

Iraida Kolcunová, Pavol Duda

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

Meranie výbojovej činnosti vo vzduchu pomocou UV kamery

Abstrakt. Jednou z nedeštruktívnych diagnostických metód merania častkových výbojov je meranie pomocou UV kamery. Kamera Daycor Classic je detekčný prístroj, pomocou ktorého vieme pozorovať výbojovú UV aktivitu za denného svetla. Táto kamera zachytáva výbojovú aktivitu v UV spektre od 240nm do 280nm. Tento článok sa zameriava na kvalitatívne a kvantitatívne vyhodnotenie korónových výbojov pomocou UV kamery

Abstract. One of the non-destructive diagnostic methods of measuring partial discharge is measurement by using a UV camera. Camera DayCor Classic is equipment for detection of the discharge activity in UV spectrum. With UV camera we can observe this activity in daylight. This camera captures activity of the discharge in the UV spectrum from 240nm to 280nm. This article focuses on the qualitative and quantitative evaluation of the corona using a UV camera. (**Measurement of discharge activity in the air using by UV camera**)

Kľúčové slová: korónový výboj, UV kamera, polaritný efekt, negatívna diferenciálna vodivosť.

Keywords: corona, UV camera, effect of polarity, negative differential conductivity.

Úvod

Počas prevádzky elektroenergetických zariadení dochádza k rôznym poruchám. Jedným z hlavných zdrojov týchto porúch sú častkové výboje. Tieto výboje vplývajú negatívne na prevádzku elektroenergetických zariadení a tým pádom znižujú spoľahlivosť dodávky elektrickej energie. Preto výskyt častkových výbojov je za normálnej prevádzky neprípustný. Koróna je častkový výboj, ktorý sa najčastejšie objavuje na vonkajších vedeniach. Na to, aby sme vedeli včas zareagovať na prítomnosť výbojovej činnosti, musíme vedieť lokalizovať miesto vzniku častkových výbojov. Na detekciu korónových výbojov slúžia UV kamery, ktoré dokážu pracovať za denného svetla. Tieto kamery zaznamenávajú výbojovú aktivitu v ultrafialovom spektre elektromagnetického žiarenia.

Korónový výboj

Je to neúplný (častkový) samostatný výboj, ktorý vzniká v silne nehomogénnych elektrických poliach v okolí elektród, ktoré majú malý polomer zakrivenia. Korónový výboj je sprevádzaný akustickou emisiou ako je šum, praskot a slabým svetielkovaním v okolí hrotovej elektródy resp. vodiča[1][1].

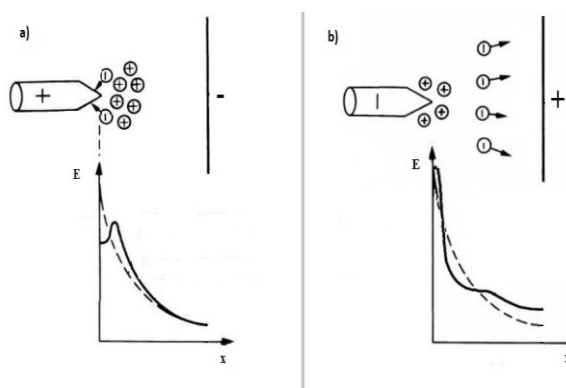
Koróna predstavuje prúd elektricky nabitých častíc. Ak sa tento prúd vynásobí príslušnou hodnotou napätia, získavame činné straty, ktoré sa rozptýlia do okolia. Aj keď okamžitá hodnota strát korónou je veľmi malá, za určitú dobu sú tieto straty značné a nemôžeme ich zanedbať[1].

Spektrálne rozloženie koróny je od 230nm do 405nm a denné svetlo, ktoré vnímame má spektrum od 400nm do 700nm, čo má negatívny vplyv na vyhodnotenie výbojovej činnosti za denného svetla. Túto nevýhodu odstraňujú UV Daycor kamery[1].

Polaritný efekt

V silne nehomogénnych poliach sa pri napájaní jednosmerným napätím prejaví od značnej miery polaritný efekt. Tento jav sa prejaví odlišnou hodnotou kritického a preskokového napätia v závislosti od polarít priloženého napätia.

Polaritný efekt je spôsobený rôznou pohyblivosťou elektrónov a kladných iónov [1],[3].



