

Méréstechnika zárthelyi

A csoport

2013. május 17.

A feladatok megoldásához csak papír, írószerszám, számológép használata megengedett, egyéb segédeszköz és a kommunikáció tiltott. A megoldásra fordítható idő: 90 perc. A feladatok természetesen tetszőleges sorrendben megoldhatók, de a római számmal jelzett feladatok megoldását külön papírra kérjük. A feladatok után azok pontszámát is feltüntettük. Törtpontszámokat nem adunk, indoklás nélküli eredményeket nem értékelünk. Törekedj arra, hogy tudásodat a dolgozat szép külalakja is kiemelje! A Student- és a normális eloszlás táblázatát a túloldalon találod!

1. Egy U feszültségre vonatkozó mérési eredmény szabvány szerinti megadással $U = 3.456(78)$ V, $k = 2$. Mekkora U standard bizonytalansága? (1 pont)
2. Mire alkalmas az oszcilloszkópok *ext trigger* bemenete? Állításodat példával illusztráld! (1 pont)
3. Rajzold fel az induktív osztó kapcsolási rajzát, és add meg a kimeneti és a bemeneti feszültség viszonyát a kapcsolat paramétereivel! Használható-e az osztó egyenáramon? (1 pont)
4. Adott az $u(t) = 0.4 \text{ V} \cdot \cos(300\pi t) \cdot \sin(300\pi t) + u_n(t)$ időfüggvényű jel, ahol $u_n(t)$ 20 mV szórású fehér zaj. Hány dB a jel-zaj viszony? (2 pont)
5. Rajzold fel a differenciaerősítő kapcsolási rajzát, és add meg a szimmetrikus erősítés értékét, ha minden ellenállás névleges értéke R ! Mire használható ez a kapcsolat, amire egy invertáló alapkötés nem? (Rövid, tömör választ kérünk, az odavetett félmondatokat és a terjengős leírásokat nem pontozzuk!) (2 pont)
6. Egy dual-slope AD-átalakítóban a mérendő jelhez zavarjelként egy f_0 és egy $2\pi f_0$ frekvenciájú szinuszos jel adódik. Meg lehet-e úgy választani az integrálási időt, hogy az átalakító a zavarjelet teljesen elnyomja? (1 pont)
7. Egy impedancián eső szinuszos feszültség és a rajta átfolyó áram effektív értéke rendre U , illetve I . A feszültség és az áram közötti fázistolás φ . Add meg a hasznos (P), a meddő (Q) és a látszólagos (S) teljesítmény kifejezését! Milyen összefüggés van a felsorolt teljesítmények között? (1 pont)
8. Rajzold fel a létrahálózatos DA-átalakító blokkvázlatát, és ismertesd működését! (1 pont)

I. Azonos névleges értékű ellenállásokat mérünk ohmmérővel. $N = 10$ ellenállás megmérése után a mérési eredmények átlaga $\bar{R} = 472.2 \Omega$, tapasztalati szórása $s = 33.0 \Omega$. Feltételezhetjük, hogy a mérési eredmények eloszlása normális.

- a) Add meg az ellenállás névleges értékére vonatkozó $p = 95\%$ szintű konfidenciaintervallumot!
- b) Feltételezve, hogy a tapasztalati szórás nem változik, hány mérést kellene végeznünk, hogy a névleges értéket $p = 95\%$ konfidenciaszinten 1% hibával határozhatjuk meg?

(5 pont)

II. Kapacitív impedanciát mérünk feszültség-összehasonlítás módszerével. Az alkalmazott generátorfeszültség effektív értéke $U_g = 10.00$ V, a normállenállás értéke $R_n = 10$ k Ω . A mérendő impedancián eső feszültség effektív értéke $U_x = 1.9600$ V, a normállenálláson eső feszültség effektív értéke $U_n = 9.7955$ V, a kettő közötti fázistolás $\varphi = 1.5675$ rad. A mérést $f = 15.91$ kHz frekvencián végezzük.

