Méréstechnika zárthelyi
A csoport

2010. május 14.

A feladatok megoldásához csak papír, írószer, 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 mérőátalakító az $x = 0 \dots 0.5$ intervallumban alakít át jeleket, az elvárt $y = x$ karakterisztika helyett az $y = \mathrm{tg}(x)$ összefüggés szerint. Mekkora az átalakító végértékre vonatkoztatott linearitási hibája, az elvárt karakterisztikát tekintve lineárisnak? (1 pont)

2. Mire alkalmas az analóg oszcilloszkópok *alternate* üzemmódja? Ismertesd röviden a működését! (1 pont)

3. Egy digitális feszültségmérő 20.00 V-os méréshatárban 2.51 V feszültséget mutat. Legrosszabb esetben mekkora a mérés relatív hibája, ha a műszer gépkönyve szerint a hiba 0.05% a mért értékre és 0.02% a végértékre vonatkoztatva? A kvantálási hibát a végértékre vonatkoztatott hiba nem tartalmazza! (1 pont)

4. Egy zajjal terhelt szinuszjel jel-zaj viszonya SNR = 25 dB. A sávkorlátozott fehér zaj sávszélessége $B =$ 100 kHz, a szinuszjel frekvenciája 2 kHz. A zajos jelet 4 kHz törésponti frekvenciájú aluláteresztő szűrővel szűrjük. Hány dB-t javul a jel-zaj viszony? (1 pont)

5. Rajzold le, hogyan mérhető teljesítmény nullavezetőt nem tartalmazó háromfázisú rendszerben, és add meg a mért teljesítmény kifejezését! (1 pont)

6. Rajzold fel a 3 műveleti erősítős műveleti erősítő *bemeneti* fokozatát! Mekkora a fokozat közös jelre vonatkozó erősítése, ha 2 db 10 kΩ-os és 1 db 1053 Ω-os ellenállást helyezünk el? (2 pont)

7. Rajzold fel a létrahálózatos DA-átalakító blokkvázlatát! (1 pont)

8. Egy fémdobozban található 1 nF értékű kondenzátor kapacitását 4 vezetékes módszerrel mérjük. A doboz és a kondenzátor kivezetései közé 80 pF nagyságú szórt kapacitások kapcsolódnak, a vezetékek ellenállása 0.05 Ω. A mérést 6 kHz frekvencián végezzük, a műszer rendszeres hibája zérus, véletlen hibája 0.25%. Rajzold le a mérési elrendezést és add meg a mérés rendszeres hibáját! A véletlen hibánál kisebb hatások elhanyagolhatók! (2 pont)

I. Méréseket végzünk, hogy egy motorkerékpár hány másodperc alatt gyorsul fel 100 km/h sebességre. A mérési eredmények az alábbiak:

3.59 3.55 3.60 3.61 s

a) Feltételezve, hogy a mérést normális eloszlású zaj terheli, add meg a 100 km/h-ra gyorsuláshoz szükséges idő $p = 95\%$ szintű konfidenciaintervallumát!

b) 100 mérést végezve a gyorsulásra vonatkozó várható érték $\bar{t} = 3.57$ s, a tapasztalati szórás $s = 0.04$ s. Add meg újra a 100 km/h-ra gyorsuláshoz szükséges idő $p = 95\%$ szintű konfidenciaintervallumát!

c) Újabb méréseket végezve az alábbi adatokat kapjuk:

3.57 3.64 5.07 3.63 s

Hogyan számítanád ki ebben az esetben a konfidenciaintervallumot? (A számítást nem kell elvégezni, csak rövid, tömör leírást kérünk. Az odavetett félmondatokat és a terjengős leírásokat nem pontozzuk.)

(5 pont)

II. Egy $f = 50$ Hz frekvencián üzemelő induktív impedancián mérjük az átfolyó áramot, a rajta eső feszültséget, valamint a disszipált teljesítményt. A mért értékek: $I_{\mathrm{eff}} = 0.732$ A, $U_{\mathrm{eff}} = 230$ V, $P = 5.35$ W.

a) Mekkora $\cos\varphi$ értéke?

b) Add meg az impedancia soros RL helyettesítőképét az elemértékekkel együtt!

d) Add meg a soros ellenállás meghatározásának legvalószínűbb relatív hibáját, ha a feszültség- és árammérés hibája 0.5%, a teljesítménymérésé 1%!