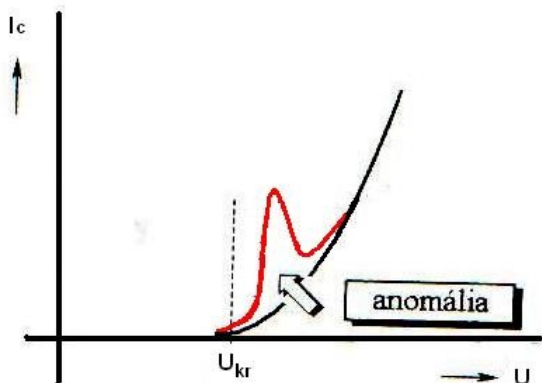
Obr. 1 Deformácia elektrického poľa pri kladnej a zápornej polarite hrotovej elektródy[3].

Na obrázku 1a. je znázornená deformácia elektrického poľa pri kladnej polarite hrotu a na obrázku 1b. je deformácia poľa pri zápornej polarite hrotu. Pri kladnej polarite hrotu kladné ióny znižujú intenzitu elektrického poľa a pri zápornej polarite ju naopak zvyšujú. Z uvedenej skutočnosti vyplýva, že kritické napätie vzniku koróny bude nižšie pri zápornej polarite hrotu. Priestorový náboj pri kladnom hrote spôsobí akoby predĺženie hrotu, čím sa zmenší vzdialenosť medzi elektródami a zlepšia sa podmienky k preskoku. Pri zápornom hrote elektróny smerujú k doskovej elektróde z miest s vyššou koncentráciou do miest s nižšou koncentráciou (difúzia), čím sa pole homogenizuje a podmienky pre preskok sa zhoršujú. Z toho vyplýva, že hodnota preskokového napätia pri kladnej polarite hrotu bude nižšia ako pri zápornej polarite hrotu[1],[2],[4],[6].

Negatívna diferenciálna vodivosť

Je to anomálny jav, ktorý sa prejavuje pri kladnom jednosmernom napätí vo vzduchu pri normálnych

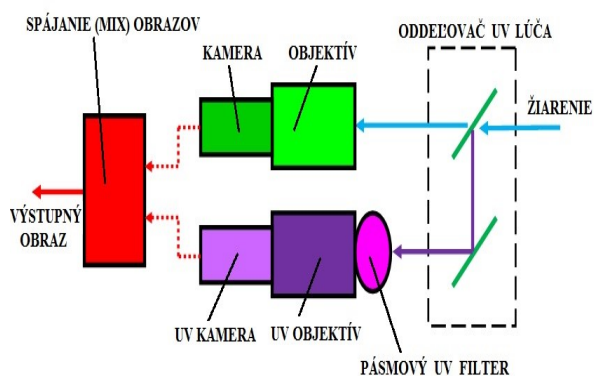
atmosférických podmienkach. Táto anomália je charakteristická tým, že od určitého bodu so zvyšovaním napätia klesá korónový prúd, teda výbojová aktivita v medzelektrodovom priestore slabne ako ukazuje obrázok 2. Tento jav je spôsobený záporným priestorovým nábojom (záporné ióny), ktorý sa nahromadí v určitej vzdialenosti od elektródy a chová sa ako bariéra. Po prekonaní tejto bariéry sa výbojová činnosť opäť s nárastom napätia zvyšuje [6].



Obr. 2 Negatívna diferenciálna vodivosť[8].

UV kamera DayCor Classic

Je to UV kamera, ktorá dokáže pracovať za denného svetla. Tento prístroj je navrhnutý na detekciu UV žiarenia v rozsahu od 240nm do 280nm. Je to bi-spektrálne zariadenie, to znamená, že pracuje s dvomi spektrami, pričom jedno spektrum je klasické, ktoré môžeme pozorovať voľným okom a druhé spektrum je už spomínané UV v rozsahu od 240nm do 280nm. Bi – spektrálny systém zohráva veľmi dôležitú úlohu, pretože ak by ten systém nebol, tak by sa síce dalo zaznamenať UV signál, ale nebolo by možné lokalizovať presné miesto poruchy. Princiálny obrázok bi – spektrálneho spracovania obrazu v Daycor kamere je na obrázku 3[7].



