

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE		KATEDRA FYZIKY	
LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY			
Jméno Lukáš ČEŘOVSKÝ		Datum měření 14.3.2002	
Stud. rok 2001/2002	Ročník 1	Datum odevzdání 28.3.2002	
Stud. skupina 01	Lab. skupina 3	Klasifikace	
Číslo úlohy 3	Název úlohy Studium elektrostatického pole na modelech		

Studium elektrostatického pole na modelech

Úkol měření

Změřte rozložení ekvipotenciál jedné konfigurace vzorků elektrod metodou vycházející z analogie se stacionárním elektrickým polem.

Na proměnné dvojici elektrod ve zvoleném uspořádání určete maximální intenzitu elektrického pole. Odhadněte chybu měření.

Obecná část

Model elektrostatického pole:

K měření rozložení potenciálu v elektrostatickém poli se využívá podobnosti elektrostatického pole s elektrickým polem v elektrolytu, kterým protéká stacionární proud. Tato podobnost je patrná z rovnic, popisujících elektrostatické pole v homogenním dielektriku a stacionární elektrické pole uvnitř homogenního vodiče:

$$\oint_S \epsilon \cdot \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0 \qquad \oint_S \sigma \cdot \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

Konstanty ϵ (permitivita) a σ (měrná vodivost) jsou nenulové, takže aby rovnost platila, vychází v obou případech rovnice:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

Měření probíhá v elektrolytické vaně, což je plochá nádoba obdélníkového půdorysu. Stěny vany musí mít menší vodivost než elektrolyt, aby neovlivňovaly měření. Elektrolytem je slabě okyselená voda, elektrody tvoří model. Model má mnohem větší vodivost než elektrolyt, takže lze předpokládat, že jeho povrch má po celé ploše konstantní potenciál. Přestože jsou stěny vany méně vodivé než elektrolyt, je zapotřebí umístit modely blíže ke středu vany, aby u stěn vany byla malá hustota proudu. Povrch modelů by měl být také dobře očištěn, nebudou se potom na něm tvořit přechodové odpory. K elektrodám je připojeno napájecí napětí, konstantní velikosti. Nejlépe by vyhovovalo napětí stejnosměrné, při jeho použití by však docházelo k polarizačním jevům, čímž by se zvýšila nepřesnost měření. Napájecí napětí je tedy střídavé, s kmitočtem do 1,5 kHz. Elektrolytem projíždí sonda, připojená k voltmetru s velkým vnitřním odporem, aby co nejméně ovlivňoval měření.

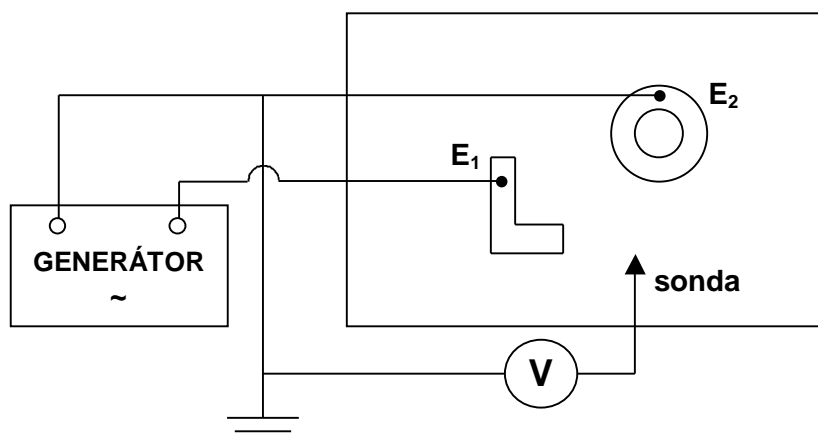
Postup měření

Před měřením je vhodné libelou zkontrolovat, zda je vana ve vodorovné poloze, čímž bude elektrolyt ve vaně rovnoměrně rozlit. Do elektrolytu jsou potom položeny dvě elektrody E1 a E2, v potřebné poloze, tak aby nebyly blízko stěn vany. Pomocí umělohmotného hrotu upevněného v souřadnicovém měřiči je zjištěna a zapsána pozice elektrod, jejich rozměry jsou změřeny pomocným pravítkem.

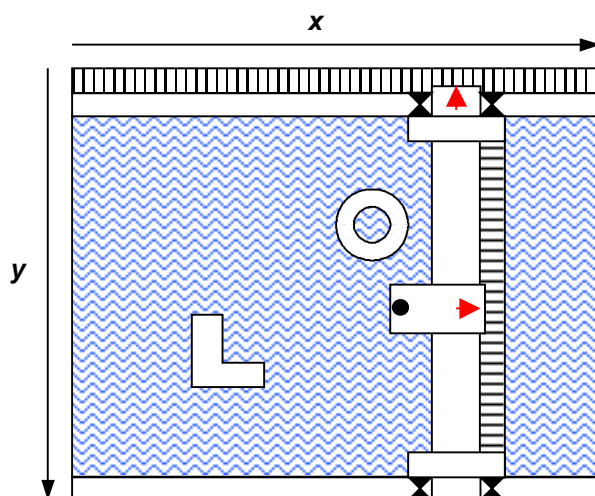
Na elektrody je připojeno střídavé napájecí napětí z generátoru a k souřadnicovému měřicímu systému je připevněna měřicí sonda tak, že svým hrotem zasahuje cca. 2mm pod hladinu elektrolyzu. Sonda je zapojena k voltmetru, druhý vývod voltmetru je připojen k uzemněné elektrodě.