(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

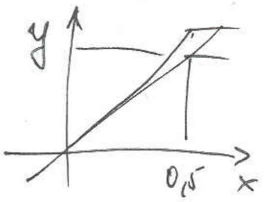
Magyarázat: $p[t \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a t valószínűségi változó értéke x-nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x-ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy egy 20 szabadságfokú minta esetén $t \geq 1.325$.

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.)

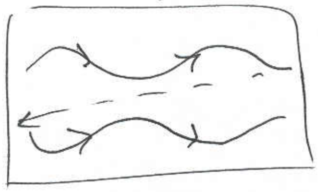


$y(0,5) = tg(0,5) = 0,5463$ $\quad h = \dfrac{\Delta y}{y_{max}} = 9,26\%$

$y_{max} = 0,5$

1

A2.) Két időfüggvény egyszerre történő megjelenítésekor. Működés: felváltva rajzolja ki a két csatorna jeleit:



1

A3.) $h = h_{mért\ értékre} + h_{végkitérésre} \cdot \dfrac{20,00}{2,51} + h_q = 0,5 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} \cdot \dfrac{20}{2,51} + \dfrac{1}{251} = 0,61\%$

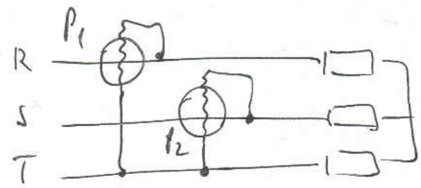
1

A4.) $SNR = 10 \lg \dfrac{P_{jel}}{P_{zaj}}$ $\quad P_{zaj}' = P_{zaj} \dfrac{f_c}{B}$ $\quad SNR' = 10 \lg \dfrac{P_{jel}}{P_{zaj}'} = 10 \lg \dfrac{P_{jel}}{P_{zaj}} \cdot \dfrac{B}{f_c} =$

$= 10 \lg \dfrac{P_{jel}}{P_{zaj}} + 10 \lg \dfrac{B}{f_c} \Rightarrow \Delta SNR = 10 \lg \dfrac{B}{f_c} \cong 14 dB$

1

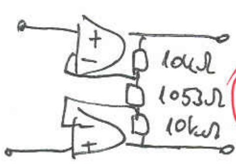
A5.)



$P = P_1 + P_2$

1

A6.)



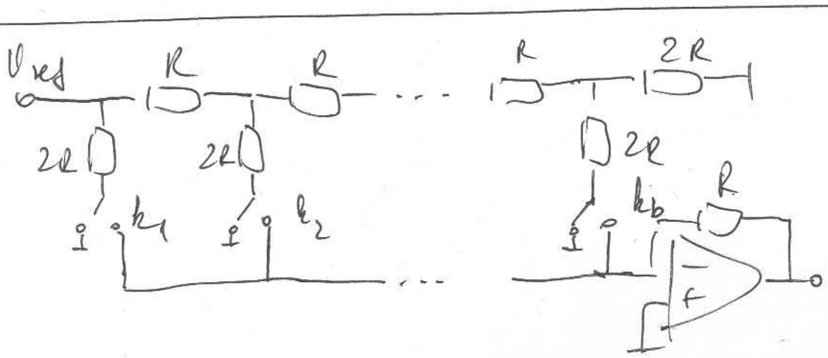
1

$A_c = 1$ (független az ell-októl)

1

2

A7.)



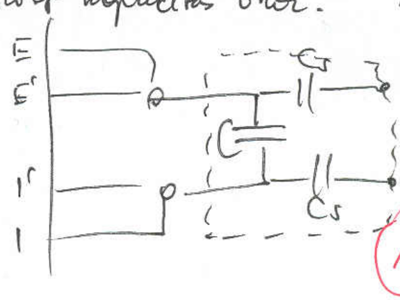
$U_{ki} = -U_{ref} \cdot \sum_{i=1}^{b} \dfrac{k_i}{2^i}$

1

A8.) 4 vez ⇒ vezetékell. nem okoz hibát, szórt kapacitás okoz. $\Delta C = \dfrac{C_s}{2}$

