Méréstechnika zárthelyi

A csoport

2016. május 20.

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 mérés kiértékelésekor mely esetekben szükséges korrekciót alkalmazni? (1 pont)

2. Rajzold fel az induktív osztó kapcsolási rajzát, és add meg a kimeneti és a bemeneti feszültség viszonyát a kapcsolás paramétereivel! Használható-e az osztó egyenáramon? (1 pont)

3. Egy 0.6 V csúcsértékű háromszögjelet 30 mV szórású fehérzaj terhel. Mekkora a két jel összegének effektív értéke? Hány dB a jel-zaj viszony? (2 pont)

4. Egy $R = 20\ \Omega$ névleges értékű ellenállást 4 vezetékes módszerrel mérünk. A mérőfrekvencia 50 Hz, a mérővezetékek ellenállása 0.1 – 0.1 Ω. Mekkora az ellenállásmérés hibája legkedvezőtlenebb esetben, ha a feszültség és az áram mérésének hibája egyaránt 0.5%? A műszerben található volt- és ampermérő ideális, azaz $R_v = \infty$ és $R_a = 0$. (2 pont)

5. Fogalmazd meg az időtartománybeli mintavételi tételt! (A tételhez nemcsak a feltétel, hanem az állítás is hozzátartozik!) (1 pont)

6. Mire alkalmas a digitális oszcilloszkópok *pre trigger* funkciója? (1 pont)

7. $f = 500$ Hz névleges frekvenciájú szinuszos jelet mintavételezünk $f_s = 25$ kHz frekvenciával. Hány pontos DFT-t végezzünk, ha a jel frekvenciáját $h = 0.1\%$ relatív hibával szeretnénk a spektrum alapján megmérni? (1 pont)

8. Rajzold fel a szukcesszív approximációs AD-átalakító blokkvázlatát, és ismertesd működését! (1 pont)

I. Egy iroda villamosenergia-fogyasztásának becsléséhez gyűjtünk adatokat. Feltételezhetjük, hogy a napi fogyasztás eloszlása normális. Egy héten 5 munkanap fogyasztását megmérve a következő adatokat kaptuk:

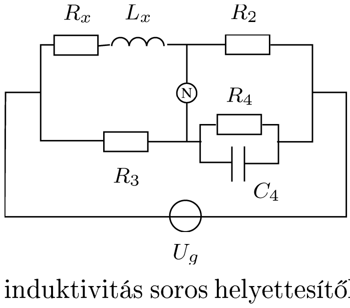
114.8   118.3   121.4   134.3   131.0 kWh

a) A mérési eredmények alapján add meg a napi átlagos fogyasztásra vonatkozó $p = 99\%$ szintű konfidencia-intervallumot!

b) Több mérés alapján munkanapokon az átlagos fogyasztás $W_1 = 120$ kWh, szórása $\sigma_1 = 4$ kWh. Add meg azt az energiamennyiséget, amelyet az éves fogyasztás $p = 99\%$ valószínűséggel nem lép túl! (Az egyszerűség kedvéért feltételezhetjük, hogy a hét további napjain nincs fogyasztás, és az évben pontosan 52 hét van.)

(5 pont)

II.



Az ábrán látható ún. Maxwell–Wien-híd induktivitás soros helyettesítőképét (L_x, R_x) méri. Az állítható elemek R_4 és C_4, $R_2 = R_3 = 250\ \Omega$.

a) Add meg a kiegyenlítés feltételét, valamint L_x és R_x értékét, ha $f = 60$ Hz mellett $R_4 = 8$ kΩ és $C_4 = 6\ \mu$F!

b) Add meg az induktivitás párhuzamos helyettesítőképét az elemértékekkel együtt!

c) A mérőhíd ellenállásainak tűrése 0.1%, a kondenzátoroké 0.3%. Add meg R_x és L_x mérésének relatív hibáját!

(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 $t \geq 1.325$.

