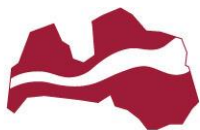


Decembris 27, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds



Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta
projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas
zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu
nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas
piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

Atskaite par projekta uzdevumiem 2.3., 3.1.,
3.2, 4.1., 4.2.

2018

Satura radītājs

1. U2.3. Iekārtas prototipa salikšana un laboratorijas testēšana (papildinājums).....	4
1.1. MATLAB signālu ģenerators uzlabojumi.....	4
Izmaiņas MATLAB GUI.....	4
Izmaiņas ģenerators kontrollera kodā.....	5
1.2. Radiovadības uztvērēja modificēšana.....	5
1.3. Akumulatora aizsardzība.....	6
2. U3.1. Testēšanas plāna izstrāde.....	7
2.1. Skaņas izplatīšanās testēšanas procedūras.....	7
Teorētiskais pamatojums.....	7
Mērījumi (praktiskā daļa).....	9
Iespējamās vietas, kur var veikt testēšanu:.....	9
Hidrofona kalibrēšanas procedūra:.....	9
Skaļruņa kalibrēšanas procedūra.....	9
Mērīšanas procedūra.....	9
Rezultātu apstrāde.....	10
3. U3.2. Iekārtas testēšana.....	11
3.1. Hidrofona kalibrēšana.....	11
3.2. Skaļruņa jutības analīze.....	12
3.3. Signāla pārraides testēšana.....	12
3.4. Pilna prototipa testēšana Ķīpsalas jahtu piestātnē.....	15
3.5. Iekārtas testēšana reālos apstākļos.....	18
3.5.1. Pirmais testēšanas etaps.....	18
3.5.2. Otrais testēšanas etaps.....	18
3.5.3. Trešais testēšanas etaps: izmēģinājums ilgtermiņā.....	19
3.5.4. Testēšanas laikā pamanītie trūkumi.....	20
3.5.5. Rekomendācijas no zvejniekiem.....	21
3.6. Iekārtas uzlabojumu pārskats un realizācijas.....	22

3.6.1. Jaunā tipa zemūdens raidītāja izmantošana	23
3.6.2. Specifiskā pastiprinātāja uzlabošana.....	36
3.6.3. Atbaidītāja konstrukcijas uzlabošana	40
U4.1. Zinātnisku rakstu izstrāde	45
Design of acoustic signals for seal deterrent device	46
Using solar power in an acoustic deterrent device for seals	52
4. U4.2. Populāri-zinātniskā raksta izveide	58
1. Pielikums. Airmar Zemūdens skaļruņa impedances mērījumi.....	63
2. Pielikums. Publikācijas medijos.....	65
2.1. Pielikums Zivju lapa	65
2.2. Pielikums. RTU mājaslapa	67

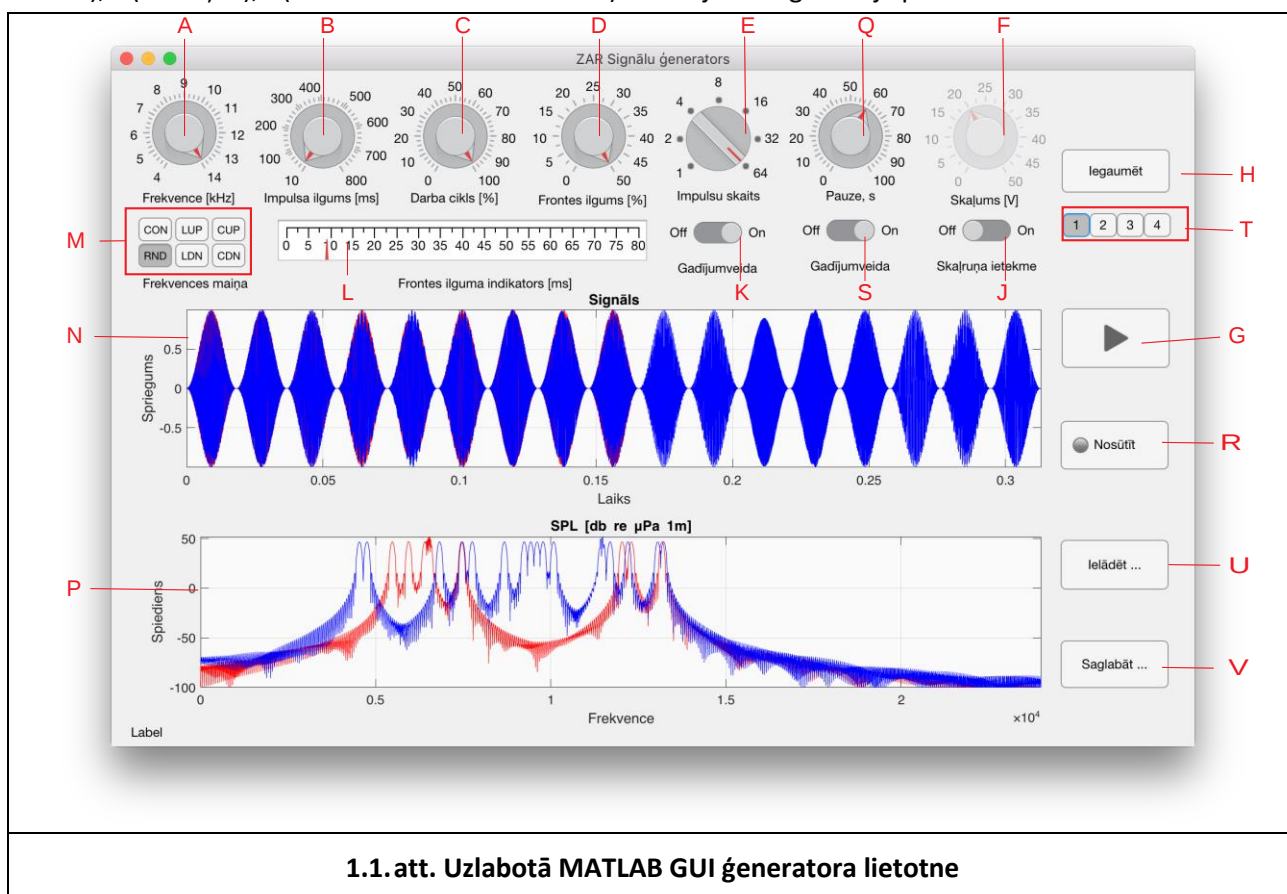
1. U2.3. Iekārtas prototipa salikšana un laboratorijas testēšana (papildinājums)

1.1. MATLAB signālu ģenerators uzlabojumi.

Izmaiņas MATLAB GUI

Lai uzlabotu programmatūras lietošanas ērtību testu laikā tika ieviesta ģenerators parametru saglabāšana failā un parametru nolasīšana no faila. Nospiežot taustiņu U tiek izsaukts dialogs kur var izvēlēties ‘.mat’ failu no kura var ielādēt ģenerators visu četru programmu konfigurāciju. Savukārt, nospiežot taustiņu V tiek aizsaukts dialogs lai izvēlētos .mat failu kur tiks saglabāta vis četru programmu konfigurācija kā arī diskretizācijas frekvence un daži iekšējie parametri kas ir nepieciešami pareizai skaņas programmu ielādei. Ir vērts piebilst, ka dotā funkcionalitāte ievērojami atvieglo darbu ar programmu, jo nav katrreiz pārstartējot programmu jāiestāda visu četru programmu parametri.

Sakarā ar jauno taustiņu pievienošanu tika izmainīts taustiņu H (iegaumēt parametrus), T(programmas izvēle), G(atskaņot), R(nosūtīt uz mikrokontrolieri) izvietojums loga labajā pusē.



1.1. att. Uzlabotā MATLAB GUI ģenerators lietotne

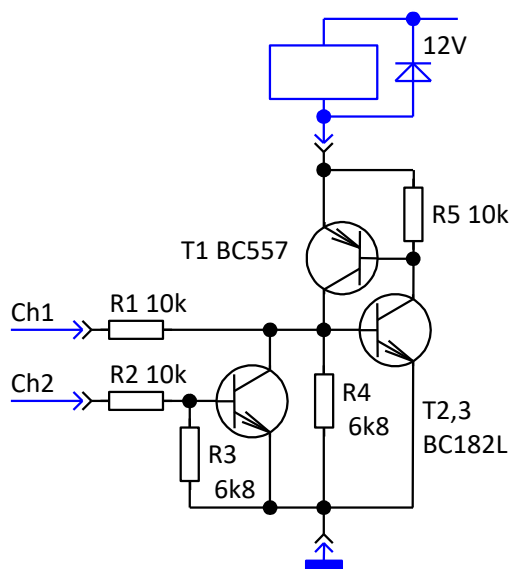
Izmaiņas ģeneratora kontrollera kodā

1.2. Radiovadības uztvērēja modificēšana

Risinājums: Uztvērēju jāmodificē tā, lai 1. pogas komanda ieslēgtu 1. kanāla releju, bet 2. pogas komanda - izslēgtu. Pārējās pogas (3. un 4.) paliek ierīces režīmu pārslēgšanai.

- ieeja Ch1 oriģinālā - t.s. digitālā tranzistora (ar iebūvētiem rezistoriem bāzes ķēdē, kas ļauj vadīt tieši ar loģisku līmeni) ieejā. Q1 oriģinālā vadīja 1. kanāla releju;
- Ch2 - attiecīgi Q2 ieeja (abi Q1, Q2 demontēti).

Modificētā slēgumā augsts līmenis (5V) no Ch1 atver tiristora struktūru T1,T2. Un tā paliek atvērta (iedarbinot 1. kanāla releju), līdz augsts līmenis Ch2 ieejā atver tranzistoru T3, kas aizver tiristora struktūru.

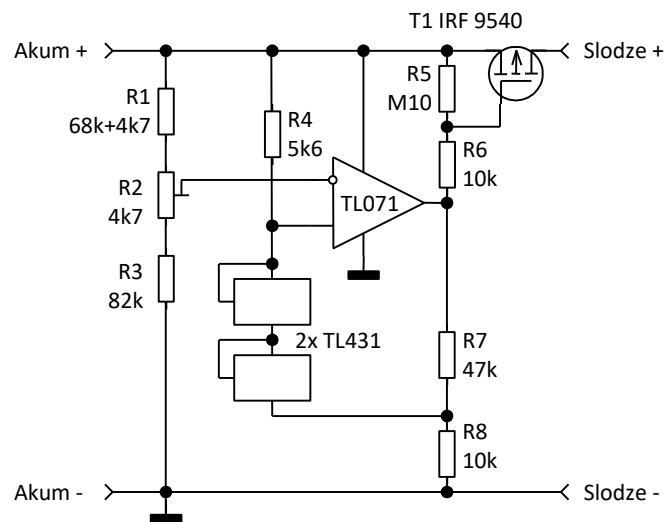


1.3. Akumulatora aizsardzība

Problēma: Iekārtā izmantotajā LP12V60AH+ akumulatorā nav iebūvēta nekāda balansēšanas un aizsardzības pret pārāk dziļu izlādi shēma. Ražotājs garantē, ka balansēšanas shēma neesot vajadzīga. Toties par aizsardzību pret pārāk dziļu izlādi jāparūpējas lietotājam. Dokumentācijā norādīts, ka izlāde līdz 11,0V izraisa vienas vai vairāku šūnu neatgriezeniskus bojājumus.

Risinājums: Starp akumulatoru un slodzi (iekārtas pārējo daļu) tiek ieslēgta aizsardzības shēma, kas pārtrauc slodzes barošanu, akumulatora spriegumam samazinoties līdz 11,5V. Pati shēma patērē ap 5mA, un akumulatora tālāka izlāde līdz kritiskajam 11,0V spriegumam ilgs vairākas diennaktis.

Akumulatora spriegumam sasniedzot 12,0V (uzlādes laikā), shēma atgriežas normālā stāvoklī, atverot lauk tranzistora T1 slēdzi.



2. U3.1. Testēšanas plāna izstrāde

2.1. Skaņas izplatīšanās testēšanas procedūras

Teorētiskais pamatojums

- Skaņas līmeni SPL mēra kā spiedienu p . Ja spiedienu izsaka dB, tad to sauc par SPL:

$$SPL = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right), \quad (1)$$

kur $p_0=1\mu\text{Pa}$. Ja jānosaka spiediens pie dotā SPL tad lieto formulu

$$p = p_0 \cdot 10^{SPL/20} \quad (2)$$

- Hidrofona jūtību mēra V/Pa. Parasti jūtību izsaka dB pret 1 V/ μPa . Hidrofonam TC4032-1 jūtība ir aptuveni -170 dB. Tātad pie spiediena $1\mu\text{Pa}$ hidrofans ģenerē spriegumu ar efektīvo vērtību $10^{\frac{-170}{20}} = 3.2 \cdot 10^{-9} \text{V}$. Šis lielums liecina par ļoti augstu hidrofona jūtību salīdzinot ar citiem hidrofoniem.
- Ja ir nepieciešams noteikt SPL pēc nomērītā sprieguma efektīvās vērtības U , tad izmanto formulu:

$$SPL = 20 \log\left(\frac{U}{U_0}\right), \quad (3)$$

kur U_0 ir sprieguma efektīvā vērtība pie viena μPa spiediena. Piemēram, ja hidrofans TC4032-1 ģenerē 32mV, tad skaņas spiediens ir

$$SPL = 20 \log\left(\frac{3.2 \cdot 10^{-2}}{3.2 \cdot 10^{-9}}\right) = 140 \text{dB re } 1\mu\text{Pa}. \quad (4)$$

.Ir vērts atzīmēt, ka skaļruņa jūtību mēra apgrieztās vienībās dB pret 1 $\mu\text{Pa/V}$. Piemēram, ja skaļruņa jūtība ir 160 dB 1 $\mu\text{Pa/V}$, tad pie sprieguma efektīvās vērtības 10V uz skaļruņa spailēm tas 1m attālumā rada spiedienu

$$p = 10 * 10^{\frac{160}{20}} * 10^{-6} = 10^3 \text{ Pa} \quad (5)$$

$$SPL = 20 \log\left(\frac{10^3}{10^{-6}}\right) = 180 \text{ dB re } 1\mu\text{Pa}.$$

- Ja hidrofans TC4032-1 atrastos 1m attālumā no šāda skaļruņa, hidrofonam pie spiediena 10^3 Pa būtu jāģenerē spriegums ar efektīvo vērtību

$$U = U_0 10^{SPL/20} = 3.2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{180/20} = 3.2 \text{V} \quad (6)$$

- Ja attālums starp hidrofonu un skaļruni nav 1m, tad ūdens vājinājums (kopā ar kabeļa un priekpšastirpinātāja ietekmi) tiek pieskaitīti hidrofonā reģistrētajam SPL. Seklā ūdenī var izmantot empīrisku spiediena vājinājuma formulu $K = N \log(R)$, kur R ir attālums un N ir empīrisks koeficients, kas parasti ir 15. Ja ir nepieciešams veikt precīzāku aprēķinu var izmantot avotu (Müller & Zerbs, 2011). Tabula ar vājinājumiem atkarībā no attāluma ir dota zemāk:

•

R, m	1	2	5	10	50	100	200	500	1000
K, reizes	0	5	10	15	25	30	35	40	45
K, dB	0	13	20	24	28	30	31	32	33

- Piemēram, dotais hidrofons ar jutību -170dB ģenerē 32mV. Šādā gadījumā dotajā punktā spiediens ir

$$SPL = 20 \log\left(\frac{3.2 \cdot 10^{-2}}{3.2 \cdot 10^{-9}}\right) = 140dB, \quad (7)$$

kas atbilst $p = p_0 \cdot 10^{SPL/20} = 10Pa$. Ja skaļrunis ir novietots 1000m attālumā, tad vājinājums ir $K = 15 \log(1000) = 45$ reizes, jeb $20 \log(45) = 33dB$. Novērtētais skaņas spiediens 1m attālumā no skaļruņa būs

$$p = 10 * 15 \log(1000) = 450Pa \quad (8)$$

, jeb

$$SPL = 20 \log\left(450/10^{-6}\right) = 173dB \text{ re } 1\mu Pa \quad (9)$$

To pašu rezultātu iegūstam, ja saskaitām nomērīto spiedienu un izrēķināto vājinājumu

$$SPL = 140 + 33 = 173dB \text{ re } 1\mu Pa \quad (10)$$

- Katram mērījumu instrumentārijam, kurā ietilpst hidrofons, audio pastiprinātājs un ACP, ir nepieciešama kalibrēšana. Labāk kalibrēt visu sistēmu kopā, bet ja tas nav iespējams kalibrē katru elementu atsevišķi. Kalibrēšanai var izmantot iekārtu, kas ģenerē zināma līmeņa skaņas spiedienu. Gaisā parasti izmanto iekārtu, kas saucas "pistonphone".
- Hidrofonam ir kalibrēšanas ieeja, uz kuru padodot sinusoidālu signālu ar amplitūdu līdz 10V, var nomērīt iebūvētā priekšpastiprinātāja, kabeļa un input module kopējo pastiprinājumu.
- Liela nozīme ir reģistrējošās iekārtas ACP. Mūsu gadījumā būtu vēlams izmantot portatīvu osciloskopu, vai USB osciloskopu, kas jau ir kalibrēti.
- Ir jāņem vērā, ka jūtīgiem un līdz ar to liela izmēra hidrofoņiem ir samērā izteikta virziendarbība, ka pieaug pieaugot frekvencei. Virziendarbību >10kHz var izraisīt arī hidroфона aizsargrežģis.
- Pirms iemērcēšanas ūdenī hidrofons ir jāmitrina (jānotīra ar spirtu) tādējādi novēršot gaisa burbuļu, kas ietekmē mērījumus, rašanos uz hidroфона virsmas.
- Pastāv tuvā lauka (near-field) un tālā lauka (far-field) mērījumi. Tālais lauks ir tad, kad skaļruni var uzskatīt par punktveida avotu un nav nekādu atstarošanas.
- Informācija ir iegūta no avota (Robinson, Lepper, Paul, & Hazelwood, 2014).

Mērījumi (praktiskā daļa)

Iespējamās vietas, kur var veikt testēšanu:

- Noskaņošanai der tilti uz Zunda kanāla.
- Gala mērījumus jāveic izbraucienā ar laivu pa ezeru vai dīķi, jo ir jānovērš skaņas atstarošanās efekts.
- Attālumam skaļrunis–hidrofons un skaņas spiedienam no skaļruņa ir jābūt tādiem lai nepārslogotu hidrofonu.

Hidrofona kalibrēšanas procedūra:

- Hidrofonam pieslēdz kabeli TL8144, input module EC6073, barošanas moduli EC6068.
- No ģenerators padod sinusoidālu 10kHz signālu ar amplitūdu 1V uz Input module EC6073 kalibrēšanas ieeju.
- Pieslēdz osciloskopu Input module izejai un izmēra signāla amplitūdu.
- Izrēķina hidrofonā iebūvētā priekšpastiprinātāja, kabeļa un input module kopējo pastiprinājumu.
- Mērījumu reģistrācijai izmanto zemāk doto tabulu.

N.p.k.	Ieejas U_m , V	Izejas U_m , V	K_{hid} , reizes	K_{hid} , dB
	0.1			
	1.0			

Skaļruņa kalibrēšanas procedūra

- Skaļruni notīra ar spirtu un iegremdē ūdenī.
- Hidrofonam pieslēdz kabeli TL8144, input module EC6073, barošanas moduli EC6068.
- Ar spirtu notīra hidrofonu un ievieto ūdenī 1m attālumā no skaļruņa.
- No ģenerators padod sinusoidālu 10kHz signālu ar 10mV amplitūdu uz pastiprinātāju, kura izejā ir pieslēgts skaļrunis.
- Ar osciloskopu nomēra ieejas signāla amplitūdu pastiprinātāja ieejā, uz skaļruņa.
- Ar osciloskopu nomēra signāla amplitūdu input module izejā.
- Izrēķina SPL un ieraksta tabulā.
- Atkārti mērījumus, kamēr SPL hidrofona atrašanās vietā sasniedz 180dB. Šajā gadījumā input module izejā jābūt signālam ar amplitūdu aptuveni $U_m = K_{hid} \cdot 3.2 \cdot \sqrt{2} = K_{hid} \cdot 4.5V$.)
- Mērījumu reģistrācijai izmanto zemāk doto tabulu.

N.p.k.	U_m past. ieejā	Skaļruņa U_m	U_m hidrofonā	SPL 1m	K_{sk} , dB
	0.01				
	...				

Mērīšanas procedūra

- Skaļruni notīra ar spirtu un iegremdē ūdenī.
- No ģenerators padod sinusoidālu signālu ar vajadzīgo frekvenci un amplitūdu uz pastiprinātāju, kura izejā ir pieslēgts skaļrunis.
- Pieslēdz kabeli TL8144, input module EC6073, barošanas moduli EC6068.
- Ar spirtu notīra hidrofonu un ievieto ūdenī noteiktajā attālumā no skaļruņa.
- Ar osciloskopu reģistrē signāla amplitūdu input module izejā.
- Atkārti mērījumus saskaņā ar zemāk doto tabulu.

Decembris 27, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

N.p.k.	Frekvence, f	Attālums, R	Vide	U _m past. ieejā	Skaļruņa U _m	Hidrofona U _m
1	5000	1	kanāls			
2	10000	1	kanāls			
3	16000	1	kanāls			
4	5000	10	kanāls			
5	10000	10	kanāls			
6	16000	10	kanāls			
7	5000	100	kanāls			
8	10000	100	kanāls			
9	16000	100	kanāls			
10	5000	1000	kanāls			
11	10000	1000	kanāls			
12	16000	1000	kanāls			
13	5000	1	ezers			
14	10000	1	ezers			
15	16000	1	ezers			
16	5000	10	ezers			
17	10000	10	ezers			
18	16000	10	ezers			
19	5000	100	ezers			
20	10000	100	ezers			
21	16000	100	ezers			
22	5000	1000	ezers			
23	10000	1000	ezers			
24	16000	1000	ezers			

Rezultātu apstrāde

N.p.k.	Hidrofona U _m	SPL	SPL 1m
...			

3. U3.2. Iekārtas testēšana

3.1. Hidrofona kalibrēšana

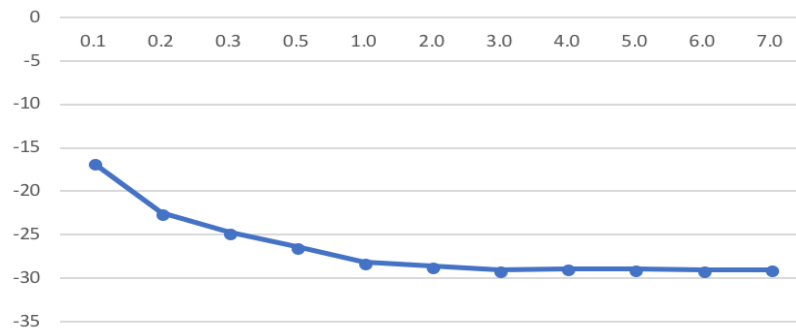
Skaņas spiediena līmeņa mērījumu veikšanai testēšanas laikā tika izmantots hidrofons TC4032-1. Pirms hidroфона lietošanas tika veikta hidroфона kalibrēšana pēc sekojoša algoritma:

- Hidrofonam pieslēdz kabeli TL8144, input module EC6073, barošanas moduli EC6068.
- No ģeneratora padod sinusoidālu 10kHz signālu uz Input module EC6073 kalibrēšanas ieeju.
- Pieslēdz osciloskopu Input module izejai un izmēra signāla amplitūdu.
- Izrēķina hidrofonā iebūvētā priekšpastiprinātāja, kabeļa un input module kopējo pastiprinājumu.

Zemāk ir doti kalibrēšanas rezultāti:

N.p.k.	Ieejas U _{ef} , mV	Izejas U _{ef} , mV	K _{hid} , reizes	K _{hid} , dB
1	100	14.5	0.1450	-16.77264
2	200	15	0.0750	-22.498775
3	300	17.4	0.0580	-24.73144
4	500	24	0.0480	-26.375175
5	1000	39	0.0390	-28.178708
6	2000	74	0.0370	-28.635966
7	3000	106	0.0353	-29.036308
8	4000	144	0.0360	-28.87395
9	5000	178	0.0356	-28.971
10	6000	212	0.0353	-29.036308
11	7000	248	0.0354	-29.012927

Input module vājinājums atkarībā no ieejas signāla līmeņa, V



3.1.att. Input moduļa vājinājums

Pēc 1. tabulas var secināt, ka ienestais “input module” vājinājums ir aptuveni -29 dB.

3.2. Skaļruņa jutības analīze

Testos tika izmantots skaļrunis LUBELL LABS LL9162T. Saskaņā ar izstrādājuma pasi vidējā jutība diapazonā no 1kHz līdz 20kHz ir aptuveni 160 dB 1 μPa/V. Tātad pie sprieguma efektīvās vērtības 10V uz skaļruņa spailēm tas 1m attālumā rada spiedienu

$$p = 10 * 10^{\frac{160}{20}} * 10^{-6} = 1000 \text{ Pa} \quad (1)$$

$$\text{SPL} = 20 \log \left(\frac{1000}{10^{-6}} \right) = 180 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$$

Tagad noteiksim kāda sprieguma efektīvā vērtība ir jāpieliek lai iegūtu 185 dB re 1μPa:

$$U = 10^{\frac{185-160}{20}} = 17.78 \text{ V} \quad (2)$$

Iegūtais skaitlis atbilst ražotāja norādītajai informācijai.

3.3. Signāla pārraides testēšana

2018. gada 20. aprīlī tika veikti signāla akustiskā signāla pārraides testi. Šo testu mērķis ir noskaidrot faktisko izstarotā skaņas signāla līmeni dažādos attālumos no zemūdens skaļruņa. Testēšana notika Ķīpsalas jahtu piestātnes teritorijā. Testēšanai tika izmantota sekojoša procedūra:

- Skaļruni iegremdē ūdenī.
- No ģeneratora padod sinusoidālu signālu ar vajadzīgo frekvenci un amplitūdu uz pastiprinātāju, kura izejā ir pieslēgts skaļrunis.
- Pieslēdz kabeli TL8144, input module EC6073, barošanas moduli EC6068.
- Noteiktajā attālumā no skaļruņa ūdenī ievieto hidrofonu.
- Ar osciloskopu reģistrē signāla amplitūdu un formu input module izejā.

Zemāk ir doti testēšanas procedūras rezultāti:

N.p.k.	f	R, m	skaļrunis		hidrofons			Psk/Phid dB
			U _{ef} , V	P, W	U _{ef_vid} , mV	P vid	SPL, dB re 1μPa	
1	5.123	1	0.09	0.002	89	0.015	198.39	8.32
2	5.123	1	0.83	0.173	700	1.000	197.39	7.61
3	5.123	1	2.11	1.109	800	1.960	190.49	2.47
4	10.123	1	0.41	0.028	160	0.060	190.69	3.28
5	10.123	1	1.21	0.245	500	0.490	191.20	3.01
6	10.123	1	2.60	1.128	900	2.250	189.68	3.00
7	15.123	1	0.52	0.025	100	0.029	184.58	0.71

8	15.123	1	1.30	0.154	300	0.160	186.16	0.17
9	15.123	1	2.61	0.617	500	0.490	184.56	-1.00
10	20.123	1	2.95	0.397	100	0.029	169.49	-11.37
11	5.123	19.5	4.77	3.600	300	0.490	174.87	-8.66
12	10.123	19.5	0.82	0.113	55	0.012	175.40	-9.62
13	10.123	19.5	2.08	0.724	105	0.077	172.94	-9.72
14	10.123	19.5	3.74	2.327	220	0.168	174.30	-11.41
15	10.123	19.5	5.23	4.556	350	0.621	175.41	-8.66
16	15.123	19.5	4.10	3.300	200	0.250	172.66	-11.21
17	20.123	19.5	4.50	0.800	50	0.029	159.81	-14.42
18	5.123	133	1.20	0.357	20	0.001	163.37	-23.93
19	5.123	133	2.67	1.785	35	0.005	161.24	-25.49
20	5.123	133	5.88	8.658	70	0.024	160.40	-25.51
21	10.123	133	0.94	0.147	17	0.001	164.06	-22.72
22	10.123	133	2.34	0.910	50	0.007	165.51	-21.42
23	10.123	133	4.71	3.695	100	0.030	165.44	-20.92
24	15.123	133	0.83	0.063	8.2	0.000	158.76	-28.00
25	15.123	133	2.34	0.499	14.5	0.001	154.73	-29.03
26	15.123	133	5.38	2.634	35.52	0.003	155.29	-29.89
27	20.123	133	5.00	0.500	10	0.000	144.92	-33.47

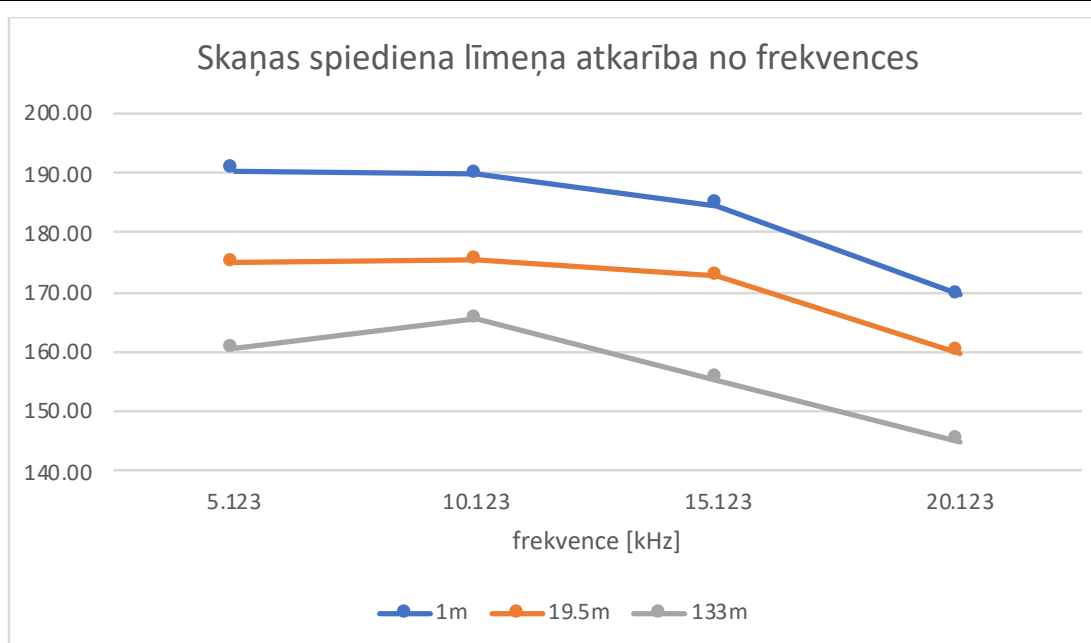
Paskaidrojumi par tabulu:

Parametrs	Paskaidrojums
f	Signāla frekvence
R	Attālums starp skaļruni un hidrofonu
Skaļruņa U_{ef}	Nomērīts lielums
Skaļruņa jauda P	aprēķināts no U_{ef} ņemot vērā pretestību
Hidrofona $U_{ef\ vid}$	Nomērīts lielums
Hidrofona jauda	Aprēķināts kā U_{ef}^2
SPL	Aprēķināts kā $SPL = 20 \log(\frac{U}{U_0}) + 29$, kur $U_0 = 3.2 \cdot 10^{-9}V$ nosaka hidrofona jūtība
Psk/Phid dB	Jaudas zudums zemūdens kanālā. Raksturo kopējo skaļruņa, ūdens un hidrofona ietekmi.