Obr. 3 Princíp spracovania obrazu v UV kamere DayCor Classic

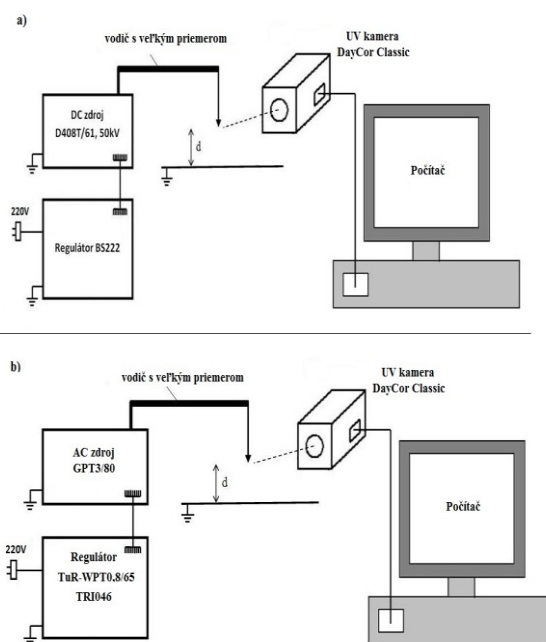
Zostavenie experimentálneho pracoviska

Meranie sa uskutočňovalo na elektródovom systéme hrot - doska pri konštantnej vzdialenosti medzi elektródami $d=4\text{cm}$. Na hrotovú elektródu bolo privedené vysoké napätie a dosková elektróda

bola uzemnená. Zdroj vysokého napätia bol prepojený s regulátorom, ktorým sa menila požadovaná hodnota napätia na zdroji.

Na sledovanie výbojovej aktivity sa použila UV kamera. Daycor kamera sa prepojila s počítačom, pomocou ktorého sa robili videozáznamy. Tieto záznamy sa ukládali vo formáte mpg s frekvenciou 29 snímkou za sekundu a s rozlíšením 720 x480.

Na obrázku 4a. je znázornená schéma zapojenia pri meraní korónových výbojov pri jednosmernom napätí a na obrázku 4b. pri striedavom napätí.



Obr. 4 Schéma zapojenia merania výbojovej činnosti vo vzduchu[9].

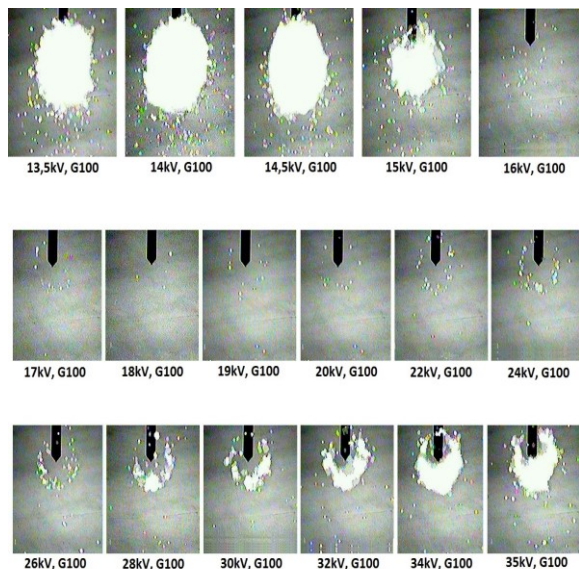
Na vytvorenie silne nehomogénneho elektrického poľa bola použitá ostrá medená elektróda s priemerom 5mm. Hrot bol 4 cm vzdialený od dosky. Na jednosmernom zdroji a na regulátore sa nastavila kladná polarita hrotu. Postupne sa zvyšovalo napätie až do kritickej hodnoty napätia, pri ktorom sa UV kamerou zaznamenal vznik výbojovej činnosti. Od tohto bodu sa začal robiť videozáznam pomocou UV kamery a programu honestech VHS to DVD. Napätie sa regulátorom zvyšovalo s krokom 1kV až do preskoku. Pri každej napäťovej hladine sa sledovala výbojová aktivita po dobu 10 sekúnd. Následne sa nastavila záporná polarita hrotu na zdroji aj na regulátore a proces merania sa zopakoval. Na koniec sa na elektródový systém pripojilo vysoké striedavé napätie a meranie sa zopakovalo rovnako ako pri jednosmernom napätí.

