



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : مخابرات

عنوان: تحلیل مبدل های الکتریکی به صوتی و بالعکس (ترنسدیوسرهای مربوط به سونار)

استاد راهنما : دکتر زلفخانی

نگارش : سید رضا بطحائی 86442111

(تاریخ دفاعیه : تیر 92)

سپاس گذاری :

از استاد راهنمای گرامی، جناب آقای دکتر زلفخانی که در ارائه این پروژه مرا یاری نموده اند، کمال تشکر را

دارم.

هم چنین از خواهر گران قدرم و دوست عزیزم داود خالقی سپاس گذارم.

فهرست مطالب

فصل اول..... 10

مقدمه 10

1 - 1 - مقدمه 11

فصل دوم 15

سیستم سونار و انواع آن 15

2 - 1 - مقدمه 16

2 - 2 - واژه سونار به چه معناست 16

2 - 3 - تاریخچه 16

2 - 4 - کاربردهای سیستم سونار 17

2 - 5 - ارتباط صوت و سیستم های سونار 17

2 - 6 - تفاوت سونار با رادار 21

2 - 7 - شرط عملکرد سیستم سونار 21

2 - 8 - انواع سونار 21

2 - 9 - سونار فعال 22

2 - 10 - بازتاب انرژی صوتی 24

2 - 11 - تغییر پراکندگی سرعت انرژی صوت با عمق 25

2 - 12 - فیشرایزهای اکوستیکی 25

2 - 13 - کاربرد فیشرایزهای اکوستیکی 26

2 - 14 - آنالیز داده های سونار فعال 26

2 - 15 - سونار و حیوانات دریایی 27

2 - 16 - فاکتورهای مهم در معادله سونار فعال 28

2 - 17 - سونار غیر فعال 28

2 - 18 - سرعت صوت 29

- 2- 19- شناسایی منبع صدا 30
- 2- 20- نویز 31
- 2- 21- فاکتورهای مهم در معادله سونار غیر فعال 32
- 2- 22- سونار در جنگ 32
- 2- 22- 2 سونار فعال در جنگ 33
- 2- 22- 3 معایب سونار فعال در جنگ 33
- 2- 23- پوشش های ضد سونار جهت استتار زیر دریایی ها 36
- فصل سوم 37
- ترانسدیوسر سونار و 37
- اصول کار آن 37
- 3- 1- مقدمه 38
- 3- 2- ترانسدیوسر سونار چیست 38
- 3- 3- نقش ترانسدیوسر در سیستم های سونار 39
- 3- 4- پیزو الکترونیک ، ساختمان اصلی ترانسدیوسر سونار 40
- 3- 5- ساخت و اشکال هندسی پیزوسرامیک 42
- 3- 6- پلیمرهای پیزوالکترونیک 45
- 3- 7- پیزو سرامیک و پلیمر ترکیب شده 46
- 3- 8- طراحی های مرسوم و راه های مدل سازی 46
- 3- 9- اسباب ارتعاش موجی ویا ماریپچ و انواع آن 49
- 3- 10- ترانسدیوسرهای میله خمیده 50
- 3- 11- ترانسدیوسرهای Flextensional 51
- 3- 12- طراحی ترانسدیوسرهایی با پهنای باند وسیع 52
- فصل چهارم 56
- مدل تئوری ترانسدیوسر و پارامترها 56
- 4- 1- مقدمه 57

| | |
|--|-----|
| 4 - 2- پارامترهای اساسی ترانسدیوسر سونار..... | 57 |
| 4 - 3- فرکانس رزونانس مکانیکی fr | 57 |
| 4 - 4- فاکتور ذخیره سازی مکانیکی QM..... | 60 |
| 4 - 5- امیدانس مکانیکی مشخصه ZC..... | 64 |
| 4 - 6- ضریب جفت شدگی الکترومکانیکی..... | 67 |
| 4 - 7- ضریب توان..... | 72 |
| 4 - 8- بازده الکتروآکوستیکی..... | 74 |
| 4 - 9- تفاوت ها و سایر مشخصه های یک ترانسدیوسر الکتروآکوستیکی سونار..... | 74 |
| فصل پنجم..... | 88 |
| طراحی..... | 88 |
| 5 - 1- مقدمه..... | 89 |
| 5 - 2- طراحی ترانسدیوسرهایی با پهنای باند عریض..... | 89 |
| 5 - 3- پردازش سونار تک پالس..... | 89 |
| 5 - 3 - 2تئوری انتقال تک پالس..... | 90 |
| 5 - 4- طراحی آرایه های ترانسدیوسر سونار..... | 92 |
| 5 - 5- طراحی عددی..... | 95 |
| 5 - 6- مشخصات فرض شده برای PZT..... | 95 |
| 5 - 8- ملاحظات دامنه و فاز در طراحی..... | 104 |
| 5 - 9- تصاویری از یک نمونه طراحی..... | 105 |
| فهرست منابع..... | 108 |

