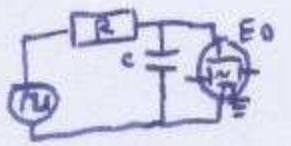


Versuch 4A vom 9.9.10:

An einem Widerstand (R)-Kondensator (C) und einem R-Spulen (L) Schwingkreis soll über die Halbwertszeit der Spannung an C/L die Zeitkonstante τ ermittelt werden.

Versuchsdurchführung:



Zunächst wird ein R (40k Ω)-C (220pF)-Kreis mit einer Rechteck-Spannungsquelle wie dargestellt aufgebaut. Ein Elektronenstrahl-Oszilloskop (EO) stellt dabei die aktuelle am Kondensator anliegende Spannung grafisch dar. Am OE kann nun die Zeit abgelesen werden, nach der sich die maximale Amplitude der Schwingung halbiert hat $T_{1/2}$. Mit $\tau_c = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)}$ lässt sich so die Zeitkonstante bestimmen. Dies wird mit einem R (270 Ω)-L (56mH) wiederholt.

Formeln: $T_{1/2} = s. \text{skal.}$, $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)}$, $\tau_c = RC$, $\tau_L = \frac{L}{R}$

Messung/Rechnung:

Kondensator:

$R = 40 \text{ k}\Omega$, $C = 220 \text{ pF}$

$s_c = 0,6 \text{ cm}$, $\text{skal}_c = 10 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} \Rightarrow T_{1/2} = 6 \mu\text{s}$

$\Rightarrow \tau_c = \frac{6 \mu\text{s}}{\ln(2)} = 8,656 \mu\text{s}$

Spule:

$L = 56 \text{ mH}$, $R = 270 \Omega$

$s_L = 4,6 \text{ cm}$, $\text{skal}_L = 20 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} \Rightarrow T_{1/2} = 92 \mu\text{s}$

$\Rightarrow \tau_L = \frac{92 \mu\text{s}}{\ln(2)} = 132,73 \mu\text{s}$

"Literaturwerte": laut Formel aus gesetzten Bauteilen.

$\tau_c = RC = 40 \text{ k}\Omega \cdot 220 \text{ pF} = 8,8 \mu\text{s}$

$\tau_L = \frac{L}{R} = \frac{56 \text{ mH}}{270 \Omega} = 207,41 \mu\text{s}$

Fehlerrechnung:

$\Delta s = 0,2 \text{ cm} \Rightarrow \Delta T_{1/2c} = 0,2 \text{ cm} \cdot 10 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} = 2 \mu\text{s}$

$\Rightarrow \Delta T_{1/2L} = 0,2 \text{ cm} \cdot 20 \frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} = 4 \mu\text{s}$

$\frac{\Delta \tau}{\tau} = \frac{\Delta T_{1/2}}{T_{1/2}} \Rightarrow \frac{\Delta \tau_c}{\tau_c} = \frac{2 \mu\text{s}}{6 \mu\text{s}} = 33,33\%$

$\Rightarrow \frac{\Delta \tau_L}{\tau_L} = \frac{4 \mu\text{s}}{92 \mu\text{s}} = 0,04 = 4,35\%$

Auswertung:

	gemessen	Fehler rel.	Fehler abs	Formelwert
τ_c	8,656 μs	33,33%	2,885 μs	8,8 μs
τ_L	132,73 μs	4,35%	5,734 μs	207,41 μs

Kommentar: s_L wohl Messfehler, da Abw. von 56% vom Formelwert.

Versuch 4B

Teil 1: Durch Messung der Halbwerts- und Eigenzeit eines RCL-Schwingkreises mittels EO soll die Eigenfrequenz und die Abklingzeit von Amplitude und Energie errechnet werden.

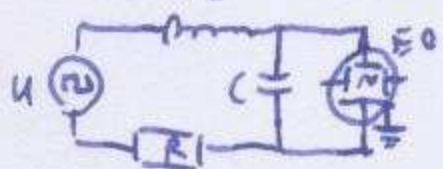
Teil 2: Durch Messung der Spannungsamplitude als Funktion der Frequenz der sinusförmigen Anregerspannung in einem RCL-Kreis soll grafisch Eigenfrequenz und Güte ermittelt werden.