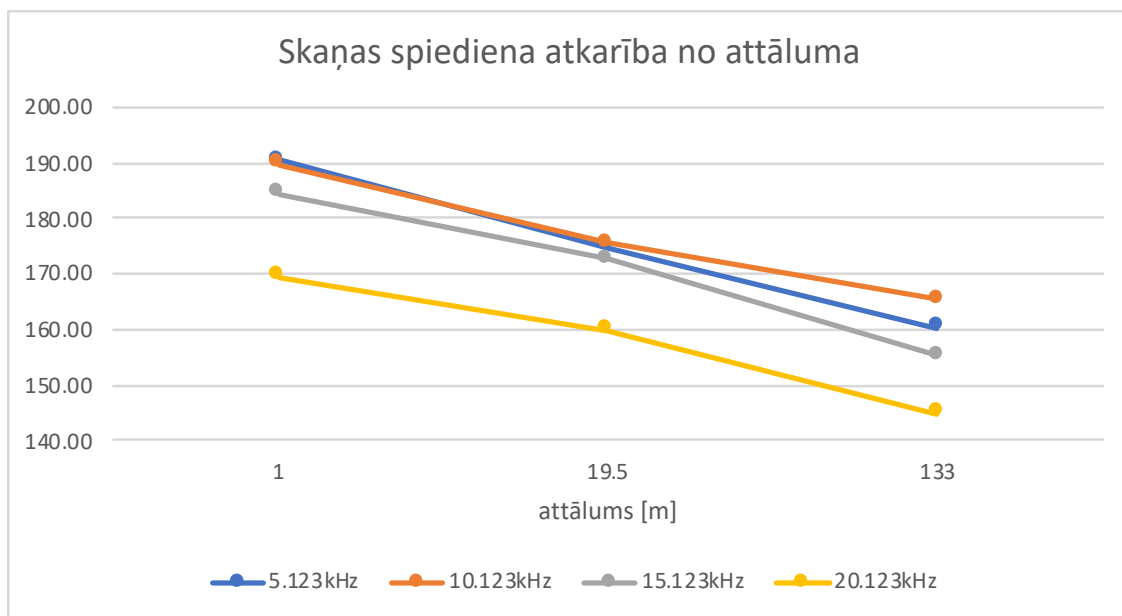
Zemāk parādītie grafiki ilustrē skaņas spiediena atkarību no attāluma un no skaņas frekvences. Analizējot 3.2. att varam konstatēt, ka skaļrunis labāk izstaro viszemāko frekvenci (5.123khz), jo uz tās tam ir

viszemākā pretestība. Ņemot vērā, ka lielā attālumā 10.123kHz signāls ir visstiprākais, var secināt ka ūdenī labāk izplatās 10.123kHz. Tas labi sakrīt ar zinātniskajā literatūrā sastopamajām zemūdens kanāla pārvades raksturlīknēm.

Attiecībā uz 4.Att varam secināt, ka skaņas signāls vājinās logaritmiski no attāluma un mērījumi labi sakrīt ar empīrisko spiediena vājinājuma formulu $K = A \log(R)$, kur R ir attālums un A ir empīrisks koeficients, kas atklātā jūrā parasti ir 15. Pēc šīs formulas iznāk, ka 19.5m attālumā jābūt aptuveni 19dB vājinājumam, bet 133m attālumā vājinājums ir 32dB. Novērotie vājinājumi ir mazāki un tas varētu būt saistīts ar atstarošanos no konstrukcijām jahtu piestātnē. Šī apstākļa dēļ koeficients A ir nedaudz mazāks un ir vienāds ar aptuveni 12.



3.2.att. Skaņas spiediena atkarība no frekvences



3.3.att. Skaņas spiediena atkarība no frekvences

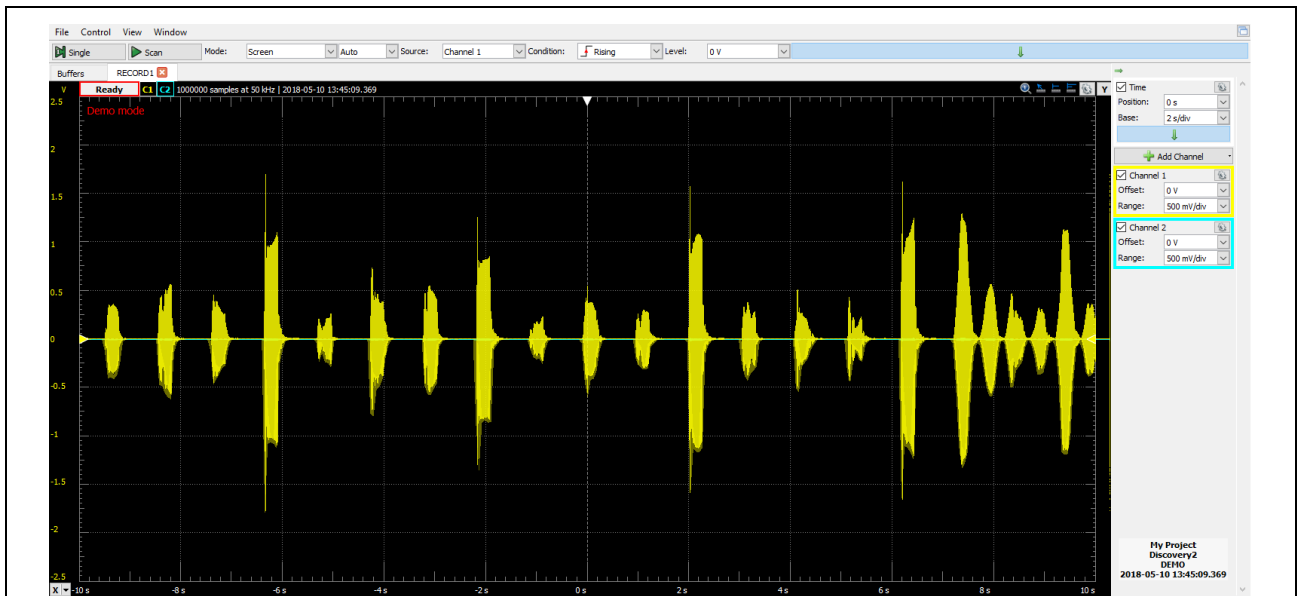
3.4. Pilna prototipa testēšana Ķīpsalas jahtu piestātnē

Šajos testos tika pārbaudīta korpusa peldspēja un elektronisko shēmu darbība pirms testiem jūrā. Ar hidroфона palīdzību tika uzņemtas vairākas oscilogrammas lai noskaidrotu:

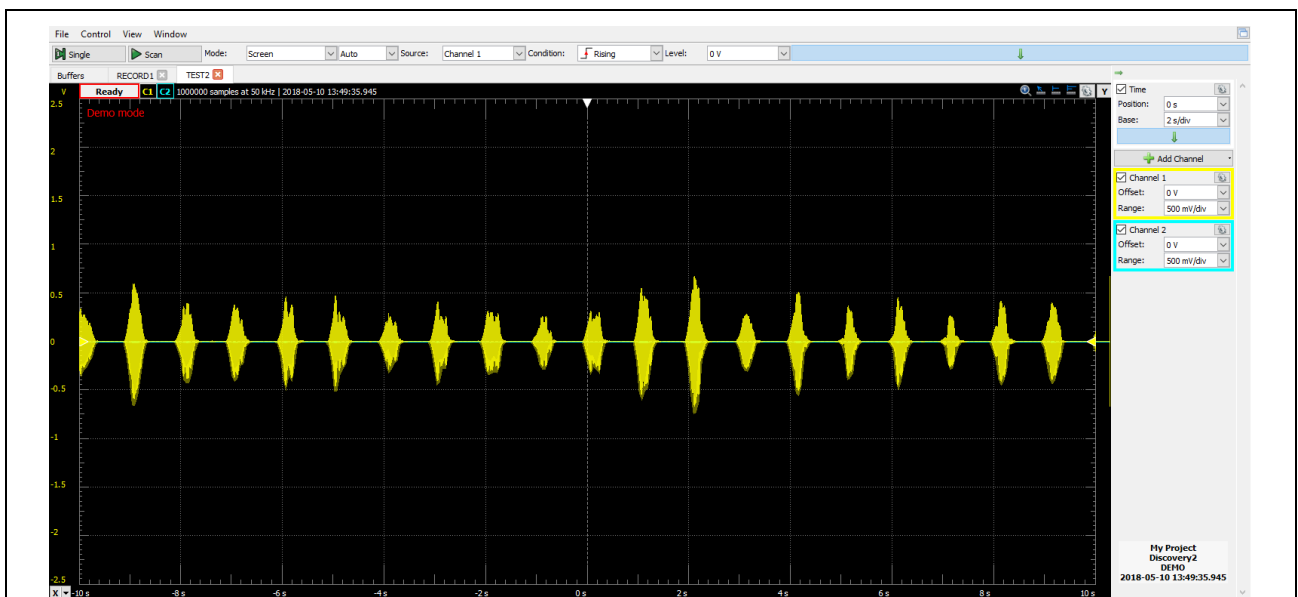
- Attāluma ietekmi uz akustisko svārstību spiediena līmeni (SPL)
- Signāla viendabīgumu un straumju ietekmi
- Dažādas forma impulsu izplatīšanos ūdenī

Testēšanai tika izmantoti 3 dažādi signāli:

Npk	F.Rež	Frekvence, kHz	Ilgums, ms	Darba cikls	Fronte, %	Imp. skaits	Pauze
rokturis	M	A	B	C	D	E	Q
1	RND	12	1000	40	10	32-gad	10
2	CON	10	1000	40	50	32-gad	10
3	CUP	14	250	100	50	32-gad	10



3.4.att. Nomērītā signāla N1 oscilogramma 20m attālumā no skaļruņa (1. tests)

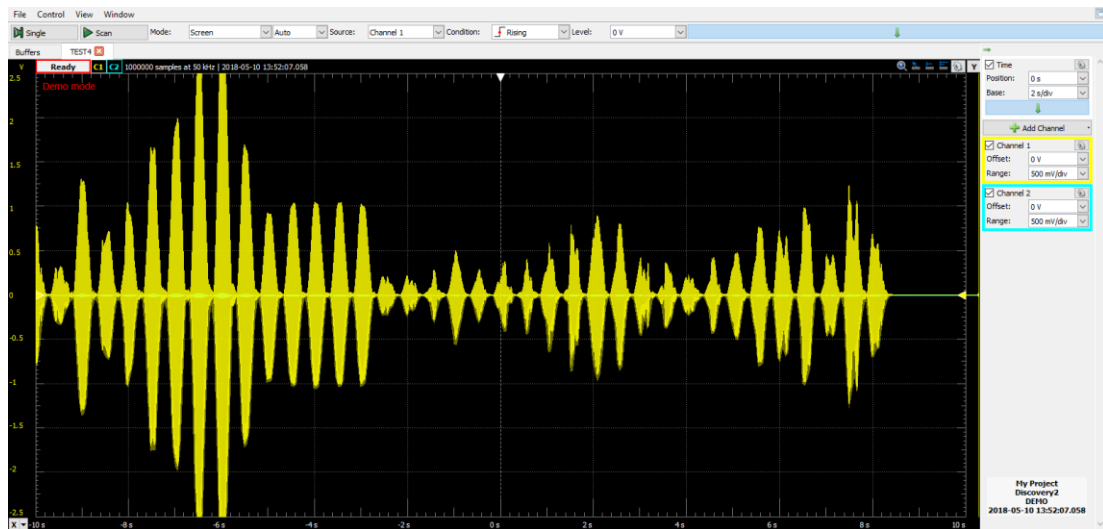


3.5.att. Nomērītā signāla N2 oscilogramma 20m attālumā no skaļruņa (2. tests)

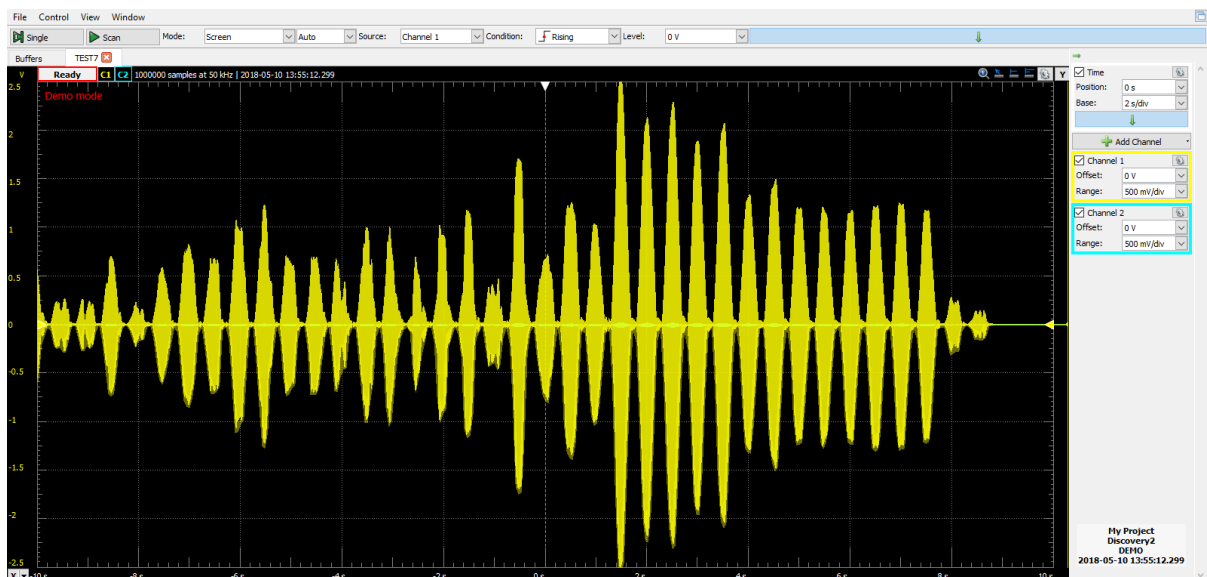
3.4.att ir parādīta uzņemtā signāla oscilogramma pie impulsveida signāla ar asu fronti un 1s pārtraukumiem 20m attālumā no skaļruņa. Kaut arī tika pārraidīti vienādas formas impulsi ar dažādu frekvenci, saņemtajā

signālā ir novērojama impulsu amplitūdas maiņa zemūdens straumju ietekmē kā arī izplatīšanās atkarība no pārraidāmā signāla frekvences.

Arī 3.5.att liecina par diezgan strauju zemūdens pārraides kanāla īpašību variāciju zemūdens straumju ietekmē.



3.6. att. Nomērītā signāla N3 oscilogramma 20m attālumā no skaļruņa (3. tests)



3.7. att. Nomērītā signāla N3 oscilogramma 20m attālumā no skaļruņa (4. tests)

3.5. Iekārtas testēšana reālos apstākļos

Šinī atskaites daļā ir apkopota zivju atbaidītāja (turpmāk boja) testēšana reālos apstākļos.

Bojas testēšana notika trijos testēšanas etapos:

- Pirmais testēšanas etaps.
- Otrais testēšanas etaps.
- Trešais testēšanas etaps.

3.5.1. Pirmais testēšanas etaps

Pirmais testēšanas etaps notika pašu spēkiem, nepiesaistot zvejniekus.

Laiks: 10.05.2018 11.00-13.00

Vieta: Ķīpsalas, laivu piestātne, Rīga, Ķīpsala, Balasta dambis (pretī 36. numuram).

Mērķi:

- Izmēģināt bojas peldspēju;
- izmēģināt bojas iegremdēšanas ūdenī procedūru;
- izmēģināt bojas izņemšanas procedūru;
- izmēģināt tālvadības pulti;
- pārliecināties par signāla izplatīšanos attiecīgi teorētiski iedotajiem rezultātiem.

Rezultāti:

- boja peld, bet tai piemīt pārāk liela peldspēja. Tas tika atrisināts ar papildus balasta pielietošanu
- boju var iegremdēt ūdenī, bet būtu ērtāk, ja boja būtu aprīkota ar rokturi;
- boju var izņemt no ūdens, bet būtu ērtāk, ja boja būtu aprīkota ar rokturi
- tālvadības pulsts rādīuss būtiski samazinās, iegremdējot boju ūdenī;
- akustiskā daļa atbilst patiesībai, signāla rimšana atbilst teorētiskiem rezultātiem.

3.5.2. Otrais testēšanas etaps

Otrais testēšanas etaps bija bojas funkcionalitātes testēšana reālos apstākļos īstermiņā.

Tas notika iedodot boju uz vienu dienu reālam zvejniekam

Adrese: Rīgas Jūras līcis, Saulkrasti, Rīgas iela 77c, izpeldēšana ap šo vietu, aptuveni 500m no krasta.

Testēšanas mērķi:

1. izmēģināt bojas peldspēju jūras apstākļos;
2. izmēģināt bojas ieviešanas ūdenī procedūru jūras apstākļos;
3. izmēģināt bojas uzstādīšanas procedūru;
4. izmēģināt bojas izņemšanas procedūru;
5. testēt korpusa stiprību;
6. testēt komunikācijas moduli;
7. pārliecināties par signāla izplatīšanos attiecīgi teorētiski iedotajiem rezultātiem;

8. pārliecināties par signāla līmeni krasta apstākļos;
9. iespēju robežās izmēģināt roņu atbaidīšanu;
10. saklausīt atsauksmes no reāla zvejnieka.

Testēšanas rezultāti:

1. bojas peldspēja ir pietiekama viļņojošās jūras apstākļos;
2. boju ir iespējams ievietot ūdenī no peldošas laivas;
3. uzstādīšanas procedūra ietver sevī bojas noenkurošanu jūrā, vai kāda veida citu fiksāciju. Šis tests uzrādīja nepieciešamību izveidot rokturus apkārt bojai, lai būtu kur piesiet virves. Būtu labi, ja bojai apkārt būtu gredzens ar caurumiem, kuram varētu stiprināt nepieciešamos stiprinājumus. Testēšanas momentā bojai bija tikai rokturis.
4. Boju var izņemt no jūras un ievietot laivā
5. Korpuss ir pietiekami stiprs, lai boja varētu peldēt jūrā. (ja ir mērenie, līdz stipri viļņi, vētras laikā nav testēts, testēts vienas dienas laikā).
6. Komunikācijas modulis ir strādājošs, tas ļauj no attālumā pārliecināties par bojas darbošanās un akumulatora kapacitāti, kā arī par bojas atrašanās vietu, temperatūru komunikācijas blokā un galvenā akumulatora apkārtnē, izmantojot mobilo aplikāciju. Darbojas tikai ir, ja ir izvēlēta mobilā operatora zonas pārklājums. Testēšanas apgabalā zona bija.
7. Signāls ūdenī izplatās attiecīgi teorētiski pielietotajiem modelim
8. Jūras krastā (pludmalē) signāls nav sadzirdams. Ievietojot galvu, ūdenī var saklausīt kļu signālu, tātad pludmale esošie cilvēki nebūs apdraudēti, ja boja būs uzstādīta ne tuvāk par 500m no krasta.
9. Diemžēl roņi dotajā laika momentā un dotajā vietā nebija novēroti, līdz ar to roņu atbaidīšanu nevarēja izmēģināt.
10. Atsauksmes no reāla zvejnieka:

Boja izskatās pārāk liela, tai ir pārāk liela peldspēja, jūras vētras laikā varētu radīt problēmas.

Vāja vieta ir bojas masts ar lukturīti

Esošā sānis novietoto rokturu, kas atrodas tuvu bojas vaterlinijai varētu izveidot plata gredzena veidā apkārt visai bojai. Tad to varētu viegli ievietot no virvēm izgatavotā gredzena, vai arī pa tiešo stiprināt enkurus.

Varbūt varētu paredzēt otru ligzdu, lai varētu lādēt no peldošā dīzeļģeneratora.

3.5.3. Trešais testēšanas etaps: izmēģinājums ilgtermiņā**Testēšanas mērķi:**

1. Testēt akumulatora baterijas ietilpību
2. Lietošanas ērtuma tests
3. Testēt boju ilgākajā laika posmā, lai atrastu konstruktīvus, un citus defektus, ko iepriekš nebija iespējams paredzēt.
4. Testēt bojas spēju atbaidīt roņus un aizsargāt lomu no roņiem
5. Uzklaut zvejnieku atsauksmes par boju

Testēšanas vieta, Carnikava, Rīgas jūras līcis, 500m no krasta, GPS: 57.151538 24.240899 (GPS koordinātes uzdotas aptuveni)

Testēšanas ilgums:

Periods 17.05-11.09 Maijs – Septembris (ar pārtraukumiem bojas labošanai)

Testēšanas rezultāti:

1. Akumulators var turēt pāri 100 stundām (ap 4 diennaktīm).
2. Boju var lādēt un izlādēt parasti cilvēki (ne elektronikas inženieri).
3. Roņu atbaidīšana:

Roņi ir dzīvnieki, kas dzīvo jūrā un barojas, no jūrā esošām zivīm. Diemžēl roņi atrada vienkāršāku veidu, kā tikt pie zivīm: ēst zivis no zvejnieku uzliktajiem tīkliem.

Līdz ar to roņu klātbūtni var novērot tiešā un netieša veidā.

Tiešais veids ir vizuāla vērošana

Vizuāli vērojot jūras virsmu roņiem ir jāelpo gaiss, līdz ar to ik pa laikam tie iznirst un tad var saprast, kur roņi pašreiz atrodas.

Netiešais veids: par roņu klātbūtni var spriest arī netieša veidā: t.i. pēc tīkla bojājumiem, pēc uzskaites zivju klātbūtnes zvejnieku uzliktajos muros.

Abiem veidiem ir savas priekšrocības un trūkumi.

Pirmais veids ļauj noteikt roņu klātbūtni pašreizējā laika momentā, bet tas prasa visu laiku novērot jūras virsmu. Otrais veids ir parocīgs lai noteiktu roņu klātbūtni ilgākajā laika posmā, bet tas prasa murgu un esošo zivis apskati posma sākumā un posma beigās

Novērojumus veica zvejnieki, kas uzstādīja, un, apkalpoja murgus, tika pielietota gan vizuālā metode (murga apkalpošanas laikā, nozvejas izņemšanas laikā), bojas uzstādīšanas, novākšanas laikā. Tika arī pielietota netieša metode – tika apskatīti tīkli un zivis bojas uzstādīšanas un izņemšanas laikā.

Novērošanas rezultāti:

Roņi peld 500m rādiusā ap to atbaidītāju, un netuvas klāt, kas atbaidītājs ir ieslēgts. Momentos kad ir jāved boju lādēties roņi saprot, kā atbaidītājs vairs nedarbojas, tie sāk peldēt murgu virzienā, lai apskatītos, kas ir murgs. Tie novērojumi liecina par atbaidītāja efektivitāti.

Atbaidītāja darbības periodā uzskaites zivis tīklā nebija konstatēti, tīklu bojājumi netika konstatēti.

3.5.4. Testēšanas laikā pamanītie trūkumi

Darbojoties ilgākajā laika posmā tiek konstatētas sekojošas nepilnības un atklājas sekojošie konstruktīvi prototipa defekti:

Prototipa (vai prototipa ekspluatācijas norādījumu) nepilnības	Iespējamie risinājumi	Risinājumu testēšana
Lādēšanas/skaļruņa savienotāja kontaktu oksidēšanas	Kontakti tika nosmērēti ar speciālo smēri (automašīnas akumulatoru kontaktu apkalpošanai).	Palīdzēja
Metālisko elementu (karabīņu, troses, pie kuras ir piekabināts skaļrunis, u.c. korozijas bojājumi).	Attiecīga elementa nomaiņa. Kā risinājums lietot elementus no nerūsējošā tērauda, vai arī no liniem.	Netika notestēts
Nepietiekamā aizsardzība bojās noslīkšanas dēļ	Signalizācijas pret noslīkšanu: Risinājumi tika izstrādāti, bet testēšanas laika kļūdas dēļ tika atslēgti. Elektronisko shēmu un kontaktu hermetizācija ar speciālo laku.	Tika notestēti laboratorijas apstākļos
Savietojamības problēmas: boju var lādēt tikai cilvēks, kuram ir viedais tālrunis ar Android operāciju sistēmu,	Izstrādāt risinājumus arī citam operāciju sistēmām, t.i. Apple	Realizēts
Komunikācijas moduļa programmatūras nestabilā darbība (“uzkāršanās”)	Iestrādāt t.s. ārējo watchdog taimeri kas kontrolētu un reaģētu uz “uzkāršanas” problēmām	Tika izdarīts, izmēģināts, vairāk tādu gadījumu nebija.
Korpusa bija acīmredzamas vājas vietas, t.i. masts uz lukturi, kas tika izgatavots no plastmasas, uz ko norādīja citi zvejnieki.	Tiks atrisināts jaunajā bojās korpasa prototipā	-----
Korpusā izrādījās arī slēptas vājas vietas: t.i. apakšējā daļa ir uztaisīta no putuplasta. Piestiprinot cita biežuma trosi pie bojās, apakšas putuplasta apvalkā tika radīta plaša	Tiks atrisināts jaunajā bojās korpasa prototipā. Tika izveidota hermētiska starpsiena.	-----
Krass akumulatora kapacitātes kritums (vai lādiņa noplūde) pēc noslīkšanas	Akumulatora nomaiņa Akumulators tiks hermetizēts	
Shēmu un vadības elementu oksidēšanas pēc noslīkšanas	Iztīrīšana, testēšana, nomaiņa Lai turpmāk nebūtu tāda defekta shēmas, tiks nopūstas ar aizsarg laku	Testēšana tīšam noslīcinot boju netiek veikta.

3.5.5. Rekomendācijas no zvejniekiem

1. Masts ar lukturi ir vāja vieta šajā konstrukcijā
2. Ir nepieciešams mehānisms, kā izslēgt lukturi darbības laikā.
3. Ne vienmēr ir vajadzīgs masts ar lukturi, tas piesaista pārāk daudz uzmanības. Labāk boja būtu mazāk pamanāma
4. Ļoti neērti būtu, ka boju ir jāved lādēties. Daudz ērtāk būtu, ja būtu vienkārši maināms akumulators.

3.6. Iekārtas uzlabojumu pārskats un realizācijas

Iekārtas aktīvās ekspluatācijas-testēšanas laikā tika atklātas nepilnības, kuras būtu nepieciešams novērst tālākajos prototipos, kas uzlabotu iekārtas funkcionālās īpašības, samazinātu realizācijas cenu un arī atvieglotu iekārtas uzstādīšanu un apkalpošanu.

Tabulā tiek minētas norādītās nepilnības, kā arī potenciālie risinājumi, kas varētu tikt realizēti nākamās paaudzes prototipos.