- a) Add meg az impedancia *párhuzamos RC* helyettesítőképként az elemértékekkel együtt!
- b) Add meg a helyettesítőkép ellenállása mérésének hibáját legrosszabb esetben, ha a feszültségmérés hibája minden esetben 0.1%, a fázismérés abszolút hibája pedig $\Delta\varphi = 10^{-4}$ rad!

(5 pont)

A Student-t eloszlás táblázata

szabadságfok	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
1	0.325	1.376	3.077	6.310	12.690	31.821	63.657	636.619
2	0.289	1.061	1.886	2.919	4.300	6.965	9.925	31.598
3	0.277	0.979	1.638	2.353	3.181	4.535	5.826	12.618
4	0.271	0.941	1.533	2.131	2.775	3.743	4.595	8.449
5	0.267	0.920	1.476	2.014	2.570	3.362	4.025	6.760
6	0.265	0.906	1.439	1.943	2.446	3.140	3.701	5.876
7	0.263	0.896	1.415	1.894	2.364	2.995	3.494	5.339
8	0.262	0.889	1.397	1.859	2.305	2.894	3.350	4.982
9	0.261	0.883	1.383	1.833	2.261	2.819	3.245	4.728
10	0.260	0.879	1.372	1.812	2.227	2.762	3.165	4.538
11	0.260	0.876	1.363	1.796	2.200	2.716	3.102	4.392
12	0.259	0.873	1.356	1.782	2.178	2.679	3.051	4.275
13	0.259	0.870	1.350	1.771	2.160	2.648	3.008	4.180
14	0.258	0.868	1.345	1.761	2.144	2.623	2.973	4.102
15	0.258	0.866	1.341	1.753	2.131	2.601	2.943	4.036
16	0.257	0.865	1.337	1.746	2.119	2.582	2.917	3.979
17	0.257	0.863	1.333	1.739	2.109	2.565	2.895	3.930
18	0.257	0.862	1.330	1.734	2.100	2.551	2.875	3.888
19	0.257	0.861	1.328	1.729	2.093	2.538	2.857	3.850
20	0.257	0.860	1.325	1.724	2.086	2.527	2.842	3.817

Magyarázat: $p[t \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a t valószínűségi változó értéke x -nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x -ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy egy 20 szabadságfokú minta esetén $t \geq 1.325$.

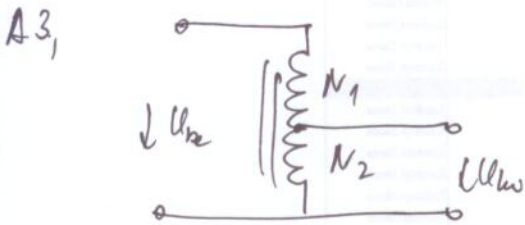
A normális eloszlás táblázata

	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	0.25	0.84	1.29	1.64	1.96	2.24	2.58	3.20

Magyarázat: $p[z \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a z valószínűségi változó értéke x -nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x -ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy normális eloszlású minta esetén $z \geq 1.29$.

A1, $\Delta u = 0,078V = 78mV$ $u(u) = \frac{\Delta u}{u} = 39mV$ 1

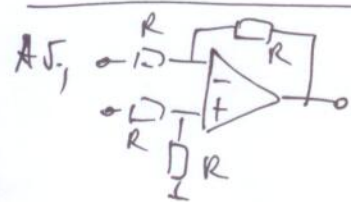
A2. Külső trigger jel csatlakoztatására. Példa: az öttés kimenet rajza, a jelek triggerelésre rajzolás jel kell, amely a kimenetnél korábban per. jel. 1



$\frac{U_{ki}}{U_{ko}} = \frac{N_2}{N_1 + N_2}$ Egyenértékű nem használható. 1

A4, $0,4V \cdot \cos(300\pi t) \cdot \sin(300\pi t) = 0,2V \cdot \sin(600\pi t)$ $(\cos x \sin x = \frac{1}{2} \sin 2x)$ 1

$U_{k,eff} = \frac{0,2V}{\sqrt{2}}$ $U_{u,eff} = 0 = 20mV$ $SNR = 10 \lg \frac{P_x}{P_u} = 20 \lg \frac{U_x}{U_u} \approx 17dB$ 2