$h_r = \dfrac{C_s}{2C} = 4\%$

1



1

2

A I., $x = [3{,}59 \quad 3{,}55 \quad 3{,}60 \quad 3{,}61]$, $m = \frac{1}{N}\sum x_i = 3{,}5875$, $s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_i (x_i - m)^2} = 0{,}0263$, 1

$N = 4$

a) $\Delta x = \frac{s}{\sqrt{N}} \cdot t_{3;0,025} = 0{,}0418$, $p[m - \Delta x < x < m + \Delta x] = 95\%$

$t_{3;0,025} = 3{,}181$ $p[3{,}5457 < x < 3{,}6293] = 95\%$ 2

5

b) $N' = 100$ $\Delta x' = \frac{s'}{\sqrt{N'}} \cdot z_{0,025} = 0{,}0078$, $p[3{,}5622 < x < 3{,}5778] = 95\%$ $(m' = 3{,}57,\ s' = 0{,}04)$ 1

c) $x_3 = 5{,}07$, kiugró adat, normális eloszlás feltétel nem teljesül. Lehetőségek: (1.) x_3 elhagyásával a) szerint

(2.) x_3 meghagyásával Csebisev-tétellel 1

A II. $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I} = 0{,}0318$ 1  $Z = R + j\omega L = |Z|[\cos\varphi + j\sin\varphi]$ $|Z| = \frac{U}{I} = 314{,}2\,\Omega$

$R = |Z|\cos\varphi = 9{,}985\,\Omega$

$L = \frac{|Z|\sin\varphi}{\omega} = \frac{|Z|\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\omega} = 999{,}6\,mH \approx 1\,H$ 2

5

$R = |Z|\cos\varphi = \frac{U}{I} \cdot \frac{P}{U \cdot I} = \frac{P}{I^2} \Rightarrow$ $\frac{\Delta R}{R}_{rel} = \sqrt{h_P^2 + (2h_I)^2} = 1{,}41\%$ 2

Méréstechnika zárthelyi
B csoport

2010. május 14.

A feladatok megoldásához csak papír, írószer, 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 mérőátalakító az $x = 0 \dots 0.2$ intervallumban alakít át jeleket, az elvárt $y = x$ karakterisztika helyett az $y = \mathrm{arctg}(x)$ összefüggés szerint. Mekkora az átalakító végértékre vonatkoztatott linearitási hibája, az elvárt karakterisztikát tekintve lineárisnak? (1 pont)

2. Mire alkalmas az analóg oszcilloszkópok *chopped* üzemmódja? Ismertesd röviden a működését! (1 pont)

3. Egy Deprez-műszer 3 A-es méréshatárban 2.5 A áramerősséget mutat. Mekkora a mérés abszolút és relatív hibája, ha a műszer osztálypontossága 1 ? (1 pont)

4. Egy 1 V effektív értékű szinuszos jelet 50 mV effektív értékű sávkorlátozott fehér zaj terhel. A zaj sávszélessége $B = 1$ MHz, a szinuszjel frekvenciája 6 kHz. Hány dB a jel-zaj viszony? (1 pont)

5. Rajzold le, hogyan mérhető teljesítmény nullavezetőt is tartalmazó háromfázisú rendszerben, és add meg a mért teljesítmény kifejezését! (1 pont)

6. Rajzold fel a 3 műveleti erősítős műveleti erősítő *kimeneti* fokozatát! Mekkora a fokozat szimmetrikus jelre vonatkozó, 1-nél nagyobb erősítése, ha 2 db 10 kΩ-os és 2 db 20 kΩ-os ellenállást helyezünk el? (2 pont)

7. Rajzold fel a párhuzamos AD-átalakító (flash-konverter) blokkvázlatát! (1 pont)

8. Egy fémdobozban található 1 μF értékű kondenzátor kapacitását 3 vezetékes módszerrel mérjük. A doboz és a kondenzátor kivezetései közé 80 pF nagyságú szórt kapacitások kapcsolódnak, a vezetékek ellenállása 0.05 Ω. A mérést 100 kHz frekvencián végezzük, a műszer rendszeres hibája zérus, véletlen hibája 0.25%. Rajzold le a mérési elrendezést és add meg a mérés rendszeres hibáját! A véletlen hibánál kisebb hatások elhanyagolhatók! (2 pont)

I. Egy hivatalban a számítógépek energiafogyasztását szeretnék korlátozni. A gépek azonos típusúak, és működés közben egyenként $P_1 = 200\ \mathrm{W} \pm 10\%$ teljesítményt vesznek fel. A hibasávon belül a lehetséges teljesítmények eloszlása egyenletes.

a) Add meg a gépek által felvett összteljesítményre vonatkozó $p = 98\%$ szintű konfidenciaintervallumot, ha összesen $N_1 = 100$ gépet üzemeltetnek!