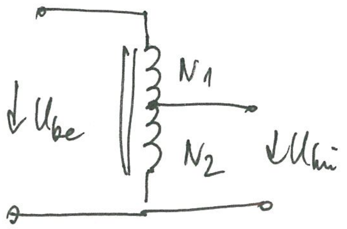
A normális eloszlás táblázata

	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	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., Amennyiben rendszeres hiba lép fel. [1]

A2.,



$$\frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{N_2}{N_1+N_2}$$, egyenáramon nem használható. [1]

A3., $U_x = \frac{0,6}{\sqrt{3}} V$ $U_n = 0,03\,V$ $U_{eff} = \sqrt{U_x^2+U_n^2} = 0,3477\,V$ 1

$SNR = 10 \lg \frac{P_{jel}}{P_{zaj}} = 20 \lg \frac{U_x}{U_n} \cong 21,25\,dB$ 1

[2]

A4., 4 vez. mérés: mérővezetékek ellenállása nem okoz hibát. 1

$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} = 1\%$ 1

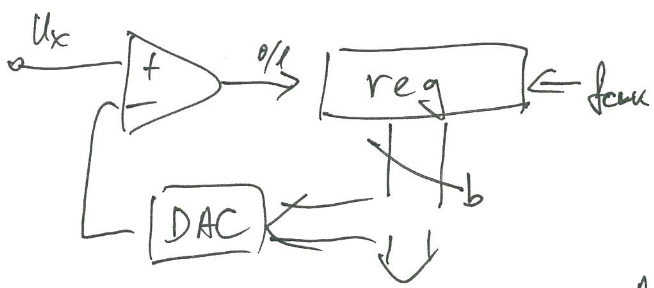
[2]

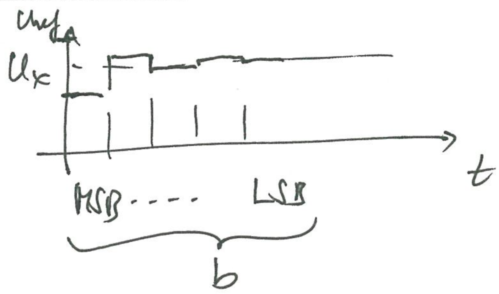
A5., Ha egy (tranziens) jel sávkorlátozott B sávkorláttal, $f_s > 2B$ frekvenciával egyenletesen mintavételezve az időfüggvény a mintákból helyreállítható. [1]

A6., A triggeresemény előtti jelrészlet megjelenítésére. [1]

A7., $\Delta f = f_{x,max} \cdot h = 0,5\,Hz$ $N = \frac{f_s}{\Delta f} = 50000$ [1]

A8.,





[1]

A regiszter bitjeit az MSB ... LSB sorrendben bebillenti, és a komparátor kimenetétől függ, hogy az adott bitre szükség van-e. Ha igen, 1-ben marad, egyébként 0 és ugrik a köv. bitre.

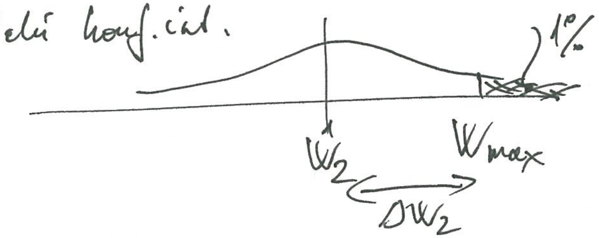
A I.) $\hat{W} = \frac{1}{N_1}\sum_{i=1}^{N_1} W_i = 123{,}96\,kWh \quad (N_1=5)$ $s = \sqrt{\frac{1}{N_1-1}\sum_{i=1}^{N_1}(W_i-\hat{W})^2} = 8{,}3512\,kWh$ (1)

$\Delta W = \frac{s}{\sqrt{N_1}}\cdot \underbrace{t_{4;0,005}}_{4,595} = 17{,}161\,kWh$ $p\left[\hat{W} - \Delta W < W < \hat{W} + \Delta W\right] = 1-b \qquad b = 0{,}01$

(5)

$p\left[106{,}8\,kWh < W < 141{,}1\,kWh\right] = 99\%$ (2)

Maximális fogyasztás: egyoldali konf. int.