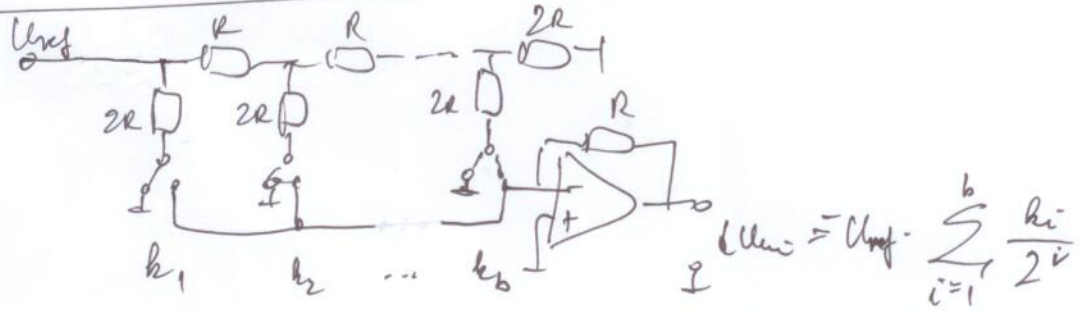


$A_s = -\frac{R}{R} = -1$ 1

Értéketlen jel erősítése, amely nem a földhez képest definiált. 2

A6, $T_1 = \frac{1}{f_0}$, $T_2 = \frac{1}{2\alpha f}$ $T_1 = 2\pi T_2$ Mivel a két periódus viszonya irracionális, nincs olyan T: $T = kT_1 = l \cdot T_2$, ezért nem lehet egy meghatározott T-t, hogy mindkét szavajel elhagyja. 1

A7, $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$, $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$, $S = U \cdot I$ $S^2 = P^2 + Q^2$ 1



A 2R ellenőrzés ki-állásból figyelve földpotenciálra van, ezért a soros mérési új módszer, hogy $I_{ref}/2, I_{ref}/4, \dots, I_{ref}/2^b$ áram folyik a föld Va mérési csatlakozás felé ($I_{ref} = \frac{U_{ref}}{R}$). Az erősebb I-U konverziót fenntartó elosztás az önmeggett áramot.

A1.) $\hat{R} = \bar{R} = 472,2 \Omega$ $s = 33,0 \Omega$ $N = 10 \Rightarrow$ student-classes $p = 95\%$ $\frac{6}{2} = 0,025$ (1)

$$\Delta R = \frac{s}{\sqrt{N}} \cdot t_{N-1; 0,025} = \frac{s}{\sqrt{10}} \cdot \underbrace{t_{9; 0,025}}_{2,261} \approx 23,6 \Omega$$

$$p[\hat{R} - \Delta R < R < \hat{R} + \Delta R] = 95\%$$

$$p[448,6 \Omega < R < 495,8 \Omega] = 95\%$$

$$\Delta R_2 = h \cdot \hat{R} = 0,01 \cdot \hat{R} = 4,722 \Omega$$

$$\Delta R_2 = \frac{s}{\sqrt{N_2}} t_{N_2-1; 0,025} \approx \frac{s}{\sqrt{N_2}} \cdot z_{0,025} \quad (\text{első közelítés}) \quad z_{0,025} = 1,96$$

$$\Rightarrow N_2 = \frac{s^2}{\Delta R_2^2} \cdot z_{0,025}^2 \approx 188$$

Mivel $N_2 \gg 1$, a közelítés elegen pontos is. $\Rightarrow N_2 = 188$ (2)

A11.) $(z_1 = R_u \cdot \frac{U_x}{U_u} = 2000 \Omega$ $\varphi = -1,5675$ $z = |z| e^{j\varphi} \rightarrow Y = \frac{1}{|z|} e^{j(\varphi)} = \frac{1}{|z|} [\cos \varphi - j \sin \varphi]$ (1)

$$Y = \frac{1}{R} + j\omega C \Rightarrow R = \frac{|z|}{\cos \varphi} = 606,7 \text{ k}\Omega$$

$$C = \frac{-\sin \varphi}{|z| \omega} = 5 \text{ nF}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta |z|}{|z|} + \frac{\Delta \cos \varphi}{\cos \varphi} \approx 3,23\%$$

$$\frac{\Delta |z|}{|z|} = \frac{\Delta U_x}{U_x} + \frac{\Delta U_u}{U_u} = 0,2\%$$

$$\left| \frac{\Delta \cos \varphi}{\cos \varphi} \right| = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \Delta \varphi = \tan \varphi \Delta \varphi \approx 3,03\%$$

Méréstechnika zárthelyi

B csoport

2013. május 17.