Teil 3: Mithilfe einer Meißner-Schaltung soll ϵ_0 , sowie die Dielektrizitätszahl von Plexiglas ermittelt werden.

Versuchsdurchführung:

Teil 1: Ein L(56mH)-C(220pF)-R(1k Ω)-Schwingkreis wird wie nebenstehend aufgebaut. Mithilfe eines EO wird bei einer Rechtecksspannung die Halbwertszeit, sowie in einer Messreihe 5 mal die Schwingungsdauer abgelesen. Mithilfe der bekannten Formeln lässt sich nun τ_A , τ_E sowie ω_0 berechnen.

LCR-Kreis



Teil 2: Die in Teil 1 beschriebene Schaltung wird weiterhin verwendet. In einer Messreihe wird nun die Spannung (nun sinus-artig) verändert und die durch das EO gemessene Amplitude notiert. Die Messwerte werden grafisch dargestellt und aus dem Peak die Eigenfrequenz, sowie aus dieser und der Bandbreite die Güte errechnet.

Meißner-Schaltung



Teil 3: Zunächst wird ohne den Messkondensator in einer Meißner-Schaltung die Periodendauer für 3 versch. Skalierungen gemessen und gemittelt, wodurch mit bekannter Induktivität die Frequenz der Schwingung und die Gesamtkapazität ermittelt wird. In einer Messreihe wird nun der Messkondensator mit 4 untersch. Plattenabständen angeschlossen und mit dem Drehkondensator der Kreis auf Resonanz gebracht. Aus der am Drehkondensator wirkenden Kapazität und der bekannten EO-Kapazität lässt sich nun ϵ_0 bestimmen. Dies soll als Steigungsbestimmung der entsprechenden Funktion $C_d(d)$ gelöst werden. Zuletzt wird eine Plexiglasplatte mit einer gerade benutzten Dicke in den Messkondensator als Dielektrikum eingeführt und durch das Verhältnis der beiden Kapazitäten (nun und Messung ohne Plexiglas) ϵ_r für Plexiglas bestimmt.

Formeln:

Teil 1:

$$\tau_A = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)} ; \tau_E = \frac{T}{\ln(2) \cdot 2} ; \omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

Teil 2:

$$\Delta\omega = \omega_2(U_{\max}/\sqrt{2}) - \omega_1(U_{\max}/\sqrt{2}) ; G = \frac{\omega_0}{2\Delta\omega}$$

Teil 3:

$$C = C_d + C_z + C_m \Rightarrow C_d = (C - C_z) - \epsilon_0 \frac{A}{d} ; \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Messung / Rechnung:

Teil 1:

$$T_{\frac{1}{2}} = 1 \text{ cm} \cdot 0,1 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} = 0,1 \text{ ms}$$

$$T_1 = 30 \mu\text{s} ; T_2 = 25 \mu\text{s} ; T_3 = 24 \mu\text{s}$$

$$T_4 = 26 \mu\text{s} ; T_5 = 24 \mu\text{s} ; \bar{T} = 25,8 \mu\text{s}$$

$$\tau_A = \frac{0,1 \text{ ms}}{\ln(2)} = 0,1443 \text{ ms} ; \tau_E = \frac{25,8 \mu\text{s}}{2 \cdot \ln(2)} = 18,611 \mu\text{s}$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{25,8 \mu\text{s}} = 0,244 \cdot \frac{1}{\mu\text{s}} = 243,53 \text{ kHz}$$