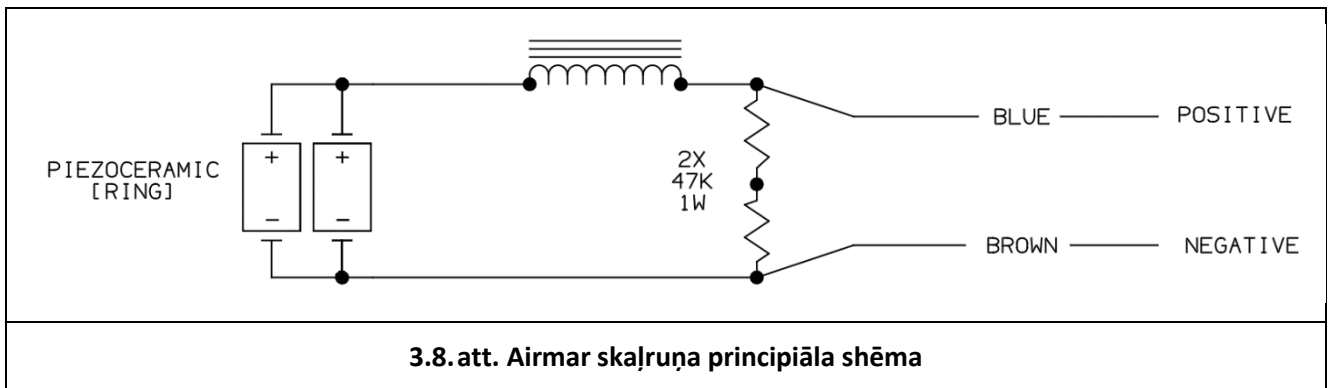
Nr.p.k.	Konstatētā nepilnība	Piedāvātie risinājumi
1.	Shēmas ieslēgšanai/izslēgšanai tiek izmantota tālvadības pults ar unikālu elektroniskas identifikācijas kodu, kas ļauj arī izvēlēties vienu no uzprogrammētiem signāliem. Nav paredzēta iekārtas ieslēgšana/izslēgšana pults nozaudēšanas, baterijas izslēgšanas gadījumā.	Prototipa 2. realizācijā tiek piedāvāts atteikties no tālvadības pults. Iekārtas ieslēgšanu/izslēgšanu realizēt izmantojot magnētisko slēdzi. Ģenerējamo signālu izvēles funkcija tiks pārcelta uz mobilo aplikāciju.
2.	Tiek izmantots akustisko signālu raidītājs ar ļoti plašu frekvenču joslu (100Hz-20kHz), kas manāmi pārsniedz roņu dzirdes jutības diapazonu. Minētā īpašība nosaka skaļruņa (atbilstoši arī visas iekārtas) augsto cenu.	Nākamās realizācijās tiks izmantots specializēts zemūdens akustiskais raidītājs ar ļoti šauru frekvenču joslu 10kHz apgabalā, kas ļauj samazināt gala iekārtas cenu, kā arī palielināt skaņas spiediena līmeni interesējošās frekvencēs.
3.	Tiek izmantots akustisko signālu pastiprinātājs ar plašu frekvenču joslu, kā arī nepieciešamību pielietot specifisku tam piemērotu sprieguma pārveidotāju.	Veicot signālu ģenerēšanu 1. prototipā viens no nosacījumiem bija ģenerēt signālus, kuru zemo frekvenču spektrālās komponentes nepārklājas ar zivju dzirdamības diapazonu. Tika piedāvāts specifisks signāls ar lēni augošām un krītošām frontēm, kas samazinātu minēto efektu. Tomēr, specializētā izteikti šaurjoslas raidītāja izmantošana nosaka iespēju ģenerēt nevis specifiskas sinusoidālu signālu pakas, bet pa tiešo meandru. Liekās zemo frekvenču komponentes tiks dabiskā ceļā nofiltrētas raidītāja izejā. Tas, savukārt, nosaka iespēju izmantot vienkāršotu pastiprinātāju ar augstu lietderības koeficientu.
4.	Izveidotais korpuss neparedz akumulatora maiņu, bet tikai lādēšanu iekārtā. Iekārtas lādēšanas laikā pie tīkliem jāliek otra iekārta, kas manāmi sadārdzina gala risinājumu, kā arī apgrūtina iekārtas ekspluatāciju, veicot regulāru iekārtu maiņu-noenkurošanu jūrā.	Nākamās iekārtas korpusos tiek noteikti paredzēta iespēja izmantot maināmu akumulatoru. Tādejādi iekārtas ekspluatācijas laikā nebūs nepieciešams uz maināmu laiku atslēgt iekārtu, vai veikt divu iekārtu periodisku maiņu.

3.6.1. Jaunā tipa zemūdens raidītāja izmantošana

Airmar skaļruņa pretestības mērījumi

Līdz šim par Airmar zināms visai maz:

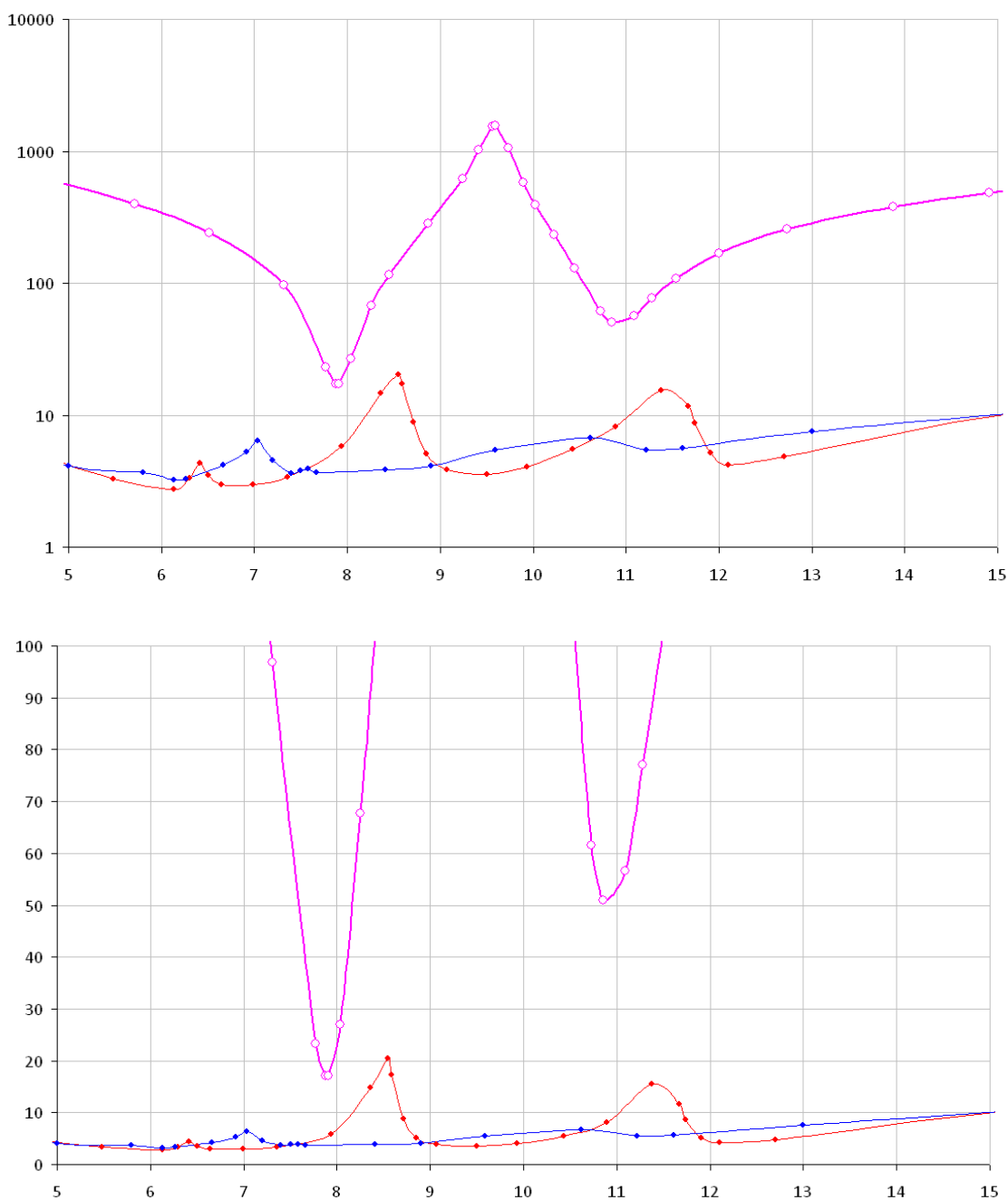
1. “The 800W power rating RMS is at 2% Duty Cycle.”
Tas būtu OK, lai arī mums būs 10-20%, arī 80W būs grūti nodrošināt.
2. “The impedance is 100 ohms.”
Nu tas gan būtu apšaubāmi.
3. Un šāda shēma bez elementu nomināliem:



Rakstos, kur piemin Airmar, figurē ap 10kHz darba frekvence.

Pagaidām Airmar mērīts tikai “sausos” apstākļos. Iespējams, par tā uzvedību ūdenī varētu spriest pēc vasaras beigās sausi un slapji mērītā Lubell rezultātiem. Krāsas grafikos (kompleksās pretestības modulis [Ω] log un lin mērogos, frekvence - [kHz]):

- **violetā (rozā)** - Airmar sauss
- **sarkanā** - Lubell bez trafo sauss
- **zilā** - Lubell bez trafo ūdenī



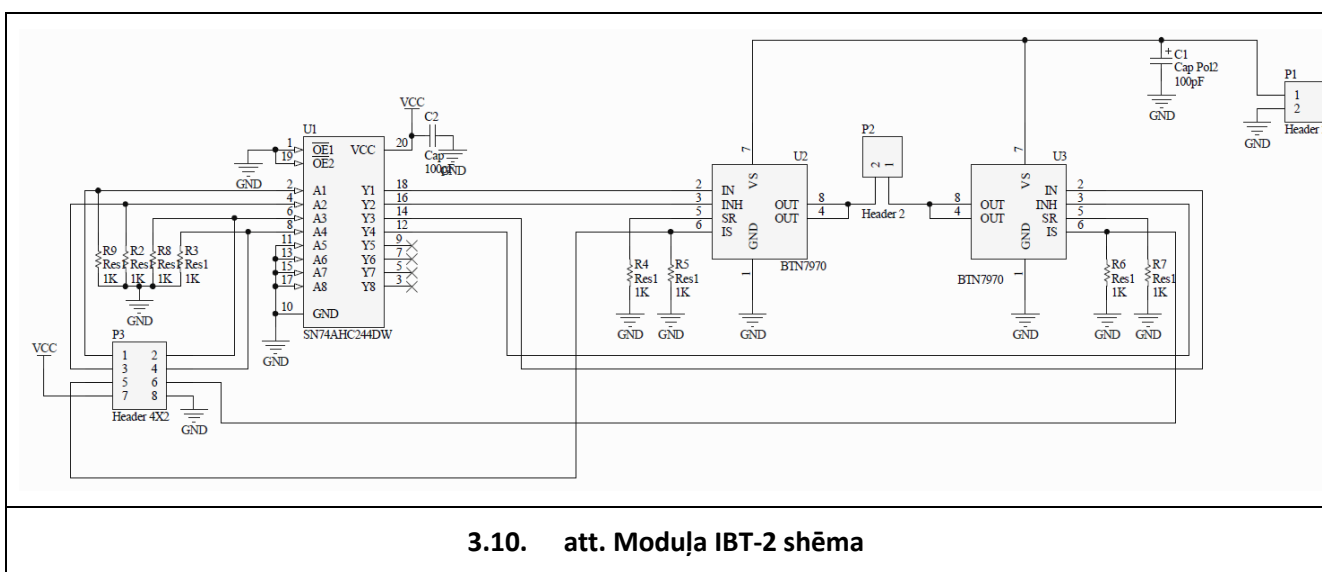
3.9.att. Airmar skaļruņa impedances mērījumi

Secinājumi:

1. Lubell ūdenī pretestība kļuva mazāk atkarīga no frekvences (un pat pazuda pīķis pie 8,5 kHz). Ļoti ceru, ka tā būs arī Airmar.
2. Un tomēr Airmar pretestība ir pārāk liela, lai tieši barotu no 12V barota pastiprinātāja. Vajadzēs transformatoru ar vijumu attiecību ap 1:3 ... 1:5. Tā nav liela problēma.

Par moduli IBT-2 un transformatoru skaļruņa darbināšanai

Moduļa pieslēgumi un vadība



Spraudņa P3 izvadu nozīme dažādos avotos atšķiras, tāpēc tos tulkosim, izmantojot BTN7960 datu lapas informāciju, kurā:

IN - LOW līmenis atļauj atvērt apakšējo tranzistoru, HIGH - augšējo;

INH - LOW līmenis aizver abus tranzistorus, pie HIGH līmeņa atveras tranzistors atbilstoši IN stāvoklim.

Modulī IBT-2 esošā SN74AHC244 mikroskāma satur 8 buferus (bez inversijas), tāpēc minētie līmeņi attiecas arī uz signāliem spraudnī P3. Tikla avotos minēts, ka shēmas reakcija uz IN un INH signāliem ir teju vienlīdz ātra.

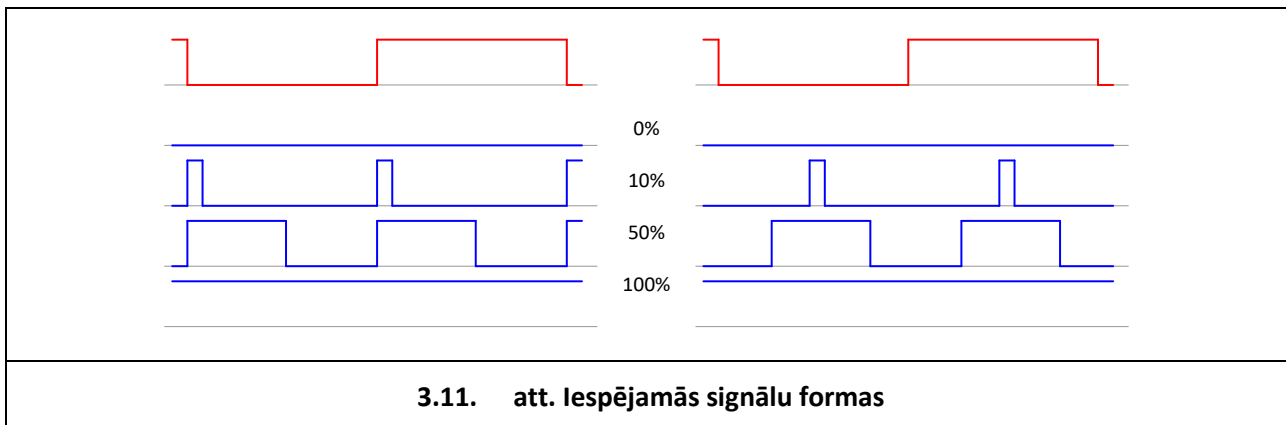
Darbinot caur transformatoru pieslēgtu skaļruni, vadība notiktu sekojoši:

- vienmēr jāuztur abu plecu IN signālus inversus (lai katru pusperiodu mainītu strāvas virzienu slodzē). Lai to nodrošinātu, moduļa shēma ir modificēta, iekļaujot viena pleca IN signāla ķēdē invertoru SN74AHC1G0. Un virziena pārslēgšanas signāls (meandra formas) tiek pieslēgts P3-1 izvadam;

- strāvas lielumu slodzē jāmaina ar PWM signālu, ko pieslēdz abiem pleciem paralēli vienlaikus izvadiem P3-3 un P3-4. Un šeit 0-100% skala attiecināma uz katru meandra pusperiodu!

Ieejās ir pull-down 1k0 rezistori. Akceptē 5V līmeņus, par 3,3V vēl jāpārbauda.

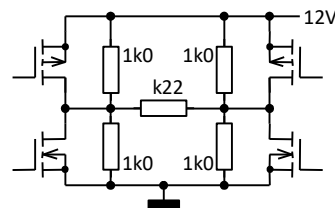
Iespējamās signālu formas (krāsas: **P3-1** un **P3-3, P3-4**):

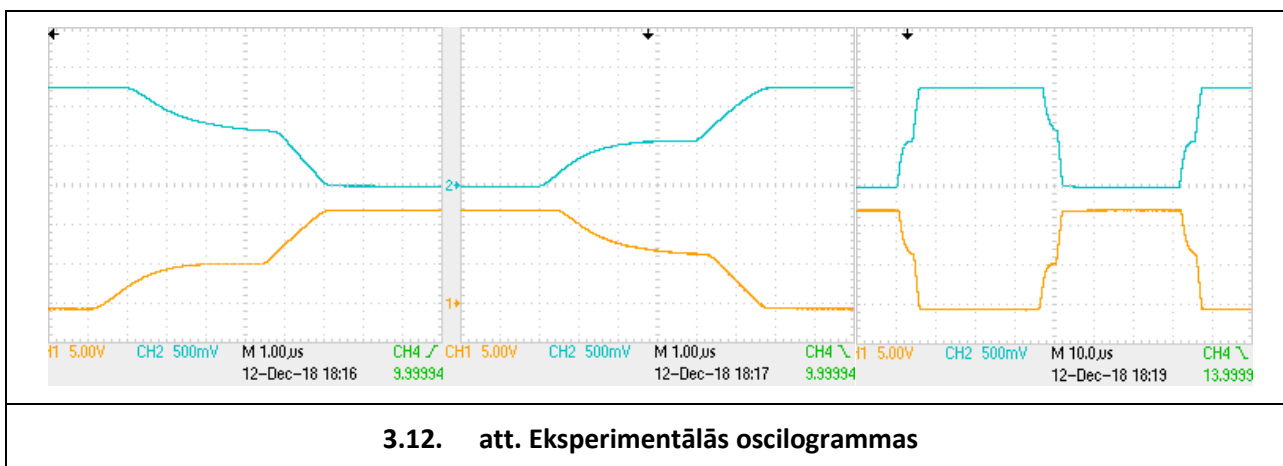


Pieļauju, ka kreisajā pusē attēlotā secība ir programmiski vieglāk realizējama. Taču vēl nepieciešama pārbaude - vai ir novērojami kādi blakus efekti. Pagaidām man tas neizdodas, jo rīcībā esošajiem diviem Tektronix AFG 3021B ir ierobežotas ārējās sinhronizācijas iespējas. Iespējams, ņemot talkā vēl trešo ģeneratoru abu pirmo sinhronizācijai, tests izdosies.

Tālāk patērētā strāva un spriegums skaļrunī uzņemti pie 2x100% PWM (resp. P3-3=P3-4=HIGH).

Nākošās oscillogrammas apliecina tilta mikroshēmās iebūvēto pauzes funkciju (*dead time* - laika pauze starp pleca viena tranzistora aizvēršanu un otra atvēršanu). Šim nolūkam slodzē tika pieslēgts rezistoru slēgums, kas pie aizvērtiem abiem pleca tranzistoriem uztur apmēram pusi no barošanas sprieguma (6V):





BTS9670 datu lapā teikts: *dead time* tiek automātiski pieskaņots uzstādītajam izejas sprieguma augšanas ātrumam (*slew rate*), ko uzstāda ar rezistoru starp SR izvadu un GND. Doti dati pie trim šī rezistora pretestības vērtībām (0 / 5k1 / 51k) - slodzes sprieguma augšanas ātrums atveroties un aizveroties augšējam un apakšējam tranzistoriem, kā arī frontes un pauzes laiki.

Modulī IBT-2 šajā vietā ielodēts 1k0 rezistors, kas aptuveni atbilst oscillogammām:

- sprieguma slodzē kāpjošās un krītošās frontes laiks - ap 1,5μs
- sprieguma augšanas ātrums - ap 5...10 V/μs
- laika aizture tranzistora aizvēršanai - 2...3 μs
- laika aizture tranzistora atvēršanai - 3,5...4,5 μs

Katrā ziņā tas nozīmē maksimāli sasniedzamo impulsa samēru slodzē (2x100% meandra vietā) - tikai ap 2x90...2x95%. Bet tas nav liels zaudējums, salīdzinot ar iegūto drošību darbā un mazāko komutācijas zudumu jaudu.

Airmar skaļruņa jauda

Informācija ir visai pieticīga (kādreiz saņemta e-pastā):

- The 800W power rating RMS is at 2% Duty Cycle.
- The impedance is 100 ohms.

Pretestības atkarība no frekvences jau tika iepriekš mērīta. Un 7 - 15kHz joslā tai ir gan divi minumi (20 un 50 Ω pie 8,0 un 11kHz), gan maksimums ap 1kΩ pie 9,5kHz, gan 200-300 Ω joslas malās (mērot sausā stāvoklī). Ūdenī (spriežot pēc Lubell attiecīgiem mērījumiem) šai atkarībai vajadzētu jūtami izlīdzināties.

Maksimālo pieļaujamo jaudu gribētos interpretēt sekojoši:

- ja pie 2% impulsa samēra pieļaujami 800W, tad pie 100% (resp. nepārtraukti) - tikai 16W.

- darbojoties jūrā, impulsa samērs svārstīsies ap 5-10%, tad jaudai nevajadzētu pārsniegt 80W.

Tālāk redzami pastiprinātāja patērētās jaudas (kas tikai nedaudz pārsniedz jaudu skaļrunī) atkarība no frekvences. Mērījumos 80W jauda netika pārsniegta, un tika ievērotas klusuma pauzes.

Transformators

80W jauda 1000Ω slodzē nozīmē 89V_{RMS} spriegumu. Darbinot tilta slēgumu modulī IBT-2, varam cerēt uz 11V amplitūdu (pie 12V barošanas). Šoreiz sinusoidālas formas vietā stāsies meandra formas spriegums ar tādu pašu efektīvo vērtību 11V_{RMS}. Tātad vajadzīgs transformators ar vijumu attiecību 89/11≈8.

Izmantoju jau iepriekš lietoto toroīda serdi Epcos B64290L82x37 R50x30x20:

- materiāls - MnZn Siferit T37
- $\mu_i = 6000...6500$
- optimāls frekvenču diapazons 10-300kHz
- piesātinājuma magnetizācija $B_{MAX}=0,35\text{ T}$
- $AL = 12\text{mH}$
- serdes efektīvais šķēsgriezums $AC = 1,95\text{cm}^2$



Primārā tinuma vijumu skaitu aprēķinu pēc zināmās formulas $N_{PRI} = \frac{V_{IN} \cdot 10^8}{4 \cdot f \cdot B_{MAX} \cdot A_C}$, kur

- V_{IN} - ieejas sprieguma amplitūda 11V;
- f - frekvence, šoreiz 7-15kHz joslas zemākā frekvence 7000 Hz;
- B_{MAX} - lai nepieļautu piesātināšanos, pieņemsim $0,25\text{T} = 3000\text{ G}$;
- $AC = 1,95\text{cm}^2$

Iegūstam 8,05 (resp. 9) vijumus primārajā pusē un attiecīgi 72 vijumus sekundārajā.

Iepriekš uz tās pašas serdes tika uztīts transformators ar 20 / 86 / 110 vijumiem, kas noderēs arī šajā gadījumā. Vēlāk eksperimentus atkārtosim pie vairākām vijumu skaita vērtībām.

Jau esošajam transformatoram vijumu attiecība ir $(110+86)/20=9,8$.

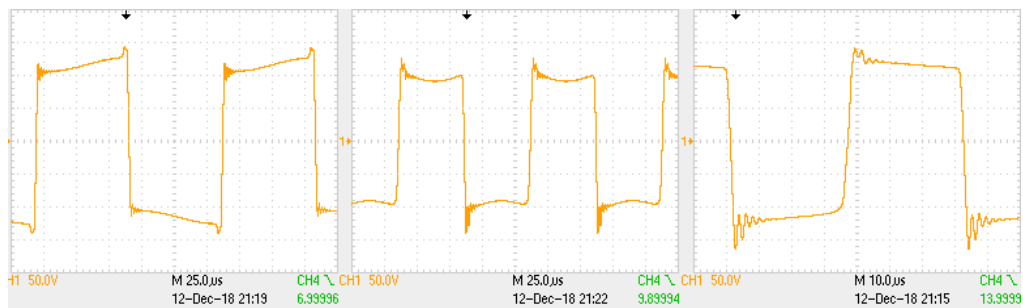
Patērētās strāvas un jaudas atkarība no frekvences

Mērījumi veikti, iegremdējot skaļruni plastikas 20 litru spainī. Šie apstākļi gluži neatbilst darbam lielā vai pat neierobežotā ūdenstilpnē. Ierobežotā ūdens masa un spainis varētu izraisīt jaunas rezonanses frekvences vai nobīdīt frekvenču skalā esošās (skaļrunim pašam piemītošās). Bet ko lai dara...

Impulsa samērs - 2x100% (resp. P3-3=P3-4=HIGH).

Tālāk redzama sprieguma forma transformatora izejā (resp. skaļruņa kabeļa ieejā) pie malējām frekvencēm un pie 9,9kHz frekvences, pie kuras novēroju lielāko patērēto strāvu (6,5A no 12V avota).

Frekvence [kHz]	7,0	9,9	14,0
U _{ex} [Vp-p]	284	266	306
U _{ex} [Vcyclic RMS]	115	94,7	115

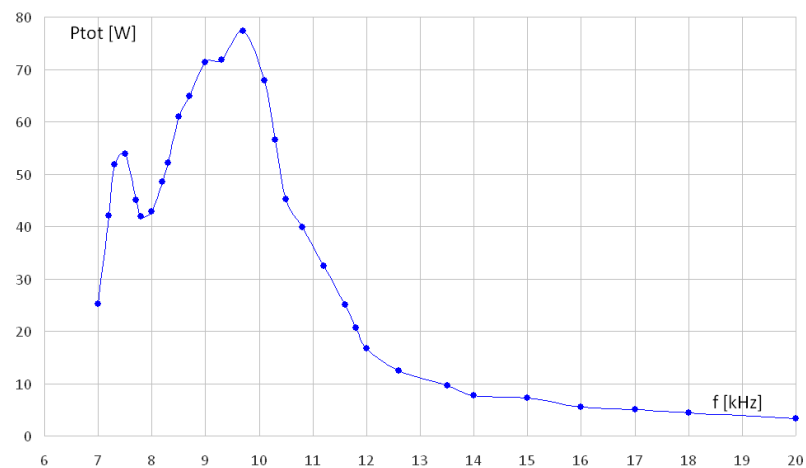


3.13. att. Eksperimentālās oscilogrammas

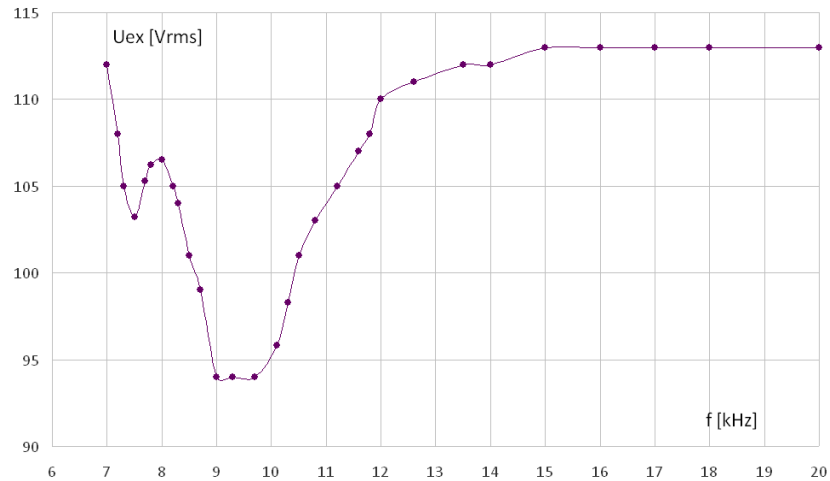
Te vērojami izsvārstījumi pie katras pārslēgšanās. Pie mazāka impulsa samēra sagaidāma ilgstošāka svārstīšanās (to jau novēroju, improvizējot ar 10-20% impulsa samēru), kas varētu nozīmēt, ka izstarotā akustiskā jauda būs nelineāri atkarīga no impulsa samēra. Bet to rādīs tālākie eksperimenti.

Kā jau sagaidāms, lielāko jaudu modulis IBT-2 patērēja pie frekvencēm ar zemāku skaļruņa pretestību.

Labā ziņa - dažu sekunžu laikā nenovēroju būtiskas moduļa temperatūras izmaiņas.



Lai arī patērētās (un skaļruņa izstarotās) jaudas ievērojami atšķiras pie dažādām frekvencēm, efektīvais spriegums mainās maz. Lielās izmaiņas būtu vērojamas, mērot strāvu caur skaļruni. Spriežot pēc jaudas un efektīvā sprieguma, tā nepārsniedz 0,7...0,8A.



Par moduli IBT-2 un transformatoru skaļruņa darbināšanai_2

Par PWM impulsa novietojumu

Mērījumos: frekvence 10kHz un PWM impulsa garums 10μs. Mainu tā novietojumu (nobīdi attiecībā pret meandra fronti).

Novēroju patērēto strāvu, spriegumu transformatora izejā (skaļruņa kabeļa ieejā).

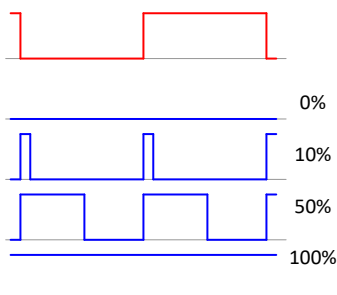
Krāsas:

Violeta - meandra (plecu pārslēgšanas) signāls
Zaļa - PWM signāls
Zils - skaļruņa spriegums

Lieliski! Visos 4 gadījumos mērījumi uzrāda vienu un to pašu.

Secinājums:

PWM signālu var sākt līdz ar meandra fronti:



Novērojumi pie dažāda PWM impulsa platuma un frekvencēm

Tālāk mērījumi veikti pie frekvencēm:

- 7 un 14kHz - zemākās un augstākās, pie kurām vēl būtu jēga kaut ko izstarot
- 10kHz - aptuveni pie rezonanses, kur skaļruni darbojas visefektīvāk

Blakus oscillogrammām:

PWM impulsa garums un samērs (attiecībā pret meandra pusperiodu)

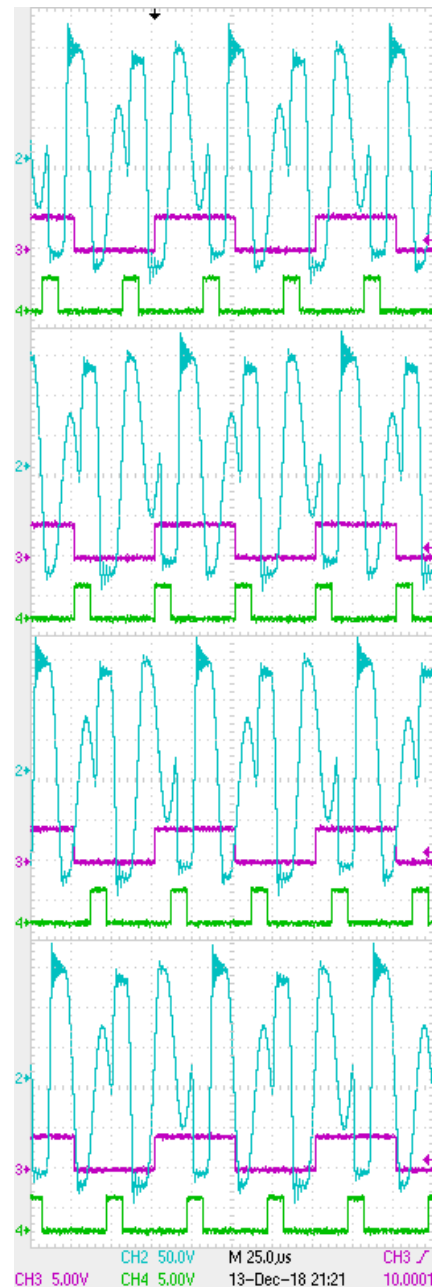
IBT-2 patērētā strāva no 12V un patērētā jauda

Ar osciloskopu mērītas skaļruņa sprieguma p-p un rms vērtības.

PWM impulss sākas vienlaikus ar meandra kāpjošo/krītošo fronti.

