

| | |
|---|----|
| PŘEDMLUVA | 11 |
| 1. ZÁKLADNÍ POJMY ELEKTRICKÉ PEVNOSTI | 13 |
| 2. ELEKTRICKÉ POLE | 16 |
| 2.1. Nejdůležitější tvary elektrického pole v technice vysokých napětí | 16 |
| 2.1.1. Základní pojmy | 16 |
| 2.1.2. Příklady elektrostatických polí | 18 |
| a) Soustředné koule | 18 |
| b) Dvě stejně velké koule vedle sebe | 19 |
| c) Dvě sousedé válcové elektrody | 22 |
| d) Dielektrikum mezi sousými válcovými elektrodami, složené z několika izolantů ve tvaru sousých vrstev | 24 |
| e) Dvě nesousedé rovnoběžné válcové elektrody | 25 |
| f) Dva nesousedé válce, které se obklopují | 29 |
| g) Rovnoběžné hranoly a hrany | 30 |
| 2.1.3. Laplaceova potenciální rovnice a konformní zobrazení | 30 |
| 2.1.4. Okrajové elektrostatické pole deskového kondenzátoru | 36 |
| 2.1.5. Řešení prostorového elektrostatického pole s použitím transformace souřadnic | 39 |
| a) Výpočet $\text{grad } V$ | 41 |
| b) Výpočet ΔV | 42 |
| c) Příklad | 43 |
| 2.1.6. Metoda simulujících nábojů | 45 |
| 2.1.7. Skutečné dielektrikum v pomalu proměnném elektrickém poli | 46 |
| 2.1.8. Energie a síly elektrostatického pole | 47 |
| 2.1.9. Grafická metoda pro vyšetření tvaru elektrostatického pole | 48 |
| a) Rovinné elektrostatické pole | 48 |
| b) Rotační elektrostatické pole | 50 |
| 2.1.10. Metoda potenciálové sítě | 51 |
| 2.2. Experimentální vyšetřování elektrického pole | 55 |
| 2.2.1. Přehled experimentálních metod | 55 |
| 2.2.2. Měřicí metody, u nichž se vkládá do elektrického pole zkušební tělísko | 55 |
| a) Toeplerova stéblová metoda | 55 |
| b) Proměřování elektrického pole doutnavkou | 56 |
| 2.2.3. Kapacitní sonda | 57 |
| 2.2.4. Měřicí metody, které napodobují elektrické pole v jiném prostředí nebo pomocí jiného uspořádání | 59 |
| a) Metoda elektrolytické vany | 59 |
| b) Metoda odporové sítě | 63 |
| c) Metoda pružné membrány | 65 |
| d) Metoda, u níž je průběh silových čar viditelný podle částic suspendovaných v kapalných izolantech | 65 |

| | | |
|---------|---|-----------|
| 2.3. | Složená dielektrika | 65 |
| 2.3.1. | Vrstvená dielektrika při stejnosměrném a střídavém napětí | 65 |
| 2.3.2. | Libovolně složená bezztrátová dielektrika | 69 |
| 3. | RÁZOVÉ ELEKTRICKÉ NAMÁHÁNÍ | 72 |
| 3.1. | Rázové a spínací vlny, rázová charakteristika a některé charakteristické hodnoty | 72 |
| 4. | VÝBOJE V PLYNECH, ZEJMÉNA VE VZDUCHU | 76 |
| 4.1. | Nosiče náboje | 76 |
| 4.2. | Složení vzduchu | 78 |
| 4.3. | Nesamostatný výboj | 78 |
| 4.3.1. | Pohyblivost iontů a elektronů | 78 |
| 4.3.2. | Townsendovy výboje | 81 |
| 4.3.3. | Nárazová ionizace elektrony v elektrickém poli | 82 |
| 4.4. | Podmínka samostatného výboje | 85 |
