بسم الله الرحمن الرحيم

٣٠٣٥٨

۱۳۷۹ /۵/ ۱۰

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی
قسمت مدارک

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی ومهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

شبیه سازی و نمونه سازی منعور موتی جهتدار

7915

بشیر انیسی

استاد راهنما

دکتر یوسف حجت

۳۰۳۵۸

بهار ۱۳۷۵

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

خانم/آقای بشیر انیسی پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان شبیه‌سازی کامپیوتری و نمونه سازی سنسور گیرنده صوتی جهت‌دار

در تاریخ ۷۵/۴/۱۳

ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک با گرایش ساخت و تولید پیشنهاد می‌کنند. ۲۸ح۳پ

اعضای هیات داوران	نام و نام‌خانوادگی	امضاء
۱- استاد راهنما:	آقای دکتر یوسف حجت	
۲- استاد مشاور:		
۳- استادان ممتحن:	آقای دکتر امیر عبدالله	
	آقای دکتر محمدکاظم مروج	
۴- مدیر گروه :و نماینده معاون آموزشی	آقای دکتر نیازی	

تشکر و قدردانی

اینجانب برخود لازم می دانم که ازتوجهات استاد راهنمای این پایان نامه جناب آقای دکتریوسف حجت کمال تشکر را به عمل آورم. ایشان با راهنماییهای مجرب خویش در کلیهٔ مراحل انجام کار و نیز تنظیم متن نهایی پایان نامه باعث شدند تا این پایان نامه بطور کامل جنبهٔ عملی و کاربردی به خود گرفته و بتوان از نتایج این کار علمی و تحقیقاتی بطور مستقیم در صنعت استفاده نموده و مشکل گشای مسائل طراحی موضوع مورد بحث در پایان نامه باشد.

همچنین باید از مسئول محترم معاونت تحقیقات و خودکفایی ندسا که همکاری بی دریغی را در کلیهٔ مراحل انجام کار بعمل آورده‌اند صمیمانه تشکر نمایم و نیز از گروهای مختلف این معاونت بخصوص گروه مواد و مکانیک که نهایت همکاری را بعمل آورده‌اند تشکر نموده و از خداوند متعال برایشان آرزوی توفیق نمایم.

بشیر انیسی

تهران - دانشگاه تربیت مدرس

۱۳۷۵

چکیده

در دریا امواج صوتی نقش اساسی را بر عهده دارند زیرا این نوع امواج به بهترین وجه در آب منتشر می گردند. وسایل صوتی که در این محیط به کار می روند شامل گیرنده‌ها وفرستنده‌های صوتی است. گیرنده‌های صوتی به دو صورت جهتدار وبدون جهت می باشند که نوع جهتدار آن با استفاده از خاصیت جهتداری، امواج صوتی دریافت شده از منابع صوتی مختلف را مورد پردازش قرارداده واطلاعات لازم را با توجه به جهت انتشار صوت بدست می آورد ونوع بدون جهت آن بدون تشخیص جهت انتشار صوت، امواج صوتی را در یافت می کند.

از اهداف این پایان نامه تهیه برنامهٔ شبیه سازی کامپیوتری بمنظور افزایش سرعت و دقت درطراحی و کاهش نیاز به تخصص بالا، نمونه سازی و انجام آزمایشهای عملی جهت مقایسه با نتایج حاصل از شبیه سازی بوده است.

فصل اول متن پایان نامه به مبانی نظری اختصاص یافته ودرفصل دوم برنامهٔ شبیه سازی کامپیوتری توضیح داده شده است . مسائل مربوط به نمونه سازی و انجام آزمایشهای عملی درفصل سوم ذکر گردیده است. نتیجه گیریها وپیشنهادات جهت ادامه کار تحقیقاتی در فصل چهارم بحث شده است.

از مقایسهٔ نتایج حاصل از آزمایشهای عملی ونتایج شبیه سازی مشخص گردیده است که این نتایج در بسیاری از موارد با یکدیگر تطابق دارند که حاکی از کاربردی بودن نتایج شبیه سازی در عمل می باشد.