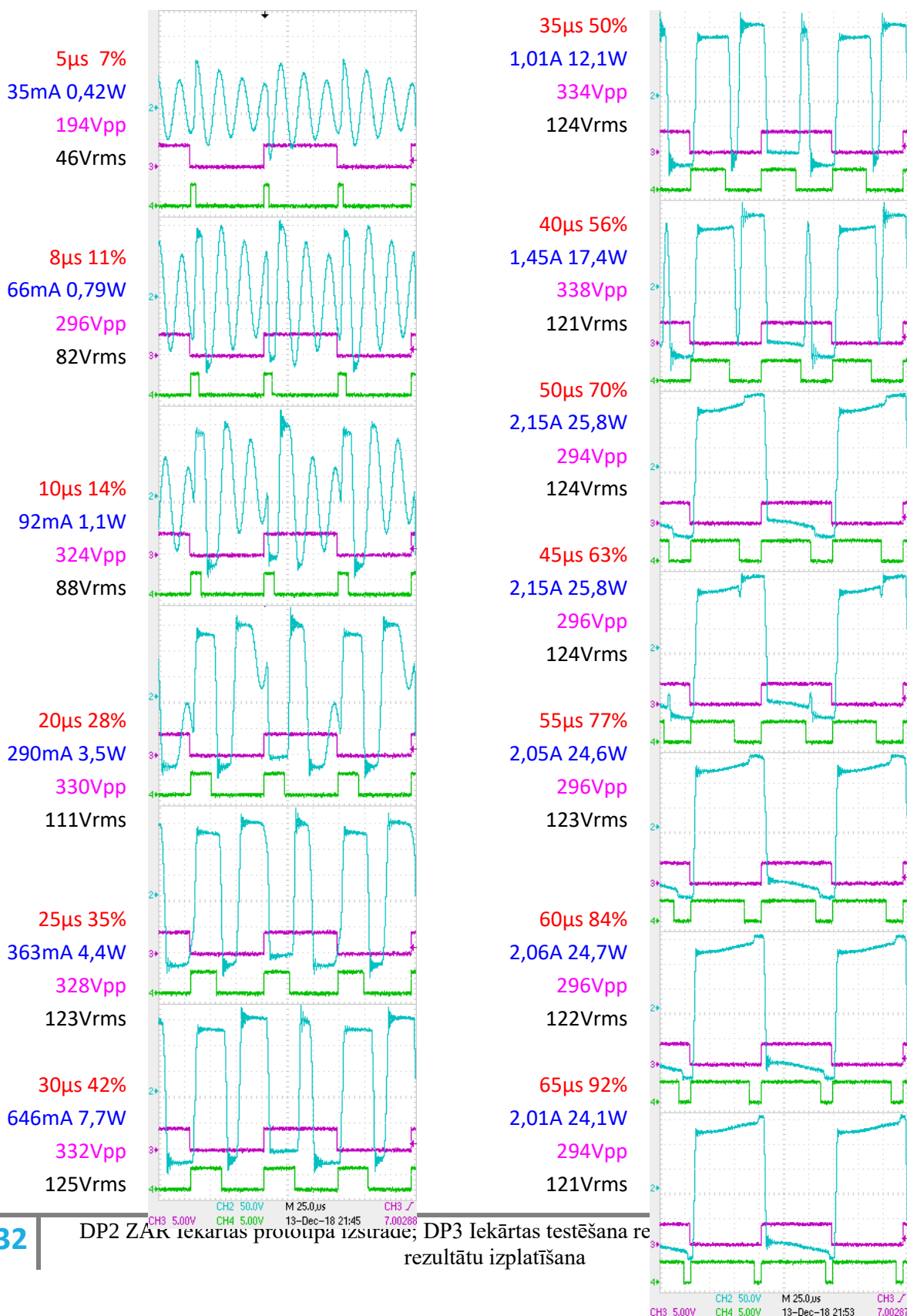
Uzmanību! Divās vietās attēlu secība gluži neatbilst pieaugošai impulsa garuma secībai.

Vispirms - 7kHz frekvence:

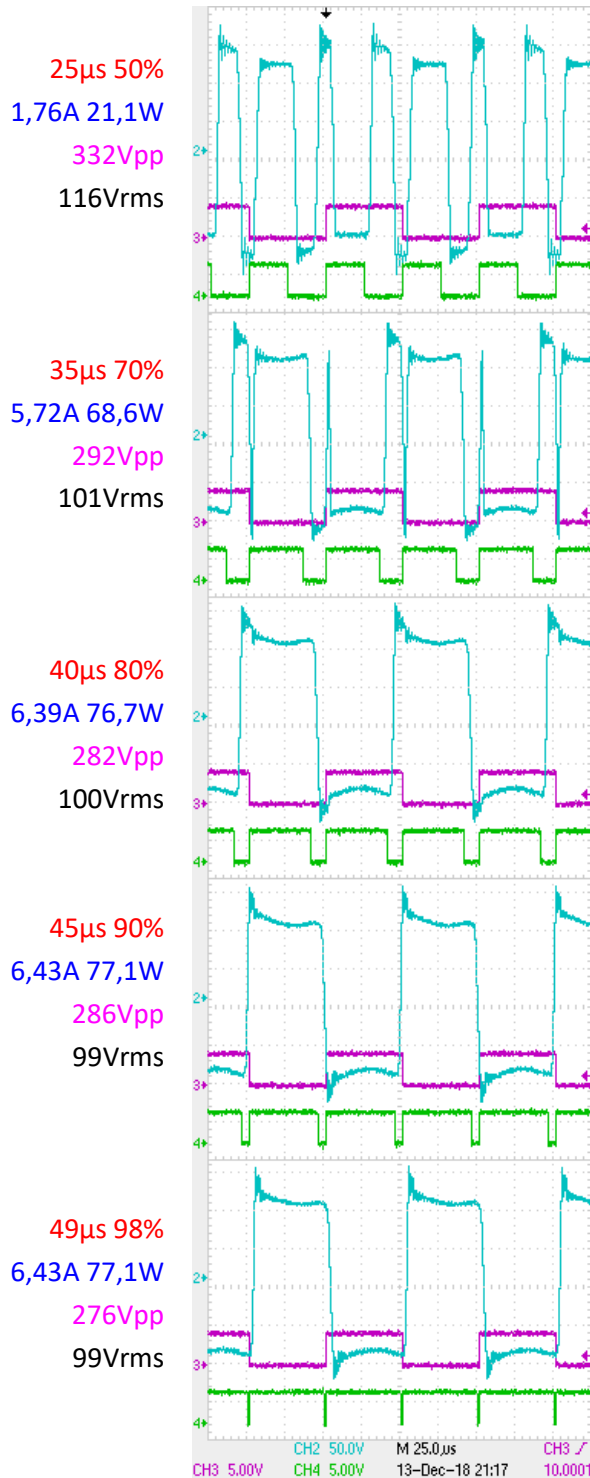
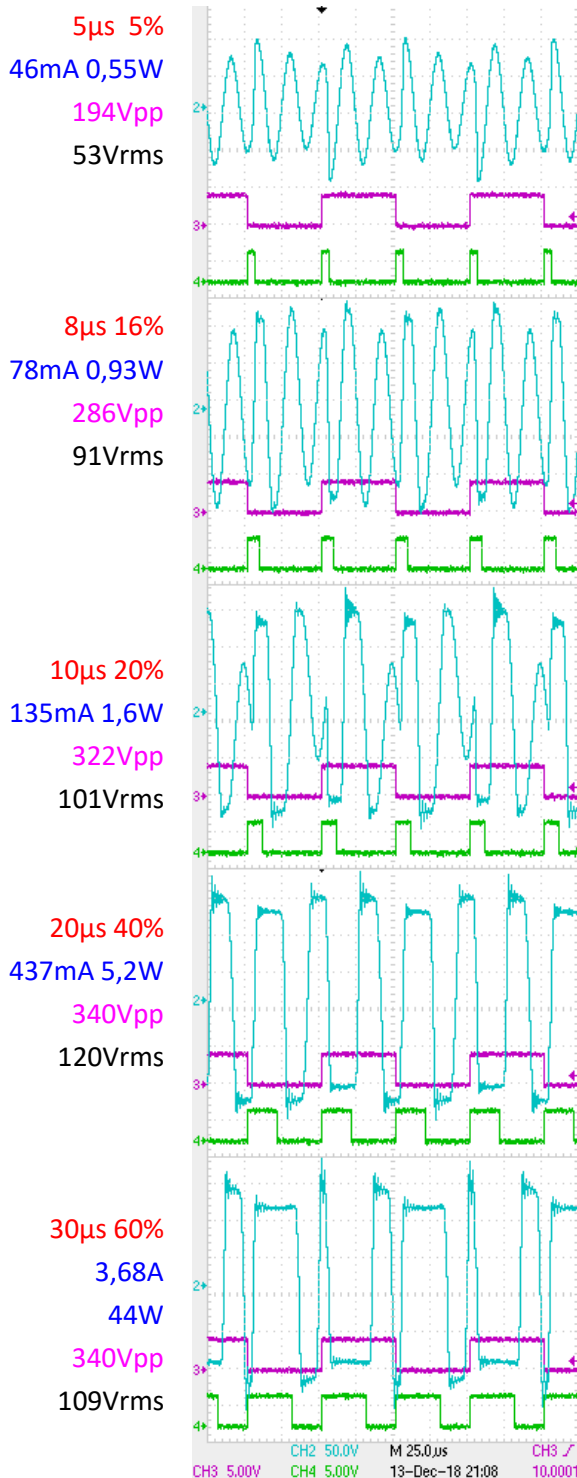


Decembris 27, 2018

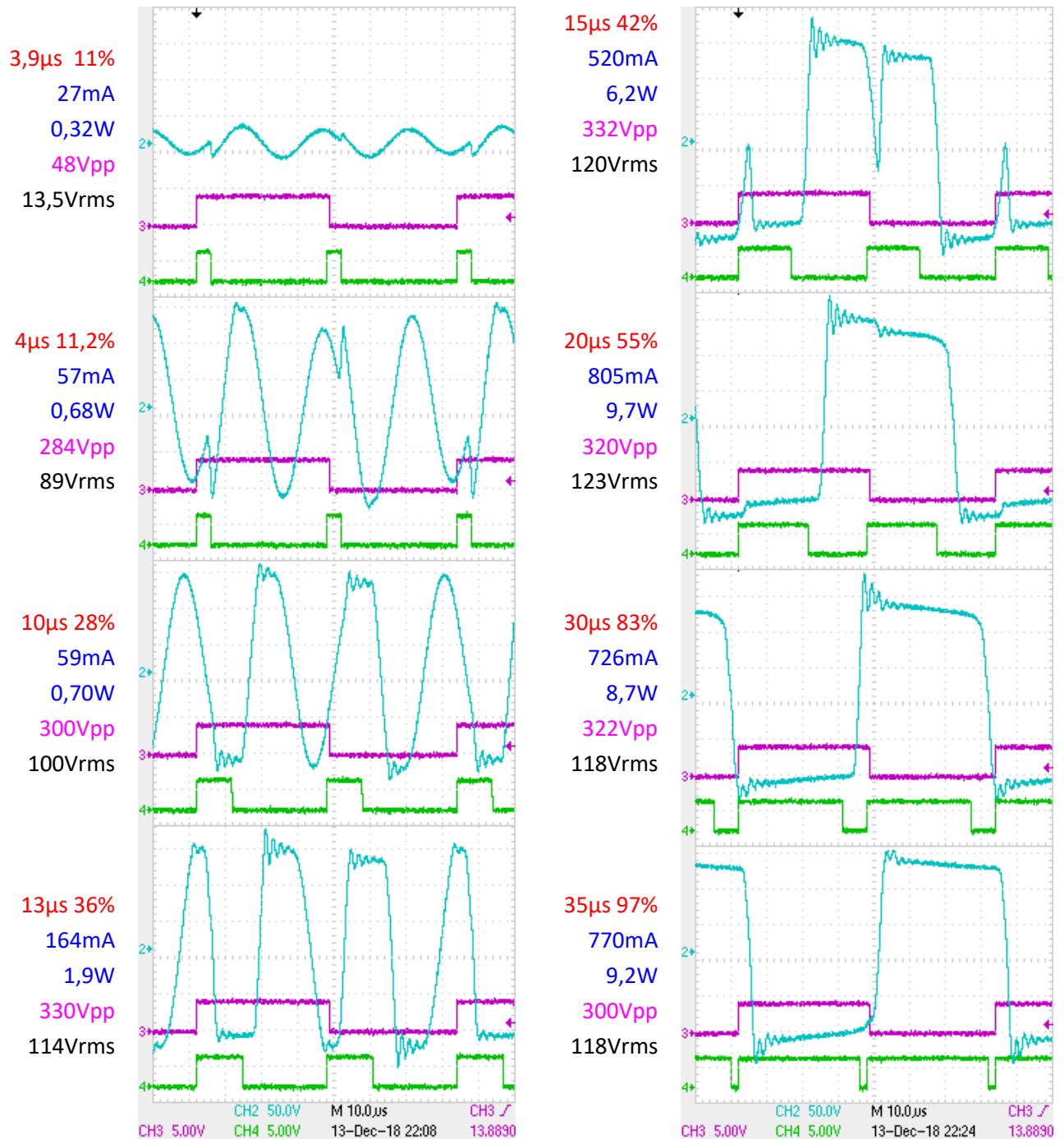
Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001



Seko mērījumi pie 10kHz frekvences:



Un visbeidzot 14kHz:



Secinājumi:

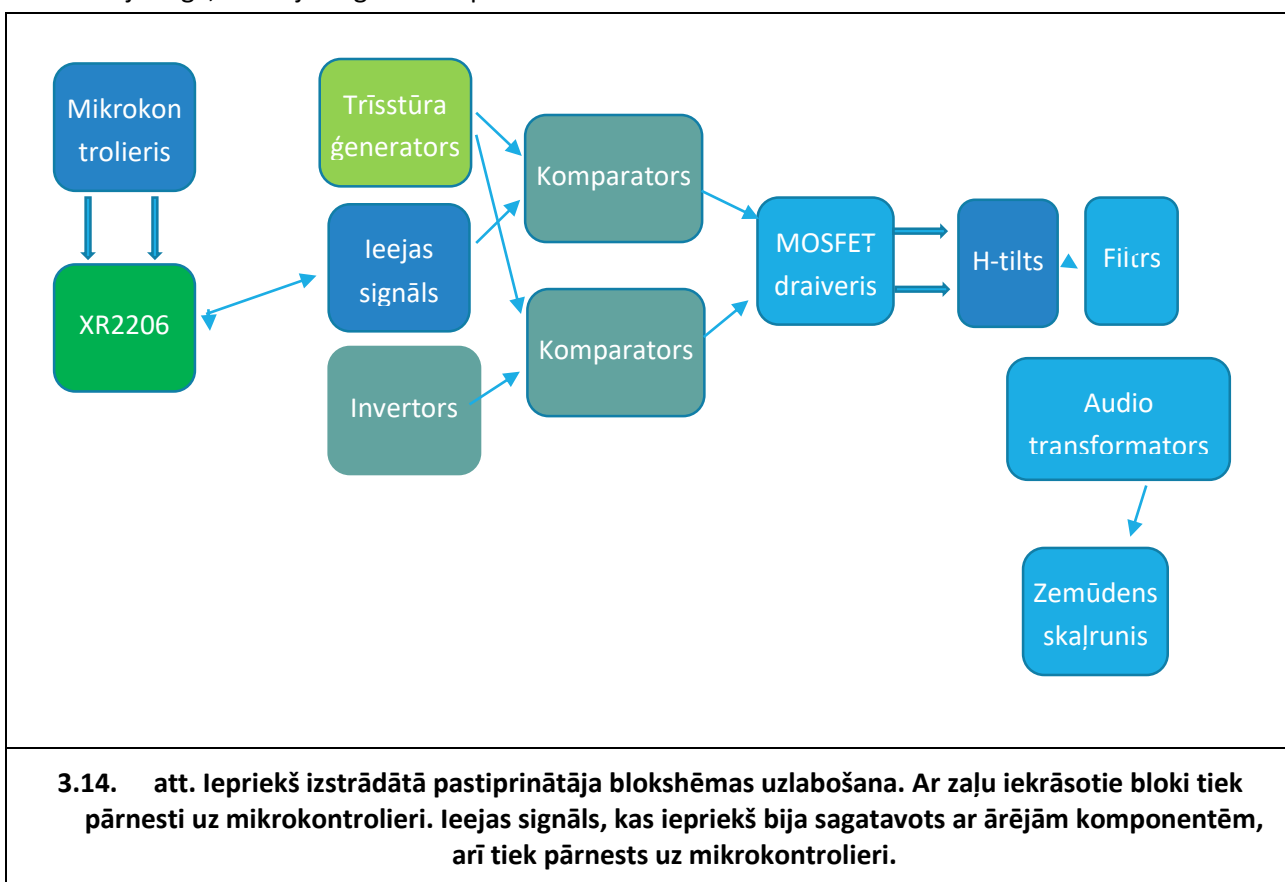
1. PWM impulsa laika sākuma vērtība lai būtu $4\mu s$. Pie īsāka impulsa izejā nekas nenonāk. Un garākā - 100% jeb puse no meandra perioda. Iespējams, būs grūti uztaisīt 100% bez "adatām". Bet, iespējams, IBT-2 uz tām nemaz nereaģēs.
2. Ar osciloskopu mērītās p-p un rms vērtības vien neko vēl nenožīmē. Liekas, IBT-2 patērētā jauda precīzāk liecina par skaļruņa izstaroto jaudu. Būtu interesanti pamērīt daudz maz reālos apstākļos (nevis spainī) skaņas spiediena atkarību no impulsa samēra. Iespējams, tā nebūs lineāra, un maksimālais skaļums nebūs pie 100%.
3. It īpaši pie maza impulsa samēra vērojamas rimstošas svārstības ar 40...45kHz frekvenci. To nosaka skaļruņa pjezo-elementa un parazītiskās kapacitātes, tajā iebūvētās spoles, un transformatora induktivitātes. Svārstības vērojamas laikā, kad visi tranzistori jau ir aizvērti, bet primārajā tinumā inducētais spriegums ir pārāk mazs (amplitūdā zem 12V), lai atvērtos tranzistoriem paralēli slēgtās aizsardzības diodes. Resp. kontūru nekas nešuntē. Bet nesaskatu te nekā bīstama vai kaitīga. Neticu, ka skaļrunis spēj izstarot tik augstu frekvenci.
4. Pieņemu, ka pirmajam prototipam skaņas impulsu sākumā un beigās PWM impulsa samēru varētu mainīt lineāri (kamēr nav zināma skaņas spiediena atkarība no tā).

3.6.2. Specifiskā pastiprinātāja uzlabošana

Versija priekš vispārīgā MOSFET draivera un H-tilta

Šajā aktivitātē tika uzlabots iepriekšējā atskaitīšanas periodā izstrādātais specifiskais pastiprinātājs. Tas ir parādīts 1.att. to blokshēma tika pilnīgi pārstrādāta, līdz ar to tādi bloki, kā trijstūra ģenerators, komparators, invertors (tie ir iekrāsoti zaļā krāsā), tika integrēti mikrokontrolierī.

Ieejas signāls, kas iepriekš tika formēts izmantojot mikrokontrolieri lai aprēķinātu signāla amplitūdu un frekvenci vajadzīgajā momentā un speciālo mikroshēmu XR2206 lai no šīs informācijas sintezētu sinusoīdu līdz ar to arī var tikt vienkāršots, tā kā tālākie apstrādes bloki ir tepat iekšā, nav nepieciešams līdz galam sintezētu signālu, bet var operēt tikai ar to frekvenci un amplitūdu, līdz ar to XR2206 mikroshēma vairs nebūs vajadzīga, un ieejas signāls tiks pilnībā realizēts mikrokontrolierī.



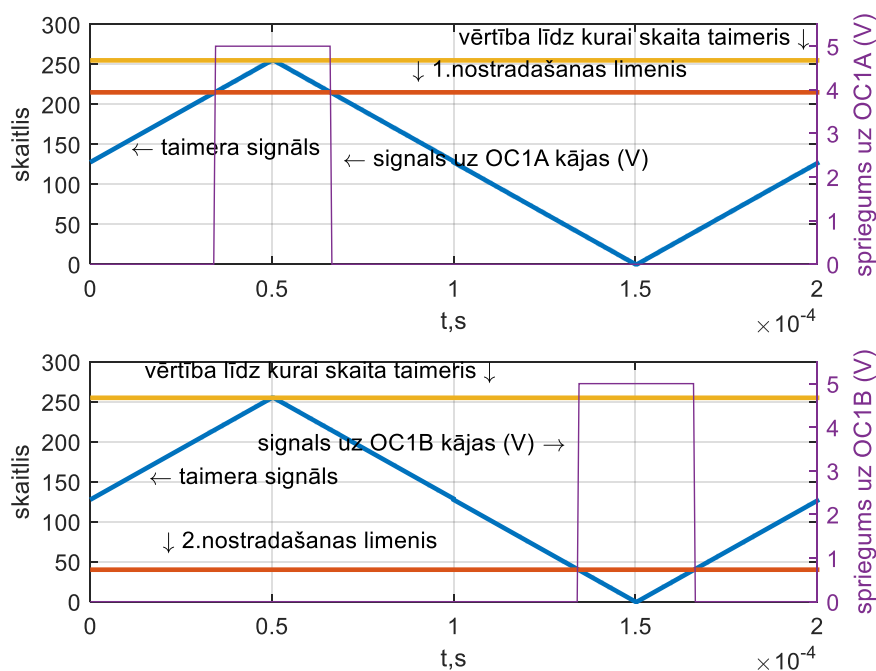
Vēl viens vienkāršojums būs tāds, ka sinusoidālā signāla vietā, tiks izmantots meandrs. No mikrokontrolieru viedokļa meandra ģenerēšana ir nesalīdzināmi vienkāršāka nekā sinusoīdas ģenerēšana, jo meandram ir tikai divi līmeņi, piem. 5v un 0v. Mikrokontrolieris ciparu izejās var ģenerēt tikai 0v un 5v. Bet sinusoīdai līmeņu skaits ir vairākas reizes (piemēram 255 reizes lielāks ja nodrošina 8 bitu izšķiršanas spēju), un tie ir, vai nu

jāaprēķina, vai nu jāglabā tabulā, toties arī lai ar ciparu izvadītu vairāku līmeņu signālu ir jāizmanto PWM modulācija.

No signālu teorijas viedokļa sinusoīdas aizstāšana ar meandru nozīmē, ka, ja piemērām, mūsu atbaidītājs strādā ar 14kHz skaņas frekvenci, tad meandram bez pamatharmonikas uz $f_1 = 14\text{kHz}$, būs arī harmonikas ar $3f_1$, $5f_1$, $7f_1$, t.i. 42kHz, 70kHz, 98kHz frekvencēm, kas nebūtu vēlami atbaidītāja darbībai, jo būs dzirdami zivīm un atbaidīs tos. Bet šie signāli neparādīsies ūdenī jo zemūdens skaļrunim ir ierobežota atskaņoto signālu frekvenču josla un šāda signāli ir ārpus atskaņojamās frekvenču joslai.

Visi bloki, kas tika iekrāsoti zaļi 3.14. att. tiek realizēti ar speciālo taimer1 objektu kas ir mikrokontroliera iekšienē. Tas var tikt konfigurēts tā, lai ietvertu sevī visus objektus.

Taimeris tiek izmantots t.s. UP-DOWN skaitīšanas režīmā (sk.3.15.att. taimera signāls ir parādīts ar zilo krāsu un ir nosaukts kā “taimera signāls”). Šoreiz atšķirībā no iepriekšējas realizācijas no taimera atkārtotās frekvences būs atkarīga arī ģenerējamā signāla frekvence. Taimera frekvence tiks mainīta, variējot skaitli līdz, kuram skaitīs taimeris (sk. 3.15. att., “vērtība līdz kurai skaita taimeris”) un tas tiek mainīts apgriezti proporcionāli nepieciešama signāla frekvencei (proporcionāli nepieciešamā signāla periodam).



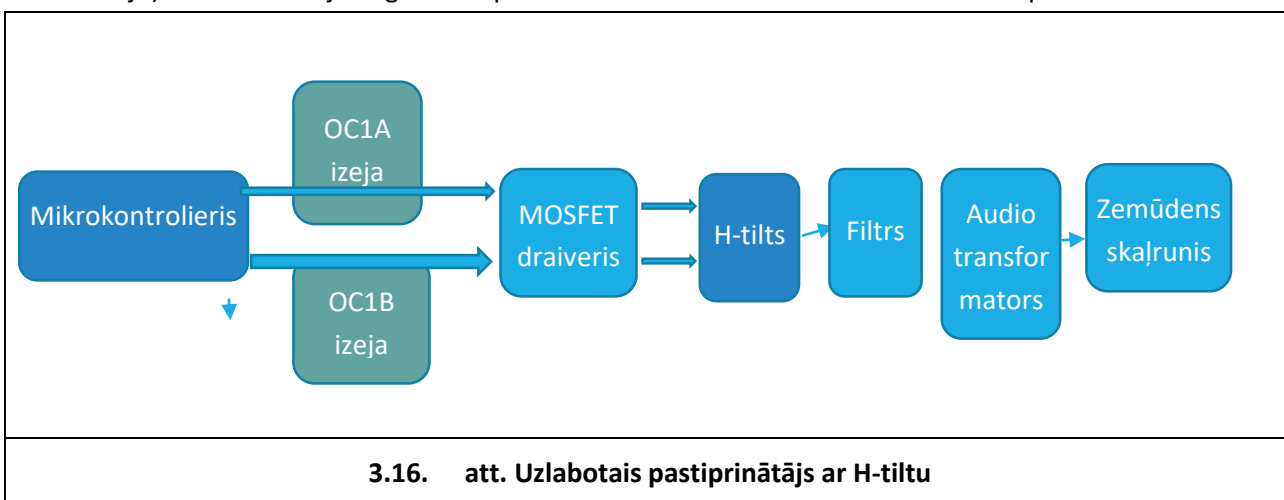
3.15. att. Nepieciešamo H-tilta vadības spriegumu ģenerēšana (tie nosaukti par spriegumiem uz OC1A un OC1B mikrokontroliera kājām). Parādīts taimera signāls, kas tiek salīdzināts ar 1,2.nostrādāšanas līmeni. Tā rezultātā rodas signāls uz OC1A un OC1B kājām attiecīgi. Taimera frekvence tiek uzdots ar vērtību, līdz kurai skaita taimeris. a) spriegums uz OC1A, b) spriegums uz OC1B.

Mikrokontroliera taimera objektam ir arī iebūvētie komparatori, kuri šajā pastiprinātāja realizācijā uzvedas sekojoši:

Ja taimera signāla vērtība ir lielāka par “1.nostrādāšanas līmeni”, tad mikrokontroliera OC1A izejās pina parīsies loģiskais “1” (t.i. 5v), ja mazāka tad “0” (0v).

Ja taimera signāla vērtība ir mazāka par “2.nostrādāšanas līmeni”, tad OC1B izejas pina parādīsies loģiskais “1” (5v), ja mazāka tad “0” (0 v).

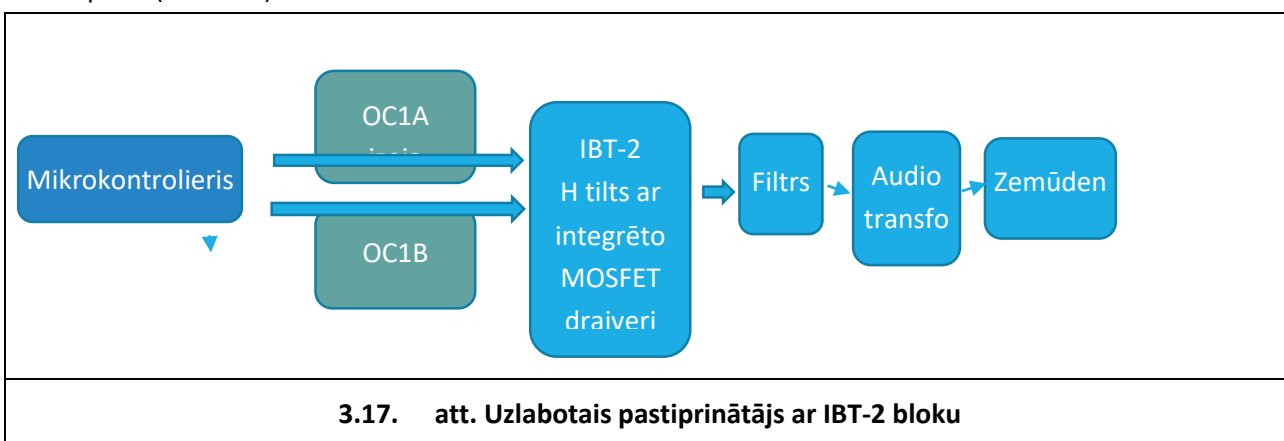
Variējot nostrādāšanas līmeņus simetriski var regulēt izejas signāla amplitūdu (ar impulsu platuma modulāciju) var mainīt izejas signāla amplitūdu. Abi nostrādāšanas līmeni ir savā starpā saistīti ar sakarību (1)



Ņemot vērā visus uzlabojumus, specifiska pastiprinātāja shēmu izdevās būtiski vienkāršot, gatavas shēmas blokshēma ir parādīta 3.16. att.

Versija prieks H-tilta, kas ir integrēts IBT-2 platē

Cits iespējams risinājums ir izmantot jau gatavo bloku, kurā ir integrēts H-tilts, kā arī draiveris, kas ir realizēts IBT-2 platē (3.17.att.)