| 4.4.1. | Přeskokové napětí v homogenním elektrickém poli. Paschenův zákon | 87 |
| 4.4.2. | Přeskokové napětí v elektrickém poli, které se málo liší od homogenního | 91 |
| 4.5. | Dielektrické vlastnosti jiných plynů než vzduchu | 93 |
| 4.6. | Striméry a lídery | 94 |
| 4.6.1. | Kvalitativní výklad kanálového výboje v homogenním poli | 96 |
| 4.6.2. | Vznik kanálu jiskry ve značně nehomogenním poli ve vzduchu při větších vzdálenostech elektrod | 97 |
| 4.7. | Koróna | 98 |
| 4.7.1. | Všeobecné úvahy | 98 |
| 4.7.2. | Koróna v technice vysokých napětí | 99 |
| 4.7.3. | Počáteční napětí koróny u elektrod některých důležitých tvarů | 102 |
| | a) Rovnoběžné dráty (venkovní vedení), drát a deska | 102 |
| | b) Drát ve válci | 104 |
| | c) Dvě rovnoběžné hrany | 104 |
| | d) Dva hroty | 106 |
| | e) Dvě koule | 106 |
| | f) Desky na okrajích zaoblené a bez prachu | 107 |
| 4.7.4. | Proud koróny při stejnosměrném napětí mezi sousými válcovými elektrodami | 107 |
| 4.7.5. | Ztráty korónou na venkovních vedeních | 109 |
| 4.7.6. | Ultrakoróna | 110 |
| 4.8. | Trsový výboj a sršení | 111 |
| 4.9. | Jiskrový výboj | 111 |
| 4.9.1. | Minimum přeskokového napětí | 114 |
| 4.9.2. | Konvenční a součtová závislost pravděpodobnosti přeskoků | 114 |
| 4.9.3. | Zrod přeskoků na jiskřišti tyč – deska | 118 |
| 4.9.4. | Weibullovo rozložení | 119 |
| 4.9.5. | Vliv atmosférických podmínek a jiných okolností na přeskokové napětí | 122 |
| 4.10. | Směrnice pro vzdálenosti ve vzduchu v praxi | 125 |
| 4.11. | Vysokotlaký oblouk | 127 |
| 4.11.1. | Chování oblouku střídavého proudu při průchodu proudu nulou | 132 |
| | a) Dlouhý oblouk | 132 |
| | b) Krátký oblouk | 133 |
| 4.11.2. | Vlastnosti volně hořícího oblouku ve vzduchu a jeho samovolné zhašení při střídavém proudu | 135 |
| 4.11.3. | Vznik a zhašení oblouku ve vypínačích | 136 |
| 4.12. | Elektrické vlastnosti extrémního vakua | 137 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.12.1. | Mikroskopické výboje | 137 |
| 4.12.2. | Průraz | 138 |
| | a) Vliv vzdálenosti elektrod | 138 |
| | b) Vliv elektrod | 139 |
| | c) Vliv stupně vakua | 139 |
| | d) Doba výstavby průrazu | 139 |
| | e) Regenerace elektrické pevnosti po průrazu | 139 |
| 4.12.3. | Hypotézy | 140 |
| 5. | DIELEKTRICKÉ VLASTNOSTI PEVNÝCH IZOLANTŮ | 141 |
| 5.1. | Dielektrické ztráty a ztrátový činitel | 141 |
| 5.2. | Dynamické vlastnosti dielektrika | 143 |
| 5.2.1. | Pojem dipólový moment. Rozdělení dielektrik. | 143 |
| 5.2.2. | Účinek proměnlivého elektrického pole na dielektrikum | 144 |
| 5.2.3. | Debyeova teorie dipólových látek | 147 |
| 5.2.4. | Maxwellova – Wagnerova teorie absorpčních jevů v dielektriku | 149 |