- کلید واژه

جهتداری :نسبت توان خروجی ایجاد شده درگیرندهٔ صوتی به وسیلهٔ یک سیگنال درجهت حداکثرحساسیت به میانگین توان خروجی ایجادشده به وسیلهٔ همان سیگنال درصورتی که درتمام جهات به صورت یکنواخت توزیع شده باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه :	۱
فصل اول : مبانی نظری	۴
۱-۱ - مقدمه‌ای بر چگونگی انتشار امواج صوتی در آب	۴
۱-۲ - انواع ترنسدیوسرها و انتخاب مواد پیزوالکتریک	۵
۱-۳ - جهتداری در سنسورهای صوتی	۶
۱-۴ - انتخاب شکل سنسور	۷
۱-۵ - انتخاب تمرکز دهنده	۸
۱-۶ - عوامل مؤثر بر طراحی سنسور گیرنده صوتی جهتدار	۹
۱-۶-۱ - شاخص جهتداری	۹
۱-۶-۲ - پهنای زاویه‌ای دریافت موت	۹
۱-۶-۳ - پاسخ فرکانسی	۱۲
۱-۶-۴ - فاکتور Q	۱۴
۱-۶-۵ - شکل هندسی عناصر پیزوالکتریک	۱۵
۱-۶-۶ - تطبیق امپدانس	۱۷
۱-۷ - نویزهای محیطی	۲۱
۱-۷-۱ - منابع نویزهای محیطی در آبهای عمیق	۲۱
۱-۷-۲ - منابع نویزهای محیطی در آبهای کم عمق	۲۳

فهرست مطالب (ادامه...)

عنوان	صفحه
فصل دوم : شبیه سازی کامپیوتری	۲۴
۲-۱- مقدمه‌ای بر شبیه سازی کامپیوتری	۲۴
۲-۲- خصوصیات برنامهٔ شبیه سازی کامپیوتری	۲۵
۲-۳- نمودارجریان کاربرنامهٔشبیه سازی کامپیوتری	۲۶
۲-۳-۱- نمودارجریان کارقسمت اصلی برنامهٔشبیه سازی کامپیوتری	۲۶
۲-۳-۲- نمودارجریان کاربخش طراحی یک واحد از سنسور	۲۶
۲-۳-۳- نمودارجریان کاربخش طراحی کامل سنسور وآزمایش جهتداری در حالت معمولی	۲۹
۲-۳-۴- نمودارجریان کاربخش آزمایش جهتداری سنسور براساس مسیر حرکت منبع صوت	۳۱
۲-۳-۵- نمودارجریان‌کارتوابع‌تعریف شده‌دربرنامهٔشبیه‌سازی کامپیوتری	۳۱
۲-۴- روش اجرای برنامهٔ شبیه سازی کامپیوتری	۴۶
۲-۵- شبیه سازی یک نمونه از سنسور گیرندهٔ صوتی جهتدار	۴۷
فصل سوم : نمونه سازی و آزمایش سنسور گیرندهٔ صوتی جهتدار	۴۹
۳-۱- نمونه سازی	۴۹
۳-۱-۱- مرحلهٔطراحی	۴۹
۳-۱-۲- مرحلهٔساخت	۵۱
۳-۱-۳- مرحلهٔمونتاژ	۵۲
۳-۲- آزمایش سنسور گیرندهٔصوتی جهتدار	۵۶
۳-۲-۱- وسایل آزمایش	۵۶
۳-۲-۲- روش آزمایش ونتایج آن	۵۷

فهرست مطالب (ادامه...)

عنوان	صفحه
فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات	۶۲
۴-۱- بحث وبررسی	۶۲
۴-۲- نتیجه گیری	۶۳
۴-۳- پیشنهادات	۶۶
ضمائم :	
ضمیمهٔ الف : نتایج آزمایشها	۶۸
ضمیمهٔ ب : جداول اطلاعات طراحی	۷۷
- فهرست منابع وماخذ	۸۲
- چکیده به انگلیسی	۸۴