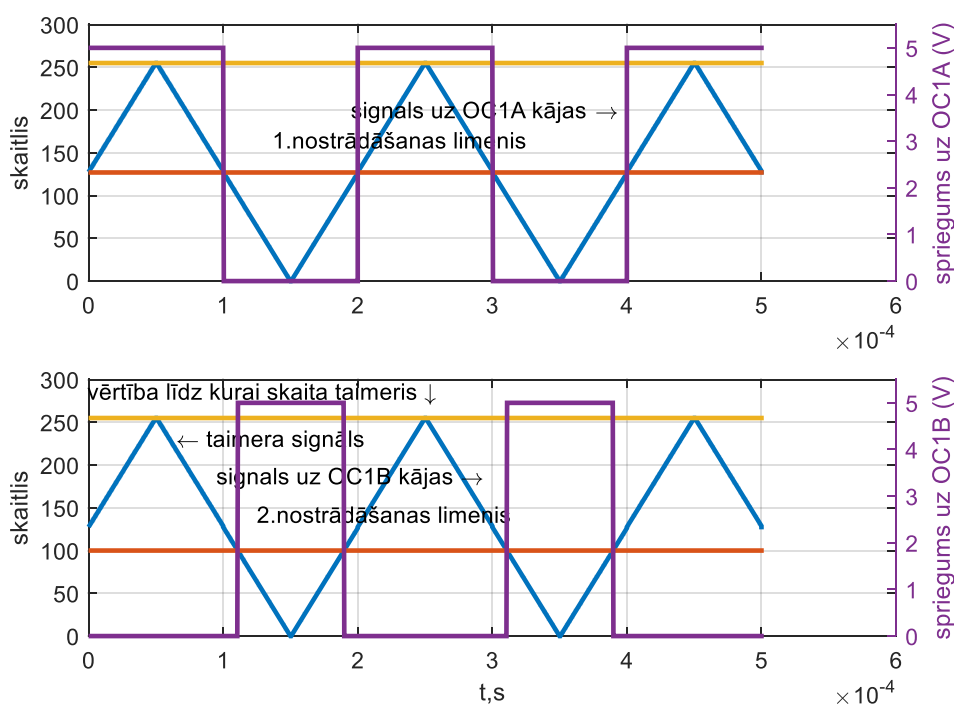
IBT-2 blokam ir vajadzīgi sekojošie signāli:

1. Meandrs, kas parāda kāda frekvence būs izejas, signālam (nāk par OC1A izeju)
2. signāls ar PWM aizpildījumu, kas parāda kāda amplitūda būs izejas signālam, (nāk pa OC1B izeju).

Šim gadījumam var vienkārši adoptēt iepriekš aprakstīto risinājumu, sekojoši pārkonfigurējot taimeru objektus:

- “1. nostrādāšanas līmenis” ir jāuzstāda pa vidu, t.i. uz pusi no skaita līdz kuram skaita taimeris.
- “2. nostrādāšanas līmeni” vērtību mainīt no 0 līdz max vērtībai līdz kurai skaita taimeris, atkarībā no vajadzīgas amplitūdas.

3.18. Attēlā ir parādīts: taimera signāls, nepieciešamie nostrādāšanas līmeņi un izejas signāli.

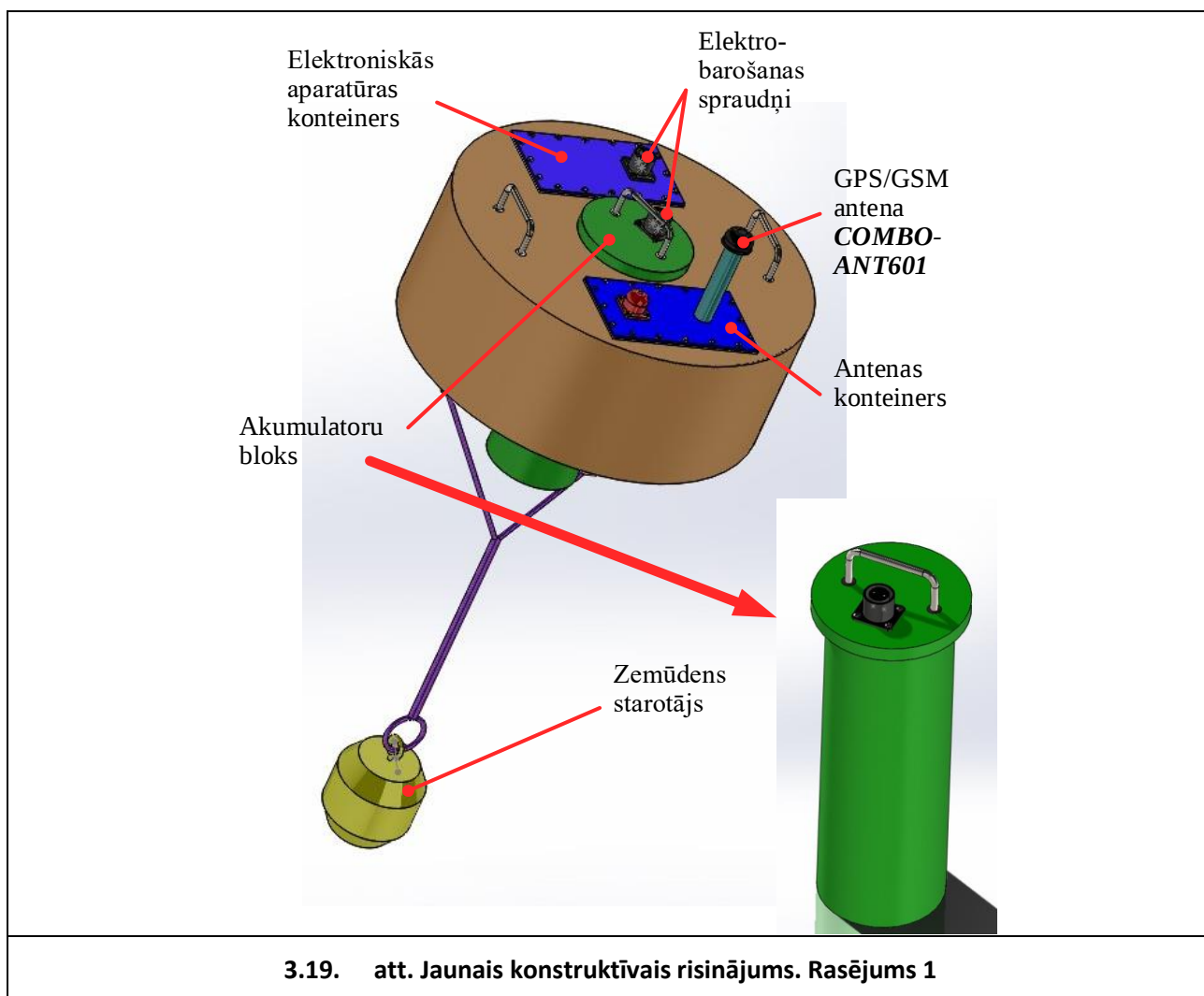


3.18. att. Nepieciešamo IBT-2 bloka vadības spriegumu ģenerēšanas paskaidrojums. (tie nosaukti par spriegumiem uz OC1A un OC1B mikrokontrolera kājām). Parādīts taimera signāls, kas tiek salīdzināts ar 1,2.nostrādāšanas līmeni. 1.nostrādāšanas līmenis tiek uzstādīts pa vidu no maksimālā. 2.nostrādāšanas līmenis mainās attiecīgi nepieciešamai izejas signāla amplitūdai. Tā rezultātā rodas signāls uz OC1A un OC1B kājām. Taimera frekvence tiek uzdots ar vērtību, līdz kurai skaita taimeris. a) spriegums uz OC1A, b) spriegums uz OC1B.

Nemot vērā visus uzlabojumus, specifiska pastiprinātāja shēmu izdevās būtiski vienkāršot, gatavas shēmas blokshēma ir parādīta 3.17. att

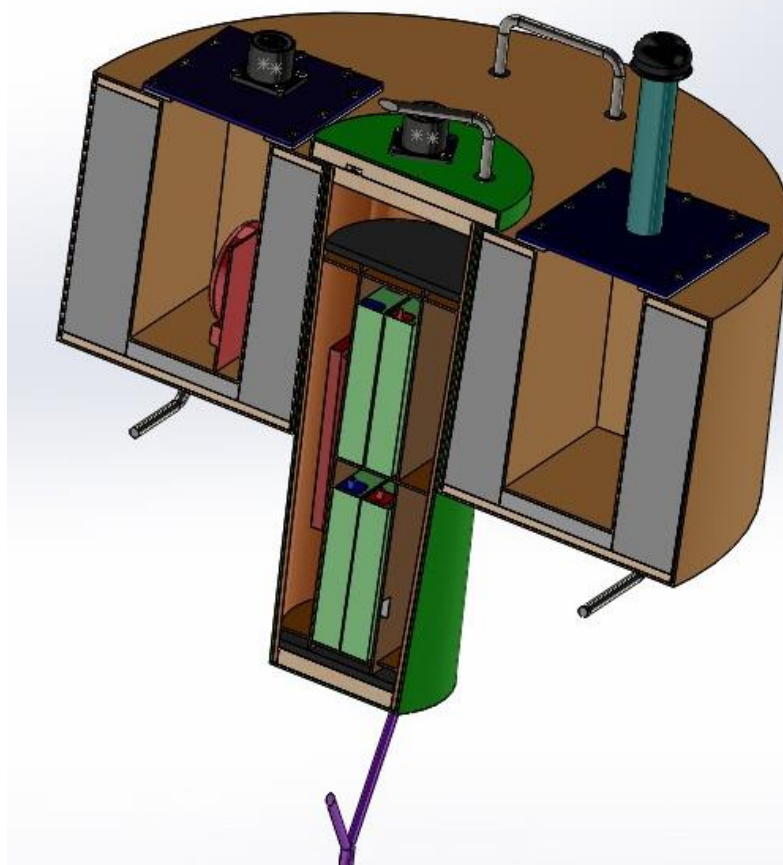
3.6.3. Atbaidītāja konstrukcijas uzlabošana

Konstrukcija tika izveidota izejot no principa, ka ģenerācijas bloks nepārtraukti atrodas jūrā, bet zvejnieki tikai maina akumulatorus. Bojas kopējā izskatā barošanas un starotāja elektriskie kabeli nav parādīti.

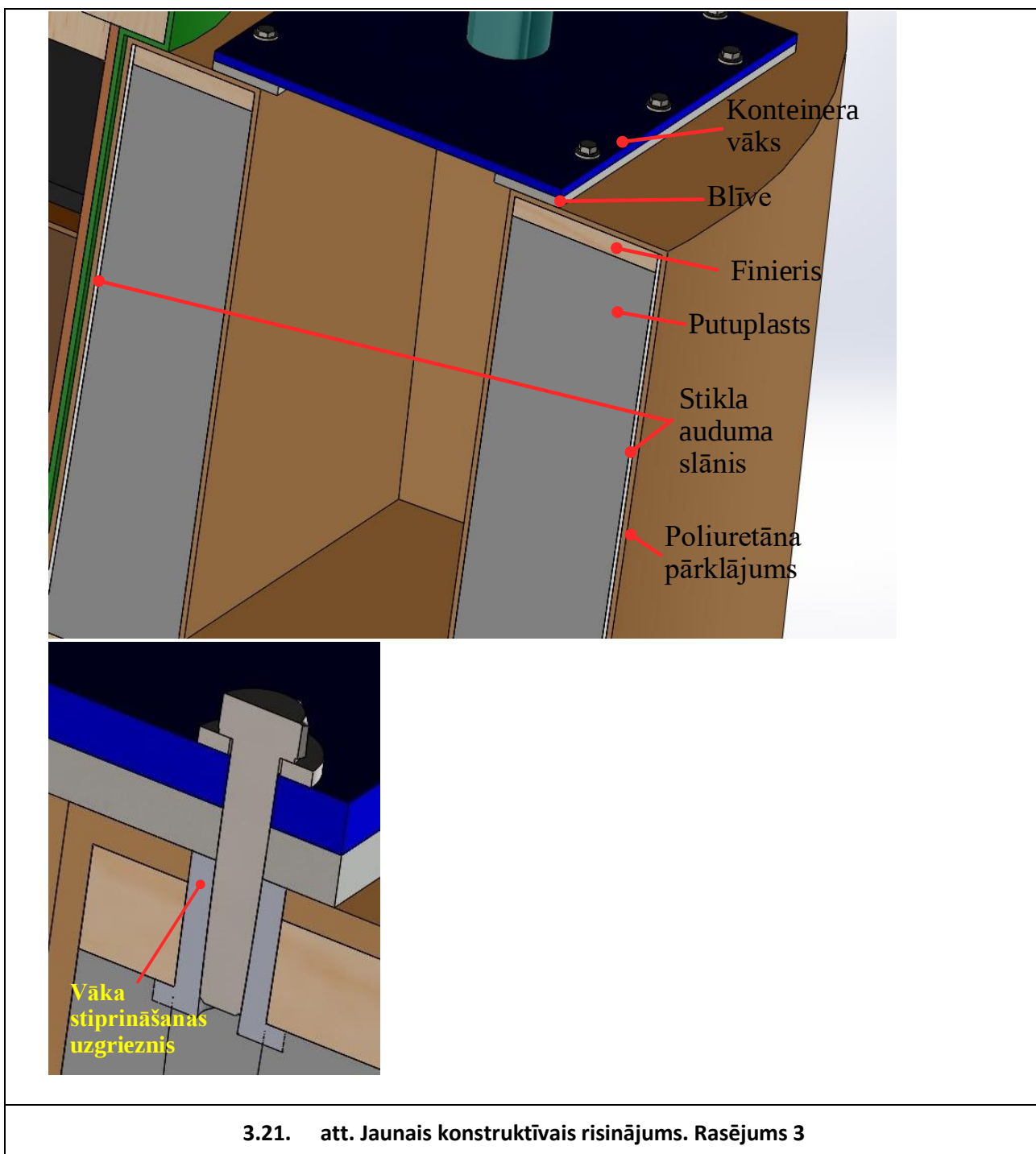


Korpasa augšējā daļā ir divi rokturi aparāta pārnēsāšanai. Korpasa apakšā ir vēl četri tādi paši rokturi, kurus var izmantot piestiprināšanai gan starotājam, gan enkuriem.

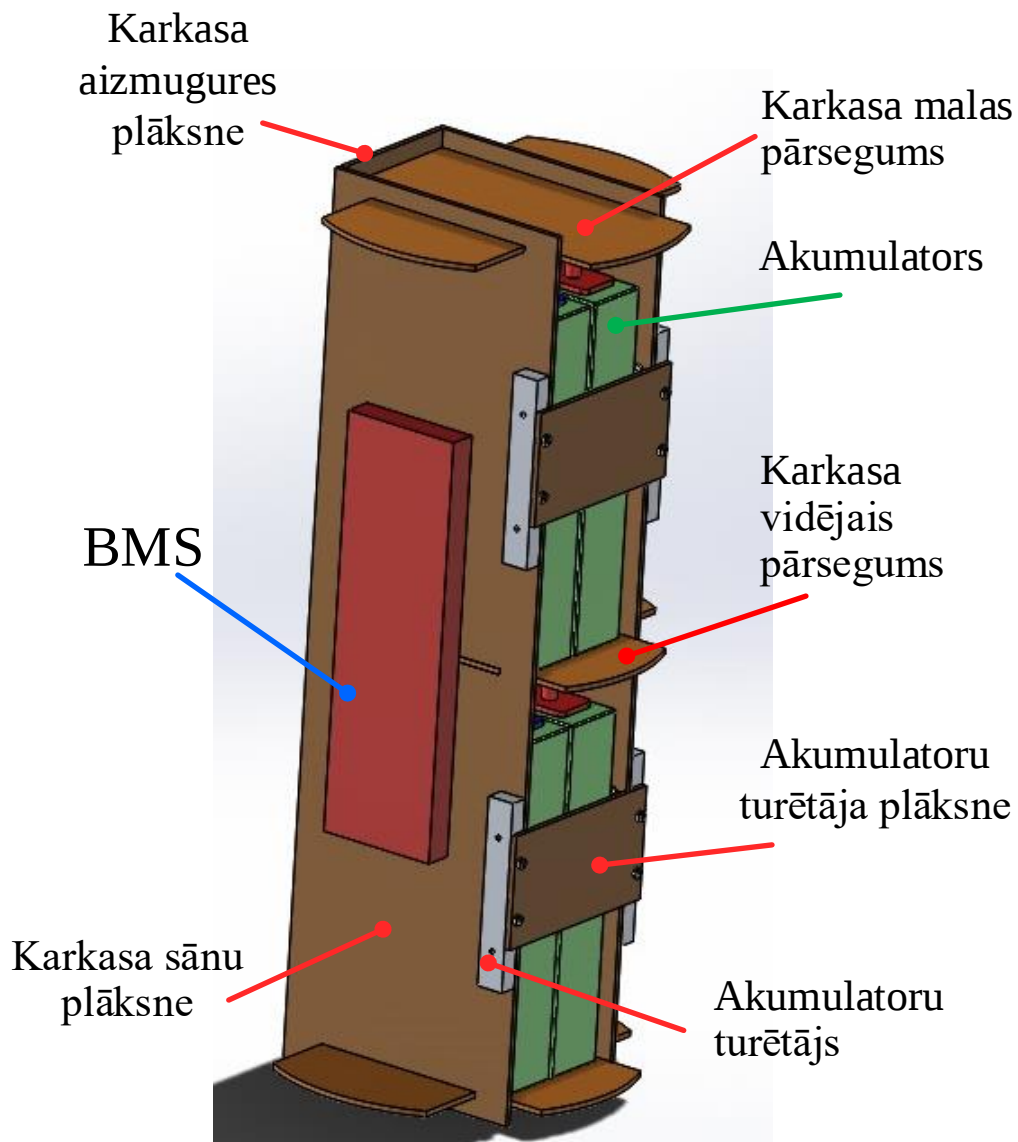
Konstruktīvi bojas bāzes daļas korpuss tika izpildīts no putuplasta. Mehāniskai stiprībai tika izmantotas divas finiera plāksnes. Lai pasargātu bojas korpasa sienas izmanto stikla auduma slāni ar epoksīdsveķi. Hermetizācijai korpuss ir pārklāts ar poliuretānu. Tas ir uzņemts ne tikai uz ārējās virsmas, bet arī konteineru iekšpusē. Rezultātā tika izveidotas dubultotās hermētiskās sienas.



3.20. att. Jaunais konstruktīvais risinājums. Rasējums 2

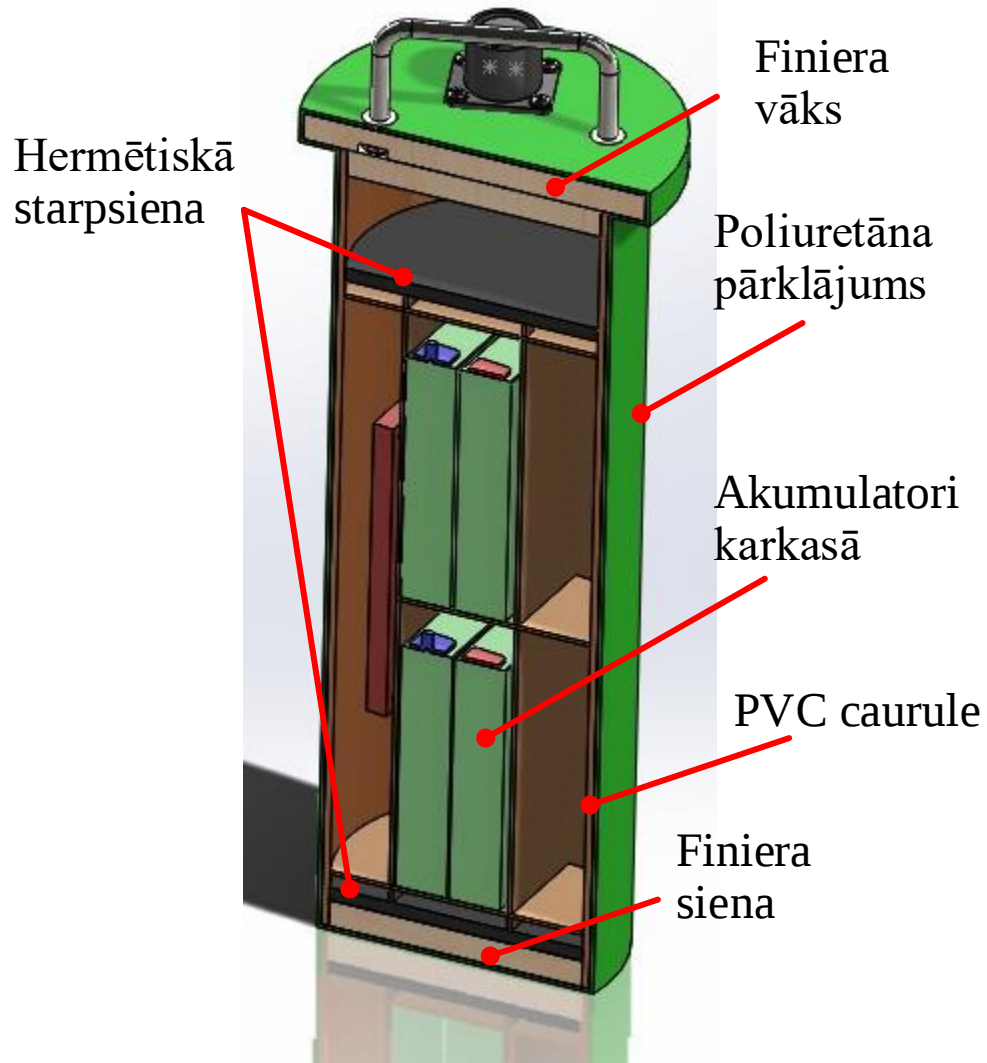


Galvenais akumulators sastāv no četrām šūnām, kas salikti kopā ar finiera karkasa palīdzību. Tā kā šūnas vajadzēs savienot virknes slēgumā, būs nepieciešams arī specialais kontrolieris (BMS – battery management system).



3.22. att. Jaunais konstruktīvais risinājums. Rasējums 4

Par korpusu akumulatora blokam tiks paņemta PVC caurule ar diametru 200mm. Hermetizācijai, tāpat kā bāzes daļai, ir izmantots poliuretāna pārklājums. Lai nodrošinātu paaugstinātu elektrodrošību, ir nepieciešams izmantot vēl divas hermētiskās starpsienas. Šeit arī var izmantot poliuretānu, aizlejot uz vietas.



3.23. att. Jaunais konstruktīvais risinājums. Rasējums 5

Decembris 27, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

U4.1. Zinātnisku rakstu izstrāde

Attiecīgās projekta realizācijas aktivitātes ietvaros tika izstrādātas un iesniegtas publicēšanai divas zinātniskās publikācijas, kas tika iesniegtas publicēšanai SCOPUS datu bāzē indeksējamā žurnālā “Elektronika ir elektrotehnika”. Apliecinotie e-pasti:

Subject: [Article 22307][EiE] Submission Acknowledgement Date: Tue, 18 Dec 2018 15:16:42 +0200 From: Elektronika ir Elektrotehnika <eejournal@ktu.lt> To: Mr Arturs Aboltins aboltins@rtu.lv Dear Mr Arturs Aboltins, Thank you for submitting the manuscript "Design of acoustic signals for a seal deterrent device" to Elektronika ir Elektrotehnika. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site: Prepared instruction for authors how to upload supplementary files on the website is given below: http://electronicsconf.ktu.edu/public/how_to_upload_supp_files.pdf Please note that all subsequent files should be uploaded by using the same paper ID number and your defined user name and password. If you have any questions, please contact me. Please reference your paper ID number in all correspondence. Thank you for considering this journal as a venue for your work. Yours Sincerely, Assoc. Prof. Darius Andriukaitis Executive Editor Kaunas University of Technology LITHUANIA +370-37-300519 eejournal@ktu.lt http://www.eejournal.ktu.lt	No: Elektronika ir Elektrotehnika <eejournal@ktu.lt> Nosūtīts: otrdiena, 2018. gada 18. decembris 15:19 Kam: Māris Tērauds Tēma: [Article 22316][EiE] Submission Acknowledgement Dear Dr. Maris Terauds, Thank you for submitting the manuscript "Using solar power in an acoustic deterrent device for seals" to Elektronika ir Elektrotehnika. Prepared instruction for authors how to upload supplementary files on the website is given below: http://electronicsconf.ktu.edu/public/how_to_upload_supp_files.pdf Please note that all subsequent files should be uploaded by using the same paper ID number and your defined user name and password. If you have any questions, please contact me. Please reference your paper ID number in all correspondence. Thank you for considering this journal as a venue for your work. Yours Sincerely, Assoc. Prof. Darius Andriukaitis Executive Editor Kaunas University of Technology LITHUANIA +370-37-300519 eejournal@ktu.lt http://www.eejournal.ktu.lt
--	--

Design of acoustic signals for a seal deterrent device

Arturs Aboltins, Juris Grizans, Dmitrijs Pikulins, Maris Terauds, Maris Zeltins
*Institute of Radioelectronics, Riga Technical University,
 Azenes St. 12, LV-1048 Riga, Latvia
 aboltins@rtu.lv*

Abstract— During the last decade, attacks by grey seals on fishing nets in the Baltic Sea have caused considerable loss of fish catch and damage to fishing gears. One of the approaches to reduce the number of seal attacks on fishing nets is to use acoustic deterrent devices (ADDs). Unfortunately, most of the commercially available ADDs are not well suited to the deployment in the sea and require considerable additional investments. The objective of the present research is to develop a compact and cost-efficient ADD for deployment in sea environment. This paper is devoted to the design of acoustic signals for a prototype ADD. Signals from other experimental and commercially available ADDs are studied and compared. Moreover, limitations imposed by underwater environment, transducers, battery power and fish hearing are analyzed and taken into account during development of signal patterns. The results of tests conducted in an artificial reservoir and in the sea are presented.

Index Terms— Seals, Acoustic wave, Signal synthesis, Underwater acoustics, Acoustic applications, Acoustic measurements, Underwater communication.

I. INTRODUCTION

An urgent problem facing the Baltic coastal fisheries in the last decade is the rapidly growing number of grey seals in the Baltic Sea. Animals, in search of food, are gaining new territories and damage fishing nets and gears leading to almost complete loss of catch. On the other hand, the grey seal and other seal species are indigenous and specially protected species in the Baltic region whose protection is simultaneously required by the so-called Habitats Directive and the Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area (HELCOM).

One of the most effective solutions for the reduction of the losses caused by seals is to use an underwater acoustic deterrent device (ADD), which allows to keep seals away from fishing nets. Research [1] describes the impact of ADDs on the reduction of damage to fishing in the Baltic Sea due to seal activity. Authors of this paper have made several conclusions about the efficiency and side effects of commercially available seal scarers. Most notably, it was concluded that using of ADDs leads to a noticeable reduction in damage caused by seals. However, authors noted the need for hardware improvements to make an ADD more secure and easier to use.

Many of the existing devices were developed 10–15 years ago, at a time when the question of repelling seals was not yet actively in the focus of researchers' attention. Since then, a number of important studies have been carried out that assess the effects of various signals on seals and other marine species. However, ADDs that are not modified for years (but are still for sale) do not allow the user to modify signal parameters according to new discoveries and scientific evidence, and continue to send ineffective signals to deter seals from fishing nets, thus affecting the life of other marine inhabitants.

Whereas most of the commercially available devices are well suited for fish farms, using them in the sea requires substantial investments in mechanical components and waterproof power supplies. Moreover, in an ideal case, acoustic signals used for deterring seals must be adjustable for the battery level, sound propagation conditions, transducer, and fish species.

Keeping these limitations and requirements in mind, our group of researchers have developed an advanced ADD for using in the sea. This paper is devoted to the design of acoustic signals used in a seal scarer device.

II. REVIEW OF EXISTING ADDS

At first, we will provide a short introduction into used terminology regarding acoustic signals.

Sound pressure level (SPL) L_p level is a logarithmic measure of the effective of sound pressure P relative to a reference value $P_0 = 1 \mu\text{Pa}$:

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

The sound exposure level (SEL) describes the impact on a living creature caused by a sound with a given SPL L_p and duration τ :

$$L_E = L_p + 10 \log_{10}(\tau) \quad (2)$$

As we see, exposing the organism for 10s to sound gives the same result as exposing it to a 10dB stronger sound for 1s.

Research [2] provides a comprehensive review of applications of ADDs, their efficiency and environmental

¹Manuscript received November XX, 20XX; accepted April XX, 20XX.

This research was funded by grant “The development of wide functionality high power underwater acoustic transducer for the decrease of losses to Latvian fisheries due to the actions of seals”, NR. 16-00-F01101-00001 from the European Maritime and Fisheries Fund.

impact. Authors review several commercially available devices from Ferranti-Thompson, Ace-Aquatec, Airmar, Terecos Ltd, Lofitech and scenarios of using them.

TABLE I. SIGNALS USED IN THE COMMERCIALY AVAILABLE OR EXPERIMENTAL SEAL DETERRENT DEVICES

Device	Waveform	Source level [dB]	F [kHz]	τ [ms]	T [ms]	B [ms]	L [s]	L duty cycle
Mate & Harvey [3]	Frequency-modulated pulses	unknown	8-20	1-32	0	1-32	0-1	random
Ferranti-Thompson MK2 Seal Scrammer	Pulses of 5 different frequencies, which are ordered in 5 different combinations.	unknown	4-40	20	40	20000	600-3600	3%
Ace-Aquatec Silent Scrammer	Pulses of 28 different frequencies, which ordered in 64 different combinations.	193	4-40	3.3-14	33.2-48.5	5000	50-600	50%
Airmar dB Plus	sinusoid	192, 198	10.3	1.4	40	2250	4500	50%
Terecos DSMS-4	Single tone, chirps	172	1.8-3.0, 2.4-6.0	8	8-16	200-8000	180	11%
Lofitech universal or seal scarer	Sinusoid	182	14.9 or 15	550	1000	5500	20-60	10-25%
Akamatsu et al. [4]	Sinusoid, sweep	165	8, 1-4	5000	0	5000	10	20%

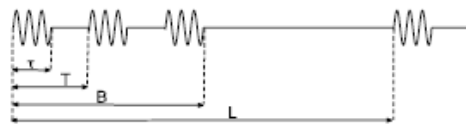


Fig. 1. Illustration of waveform parameters

Some of the reviewed devices are considered as acoustic harassment devices (AHDs) as they can cause actual pain and can lead to temporary or permanent damage to animal hearing. Table I provides an overview of the signals used in the commercially available or experimental ADDs and AHDs. An illustration of the parameters used in table is shown in Fig.1. As we see from table, there is a big difference between signals used for deterring seals from the fishing nets.

Part of the devices (Lofitech, Akamatsu) use simple single-tone signals, whereas other devices provide a wide range of various sounds. The ability to generate certain sounds can be restricted by several factors, such as transducer design, ease of use, power budget.