Teil 2:

$$\text{gemessen: } \omega_0 = 36,08 \text{ kHz} ; \Delta\omega = 2,8 \text{ kHz}$$

$$G = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = 12,886$$

Teil 3:

$$T_1 = 0,5 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} \cdot 4,2 \text{ cm} = 2,1 \mu\text{s}$$

$$T_2 = 1 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} \cdot 2,2 \text{ cm} = 2,2 \mu\text{s}$$

$$T_3 = 2 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} \cdot 1 \text{ cm} = 2 \mu\text{s}$$

$$\bar{T} = 2,1 \mu\text{s} \Rightarrow \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2,99 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{L\omega_0^2} = \frac{1}{216 \mu\text{H} \cdot (2,99 \cdot 10^6 \text{ Hz})^2} = 517,16 \text{ pF}$$

$$\text{Nach Zeichnung: } C - C_2 = 324,5$$

$$\epsilon_0 A = 1,2875 \cdot 10^{-13} \text{ Fm}$$

$$A = a \cdot b = 13,9 \text{ cm} \cdot 15 \text{ cm} = 206,5 \text{ cm}^2 = 0,02065 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 = \frac{\epsilon_0 A}{A} = \frac{1,2875 \cdot 10^{-13} \text{ Fm}}{0,02065 \text{ m}^2} = 6,175 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \left(\frac{\text{C}^2}{\text{Vm}} \right)$$

$$\text{Messkondensator ohne PG: } C_1 = 285 \text{ pF}$$

$$d = 3,93 \text{ mm} \quad \text{mit PG: } C_2 = 230 \text{ pF}$$

$$\Rightarrow \epsilon_r = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}}{\epsilon_0 \frac{A}{d}} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{230 \text{ pF}}{285 \text{ pF}} = 0,807$$

Fehlerrechnung:

Teil 1:

$$\Delta T = 4,2 \mu\text{s} \Rightarrow \frac{\Delta \tau_E}{\tau_E} = \frac{\Delta T}{T} = \frac{4,2 \mu\text{s}}{25,8 \mu\text{s}} = 0,1628 = 16,28\%$$

$$\Delta T_{1/2} = 0,2 \text{ cm} \cdot 0,1 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} = 0,02 \text{ ms} \Rightarrow \frac{\Delta \tau_A}{\tau_A} = \frac{\Delta T_{1/2}}{T_{1/2}} = \frac{0,02 \text{ ms}}{0,1 \text{ ms}} = 20\%$$

$$\frac{\Delta \omega_0}{\omega_0} = \frac{\Delta T}{T} = 16,28\%$$

Teil 2: Ableserfehler: 0,28 kHz auf x-Achse

$$\Rightarrow \Delta \omega_0 = 0,28 \text{ kHz} ; \Delta \Delta \omega = 2 \cdot 0,28 \text{ kHz} = 0,56 \text{ kHz}$$

$$\frac{\Delta \omega_0}{\omega_0} = \frac{0,28 \text{ kHz}}{36,08 \text{ kHz}} = 0,776\%$$

$$\frac{\Delta G}{G} = \frac{\Delta \omega_0}{\omega_0} + \frac{\Delta \Delta \omega}{\Delta \omega} = 0,776\% + \frac{0,56 \text{ kHz}}{2,8 \text{ kHz}} = 20,776\%$$

Teil 3:

$$\frac{\Delta \epsilon_0}{\epsilon_0} = \frac{\Delta \epsilon_0 A}{\epsilon_0 A} + \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} = \frac{2 \Delta y}{y_2 - y_1} + \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$= \frac{2 \cdot 7 \text{ pF}}{317 \text{ pF} - 205 \text{ pF}} + \frac{0,1 \text{ cm}}{13,9 \text{ cm}} + \frac{0,1 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 13,89\%$$

$$\frac{\Delta \epsilon_r}{\epsilon_r} = \frac{\Delta C_2}{C_2} + \frac{\Delta C_1}{C_1} = \frac{4 \text{ pF}}{230 \text{ pF}} + \frac{4 \text{ pF}}{285 \text{ pF}} = 0,0314 = 3,14\%$$

Auswertung:

Teil 1:

	gemessen	Fehler rel.	abs.
τ_A	0,1443 ms	20%	0,02886 ms
τ_E	18,611 μ s	16,28%	3,0298 μ s
ω_0	243,53 kHz	16,28%	39,647 kHz

Teil 2:

	gemessen	Fehler rel.	abs.
ω_0	36,08 kHz	0,776%	0,28 kHz
G	12,886	20,776%	2,677

Teil 3:

	gemessen	Fehler rel.	abs.	Literaturwert
ϵ_0	$6,175 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$	13,89%	$0,8577 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$	$8,854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$
$\epsilon_{r,PG}$	0,807	3,14%	0,0253	3-4

Bemerkung: $\epsilon_{r,PG}$ ist vermutlich falsch da große Abweichung.
Ursache: vermutlich Messfehler C_2 (zu niedrig).

