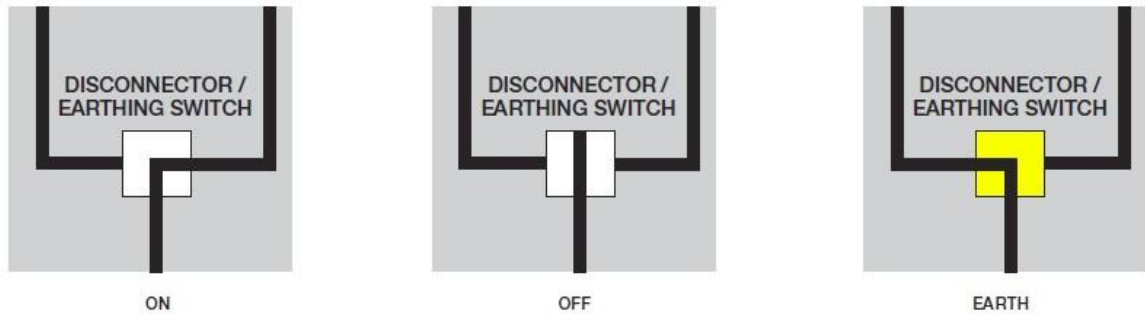


Obr. 4 Manuálne ovládanie trojpolohového odpojovača na rozvádzači ABB UniGear 500

Odpojovač má definované tri pozície

- ON: vypínač pripojený na hlavný systém prípojnic,
- OFF: vypínač je izolovaný od prípojnic a od zeme,
- EARTH: vypínač je uzemnený.

Jednotlivé polohy trojpolohového odpojovača sú zobrazené na Obr. 5 [2].



*Obr. 5 Jednotlivé polohy trojpolohového odpojovača v rozvádzači ABB UniGear 500R*

Dodatočne môže byť rozvádzač vybavený uzemňovačom nainštalovaným priamo na hlavnom systéme prípojnic v oddiele prípojnic.

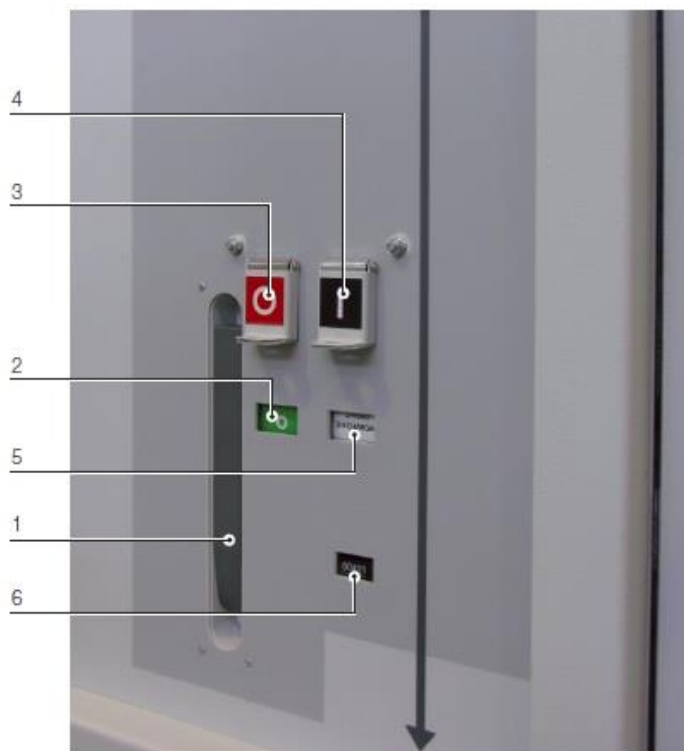
**Oddiel vypínača/prívodu** – obsahuje systém odbočiek, ktoré zabezpečujú prepojenie prívodných káblov k spodným pólom vypínača. Odbočky sú vyrobené z elektrolytickej medi a pre všetky hodnoty menovitého prúdu sa používa plochý tvar prípojnic.

V rozvádzači ABB UniGear 500R je použitý vákuový vypínač ABB Vmax, ktorý je zobrazený na Obr. 6 [2]. Jedná sa o ABB Vmax v prevedení pre pevnú montáž do poľa rozvádzača. Vypínač ABB Vmax je mechanicky blokován pomocou trojpolohového odpojovača.



Obr. 6 Vákuový vypínač ABB Vmax

Na Obr. 7 [2] je zobrazená predná časť vypínača ABB Vmax na rozvádzači ABB UniGear 500R.



1. Páka pre manuálne ovládanie prevádzkovej pružiny.
2. Ukazovateľ stavu vypínača OPEN/CLOSE.
3. Tlačidlo na uvedenie vypínača do stavu OPEN.
4. Tlačidlo na uvedenie vypínača do stavu CLOSE.
5. Ukazovateľ stavu pružiny natiiahnutá/nenatiiahnutá.
6. Počítadlo operácií.

Obr. 7 Predná časť vypínača ABB Vmax v rozvádzači ABB UniGear 500R

**Uzemňovacia prípojnic**a – nachádza sa v oddiele vypínača/prívodu po celej šírke rozvádzača. Uzemňovacia prípojnic je vyrobená z elektrolytickej medi a zabezpečuje bezpečnosť obsluhy a inštalácie.

**Izolačné priechodky** – izolačné priechodky sú vyrobené z epoxidu a obsahujú kontakty na prepojenie vypínača a oddielu prípojnic cez trojpolohový uzemňovač.

**Káble** – používajú sa jednožilové a trojžilové káble. Môžu byť použité maximálne tri káble na fázu, čo závisí na zvolenom napätí a priereze kábla. Káble sú prístupné z prednej časti rozvádzača.

**Odfukový kanál** – je umiestnený na vrchnej časti rozvádzača po celej jeho dĺžke (IEC verzia). Každý silový oddiel je osadený na vrchnej časti klapkou. Tlak vytvorený pri vzniku poruchy otvorí klapku a umožní únik plynu do odfukového kanála.

Vytvorené na základe literatúry [1], [2].

### 3 POPIS ROZVÁDZAČA UNIGEAR 550

V tejto kapitole je uvedený popis rozvádzača firmy ABB UniGear 550, zobrazený na Obr. 8 [3]. Jedná sa o typ rozvádzača konštrukčne založeného na type UniGear ZS1. Najväčšou prednosťou UniGear 550 je jeho šírka, ktorá dosahuje hodnotu 550 mm, čo robí tento model veľmi kompaktný a umožňuje jeho použitie v projektoch, kde nie je dostatok priestoru. Používa sa v rozvodných závodoch, v elektrárňach, v priemysle, v námorných aplikáciách, v doprave a službách.

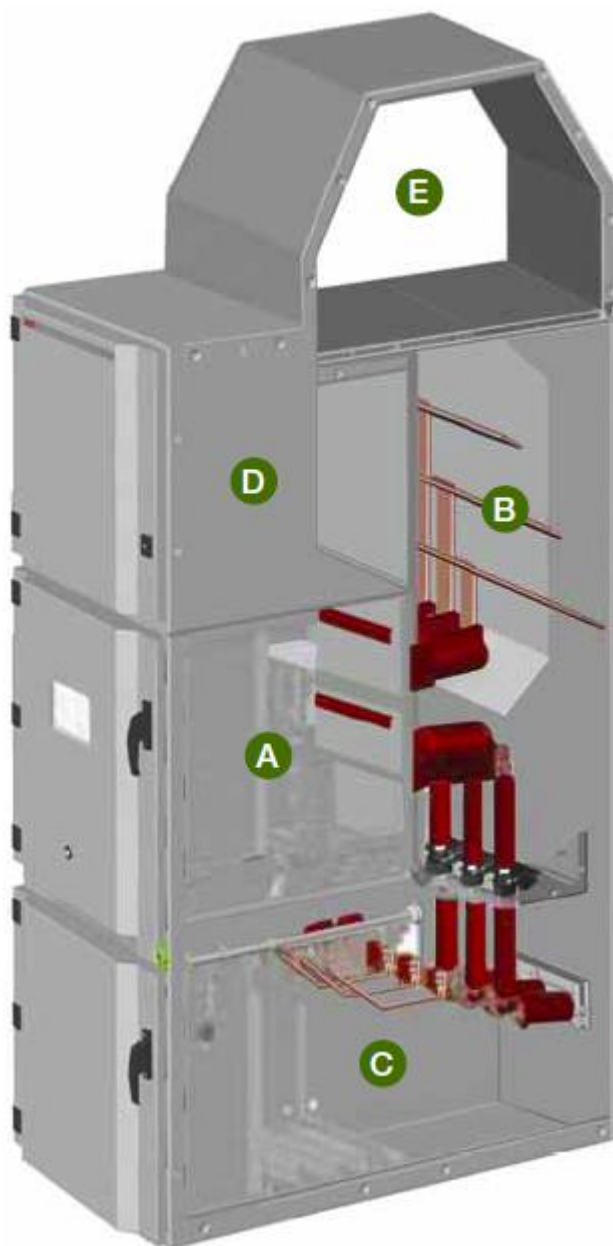
V rozvádzači ABB UniGear 550 je ako vypínač použitý vákuový vypínač ABB Vmax v prevedení pre montáž na výsuvnej kazete. Rozvádzač ABB UniGear 550 je možné montovať zadnou časťou priamo k stene, nakoľko nie je potrebný prístup zo zadnej strany rozvádzača. Všetky operácie uvedenia do prevádzky, údržby a obsluhy je možné vykonávať z prednej strany.



Obr. 8 Rozvádzač ABB UniGear 550

Rozvádzač ABB UniGear 550 patrí do kategórie LSC-2B, definovanej na základe normy IEC 62271-200. Rozvádzače kategórie LSC-2B sú definované ako rozvádzač, pri ktorom má ostať káblový oddiel takisto napájaný, ak sa akýkoľvek iný prístupný oddiel príslušnej funkčnej jednotky otvorí. [6]

Rozvádzač ABB UniGear 550 sa skladá z troch silových oddielov, ktoré sú uvedené na Obr. 9 [3] - oddiel prístroja (A), oddiel prípojnic (B) a oddiel prívodu (C). Každý rozvádzač je vybavený ovládacou časťou – prístrojová skrinka nízkeho napätia (D), v ktorej sú uložené všetky prístroje a kabeláž. Rozvádzač, ktorý je odolný voči vnútorným oblúkovým skratom je vybavený kanálom (E) pre odvedenie plynov vytváraných oblúkom. Oddiely sú navzájom oddelené kovovými prepážkami a sú prístupné z prednej strany.



Obr. 9 Model rozvádzača ABB UniGear 5550 s vyznačenými oddielmi

**Oddiel prípojnic** – obsahuje hlavný prípojnicový systém pripojený pomocou pripojenia odbočiek k horným pevným odpojovacím kontaktom prístroja. Hlavné prípojnice sú vyrobené z elektrolytickej medi. Pre menovité prúdy do 2500 A je systém tvorený plochými prípojnicami, pre vyššie menovité prúdy (3150 A, 3600 A a 4000 A) majú prípojnice prierez tvaru D. Prípojnice a odbočky pre 17,5 kV sú izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem. Šróbové spoje systému prípojnic 17,5 kV sú zakryté izolačnými krytmi. Prípojnicový oddiel môže byť vybavený prepážkami, ktoré slúžia na rozdelenie každej jednotky na oddiele.

**Oddiel prístroja (vypínača)** – obsahuje nutné vybavenie na vzájomnú prevádzku výsuvnej časti a skrine. Podobne ako oddiel prípojnic je oddelený kovovými prepážkami zo všetkých strán. Výsuvný vypínač tvorí modul pozostávajúci z vákuového vypínača typu Vmax - Obr. 10, výsuvnej kazety, izolovaných kontaktných ramien s kontaktným systémom a zástrčky ovládacieho zapojenia. Výsuvná kazeta je spojená pomocou viacpólového konektora s vypínačom a zaisťuje mechanické spojenie medzi skriňou rozvádzača a vypínačom. Výsuvná časť s vypínačom má dve polohy pracovnú a skúšobnú. Medzi týmito polohami sa výsuvná časť posúva ručne alebo motorom pomocou šróbového mechanizmu pri zatvorených predných dverách.



Obr. 10 ABB Vmax (prevedenie pre montáž na výsuvnej kazete)

**Oddiel prívodu** – obsahuje systém odbočiek, ktoré slúžia na pripojenie silových káblov na pevné spodné odpojovacie kontakty prístroja. Pripojenia odbočky sú izolované a zhotovené z elektrolytickej medi. Sú vytvorené z plochých prípojnic pre celý rozsah prúdov. Prípojnice a odbočky pre 17,5 kV sú izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem. V tomto oddiele sú taktiež montované prúdové transformátory, pevne montované alebo výsuvné napät'ové transformátory a uzemňovač.

**Uzemňovač** – nachádza sa v oddiele prívodu a slúži na uzemnenie káblov alebo aj na uzemnenie prípojnicového systému, je zobrazený na Obr. 11. Má skratovú zapínaciu schopnosť a je ho možné ovládať z prednej strany rozvádzača, kde môžeme aj sledovať jeho polohu pomocou ukazovateľa.



*Obr. 11 Uzemňovač v rozvádzači ABB UniGear 550*

Blokovanie pozície uzemňovača je možné z prednej strany pomocou zámku, zobrazeného na Obr. 12 [3].



Obr. 12 Blokovanie pozície skratovača pomocou zámku v rozvádzači ABB UniGear 550

**Kanál pre výfuk plynu** sa nachádza nad rozvádzačom. Horúce plyny a častice, ktoré vzniknú pri vnútornom oblúkovom skrate, musia byť odvedené z priestoru. Preto je každý výkonový oddiel vybavený klapkou na svojej hornej časti, ktorá sa otvára pôsobením tlaku vznikajúceho pri poruche a umožňuje únik plynu do kanála.

**Prístrojová skrinka nízkeho napätia** obsahuje všetky zariadenia, ktoré sa využívajú na ovládanie a nastavovanie rozvádzača. Riadiace a pomocné prístroje sa montujú na dvere alebo na špeciálne kovové lišty.

**Uzemňovacia prípojnica** prechádza pozdĺžne celým rozvádzačom. Je vyrobená z elektrolytickej medi a zaručuje maximálnu bezpečnosť obsluhy a inštalácie.

**Izolačné priechodky** sú vyrobené z epoxidu. Sú umiestnené v oddiele prístroja a obsahujú kontakty slúžiace na pripojenie prístroja s prípojnicovým oddielom alebo oddielom prívodu.

**Izolačné clony** sú kovové. Aktivujú sa automaticky pri pohybe prístroja z odpojenej polohy do pracovnej polohy a naopak.

**Káble** sú ľahko prístupné z prednej strany. Používajú sa jednožilové a trojžilové až do maximálne dvanásť pre fázu v závislosti na menovitom napätí, rozmeroch jednotky a prierezu kábla.

Vytvorené na základe literatúry [3], [4].

## 4 POŽIADAVKY NA ČIASTKOVÉ VÝBOJE V ROZVÁDZAČOCH VYSOKÉHO NAPÄTIA

Požiadavky na čiastkové výboje v rozvádzačoch vysokého napätia definuje norma ČSN EN 62271-200 [6], ktorá sa zaoberá rozvádzačmi s kovovým krytom na striedavý prúd a na menovité napätia nad 1 kV a až do 52 kV vrátane.

Meranie čiastkových výbojov je dôležité z hľadiska určenia porúch skúšaného zariadenia a je doplnkom skúšok elektrickej pevnosti. Čiastkové výboje v určitých inštaláciách spôsobujú postupnú degradáciu elektrickej pevnosti izolácie. Z dôvodu zložitosti izolačných systémov používaných v rozvádzačoch s kovovým krytom nie je možné určiť presný vzťah medzi nameranými hodnotami a predpokladanou životnosťou zariadenia.

### 4.1 Použitie

Meranie čiastkových výbojov je vhodné vykonať na vzduchom izolovaných rozvádzačoch s kovovým krytom ak sa v nich používajú izolačné materiály a odporúča sa pre oddiely plnené médiom. Merania sa odporúča vykonávať na rovnakých zostavách a podzostavách, ako sa používajú na povinné skúšky elektrickej pevnosti.

Kritéria ktoré sa majú zvažovať pri určovaní potreby skúšky čiastkového výboja sú napríklad: [6]

- praktická skúsenosť z prevádzky vrátane výsledkov takýchto skúšok počas výrobného cyklu,
- hodnota pevnosti elektrického poľa v najnamáhanejšej oblasti tuhej izolácie,
- typ izolačného materiálu použitého v zariadení ako časť väčšej izolácie.

Skúšky čiastkového výboja musia zodpovedať norme ČSN EN 60270.

### 4.2 Skúšobný postup

Priložené napätie sieťovej frekvencie sa zvýši na hodnotu predbežného namáhania aspoň  $1,3 \cdot U_r$  alebo  $1,3 \cdot \frac{U_r}{\sqrt{3}}$  v súlade so skúšobným obvodom. Na tejto hodnote je napätie udržiavané po dobu 10s. Čiastkové výboje, ktoré nastanú počas tejto doby sa neberú do úvahy. Napätie sa potom zníži bez prerušenia na  $1,1 \cdot U_r$  alebo  $1,1 \cdot \frac{U_r}{\sqrt{3}}$  v súlade so skúšobným obvodom. Pri tejto hodnote skúšobného napätia sa meria množstvo čiastkového výboja. Vo všeobecnosti by sa mali skúšky zostáv a podzostáv vykonať na spínacích zariadeniach v spojenej polohe. Skúšky na zariadeniach plnených médiom sa musia vykonať pri minimálnej funkčnej úrovni alebo menovitej funkčnej úrovni podľa toho, ktorá hodnota je prísnejšia.

### 4.3 Maximálne dovolené množstvo čiastkového výboja

Odporúčané množstvo čiastkového výboja je zdanlivý náboj, ktorý sa zvyčajne vyjadruje v pC. Maximálne dovolené množstvo čiastkového výboja pri  $1,1 \cdot U_r$  alebo  $1,1 \cdot \frac{U_r}{\sqrt{3}}$  sa musí dohodnúť medzi výrobcom a používateľom. Z dôvodu, že súčasti rozvádzača môžu využívať jednu alebo niekoľko druhov izolácií (napríklad tuhú, pevnú a kvapalnú izoláciu), pričom na každý druh sú kladené rozdielne požiadavky. Hodnoty sa ponechávajú na zodpovednosť výrobcu alebo pri preberacích skúškach sú predmetom dohody medzi výrobcom a používateľom.