$\hat{W}_2 = N_2 \cdot W_1 = 31{,}2\,MWh \quad (N_2 = 5\cdot 52 = 260)$

$\Delta W_2 = \sqrt{N_2}\cdot \sigma_1 \cdot \underbrace{z_{0,01}}_{2,24} = 144{,}5\,kWh$ (2)

student → norm. (C.H.T.) $W_{max} = \hat{W}_2 + \Delta W_2 = 31{,}346\,MWh$

A II.) $\frac{R_x + j\omega L_x}{R_3} = R_2 Y_4 = R_2(G_4 + j\omega C_4)$

$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} = 7{,}8125\,\Omega$

$L_x = R_2 R_3 C_4 = 375\,mH$ (2)

$\frac{1}{R_p} + \frac{1}{j\omega L_p} = \frac{1}{R_x + j\omega L_x} \Rightarrow R_p = \frac{R_x^2 + \omega^2 L_x^2}{R_x} = 2569\,\Omega$ (2)

$L_p = \frac{R_x^2 + \omega^2 L_x^2}{\omega^2 L_x} = 376{,}7\,mH$

$\frac{\Delta R_x}{R_x} = 3\cdot 0{,}1\% = 0{,}3\%$ (1)

$\frac{\Delta L_x}{L_x} = 2\cdot 0{,}1\% + 0{,}3\% = 0{,}5\%$

(5)

Méréstechnika zárthelyi

B csoport

2016. május 20.

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. A mérési bizonytalanság szabványos kiértékelése során hogyan kell kezelni a rendszeres hibát? (1 pont)

2. Rajzold fel a kapacitív osztó kapcsolási rajzát, és add meg a kimeneti és a bemeneti feszültség viszonyát a kapcsolás paramétereivel! Használható-e az osztó egyenáramon? (1 pont)

3. Egy 0.5 V effektív értékű négyszögjelet 30 mV szórású fehérzaj terhel. Mekkora a két jel összegének effektív értéke? Hány dB a jel-zaj viszony? (2 pont)

4. Egy $R = 20\ \Omega$ névleges értékű ellenállást 3 vezetékes módszerrel mérünk. A mérőfrekvencia 50 Hz, a mérővezetékek ellenállása 0.1 – 0.1 Ω. Mekkora az ellenállásmérés hibája legkedvezőtlenebb esetben, ha a feszültség és az áram mérésének hibája egyaránt 0.5%? A műszerben található volt- és ampermérő ideális, azaz $R_v = \infty$ és $R_a = 0$. (2 pont)

5. Hogyan kell specifikálni a mintavételezéshez szükséges átlapolásgátló szűrőt? (Pontos leírást kérünk, ábra esetén a fontos mennyiségek megjelölésével!) (1 pont)

6. Mire alkalmas a digitális oszcilloszkópok *hold off* funkciója? (1 pont)

7. Egy DFT-analizátor $f_s = 48$ kHz mintavételi frekvenciával vesz mintát, és $N = 2000$ pontos transzformációt hajt végre. Egy szinuszos jel frekvenciáját ezen az analizátoron $f_m = 432$ Hz-nek mérjük. (Ezen a frekvencián található a legnagyobb abszolút értékű csúcs.) Mekkora lehetett a jel frekvenciája? (1 pont)

8. Rajzold fel a párhuzamos AD-átalakító (flash-konverter) blokkvázlatát! Mi az egyes egységek feladata? (1 pont)

I. Egy iroda villamosenergia-fogyasztásának becsléséhez gyűjtünk adatokat. Feltételezhetjük, hogy a napi fogyasztás eloszlása normális. Egy hónapban 20 munkanap fogyasztását megmérve azt kaptuk, hogy az átlag $\bar{W} = 112.5$ kWh, a tapasztalati szórás $s = 4.1$ kWh.