| 5.2.5. | Měrné dielektrické ztráty | 154 |
| 5.3. | Čistě elektrický průraz pevných izolantů | 155 |
| 5.4. | Průraz způsobený výboji v dutinách dielektrika | 157 |
| 5.4.1. | Mechanismus výbojů | 157 |
| 5.4.2. | Vliv částečných výbojů v dutinách dielektrika na elektrickou pevnost | 163 |
| 5.4.3. | Měření částečných výbojů v dutinách pevného dielektrika při střídavém napětí | 163 |
| 5.5. | Tepelný průraz | 166 |
| 5.5.1. | Válcová stěna s konstantním elektrickým namáháním | 167 |
| 5.5.2. | Deska mezi elektrodami | 173 |
| 5.5.3. | Válcová stěna mezi sousými elektrodami | 176 |
| 5.6. | Tepelný průraz v praxi | 177 |
| 5.7. | Dimenzování pevných izolantů na průraz | 179 |
| 6. | ELEKTRICKÁ PEVNOST KAPALNÝCH IZOLANTŮ | 181 |
| 6.1. | Elektrická pevnost minerálních olejů | 181 |
| 6.2. | Elektrody obalené pevným izolantem a mezistěny v oleji | 183 |
| 6.3. | Stárnutí izolace z papíru impregnovaného olejem | 183 |
| 7. | VÝBOJE VE VZDUCHU A V OLEJI PODÉL POVRCHU PEVNÉHO IZOLANTU | 185 |
| 7.1. | Rozhraní vzduchu a izolantu je podél silových čar | 185 |
| 7.2. | Rozhraní vzduchu a izolantu je kolmé k silovým čarám | 186 |
| 7.3. | Silové čáry vstupují do rozhraní vzduchu a izolantu šikmo | 186 |
| 7.3.1. | Počáteční napětí koróny | 188 |
| 7.3.2. | Počáteční napětí klouzavých stvolů | 190 |
| 7.4. | Vliv atmosférických podmínek na výboje po povrchu pevných izolantů ve vzduchu | 191 |
| 7.5. | Ochrana proti klouzavým výbojům u točivých elektrických strojů vn | 192 |
| 7.6. | Prěskok a klouzavé výboje na pevných izolantech v oleji | 200 |
| 8. | PŘEPĚTÍ A KOORDINACE IZOLACE | 203 |
| 8.1. | Dočasná přepětí | 203 |
| 8.2. | Spínací přepětí | 204 |
| 8.2.1. | Přepětí při zemních spojeních v trojfázových soustavách | 204 |
| 8.2.2. | Přepětí při vypínání zkratů | 204 |
| 8.2.3. | Přepětí při vypínání malých indukčních proudů | 206 |
| 8.2.4. | Přepětí při vypínání kapacitních proudů | 206 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 8.2.5. | Přepětí při zapínání nebo opětném zapínání nezatížených vedení | 207 |
| 8.3. | Atmosférická přepětí | 207 |
| 8.3.1. | Ochrana stanic před atmosférickým přepětím | 209 |
| 8.4. | Koordinace izolace v elektrických sítích se jmenovitým napětím od 1 kV výše | 210 |
| 8.4.1. | Zásady koordinace izolace | 210 |
| 8.4.2. | Koordinace izolace pro střídavé provozní napětí a pro dočasná přepětí | 212 |
| 8.4.3. | Koordinace izolace pro spínací a atmosférická přepětí | 212 |
| 8.4.4. | Ochrana před přepětím | 213 |
| 8.4.5. | Určení izolačních hladin | 213 |
| 8.4.6. | Statistická a deterministická metoda pro koordinaci izolace | 216 |
| 9. | IZOLÁTORY PRO VYSOKÉ A VELMI VYSOKÉ NAPĚTÍ | 217 |
| 9.1. | Keramické izolátory | 217 |