Za akceptovateľnú medznú hodnotu pre tuhú izoláciu sa pokladá 10 pC pri  $1,1 \cdot U_r$  združeného napätia ( $1,1 \cdot \frac{U_r}{\sqrt{3}}$  fázového napätia) a pre siete bez priamo uzemneného neutrálu sa pokladá hodnota 100 pC pri  $1,1 \cdot U_r$  fázového napätia.

Kapitola prevzatá z [11].

## 5 LABORATÓRIUM NA MERANIE ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV

Na vykonávanie merania čiastkových výbojov má každá firma vlastné špecializované laboratórium. Firma ABB taktiež vlastní špecializované laboratórium, ktoré bolo v roku 1993 certifikované ako technicky plne kvalifikované v súlade so štandardom ISO 9000 na vykonávanie skúšok podľa normy IEC 17025. Táto certifikácia umožňuje laboratóriu PPMV Brno používať pečaťku „Asociácia českých skúšobní a laboratórií“ s poradovým číslom 28 [8].

V laboratóriu sa môžu vykonávať nasledujúce testy:

- dielektrické skúšky,
- testy čiastkových výbojov,
- testy prístrojových transformátorov,
- testy oteplenia.
- využitie klimateckej komory.

Laboratórium na meranie čiastkových výbojov znázornené na Obr. 13, tvorí špeciálne tlenená miestnosť. Hlavným zariadením v laboratóriu na meranie čiastkových výbojov je meracie zariadenie od firmy LEMKE DIAGNOSTICS GmbH s názvom LDS-6, umiestnené v oddelenom priestore na meracom pulte znázornenom na Obr. 14. Napájanie je prostredníctvom zariadení od firmy HIGHVOLT Prueftechnik GmbH Germany zobrazené na Obr. 15.



Obr. 13 Laboratórium firmy ABB Brno na meranie čiastkových výbojov



Obr. 14 Merací pult so zariadením LDS-6 v laboratóriu firmy ABB Brno



Obr. 15 Napájacie zariadenie WGBS od firmy HIGHVOLT

Kapitola prevzatá z [11].

## 5.1 Meracie prístroje čiastkových výbojov

V danej kapitole budú popísane meracie prístroje použité pri optimalizácii čiastkových výbojov na rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550. A následne použitý spôsob merania čiastkových výbojov pri danej optimalizácii.

### 5.1.1 UViRCO CoroCAM III

Jedným zo zariadení používaných v laboratóriu firmy ABB je korónová kamera od firmy UViRCO. Jedná sa o model CoroCAM III, ktorý patrí medzi najcitlivejšie korónové kamery v ponuke výrobcu. Uvedená kamera je znázornená na Obr. 16 [10].

Jedná sa o prenosný model korónovej kamery vhodný k vonkajšiemu aj vnútornému použitiu. CoroCAM III zaznamenáva v pozorovanej oblasti na video korónu, ktorú nie je možné zachytiť ľudským okom. Na základe zaznamenaných snímok je možné určiť konkrétne miesto vzniku výboja a príčinu vzniku v danom mieste. Parametre korónovej kamery sú uvedené v Tabuľka 1 [10].

Tabuľka 1 Parametre korónovej kamery UViRCO CoroCAM III

UViRCO CoroCAM III	
<b>Pole pozorovania</b>	5° Horizontálne, 4° Vertikálne
<b>Rozsah zaostrenia</b>	3 m až nekonečno
<b>Filtre</b>	UV širokopásmový filter
	UV úzkopásmový filter
<b>Rozlíšenie kamery</b>	NTSC: 570 (H) x 350 (V)
	PAL: 560 (H) x 420 (V)
<b>Rozlíšenie skenovania</b>	525 riadkov EIA (NTSC)
	625 riadkov CCIR (PAL)
<b>Systémové rozlíšenie</b>	470 (H)
<b>Prevádzková teplota</b>	-10°C – 55°C (LCD displej 0° – 45°C)
<b>Fyzické rozmery (dĺžka x šírka x výška)</b>	375 mm x 100 mm x 120 mm
<b>Hmotnosť</b>	1,8 kg vrátane batérie



Obr. 16 Korónová kamera UViRCO CoroCAM III

### 5.1.2 Doble Lemke LDS-6

Meracie zariadenie čiastkových výbojov používané v laboratóriu firmy ABB je od firmy Doble Lemke a to LDS-6. Zariadenie je konštruované špeciálne pre meranie čiastkových výbojov na základe medzinárodnej normy IEC 60270. Zariadenie je zobrazené na Obr. 17 [9].

Podrobný popis je uvedený v bakalárskej práci s názvom „Monitoring čiastečných výbojů a jejich minimalizace v rozváděči UG ZS1“ [11], na ktorú táto práca nadväzuje.



Obr. 17 Meracie zariadenie Doble Lemke LDS-6

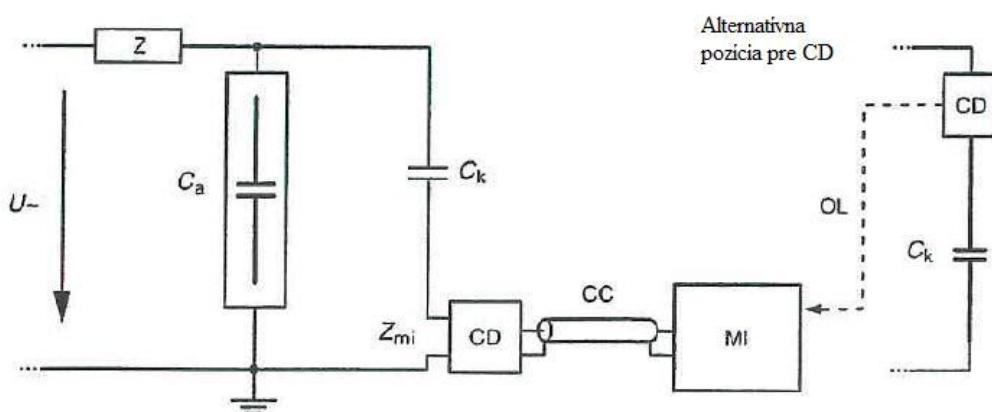
## 6 METÓDA MERANIA ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV

Jednotlivé metódy merania čiastkových výbojov sú popísane v bakalárskej práci s názvom „Monitoring čiastkových výbojů a jejich minimalizace v rozváděči UG ZS1“ [11], na ktorú táto práca nadväzuje a bakalárska práca poskytuje teoretický základ pre túto prácu.

V danej kapitole bude preto popísaná len konkrétna metóda merania čiastkových výbojov použitá pri optimalizácii čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napäťovú hladinu 17,5 kV.

Použitá je galvanická metóda merania čiastkových výbojov podľa medzinárodnej normy IEC 60270 [7]. Galvanická metóda merania čiastkových výbojov je založená na meraní zdanlivého náboja impulzov čiastkových výbojov na testovanom objekte. Patrí medzi najrozšírenejšie metódy merania čiastkových výbojov, najmä v oblasti zariadení a inštalácii vysokého napätia.

Merací obvod je u galvanickej metódy možné zapojiť tromi rôznymi spôsobmi. V laboratóriu firmy ABB je používané zapojenie podľa Obr. 18 [7]. Jedná sa o merací obvod so zapojením meracej impedancie do vetvy väzobnej kapacity. Toto zapojenie meracieho obvodu umožňuje meranie napäťových impulzov čiastkových výbojov. Výhodou zapojenia skúšobného obvodu je jeho použitie pri meraní uzemnených skúšobných objektov.

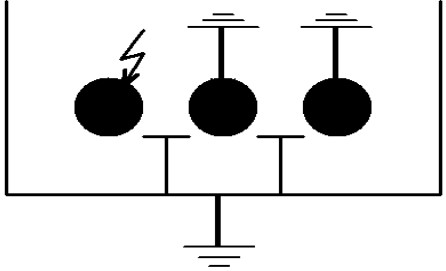


Obr. 18 Väzobné zariadenie CD v sérii s väzobným kondenzátorom

$U_{\sim}$  je napájanie obvodu,  $C_a$  meraný objekt,  $C_k$  je väzobná kapacita,  $Z_m$  je vstupná impedancia meraného objektu, CD je väzobné zariadenie, CC je spojovací kábel, MI je merací prístroj. Impedancia  $Z$  chráni zdroj napätia a slúži ako filter proti rušeniu spojenia zo siete. Väzobná kapacita  $C_v$  je dôležitým prvkom obvodu, je navrhnutá na plné testovacie napätie, nesmie mať vlastné čiastkové výboje a musí mať malú impedanciu. V porovnaní s rozptylovou kapacitou meraného obvodu by mala byť väzobná kapacita  $C_v$  čo najväčšia, aby sa dosiahla najväčšia citlivosť. Ak by kapacita bola príliš malá, mohlo by dôjsť k zoslabeniu impulzov čiastkových výbojov, až tak, že budú prekryté vonkajším rušením. Kapacita v danom prípade pracuje ako vysokofrekvenčná priepusť.

Meranie hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov prebieha na základe jednofázových skúšok podľa Postupu A uvedeného v norme IEC 62271-200 a v Tabuľka 2 [6]. Hodnota napájacieho napätia v meranej fáze je na začiatku merania nastavená na hodnotu  $1,3.U_r$  a na tejto hodnote je udržiavaná po dobu najmenej 10 sekúnd. Hodnota napätia je potom bez prerušenia znížená na hodnotu  $1,1.U_r$  a pri tomto napätí je zaznamenaná hodnota zdanlivého náboja čiastkových výbojov v meranej fáze. [6]

Tabuľka 2 Postup skúšky merania čiastkových výbojov podľa IEC 62271-200

	Jednofázové skúšky
	Postup A
Napät'ový zdroj pripojený	Postupne každá fáza
Prvky pripojené na zem	Ostatné fázy aj všetky časti uzemnené v prevádzke
Minimálne napätie predbežného namáhania	1,3.U <sub>r</sub>
Skúšobné napätie	1,1.U <sub>r</sub>
Základná schéma	

## 7 POPIS MOŽNÝCH MIEST VZNIKU ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV

Táto kapitola obsahuje popis miest možného vzniku čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550. Čiastkové výboje sa rozdeľujú na vonkajšie, vnútorné a povrchové výboje. Degradáciu izolačného systému spôsobujú vnútorné a povrchové čiastkové výboje, ich výskyt je nutné z tohto dôvodu minimalizovať.

### 7.1 Rozvádzač ABB UniGear 500R

V danej kapitole sú popísané miesta možného vzniku čiastkových výbojov v rozvádzači ABB UniGear 500R. Popis je realizovaný na poli rozvádzača ABB UniGear 500R s parametrami 12,5 kV, 1250 A, 31,5 kA/3s – zobrazený na Obr. 19.



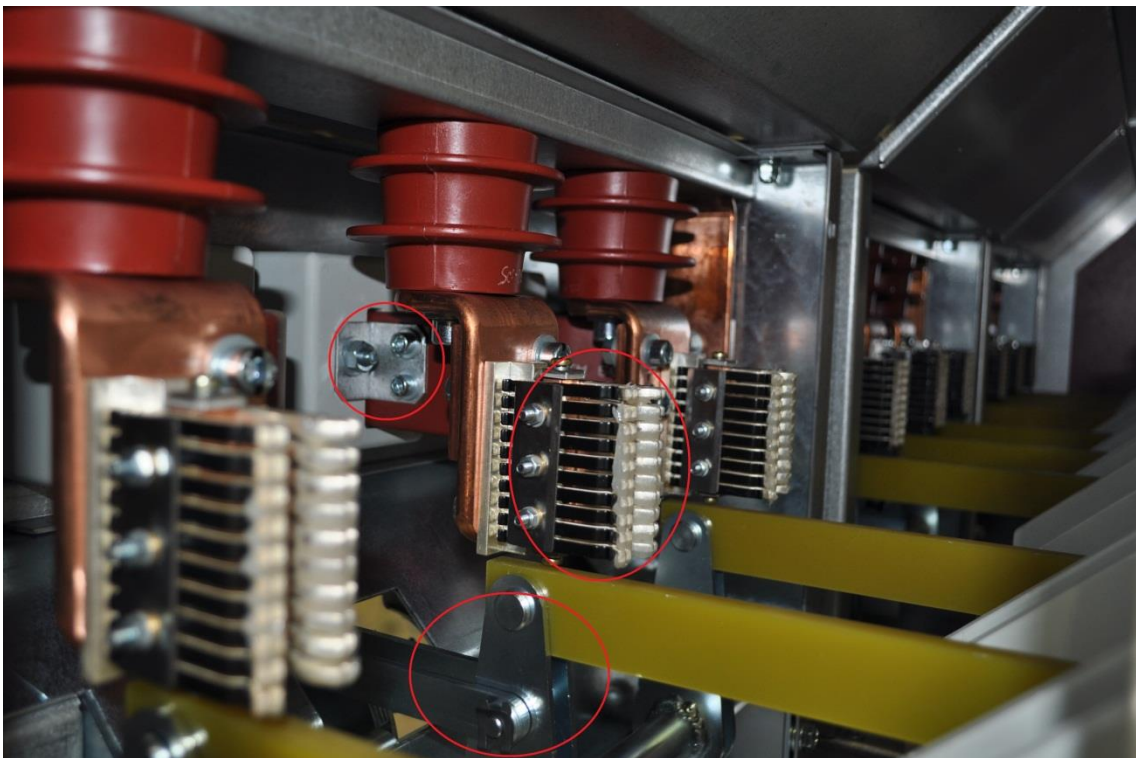
Obr. 19 Rozvádzače ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550

### 7.1.1 Oddiel prípojnic

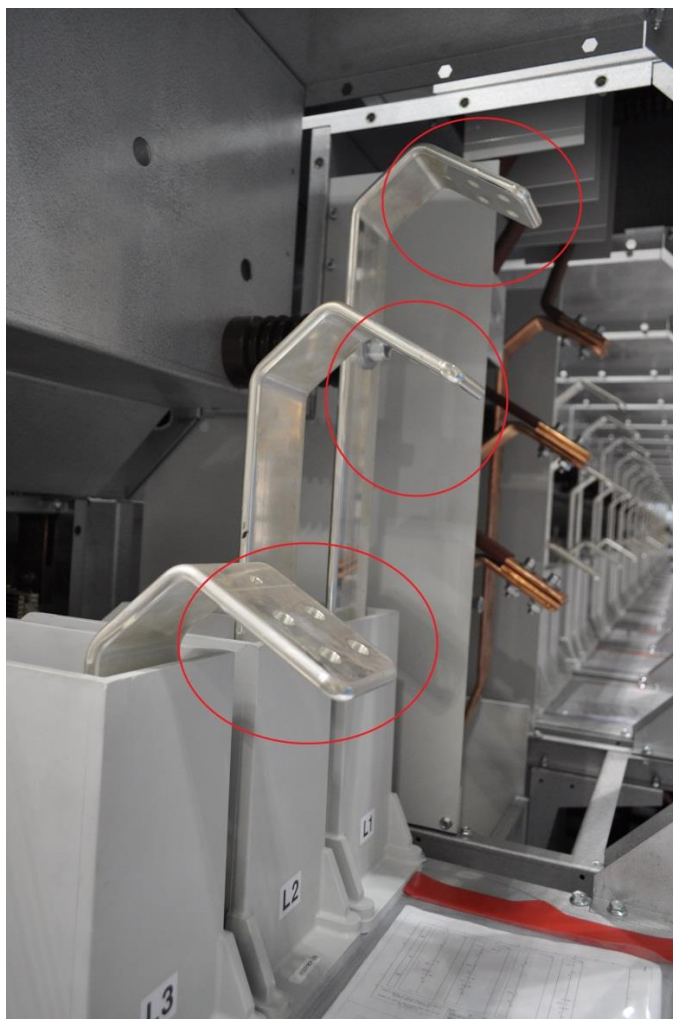
V danom oddiele sú osadené hlavné prípojnice a odbočky, ktoré sú vyrobené z elektrolytickej medi, izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem. Navzájom sú pospájané pomocou šróbov a matic. V danom oddiele sa taktiež nachádza trojpolohový odpojovač a montáž monobloku. Monoblok je vyrobený z plastu a slúži ako prechodka medzi oddielom prípojnic a oddielom vypínača/prívodu.

Miesta možného vzniku čiastkových výbojov v oddiele prípojnic:

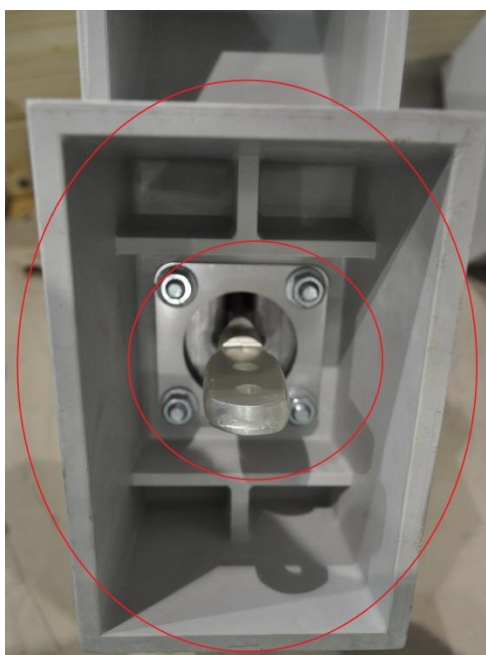
- odbočky a prípojnice sú obalené izolačným materiálom BPTM od firmy Reychem, na ktorom je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- na hranách prípojnic vyrobených z elektrolytickej medi je možný vznik povrchových čiastkových výbojov, na Obr. 21 sú zobrazené prípojnice bez izolačného materiálu a ich povrch je postriebrený.
- ostré hrany šróbov, podložiek a matic použitých na spojoch prípojnic a odbočiek, zobrazené na Obr. 21, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- trojpolohový odpojovač, na ktorého hranách je možný vznik vnútorných čiastkových výbojov, zobrazený na Obr. 20,
- montáž monobloku, kde monoblok je vyrobený z plastu a jeho štruktúra môže obsahovať dutinky, v ktorých je predpoklad vzniku vnútorných čiastkových výbojov. V montáži sú použité kovové vložky a montáž je pospojovaná šróbmi, podložkami a maticami. Na hranách spojovacieho materiálu a použitých kovových vložiek je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov. Miesta možného vzniku čiastkových výbojov na montáži monobloku sú zobrazené na Obr. 22 a Obr. 23.