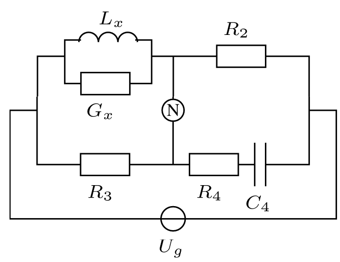
a) A mérési eredmények alapján add meg a napi átlagos fogyasztásra vonatkozó $p = 95\%$ szintű konfidencia-intervallumot!

b) Az iroda kedvezményt kap az áramszolgáltatótól, ha éves fogyasztása elér egy minimális szintet. Add meg azt az energiamennyiséget, amelyet az éves fogyasztás $p = 95\%$ valószínűséggel elér! (Az egyszerűség kedvéért feltételezhetjük, hogy a hét végén nincs fogyasztás, és minden hónapban pontosan 20 munkanap van, továbbá a tapasztalati szórás megegyezik a valódi szórással.)

c) Megközelítően milyen intervallumban mozog a napi fogyasztás?

(5 pont)

II.



Az ábrán látható ún. Hay-híd induktivitás párhuzamos helyettesítőképét (L_x, G_x) méri. Az állítható elemek R_4 és C_4, $R_2 = R_3 = 2.5$ kΩ.

a) Add meg a kiegyenlítés feltételét, valamint L_x és G_x értékét, ha $f = 400$ Hz frekvencián $R_4 = 625\ \Omega$ és $C_4 = 14$ nF!

b) Add meg az induktivitás soros helyettesítőképét is az elemértékekkel együtt!

c) A mérőhíd adatai $T = 20$ °C-on érvényesek. Add meg G_x és L_x mérésének relatív hibáját, ha az ellenállások hőfokfüggése $\alpha_1 = +50$ ppm/°C, a kondenzátoroké $\alpha_2 = +100$ ppm/°C, és a mérést $T = 25$ °C-on végeztük!

(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 $t \geq 1.325$.

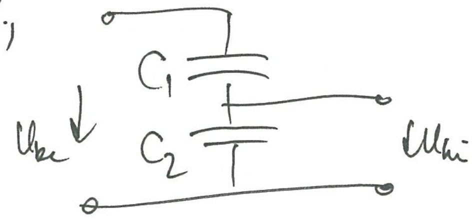
A normális eloszlás táblázata

	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	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., Korrekciót kell alkalmazni; és a továbbiakban a korrigált függvény-kapcsolattal számolni. 1

B2.,



$\frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{C_1}{C_1+C_2}$, használható egyenáramon 1

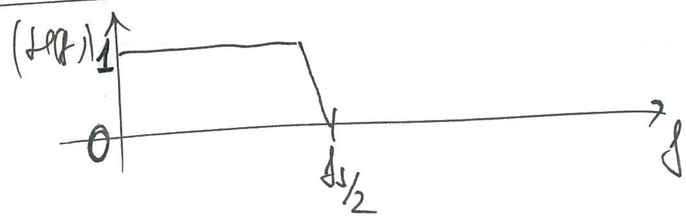
B3., $U_x = 0,5V$ $U_n = 0,03V$ $U_{eff} = \sqrt{U_x^2+U_n^2} = 0,5009V$ 1 2

$SNR = 10 \lg \frac{P_{jel}}{P_{zaj}} = 20 \lg \frac{U_x}{U_n} \simeq 24,44 \, dB$ 1

B4., 3 vez. mérés: hibát okoz a mérővezetékek ellenállása. 1 2

$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2R_s}{R_x} = 2\%$ 1

B5.,

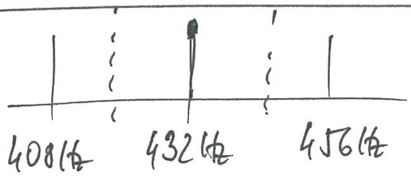


f_s: mv. frekvencia 1

B6., A triggerfeltételt egy perióduson belül többször teljesítő jel helyes megjelenítésére. 1