A gépek által felvehető összteljesítményt korlátozzák $P_{\mathrm{max}} = 15$ kW-ban.

b) Legfeljebb hány gépet kapcsolhatnak be, ha azt akarják, hogy az összteljesítmény $p = 95\%$ valószínűséggel ne haladja meg a teljesítménykorlátot?

II. Egy kapacitív impedanciát 3 voltmérős módszerrel mérünk $f = 50$ Hz-en. A gerjesztés $U_g = 10.000$ V, a normáellenállás értéke $R_N = 100\ \Omega$, a normálellenálláson és a vizsgált impedancián eső feszültség rendre $U_N = 2.994$ V, illetve $U_Z = 9.532$ V.

a) Mekkora az impedancia abszolút értéke és fázisa?

b) Add meg a mért impedancia párhuzamos RC helyettesítőképét, az elemértékekkel együtt!

c) Tegyük fel, hogy a mérésben csak U_Z mérésének hibája kritikus. Mekkora R meghatározásának relatív hibája, ha U_Z mérésének hibája 1%?

(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

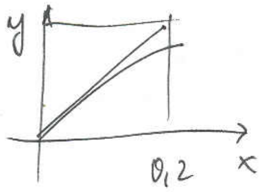
Magyarázat: $p[t \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a t valószínűségi változó értéke x-nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x-ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy egy 20 szabadságfokú minta esetén $t \geq 1.325$.

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

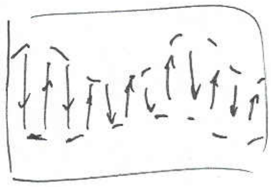
Magyarázat: $p[z \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a z valószínűségi változó értéke x-nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x-ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy normális eloszlású minta esetén $z \geq 1.29$.

B1.)



$y(0,2) = \mathrm{arctg}(0,2) = 0,1974$ $\quad |h| = \frac{|\Delta y|}{y_{max}} = 1,3\%$ (1)

B2.) Két időfüggvény egyszerre történő megjelenítésére. Működés: a megjelenítés során kis időszeletekben a egyik, majd a másik csatorna jelét rajzolja felváltva.

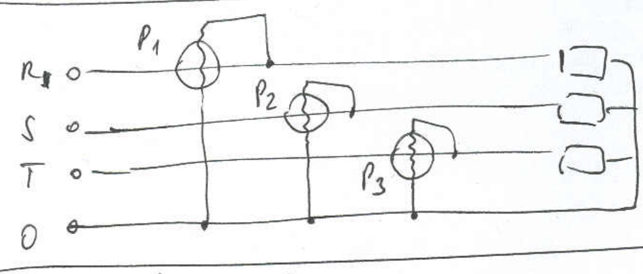


(1)

B3.) $\Delta I = \frac{op}{100} \cdot I_{max} = 30mA$ $\quad \frac{\Delta I}{I} = \frac{op}{100} \cdot \frac{I_{max}}{I} = 1,2\%$ (1)

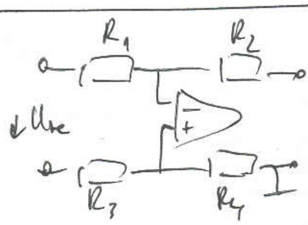
B4.) $SNR = 10\lg \frac{P_{jel}}{P_{zaj}} = 10\lg \frac{U_{eff,jel}^2}{U_{eff,zaj}^2} = 10\lg \frac{1}{0,05^2} \cong 26dB$ (1)

B5.)



$P = P_1 + P_2 + P_3$ (1)

B6.)