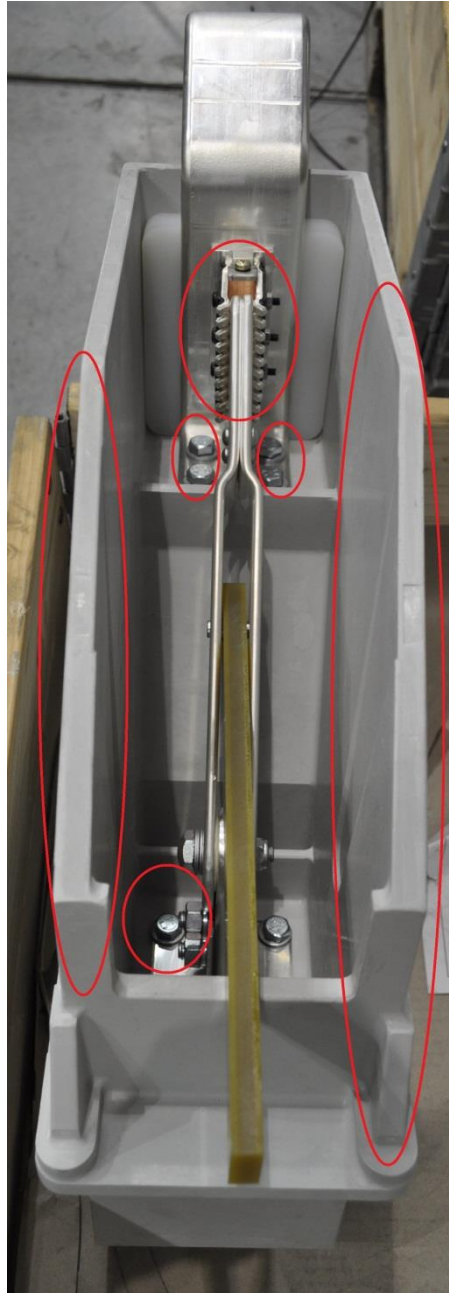
Obr. 20 Vyznačené miesta možného vzniku čiastkových výbojov na kontaktoch trojpolohového odpojovača



Obr. 21 Oddiel prípojnic s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 22 Spodná časť montáže monobloku s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 23 Horná časť montáže monobloku s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov

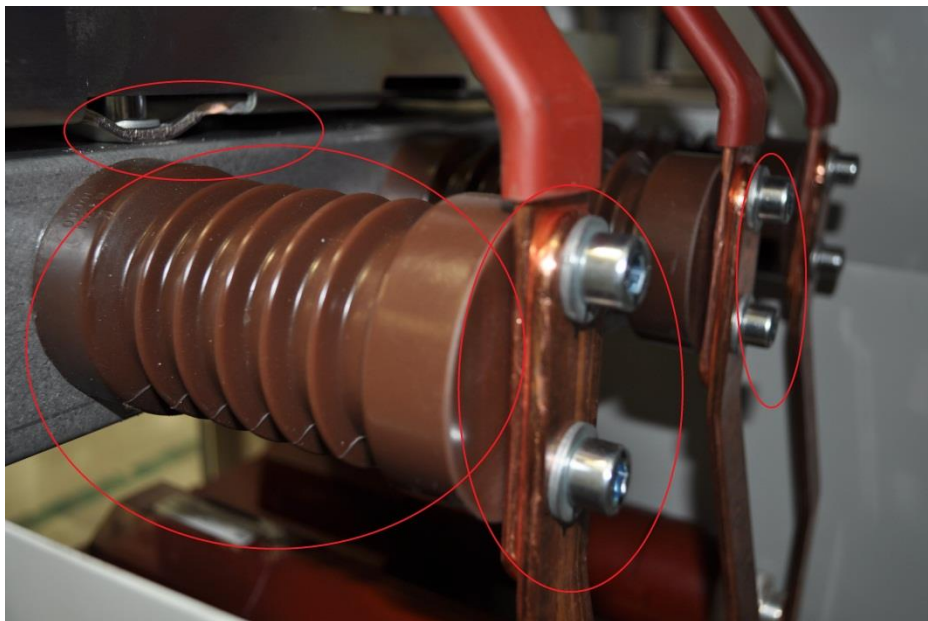
### 7.1.2 Oddiel vypínača/prívodu

V danom oddiele je pevne montovaný vákuový vypínač ABB Vmax, ktorého popis je uvedený v kapitole 9. Táto práca sa nezaoberá úpravou vypínača ABB Vmax na minimalizáciu čiastkových výbojov, nakoľko úpravu vykonáva technologické centrum ABB v Taliansku a to ABB T&D Divisione SAACE T.M.S., Italy.

Ďalej sú v tomto oddiele namontované odbočky vyrobené z elektrolytickej medi izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem, izolátory a prúdové transformátory. Nachádzajú sa tu nosníky pre jednotlivé súčasti a spojovací materiál. Do tohto oddielu zasahuje spodná časť montáže monobloku, ktorý slúži ako priechodka pre odbočky medzi oddielom prípojnic a oddielom vypínača/prívodu.

Miesta možného vzniku čiastkových výbojov v oddiele prípojnic:

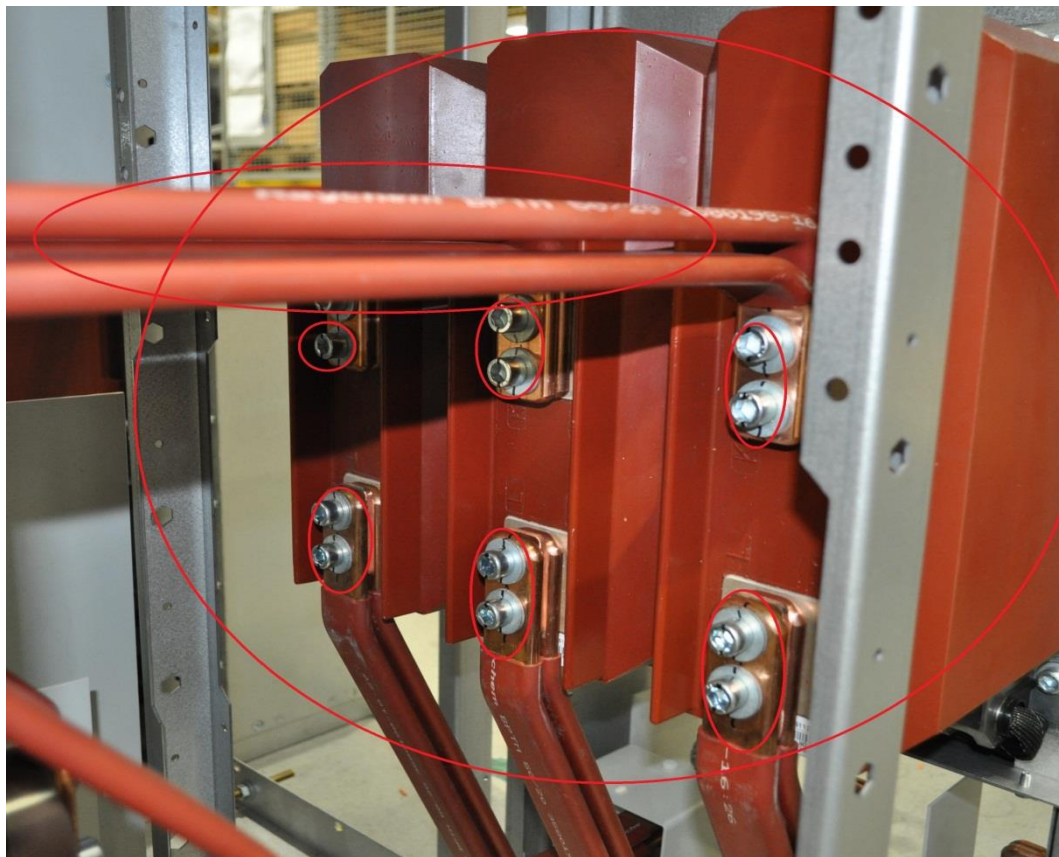
- odbočky sú izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem, na ktorom je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- ostré hrany šróbov, podložiek a matic použitých na spojoch prípojnic a odbočiek, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- izolácia meracích transformátorov napätia znázornených na Obr. 25, v ich izolácii môže dochádzať k vnútorným čiastkovým výbojom a na ostrých hranách spojovacieho materiálu je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- izolácia meracích transformátorov prúdu znázornených na Obr. 26, v ich izolácii môže dochádzať k vnútorným čiastkovým výbojom a na ostrých hranách spojovacieho materiálu je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- izolátory odbočiek zobrazené na Obr. 24, umiestnené v miestach káblového pripojenia, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- montáž monobloku, kde monoblok je vyrobený z plastu a jeho štruktúra môže obsahovať dutinky, v ktorých je predpoklad vzniku vnútorných čiastkových výbojov. V montáži sú použité kovové vložky a montáž je pospojovaná šróbmi, podložkami a maticami. Na hranách spojovacieho materiálu a na použitých kovových vložkách je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov. Spodná časť montáže je zobrazená na Obr. 28.



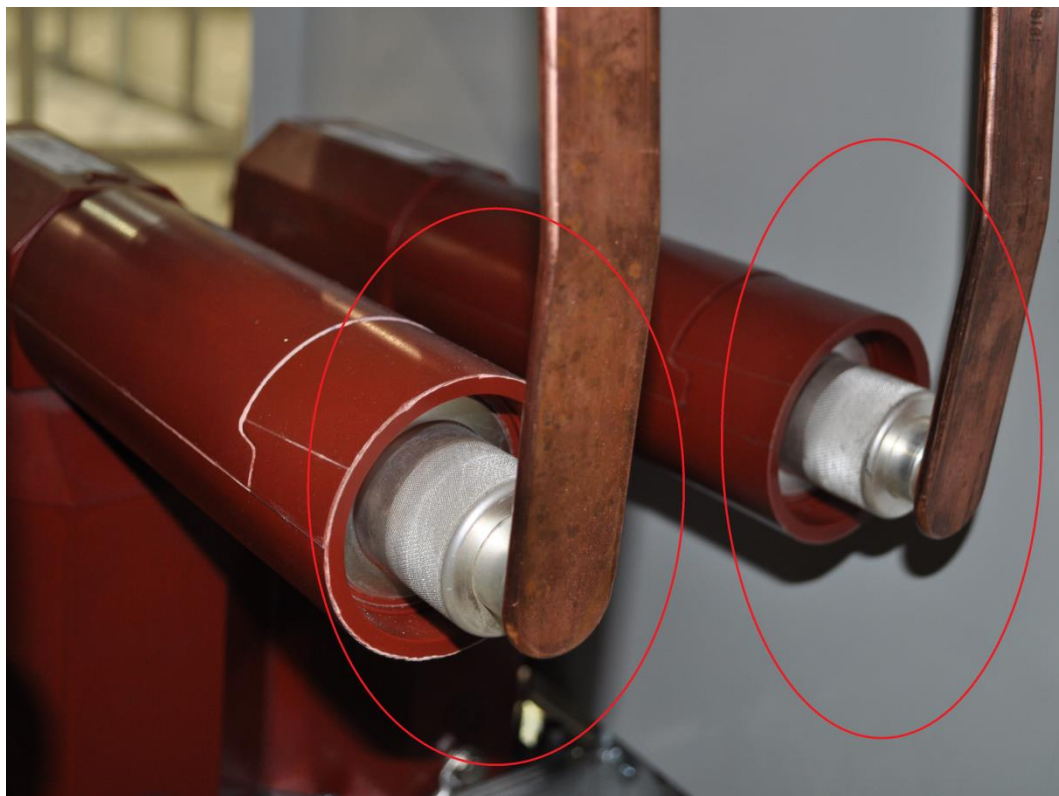
*Obr. 24 Detailný pohľad na montáž izolátoru s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov*



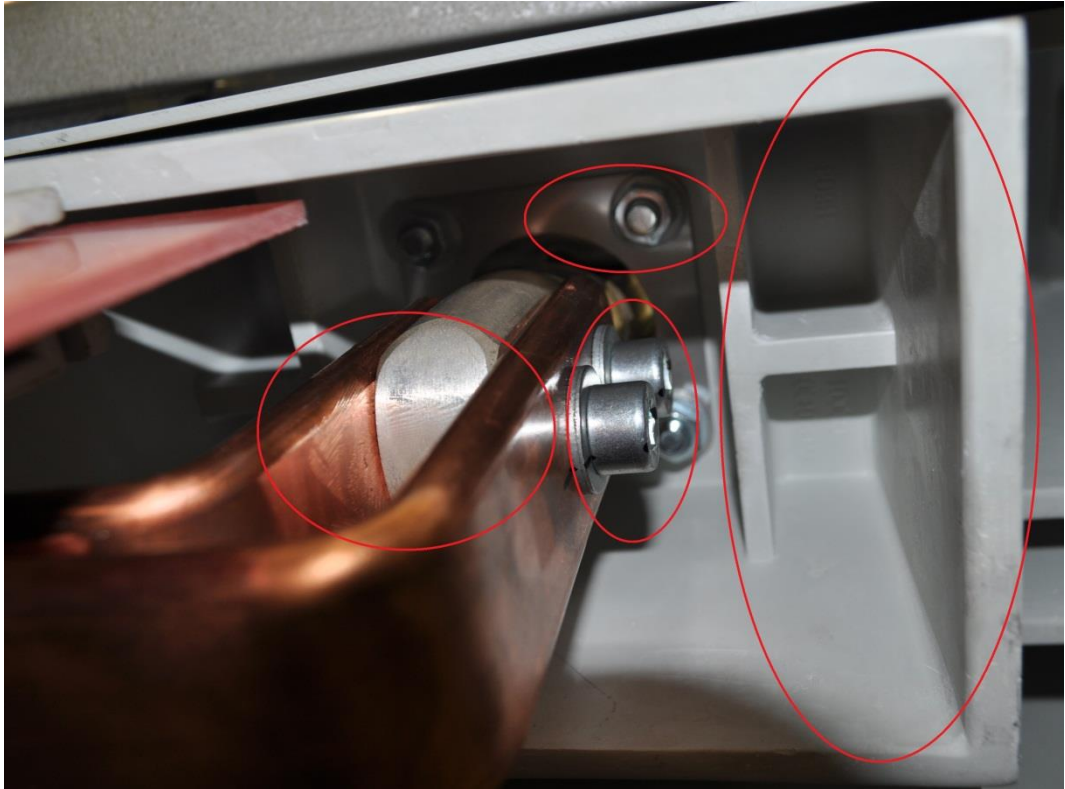
*Obr. 25 Meracie transformátory napätia s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov*



Obr. 26 Meracie transformátory prúdu s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 27 Detailný pohľad na zadnú časť meracích transformátorov prúdu s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



*Obr. 28 Detailný pohľad na spodnú časť montáže monobloku s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov*

### **7.1.3 Oddiel nízkonapäťovej skrinky**

V oddiele nízkonapäťovej skrinky nie je predpokladaný výskyt čiastkových výbojov.

### **7.1.4 Oddiel odľukového kanála**

V oddiele odľukového kanála nie je predpokladaný výskyt čiastkových výbojov.

## 7.2 Rozvádzač ABB UniGear 550

V tejto kapitole podobne je uvedený popis možných miest vzniku čiastkových výbojov v rozvádzači ABB UniGear 550. Popis je realizovaný na poli rozvádzača ABB UniGear 550 s parametrami 17,5 kV, 1250 A, 31,5 kA/3s – zobrazený na Obr. 29



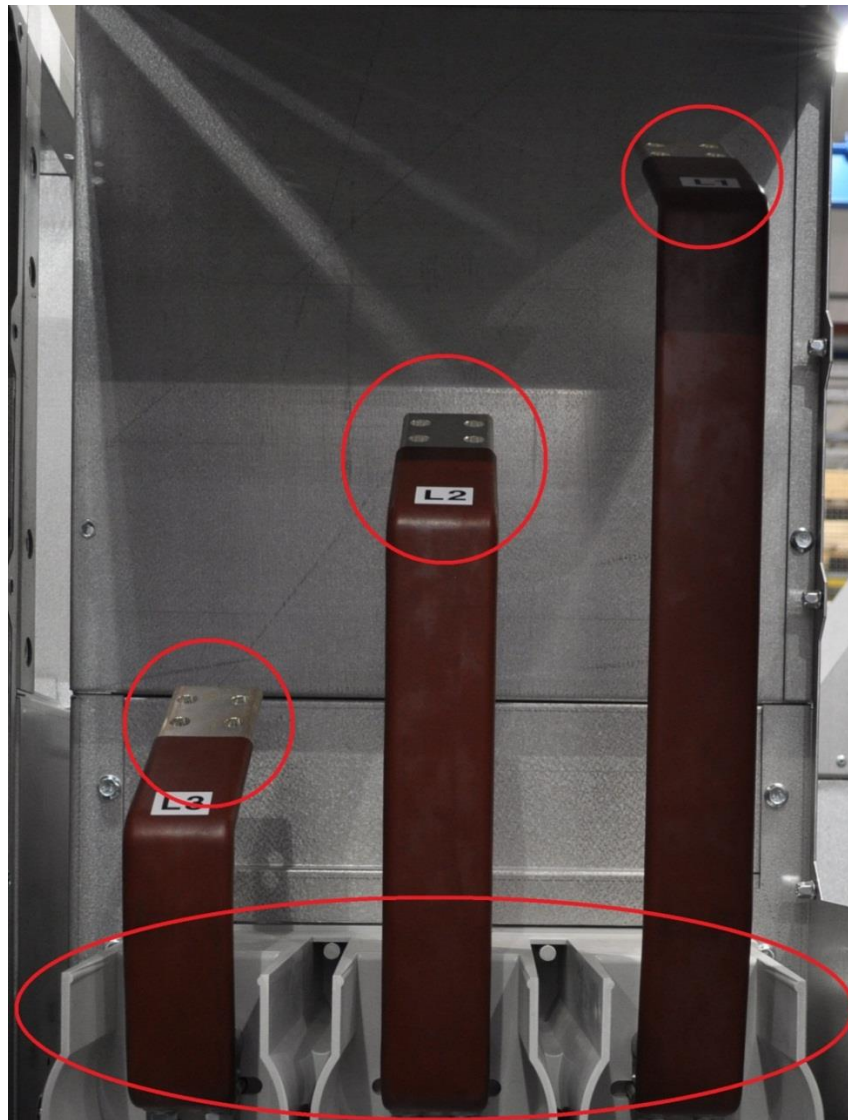
Obr. 29 Rozvádzač ABB UniGear 550 s parametrami 17,5 kV, 1250 A, 31,5 kA/3s

### 7.2.1 Oddiel prípojnic

Oddiel prípojnic je znázornený na Obr. 30, kde sú vyznačené miesta možného vzniku čiastkových výbojov. Na obrázku sú znázornené iba odbočky a izolačné priechodky, chýbajú hlavné prípojnice, ktoré sa montujú na odbočky pomocou šróbov a spoje sú zakryté izolačnými krytmi.