فهرست اشکال

| | |
|---|----|
| شکل 1 - 1 اصول ترانسدیوسر / سنسور..... | 11 |
| شکل 1 - 2 انتشار امواج صوتی..... | 12 |
| شکل 1 - 3 ترانسدیوسر موجود در تلفن..... | 13 |

شکل 2 - 1 سیستم سونار..... 17

شکل 2 - 2 امواج طولی و عرضی 19

شکل 2 - 3 پرتاب یک سنگ در آب باعث ایجاد موج عرضی میشود 19

شکل 2 - 4 حرکت دندانه یک چنگال باعث ایجاد موج طولی در هوا میشود 20

شکل 2 - 5 رفت و برگشت پالس های صوتی 22

شکل 2 - 6 تصاویر مشاهده شده پالس ها 23

شکل 2 - 7 عمق سنجی 23

شکل 2 - 8 شناسایی محل تجمع ماهی ها 23

شکل 2 - 9 نمونه ای از بخشی که داخل آب شناور است (Tofish) 27

شکل 2 - 10 سونار غیر فعال 29

شکل 2 - 11 سونار در جنگ 33

شکل 2 - 12 پرتاب بویه 34

شکل 3 - 1 ترانسدیوسر بر بدنه کشتی 39

شکل 3 - 2 دیاگرام طرز کار ترانسدیوسر 40

شکل 3 - 3 فرم های مختلف پیزوسرامیک 43

شکل 3 - 4 پارامترهای مدار معادل استفاده شده برای مدل کردن پاسخ لرزشی ضخامت صفحه بسط دهنده 44

شکل 3 - 5 ترانسدیوسرهای tonpilz اولیه برای استفاده ناو US [38] 47

شکل 3 - 6 مثالی از tonpilz با فرکانس طنین مضاعف [40] 48

شکل 3 - 7 نمایش ساختمان ترانسدیوسر سونار Tonpilz 49

شکل 3 - 8 ترانسدیوسر مستطیل شکل و دایره ای 50

شکل 3 - 9 پیکربندی میله خمید 51

شکل 3 - 10 ترانسدیوسر flextionals کلاس IV 52

شکل 3 - 11 استانداردهای ترانسدیوسر کالیبره شده ناو US 53

شکل 3 - 12 تصویر اولین ترانسدیوسر پیزوسرامیک با شعاع و پرتو ثابت 53

شکل 3 - 13 الگوهای شعاعی اندازه گیری شده برای پیزو های مرکب CBT 54

شکل 3 - 14 پهنای پرتو نسبت به قطر، ضخامت دایره برای ترانسدیوسر های دایره ای شکل 55

- شکل 4 - 1 مدار ترانسدیوسر 58.
- شکل 4 - 2 ترانسدیوسر با در نظر گرفتن تلفات - آ 61.
- شکل 4 - 3 ترانسدیوسر با در نظر گرفتن تلفات - ب 62.
- شکل 4 - 4 امیدانس ورودی ترانسدیوسر 64.
- شکل 4 - 5 منحنی رزونانس 65.
- شکل 4 - 6 تئوری سیستم انتقال نامحدود 66.
- شکل 4 - 7 امیدانس مکانیکی برش مقطعی 66.
- شکل 4 - 8 مدار مورد بررسی برای تعیین/ 69.
- شکل 4 - 9 شکل 4 - 10 75.
- شکل 4 - 11 انتخاب ترانسدیوسر از شکل موج و طیف 75.
- شکل 4 - 12 میرایی صوت در آب و هوا بر حسب فرکانس 77.
- شکل 4 - 13 میدان صوت 78.
- شکل 4 - 14 پارامترهای پرتو صوت 80.
- شکل 4 - 15 ناحیه کانونی 81.
- شکل 4 - 16 گستردگی و نیمساز پرتو 82.
- شکل 4 - 17 زاویه پرتو ترانسدیوسر 82.
- شکل 4 - 18 ارتباط المان های بازتابش 84.
- شکل 4 - 19 پیکربندی کانون 85.
- شکل 4 - 20 طول کانونی در آب 86.
- شکل 5 - 1 پیاده سازی دریافت کننده سونار تک پالس 90.
- شکل 5 - 2 دیاگرام ارسال سیستم تک پالس 91.
- شکل 5 - 3 طرح بندی آرایه ترانسدیوسر و شماره گذاری سیستم 92.
- شکل 5 - 4 توابع تک پالس 93.
- شکل 5 - 5 نتایج شبیه سازی برای SNR های متفاوت 94.
- شکل 5 - 6 طراحی عددی ترانسدیوسر 96.