The results of the experiments in the Baltic Sea presented in [1] and [5] show that animals can habituate to simple and periodic sounds, therefore, a large degree of randomization of the frequency, timing and the waveform is necessary. However, in the case of seasonal fishing activities, the problem is less urgent, and habituation is observed only at the end of each season.

The experiments in the sea [1] have outlined the drawbacks of commercial ADDs employed in these experiments. For example, authors report the necessity to reduce the duty cycle to 4.5% (250ms pulse, 55s pause) to prolong the duration of device operation in the sea without recharging.

III. SIGNAL DESIGN

A. Source level

The loudness of underwater sounds must be carefully considered as it directly influences the activity of animals and can lead to hearing impairments. For example, in paper [6], it is concluded that the deterrent effect of sound depends on the presence of food. If there is no food, seals leave the ADD area at a source level of 135dB, whereas if the seal sees food, the threshold increases to 145dB.

TABLE II. IMPACT OF SEL TO HEARING IMPAIRMENTS

SEL [dB]	TTS radius [m]	PTS radius [m]
221	100	60
203	10	7
183	1	0.5
163	0	0

Too loud sounds can lead to a temporary threshold shift (TTS) or a permanent threshold shift (PTS) in hearing. This, in turn, will decrease the efficiency of ADD, as deaf animals do not feel discomfort caused by such devices. Table 2 presents the relationship between SEL and hearing impairments at various distances.

Finally, too weak sounds will serve as a “dinner bell” and, instead of deterring seals, will attract them to the fishnets, as animals can quickly learn the connection between the noise and the presence of food.

B. Frequency spectrum

Hearing studies in seals and other related species have shown that their best sensitivity to sounds lies within the 20-30kHz range. On the other hand, it is well known [7] that the absorption coefficient of sound in seawater grows proportionally to the frequency, therefore, the use of lower frequency signals is more energy-efficient.

The results of research [8] show that specific broad-spectrum signals may affect communication, predation and mating habits of animals. Therefore, the waveform of the ADD signal has to be designed with high precision and awareness of the impact on sea inhabitants. At the same time, ADDs should not deter fishes from the nets as it would render the fishery useless. In order to avoid this problem, authors carried out a series of experiments in a fish farm. The results of the experiments show that the tested fish species (trout and salmon) react to sounds with frequencies up to 300 Hz and that sounds above 4kHz do not affect their behavior.

Another factor which affects the selection of the waveforms is the characteristics of the underwater projector (speaker). Typically, transducers that cover a wide range of frequencies, for example, underwater speakers for swimming pools, have high cost and limited capabilities to provide high sound pressure levels. Devices produced especially for deterring purposes are more cost-efficient and louder, however, they have an uneven frequency response and require adaptation of the transmitted signals to a particular speaker.

C. Window

In research [6], it is shown that in order to cause the startle reflex in grey seals, the sound pressure must rise from zero to full intensity in less than 20ms. Moreover, it is shown that a sharper rising edge cause a stronger deterrent effect on animals. However, waveforms with sharp edges have many high-frequency harmonics in the spectrum, which lead to waste of energy and may cause undesired side effects such as intermodulation products at low frequencies that deter fishes. In our device, we use bursts of short pulses with different frequency variation rules. Pulse shaping is applied to separate pulses with duration τ (see Fig.1) within the burst. We employed the well-known Hann (raised cosine) window:

$$u(t) = 0.5 \left[1 - \cos\left(\frac{\pi t}{a}\right) \right] \quad (3)$$

Where a is the duration of the pulse edge and it must be less or equal to half of the pulse duration τ within the burst (see Fig.1). Parameter a can be adjusted in order to maintain necessary sharpness of the edges along with low sound intensity at higher frequencies.

D. Pulse timing

As it is shown in Part II, the sound exposure level (SEL) depends on the duration of the signal. Therefore, longer pulses or bursts have a larger impact. However, long pulses shorten battery life and facilitate habituation to the deterrent signal. Another parameter which must be considered is the pause between the pulses or bursts. Larger pauses between the pulses save battery life. However, too long pauses will weaken the deterrent effect, as predators can get into the fishing nets during the silence period. Moreover, a large pause increases the probability of PTS or deafness due to a very small distance between the speaker and an unaware animal. To calculate the maximum silence interval t_s , we have to know the maximum swimming speed v_m of a seal and the maximum distance R at which seals notice the signal. In accordance with [9], the swimming speed of a grey seal is typically in the range 0-1.5m/s. In accordance with [10-12], the avoidance threshold SPL for grey seals is approximately 140dB. Considering the sound propagation model from [13] as well as real measurements from [12], [14], the sound absorption in seawater can be described using the following approximate formula:

$$K = 20 \log_{10} R \quad (4)$$

where K is the attenuation in dB and R is the distance from the source. Assuming the SPL of the source is 180 dB, the distance at which we get a $K=40$ dB lower level, that is, 140 dB is:

$$R = 10^{\frac{(180-140)}{20}} = 100m \quad (5)$$

This result means that the effective deterrence radius of ADD is equal to 100m. Neglecting speed of sound in the water (approximately 1480 m/s), we can calculate that the silence interval must not exceed:

$$t_s = \frac{R}{v_m} = \frac{100}{1.5} = 67s \quad (6)$$

In accordance with Table I, there is a large variety of repetition intervals (parameter L in Fig.1) and duty cycles (duty cycle of L) used in various commercial ADDs. Some of the devices are not suitable for deterring seals due to too long silence periods.

E. Software-based generator

For the selection of the signal parameters and laboratory testing, a MATLAB App Designer® application was created (see Fig.2).

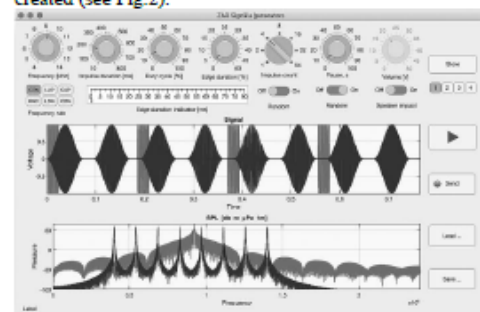


Fig. 2. Application for the signal parameter adjustment and testing.

The knobs at the top of the window allow to adjust signal parameters, whereas the buttons on the left side allow to select the rule of frequency change (see explanation in Table III).

TABLE III. RULES OF FREQUENCY CHANGE

acronym	frequency change rule
CON	constant f_{max}
LUP	Linearly increasing frequency from 4kHz to f_{max}
CUP	Linearly increasing frequency from 4kHz to f_{max} , circularly shifted by random offset
RND	random in range from 4kHz to f_{max}
LDN	Linearly decreasing frequency from f_{max} to 4kHz
CDN	Linearly decreasing frequency from f_{max} to 4kHz, circularly shifted by random offset

By pressing “Store” button, it is possible to save the state of the knobs (that is, signal parameters) into one of four memory cells. The content of the memory cells can be loaded from file or saved to the file. By pressing “Send” button, four sets of parameters can be transmitted via serial port to the prototype device.

The application allows playback of acoustic signals via computer speakers. This feature allows to use the application for laboratory testing and for audio amplifier and underwater transducer measurements. Moreover, this application has been used to explore the impact of ADD signals on fishes in a fish farm.

The waveform and spectrum plots at the middle of the window allow to monitor and compare their characteristics, such as duty cycle and spectral leakage. It is possible to monitor signal characteristics considering the frequency response of a particular speaker that can be loaded from the file.

F. Hardware-based generator

To implement a waveform generator in the prototype of an acoustic deterrent device, we use a popular microcontroller unit (MCU) ATmega328P in conjunction with a function generator integrated circuit (IC) XR-2206 from EXAR Corporation. Using pulse-width modulation (PWM) outputs, the program of the microcontroller performs real-time control of amplitude and frequency of acoustic signals generated by the function generator IC. Loading of signal parameters into the MCU is performed by means of serial communication between the computer running the MATLAB application (see Section IV-A) and the MCU program.

One of the important features of the developed software is the ability to go into “sleep” mode between the bursts of acoustic signals. It enables extremely power-efficient operation of the acoustic signal generator.



Fig. 3. Flowchart of windowing function in MCU.

Fig.3 depicts the flowchart of the part of the MCU program that controls generation of the envelope of an acoustic signal along with sleep function. Besides the mentioned tasks, the microcontroller program controls the frequency of the acoustic signal and is responsible for communication with other parts of the prototype, such as the remote control and telemetry.

To maintain the maximum power efficiency of the ADD, the hardware-based generator is equipped with a function which allows to adjust parameters of the acoustic signals depending on the battery level. So it is possible to prolong intervals between recharging of the battery, when the device is lifted out of the water and fishing gears

remain unprotected. A simplified algorithm which is used in the function is shown in Fig.4.



Fig. 4. Algorithm for adjusting signal parameters according to the battery level.

IV. TESTING

The developed prototype of ADD has undergone several testing cycles including laboratory testing, testing in the river, and sea tests. In this paper, we will pay attention to the testing of signal generation and underwater propagation.

A. Testing in the reservoir

In order to estimate speaker characteristics and examine signal propagation in water, we performed a series of tests in a boat bay at the bank of the Daugava river. The experimental setup is depicted in Fig.5. For the signal acquisition a high-accuracy hydrophone Reson TC4032-1 was used.



Fig. 5. Setup for testing of acoustic signal transmission in the reservoir.

The purpose of the tests was to estimate:

1. Dependence of SPL on the distance from the speaker.
2. Impact of water flow on the propagation of the sound.
3. Impact of underwater medium on the waveform and spectral characteristics of the signal.

We observed large variations of signal level during the measurement sessions. Variable-frequency pulses transmitted with a 0.5s interval showed considerable amplitude variations (see Fig.6) due to water streams and frequency-dependent absorption of the acoustic waves in the water.



Fig. 6. Example waveform captured by the oscilloscope during reservoir testing.

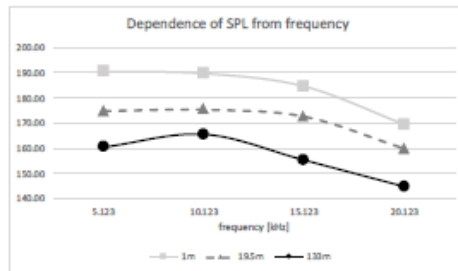


Fig. 7. Dependence of the average sound pressure level from the frequency at various distances between the speaker and the hydrophone.

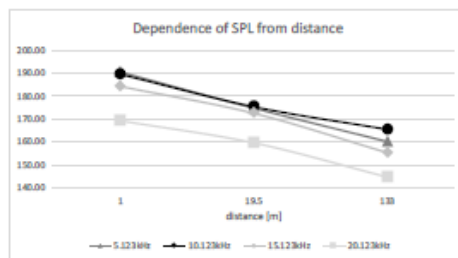


Fig. 8. Dependence of the average sound pressure level from the distance between the speaker and the hydrophone.

Fig. 7 and Fig. 8 show frequency-dependent attenuation at different distance between the speaker and the hydrophone. It can be seen that attenuation at higher frequencies is stronger as expected in theory [7]. Moreover, the SPL is inversely proportional to the distance between the speaker and the hydrophone. The obtained measurement results fit well with the theory presented in previous sections.



Fig. 9. Prototype of ADD during testing in the sea.

As we see from Fig. 8, at a distance of 133m, the SPL decreases by approximately 30dB, whereas, according to equation (4), the signal attenuation should be about 42 dB. The difference could be caused by shallow water and underwater reflection of acoustic waves from the concrete decking of the pier.

A. Testing in the sea

The prototype of ADD was tested in sea conditions (see photo in Fig. 9). Table IV presents the parameters of four different signals employed during the sea tests. The results of the tests show that the prototype of ADD emitting the mentioned signals is capable to deter seals from fishing nets. Compared to the time periods when no deterrent device was used, the catch was several times higher and fishing nets were not damaged. During the four-day continuous test period, habituation of seals to the deterrent signals was not observed. Habituation over longer periods will be explored in future researches.

TABLE IV. SIGNALS USED FOR TESTING IN SEA

f mode	f _{max} [kHz]	T [ms]	r [ms]	a [ms]	B _{max} [ms]	L _{max} [g]
RND	15	16	16	8	640	60
CUP	15	16	16	5	640	60
CON	13	10	10	0	640	60
CON	10	100	50	25	400	10

V. CONCLUSIONS

This paper presents the design and testing of signals for an acoustic deterrent device (ADD) which is aimed to deter seals from fishing nets in the sea and, therefore, reduce predation on salmon and other valuable fish species. Potential users of these devices are medium and large fishing companies who cast their fishing nets in coastal regions of the Baltic Sea.

The design methodology is based on the research of scientific literature about deterrent devices and on the study of existing commercial ADDs. Moreover, authors have performed a series of tests to ensure no deterrent effect on fishes. Particular attention is paid to simplicity and efficiency of operation along with minimal maintenance.

Reservoir testing confirmed theoretical considerations about sound propagation models, frequency-dependent sound absorption in water and its impact on signal parameters at different distances from the underwater speaker. Moreover, testing in the reservoir allowed to test such system components as audio amplifier and power supply circuitry.

Testing in the sea confirmed the effectiveness of deterrent signals and suitability of the developed hardware prototype for commercial deployments. However, sea tests revealed that fishing nets became damaged within less than one day after the ADD was removed. Therefore, one of the largest challenges that has to be resolved now is to find a way to ensure continuous operation of the deterrent device along with the necessity to recharge or change the batteries.

REFERENCES

- [1] A. Fjälling, M. Wahlberg, and H. Westerberg, "Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap, net fishery," *ICES J. Mar. Sci.*, vol. 63, no. 9, pp. 1751–1758, 2006.
- [2] T. Götz and V. M. Janik, "Acoustic deterrent devices to prevent pinniped predation: Efficiency, conservation concerns and possible solutions," *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 492, pp. 285–302, 2013.
- [3] B. R. Mate, R. F. Brown, C. F. Greenlaw, J. T. Harvey, and J. Temte, "An Acoustic Harassment Technique to Reduce Seal Predation on Salmon," in *Acoustical Deterrents in Marine Mammal Conflicts with*

- Fisheries*, 1986, pp. 23–36.
- [4] T. Akamatsu, K. Nakamura, H. Nitto, and M. Watabe, “Effects of Underwater Sounds on Escape Behavior of Steller Sea Lions,” *Fish. Sci.*, vol. 62, no. 4, pp. 503–510, 1996.
 - [5] M. J. Brandt, C. Höschle, A. Diederichs, K. Betke, R. Matuschek, S. Witte, and G. Nehls, “Effectiveness of a sealscarer in deterring harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and its application as a mitigation measure during offshore pile driving,” *A Rep. Comm. by Ger. Fed. Minist. Environ. Nat. Conserv. Nucl. Saf.*, no. March, p. 110 pp., 2012.
 - [6] T. Götz and V. M. Janik, “Repeated elicitation of the acoustic startle reflex leads to sensitisation in subsequent avoidance behaviour and induces fear conditioning,” *BMC Neurosci.*, vol. 12, no. 1, p. 30, 2011.
 - [7] A. Stefanov and M. Stojanovic, “Design and Performance Analysis of Underwater Acoustic Networks,” *Sol. Areas Commun. IEEE J.*, vol. 29, no. 10, pp. 2012–2021, 2011.
 - [8] G. D. Hastie, C. Donovan, T. Götz, and V. M. Janik, “Behavioral responses by grey seals (*Halichoerus grypus*) to high frequency sonar,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 79, no. 1–2, pp. 205–210, 2014.
 - [9] J. Gordon, D. Thompson, D. Gillespie, M. Loneragan, S. Calderan, B. Jaffey, and V. Todd, *Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms*, no. July, 2007.
 - [10] T. Götz and V. M. Janik, “United States Patent,” US 8,289,812 B2, 2012.
 - [11] R. A. Kastelein, L. Helder-Hoek, R. Gransier, J. M. Terhune, N. Jennings, and C. A. F. de Jong, “Hearing thresholds of harbor seals (*Phoca vitulina*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behavior,” *Hydrobiologia*, 2015.
 - [12] J. R. Nedwell, a G. Brooker, S. a H. Bryant, and R. J. Barham, *Measurements of Underwater Noise Generated by Acoustic Mitigation Devices*, no. December, 2010.
 - [13] S. Jie, Z. Weisong, J. Xiangjun, Z. Xin, and R. Malekian, “Underwater broadband acoustic scattering modelling based on FDTD,” *Elektron. ir Elektrotehnika*, vol. 21, no. 2, pp. 58–64, 2015.
 - [14] A. Müller and C. Zerbs, “Offshore wind farms. Measuring instruction for underwater sound monitoring,” Hamburg, 2011.

Using solar power in an acoustic deterrent device for seals

Maris Terauds, Maris Zeltins, Arturs Aboltins, Dmitrijs Pikulins, Juris Grizans
Faculty of Electronics and Telecommunications, Riga Technical University
Azenes 12, LV-1028, Riga, Latvia
e-mail: maris.terauds@rtu.lv

Abstract—The paper is devoted to evaluation of possibilities of autonomous powering of an acoustic deterrent device in the sea using solar battery. The energy harvested from solar power panels is calculated for Latvian climatic conditions. Direct and diffuse sunlight intensities are analyzed. We calculate the intensity of light for different panel placement models and show which placement is better suited for Latvian conditions. We also calculate the optimal area of solar panel suitable for powering acoustic deterrent device.

Keywords—solar panels, sea mammal scarer, solar energy.

I. INTRODUCTION

In Latvia, the traditional coastal fishing plays an important role for the local communities. The Baltic Sea is rich in fish. But the increasing population of grey seals causes losses for fishermen and sometimes makes this business less appealing. Instead of catching fish in the Baltic Sea, seals make it simpler by attacking fyke nets full of fish. They bite a lot of caught fish and make them useless for further sale. The nets are being damaged as well. One of the possibilities how to fight off seals is to use an acoustic deterrent device (ADD). A lot of studies show the effectiveness of using ADD to scare off seals (see e.g. [1], [2]).

In order to reach the mitigation effect, an ADD must be always on. It takes a lot of power – approximately 100 W during short (10 ms to 100 ms) time intervals and is then idle for 10 s to 1 min [3]. A scarer is installed near a fyke net approximately 500 m from the coast. It is possible to use powerful lithium accumulators for 3 to 6 days of autonomous operation. In this paper we analyze the suitability of solar batteries as main or auxiliary energy source for a ADD to operate autonomously and unattended in weather and terrestrial longitude conditions of Latvia. The period of interest for using a ADD is from March through October.

II. SPECIFICATION OF LATVIAN WEATHER CONDITIONS

The position of the Sun in the sky is described with its azimuth ϕ_s and elevation θ_s angles. The azimuth angle is the angle between the projection of Sun's rays on the Earth and the direction to the North. It increases clockwise. The elevation angle is the angle between the direction to the Sun and the horizontal surface. These angles are dependent on the geographical location, date and time. From [4], [5], [6] we can get the solar trajectory and these angles for any geographical location. All calculations used in this research are done regarding a small fishing town Carnikava, located at 57° 08' North latitude and 24° 17' East longitude. For

effective placement of a solar panel we need to know the ranges of azimuth and elevation angles. Table I summarizes these values for the 15th date of each month of interest. The Sun reaches the maximum elevation when the azimuth is equal to $\phi_s=180^\circ$.

For example, we can see that, in June, the azimuth ϕ_s changes from 41.9° to 316.7°, but in October ϕ_s changes from 105.3° to 253.0°, while the maximum Sun elevation in June is 56.2°, but in October 24.3°.

TABLE I. AZIMUTH AND MAXIMUM ELEVATION OF THE SUN IN CARNIKAVA.

Month	Azimuth of the Sun ϕ_s at sunrise and sunset, degrees	Maximum elevation of the Sun θ_s ($\phi_s=180^\circ$), degrees
March	95–266.5	30.8
April	71.6–287	42.7
May	53.1–307.3	51.8
June	41.9–316.7	56.2
July	47.8–312.6	54.4
August	64.2–296.8	46.9
September	84.5–276.2	35.9
October	105.3–253.0	24.3

Because of such a broad azimuth range, we can intuitively suggest that a fixed solar panel would be ineffective. Using of a tilted and rotating panel following the Sun may be much more effective. However, in the sea, such a complex mechanism would be unreliable and difficult to control. Therefore, it is suggested to place a solar panel in a fixed position, without complicated tilted and rotating mechanisms as shown in Fig. 1 (a). An intuitively better configuration with multiple solar panels is shown in Fig. 1 (b) and (c). Then probably at least one of the panels is optimally positioned towards the Sun. In this paper we will calculate and compare the efficiency of mentioned solar panel placements.

We describe the panel orientation using the azimuth and elevation angles ϕ_p and θ_p . To define these angles, we use the normal to the solar panel. The azimuth ϕ_p is the angle between the projection of the solar panel normal on the

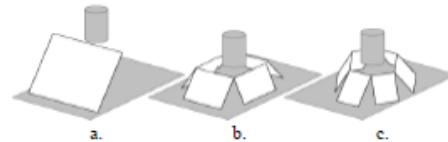


Fig. 1. Ways to place a solar panel in a fixed position: a. one solar panel, b. four solar panels, c. six solar panels. (The cylinder in the center is a place for a hypothetical wind generator).

Earth's surface and the North. The angle grows clockwise. The elevation θ_p is the angle between the solar panel normal and the horizon. Since the elevation angle of the panel is counter-intuitive, we use also the panel slope angle δ_p that is the angle between the panel and the horizon. The relationship between the panel slope and the panel elevation is expressed with formula (1):

$$\delta_p = 90^\circ - \theta_p. \quad (1)$$

where δ_p – panel slope angle, θ_p – panel elevation angle.

For example, a horizontally placed panel has $\delta_p = 0^\circ$ and $\theta_p = 90^\circ$.

From [4] and also from Table I we can suggest that a fixed panel should be oriented directly to the South ($\theta_p = 180^\circ$).

III. SUN-EMITTED IRRADIANCE

Sun's emitted energy reaches the Earth as radiation. The total amount of solar power per unit area that reaches the ground is called global irradiance. That part of global irradiance that reaches the Earth directly through the atmosphere is called direct irradiance Π_{direct} . The other part of irradiance that is diffused through clouds and the atmosphere and then reaches the Earth is called diffuse irradiance Π_{diffuse} . These two parts of solar irradiance will be separated in our calculations.

Weather monitoring companies provide statistical data about solar irradiance [7], [8], [9]. The irradiance can be measured directly or indirectly. Source [10] and also local investigations [11] show that both directly and indirectly obtained results are very close.

Direct measurements are done using station equipment placed on the Earth's surface and having the following sensors [10]: Pyranometer – measures the global irradiance; Shadow Pyranometer – measures the diffuse irradiance. It is the same sensor that is used in solar tracking systems to shadow the Sun's rays; Pyrheliometer – measures the direct irradiance. It is also used in solar tracking systems. This sensor uses an optical system that can receive only the direct irradiance. The drawback of these measurements is that such an equipment is provided only in certain places.

Indirect measurements can be made from satellites and the data for any location are publicly available. In [8] we can get maximum, minimum and average data for the following parameters for each month averaged over many years:

1) global solar irradiance at the ground $\bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{global}}$ – the total amount of solar irradiance that reaches the horizontal surface averaged over day/night period;

2) direct solar irradiance at the ground $\bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{direct}}$ – the amount of direct irradiance that reaches the horizontal surface averaged over day/night period;

3) direct normal solar irradiance $\bar{\Pi}_{\text{normal}}^{\text{direct}}$ – the amount of direct irradiance that reaches the surface that is perpendicular to the Sun's rays, averaged over day/night period.

In the following calculations we will use the direct normal solar irradiance $\bar{\Pi}_{\text{normal}}^{\text{direct}}$, further referred to as *direct irradiance* and denoted as $\bar{\Pi}^{\text{direct}}$ without emphasis on “normal”. And we will use the diffuse part of irradiance collected on the horizontal surface $\bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{diffuse}}$, further referred to as *diffuse irradiance*.

Diffuse irradiance data for a horizontal surface averaged over day/night period is not provided, but we can calculate it as follows:

$$\bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{diffuse}} = \bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{global}} - \bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{direct}}. \quad (2)$$

As global value of irradiance we will understand the sum of diffuse and direct energy under given conditions.

Fig. 2 summarizes the direct irradiance $\bar{\Pi}_{\text{normal}}^{\text{direct}}$ and the diffuse irradiance $\bar{\Pi}_{\text{horizon}}^{\text{diffuse}}$ for each month in a year in Latvia. Values averaged during 10 year period for each month 15th date are used.

To calculate the energy that will be received by an arbitrary oriented solar panel, we need hourly values of solar irradiance energy instead of day-night average values.

For a rough calculation, we simply assume that the irradiance is the same during the day and zero at night (a rectangular distribution). For example, if the averaged day-night solar irradiance is 30 W/m^2 and the day is 8 hours long, we can calculate that the irradiance is $30 \text{ W/m}^2 \times 24 \text{ h} / 8 \text{ h} = 90 \text{ W/m}^2$ during the day and 0 W/m^2 at night.

To make this calculation more precise, we have to take into account that the flux per day is not the same – it reaches its maximum midday and the minimum in the evening and morning. We analyzed hourly global irradiance data [9] and concluded that the distribution of irradiance is proportional to the sine of the Sun's elevation angle:

$$\Pi_{\text{global}}(t) = \alpha_{\text{month}} \cdot \sin(\theta_s(t)), \quad (3)$$

where θ_s – Sun elevation angle, α_{month} – proportionality coefficient, different for each month, we can calculate it using (4):

$$\alpha_{\text{month}} = \frac{\bar{\Pi}_{\text{month}} [\text{W/m}^2] \cdot 24 [\text{h}]}{\int_0^{24} \sin(\theta_s(t)) dt [\text{h}]} \quad (4)$$

We don't have hourly data of diffuse and direct irradiance, but we assume that they have the same distribution as global irradiance. Therefore, in (4), instead of $\bar{\Pi}_{\text{month}}$, we use the diffuse or the direct energy, respectively (5), (6):

$$\Pi_{\text{diffuse}}(t) = \alpha_{\text{month}}^{\text{diffuse}} \cdot \sin(\theta_s^{\text{month}}(t)), \quad (5)$$

$$\Pi_{\text{direct}}(t) = \alpha_{\text{month}}^{\text{direct}} \cdot \sin(\theta_s^{\text{month}}(t)). \quad (6)$$

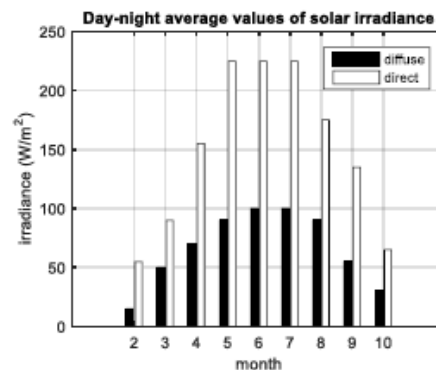


Fig. 2 Day-night average values of solar irradiance for each month, averaged for 10 years period.

Table II gives some proportionality coefficients calculated using (4) and the corresponding $\Pi_{diffuse}(t)$ and $\Pi_{direct}(t)$, calculated by (5) and (6), are shown in the Fig. 3.

TABLE II. PROPORTIONALITY COEFFICIENT α_{norm} (4) FOR DIRECT AND DIFFUSE IRRADIANCE.

Month	Direct	Diffuse
June	$6.18 \cdot 10^2$	$2.75 \cdot 10^2$
October	$6.36 \cdot 10^2$	$2.94 \cdot 10^2$

IV. IMPACT OF SOLAR PANEL ORIENTATION ON THE RECEIVED IRRADIANCE

In this section we concentrate only on effect of the geometrical orientation of the solar panel. We assume that our solar panel is ideal and all energy that reaches the panel is converted into electricity. The efficiency of conversion will be discussed in next sections.

The orientation of the solar panel is crucial to get the maximum power from the Sun. However, in the sea, there must be a trade-off between the complexity of implementation and the received energy increase.

A. Direct irradiance

The direct sunlight irradiance reaches its maximum when the panel is placed perpendicularly to the sunlight and zero when the panel is placed parallel to the flux. We can calculate it using multiplication by $\cos(\beta)$, where β is the angle between the Sun's direct rays and the normal to the solar panel. We must also take into account reflection from the panel, therefore, the reflection coefficient T is added. The values for the reflection curve are taken from [12] for the case when the solar panel is covered with textured low-iron glass. Values are shown graphically in the Fig. 4.

For calculation purposes we describe this curve analytically using a 3rd order polynomial approximation:

$$T = C_1 \beta^3 + C_2 \beta^2 + C_3 \beta^1 + C_4 \beta^0, \quad (7)$$

where C_1 – C_4 – polynomial coefficients as given in Table III.

TABLE III. POLYNOMIAL COEFFICIENTS FOR THE REFLECTION CURVE

C_1	C_2	C_3	C_4
$1.85 \cdot 10^{-6}$	$-5.71 \cdot 10^{-3}$	$-9.5 \cdot 10^{-2}$	$8.71 \cdot 10^{-2}$

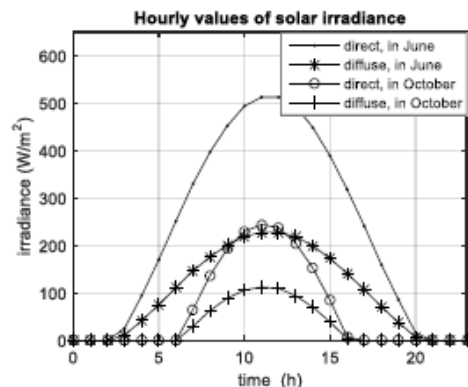


Fig. 3. Calculated hourly values of solar irradiance.

Then the part of the direct irradiance that can be converted to electrical energy using an ideal solar panel is given by (8).

$$\Pi_{direct}^p = \Pi_{direct} \cdot (1 - T_p) \cdot \cos \beta, \quad (8)$$

where β – angle between the normal to the solar panel and the incident Sun's rays.