Miesta možného vzniku čiastkových výbojov v oddiele prípojnic:

- montáž monobloku, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- pri napätí 17,5 kV sú odbočky a prípojnice medzi izolované pomocou zmršťovacích hadíc z materiálu BPTM od firmy Reychem,, na ktorom je tiež možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- ostré hrany šróbov, ktorými sú spojené prípojnice a odbočky, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- izolačné kryty spojov prípojnic a odbočiek, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov.



Obr. 30 Oddiel prípojnic s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov

## 7.2.2 Oddiel vypínača

V danom oddiele je pevne montovaný vákuový vypínač ABB Vmax, ktorého popis je uvedený v kapitole 9. Táto práca sa nezaobera úpravou vypínača ABB Vmax na minimalizáciu čiastkových výbojov, nakoľko úpravu vykonáva technologické centrum ABB v Taliansku a to ABB T&D Divisione SAACE T.M.S., Italy.

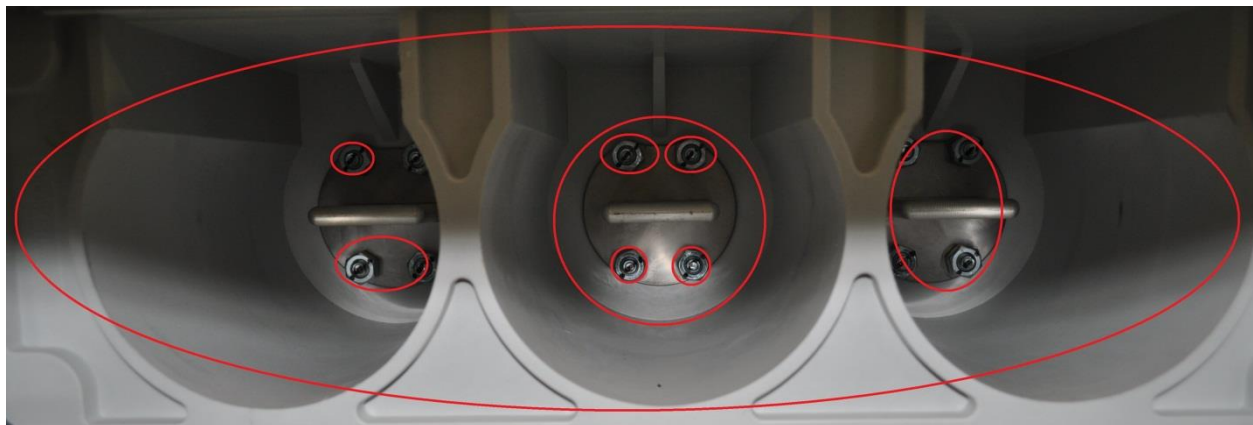
Oddiel vypínača je znázornený na Obr. 31, na ktorom sú vyznačené miesta možného vzniku čiastkových výbojov. Na obrázku sú zavreté izolačné clony.

Miesta možného vzniku čiastkových výbojov v oddiele prípojnic:

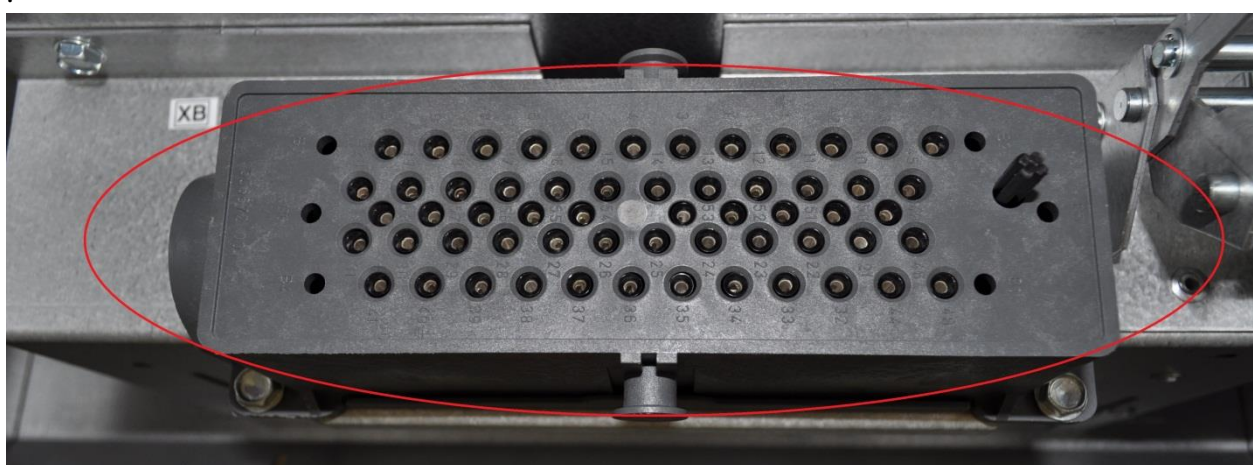
- montáž monobloku, kde je možný výskyt najmä vnútorných čiastkových výbojov, monoblok s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov sú zobrazené na Obr. 32
- zásuvka vypínača, ktorá sa nachádza v hornej časti oddielu, je zobrazená na Obr. 33. Obal zásuvky je vyrobený z plastu, na ktorom je pravdepodobný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- ostré hrany izolačných clôn, na ktorých je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- ostré hrany šróbov, ktoré sú použité v oddiele a na ktorých je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,



Obr. 31 Oddiel vypínača s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 32 Izolačné priechodky s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



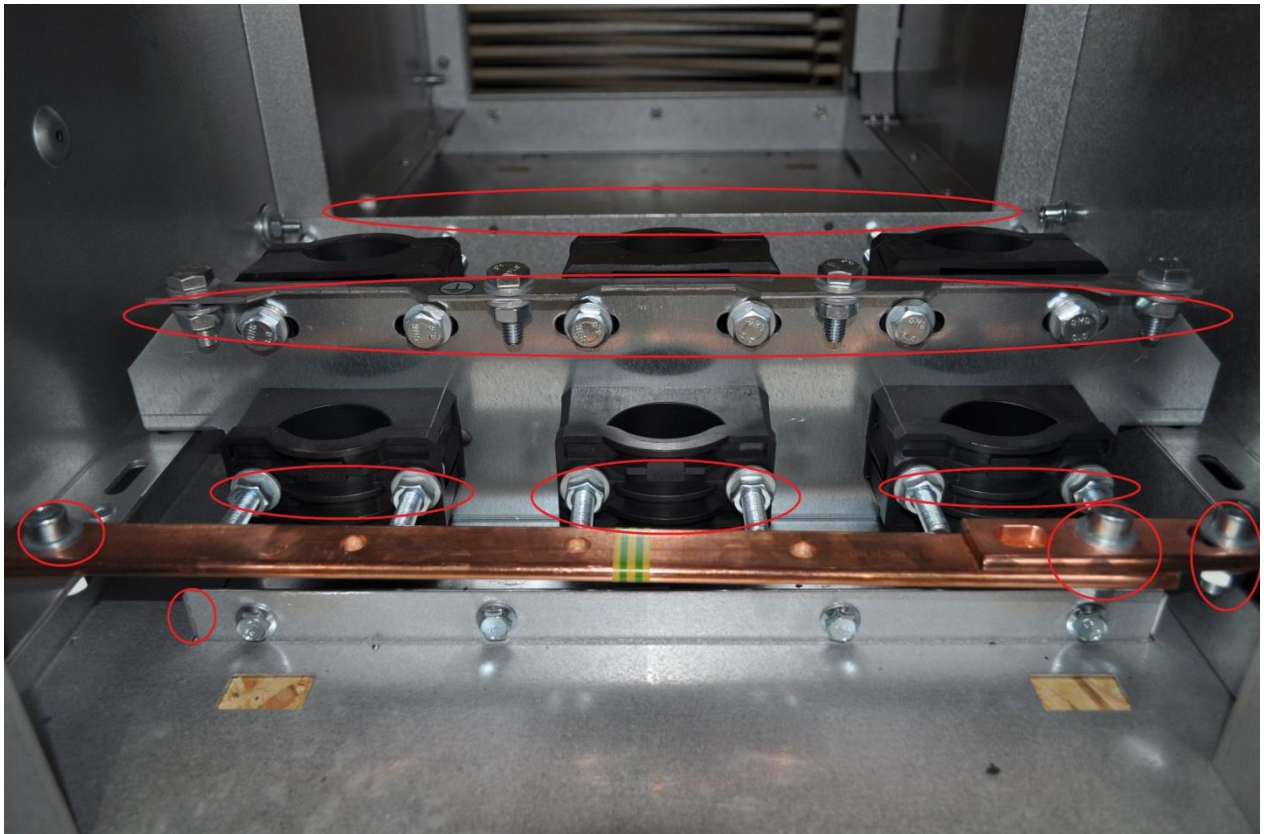
Obr. 33 Zásuvka výkonového vypínača s vyznačeným možným miestom vzniku čiastkových výbojov

### 7.2.3 Oddiel prívodu

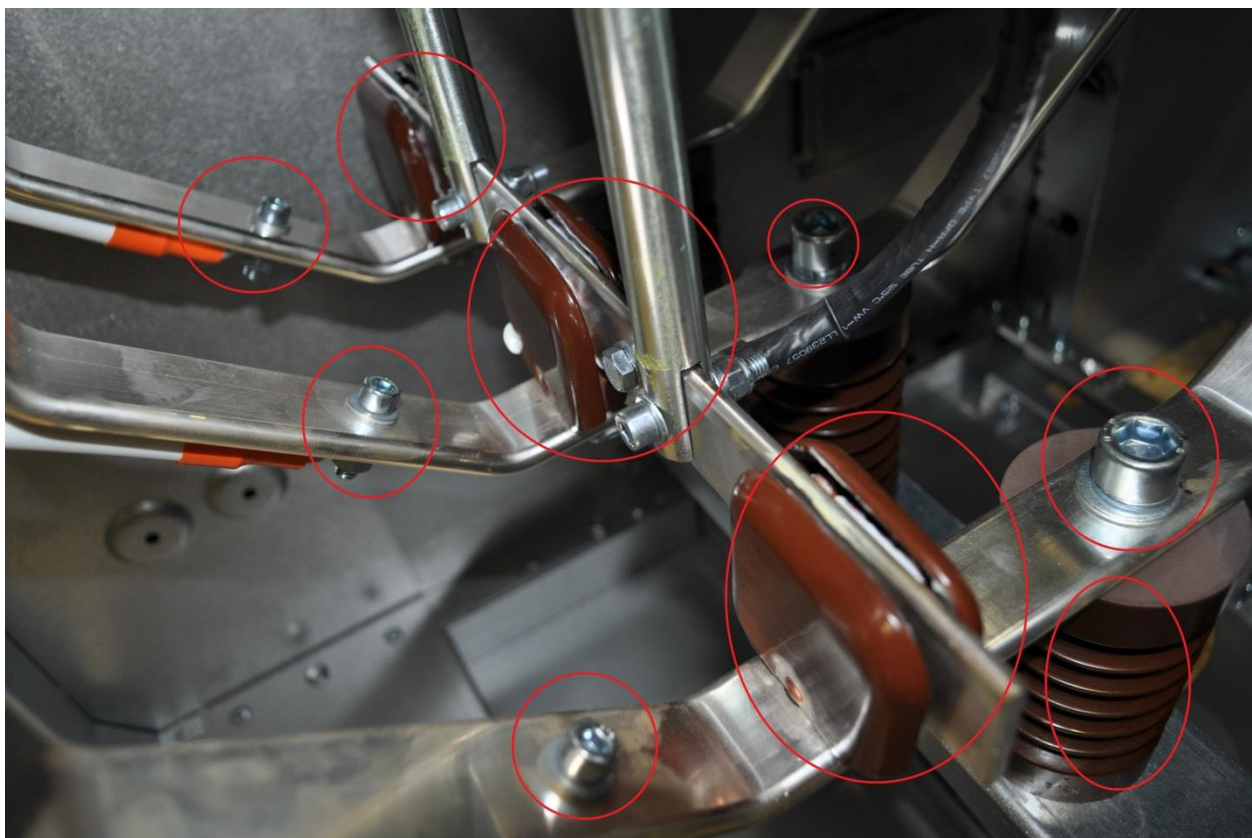
Oddiel prívodu je znázornený na Obr. 34. Oddiel prívodu obsahuje systém odbočiek, káblové pripojenie, uzemňovač a meracie transformátory prúdu a napätia.

Miesta možného vzniku čiastkových výbojov v oddiele prípojnic:

- izolácia meracích transformátorov napätia, v ich izolácii môže dochádzať k vnútorným čiastkovým výbojom a na ostrých hranách spojovacieho materiálu je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- izolácia meracích transformátorov prúdu, v ich izolácii môže dochádzať k vnútorným čiastkovým výbojom a na ostrých hranách spojovacieho materiálu je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- izolátory odbočiek zobrazené na Obr. 35, v miestach káblového pripojenia, kde je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- ostré hrany uzemňovača znázornené na Obr. 35 a Obr. 36, na ktorých je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov,
- ostré hrany šróbov, ktoré sa využívajú na spoje v oddiele prívodu a na ktorých je možný výskyt vnútorných čiastkových výbojov.



Obr. 34 Oddiel prívodu s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 35 Nože uzemňovača s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 36 Uzemňovač s vyznačenými možnými miestami vzniku čiastkových výbojov

#### **7.2.4 Oddiel nízkonapäťovej skrinky**

V oddiele nízkonapäťovej skrinky nie je predpokladaný výskyt čiastkových výbojov.

#### **7.2.5 Oddiel odľukového kanála**

V oddiele odľukového kanála nie je predpokladaný výskyt čiastkových výbojov.

## 8 NÁVRH OPTIMALIZÁCIE ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV V ROZVÁDZAČOCH UG500R A UG 550

Výskyt čiastkových výbojov v izolačnom systéme zariadenia spôsobuje jeho degradáciu. Z tohto dôvodu je potrebné ich výskyt odstrániť alebo minimalizovať. V kapitole 7 je uvedený popis možných miest vzniku v optimalizovaných rozvádzačoch firmy ABB.

Najkritickejším miestom z pohľadu možného výskytu čiastkových výbojov v rozvádzači ABB UniGear 500R je montáž monobloku, zobrazená na Obr. 22, Obr. 23 a Obr. 28. Výskyt vnútorných čiastkových výbojov je predpokladaný najmä na ostrých hranách kontaktného systému v montáži, hranách vložky a hranách šróbov.

Najkritickejším miestom z pohľadu možného výskytu čiastkových výbojov v rozvádzači ABB UniGear 550 je montáž izolačných priechodiek v oddiele prípojnic a v oddiele prívodu, zobrazená na Obr. 30 a Obr. 32. Výskyt vnútorných čiastkových výbojov je predpokladaný najmä na ostrých hranách držiakov izolačných priechodiek.

Na základe teoretických znalostí z bakalárskej práce [11] boli navrhnuté pre vyznačené miesta možnosti optimalizácie.

Možnosti optimalizácie rozvádzačov ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550

- použitie šróbov s čo najmenším počtom ostrých hrán,
- prekrytie hlavičiek šróbov izolačným materiálom,
- upravenie jednotlivých častí konštrukcie tak aby obsahovali, čo najmenej ostrých hrán,
- oddialenie ostrých hrán konštrukcie rozvádzača od prúdovodnej dráhy.

Súhrn výsledkov popisu možných miest vzniku čiastkových výbojov a návrhu optimalizácie je pre rozvádzač ABB UniGear 500R uvedený v Tabuľka 3 a pre rozvádzač ABB UniGear 550 v Tabuľka 4.