- شکل 5 - 7 مدار ساده شده ی ترانسیدیوسر 100
- شکل 5 - 8 الگو پرتوهای فرکانس متفاوت اندازه گیری شده برای یک پیزو ترکیب شده به قطر 23cm 101
- شکل 5 - 9 ترانسیدیوسر تابلو cymbal 102
- شکل 5 - 10 مقایسه پاسخ ولتاژ منتقل شده تابلو cymbal (قرمز) با ترانسیدیوسر flextensional (مشکی) 102
- شکل 5 - 11 طراحی منحنی های برپایه ی ترانسیدیوسر cymbal 103
- شکل 5 - 12 دامنه و فاز امیدانس اندازه گیری شده برای 26 المان شامل آرایه های پیزو ترکیب شده 104
- شکل 5 - 13 ترانسیدیوسر سرامیکی 105

فهرست جداول

- جدول 2 - 1 مقایسه میان روش های مختلف برای اهداف زیر آب 18
- جدول 4 - 1 مقایسه طول موج و گسترش فاصله ی صوت در آب و هوا 78
- جدول 4 - 2 ارتباط میان میدان صوت و سایر المان های ترانسیدیوسر 79
- جدول 4 - 3 ویژگی های آکوستیکی بعضی مواد 87
- جدول 5 - 1 وزن المان توابع تک پالس 93
- جدول 5 - 2 پرامترهای شبیه سازی بهینه 95
- جدول 5 - 3 مقادیر متناسب با مواد متفاوت 98
- جدول 5 - 4 پرامترها به ازای ضخامت های متفاوت 99
- جدول 5 - 5 مقادیر انرژی 100

پایان نامه کارشناسی

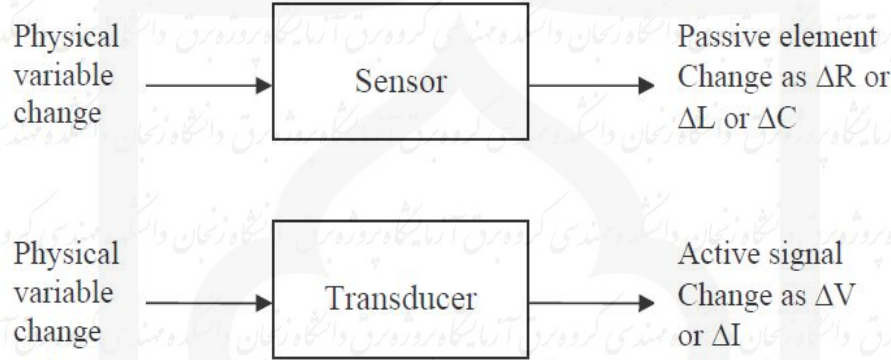
فصل اول

مقدمه

1-1 - مقدمه

هدف اصلی این پروژه معرفی ترانسدیوسرهای الکتروآکوستیکی سونار، کاربردها، پارامترهای اساسی و طراحی آنهاست. [3]

ترانسدیوسرها وسیله هایی هستند که یک نوع انرژی را به نوع دیگری انتقال میدهند این در حالی است که سنسور اولین المان یک سیستم اندازه گیری است و همواره اطلاعاتی درباره ی متغیر اندازه گرفته و به نوع مفید برای ادامه ی محاسبات و اندازه گیری ها انتقال میدهد. شکل زیر تفاوت بین سنسور و ترانسدیوسر را نمایش میدهد.



شکل (1-1) اصول ترانسدیوسر / سنسور

$$\text{Transducer} = \text{Sensor} + \text{Signal conditioning circuit}$$

تعدادی از ترانسدیوسرها مانند وسایل موسیقی انرژی مکانیکی را به شکل صوت انتقال میدهند اما آنچه ما در این پروژه به آنها میپردازیم نوع الکتروآکوستیکی آنهاست که انرژی الکتریکی را به صوت و یا تغییرات انرژی الکتروآکوستیکی دریافتی را به سیگنال الکتریکی تبدیل میکند.