We can calculate β using simple geometrical calculations (the Great-circle distance formula):

$$\beta = \cos(\theta_p) \cos(\theta_s) \cos(\phi_p) \cos(\phi_s) + \sin(\theta_p) \sin(\theta_s) + \cos(\theta_p) \cos(\theta_s) \sin(\phi_p) \sin(\phi_s), \quad (9)$$

where θ_p – elevation of the panel, θ_s – elevation of the Sun, ϕ_p – azimuth of the panel, ϕ_s – azimuth of the Sun.

B. Diffuse irradiance

The diffuse sunlight irradiance is proportional to the visibility of the sky. To get the maximum of diffuse sunlight, we orient the solar panel horizontally. If we place the panel in a vertical position, that visibility of the sky is one half and also we get sunlight reflected from the sea. The reflected sunlight is much less intense, and we assume that it is 10 %. In other words, in a vertical position, the panel converts only 60 % of irradiance. We describe it using the following formula:

$$\Pi_{diffuse}^p = \Pi_{diffuse} \cdot (1 - 0.4 \sin \delta_p), \quad (10)$$

where δ_p – panel slope.

For simplification purposes we assume that the diffuse irradiance is not dependent on the azimuth angle.

C. Optimum elevation angle for a fixed panel

Solar irradiance received by the panel changes during the day, and, to compare different placement scenarios, we calculate the energy that is accumulated into an ideal solar panel in a day (11):

$$E_{\phi_p, \theta_p} = S \int_0^{24} \Pi_{\phi_s(t), \theta_s(t), \phi_p, \theta_p}^p dt, \quad (11)$$

where S – area of the solar panel, $\Pi_{\phi_s(t), \theta_s(t), \phi_p, \theta_p}^p$ – Sun's irradiated energy (global, direct, or diffuse as appropriate) that is received by an ideal solar panel, t – time.

For the fixed panel scenario, we define the optimum panel

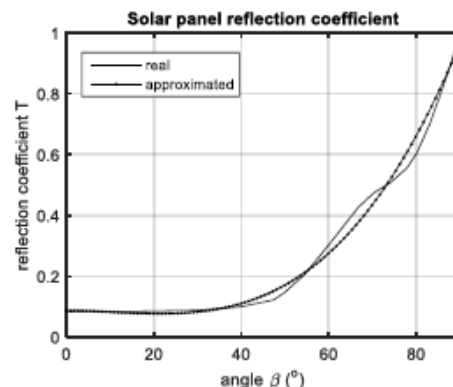


Fig. 4. Reflection coefficient for the solar panel in dependence of the angle between solar panel normal and incident solar rays.

slope angle δ_p^{opt} for which the energy received during the day is maximum if the panel is oriented to the South $\phi_p=180^\circ$.

$$E_{\delta_p^{opt}, \phi_p=180^\circ} = \max_{\delta_p} E_{\delta_p, \phi_p=180^\circ} \quad (12)$$

The results are presented graphically as energy dependence on the panel slope. For the graphical representation we introduce the normalized energy:

$$E_{norm, \phi_p, \delta_p}^x = E_{\phi_p, \delta_p}^x / E_{\phi_p=180^\circ, \delta_p}^x \quad (13)$$

where x – diffuse, direct, or global energy for the chosen month.

The normalized direct and global energies collected by ideal solar panel in dependence of the slope are shown in Fig. 5.

If we analyze the direct energy only, the optimum panel slope angle must be $\delta_p^{opt} = 25^\circ$ in June and $\delta_p^{opt} = 60^\circ$ in October. The results correlate with the maximum Sun elevation in the respective months $\theta_{s, max}$. If we express the results in terms of panel elevation (1), $\theta_p^{opt} = 65^\circ$ in June and $\theta_p^{opt} = 30^\circ$ in October and the elevation of the Sun is $\theta_{s, max} = 55^\circ$ in June and $\theta_{s, max} = 25^\circ$ in October.

If we take into account also the diffuse energy, the results are different. In June, the optimum panel slope is $\delta_p^{opt} = 10^\circ$, which means that the panel should be almost horizontal, but in October $\delta_p^{opt} = 65^\circ$.

We can see that optimum angles are different for different months. But we see also that, for the panel slope $\delta_p=45^\circ$, the global energy is 92% of the maximum in June and 95% of the maximum in October. For the panel slope $\delta_p=5^\circ$, only 65% of the maximum can be collected in October.

D. Multiple panels

Fig. 1 (b) and (c) show a four- and six-panel placement scenario, respectively. In the four-panel construction, panels are placed at the azimuth angles $\phi_p = 0, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$. It is also possible to position panels at $\phi_p = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$. Table IV gives the normalized collected energy, as defined by (13), for each panel. Since the diffuse energy in our calculations is not dependent on the azimuth, it is not shown.

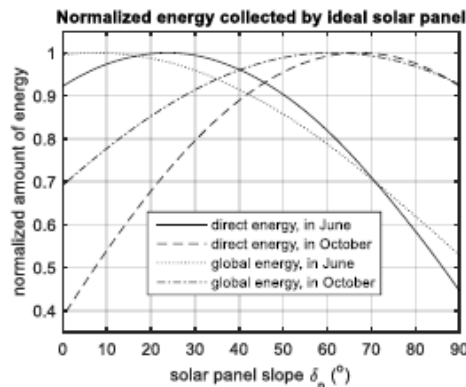


Fig. 5. Normalized energy collected by an ideal solar panel during the day in dependence of the panel slope

The results for the six-panel construction are shown in Table V.

TABLE IV. COMPARISON OF DIRECT AND GLOBAL ENERGIES RECEIVED BY EACH SOLAR PANEL IN FOUR-PANEL PLACEMENT SCENARIO (FIG.1 (B)).

E_{norm}	$\phi_p=180^\circ$	$\phi_p=90^\circ, 270^\circ$	$\phi_p=0^\circ$
$\delta_p=45^\circ$, June	1/1	0.77/0.85	0.23/0.51
$\delta_p=45^\circ$, October	1/1	0.3/0.53	0/0.32

TABLE V. COMPARISON OF DIRECT AND GLOBAL ENERGIES RECEIVED BY EACH SOLAR PANEL IN SIX-PANEL PLACEMENT SCENARIO (FIG.1 (C)).

E_{norm}	$\phi_p=180^\circ$	$\phi_p=120^\circ, 240^\circ$	$\phi_p=60^\circ, 300^\circ$	$\phi_p=0^\circ$
$\delta_p=45^\circ$, June	1/1	0.91/0.94	0.58/0.73	0.23/0.51
$\delta_p=45^\circ$, October	1/1	0.6/0.74	0.08/0.38	0/0.32

We can conclude that solar panels positioned at $\phi_p=0^\circ$ in the four-panel placement scenario and at $0^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ in the six-panel placement scenario are inefficient and therefore may not be installed without significant losses.

E. Comparing different solar panel placement scenarios

In this subsection we deal with different solar panel placement scenarios. Assume we have an ideal solar panel and therefore use the energy equation (11). The results are summarized in Table VI. We analyze separately the direct and the diffuse energy as well as the total global energy. For the fixed panel configuration, we use a 45° slope as a trade-off for all months. And we use the horizontal placement (with a 5° slope so that the water drops can run off the panel) to decrease windage effects. We include also the Sun tracking panel scenario for comparison purposes. In configurations using multiple panels, we decrease the area of each panel so that it is 1 m^2 in total. Since a panel oriented to the North is very inefficient, we do not place it and make the calculation again – then the area of each panel is $1/3\text{ m}^2$ larger.

TABLE VI. ENERGY COLLECTED BY AN IDEAL SOLAR PANEL.

Panel placement scenario	Solar energy collected in a day (24h) by a 1 m^2 ideal solar panel.		
	direct	diffuse	global
Sun tracking panel	4910	1693	6603
$\phi_p=\phi_s, \theta_p=\theta_s$, June			
4 solar panels* (Fig.1 (b))	2102	1716	3818
$\delta_p=45^\circ$, June			
4 solar panels* (Fig.1 (b))	2563	1716	4280
$\delta_p=45^\circ$, June			
6 solar panels* (Fig.1 (c))	2117	1716	3833
$\delta_p=45^\circ$, June			
$\phi_p=180^\circ, \delta_p=5^\circ$, June	3011	2309	5321
$\phi_p=180^\circ, \delta_p=45^\circ$, June	3009	1716	4726
$\phi_p=\phi_s, \theta_p=\theta_s$, October	1580	497	2077
4 solar panels* (Fig.1 (b))	511	572	1083
$\delta_p=45^\circ$, October			
$\phi_p=180^\circ, \delta_p=5^\circ$, October	435	770	1205
$\phi_p=180^\circ, \delta_p=45^\circ$, October	1195	572	1767

* (total area of all panels is 1 m^2).

** (without the panel to the North).

F. Freely rotating panel

In sea conditions it is difficult to orient and fix a raft in an appropriate position, thus, in this calculation, we assume that the raft with a solar battery is not oriented at all. We calculate

the collected energy for the case when the solar panel model is fixed at a wrong angle. Fig. 6 presents the energy in terms of normalized energy (13) collected during the day in dependence of the azimuth angle.

From this figure we see that, for $\delta_p = 5^\circ$, changes of the azimuth cause 5% to 10% less solar energy received, but for $\delta_p = 45^\circ$ it can be 50% to 70% less energy. Besides, we see that, in the case of the four-panel model, the dependence on the azimuth angle is around 1%.

V. IMPACT OF THE SOLAR PANEL ON THE RECEIVED IRRADIANCE

A. Spectral sensitivity

In the calculation for an ideal panel we assumed that all irradiance from the Sun will be collected by the panel. A real panel may have a limited spectral band. Therefore, in this subsection, we will analyze the spectral band of a solar panel and compare it with irradiance spectral intensity on the Earth's surface measured by a satellite.

A solar panel can collect the energy from a limited $\lambda_p = 400 \text{ nm}$ to 1100 nm spectral band. According [13], measurements of indirect and also direct irradiance are made in the 200 nm to 4000 nm band. We use also the information about the spectral intensity $J(\lambda)$ of sunlight at the Earth's surface [14], see Fig.7. We can see that the intensity is significant only in the 200 nm to 2500 nm band and negligible outside it. Then we can calculate the spectral correction coefficient η_{spectral} :

$$\eta_{\text{spectral}} = \frac{\int_{400 \text{ nm}}^{1100 \text{ nm}} J_{\text{global}}(\lambda) d\lambda}{\int_{200 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} J_{\text{global}}(\lambda) d\lambda} = 0.68, \quad (14)$$

where J_{global} – spectral power of the solar energy on the Earth's surface.

B. Energy collected by a real solar panel

Nowadays, commercially available solar panels have the efficiency range of 10 % to 15 %. We denote it by $\eta_{\text{solar}} = 0.15$.

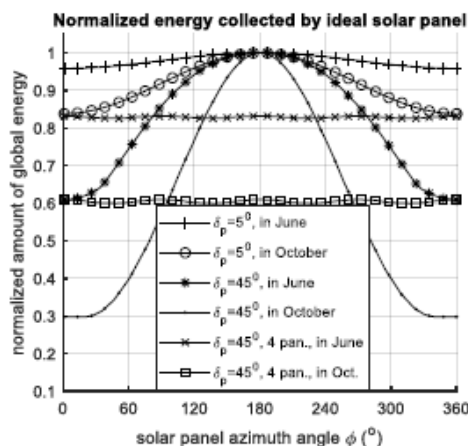


Fig. 6. Normalized energy collected by an ideal solar panel during the day in dependence of the panel azimuth.

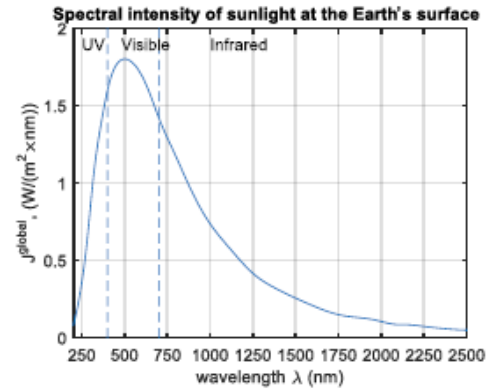


Fig.7. Spectral intensity of sunlight at the Earth's surface.

The energy is converted and stored in the accumulator. We assume that the energy conversion scheme has the efficiency of 70 %. We denote it by $\eta_{\text{power}} = 0.7$.

Then, taking into account these two coefficients, we can calculate the energy collected by a real panel:

$$E_{\text{real}} = E_{\text{theoretical}} \cdot \eta_{\text{spectral}} \cdot \eta_{\text{power}}. \quad (15)$$

Now we can recalculate collected energy. The results are shown in Table VII.

TABLE VII. ENERGY COLLECTED BY A REAL SOLAR PANEL.

Panel placement scenario	Solar energy collected in a day (24 h) by a 1 m² real solar panel. E (W·h)
$\phi_p = \phi_s, \delta_p = \delta_s, \text{ June}$	693
$\phi_p = 180^\circ, \delta_p = 5^\circ, \text{ June}$	559
$\phi_p = 180^\circ, \delta_p = 45^\circ, \text{ June}$	496
$\phi_p = \phi_s, \delta_p = \delta_s, \text{ October}$	218
$\phi_p = 180^\circ, \delta_p = 5^\circ, \text{ October}$	127
$\phi_p = 180^\circ, \delta_p = 45^\circ, \text{ October}$	185

VI. ENERGY TO SUPPLY A SEAL SCARER

The amount of energy that is needed for seal scaring depends on the duty factor of impulses. It can vary but in average we assume that a seal scarer needs 10 W power.

To scare off seals sound power of 100 W is used. We assume the duty coefficient is 0.1 and the efficiency of the amplifier 80 %, so we get 12 W of instant power. The total amount of energy that could be spent is:

$$E_{\text{scarer}} = 12 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 288 \text{ W} \cdot \text{h}. \quad (16)$$

Now we calculate the necessary area of a solar panel needed for autonomous feeding of a seal scarer in one day (17):

$$S = E_{\text{scarer}} / E_{\text{real}}, \quad (17)$$

where E_{scarer} – energy that is needed to feed a scarer 24 hours a day, E_{real} – energy produced by a 1 m² solar panel.

The results are shown in Table VIII.

TABLE VIII. AREA OF SOLAR PANEL NEEDED TO SUPPLY A SEAL SCARER 24 HOURS A DAY WITHOUT ADDITIONAL POWER SOURCES.

Month	Area, m²
June	0.51
October	2.26

VII. CONCLUSION AND DISCUSSION

This paper presents methodology how to calculate available energy amount for given place, using satellite provided data. Also different solar panel placements are analyzed.

In this paper we provide the calculation of the area of solar panel that is needed to supply a seal scarer. The results show that it is possible using a 2 m² panel in October and a 4 times smaller panel in June.

Because of sea conditions, it is not appropriate to use a Sun-tracking panel. In comparison, the configuration with a fixed panel having a $\delta_p=45^\circ$ slope is 15 % less effective in October and 30 % in June than in the case of a Sun-tracking panel.

In all fixed placement configurations, we should position the panel to the South.

The best placement is almost horizontally in June and with a 45° slope in October. Because the Sun is more powerful in June, we can use a 45° slope also in June.

The horizontal placement is better if we cannot orient the solar panel strictly to the South.

The configuration with four or six panels is energetically worse than the configuration with a single panel but could be better in case we cannot fix the azimuthal orientation of the raft. If we fix the orientation of the raft, some panels that are oriented opposite to the South may not be installed without significant losses of collected energy.

REFERENCES

- [1] Fjälling, M. Wahlberg, and H. Westerberg, "Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap, net fishery," *ICES J. Mar. Sci.*, vol. 63, no. 9, pp. 1751–1758, 2006.
- [2] T. Götz and V. M. Janik, "Acoustic deterrent devices to prevent pinniped predation: Efficiency, conservation concerns and possible solutions," *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 492, pp. 285–302, 2013.
- [3] A. Aboltins, J. Grizans, D. Pikulins, M. Terauds, M. Zeltins "Design of acoustic signals for open sea seal deterrent device", in press.
- [4] www.gaisma.com.
- [5] <http://aa.usno.navy.mil/data/docs/AltAz.php>.
- [6] <https://www.suncalc.org/#/57.1609,24.2737,11/2017.10.20/14:30/1/0>.
- [7] Müller, Richard; Pfeifroth, Uwe; Träger-Chatterjee, Christine; Cremer, Roswitha; Trentmann, Jörg; Hollmann, Rainer (2015): Surface Solar Radiation Data Set - Heliosat (SARAH) - Edition 1, Satellite Application Facility on Climate Monitoring, DOI:10.5676/EUM_SAF_CM/SARAH/V001, https://doi.org/10.5676/EUM_SAF_CM/SARAH/V001.
- [8] http://www2.meteo.lv/radiacija/curl_rad.php.
- [9] <https://www.meteo.lv/meteorologija-dani-meklesana/?&nid=461>.
- [10] Solar Radiation Atlas for Spain based on Surface Irradiance Data from EUMETSAT Climate Monitoring-SAF, Sancho, Juan Manuel et al.; https://www.eumetsat.int/website/home/News/ConferencesandEvents/DAT_2035484.html?lang=EN.
- [11] http://www2.meteo.lv/radiacija/Saules_radiacijas_novrojumi.pdf
- [12] T. Stapiński, K. Marszałek, M. Lipiński, P. Panek, W. Szczepaniak, "Investigations of solar panels with enhanced transmission glass", *Microelectronic materials and technologies*, WUPK, Koszalin, 2012.
- [13] Product User Manual. Meteosat Solar Surface Irradiance and effective Cloud Albedo Climate Data records: METEOSAT_HEL The SARAH climate data records DOI: 10.5676/EUM_SAF_CM/SARAH/V001.
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>.

4. U4.2. Populāri-zinātniskā raksta izveide

Projekta ietvaros tika sagatavots materiāls publicēšanai “Zivju lapā”.

Tehniski līdzekļi zvejnieku lomu aizsardzībai pret roņu radītajiem zaudējumiem

Netērēsim lasītāju laiku, aprakstot postu, ko nodara roņi Latvijas piekrastes zvejniekiem. Un ir skaidrs, ka humānākais risinājums ir ierīču izvietošana pie tīkliem, kas atbaida roņus. Citur pasaulē līdzīgas problēmas sagādā arī citi dzīvnieki (piem. delfīni). Un risinājumus gan zivju loma aizsardzībai, gan minēto dzīvnieku pasargāšanai no iekļūšanas tīkla slazdā piedāvā vismaz 10 firmas.

1. Industrijas piedāvājums

Tieši roņu atbaidīšanai ražotās iekārtas var iedalīt 2 klasēs:

Stacionāras iekārtas zivju fermu aizsardzībai.

Vadības un barošanas bloku instalē uz krasta vai noenkurotās konstrukcijas, bet vienu vai vairākus skaļruņus pietiekami garos kabeļos iegremdē ūdenī.

Barošanu var saņemt no krasta pa kabeli vai arī no regulāri nomaināma akumulatora.

Piemēram - *Lofitec* iekārta *Seal Scarer* (attēlā), *Ace Aquatec* iekārta *Universal Scrammer 3*, utt.

Latvijas piekrastē stacionāru zivju aploku nav.

Daugavgrīvas zvejnieki ir izmēģinājuši *Lofitec* iekārtu, kas uzstādīta uz plostā kopā ar saules baterijas paneli, akumulatoru un tā uzlādes ierīci.

Par pašu iekārtu sūdzību neesot. Taču plosts esot pārāk nestabils - esot dažas reizes apgāzies. Bez tam saules panelis nespēj nodrošināt ierīces barošanu, tāpēc regulāri jāmaina akumulatoru (kas jūrā prasa izcilu veiklību) vai arī jāvelk plostu krastā akumulatora uzlādei.



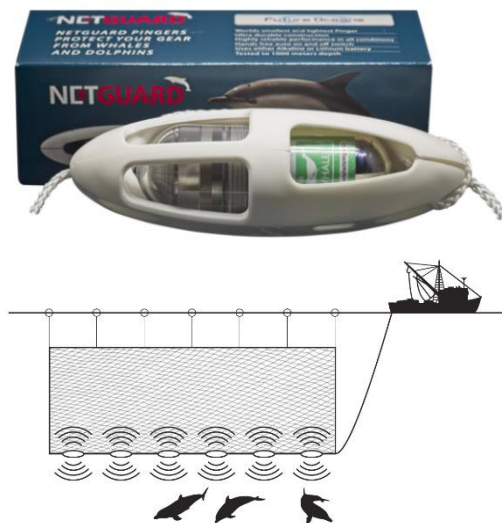
Kompaktas, piestiprināmas tieši tīklam.

Piemēram - *Fishtek Marine* iekārta *Banana Pinger*, *Future Oceans* iekārta *Netguard* (attēlos), utt.

Pieminētās domātas galvenokārt delfīnu atbaidīšanai vai apmulsināšanai (traucējot tiem orientēšanos, kas balstās arī uz eholokāciju). Roņiem šo iekārtu radītā skaņa radīs tikai īslaicīgu apmulsumu.

Šīs iekārtas ir nelielas (līdz 20cm gari cilindri ar 5cm diametru), ar maināmu bateriju un nelielu darbības attālumu. Tās piesien tīkla malā ik pēc 50-100m, un darba laiks aptuveni atbilst vienai zvejas reizei. Pirms nākošās tīkla iemešanas baterijas ir jānomaina.

Piekrastes zvejā tīklus izceļ krietni retāk, tāpēc šis risinājums nederētu arī tad, ja iekārtas radītā skaņa atbaidītu roņus.



Projektā „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” (Nr.16-00-F01101-000001) RTU ETF pētnieki radīja prototipu iekārtai, kam piemīt labākais no abiem risinājumiem - gan pietiekama izstarotās skaņas jauda un darbības ilgums, gan pietiekami mazi izmēri un svars.

2. Darbības princips

Ievadā pieminētās iekārtas vieno spēcīgas skaņas izstarošana ar ūdenī iegremdētu īpašu skaļruni. Atšķiras tikai nianse – skaņas signāla veids, izstarošanas biežums, regulārs vai gadījuma raksturs.

Pasaulē veikti pētījumi liecina, ka zivis nedzird skaņu ar frekvenci virs 4...6 kHz. Par to pārliecinājāties arī paši Tomes zivjaudzētavā. Roņu dzirde aptuveni atbilst cilvēka dzirdei, uztverot skaņu līdz pat 20kHz. Tātad ierīces izstarotās skaņas frekvencei jābūt robežās 7...20 kHz. Taču projekta laikā nonācām pie vēl vairākiem secinājumiem:

- Pie ilgstoši atkārtotas vienvēidīgas skaņas roņi var pierast. Tātad skaņas frekvencei un intensitātei, kā arī izstarošanas ilgumam un pauzēm jābūt mainīgai. Nepārtrauktu skaņu var atlauties tikai iekārtās ar stacionāru barošanu. Jūrā noenkurotai iekārtai ar akumulatora barošanu ir jātaupa enerģiju, tāpēc jāizstaro impulsu veidā.
- Lai cik sarežģītas formas skaņas signāls tiek veidots, tas nedrīkst saturēt vienlaikus vairāku frekvenču skaņas. Pastiprinātāja, skaļruņa un arī vides nelinearitāšu dēļ veidojas kombināciju frekvences, kas var būt gan augstākas, gan zemākas. Elektronikā parādību sauc par intermodulāciju. Piemēram – ja skaņa satur līdzīgas amplitūdas 10kHz un 12kHz toņus, iespējama arī minēto nelinearitāšu dēļ radusies 12-10=2kHz frekvences skaņa, kas jau būs zivīm sadzirdama un atbaidīs tās. Šī iemesla dēļ

neder arī t.s. trokšņveida signāli. Atliek izstarot skaņu ar vienu frekvenci un to mainīt pēc gadījuma rakstura un pietiekami lēni. Zivju aplokiem domātās ierīcēs šo apsvērumu var ignorēt, jo zivis no aploka nekur neaizbēgs (bet kā tās ietekmēs skaņas radītais stress?).

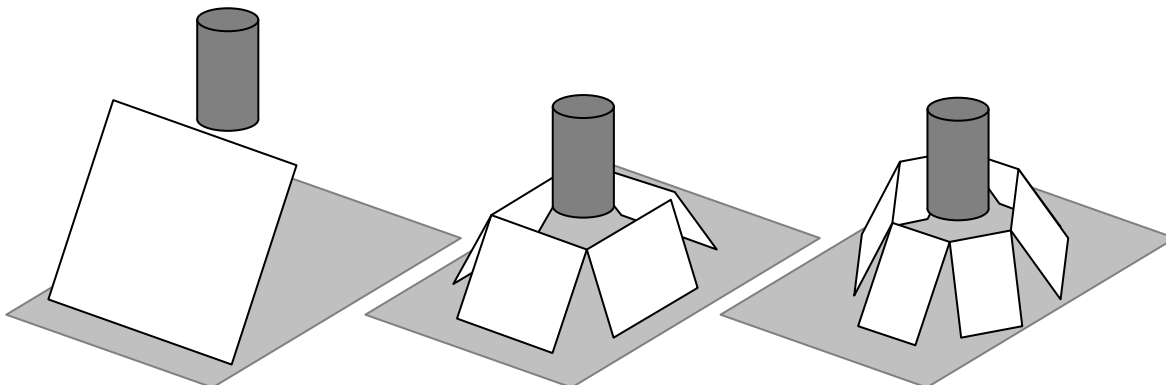
- Zemūdens skaļruņi kvalitātes ziņā tālu atpaliek no mums ierastajām skaņu iekārtām. It īpaši – frekvenču līknes nevienmērības dēļ. Tāpēc iepriekš jāizpēta skaļruņus un jādarbojas frekvenču joslās, kurās tie izstaro pietiekami efektīvi. Tas ietaupīs gan iekārtas patērēto enerģiju, gan efektīvāk atbaidīs roņus.
- Ir veikti pētījumi par roņiem skaņas uztveri, un ir noteikti aptuveni skaņas spiediena līmeņi, kas neatbaida, atbaida un vēl neizraisa neatgriezeniskas sekas, kā arī līmenis, kas roni padara kurlu. Protams, padarīt roni kurlu nebūs nedz humāni, nedz lietderīgi, jo uz to vairs neiedarbosies iekārtas skaņa. Bet par šo lietu var neuztraukties, ja iekārta skaņas impulsus izstaro pietiekami bieži. Līdzīgi kā gaisā arī ūdenī skaņas spiediens samazinās, attālinoties no skaļruņa. Ronis, peldot iekārtas virzienā, sākumā sadzird kaut ko klusu, tad jau skaļāku, bet vēl ne atbaidošu. Saglabājot virzienu, drīz sekos jau atbaidoša skaļuma un pēc tam arī apdullinoši skaļi skaņas impulsi. Pauzēm starp skaņas impulsiem jābūt tik īsām, lai ronis, tuvojoties ar maksimālo ātrumu, divus sekojošus skaņas impulsus uztver pieļaujamā skaļumā. Citiem vārdiem – paspēj nobīties, pirms kļūst kurls.
- Nozīme ir arī tam – kā ieslēdz un izslēdz skaņu. Vai uzreiz sasniedzot maksimālo skaļumu vai arī pakāpeniski. Vairums vidēja vecuma cilvēku vairs nedzird 16kHz un augstākas frekvences skaņas. Toties, ja šādu skaņu ieslēdz un izslēdz ļoti ātri (uzreiz sasniedzot pilnu skaļumu), ir skaidri sadzirdami knakšķi ieslēgšanas un izslēgšanas brīdī. Lai to pašu nesaklausītu zivis, katrā izstarotā skaņas impulsā skaļumam jāpieaug un jāsamazinās pietiekami lēni.

3. Barošana

Relatīvi vienkārši realizējama iekārta, kuras elektroniskā daļa atrastos krastā, saņemot barošanu no 230V tīkla. Jūrā tiktu iegremdēts tikai skaļrunis, ko ar telpu vai konteineru krastā savienotu kabelis. Pat ar 500m garu kabeli sistēma izmaksātu lētāk, nekā autonoma. Diemžēl šāds risinājums derētu tikai dažiem zvejniekiem, kam jūras krastā ir kāda būve.

Autonomai, jūrā noenkurotai iekārtai varētu noderēt saules panelis un/vai vēja ģenerators. Diemžēl aprēķini liecina - lai nodrošinātu nepārtrauktu iekārtas darbu cauru diennakti (ar vidējo starotāja jaudu 10W), pat saulainā vasaras vidū būtu vajadzīgs vismaz 1m² liels saules panelis, pavērsts dienvidu virzienā un aptuveni 45° slīps. Līdz ar to būtu vajadzīgs visai liels plost (līdzīgs iepriekš attēlā redzamajam), ko jūrā būtu jānoenkuro daudz maz noteiktā stāvoklī. Seko virkne trūkumu: sarežģīta uzstādīšana jūrā, liela virsma pakļauta viļņu un šļakatu iedarbībai - risks mehāniskiem bojājumiem, plosts var apgāzties, pirms lielāka vēja vai vētras plostu jāvelk krastā.

Pavasārī un rudenī saulainās dienas garus samazinās. Tāpēc piem. martā un oktobrī vajadzētu jau 2m² lielu paneli, bet februārī un novembrī - jau gandrīz 6m² lielu! Ja nav iespējas turēt plostu noteiktā stāvoklī, vajadzētu uzstādīt vairākus saules paneļus (skat. skici), kas padarītu plostu vēl smagāku un dārgāku.



Arī vēja ģeneratora (skicēs - tumšākais cilindrs) pielietošana ir apšaubāma vairāku apstākļu dēļ:

- Jā, šādus ģeneratorus bieži redzam jahtu mastos, taču šajā gadījumā to nevarētu novietot tik augstu. Tātad jārēķinās ar šļakatu vai pat viļņu mehānisko iedarbību.
- Šādiem ekstrēmiem apstākļiem ražotu vēja ģeneratoru cenas mērāmas vairākos tūkstošos.
- Pietiekami stiprs vējš, tāpat, kā saules starojums, nav garantēts enerģētisks resurss. Tāpēc uz pļosta nāktos uzstādīt gan saules paneļus, gan vēja ģeneratoru. Izmaksas pieaugtu dramatiski.