Tabuľka 3 Súhrn výsledkov popisu možných miest vzniku čiastkových výbojov a návrhu optimalizácie pre ABB UniGear 500R

Oddiel rozvádzača	Miesta možného vzniku čiastkových výbojov v rozvádzači UniGear 500R	Návrh optimalizácii čiastkových výbojov	Druh čiastkových výbojov
<b>Oddiel prípojnic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• montáž monobloku,</li> <li>• izolácia prípojnic a odbočiek,</li> <li>• ostré hrany šróbov, hrany šróbov,</li> <li>• ostré hrany prípojnic a odbočiek,</li> <li>• ostré hrany trojpolohového odpojovača.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prekrytie hlavíček šróbov izolačným materiálom,</li> <li>• overenie miest vzniku čiastkových výbojov korónovou kamerou</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vnútorné čiastkové výboje,</li> </ul>
<b>Oddiel vypínača/prívodu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• izolácia odbočiek,</li> <li>• ostré hrany izolačných clón,</li> <li>• ostré hrany šróbov.</li> <li>• izolácia meracích transformátorov prúdu,</li> <li>• izolácia meracích transformátorov napätia,</li> <li>• izolátory odbočiek,</li> <li>• montáž monobloku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• upraviť konštrukciu izolačných clón tak, aby obsahovali čo najmenej ostrých hrán,</li> <li>• prekrytie hlavíček šróbov izolačným materiálom,</li> <li>• overenie miest vzniku čiastkových výbojov korónovou kamerou</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vnútorné čiastkové výboje,</li> </ul>
<b>Kanál pre výfuk a prístrojová skrinka nízkeho napätia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nepredpokladá sa výskyt čiastkových výbojov</li> </ul>	-	-

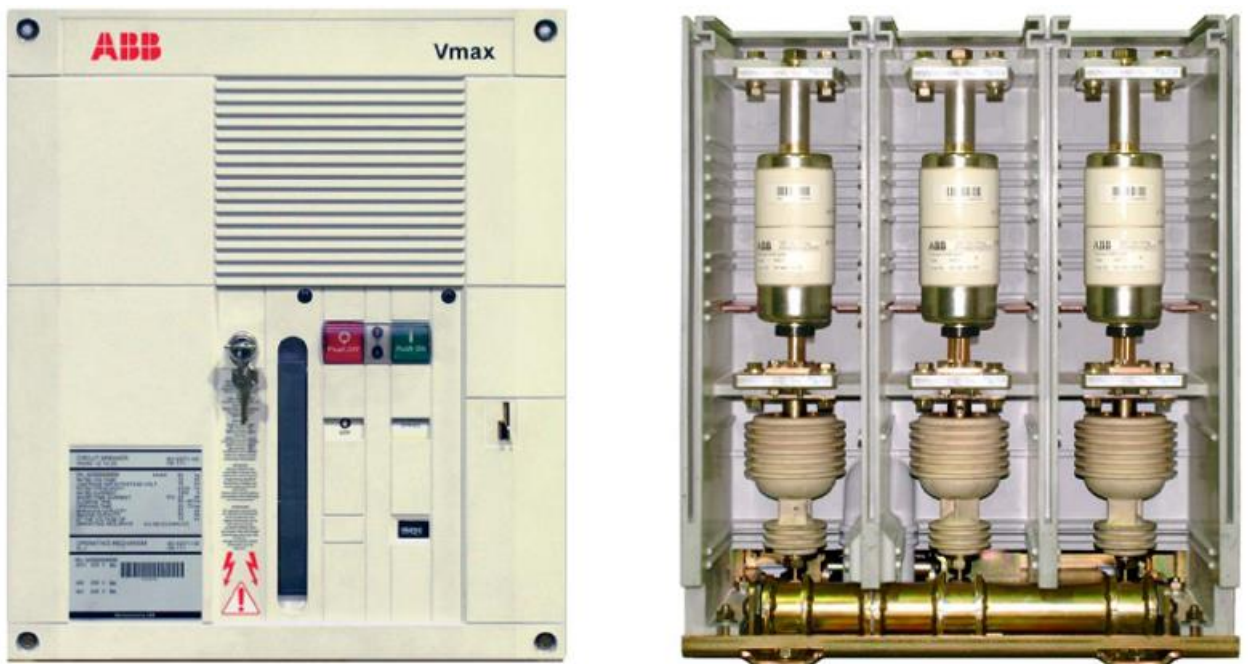
Tabuľka 4 Súhrn výsledkov popisu možných miest vzniku čiasťkových výbojov a návrhu optimalizácie pre ABB UniGear 550

Oddiel rozvádzača	Miesta možného vzniku čiasťkových výbojov v rozvádzači UniGear 550	Návrh optimalizácie čiasťkových výbojov	Druh čiasťkových výbojov
<b>Oddiel prípojnic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• montáž monobloku,</li> <li>• izolácia prípojnic a odbočiek,</li> <li>• ostré hrany šróbov, hrany šróbov,</li> <li>• izolované krytky spojov prípojnic a odbočiek.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prekrytie hlavíček šróbov izolačným materiálom,</li> <li>• overenie miest vzniku čiasťkových výbojov korónovou kamerou.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vnútorné čiasťkové výboje,</li> </ul>
<b>Oddiel vypínača</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• montáž monobloku,</li> <li>• zásuvka vypínača,</li> <li>• ostré hrany izolačných clón,</li> <li>• ostré hrany šróbov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• upraviť konštrukciu izolačných clón tak, aby obsahovali čo najmenej ostrých hrán,</li> <li>• prekrytie hlavíček šróbov izolačným materiálom.,</li> <li>• overenie miest vzniku čiasťkových výbojov korónovou kamerou.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vnútorné čiasťkové výboje,</li> </ul>
<b>Oddiel prívodu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• izolácia meracích transformátorov prúdu,</li> <li>• izolácia meracích transformátorov napätia,</li> <li>• izolátory odbočiek,</li> <li>• ostré hrany uzemňovača,</li> <li>• ostré hrany šróbov.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prekrytie hlavíček šróbov izolačným materiálom,</li> <li>• overenie miest vzniku čiasťkových výbojov korónovou kamerou.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vnútorné čiasťkové výboje,</li> </ul>
<b>Kanál pre výfuk a prístrojová skrinka nízkeho napätia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nepredpokladá sa výskyt čiasťkových výbojov</li> </ul>	-	-

## 9 VYPÍNAČ ABB VMAX

ABB Vmax je vákuový výkonový vypínač od firmy ABB určený pre vnútorné použitie, je zobrazený na Obr. 37. Vypínač ABB Vmax spĺňa normu IEC 62270-100. Vyrába sa v dvoch prevedeniach a to pre pevnú montáž a pre výsuvnú montáž pre moduly ABB PowerCube, rozvádzače ABB UniGear ZS1, UniGear 550 a UniSec. [5]

Daná práca sa primárne nezaobera minimalizáciou čiastkových výbojov na vypínači ABB Vmax nakoľko táto úprava bola vykonaná počas iného projektu výrobcom vypínača a jeho technologickým centrom - ABB T&D Divisione SAACE T.M.S., Italy.



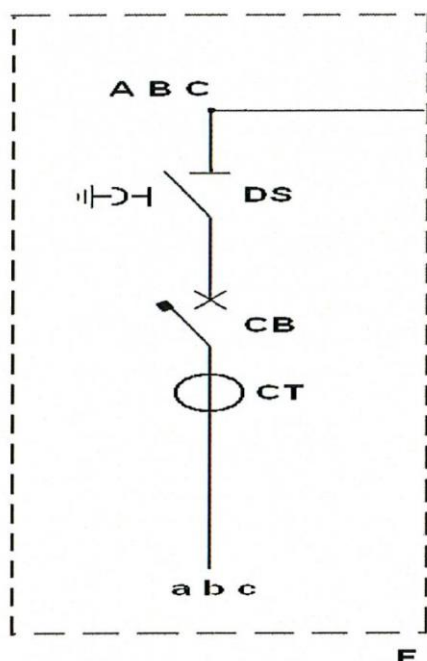
Obr. 37 ABB Vmax

## 10 OPTIMALIZÁCIA ČIASTKOVÝCH VÝBOJOV

Na identifikovanie miest vzniku čiastkových výbojov v rozvádzači bude použitá korónová kamera od firmy UViRCO CoroCAM III. Pomocou nej budú určené miesta, na ktoré je potrebné sa zamerať a uskutočniť na nich potrebné úpravy na minimalizáciu vzniku čiastkových výbojov v rozvádzačoch. Akceptovateľná hodnota zdanlivého náboja je pre danú aplikáciu a projekt maximálne 100 pC. Túto hodnotu zdanlivého náboja je potrebné dosiahnuť po optimalizácii. Tento projekt je zameraný na optimalizovanie čiastkových výbojov v rozvádzačoch vysokého napätia od firmy ABB a to ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napäťovú hladinu 17,5 kV.

### 10.1 Rozvádzač UniGear 500R

Optimalizácia čiastkových výbojov pre napäťovú hladinu je uskutočnená na prívodovom poli rozvádzača ABB UniGear 500R. Jednopolová schéma daného poľa je uvedená na Obr. 38.



- A – fáza L1
- B – fáza L2
- C – fáza L3
- F – kostra poľa rozvádzača
- a – fáza L1 – káblové pripojenie
- b – fáza L2 – káblové pripojenie
- c – fáza L3 – káblové pripojenie
- DS - uzemňovač
- CT – meracie transformátory prúdu
- CB - vypínač
- DS a CB zatvorené počas merania

Obr. 38 Jednopolová schéma poľa rozvádzača ABB UniGear 500R

#### Spoločná konfigurácia pre všetky merania

- Upravený vypínač z ABB T&D Divisione SAACE T.M.S., Italy, u ktorého je hodnota čiastkových výbojov cca. 60 – 70 pC pre napäťovú hladinu 17,5 kV,
- Meracie transformátory prúdu, u ktorých je hodnota čiastkových výbojov do 5pC.

#### Použité meracie zariadenia

- Korónová kamera UViRCO CoroCAM III,
- High Voltage Test System WGBS, HIGHVOLT,
- Digitálne meracie zariadenie čiastkových výbojov LDS-6, LEMKE DIAGNOSTICS GmbH,
- Kalibrátor čiastkových výbojov Type 9216,
- Meracie zariadenie teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku, Sensorika HTPN 27/350

**Neistoty merania výsledkov jednotlivých skúšok**

- Vysokonapäťové testy so striedavým napätím
  - napätie (RMS) -  $\pm 3 \%$ ,
  - časové parametre -  $\pm 3,5 \%$ .
- Meranie čiastkových výbojov
  - do 10 pC -  $\pm 1$  pC,
  - nad 10 pC -  $\pm 10$  pC.
- Atmosférické podmienky
  - teplota -  $\pm 2^\circ\text{C}$ ,
  - tlak -  $\pm 150$  hPa,
  - vlhkosť -  $\pm 10 \%$ .

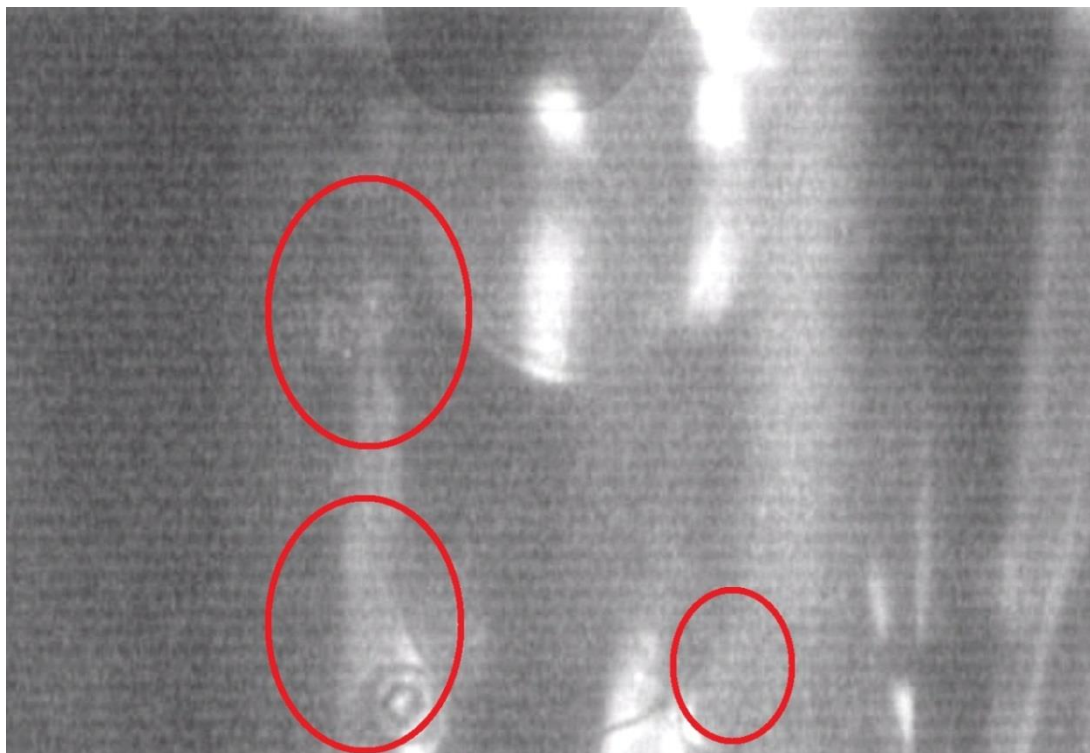
Atmosférické podmienky v laboratóriu sú udržiavané na konštantných hodnotách počas všetkých meraní, ich hodnoty sú uvedené v Tabuľka 5.

Tabuľka 5 Atmosférické podmienky počas meraní rozvádzača ABB UniGear 500R

<b>Teplota</b>	[ $^\circ\text{C}$ ]	21,0
<b>Tlak</b>	[hPa]	1003,0
<b>Vlhkosť vzduchu</b>	[ $\text{g}/\text{m}^3$ ]	22,0

### 10.1.1 Meranie č.1

V danom meraní sa pomocou korónovej kamery identifikovali kritické miesta, kde je najväčší výskyt čiastkových výbojov. Snímok z korónovej kamery je zobrazený na Obr. 39. Na základe pozorovania korónovou kamerou bolo určené, že kritickým miestom, na ktoré je potrebné sa zamerať je vložka v monobloku a šróby, ktorými je primontovaná v danej montáži.



Obr. 39 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov

Následne boli premerané všetky tri fázy na hodnotu zdanlivého náboja  $q$ , ktorého hodnota je určujúca pre hodnotenie výskytu čiastkových výbojov. Výsledky tohto merania sú uvedené v Tabuľka 6.

#### Konfigurácia

- Pole rozvádzača ABB UniGear 500R bez úprav,
- Štandardná kovová vložka v monobloku (neupravená s označením Z1247 a rozmermi – 2 mm hrúbka, šírka 78 mm vo všetkých fázach)
- Šróby držiace vložku – imbusové šróby a klasická podložka

Tabuľka 6 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.1

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	20	11	1000	20	2500	30	5100	3400
<b>L2</b>	40	4,4	42	40	280	40	700	280
<b>L3</b>	12	0,3	4200	3	5000	3300	9500	5000

### Zhrnutie merania č.1

Zo záberov z korónovej kamery sa v danom meraní identifikovalo kritické miesto vzniku čiastkových výbojov. Pri meraní zdanlivého náboja je vidieť podľa hodnôt uvedených v Tabuľka 6, že hodnota zdanlivého náboja pre napäťovú hladinu je prekračuje dolovený limit 100 pC a je nutné vykonať úpravy na kritických miestach.

### Ďalší postup

- Úprava rozmerov vložky - 2 mm hrúbka, šírka 74 mm,
- Zmena šróbov držiacich vložku - šróby s pologuľatou hlavou a pružná podložka. Navrhovanú zmenu je možné vidieť na Obr. 40.



Obr. 40 Zmena typu použitých šróbov

### 10.1.2 Meranie č.2

Na základe merania č.1 sa uskutočnili zmeny v rozmeroch použitej vložky, taktiež sa zmenil použitý typ šróbov a podložiek. Zmena bola uskutočnená len vo fáze L3.

#### Konfigurácia

- Upravená kovová vložka v monobloku (rozмеры – 2 mm hrúbka, šírka 74 mm),
- Šróby držiace vložku – šróby s pologuľatou hlavou a pružná podložka - Obr. 40,
- V danom meraní skúšaná len fáza L3.

Tabuľka 7 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.2

$U_r$ [kV]	13,8	15	17,5
	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$
	[kV]		
	15,18	16,5	19,25
	$q$ [pC]		
L3	5	400	2000

#### Zhrnutie merania č.2

Po úprave vložky, šróbov a podložiek sa oproti meraniu č.1 hodnoty zdanlivého náboja mierne zlepšili - Tabuľka 7. Pre skúšobné napätie klesla hodnota zdanlivého náboja z 3300 pC na 400 pC. Pri skúšobnom napätí 19,3 kV klesla hodnota zdanlivého náboja z hodnoty 5000 pC na hodnotu 2000 pC. Avšak táto úprava nie je dostačujúca pre napäťovú hladinu 17,5 kV. Je potrebné vykonať ďalšie úpravy.

#### Ďalší postup

- Zmena materiálu vložky na materiál GPO3. Jedná sa o polyesterovú živicu vyrábanú vo forme sklenej matrice. Materiál ma vysokú odolnosť voči plazivým prúdom a stálosť voči erózii. [12]
- Rozmery vložky z GPO3 materiálu - 3 mm hrúbka, šírka 78 mm

### 10.1.3 Meranie č.3

Kovová vložka v monobloku sa vymenila za vložku z materiálu GPO3, ktorej rozmery sú 3 mm hrúbka, šírka 74 mm.

#### Konfigurácia

- Vložka v monobloku z materiálu GPO3 (rozmery – 3 mm hrúbka, šírka 78 mm),
- Šróby držiace vložku – šróby s poglobatou hlavou a pružná podložka - Obr. 40,
- V danom meraní skúšaná len fáza L3.

Tabuľka 8 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.3

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L3</b>	13	5	23	10	75	8	205	140

#### Zhrnutie merania č.3

Po zmene materiálu vložky a použití zmenených šróbov a podložiek sa upravila hodnota čiastkového náboja pri skúšobnom napätí 16,5 kV na hodnotu 8pC - Tabuľka 8. Daná úprava je dostačujúca pre napäťovú hladinu 15 kV.

Pri skúšobnom napätí 19,3 kV klesla hodnota zdanlivého náboja na hodnotu 140 pC - Tabuľka 8. Táto hodnota presahuje dovolený limit 100 pC, je nutné vykonať ďalšie úpravy pre napäťovú hladinu 17,5 kV.