A feladatok megoldásához csak papír, írószerszám, számológép használata megengedett, egyéb segédeszköz és a kommunikáció tiltott. A megoldásra fordítható idő: 90 perc. A feladatok természetesen tetszőleges sorrendben megoldhatók, de a római számmal jelzett feladatok megoldását külön papírra kérjük. A feladatok után azok pontszámát is feltüntettük. Törtpontszámokat nem adunk, indoklás nélküli eredményeket nem értékelünk. Törekedj arra, hogy tudásodat a dolgozat szép külalakja is kiemlje! A Student- és a normális eloszlás táblázatát a túloldalon találod!

1. Egy x mennyiség A típusú standard bizonytalansága $u_A(x) = 9$, B típusú standard bizonytalansága $u_B(x) = 40$. Add meg x eredő standard bizonytalanságát! (1 pont)
2. Mire alkalmas az oszcilloszkópok X - Y üzemmódja? Állításodat példával illusztráld! (1 pont)
3. Rajzold fel a kapacitív osztó kapcsolási rajzát, és add meg a kimeneti és a bemeneti feszültség viszonyát a kapcsolat paramétereivel! Használható-e az osztó egyenáramon? (1 pont)
4. Adott az $u(t) = 0.4 \text{ V} \cdot [\cos^2(300\pi t) - \sin^2(300\pi t)] + u_n(t)$ időfüggvényű jel, ahol $u_n(t)$ 200 mV szórású fehér zaj. Add meg a jel effektív értékét! (2 pont)
5. Rajzold fel a differenciaerősítő kapcsolási rajzát, és add meg a közös erősítés értékét, ha minden ellenállás névleges értéke R ! Szimmetrikus jelek erősítésére miért használjuk inkább a 3 műveleti erősítés mérőerősítőt? (Rövid, tömör választ kérünk, az odavetett félmondatokat és a terjengős leírásokat nem pontozzuk!) (2 pont)
6. Egy dual-slope AD-átalakítóban a mérendő jelhez zavarjelként egy $2\pi f_0$ és egy $2.05\pi f_0$ körfrekvenciájú szinuszos jel adódik. Meg lehet-e úgy választani az integrálási időt, hogy az átalakító a zavarjelet teljesen elnyomja? (1 pont)
7. Egy impedancián eső periodikus feszültség és a rajta átfolyó áram harmonikusainak csúcserőértéke rendre U_1, U_2, \dots , illetve I_1, I_2, \dots . A feszültség és az áram közötti fázistolás az egyes harmonikusokra $\varphi_1, \varphi_2, \dots$. Add meg a disszipált (hasznos) teljesítmény kifejezését! (1 pont)
8. Rajzold fel a szukcesszív approximációs AD-átalakító blokkvázlatát, és ismertesd működését! (1 pont)

I. Azonos névleges értékű ellenállásokat mérünk ohmmérővel. $N = 150$ ellenállás megmérése után a mérési eredmények átlaga $\bar{R} = 561.1 \Omega$, tapasztalati szórása $s = 11.5 \Omega$. Feltételezhetjük, hogy a mérési eredmények eloszlása normális.

- a) Add meg az ellenállás névleges értékére vonatkozó $p = 95\%$ szintű konfidenciaintervallumot!
- b) Találunk utólag egy $R = 606 \Omega$ -os ellenállást. Lehetséges-e, hogy ennek névleges értéke megegyezik az előző csoportba tartozó ellenállások névleges értékével?