Domājot par saprātīgu izmaksu iekārtu, atliek tikai akumulatora barošana. Arī te iespējami vairāki risinājumi. Projekta gaitā radītajā iekārtā akumulators ir iebūvēts korpusā līdz ar visu pārējo aprīkojumu. Tātad ik pēc pāris diennaktīm jūrā visu iekārtu ir jāizceļ un jāved krastā uzlādei - ne visai ērts risinājums. Uzlādes laikā (aptuveni 10 stundas) tīkls jūrā paliek neaizsargāts. Turēt pie sevis divas vienādas iekārtas (viena - jūrā, otra krastā uzlādei) būtu pārāk dārgi. Nākošajā sadaļā tiks izklāstīti secinājumi par samērīgu izmaksu iekārtu.

4. Kādaī jābūt iekārtai?

Korpuss, skaļrunis, izmēri

Projekta gaitā izstrādātajā iekārtas prototipā skaļrunis tika piekārts korpusam ap 5m garā trosē, jo lielākā dziļumā tas izstaro efektīvāk. Taču līdz ar to iekārtas uzstādīšana ir diezgan neērta, it īpaši to darot vienam bez palīga.

Un pastāvīgās šūpošanās dēļ trose vairākkārt trūka un bija jānomaina. Vēl neērtības sagādāja gandrīz metru garais stienis ar brīdinājuma gaismu un antenām - pārāk viegli nolaužama daļa.

Tāpēc gala variantā skaļrunis tiks iemontēts peldošā korpusa pašā apakšā. Un korpusu izveidosim pēc iespējas garu (cik to atļauj praktiski apsvērumi - ap 2m garu).



Secinājām: Iekārtas korpuss varētu būt līdz 2m garš tievs cilindrs, kura lielākā daļa atrastos zem ūdens. Un skaļrunis tiks nostiprināts cilindra apakšā. Lai arī tas nedaudz samazina izstarošanas efektivitāti, tomēr uzstādīšanu darīs nesalīdzināmi ērtāku. Virs ūdens redzamo daļu ar brīdinājuma gaismu jāsaīsina līdz 50cm un jāizveido mehāniski stingrāku.

Barošana

Iekārtu veidosim divdaļīgu. Cilindriskā čaula ar skaļruni un visu elektronisko aprīkojumu ilgstoši atradīsies pie tīkla jūrā. Čaulas iekšpusē varēs ievietot akumulatora bloku. Tie būs divi - viens krastā - uzlādē, otrs - jūrā. Bloka ievietošanu un nostiprināšanu čaulā paredzam diezgan vienkāršu.

Grūtākā daļa šeit - akumulatoru elektriskā pievienošana čaulas aprīkojumam jūrā. Lētākais risinājums - attiecīgas aizsardzības klases spraudnis un ligzda. Ligzda - akumulatora bloka augšpusē, spraudnis - īsa kabeļa galā, kas nāk no čaulas. Lai arī tas viss atradīsies virs ūdens līmeņa, un tiks attiecīgi noblīvēti, tomēr akumulatora bloka nomaiņas laikā jūrā uz atklātiem kontaktiem var uzšļakstīties sālsūdens, kas ātri vien sabojās kontaktu virsmas.

Perspektīvā paredzam bezvadu enerģijas pārvadi starp akumulatoru bloku un čaulu. Tomēr šajā virzienā darbs vēl turpinās.

Papildus funkcionalitāte

Tā ir pieminēta jau projekta nosaukumā un nozīmē papildus elektronisko aprīkojumu, kas mums caur aplikāciju viedtelefonā ļauj sekot iekārtas atrašanās vietai, akumulatora stāvoklim un vairāku iemontētu sensoru signāliem, kā arī attālināti “atmodināt” vai “aizmidzināt” iekārtu (pārslēgt darba vai samazināta enerģijas patēriņa režīmā). Tas vienlaikus nozīmē gan lietderīgas informācijas saņemšanu, vadības iespējas, gan arī papildus energopatēriņu un izmaksas. Gala variantā šīs lietas varētu būt uzstādāmas pēc pasūtītāja izvēles.

5. Noslēgumam

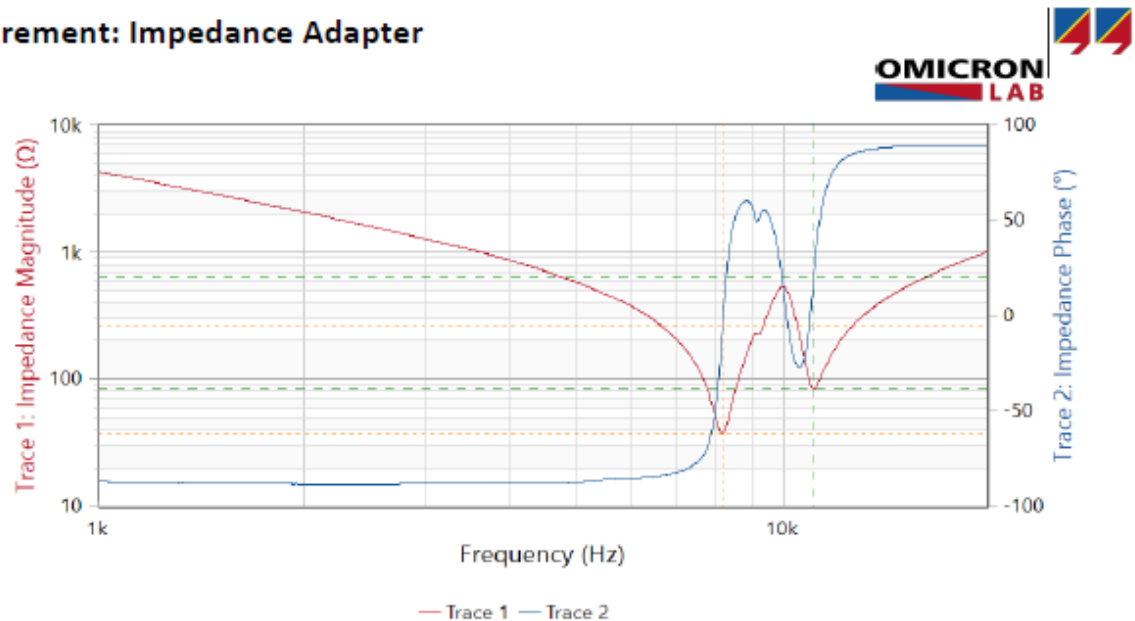
Lūdzam pēc šī raksta publicēšanas vēl nesteigties ar jaunās iekārtas pasūtījumiem! Mums nepieciešams vēl vismaz gads līdz pirmās mazās sērijas izgatavošanai. Arī cenu līmeni pagaidām varam tikai prognozēt - ap 5000€ līmenī.

Ātrāk un lētāk pie iekārtas varētu tikt zvejnieki, kas var atļauties elektronisko daļu atstāt krastā un līdz skaļrunim jūrā ierakt/iegremdēt kabeli.

Vēl jāņem vērā: ja piekrastē netālu izvietoti vairāku īpašnieku tīkli, un viens iegādājas iekārtu, kaimiņi vairāk izjutīs roņu radītos zaudējumus.

1. Pielikums. Airmar Zemūdens skaļruņa impedances mērījumi

Measurement: Impedance Adapter



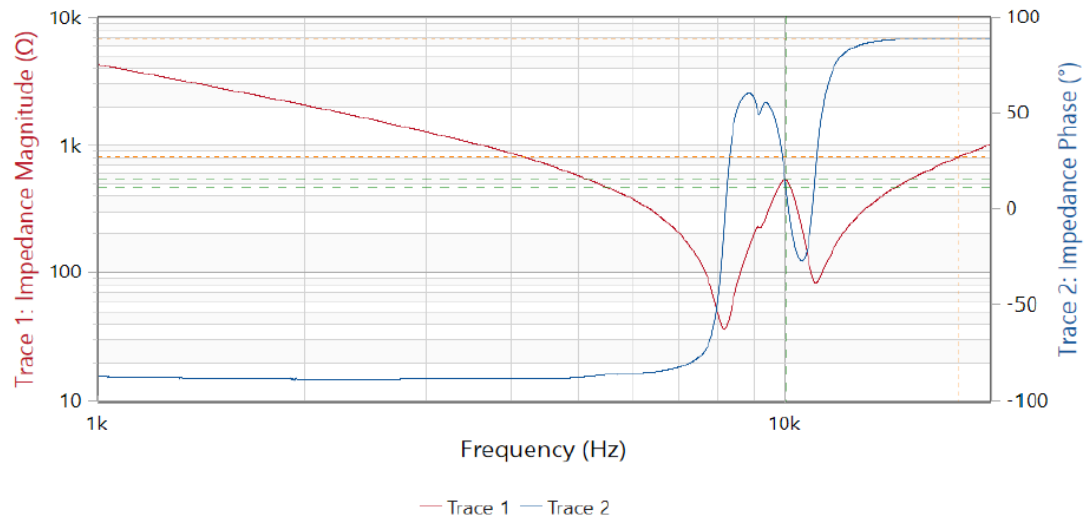
	Cursor 1	Cursor 2	Delta C2-C1
Frequency	11,121 kHz	8,196 kHz	-2,925 kHz
Trace 1	Magnitude	Magnitude	Magnitude
Measurement	83,407 Ω	37,151 Ω	-46,256 Ω
Trace 2	Phase (°)	Phase (°)	Phase (°)
Measurement	20,601 °	-5,03 °	-25,631 °

Sweep	
Start frequency:	1 kHz
Stop frequency:	20 kHz
Center frequency:	10,5 kHz
Span:	19 kHz
Sweep mode:	Logarithmic
Number of points:	1601

Calibration	Full-Range	User-Range
Impedance	-	Active

Hardware setup	
Device type:	Bode100R1
Serial number:	JL064C
Receiver bandwidth:	300 Hz
Output level:	13 dBm
DUT settling time:	0 ms

Measurement: Impedance Adapter



	Cursor 1	Cursor 2	Delta C2-C1
Frequency	10,067 kHz	18,01 kHz	7,943 kHz
Trace 1	Magnitude	Magnitude	Magnitude
Measurement	533,52 Ω	809,752 Ω	276,231 Ω
Trace 2	Phase (°)	Phase (°)	Phase (°)
Measurement	11,634 °	88,764 °	77,13 °

Sweep	
Start frequency:	1 kHz
Stop frequency:	20 kHz
Center frequency:	10,5 kHz
Span:	19 kHz
Sweep mode:	Logarithmic
Number of points:	1601

Calibration	Full-Range	User-Range
Impedance	-	Active

Hardware setup	
Device type:	Bode100R1
Serial number:	JL064C
Receiver bandwidth:	300 Hz
Output level:	13 dBm
DUT settling time:	0 ms

2. Pielikums. Publikācijas medijos

2.1. Pielikums Zivju lapa

<http://laukutikls.lv/nozares/zivsaimnieciba/raksti/rod-vienu-no-ronu-problemas-risinajumiem>

Zivju Lapa

Nr. 2 (40) 2018. g. jūnijs

Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra INFORMATĪVAIS IZDEVUMS

PIEKRASTES ZVEJA

ROD VIENU NO ROŅU PROBLĒMAS RISINĀJUMIEM

Iepazīstinām ar LLKC un sadarbības partneru paveikto nopietnākās piekrastes zvejnieku problēmas risināšanai – roņu nodarīto postījumu lomiem un zvejas rīkiem mazināšanai.

Uzsākot darbu LLKC, kopā ar pašvaldības pārstāvjiem tikos ar Carnikavas novada zvejniekiem, kuri zvejo gan jūras piekrastē, gan iekšējos ūdeņos. Uz jautājumu, kas traucē veiksmīgu uzņēmējdarbību, kā galveno problēmu zvejnieki norādīja roņu nekontrolēto izplatību Baltijas jūrā un to nodarītos postījumus. Ne mazāk svarīgs faktors ir arī piesārņojums un malu zvejnieku kaitnieciskā rīcība.

Lai apzinātu roņu postījumu apjomu un meklētu problēmas risinājumus, tika sākts darbs un izpētīts, kāda ir situācija jūras piekrastē un kādi varētu būt iespējamie risinājumi. Apstiprinājās fakts, ka katru gadu peļeko roņu skaits Baltijas jūrā strauji palielinās, un roņu barības meklējums apgūst aizvien jaunas teritorijas. Latvijā netiek veikts regulārs roņu populācijas monitoring, bet dati tiek iegūti no Baltijas jūras vides aizsardzības komisijas apkopojuma. Par roņu darbības aktivitātes palielināšanos var spriest, veicot arī nevēlamās piezvejas datu analīzi. Somijas un Igaunijas pētnieki novērtējuši roņu piezveju dažādos Baltijas jūras reģionos, un Rīgas jūras līča apgabalā novērota maksimāla roņu piezveja, kas liecina par roņu koncentrēšanos.

Analizējot pētījumā iegūtos datus, kā arī izvērtējot roņu radītos ekonomiskos zaudējumus, Baltijas jūras valstīs izstrādāti un aprobēti vairāki roņu – zvejnieku konflikta risinājumi. Somijas, Zviedrijas un Igaunijas zvejniekiem izsniedz ierobežotu licenču skaitu peļeko roņu medībām, taču kvota netiek pilnībā apgūta, jo roņu medību process ir sarežģīts, kā arī pieprasījums pēc roņu ādām un taukiem ir neliels.

Viens no efektīvākajiem pasaulē atzītajiem roņu nodarīto zaudējumu mazināšanas risinājumiem ir zemūdens akustisko raidītāju (ZAR) izvietošana pie zvejas rīkiem, kas ļauj atbaidīt roņus no loma un samazināt tiešos un



ZAR testēšana Daugavā, attēlā redzams G. Kuļikovskis

netiešos zaudējumus. Daudzos avotos tika atzīmēts, ka tirgū pieejamo ZAR izmantošana, neskatoties uz potenciāliem ieguvumiem, Latvijas zvejniekiem nav ekonomiski izdevīga to augstās cenas dēļ. Tāpat var izrādīties, ka pat visa nepieciešamā aprīkojuma iegāde vietējiem zvejniekiem nelāus atrisināt roņu nodarīto postījumu problēmu Latvijā zvejniecības apstākļu īpatnību dēļ. Minētie faktori radīja nepieciešamību izveidot Latvijas apstākļiem piemērotus ZAR, kuriem būtu ne tikai zemākas iegādes izmaksas un paplašināta funkcionalitāte, bet tie arī tiktu pielāgoti vietējo zvejnieku prasībām, nodrošinot augstāku darbības efektivitāti.

Aicinājumam izveidot šādu roņu atbaidītāju atsauca Rīgas tehniskās universitātes Radioelektronikas institūta zinātnieki Artūrs Abolitiņš, Māris Zeltiņš, Māris Tērauds un Dmitrijs Pikulins. Lauku atbalsta dienests atvēra atbilstošu atbalsta pasākumu, piešķirot finansējumu. RTU zinātniekiem palīdzību sniedza arī Latvijas Zvejnieku federācijas vadītājs Ēvalds Urtāns,

un tapa projekta pieteikums “Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā”.

Projekta īstenošanas gaita

Aicināju uz sarunu Rīgas tehniskās universitātes Radioelektronikas institūta projekta zinātnisko vadītāju Dmitriju Pikulīnu.

– Kas motivēja pieņemt sadarbības piedāvājumu no LLKC?

– Jau sākumā LLKC piedāvātā tēma šķita interesanta, jo bez zinātniskā aspekta ļāva risināt konkrētu, ļoti aktuālu tautsaimniecības problēmu. Sākotnēji šķita, ka visām pastāvošajām problēmām liele ražotāji ir izveidojuši atbilstošus veiksmeņus un gadiem pārbaudītos risinājumus. Iedziļinoties problēmā, izrādījās, ka tirgū ir tikai daži risinājumi, kuriem piemīt būtiski trūkumi, kas neļauj tos izmantot vai manāmi ierobežo to pielietojumu Latvijas zvejniekiem:

* viens no noteicošiem faktoriem, protams, ir cena – ap 8000–10 000 eiro, turklāt piegādāta tiek tikai kaste ar signāla ģeneratoru, un zvejniekiem pašiem jābūvē plosts, jānodrošina barošana (akumulators, lādētājs, saules panelis utt.);

* pastāvošās sistēmas izstrādātas pirms daudziem gadiem, un saskaņā ar pēdējo gadu pētījumiem daudzu sistēmu ģenerētie signāli atrodas ārpus roņu dzirdes diapazona.

Tāpēc radās ideja izveidot efektīvāku sistēmu ar daudz plašāku funkcionalitāti, kas balstītos uz mūsdienu shēmatehniskiem risinājumiem un jaunākiem zinātniskiem atklājumiem. Komandā izdevās sadalīt pienākumus tā, lai ieinteresētu katru no iesaistītajiem pētniekiem ar jauniem izaicinājumiem.

– Ar ko sākt īstenošanas procesu?

– Vispirms iepazīties ar jau esošo risinājumu, kas tiek izmantoti Latvijā. Kopā ar LLKC pārstāvi aizbraucām pie KS “Vecdaugava” zvejniekiem, lai novērtētu, kā dzīvē izskatās tirgū pieejams produkts un kādā veidā tas tika pielāgots mūsu apstākļiem.

► 5. lpp.

Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs,
Rīgas iela 34, Ozolnīki, Ozolnīku pag., Ozolnīku nov.,
LV-3018, tālr. 63050220, admin@llkc.lv, zivjutikls@llkc.lv

WWW.LLKCV.LV
WWW.LAUKUTIKLS.LV/ZIVJUTIKLS

Zivju Lapa

Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra INFORMATĪVAIS IZDEVUMS

Nr. 2 (40) 2018. g. jūnijs

WWW.LLKC.LV
WWW.LAUKUTIKLS.LV/ZIVJUTIKLS

Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs,
Rīgas iela 34, Ozolnieki, Ozolnieku pag., Ozolnieku nov.,
LV-3018, tālr. 63050220, admin@llkc.lv, zivjutikls@llkc.lv

◀ 4. lpp.

Secinājums bija par labu projekta izvirzītajiem mērķiem, – ar visu savu ierobežoto funkcionalitāti zvejniekiem piegādātais produkts prasīja milzīgas pūles, adaptējot to piekrastes zvejnieku vajadzībām. Tika uzbūvēts plosts uz pontoniem, ierīkoti akumulatori, saules panelis ar lādētājiem utt.

– Carnikavā pagājušā gada septembrī notika LLKC organizētais seminārs par Rīgas jūras līča piekrastē izmantojamo zvejas rīku un roņu līdzāspastāvēšanu, kurā piedalījās Rīgas jūras līča piekrastes zvejnieki no Kolka līdz Kuivižiem. Vai šis pasākums palīdzēja darbā pie ZAR izveidošanas?

– Viens no neatņemamiem iekārtas izstrādes nosacījumiem bija pastāvīga kontakta uzturēšana ar zvejniekiem un viņu interešu pārstāvjiem. Tas ļāva pētīniekiem, kas galvenokārt orientējas elektronisko sistēmu izstrādē, nenovirzīties no pareizā “kursa” un veikt projekta plānoto rezultātu aprobāciju, iekārtas parametru un konstrukcijas pielāgošanu reāliem apstākļiem.

Minētais seminārs sniedza būtisku ieguldījumu projekta attīstībai un ļāva ietaupīt daudz vērtīga laika, nepieļaujot daudzas projektēšanas kļūdas. Seminārs tika organizēts laikā, kad notika aktīvs darbs pie prototipa izstrādes, līdz ar to radās daudz praktisko jautājumu, uz kuriem bija iespējams saņemt atbildi no potenciālajiem izstrādājamās iekārtas lietotājiem.

Piemēram, tieši šī semināra laikā tika noskaidrots, ka droša iekārtas izvietošana uz plosa piekrastē nav īstenojama, un jāmeklē citas alternatīvas.

– Kādas bija grūtības, labākie risinājumi īstenošanas procesā?

– Viens no svarīgākajiem aspektiem akustiskā raidītāja izbūves procesā ir atbilstošo signālu ģenerēšana, kas efektīvi iedarbotos uz roņiem. Tika izpētīti līdzšinējie risinājumi, kā arī jaunākie zinātniskie raksti par roņu dzirdes īpatnībām. Izrādījās, ka esošos analogos lietotie signāli potenciāli spēj ietekmēt nevis tikai roņus, bet arī atbaidīt zivis! Ziemeļeiropas valstīs to var atļauties, – zivis tiek audzētas slēgtas fermās un tām nav kur sprukt, ar laiku tās pierastu pie periodiskiem “fona trokšņiem”. Tomēr mūsu piekrastes zvejniekiem zivis ir jādabū tīklā, nevis jāatbaida. Līdz ar to ķē-



Zinātnieki ZA “Tome” izmēģinājumos (no kreisās): M. Tērauds, D. Pikulins, A. Āboltiņš un M. Zeltiņš

ramies klāt specifisko signālu izpētei, kas vismazāk kaitētu zivīm, un tāds risinājums tika atrasts. Veiksmīgi pierādījām mūsu hipotēzi, veicot testēšanu Tomes zivju audzētavā.

Viens no efektīvākajiem risinājumiem ir zemūdens akustisko raidītāju izvietošana

Nākamais izaicinājums bija izdomāt, kāda būs elektronikas izvietošanas platforma jūrā. Pirmais variants, pie kā diezgan ilgi pieturējāmies, bija tas pats plosts. Tomēr izrādījās, ka šāda tipa konstrukcija spēj stabili uzturēties upē, bet jūrā apgāžas pat pie nelieliem viļņiem. Šinī posmā iesaistījām projektā mūsu RTU Dizaina fabrikas speciālistus. Guntis Kuļikovskis ļoti īsā laikā, balstoties uz mūsu definētām specifikācijām, izstrādāja akustiskajam raidītājam jaunu korpusu, – esošā iterācijā tas līdzinās pludinām/bojai, un ir cerības, ka parādīs labu dinamiku piekrastē.

– Kad plānojat pabeigt projektu?

– Projekta oficiālais noslēgums, kad jāatskaitās par rezultātiem, ir līdz šāgada 31. decembrim. Elektronikas darbība tika testēta laboratorijā un arī Daugavā – Ķīpsalā. Pagaidām netika

konstatētas būtiskas novirzes no projektā definētās specifikācijas, līdz ar to nākamais posms ir testēšana jūrā. Sākumā veiksim pilottestēšanu dažu dienu garumā – salīdzināsim lomu ar/bez akustiskā raidītāja, novērtēsim aparātūras uzvedību piekrastē. Tad var sarā īstenosim plašāku testēšanas plānu vairākās vietās, novērtējot arī roņu pierašanu pie mūsu iekārtas ģenerētajiem signāliem.

– Kādas darbības paredzētas pēc prototipa veiksmīgiem izmēģinājumiem?

– Pēc pirmā prototipa palaišanas jau esošā stadijā parādās daudz dažādu ideju par iespējamiem uzlabojumiem gan elektronikā, gan programmatūrā, gan arī mehānikā. Pēc izmēģinājumiem jūrā noteikti parādīsies vēl garāks saraksts ar optimizācijas iespējām. Kas attiecas uz darbībām pēc projekta noslēguma, tad šis jautājums pagaidām paliek atklāts, jo ir saistīts ar daudzām juridiskām niansēm, kas jāievēro, izstrādājot Eiropas projektus. Tomēr mēs darīsim visu no mums atkarīgo, lai mūsu inovatīvā izstrāde nonāktu daudzu Latvijas zvejnieku saimniecībās un kļūtu par drošu palīgu cīņā ar negadītiem viesiem – lomu postījumiem. **zi**



Jānis KRAVALIS,
Valsts Zivsaimniecības
sadarbības tīkla konsultants
e-pasts:
janis.kravalis@llkc.lv
tālr. 27763321

2.2. Pielikums. RTU mājaslapa

<https://www.rtu.lv/lv/universitate/masu-medijiem/zinas/atvert/rtu-izstradats-prototips-ronu-atbaidisanai-no-zvejas-rikiem>

2018.12.27.

RTU izstrādāts prototips roņu atbaidīšanai no zvejas rīkiem | Rīgas Tehniskā universitāte



RTU IZSTRĀDĀTS PROTOTIPS ROŅU ATBAIDĪŠANAI NO ZVEJAS RĪKIEM

12. jūnijs



Foto: Toms Mūrnieks, RTU Dizaina fabrika

Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes Radioelektronikas institūts sadarbībā ar RTU Dizaina fabriku izstrādājis paplašinātās funkcionalitātes lielaudas zemūdens akustiskā raidītāja prototipu «Ronis», kas izmantojams roņu atbaidīšanai no zvejas rīkiem.

Pēdējo gadu laikā Baltijas jūrā pieaudzis pelēko roņu skaits. Barības meklējumos roņi apgūst aizvien jaunas teritorijas, kļūstot par lielāko Latvijas piekrastes zvejniecības apdraudējumu. Viņi izēd un aizbaida zivis, nodara kaitējumus zvejniecības rīkiem un nereti paši tajos iet bojā. Viens no efektīvākajiem pasaulē atzītajiem roņu nodarīto zaudējumu mazināšanas risinājumiem ir zemūdens akustisko raidītāju (ZAR) izvietošana pie zvejniecības rīkiem. ZAR raida specifiskus šim mērķim radītus akustiskos signālus, kuri īslaicīgi pārsniedz roņu dzirdes sāpes sliekšni, ļaujot dzīvniekus aizbaidīt un samazināt tiešos un netiešos zaudējumus.

Šī vietne izmanto sīkdatnes, lai uzlabotu lietošanas pieredzi un optimizētu tās darbību. Turpinot lietot šo vietni, Jūs piekristat sīkdatņu lietošanai www.rtu.lv. Vairāk par sīkdatnēm.

Piekrītu

<https://www.rtu.lv/lv/universitate/masu-medijiem/zinas/atvert/rtu-izstradats-prototips-ronu-atbaidisanai-no-zvejas-rikiem>

1/6

2018.12.27.

RTU izstrādāts prototips roņu atbaidīšanai no zvejas rīkiem | Rīgas Tehniskā universitāte

piebaidītie akustiskie roņu atbaidītāji raida ļoti neefektīvus skaņas signālus. Daudzu atbaidītāju radīto signālu frekvenču diapazons pārsniedz roņu dzirdamības sliekšni, līdz ar to šie signāli roņiem vispār nav sadzirdami. Tāpat dzīvnieki dažu dienu laikā pierod pie ieprogrammētās signālu un paužu secības un izmanto klusuma brīžus, lai pamielotos ar zivīm, stāsta projekta zinātniskais vadītājs, RTU Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes Radioelektronikas institūta (REI) direktors Dmitrijs Pikujins. REI pētnieku izstrādātais ģenerators nodrošina raidāmo signālu frekvenču, atskaņošanas biežuma un klusuma brīžu pastāvīgu izmaiņu, izslēdzot dzīvnieku pierašanu. Turklāt sistēma ir vadāma attālināti, izmantojot pētnieku īpaši izstrādātu mobilo aplikāciju. Tā ļauj sekot līdzi sistēmas darbības dinamikas svarīgākiem parametriem: akumulatora uzlādes līmenim, visu elektronisko ierīču temperatūrai, konstatēt ūdens parādīšanos korpusā. Iekļautais GPS modulis ļauj reālā laikā izsekot «Roņa» atrašanās vietai gadījumos, ja tas ir aizpeldējis jūrā vai tika nozagts.

Pēc elektroniskās daļas izstrādes un veiksmīgiem testiem, REI pētnieki vērsās RTU Dizaina fabrikā ar komplicētu uzdevumu – diezgan īsā laikā izstrādāt ZAR korpusu. Dizaina fabrikā tika radīts pirmā prototipa korpusa modulārā izpildījumā - «Ronis». Iekārtu ir iespējams atvērt, lai veiktu sistēmas apkopi un diagnostiku, uzlādēt ietilpīgu akumulatoru, vienlaikus nepieļaujot ūdens nokļūšanu korpusā pat sarežģītos darbības apstākļos, stāsta RTU Dizaina fabrikas direktors Guntis Kuļikovskis. «Ronis» aprīkots ar antenām, kas nodrošina datu attālinātu nolasīšanu un aparatūras vadību, kā arī bākuguni. Dizaina fabrikā rasti optimāli risinājumi antenu izvietojumam, ārējo kontaktu skaita optimizācijai, lai iekārta būtu maksimāli droša un funkcionāla.

Turpinot darbu un testējot ierīci, «Roni» varētu optimizēt, pārliecināties par visu funkciju nepieciešamību un, iespējams, padarīt to kompaktāku – esošā izpildījumā kopā ar mastu tas ir 1,6 metrus garš. Ja ierīce kļūtu kompaktāka, tās pārvietošana būtu lietotājiem ērtāka, saka G. Kuļikovskis, piebilstot, ka, pilnveidojot «Roni», būtiski ir ņemt vērā lietotāju vajadzības. Lai tās izprastu, REI un Dizaina fabrikas pētnieki viesojušies pie zvejniekiem, iepazīlušies ar viņu darbu, pētījuši, kādas zvejas kuģus un laivas viņi izmanto. Izstrādājot korpusu, bija iecerēts, kas tas jūrā tiks nostiprināts, izmantojot vienu enkuru vai arī tīkla enkuru, bet uz vietas tika noskaidrots, ka enkuri ir jāizvieto pa perimetru, veidojot režģi, kura vidū tiek nostiprināta boja, pasargājot to no aizpeldēšanas jūrā, ar piemēru ierīces pielāgošanu lietotāju vajadzībām, skaidro G. Kuļikovskis.

Pirmais prototips izstrādāts, izmantojot materiālus un komponentes ar lielu drošuma rezervi, kas ļauj veikt iekārtas parametru pieskaņošanu plašā dinamiskā diapazonā un pielāgošanu reāliem darba apstākļiem, stāsta D. Pikujins. REI pētnieki, turpinot darbu, veiks izstaroto signālu jaudas mērījumus pie zvejas rīkiem, noskaidrojot ZAR reālo darbības rādītājus. Tiks optimizēti elektroniskās daļas risinājumi, kas ļaus samazināt korpusa izmērus. Tāpat pētnieki strādās pie programmatūras un aplikācijas uzlabošanas, pielāgojot to zvejnieku prasībām.

Projekts Nr. 16-00-F01101-000001 «Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā» tiek īstenots RTU Radioelektronikas institūtā, Eiropas Jūrlietu un zivsaimniecības fonda pasākuma «Inovācija» ietvaros ar Latvijas Zvejnieku federācijas atbalstu.