Vyhodnotenie merania

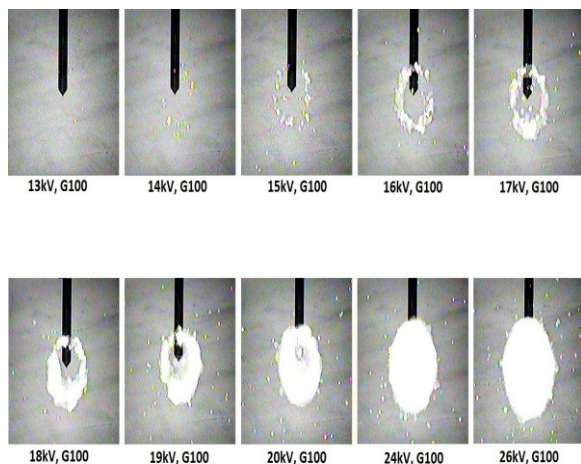
Pri meraní výbojovej činnosti vo vzduchu sa po ukončení jednotlivých meraní spracoval videozáznam na samostatné obrázkové záznamy pri konkrétnych napätiach. Meranie bolo kvalitatívne aj kvantitatívne. UV (čierno-biele) záznamy sa spracovali v programe, ktorý vyhodnocoval intenzitu

bielych bodov na čiernom pozadí. Následne sa tieto hodnoty spracovali do tabuliek a grafov, čím sa meranie stalo kvantitatívne.

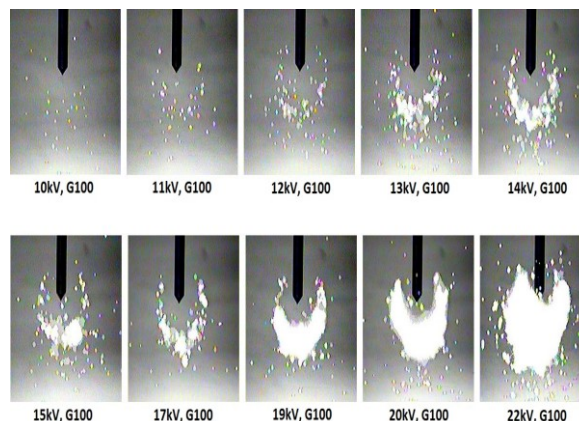
Kvalitatívny záznam tohto merania je znázornený na obrázkoch 5 (pre kladnú polaritu), na obrázku 6. (pre zápornú polaritu) a na obrázku 7. (pre striedavé napätie).



Obr. 5 Záznam výbojovej činnosti pri kladnej polarite hrotu



Obr. 6 Záznam výbojovej činnosti pri zápornej polarite hrotu



Obr. 7 Záznam výbojovej činnosti pri striedavom napätí

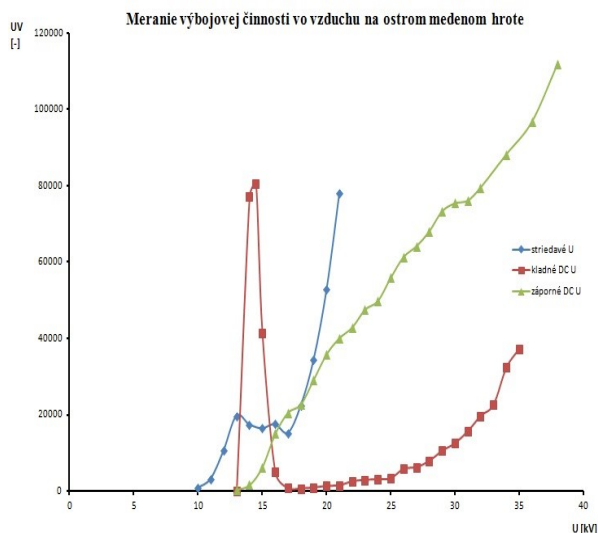
Na obrázku 5. je znázornený záznam výbojovej činnosti vo vzduchu pri kladnej polarite. Na tomto zázname je možné vidieť, že výbojová činnosť začala pri napätí $U_{KR+}=13,5\text{kV}$. Následne sa výbojová aktivita zvyšovala až dosiahla maximum pri napätí 14,5kV. Od tohto bodu výbojová činnosť slabla až do napätia 18kV. Toto klesanie výbojovej aktivity sa nazýva negatívna diferenciálna vodivosť. Od napätia 18kV sa výbojová činnosť postupne zvyšuje až dochádza k preskoku pri napätí $U_{P+}=35\text{kV}$.

Na obrázku 6. je záznam výbojovej činnosti pri zápornej polarite hrotu. Zo záznamu môžeme pozorovať postupné zvyšovanie intenzity výbojovej činnosti v závislosti od napätia. Výbojová aktivita začala pri napätí $U_{KR-}=13\text{kV}$. Hodnotu preskovového napätia pri tejto vzdialenosti hrotu od dosky nebolo možné odmerať, nakoľko prevýšila nominálnu hodnotu použitého na meranie jednosmerného zdroja, teda U_P . je väčšie ako 50kV. Tým pádom bol overený polaritný efekt, čiže počiatkové napätie pri zápornej polarite je menšie ako pri kladnej ($U_{KR-} < U_{KR+}$) a preskové napätie pri kladnej polarite je menšie ako pri zápornej ($U_{P+} < U_{P-}$).