(5 pont)

II. Induktív impedanciát mérünk feszültség-összehasonlítás módszerével. Az alkalmazott generátorfeszültség effektív értéke $U_g = 10.00 \text{ V}$, a normállenállás értéke $R_n = 100 \Omega$. A mérendő impedancián eső feszültség effektív értéke $U_x = 1.4830 \text{ V}$, a normállenálláson eső feszültség effektív értéke $U_n = 9.8866 \text{ V}$, a kettő közötti fázistolás $\varphi = 1.569 \text{ rad}$. A mérést $f = 159.1 \text{ Hz}$ frekvencián végezzük.

- a) Add meg az impedancia párhuzamos RL helyettesítőképet az elemértékekkel együtt!
- b) Add meg a helyettesítőkép induktivitása mérésének hibáját legrosszabb esetben, ha a feszültségmérés hibája minden esetben 0.1% , a fázismérés abszolút hibája pedig $\Delta\varphi = 0.02 \text{ rad}$!

(5 pont)

A Student-t eloszlás táblázata

szabadságfok	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
1	0.325	1.376	3.077	6.310	12.690	31.821	63.657	636.619
2	0.289	1.061	1.886	2.919	4.300	6.965	9.925	31.598
3	0.277	0.979	1.638	2.353	3.181	4.535	5.826	12.618
4	0.271	0.941	1.533	2.131	2.775	3.743	4.595	8.449
5	0.267	0.920	1.476	2.014	2.570	3.362	4.025	6.760
6	0.265	0.906	1.439	1.943	2.446	3.140	3.701	5.876
7	0.263	0.896	1.415	1.894	2.364	2.995	3.494	5.339
8	0.262	0.889	1.397	1.859	2.305	2.894	3.350	4.982
9	0.261	0.883	1.383	1.833	2.261	2.819	3.245	4.728
10	0.260	0.879	1.372	1.812	2.227	2.762	3.165	4.538
11	0.260	0.876	1.363	1.796	2.200	2.716	3.102	4.392
12	0.259	0.873	1.356	1.782	2.178	2.679	3.051	4.275
13	0.259	0.870	1.350	1.771	2.160	2.648	3.008	4.180
14	0.258	0.868	1.345	1.761	2.144	2.623	2.973	4.102
15	0.258	0.866	1.341	1.753	2.131	2.601	2.943	4.036
16	0.257	0.865	1.337	1.746	2.119	2.582	2.917	3.979
17	0.257	0.863	1.333	1.739	2.109	2.565	2.895	3.930
18	0.257	0.862	1.330	1.734	2.100	2.551	2.875	3.888
19	0.257	0.861	1.328	1.729	2.093	2.538	2.857	3.850
20	0.257	0.860	1.325	1.724	2.086	2.527	2.842	3.817

Magyarázat: $p[t \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a t valószínűségi változó értéke x -nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x -ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy egy 20 szabadságfokú minta esetén $t \geq 1.325$.

A normális eloszlás táblázata

	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	0.25	0.84	1.29	1.64	1.96	2.24	2.58	3.20

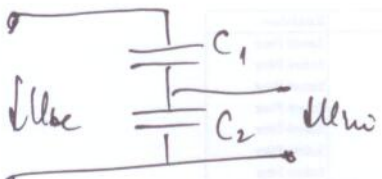
Magyarázat: $p[z \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a z valószínűségi változó értéke x -nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x -ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy normális eloszlású minta esetén $z \geq 1.29$.

B1, $u(x) = \sqrt{u_a^2(x) + u_b^2(x)} = 41$

(1)

B2, két kimeneti jel derékszögű koordinátarendszerben ábrázolható. Pl.: Lisszajouszabvány felismerés

(1)

B3,  $\frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ Ha azonos értékűk egymással.