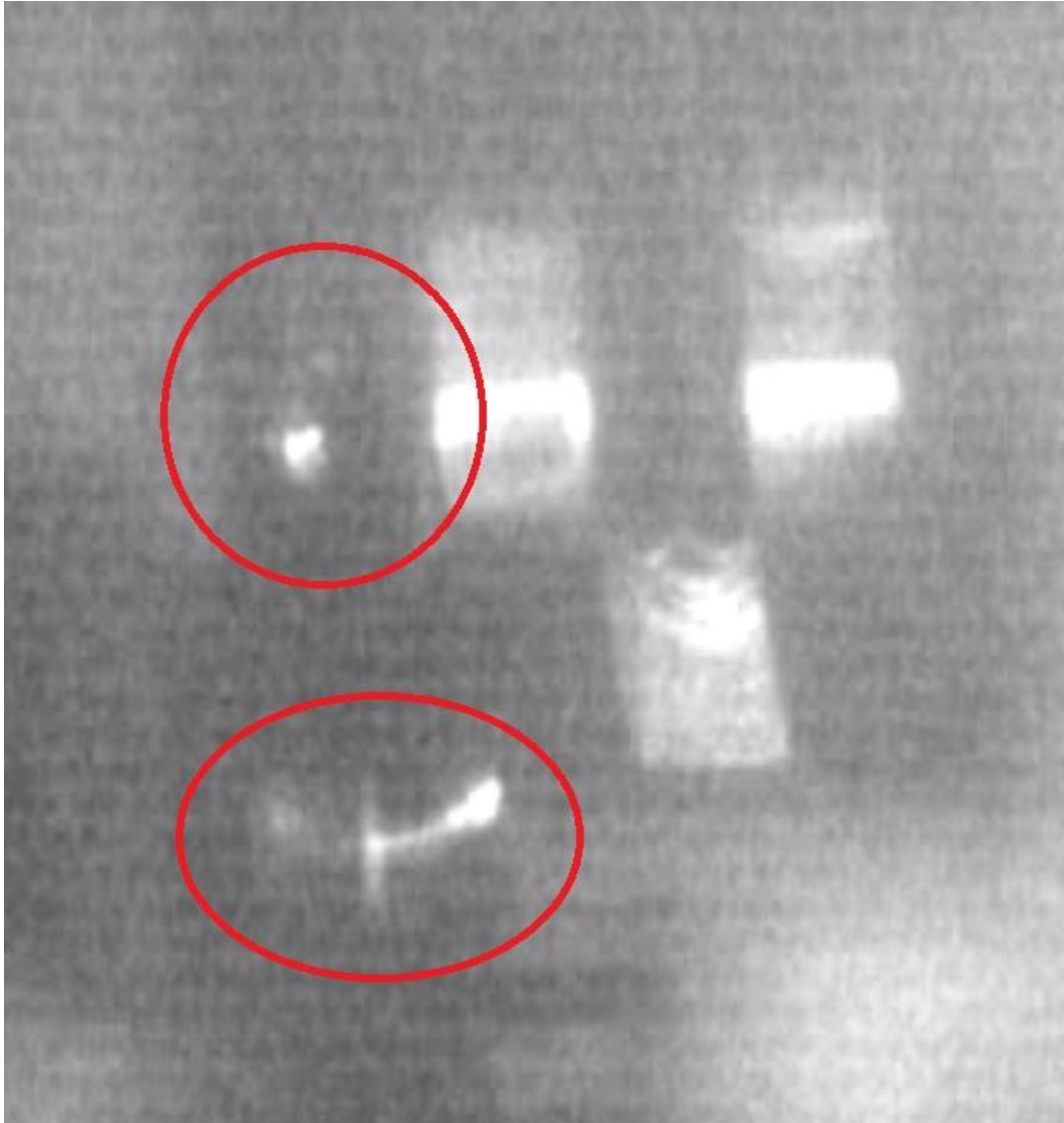
#### Ďalší postup

- Zmena materiálu vložky za sklotextit. Jedna sa o materiál vyrobený z nealkalickej koronizovanej sklenej tkaniny a silikónovej živice. [13]
- Rozmery novej vložky zo sklotextitu sú 15 mm hrúbka, šírka 78 mm. Zväčšenie hrúbky je navrhované z dôvodu zväčšenia vzdialenosti hlavy šróbov od kostry.

#### 10.1.4 Meranie č.4

Vložka z GPO3 materiálu v monobloku bola vymenená za vložku z materiálu sklotextit, ktorej rozmery sú 15 mm hrúbka, šírka 74 mm. V danom meraní bola použitá aj korónová kamera pre potvrdenie alebo vylúčenie iného kritického miesta v rozvádzači ABB UniGear 500R

Korónovou kamerou bola snímaná vrchná časť montáže monobloku. Na Obr. 41 je vidieť, že čiastkové výboje sa aj naďalej vyskytujú v upravovanom mieste, čiže montáži monobloku.



Obr. 41 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov

### Konfigurácia

- Vložka v monobloku z materiálu sklotextit (rozmery – 15 mm hrúbka, šírka 78 mm),
- Šróby držiace vložku – šróby s pologuľatou hlavou a pružná podložka - Obr. 40,
- Skúšaná len fáza L3.

Tabuľka 9 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.4

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L3</b>	2	0,5	4	2	320	3,5	320	390

### Zhrnutie merania č.4

Po vložení vložky zo sklotextitu sa upravila hodnota čiastkového náboja pri skúšobnom napätí 16,5 kV na hodnotu 3,5 pC - Tabuľka 9. Daná úprava je dostačujúca pre napäťovú hladinu 15 kV.

Pri skúšobnom napätí 19,3 kV sa hodnota zdanlivého náboja zvýšila z hodnoty 140 pC na hodnotu 390 pC - Tabuľka 9. Táto hodnota presahuje dovolený limit 100 pC, je nutné vykonať ďalšie úpravy pre napäťovú hladinu 17,5 kV.

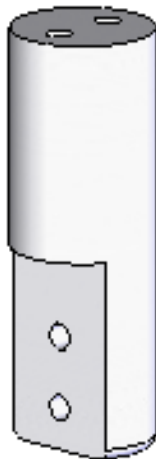
### Ďalší postup

- Úprava kontaktného systému, nakoľko snímky z korónovej kamery potvrdili výskyt čiastkových výbojov v danom mieste.
- Úprava šróbov - šróby naďalej s pologuľatou hlavou, ale bez závitú až k hlave.
- Použitie vložky z GPO3 materiálu z merania č.3.

### 10.1.5 Meranie č.5

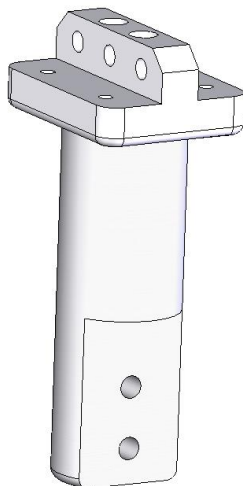
Meranie č.5 sa zaoberá úpravou kontaktného systému. Nakoľko na hranách jednotlivých súčastí v montáži je možný výskyt čiastkových výbojov.

Najprv bola skúšaná len trubka (Obr. 42) v monobloku, zospodu prišróbovaná na vypínač. Pri hodnote skúšobného napätia 19,2 kV a 23 kV sa namerala hodnota zdanlivého náboja 0 pC.



Obr. 42 3D model trubky použitej v kontaktnom systéme

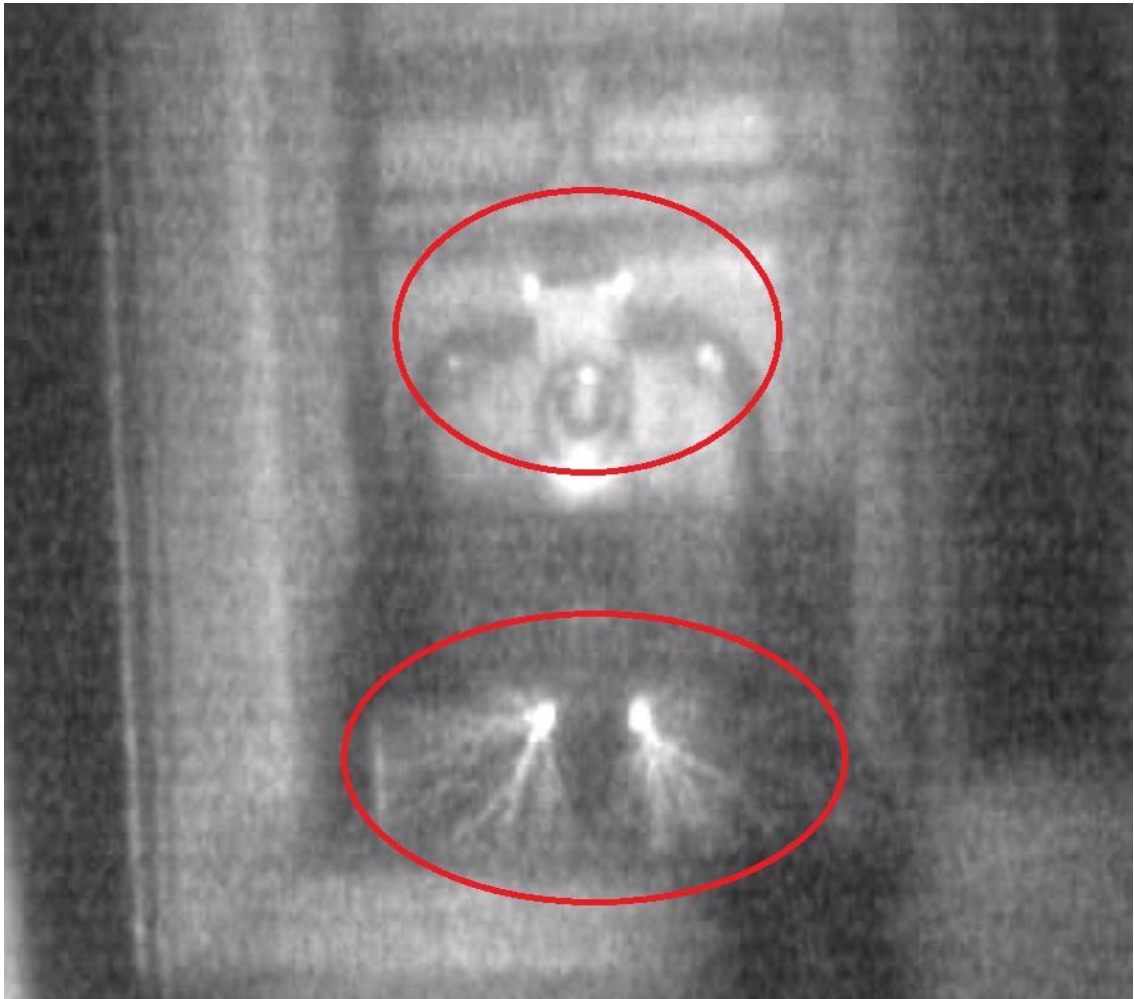
Do monobloku je vložená len spodná časť vypínača, nie sú vložené kontakty. Súčastí kontaktného systému sú zobrazené na Obr. 43.



Obr. 43 3D model kontaktného systému v monobloku

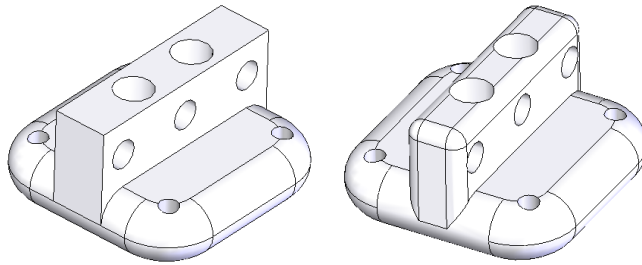
Pri napájaní zospodu bola nameraná hodnota zdanlivého náboja 400pC pri skúšobnom napätí 19,2 kV.

Pomocou korónovej kamery sa určili miesta vzniku čiastkových výbojov. Snímka z korónovej kamery je zobrazená na Obr. 44. Čiastkové výboje vznikajú na ostrých hranách hornej časti kontaktného systému.

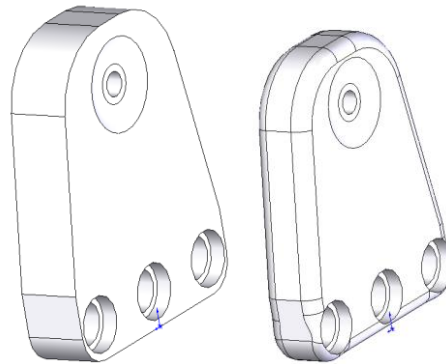


Obr. 44 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov

Horná časť kontaktného systému sa upraví tak aby neobsahovala ostré hrany. Upraví sa taktiež aj susediace časti tak aby neobsahovali ostré hrany. Návrh úprav je uvedený na Obr. 45 a Obr. 46.



*Obr. 45 Návrh úpravy hornej časti kontaktného systému*



*Obr. 46 Návrh úpravy susednej časti kontaktného systému*

### 10.1.6 Meranie č.6

V danom meraní bola v každej fáze prevedená iná úprava, aby bolo možné čo najlepšie vyhodnotiť jednotlivé kombinácie navrhovaných úprav a vďaka tomu použiť efektívnu úpravu.

#### Konfigurácia

- Úprava fáze L1
  - Šróby s pologuľatou hlavou, bez závitú až k hlave,
  - Vložka z materiálu GPO3 s rozmermi sú 3 mm hrúbka, šírka 78 mm,
  - Použitie podložky SCHNORR M8 pod šróbami,
- Fáza L2 bez zmien
- Úprava fáze L3
  - Šróby s pologuľatou hlavou, bez závitú až k hlave,
  - Vložka z materiálu GPO3 s rozmermi sú 3 mm hrúbka, šírka 78 mm,
  - Použitie podložky SCHNORR M8 pod šróbami,
  - Zaoblenie častí zobrazených na Obr. 45 a Obr. 46.

Tabuľka 10 Namerané hodnoty zdanlivého náboja v meraní č.6

$U_r$ [kV]	17,5	
	$1,3 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$
	[kV]	
	22,75	19,25
	$q$ [pC]	
L1	140	65
L2	430	220
L3	800	80

#### Zhrnutie merania č.6

V oboch modifikovaných fázach L1 a L3 došlo po prevedených úpravách k zníženiu hodnoty zdanlivého náboja pod hodnotu 100 pC. Ako je možné vidieť v Tabuľka 10, hodnoty pre fázu L1 potvrdzujú, že zmena zaoblenia kontaktného systému nie je potrebná. Dostačujúcou úpravou je použitie vložky z GPO3 materiálu, použitie nových šróbov s pologuľatou hlavou a so závitom len v mieste zošróbovania do medenej kocky. Ako podložka sa použije pružná podložka SCHNORR M8.

### 10.1.7 Meranie Bureau Veritas

V projekte optimalizácie čiastkových výbojov v rozvádzači ABB UniGear 500R sa po šiestich meraniach podarilo znížiť hodnotu zdanlivého náboja čiastkových výbojov pod hranicu dovoleného limitu 100 pC. Ako potvrdenie prevedených úprav prebehlo meranie za prítomnosti Bureau Veritas. Parametre testovaného poľa sú uvedené v Tabuľka 11.

Tabuľka 11 Parametre testovaného poľa ABB UniGear 500R IEC pri Bureau Veritas

Typ		ABB UniGear 500R IEC
Menovité napätie	[kV]	17,5
Menovitý prúd prípojnic	[A]	2000
Menovitý prúd odbočiek	[A]	2000
Menovitá frekvencia	[Hz]	50
Menovitý krátkodobý výdržný prúd	[kA/s]	31,5/3
Menovitý dynamický prúd	[kA]	80
Maximálna teplota okolitého vzduchu	[°C]	40
Klasifikácia vnútorného oblúku		AFLR
Stupeň ochrany		IP4x
Teplotná trieda izolácie		E

Meranie prebehlo v laboratóriu PPMV Brno firmy ABB, metódou popísanou v kapitole 6. Namerané hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov sú uvedené v Tabuľka 12.

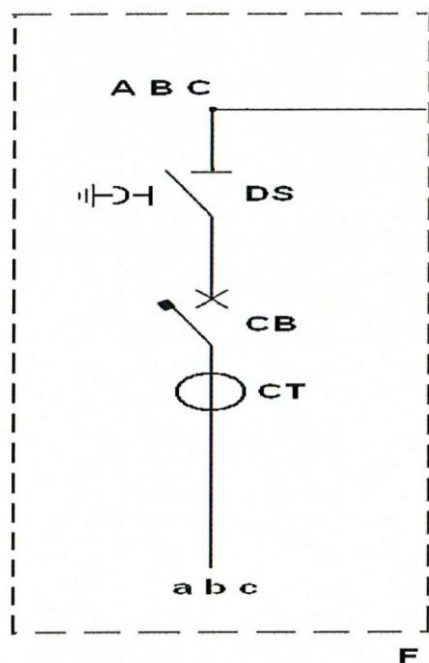
Tabuľka 12 Namerané hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov pri Bureau Veritas

$U_r$ [kV]	12	13,8	15	17,5
	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$
	[kV]			
	13,2	15,18	16,5	19,25
	$q$ [pC]			
L1	5	13	20	28
L2	0,8	0,9	1	47
L3	0,6	2	4	72

Bureau Veritas potvrdilo správnosť prevedených úprav v rozvádzači ABB UniGear 500R na optimalizáciu čiastkových výbojov. Úpravami sa podarilo znížiť hodnotu zdanlivého náboja čiastkových výbojov pod hodnotu 100 pC v rozvádzači ABB UniGear 500R pre napäťovú hladinu 17,5 kV, čo potvrdilo úspešnosť uskutočneného projektu.

## 10.2 Rozvádzač UniGear 550

Optimalizácia čiastkových výbojov pre napäťovú hladinu 17,5 kV je uskutočnená na prívodovom poli rozvádzača ABB UniGear 550. Jednopolová schéma daného poľa je uvedená na Obr. 47.



A – fáza L1

B – fáza L2

C – fáza L3

F – kostra poľa rozvádzača

a – fáza L1 – káblové pripojenie

b – fáza L2 – káblové pripojenie

c – fáza L3 – káblové pripojenie

DS - uzemňovač

CT – meracie transformátory prúdu

CB - vypínač

DS a CB zatvorené počas merania

Obr. 47 Jednopolová schéma poľa rozvádzača ABB UniGear 550

### Spoločná konfigurácia pre všetky merania:

- Upravený vypínač z ABB T&D Divisione SAACE T.M.S., Italy, u ktorého je hodnota čiastkových výbojov cca. 60 – 70 pC pre napäťovú hladinu 17,5 kV,
- Meracie transformátory prúdu - dummy, u ktorých je hodnota čiastkových výbojov 1pC pri  $1,1 \cdot U_n$ .

### Použitie meracie zariadenia:

- Korónová kamera UViRCO CoroCAM III,
- High Voltage Test System WGBS, HIGHVOLT,
- Digitálne meracie zariadenie čiastkových výbojov LDS-6, LEMKE DIAGNOSTICS GmbH,
- Kalibrátor čiastkových výbojov Type 9216,
- Meracie zariadenie teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku, Sensorika HTPN 27/350.

**Neistoty merania výsledkov jednotlivých skúšok**

- Vysokonapäťové testy so striedavým napätím
  - napätie (RMS) -  $\pm 3 \%$ ,
  - časové parametre -  $\pm 3,5 \%$ .
- Meranie čiastkových výbojov
  - do 10 pC -  $\pm 1$  pC,
  - nad 10 pC -  $\pm 10$  pC.
- Atmosférické podmienky
  - teplota -  $\pm 2^\circ\text{C}$ ,
  - tlak -  $\pm 150$  hPa,
  - vlhkosť -  $\pm 10 \%$ .

Atmosférické podmienky v laboratóriu sú udržiavané na konštantných hodnotách počas všetkých meraní, ich hodnoty sú uvedené v Tabuľka 13.

