

Lösningsförslag

Ställ in signalgeneratoren på 100 Hz och läs av spänningen, som då är $U_0 = 36,19 \text{ mV}$. Vik ut tumstocken och sträck ut tråden jämte tumstocken för att mäta längden av tråden mellan anslutningarna. Denna längd mäts till $l = 97 \text{ cm}$. Trådens kan mätas med skjutmått till $r = 0.5 \text{ mm}$. Resistiviteten kan då bestämmas med hjälp av ekvation (2) i uppgiftstexten enligt

$$\rho = \frac{R_0 A_0}{l} = \frac{U_0 \pi r^2}{Il} = 0.207 \Omega \mu\text{m}, \quad (1)$$

Där R_0 är resistansen då $f = 100 \text{ Hz}$.

Skinndjupet d kan uttryckas i termer av $U(f)/U_0$ och r genom att notera att

$$\frac{U(f)}{U_0} = \frac{U(f)/I}{U_0/I} = \frac{R(f)}{R_0} = \frac{A_0}{A(f)} = \frac{\pi r^2}{\pi(r^2 - (r-d)^2)} \Rightarrow d = r \left(1 - \sqrt{1 - \frac{U_0}{U(f)}} \right). \quad (2)$$

En mätserie över $U(f)$ och motsvarande värden på d visas i tabell 1 för frekvenser i intervallet 3000 – 10 000 Hz. En linjäriserad graf kan åstadkommas genom att plotta d mot $1/\sqrt{f}$. En sådan graf bör skära genom origo och ha lutning

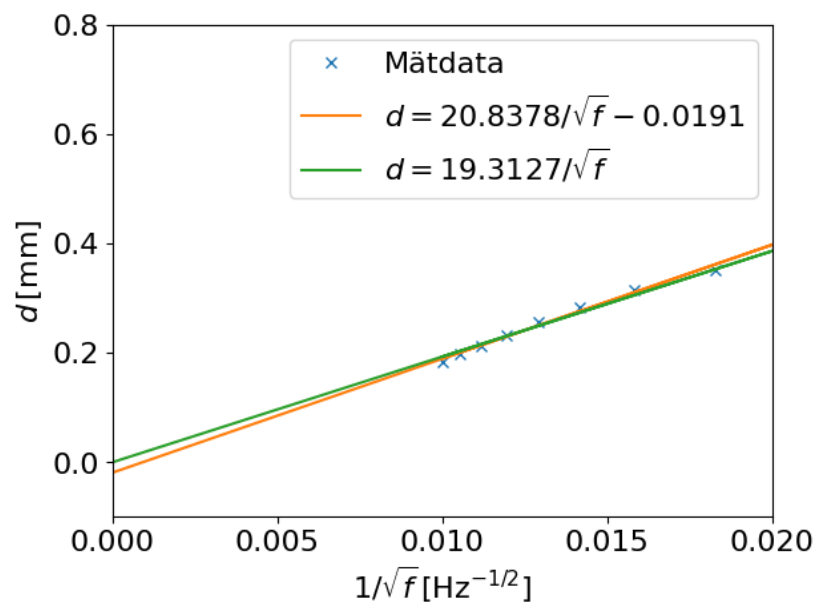
$$k = \sqrt{\frac{\rho}{\pi\mu}} \Rightarrow \mu = \frac{\rho}{\pi k^2}. \quad (3)$$

En sådan graf, tillsammans med motsvarande linjäranpassning, visas i figur 1, från vilken vi avläser att $k = 20.84 \text{ m}\sqrt{\text{Hz}} \Rightarrow \mu = 1,52 \cdot 10^{-4} \Omega\text{s/m}$ utifrån den bästa linjeanspassningen och $k = 19.31 \text{ m}\sqrt{\text{Hz}} \Rightarrow \mu = 1,77 \cdot 10^{-4} \Omega\text{s/m}$ om linjen tvingas gå genom origo.

Kommentar: Det förekommer i huvudsak två icke-ideala effekter i denna uppgift. Den ena är att antagandet att strömmen är jämt fördelad inom skinndjupet är en ganska grov förenkling, som visserligen ger korrekta värden på resistansen vid höga frekvenser men ger avvikande resultat vid låga frekvenser. Den andra är att permeabiliteten blir frekvensberoende vid höga frekvenser. På grund av detta böjer grafen av något, och den bästa linjeanspassningen kan avvika något från origo.

$f [\text{Hz}]$	$U [\text{mV}]$	$d [\text{mm}]$
3000	39,64	0,352
4000	41,94	0,315
5000	44,62	0,283
6000	47,57	0,255
7000	50,69	0,233
8000	53,93	0,213
9000	57,22	0,197
10000	60,52	0,183

Tabell 1: Spänning och skinndjup som funktion af frekvens



Figur 1: Linjäriserad graf av mätdata samt linjäranpassningar.

Rättningsmall

Teori: (Totalt: 2 poäng)

- Uttryck för resistiviteten i termer av kända storheter (0,5 poäng)
- Uttryck för d i termer av $U(f)/U_0$ och r (1,5 poäng)

Mätningar: (Totalt: 3,5 poäng)

- Mätning av relevanta storheter för bestämning av resistiviteten (trådens dimensioner och spänning vid 100 Hz) (1,5 poäng)
- Mätserie över spänning som funktion av frekvens (1 poäng)
- Lämpligt utspridda punkter inom intervallet 3000 – 10000 Hz (0,5 poäng)
- Minst 5 mätpunkter (0,5 poäng)

Databehandling: (Totalt: 3,5 poäng)

- Beräkning av numeriskt värde på resistiviteten (0,5 poäng)
- Beräkning av skinndjup motsvarande uppmätta spänningar (1 poäng)
- Lämpligt linjäriserat samband (exempelvis d mot $\frac{1}{\sqrt{f}}$) (1 poäng)
- Linjäriserad plott (0,5 poäng)
- Beräkning av permeabiliteten utifrån grafen (0,5 poäng)

Noggrannhet: (Totalt: 1 poäng)

- Värdet på resistiviteten ligger i intervallet $0.205 \pm 0.015 \Omega\mu\text{m}$ (0,5 poäng)
- Värdet på permeabiliteten ligger i intervallet $1,7 \cdot 10^{-4} \pm 0.6 \cdot 10^{-4} \Omega\text{s/m}$ (0,5 poäng)

Totalt utdelas maximalt 10 poäng på uppgiften. Enhetsfel/utelämnade enheter och storheter ger 0,1 poängs avdrag varje gång det inträffar. Olämplig skala på axlarna i grafen ger upp till 0,5 poängs avdrag.