(1)

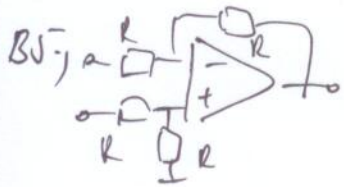
B4, $0,4V (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = 0,4V \cdot \cos 2\alpha = 0,4V \cdot \cos(600\pi t)$

(1)

$U_{1eff} = \frac{0,4V}{\sqrt{2}}$ $U_{2eff} = U = 200mV$ $U_{eff} = \sqrt{U_{1eff}^2 + U_{2eff}^2} = 0,3464V$

(2)

(1)



$A_c = \emptyset$

(1)

A diff. erősítés kimeneti ellenállása eltehetően sokkal kisebb, a 3 műv. erősítés műveletének is igen

(1)

(2)

B6, $T_1 = \frac{1}{1 \cdot b}$, $T_2 = \frac{1}{2,05/2 \cdot b} = \frac{2}{2,05} T_1$ $T_1 = 2,05 \cdot \frac{1}{2} T_2$

(1)

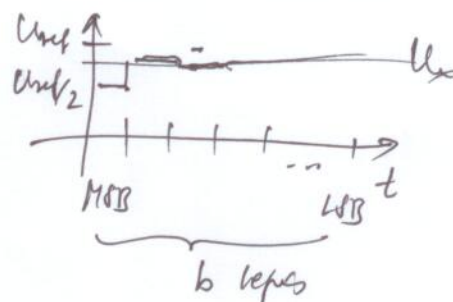
Mivel a két sor. is nitrogén racionális, megadható a τ : $\tau = kT_1 = l \cdot T_2$
(pl. $k=40$, $l=41$) Ezért meg lehet választani T -t úgy, hogy mindkét zavarjel elhanyagolható.

B7, $P_i = U_{i,eff} \cdot I_{i,eff} \cos \phi_i$ $U_{i,eff} = \frac{U_i}{\sqrt{2}}$, $I_{i,eff} = \frac{I_i}{\sqrt{2}} \Rightarrow P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n U_i I_i \cos \phi_i$

(1)



N állítás MSB \rightarrow LSB sorrendben történik bitenként.



$\frac{U_{ref}}{2}, \frac{U_{ref}}{4}, \dots$

$\dots \frac{U_{ref}}{2^b}$

(1)

szintekkel.

B1.) $\hat{R} = \bar{R} = \sqrt{61,1} \Omega$ $S = 11,5 \Omega$ $N = 150 \Rightarrow$ Elvileg Student-elvileg, de mivel $N \gg 1$, normalizált közeliérték. (1)

$$\Delta R = \frac{S}{\sqrt{N}} \cdot \underbrace{z_{0,95}}_{1,96} \approx 1,840 \Omega$$

$$P[R - \Delta R < R < R + \Delta R] = 95\%$$

$$P[\sqrt{59,26} \Omega < R < \sqrt{62,94} \Omega] = 95\%$$

$$\Delta R_2 = R - \hat{R} = 44,9 \Omega \quad z = \frac{\Delta R_2}{S} \approx 3,90$$

(\sqrt{N} -nel nem kell korlátozni, mert egyetemes eloszlás valószínűségi sűrűségfüggvénye) (1)

Mivel $z > 3$, gyakorlatilag nem tartozik hozzá a csoporthoz, de nem lehetetlen. (1)

B2. $|z_1| = R_N \frac{U_x}{U_N} = 15 \Omega$ $\varphi = 1,569$ $z = |z_1| e^{j\varphi} \Rightarrow Y = \frac{1}{|z_1|} e^{j(\varphi)} = \frac{1}{|z_1|} [\cos \varphi - j \sin \varphi]$ (1)

$$Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} \Rightarrow R = \frac{|z_1|}{\cos \varphi} = 8350 \Omega \quad L = \frac{|z_1|}{\omega \sin \varphi} = 15 \text{ mH}$$
 (2)

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta |z_1|}{|z_1|} + \frac{\Delta \sin \varphi}{\sin \varphi} \approx 0,2\%$$
 (2)

$$\frac{\Delta |z_1|}{|z_1|} = \frac{\Delta U_x}{U_x} + \frac{\Delta U_N}{U_N} = 0,2\%, \quad \left| \frac{\Delta \sin \varphi}{\sin \varphi} \right| = \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} \Delta \varphi = \cot \varphi \Delta \varphi \approx 3,6 \cdot 10^{-5}$$