واژه SONAR از Sound Navigation And Ranging گرفته شده است. اساس همه ی سیستم های سونار

این است که انرژی الکتریکی به انرژی صوتی تبدیل می شود و سپس به آب فرستاده می شود. و سپس انرژی صوتی بازگشت داده شده ، برای انجام پردازش های بعدی بوسیله ی مدار های الکتریکی سیستم سونار ، به

انرژی الکتریکی تبدیل می شود. [3]

سونار در واقع راداری است که کارایی آن در آب بوده و در آن به جای امواج رادیویی از امواج صوتی جهت پوشش محیط استفاده می گردد. اما مزیت اصلی استفاده از صوت جهت پوشش زیرسطحی در چیست؟ امواج رادیویی در فضای سطحی به خوبی و با سرعتی بالا منتشر می گردند لکن امواج صوتی به سرعت انرژی خود را از دست داده و تا بردی کم منتشر می گردند. اما در آب ورق به نفع امواج صوتی برمی گردد! ویژگی های ذاتی موج صوتی باعث می شود صوت بتواند تا کیلومترها منتشر گردد این در حالی است که محیط زیر آب برای اکثر طیف های

الکترومغناطیسی محیطی مات و غیر قابل کاوش محسوب می شود .



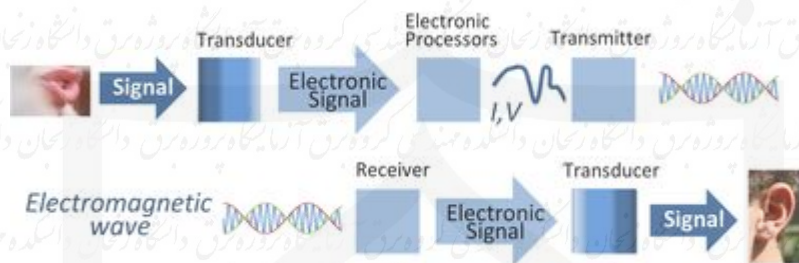
شکل (1 - 2) انتشار امواج صوتی [3]

کاربرد اولیه سونار کشف و توصیف (تخمین موقعیت، سرعت و ماهیت) اشیا قرار گرفته در کف دریا و یا اشیا شناور و غوطه ور در آب بود. سامانه های الکترونیکی کشف و رهگیری سوناری در قرن بیستم وارد زندگی بشر شدند. محرک اصلی بشر جهت ورود به این عرصه غرق شدن کشتی غول پیکر آرام اس تایتانیک و وقوع جنگ

جهانی اول بود لکن بعدها سامانه ها و تکنولوژی مربوط به این شاخه نوظهور طی جنگ جهانی دوم گسترش بیشتری یافتند. به هر حال با در نظر گرفتن موجودات دریایی انسان را باید موجودی تازه کار در استفاده از سونار

محسوب کرد! به عنوان مثال دلفین موجودی خیره در استفاده از سونار است؛ این موجود از طریق ارسال پیک‌های صوتی و انجام پردازش بر روی پژواک آنها به بررسی دنیای اطراف خود می‌پردازد تا جایی که بدون استفاده از سونار، دلفین موجودی کاملاً کور خواهد بود. بسیاری از ماهیان و یا سایر آبیان قادرند نسبت به ارسال و دریافت پیک‌های صوتی و یا تنها گوش دادن به اصوات محیطی مبادرت ورزند.

اختراع تلفن در اواخر دهه ی 1800 آغاز استفاده از ترانسدیوسرهای الکتروآکوستیکی بود. میکروفونی که داخل تلفن قرار داشت انرژی آکوستیکی صدای انسان را به سیگنال الکتریکی تبدیل و گوشی سیگنال الکتریکی را به انرژی آکوستیکی برمیگرداند بنابراین صدای شخص در طرف دیگر خط شنیده می‌شد.



شکل (1 - 3) ترانسدیوسر موجود در تلفن [3]

تجهیزات جدید برای انواع متفاوت ترانسدیوسرهای الکتروآکوستیکی با توسعه گرامافون در اواخر قرن شکل گرفت. به دنبال آن با افزایش استفاده از رادیو در دهه ی 1920 و ظهور تصاویر متحرک صوتی در دهه ی 1930 به مرور تقاضا در جهت استفاده از انرژی صوتی و نتیجه علم الکتروآکوستیک افزایش یافت.