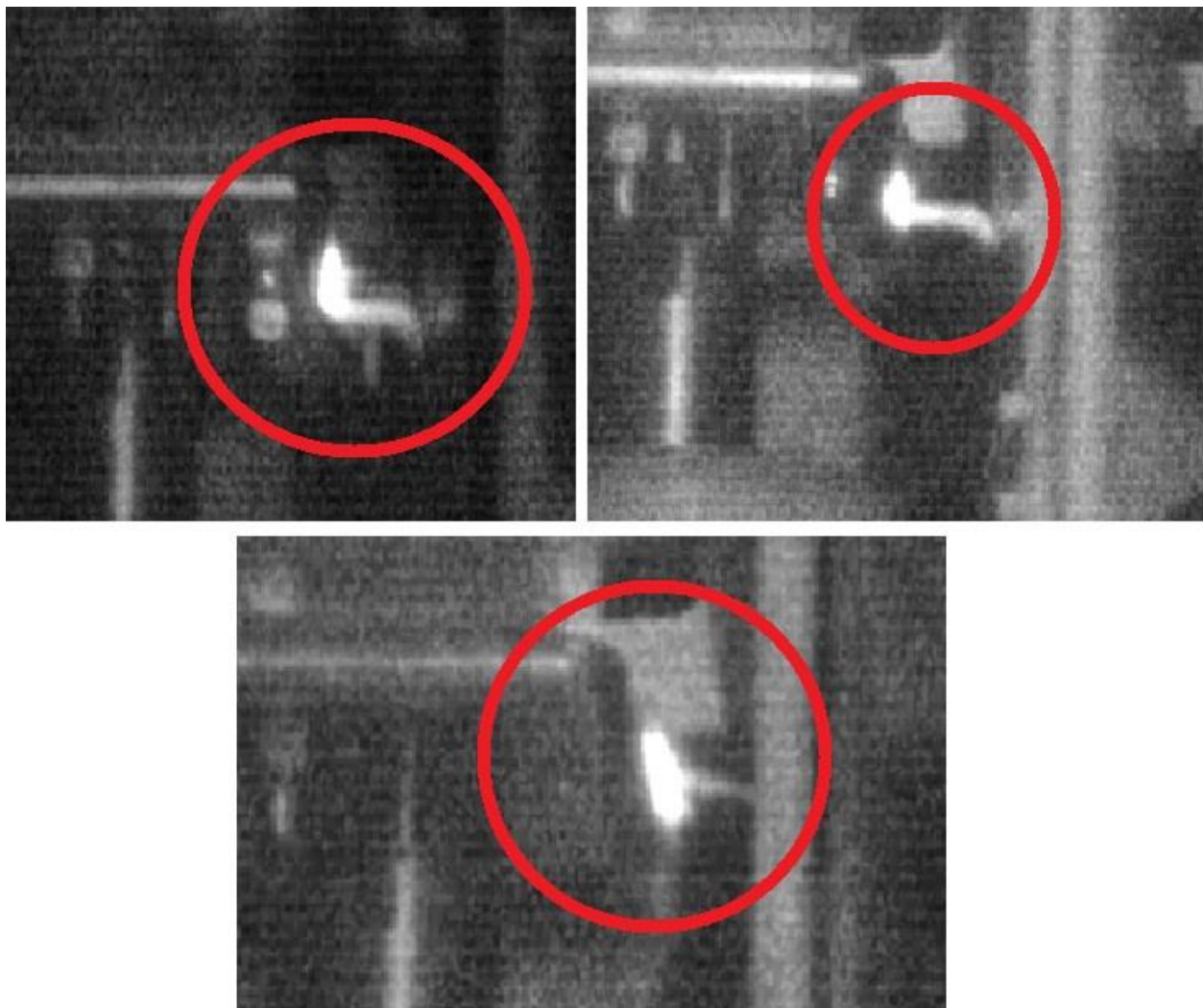
Tabuľka 13 Atmosférické podmienky počas meraní rozvádzača ABB UniGear 550

<b>Teplota</b>	[ $^\circ\text{C}$ ]	21,0
<b>Tlak</b>	[hPa]	1003,0
<b>Vlhkosť vzduchu</b>	[ $\text{g}/\text{m}^3$ ]	22,0

### 10.2.1 Meranie č.1

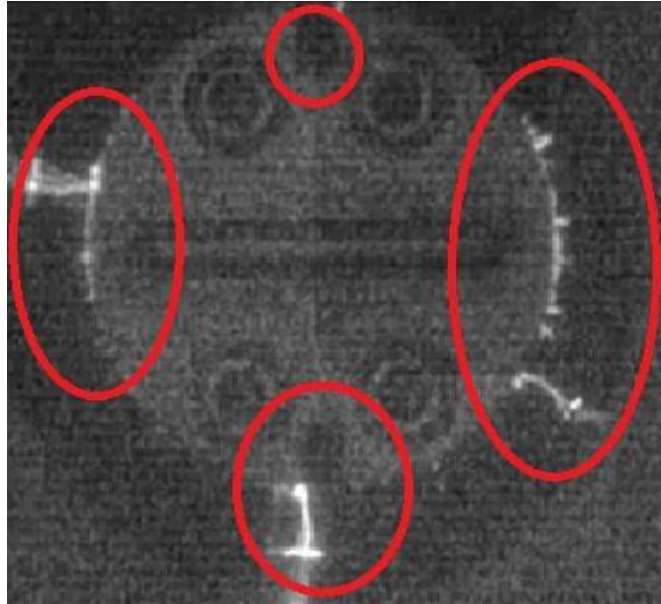
V danom meraní sa pomocou korónovej kamery identifikovali kritické miesta, kde je najväčší výskyt čiastkových výbojov. Pri pozorovaní rozvádzača ABB UniGear 550 korónovou kamerou bol identifikovaný výskyt čiastkových výbojov nielen na skrini rozvádzača ale taktiež aj na vypínači.

Horné držiaky na vypínači boli identifikované ako kritické miesta výskytu čiastkových výbojov na vypínači. Kritické miesta na vypínači sú označené na Obr. 48.



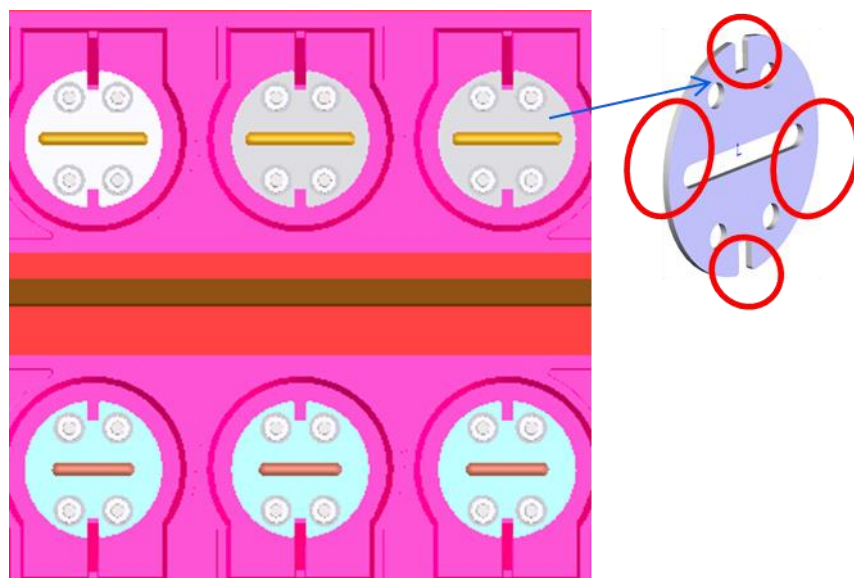
Obr. 48 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov

Miesta s najväčším výskytom čiastkových výbojov na skrini rozvádzača ABB UniGear 550 sú zobrazené na snímku z korónovej kamery, ktoré sú uvedené na Obr. 49. Ako kritické časti boli identifikované vložky v monobloku, držiaky monobloku a bočnica skrine nadväzujúca na monoblok.

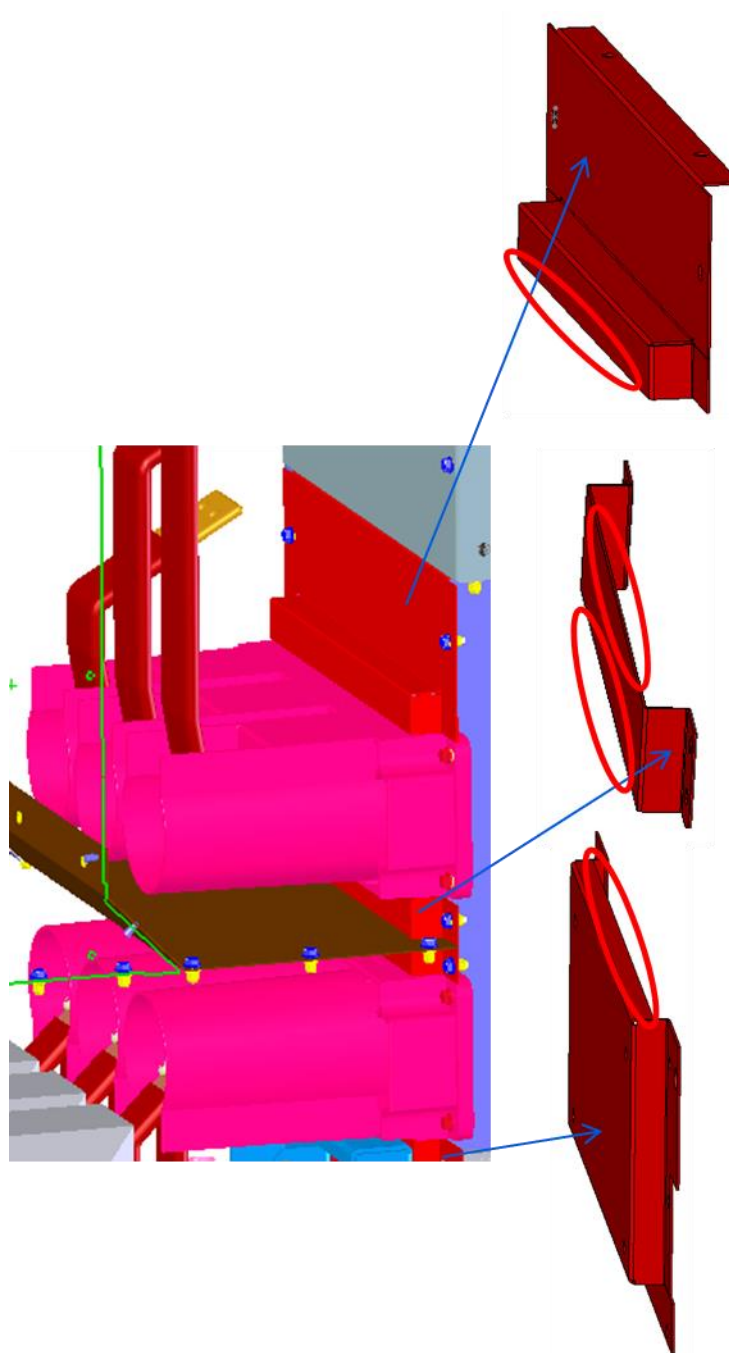


Obr. 49 Snímka z korónovej kamery s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov

Na Obr. 50 a Obr. 51 sú vyznačené miesta výskytu čiastkových výbojov na 3D model rozvádzača, ktoré boli vyhodnotené na základe snímania korónovou kamerou.



Obr. 50 3D model s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov



Obr. 51 3D model s vyznačenými miestami vzniku čiastkových výbojov

Vo všetky troch fázach bola zmeraná hodnota zdanlivého náboja  $q$ , ktorého veľkosť je určujúca pre hodnotenie výskytu čiastkových výbojov.

Merania prebehli v štyroch konfiguráciách:

- napájanie do prípojnic bez vypínača - Tabuľka 14,
- napájanie do prípojnic so zapnutým vypínačom - Tabuľka 15,
- napájanie do káblového priestoru bez vypínača - Tabuľka 16,
- meranie samostatného vypínača - Tabuľka 17.

### Konfigurácia

- Pole rozvádzača ABB UniGear 550 bez úprav.

Tabuľka 14 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri napájaní do prípojnic bez vypínača

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	0,4	0,4	45	0,4	400	8,4	2000	400
<b>L2</b>	0,4	0,4	71	0,4	740	10,2	2400	500
<b>L3</b>	0,4	0,4	69	0,4	720	0,5	3600	700

Tabuľka 15 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri napájaní do prípojnic so zapnutým vypínačom

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	13	0,4	400	12	550	190	4400	500
<b>L2</b>	20	8	530	8	2400	400	5900	1000
<b>L3</b>	10	10	290	20	550	40	5500	420

Tabuľka 16 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri napájaní do káblového priestoru bez vypínača

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
L1	180	0,4	397	45	550	210	2200	500
L2	170	6,3	572	307	800	360	3300	800
L3	59	0,7	310	8,2	450	225	1070	370

Tabuľka 17 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja samotného vypínača

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
L1	4	4	4	4	9	4	42000	116
L2	4	4	4	4	25000	4	60000	22000
L3	4	4	4	4	4	4	46000	4

### Zhrnutie merania č.1

Zo záberov z korónovej kamery boli v danom meraní identifikované kritické miesta vzniku čiastkových výbojov na skrini rozvádzača ABB UniGear 550 a taktiež na vypínači ABB Vmax. Z merania korónovou kamerou je vidieť, že kritické miesta sú vložky v monobloku, držiaky monobloku, bočnica skrine nadväzujúca na monoblok a horný držiak vypínača ABB Vmax.

### Ďalší postup

- Úprava rozmerov vložky v monobloku – z priemeru 100 mm zmenšiť na 86 mm, hrúbka nezmenená a to 3 mm.
- Úprava rozmerov horného a stredného držiaka monobloku – skrátenie o 3 mm v miestach styku s monoblokom.

### 10.2.2 Meranie č.2

Na základe merania č.1 sa uskutočnili zmeny v rozmeroch použitej vložky, taktiež sa zmenili rozmery horného a stredného držiaka monobloku. Zatiaľ neprebehla úprava vypínača Vmax.

Merania prebehli v dvoch konfiguráciách:

- napájanie do prípojnic zasunutý vypínač - Tabuľka 18,
- napájanie do prípojnic so zapnutým vypínačom - Tabuľka 19.

#### Konfigurácia

- Upravená vložka v monobloku (rozmery – 3 mm hrúbka, priemer 86 mm) - Obr. 50,
- Upravený horný a stredný držiak monobloku – skrátenie o 3 mm v miestach styku s monoblokom - Obr. 51,
- Vypínač Vmax bez úprav.

Tabuľka 18 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri zasunutom vypnutom vypínači a napájaní do prípojnic

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	0,4	0,4	5	0,4	25	5	4000	25
<b>L2</b>	0,4	0,4	1	0,4	1800	1	4000	20
<b>L3</b>	26	1	95	22	105	50	3500	116

Tabuľka 19 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja pri zapnutom vypínači a napájaní do prípojnic

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$	1,3. $U_r$	1,1. $U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	4	0,4	10	6	40	3	4500	30
<b>L2</b>	0,5	0,5	40	1	180	12	4200	180
<b>L3</b>	2	0,8	30	0,8	140	12	4900	200

### **Zhrnutie merania č.2**

Po úpravách došlo k čiastočnému zlepšeniu výsledkov. Prevedené úpravy sú dostačujúce pre napäťovú hladinu 15 kV. Pre dosiahnutie akceptovateľných výsledkov pre napäťovú hladinu je potrebné vykonať úpravy na vypínači Vmax a taktiež na skrini rozvádzača ABB UniGear 550.

### **Ďalší postup**

- Úprava rozmerov horného a stredného držiaka monobloku – skrátenie o ďalšie 2 mm v miestach styku s monoblokom (celkovo oproti pôvodným rozmerom skrátenie o 5 mm),
- Úprava bočnice v miestach, ktoré nadväzujú na monoblok – ostré hrany posunúť, čo najďalej od monobloku.

### 10.2.3 Meranie č.3

Dané merania sa zameriava na úpravu vypínača Vmax na optimalizáciu čiastkových výbojov pre napätovú hladinu 17,5 kV. Na základe pozorovania korónovou kamerou v meraní č.1 sa upravili horné držiaky na vypínači.

#### Konfigurácia

- Upravené horné držiaky na vypínači – zmena rozmerov z 80 mm x8 mm na 72 mm x 8 mm - Obr. 52.



Obr. 52 Kritické miesto na hornom držiaku vypínača ABB Vmax

- Pri uchytení držiaka hlavička šróbu zo spodnej strany - Obr. 53,



Obr. 53 Zmena spôsobu uchytenia – hlavička šróbu zo spodnej strany

- Zmena stredných šróbov z M8x35 na M8x30 – zmena dĺžky šróbu z 35 mm na 30 mm – Obr. 54.



Obr. 54 Kritická dĺžka šróbov na uchytení horného držiaka vypínača ABB Vmax

Vypínač po úpravách bol premeraný na hodnotu zdanlivého náboja v dvoch konfiguráciách

- Samotný upravený vypínač - Tabuľka 20,
- Upravený vypínač v rozvádzači pri napájaní do prípojnic - Tabuľka 21.

Tabuľka 20 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja samotného upraveného vypínača

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	7	2	10	5	14	7	26	11
<b>L2</b>	2,6	0,4	7	0,4	10	4	1700	14
<b>L3</b>	1,7	0,4	3	1	3	1,2	220	3

Tabuľka 21 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja upravený vypínač v rozvádzači pri napájaní do prípojnic

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	16	10	22	13	190	34	850	700
<b>L2</b>	460	0,4	724	160	1000	230	16000	2000
<b>L3</b>	2,5	1,1	5,5	1,6	16	2	15500	1700

**Zhrnutie merania č.3**

Úpravami vypínača sa dosiahli akceptovateľne výsledky zdanlivého náboja pre napätovú hladinu 17,5 kV. Po vložení vypínača do upravenej skrine použitej v meraní č.2 došlo k zhoršeniu výsledkov zdanlivého náboja pre napätovú hladinu 17,5 kV. Zhoršenie výsledkov pre napätovú hladinu 17,5 kV spôsobilo pravdepodobne nesprávne uzemnenie skrine rozvádzača.

**Ďalší postup**

- Prevedenie úprav na skrini, ktoré sú popísané v meraní č.2.

### 10.2.4 Meranie č.4

V danom meraní sa použil upravený vypínač na čiastkové výboje s úpravami popísanými v meraní č.3. Na skrini rozvádzača ABB UniGear 550, boli prevedené ďalšie úpravy horného a stredného držiaka monobloku a taktiež úprava bočnice v miestach, ktoré nadväzujú na monoblok.