Následuje hledání ekvipotenciálních křivek, pro napětí 10, 9, 8, ..., 2, 1 V. Napětí 10 V je napájecí a vyskytuje se jen na neuzemněné elektrodě, takže měření začíná u 9 V. Elektroda postupně projíždí křivku, přičemž je kontrolováno naměřené napětí na voltmetru. Pro každé napětí je nalezeno pět až deset bodů, jejich souřadnice jsou zapsány do tabulek. Po nalezení všech hledaných ekvipotenciál je měření provedeno znovu pro další model. Původní elektrody jsou vytaženy a nahrazeny jinými.

Schéma měřicího zařízení elektrické schéma:



nákres elektrolytické vany se souřadnicovým systémem:



Seznam použitých přístrojů a pomůcek

měřicí nástroje: plastové pravítko,
voltmetr $R_v = 16 \text{ k}\Omega$,
měřicí sonda,
libela

ostatní předměty: elektrolytická vana s elektrolytem,
generátor střídavého napětí 10 V, 50 Hz

Výpočet požadovaných výsledků

Určení maximální intenzity elektrického pole:

Největší rozdíl napětí 10 V je mezi oběma elektrodami, nejmenší vzdálenost mezi nimi je mezi body $A = [98; 212]$ a $B = [189; 181]$ (v grafu I. jsou označeny zelenými kroužky)

$$\Delta s = \sqrt{(Ax - Bx)^2 + (Ay - By)^2} = \sqrt{(98 - 189)^2 + (212 - 181)^2} = 96,135 \text{ mm}$$

$$\Delta j = 10 \text{ V}$$

$$E_s = \frac{\Delta j}{\Delta s} = \frac{10}{0,096135} = 104,02 \text{ V/m}$$

Grafické zpracování výsledků měření

Viz příloha 1 a 2.

Zhodnocení výsledku měření

Výsledek:

Maximální intenzita elektrického pole je **104 V/m**, tato intenzita není velká natolik, aby došlo k poškození elektrolytu průrazem. Chyba měření se asi projeví hlavně při odečítání hodnot z měřitek souřadnicového systému, třída přesnosti voltmetru zde nemá tak velký vliv vzhledem k tomu, jak vodivost cívky voltmetru ovlivní rozložení potenciálu v měřeném bodě.

Kontrolní otázky:

Co je elektrostatické pole

Elektrostatické pole je fyzikální pole nábojů Q , které se nepohybují. Tyto náboje mohou být rozloženy na vodičích či izolátorech.

Vztah mezi intenzitou elektrostatického pole a jeho potenciálem

Intenzita elektrostatického pole reprezentuje poměr síly, kterou působí statické náboje $Q_1 \dots Q_N$ na náboj Q . U výrazu pro potenciál el. pole je referenční bod zvolen v nekonečnu:

$$E(\mathbf{r}) = -\text{grad } j(\mathbf{r}) \qquad j(\mathbf{r}) = -\int_{\infty}^{\mathbf{r}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

$\text{grad } j(r)$ je gradient, který popisuje směr a velikost největšího růstu funkce.

Co je siločára, jak je orientována vůči ekvipotenciále

Siločára je linie intenzity elektrostatického pole, je kolmá na ekvipotenciálu.

Co představuje potenciál elektrického pole

Potenciál elektrického pole v daném bodě představuje potenciální energii vztaženou k jednotkovému náboji. Určuje se vůči referenčnímu bodu, jehož polohu i potenciál je možné volit libovolně. Jsou-li náboje rozloženy v konečné části prostoru, je volen referenční bod s nulovým potenciálem v nekonečnu. Potenciál je skalární funkce bodu \mathbf{r} , definovaná jako:

$$j(\mathbf{r}) = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot e} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|} + C$$

Z definice vyplývá, že není určen jednoznačně – závisí na konstantě C . Jednodušší je však popis elektrostatického pole pomocí intenzity pole E . Fyzikální význam má rozdíl potenciálů, který lze měřit.

Proč vodivost stěn elektrolytické vany musí být menší než vodivost elektrolytu

V případě, že by vodivost stěn byla vyšší než vodivost elektrolytu, stěna by se stala ekvipotenciální plochou, část proudu by tekla stěnami vany a měření by tím bylo narušeno.