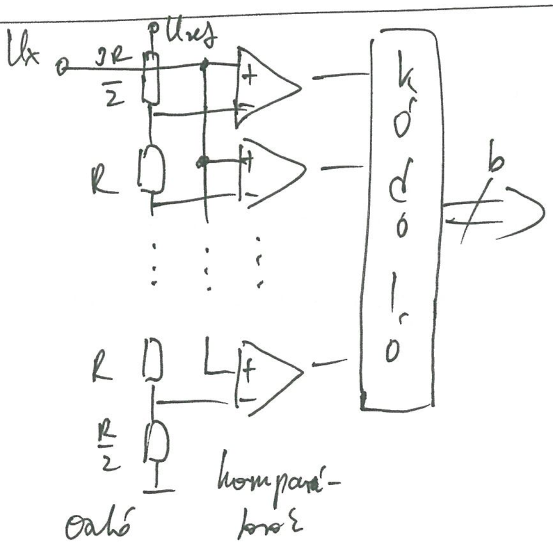
B7., $\Delta f = \frac{f_s}{N} = 24Hz$ $f_m = 18 \cdot \Delta f$

$f_x = f_m \pm \frac{\Delta f}{2} = [420 \ldots 444] Hz$



1

B8.,



A komparátorok kimenete meghatározza, hogy melyik átalakítási szinthez tartozik U_x. A kódoló ebből bináris formátumot készít. 1

B I.) $\hat{W} = \bar{W} = 112{,}5\ kWh \quad s = 4{,}1\ kWh \quad N_1 = 20\ , \quad \Delta W_1 = \frac{s}{\sqrt{N_1}} \cdot \underbrace{t_{19;\,0{,}025}}_{2{,}093} = 1{,}9188\ kWh$

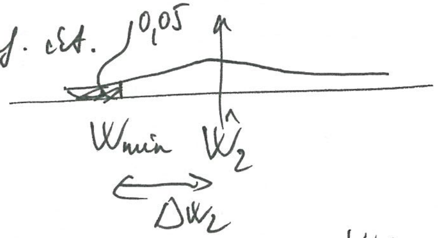
5

$$P\left[\hat{W} - \Delta W_1 < W < \hat{W} + \Delta W_1\right] = 1 - b \qquad b = 0{,}05$$

$$P\left[110{,}6\ kWh < W < 114{,}4\ kWh\right] = 95\%$$

2

Minimális fogyasztás: egyoldalú konf. int.



$N_2 = 12 \cdot 20 = 240 \qquad \hat{W}_2 = N_2 \cdot \hat{W} = 27\ MWh$

$\sigma_1 \approx s \qquad \Delta W_2 = \sqrt{N_2} \cdot \sigma_1 \cdot \underbrace{z_{0{,}05}}_{1{,}64} = 104{,}2\ kWh$

$W_{min} = \hat{W}_2 - \Delta W_2 = 26{,}896\ MWh$ 2

1

Napi fogyasztás a $\pm 3\sigma_1$ tartományban: $\Delta W_3 = 3\sigma_1 = 12{,}3\ kWh \Rightarrow W \in [100{,}2\ kWh,\ 124{,}8\ kWh] \approx [100;\ 125]\ kWh$

B II.) $\dfrac{1}{R_3\left(G_x + \frac{1}{j\omega L_x}\right)} = \dfrac{R_2}{R_4 + \frac{1}{j\omega C_4}} \qquad \dfrac{1}{G_x + \frac{1}{j\omega L_x}} = R_s + j\omega L_s$

5

$G_x = \dfrac{R_4}{R_2 R_3} = 100\ \mu S \quad (R_x = 10\ k\Omega)$

$L_x = R_2 R_3 C_4 = 87{,}5\ mH$

2

$R_s = \dfrac{\omega^2 L_x^2 G_x}{1 + \omega^2 L_x^2 G_x^2} = 4{,}834\ \Omega$

$L_s = \dfrac{L_x}{1 + \omega^2 L_x^2 G_x^2} = 87{,}45\ mH$

2

$h_1 = \Delta T \alpha_1 = 5°C \cdot 50\ \frac{ppm}{°C} = 250\ ppm$
$h_2 = \Delta T \alpha_2 = 5°C \cdot 100\ \frac{ppm}{°C} = 500\ ppm$
} rendszeres hibák

$\dfrac{\Delta G_x}{G_x} = h_1 - 2h_1 = -h_1 = -250\ ppm$

$\dfrac{\Delta L_x}{L_x} = 2h_1 + h_2 = 1000\ ppm$

1