Na obrázku 7. je znázornený záznam výbojovej činnosti ostrého medeného hrotu pri striedavom napätí. Na tomto zázname môžeme pozorovať, že sa výbojová činnosť začala pri napätí $U_{KR}=10\text{kV}$ a dosiahla lokálne maximum pri napätí 13kV. Od tohto bodu výbojová činnosť slabla do napätia 17kV, pri ďalšom zvyšovaní napätia sa výbojová aktivita postupne zvyšuje až do preskoku, ku ktorému došlo pri napätí $U_P=22\text{kV}$.

Kvantitatívny záznam sa robil pomocou UV režimu na DayCor kamere a programu na meranie výbojovej aktivity, ktorý vyhodnocoval plochu bielych bodov na čiernom pozadí. [6]

Takýto záznam je znázornený na obrázku 8.



Obr. 8 Grafická závislosť výbojovej činnosti vo vzduchu

Z grafickej závislosti vyplýva, že aj pri striedavom napätí taktiež nastáva anomálny jav, kde so zvyšovaním napätia klesá výbojová aktivita, ale v porovnaní s jednosmerným kladným napätím je toto klesanie menej výrazné.

Záver

Cieľom tohto článku bolo odmerať a vyhodnotiť výbojovú aktivitu vo vzduchu pomocou UV kamery. Pri meraní sme overili teoretické zákonitosti ako polaritný efekt. Kvalitatívne aj kvantitatívne sme odmerali zápornú diferenciálnu vodivosť. Z nameraných skutočností vyplýva, že anomálny jav sa objavuje aj pri striedavom napätí, ale v menšom rozsahu. Kritické aj preskokové napätie pri striedavom napätí bolo menšie ako pri jednosmernom napätí. UV kamera je skvelý detekčný prístroj a je možné ho použiť ako senzor počiatku výbojovej činnosti pri meraní čiastkových výbojov. Ak by sa navrhla viac - spektrálna vysokorychlostná UV kamera, tak by sa mohla použiť na ďalší kvalitatívny výskum negatívnej diferenciálnej vodivosti.

Literatúra

- [1] Marton, K.: Technika vysokých napätí. 1.vyd. Bratislava:Alfa, 1984.
- [2] Šandrik, P.: Technika vysokých napätí. 1.vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2004. ISBN 8022721379.
- [3] KOLCUNOVÁ, I.: Prednášky z predmetu Technika vysokých napätí, TUKE Košice. Dostupné na internete: <<http://web.tuke.sk/fei-kee/web/index.php?pg=technika-vysokych-napaeti-2&hl=en>>
- [4] KUFFEL, E. – ZAENGL, W.S. – KUFFEL, J.: High Voltage Engineering. Fundamentals. 2.vyd. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
- [5] LINDER, P.: Inspection for corona and arcing with the daycor camera. In: INMR, Roč. 2006, s.1.
- [6] Lii, J.: Breakdown in non-uniform fields. [online]. [citované 2012-12-28]. Dostupné na internete: <<http://www.cee.cqu.edu.cn/myweb/uplife/20110315173249371.pdf>>
- [7] Dostupné na internete [citované 2013-04-16]<<http://www.termogram.com/pdf/DayCor%20-%20EPRIsolutions.pdf>>
- [8] Kapás, P.: Analýza priestorového náboja v slabých a silných elektrických poliach. Dizertačná práca. Košice, 1994.
- [9] Duda, P.: Meranie výbojovej činnosti vo vzduchu a po

povrchu pevných dielektrík. Bakalárska práca. Košice, 2014.

- [10] Šipoš, M.: Meranie výbojovej aktivity v nehomogénnych poliach. Bakalárska práca, Košice, 2013.



„Táto práca bola podporovaná Agentúrou Ministerstva školstva Slovenskej republiky pre štrukturálne fondy EÚ na základe projektu Vývoj unikátneho nízkoenergetického statického

zdroja pre elektrosystémy (číslo projektu: 26220220029, prioritná os 2 Podpora výskumu a vývoja)“ .

Autori: Iraida Kolcunová, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: iraida.kolcunova@tuke.sk

Pavol Duda, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: pavol.duda.2@student.tuke.sk