در طول دهه ی 1920 مهندسين برق شروع به بررسی معادلات هم ارز متناسب با مشخصه های ترانسدیوسر آکوستیکی کردند. بخش های آکوستیکی و مکانیکی ترانسدیوسر به کمک مقاومت ها، سلف ها و خازن ها به منظور ساخت یک ترانسدیوسر الکترومکانیکی مدل گردیدند. با این مدل کردن به عنوان آغاز یک نسل الکتروآکوستیکی نه تنها مهندسين بهتر متوجه عملکرد یک ترانسدیوسر شدند بلکه طراحی ترانسدیوسر را به

کمک روش های شناخته شده آنالیز مدارات الکتریکی بهینه ساختند. [3]

در سال 1929 جامعه آکوستیک آمریکا شکل گرفت و در سال 1934 اولین کتب مهندسی در این زمینه منتشر گردید.

در حالی که علوم طراحی ترانسدیوسرهای الکتروآکوستیکی طی سه دهه ی متوالی به منظور استفاده ی باند فرکانس صوتی در هوا رو به رشد بود، دیدگاه استفاده از آنها برای کاربردهای زیر آب از جمله سیستم سونار شکل گرفت. باتوجه به استفاده ی ارتش در جنگ جهانی دوم این دیدگاه در دهه ی 1940 شروع به پیشرفت کرد.

هدف اصلی مدل کردن و بررسی پدیده های سوناری گزینش مناسب سامانه های سوناری است (چه پهنای باندی برای این کاربرد مناسب است؟ به چه تعداد سامانه جهت پوشش این محیط نیاز داریم؟) این حساسیت خصوصا در کاربردهایی که احتمال آسیب زدن به محیط زیست وجود دارد بالا می رود (چه سطحی از اصوات می تواند به دلفین ها آسیب وارد سازد؟ چگونه می توان آسیب های وارده به دستگاه شنوایی آبیان را به حداقل رساند؟) و در کاربردهای نظامی به اوج خود می رسد. (چگونه هدف را بدون لو رفتن موقعیت خود رهگیری کنیم؟ چگونه برد سامانه های تسلیحاتی زیرسطحی را افزایش دهیم؟)

ماهیت شی مورد نظر که از آن تحت عنوان هدف "Target" یاد می کنیم با توجه به کاربردهای مختلف نظامی (شناسایی مین یا زیردریایی دشمن)، ناوبری (جلوگیری از برخورد کشتی به صخره های کف دریا)، شیلاتی (کشف گله های ماهی) متفاوت است. [3]

ساختار تشکیل دهنده ترانسدیوسر سونار در مرجع [2] آورده شده است. عملکرد این سیستم از روی خواص پیزوالکتریک ها شکل گرفته و مدل استفاده شده در این پروژه در مرجع [1] آمده است. این سیستم دارای پنج پارامتر اساسی می باشد که قطعا با توجه به کاربرد آن این مقادیر متفاوت خواهد بود.

این پروژه در 5 فصل تدوین شده است. در فصل دوم به تعریف سیستم سونار، انواع و کاربردهای آن پرداخته میشود. در فصل سوم ساختار ترانسدیوسر سونار و نحوه عملکرد آن تشریح شده است. در فصل چهارم مدل ریاضی برای ترانسدیوسر سونار به طور کامل توضیح داده شده است و تمامی پارامترهای اساسی آن به وضوح بیان گردیده است. در فصل پنجم به بررسی مدل های ارائه شده، نحوه طراحی آرایه ای و عددی ترانسدیوسر سونار پرداخته می شود.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فهرست منابع

- [1] Ralpa s.woollet, Sonar Transducer Fundamentals, NAVA UNDERWATER SYSTEM CENTER
- [2] Kim Benjamin, Transducers for sonar systems, Naval Undersea Warfare Center
- [3] Donald p.Mass, An overview of Electroacoustic Transducers, MASSA.products corporation, U.S.A
- [4] S. Hanish, "A Treatise on Acoustic Radiation, Volume II – Acoustic Transducers," Naval Research Laboratory, Washington, D. C. (1983).
- [5] W. P. Mason, "An electromechanical representation of a piezoelectric crystal used as a transducer," *Proc. I.R.E.*, pp. 1252, (1935).
- [6] Ultrasonic Transducers Technical Notes, Olympus NDT, 2006
- [7] Matththew Riley, Design and Implementation of a Monopulse sonar Transmitting Array, University of Texas at Austin, 2005
- [8] www.aftab.ir
- [9] www.HamkelasY.com