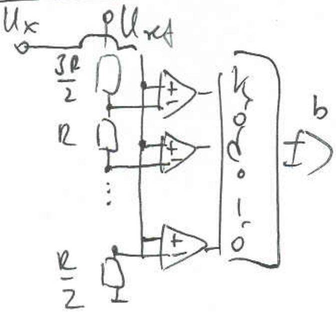


(1)

$A_u = -\frac{R_2}{R_1} = -2$ (1)

$R_1 = R_3 = 10k\Omega \quad R_2 = R_4 = 20k\Omega$ (2)

B7.)

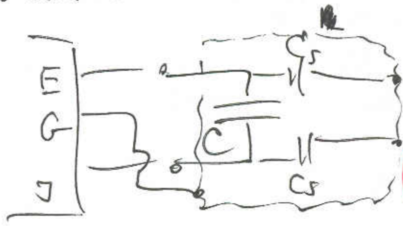


(1)

B8.) 3 rez => szórt impedancia nem okoz hibát, vezetékell. okoz. $\quad z = \frac{1}{j\omega C}$

$h_1 = \frac{|Z_m| - |Z|}{|Z|} = 0,2\% \to$ elh. $\quad h_2 = \frac{|Z_m - Z|}{|Z|} = 6,28\%$

(mindkettő elfogadható!) (1)



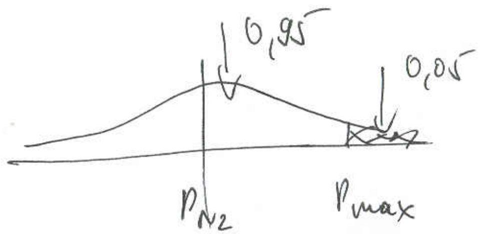
(1) (2)

B I. $P_1 = 200W$ $\quad \Delta P_1 = h \cdot 200W = 20W$ $\quad \sigma_1 = \frac{\Delta P_1}{\sqrt{3}} = 11{,}55W$ $\quad \sigma_{N1} = \sqrt{N_1} \cdot \sigma_1 = 115{,}5W$ $\quad P_{N1} = N_1 \cdot P_1 = 20kW$ 1

$\Delta P = \sigma_{N1} \cdot z_{0,01} = 258{,}65W$
(centrális határeloszlás-tétel miatt)

$P[P_{N1} - \Delta P < P < P_{N1} + \Delta P] = 98\%$

$P[19741W < P < 20259W] = 98\%$ 2



egyoldali konfidencia-intervallum

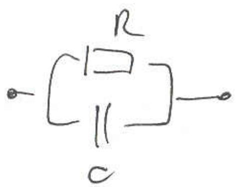
$N_2 P_1 + \sqrt{N_2} \cdot \sigma_1 \cdot z_{0,05} = P_{max} \Rightarrow M^2 P_1 + M\sigma_1 z_{0,05} - P_{max} = 0$

$\sqrt{N_2} = M > 0!$ $\quad M_{1,2} = \frac{-\sigma_1 z_{0,05} \pm \sqrt{\sigma_1^2 z_{0,05}^2 + 4P_1 P_{max}}}{2P_1} =$

$= 8{,}613$, $\quad N_2 = [M^2] = 74 = [74{,}18]$ 2

5

B II. $|Z| = R_N \cdot \frac{U_z}{U_N} = 318{,}37\Omega$ $\quad \cos\varphi = \frac{U_g^2 - U_N^2 - U_z^2}{2U_N U_z} = 0{,}0031$ $\quad \varphi = 1{,}5677 = 89{,}82°$ 1



$Y = \frac{1}{R} + j\omega C = \frac{1}{|Z|}[\cos\varphi + j\sin\varphi] \Rightarrow R = \frac{|Z|}{\cos\varphi} = 102{,}7k\Omega$ $\quad \Big| \; C = \frac{\sin\varphi}{|Z|\omega} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{|Z|\omega} \cong 10\mu F$ 2

$R = |Z|\frac{1}{\cos\varphi} = R_N \cdot \frac{U_z}{U_N} \cdot \frac{2U_N U_z}{[U_g^2 - U_N^2 - U_z^2]} = \frac{2R_N U_z^2}{[\;\;]}$ $\quad \frac{\partial R}{\partial U_z} = R_N \frac{4U_z(U_g^2 - U_N^2)}{[\;\;]^2}$ $\quad \frac{\Delta R}{R} = \frac{2(U_g^2 - U_N^2)}{[\;\;]} \cdot h \approx 1000\%$!

2

5