U
in V

12

11,2

10,4

9,6

8,8

8

7,2

6,4

5,6

4,8

4

3,2

2,4

1,6

0,8

2,8

3,6

4,8

5,6

6,4

7,2

8,0

8,8

9,6

10,4

11,2

12

12,8

13,6

14,4

15,2

16,0

16,8

17,6

18,4

19,2

20,0

20,8

21,6

22,4

23,2

24,0

24,8

25,6

26,4

27,2

28,0

28,8

29,6

30,4

31,2

32,0

32,8

33,6

34,4

35,2

36,0

36,8

37,6

38,4

39,2

40,0

40,8

41,6

42,4

43,2

44,0

44,8

45,6

46,4

47,2

48,0

48,8

49,6

50,4

51,2

52,0

52,8

53,6

54,4

55,2

56,0

56,8

57,6

58,4

59,2

60,0

60,8

61,6

62,4

63,2

64,0

64,8

65,6

66,4

67,2

68,0

68,8

69,6

70,4

71,2

72,0

72,8

73,6

74,4

75,2

76,0

76,8

77,6

78,4

79,2

80,0

80,8

81,6

82,4

83,2

84,0

84,8

85,6

86,4

87,2

88,0

88,8

89,6

90,4

91,2

92,0

92,8

93,6

94,4

95,2

96,0

96,8

97,6

98,4

99,2

100,0

100,8

101,6

102,4

103,2

104,0

104,8

105,6

106,4

107,2

108,0

108,8

109,6

110,4

111,2

112,0

112,8

113,6

114,4

115,2

116,0

116,8

117,6

118,4

119,2

120,0

120,8

121,6

122,4

123,2

124,0

124,8

125,6

126,4

127,2

128,0

128,8

129,6

130,4

131,2

132,0

132,8

133,6

134,4

135,2

136,0

136,8

137,6

138,4

139,2

140,0

140,8

141,6

142,4

143,2

144,0

144,8

145,6

146,4