#### Konfigurácia

- Upravený horný a stredný držiak monobloku – skrátenie o ďalšie 2 mm v miestach styku s monoblokom (celkovo oproti pôvodným rozmerom skrátenie o 5 mm) - Obr. 51,
- Úprava bočnice v miestach, ktoré nadväzujú na monoblok – ostré hrany posunuté o 3 mm od monobloku - Obr. 51.

Tabuľka 22 Tabuľka nameraných hodnôt zdanlivého náboja

$U_r$ [kV]	12		13,8		15		17,5	
	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$	$1,3.U_r$	$1,1.U_r$
	[kV]							
	15,6	13,2	17,94	15,18	19,5	16,5	22,75	19,25
	$q$ [pC]							
<b>L1</b>	70	70	87	85	97	73	2500	95
<b>L2</b>	10	12	75	25	900	15	4200	80
<b>L3</b>	4	4	6	6	6	6	3000	97

#### Zhrnutie merania

Po prevedených úpravách boli dosiahnuté akceptovateľné výsledky pre napäťovú hladinu 17,5 kV - Tabuľka 22. Hodnota zdanlivého náboja je menšia ako dohodnutý limit 100 pC.

K dosiahnutiu hodnôt zdanlivého náboja pod hodnotu 100 pC je potrebná

- Úprava horného a stredného držiaka monobloku – skrátenie o 5 mm v miestach styku s monoblokom oproti pôvodným rozmerom.
- Úprava bočnice v miestach, ktoré nadväzujú na monoblok – ostré hrany posunuté o 3 mm od monobloku.
- Úprava vložky v monobloku (rozмеры – 3 mm hrúbka, priemer 86 mm),
- Úprava horných držiakov na vypínači – zmena rozmerov z 80 mm x 8 mm na 72 mm x 8 mm.

### 10.2.5 Meranie Bureau Veritas

V projekte optimalizácie čiastkových výbojov v rozvádzači ABB UniGear 550 sa po štyroch meraniach podarilo znížiť hodnotu zdanlivého náboja čiastkových výbojov pod hranicu 100 pC. Ako potvrdenie prevedených úprav prebehlo meranie za prítomnosti Bureau Veritas. Parametre testovaného poľa sú uvedené v Tabuľka 23.

Tabuľka 23 Parametre testovaného poľa ABB UniGear 550 pri Bureau Veritas

Typ		ABB UniGear 550
Menovité napätie	[kV]	17,5
Menovitý prúd prípojníc	[A]	1250
Menovitý prúd odbočiek	[A]	1250
Menovitá frekvencia	[Hz]	50
Menovitý krátkodobý výdržný prúd	[kA/s]	32/1
Menovitý dynamický prúd	[kA]	80
Maximálna teplota okolitého vzduchu	[°C]	40
Klasifikácia vnútorného oblúku		AFLR
Stupeň ochrany		IP4x
Teplotná trieda izolácie		E

Meranie prebehlo v laboratóriu PPMV Brno firmy ABB, metódou popísanou v kapitole 6. Namerané hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov sú uvedené v Tabuľka 24.

Tabuľka 24 Namerané hodnoty zdanlivého náboja čiastkových výbojov pri Bureau Veritas

$U_r$ [kV]	12	13,8	15	17,5
	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$	$1,1 \cdot U_r$
	[kV]			
	13,2	15,18	16,5	19,25
	$q$ [pC]			
L1	0,7	1,1	1,3	75
L2	0,5	0,5	0,8	30
L3	0,7	0,7	0,8	95

Bureau Veritas potvrdilo správnosť prevedených úprav v rozvádzači ABB UniGear 550 na optimalizáciu čiastkových výbojov. Úpravami sa podarilo znížiť hodnotu zdanlivého náboja čiastkových výbojov pod hodnotu 100 pC v rozvádzači ABB UniGear 550 pre napäťovú hladinu 17,5 kV, čo potvrdilo úspešnosť uskutočneného projektu.

## 11 ZHODNOTENIE PRÁCE

Diplomová práca sa zaoberala optimalizáciou čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napät'ovú hladinu 17,5 kV. Úlohou práce bolo uskutočniť úpravy optimalizovaných rozvádzačov tak aby hodnota zdanlivého náboja čiastkových výbojov v optimalizovaných rozvádzačoch neprekračovala stanovenú maximálnu hodnotu 100 pC.

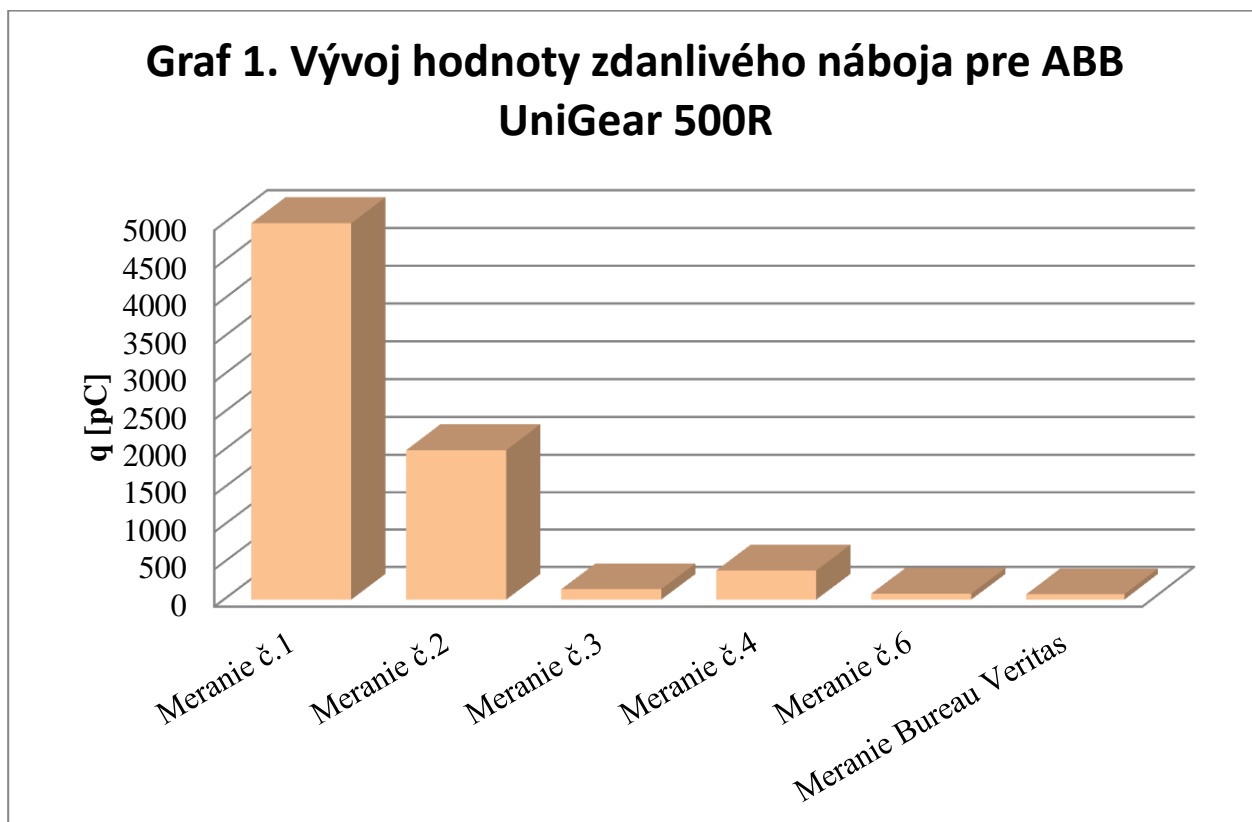
V optimalizovaných rozvádzačoch boli vytypované miesta možného vzniku čiastkových výbojov na základe teoretických znalostí. Následne prebehli meranie pre jednotlivé rozvádzače, kde prebehla kontrola miest výskytu čiastkových výbojov pomocou korónovej kamery a bola meraná hodnota zdanlivého náboja čiastkových výbojov. Jednotlivé merania pre rozvádzač ABB UniGear 500R sú uvedené v kapitole 10.1 a pre rozvádzač ABB UniGear 550 v kapitole 10.2.

Súhrn úprav potrebných k optimalizácii čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napät'ovú hladinu je uvedený v Tabuľka 25.

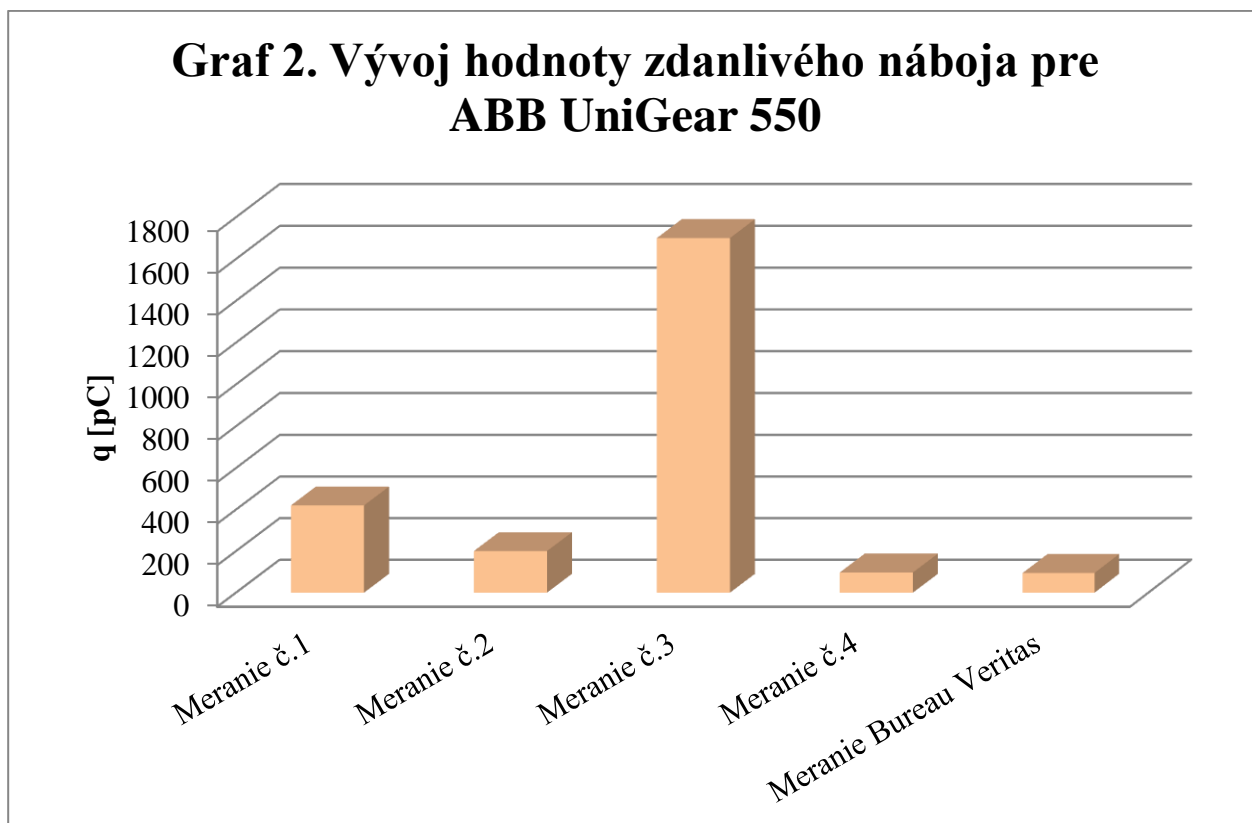
Vývoj priebehu klesania hodnoty zdanlivého náboja v závislosti na prevedených úpravách v jednotlivých meraniach je zobrazený na Obr. 55 a Obr. 56. Dané grafy sú zostrojené na základe hodnôt z kapitoly 10.1 a kapitoly 10.2 pre fázu L3.

Tabuľka 25 Súhrn úprav v optimalizovaných rozvádzačoch

Typ rozvádzača	ABB UniGear 500R	ABB UniGear 550
Prevedené úpravy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zmena vložky v monobloku z kovovej vložky s rozmermi – 2 mm hrúbka, 78 mm šírka na vložku z materiálu GPO3 s rozmermi 3 mm hrúbka, 78 mm šírka,</li> <li>Výmena typu šróbov v montáži monobloku z imbusových šróbov na šróby s pologuľatou hlavou a so závitom len v mieste zošróbovania do medenej kocky.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vložky v monobloku – zmena priemeru z 100 mm na 86 mm, zaoblenie ostrých hrán</li> <li>Držiak monobloku horný – skrátit' o 3 mm zospodu po celej dĺžke,</li> <li>Držiak monobloku stredný – skrátit' o 5 mm zospodu aj zvrchu po celej dĺžke,</li> <li>Bočnica ľavá – skrátit' o 3 mm miesta, kde sa montujú izolačné priechodky,</li> <li>Bočnica pravá – skrátit' o 3 mm miesta, kde sa montujú izolačné priechodky,</li> </ul>



Obr. 55 Graf vývoja hodnoty zdanlivého náboja pre ABB UniGear 500R



Obr. 56 Graf vývoja hodnoty zdanlivého náboja pre ABB UniGear 500R

## 12 ZÁVER

Diplomová práca nadväzuje na bakalársku prácu s názvom „Monitoring čiastkových výbojů a jejich minimalizace v rozváděči UG ZS1“, ktorá obsahuje teoretický základ o čiastkových výbojoch. Daná práca sa zaoberá optimalizáciou čiastkových výbojov vo vzduchu izolovaných rozvádzačoch vysokého napätia firmy ABB a to ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napätovú hladinu 17,5 kV. Obsahuje teoretický popis rozvádzačov firmy ABB, popis meracej metódy používanej v laboratóriu firmy ABB, používané meracie zariadenie pri meraní čiastkových výbojov, popis možných miest vzniku čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 a v závere práce je popísaný projekt optimalizácie čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napätovú hladinu 17,5 kV.

V kapitole 2 je uvedený teoretický popis rozvádzača ABB UniGear 500R, teoretický popis rozvádzača ABB UniGear 550 je uvedený v kapitole 3. Jednotlivé oddiely rozvádzačov sú popísané z pohľadu konštrukcie.

Kapitola 4 obsahuje požiadavky na čiastkové výboje v kovovokrytých, vzduchu izolovaných rozvádzačoch vysokého napätia.

Popis laboratória firmy ABB a používaných meracích zariadení pri meraní čiastkových výbojov je uvedený v kapitole 5. Popis meracej metódy použitej pri meraní čiastkových výbojov v danom projekte je uvedený v kapitole 6.

Kapitola 7 obsahuje popis možných miest vzniku čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550.

V kapitole 8 je uvedený súhrn výsledkov popisu možných miest vzniku čiastkových výbojov a návrhu optimalizácie čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550. Kapitola 9 popisuje používaný vypínač ABB Vmax v optimalizovaných rozvádzačoch.

Proces optimalizácie v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 je uvedený v kapitole 10. V danej kapitole sú popísané jednotlivé merania a prevedené úpravy v chronologickom slede, až kým nebola dosiahnutá optimalizácia čiastkových výbojov pre napätovú hladinu 17,5 kV.

Súhrn výsledkov a uskutočnených úprav na rozvádzačoch je spracovaný v kapitole 11.

V danej práci sa pomocou merania zdanlivého náboja čiastkových výbojov galvanickou metódou a kontrolou výskytu čiastkových výbojov korónovou kamerou uskutočnila úprava kritických častí v rozvádzačoch vysokého napätia firmy ABB. Táto úprava viedla k minimalizácii výskytu čiastkových výbojov v rozvádzačoch ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 pre napätovú hladinu 17,5 kV, čo vedie k predĺženiu životnosti daných zariadení.

Výsledkom diplomovej práce je optimalizácia čiastkových výbojov v rozvádzačoch vysokého napätia ABB UniGear 500R a ABB UniGear 550 na napätovú hladinu 17,5 kV.

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] ABB, *UniGear 500R 12 kV, arc-proof, air insulated switchgear for green applications*. ABB, Brno 2011, 48 strán, 1VCP000285
- [2] ABB, *UniGear 500R Installation, operation and maintance instruction manual*. ABB, Brno 2010, 68 strán, Rev.C – 1VCD600768
- [3] ABB, *UniGear 550 12 – 17.5 kV, arc-proof, air insulated switchgear for power applications*. ABB, Brno 2011, 48 strán, 1VCP000327
- [4] ABB, *UniGear 550 Medium voltage, arc-proof, air-insulated, Metal-clad switchgear 12kV, 630...2000A, 31.5kA*. ABB, Brno 2009, 44 strán, Rev.A – 1VXA000051
- [5] ABB, *Vmax Installation and service instructions 12 ... 17.5 kV – 630 ... 1250 A – 16 ... 31.5 kA*. ABB, Brno 2011, 44 strán, Rev.L – 1VCD600189
- [6] ČSN EN 62271-200:2004 *Vysokonapěťová spínací a řídicí zařízení - Část 200: Kovově kryté rozváděče na střídavý proud pro jmenovitá napětí nad 1 kV do 52 kV včetně*
- [7] ČSN EN 60270:2001 *Technika zkoušek vysokým napětím – Měření částečných výbojů*.
- [8] ABB, *Technical laboratory*. ABB, 4 strany, 1VLG 000002 en 2009.07.24.
- [9] LEMKE DIAGNOSTICS GmbH, *Příručka uživatele – systém pro měření částečných výbojů LDS-6*, Volkersdorf 1/1999, 88 strán.
- [10] UVIRCO TECHNOLOGIES, *CoroCAM III*. UVIRCO TECHNOLOGIES, Pretoria 2012, 2 strany. Dostupný z WWW:  
< [http://www.uvirco.com/cciii/CoroCAM\\_III\\_brochure.pdf](http://www.uvirco.com/cciii/CoroCAM_III_brochure.pdf) >
- [11] BAJÁNEK, T. *Monitoring částečných výbojů a jejich minimalizace v rozváděči UG ZS1*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 55 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ilona Lázníčková, Ph.D.
- [12] GPO3 [on line]. 2013, poslední změna 23.3.2013 [cit. 2013-03-23].  
[http://www.dlx.sk/dosky\\_09.php](http://www.dlx.sk/dosky_09.php)
- [13] Sklotextit [on line]. 2013, poslední změna 23.3.2013 [cit. 2013-03-23].  
<http://www.swt.sk/katalog/plasty/dosky/sklotextit.html>