| 9.2. | Porcelánové izolátory pro venkovní vedení vn a vvn | 218 |
| 9.3. | Izolátorový řetězec | 219 |
| 9.3.1. | Znečištěné izolátory | 223 |
| 9.4. | Staniční podpěrky | 224 |
| 9.5. | Průchodky | 227 |
| 9.5.1. | Porcelánové průchodky | 228 |
| 9.5.2. | Všeobecné údaje pro dimenzování průchodek, které nemají vložky pro řízení elektrického pole | 229 |
| 9.5.3. | Kondenzátorové průchodky | 231 |
| 9.5.4. | Výpočet kondenzátorové průchodky z tvrzeného papíru | 232 |
| 10. | SILOVÉ KABELY vn A vvn | 240 |
| 10.1. | Všeobecné údaje | 240 |
| 10.2. | Ztráty a oteplení v kabelech | 242 |
| 10.3. | Elektrická pevnost kabelové izolace | 243 |
| 10.4. | Kabely pro velmi vysoké napětí | 244 |
| 11. | ELEKTRICKÉ RÁZOVÉ JEVY VE VINUTÍCH TRANSFORMÁTORŮ A TOČÍ- VÝCH STROJŮ | 248 |
| 11.1. | Rázové jevy v jednopohové cívice | 248 |
| 11.2. | Elektrické namáhání izolace vinutí transformátorů vn a vvn | 257 |
| 11.3. | Izolace vinutí transformátorů vn a vvn | 258 |
| 11.4. | Modelování rázových jevů v transformátorech | 260 |
| 11.4.1. | Modelová teorie rázových jevů | 260 |
| 11.4.2. | Elektromagnetický (kombinovaný) model | 262 |
| 11.5. | Rázové jevy ve vinutí točivých strojů | 264 |
| 12. | SVODIČE PŘEPĚTÍ | 265 |
| 12.1. | Ventilovébleskojistky | 265 |
| 12.1.1. | Popis a funkcebleskojistky | 265 |
| 12.1.2. | Směrnice pro volbu jmenovitého napětíbleskojistky | 268 |
| 12.1.3. | Ochranné působení ventilovébleskojistky | 268 |
| 12.2. | Vyfukovacíbleskojistky (Torokovy trubice) a ochranná jiskřiště | 271 |
| 13. | MĚŘENÍ VYSOKÝCH A VELMI VYSOKÝCH NAPĚTÍ | 272 |
| 13.1. | Měření střídavých napětí (ustálených hodnot) | 272 |
| 13.2. | Měření rázových napětí | 274 |

| | |
|---|------------|
| 13.2.1. Děliče napětí | 274 |
| a) Obecné úvahy | 274 |
| b) Dělič napětí se zpoždovacím kabelem | 275 |
| c) Náhradní schéma děliče napětí a jeho přívodu k objektu | 278 |
| 13.2.2. Klydonografy | 281 |
| 13.2.3. Magnetické tyčinky | 281 |
| 14. ZÁKLADNÍ ZAŘÍZENÍ LABORATORÍ VELMI VYSOKÝCH NAPĚTÍ | 283 |
| 14.1. Všeobecné úvahy | 283 |
| 14.2. Rázové generátory napětí | 283 |
| 14.2.1. Základní zapojení | 283 |
| 14.2.2. Nabíjení rázového generátoru napětí | 286 |
| 14.2.3. Vybíjení rázového generátoru napětí | 287 |
| 14.2.4. Určení tvaru vlny napětí vyráběné rázovým generátorem | 291 |
| 14.2.5. Určení konstant rázového generátoru pro danou vlnu napětí | 291 |
| 14.2.6. Vliv indukčnosti na funkci několikastupňového rázového generátoru | 292 |
| 14.2.7. Požadavky na rázové generátory | 294 |
| 14.2.8. Generátor opakovaných rázů | 295 |
| 14.3. Kaskáda transformátorů pro zkušební spinací napětí | 295 |
| LITERATURA | 296 |
| REJSTŘÍK | 299 |