147,2

148,0

148,8

149,6

150,4

151,2

152,0

152,8

153,6

154,4

155,2

156,0

156,8

157,6

158,4

159,2

160,0

160,8

161,6

162,4

163,2

164,0

164,8

165,6

166,4

167,2

168,0

168,8

169,6

170,4

171,2

172,0

172,8

173,6

174,4

175,2

176,0

176,8

177,6

178,4

179,2

180,0

180,8

181,6

182,4

183,2

184,0

184,8

185,6

186,4

187,2

188,0

188,8

189,6

190,4

191,2

192,0

192,8

193,6

194,4

195,2

196,0

196,8

197,6

198,4

199,2

200,0

200,8

201,6

202,4

203,2

204,0

204,8

205,6

206,4

207,2

208,0

208,8

209,6

210,4

211,2

212,0

212,8

213,6

214,4

215,2

216,0

216,8

217,6

218,4

219,2

220,0

220,8

221,6

222,4

223,2

224,0

224,8

225,6

226,4

227,2

228,0

228,8

229,6

230,4

231,2

232,0

232,8

233,6

234,4

235,2

236,0

236,8

237,6

238,4

239,2

240,0

240,8

241,6

242,4

243,2

244,0

244,8

245,6

246,4

247,2

248,0

248,8

249,6

250,0

250,8

251,6

252,4

253,2

254,0

254,8

255,6

256,4

257,2

258,0

258,8

259,6

260,0

260,8

261,6

262,4

263,2

264,0

264,8

265,6

266,4

267,2

268,0

268,8

269,6

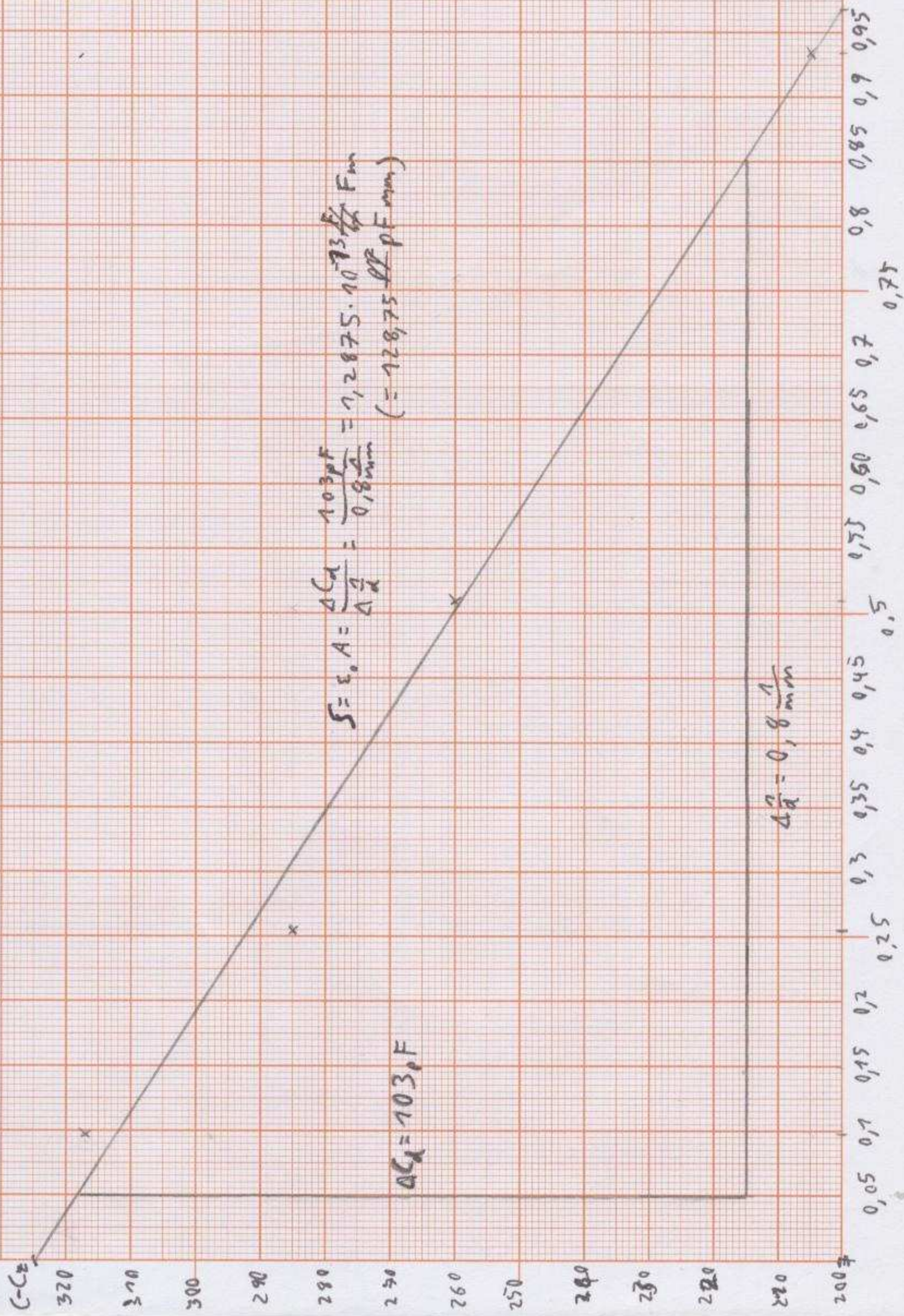
270,0

270,8

271,6

272,4

C_{in}
PF_A



$\frac{1}{d} \cdot \frac{1}{\text{mm}}$