فهرست اشکال

شماره و توضیح شکل	صفحه
(۱-۱): نمودار دریافت یک سنسور جهتدار ومعادل بدون جهت آن	۷
(۱-۲): دید سه بعدی شکل جهتداری یک آرایهٔخطی وصفحه‌ای دایره‌ای	۸
(۱-۳): شکل جهتداری سنسور در مختصات قطبی	۱۰
(۱-۴): نموگرام برای پیداکردن پهنای زاویه‌ای سنسورخطی و آرایهٔ صفحه‌ای دایره‌ای	۱۱
(۱-۵): پاسخ فرکانسی ترانسدیوسرهای پیزوالکتریک	۱۲
(۱-۶): گیرنده‌های صوتی جداره استوانه‌ای سرامیکی	۱۶
(۱-۷): انتقال موجهای مسطح ازدو مرز	۱۸
(۱-۸): محیطهای تشکیل دهندهٔسنسورصوتی جهتدار	۱۹
(۱-۹): میانگین طیف نویز محیطی در آبهای عمیق	۲۲
(۱-۱۰): خلاصه‌ای از ترازهای نویز درخلیجها وبندرگاهها	۲۳
(۳-۱): تصویر قطعات ساخته شده سنسورگیرنده صوتی	۵۳
(۳-۲): تصویر سنسورگیرنده صوتی بعدازمونتاژاولیه	۵۴
(۳-۳): تصویر سنسورگیرنده صوتی بعدازقرارگرفتن درداخل محفظه	۵۴
(۳-۴): نقشهٔ مرکب سنسورگیرندهٔ صوتی	۵۵
(۳-۵): چگونگی کالیبره کردن به روش پروژکتور درمحدودهٔفرکانسی ۲ تا ۲۰۰ کیلوهرتز	۵۷

سمبلها و نمادها

سمبل	تعریف	واحد
ac	سطح پلاریزه شده‌ٔپیزوالکتریک	m^2
B	ضریب شکل	
C	سرعت امواج طولی در سرامیک	m/s
C_m	نرمی استاتیکی	N/m^2
C_D	نرمی دینامیکی	N/m^2
D	قطر سنسور	m
DI	شاخص جهتداری	dB
dm	فاصلهٔبین هر واحد از سنسور	m
do1	قطر داخلی سرامیک	m
do2	قطر خارجی سرامیک	m
d33	ضریب کرنش پیزو الکتریک	C/N
f0	نیروی محوری وارد بر سرامیک	N
f1,f2	فرکانس	HZ
f_r	فرکانس رزونانس	HZ
G(teta)	پاسخ سنسور در زوایای مختلف	volt
hw	عمق آب	m
$j_1[\ ]$	تابع بسل نوع اول	
L	طول موج صوت	m
	طول جدارهٔ استوانه‌ای	m
	طول محیط انتقال صوت	m

سمبلها و نمادها (ادامه ...)

سمبل	تعریف	واحد
lc1.lc2	طول کل سرامیک	m
P	فشار امواج صوتی	pa
PC	امپدانس صوتی پیزوالکتریک	$kg/m^2.s$
PwCw	امپدانس صوتی آب	$kg/m^2.s$
Pm	حداقل فشار امواج صوتی	pa
Q	فاکتور کیفیت	
q	مقدارزاویه در۳- دسی بل	deg
r1	شعاع داخلی سرامیک	m
r2	شعاع خارجی سرامیک	m
V	ولتاژ خروجی از سنسور	volt
w	فرکانس زاویه‌ای	HZ
wa	فرکانس زاویه‌ای آنتی رزونانس	HZ
wr	فرکانس زاویه‌ای رزونانس	HZ
ym	عکس مدول الاستیسیته	m^2/N
α_r	ضریب انعکاس صوت	
α_t	ضریب انتقال صوت	

- مقدمه

تکنولوژی استفاده از امواج ، امروزه بعنوان یکی از سلاحهای برنده بشر در مواجهه با جهان طبیعت بوده و هر روزه دامنهٔ استفاده از آن گسترش می یابد. دریاها و اقیانوسها نیز بعنوان منبع مهم‌اقتصادی و دیگر کاربردها مورد توجه محققان و مکتشفان بوده و بطور طبیعی بکارگیری امواج نیز دراین محیط کاربرد وسیعی دارد.

ازتمام امواج شناخته شده ، صوت به بهترین وجه در دریا منتشر می شود زیرا امواج دیگردرآب شور آلوده به مواد گوناگون دریا درحدبسیار شدیدتری نسبت به امواج صوتی تضعیف می شوند. به علت اینکه انتشارامواج صوتی بطورنسبی آسان انجام می‌گیرد،لذا ازاین امواج دراعماق آبهادرموارد مختلفی استفاده می گردد.

یکی از مدارک اولیهٔ مربوط به استفاده ازصوت در دریا در کتابی از لئوناردداوینچی ذکر شده است او در سال ۱۴۹۰ میلادی نوشته بود،اگرشما کشتی خود را متوقف کنید و سر یک لوله دراز را در آب قرار دهید و سر دیگرآن را روی گوش خود بگذارید می‌توانید صدای کشتیهائی که در فاصلهٔ بسیاردور از شماقراردارند رابشنوید. در جنگ جهانی اول هنگامی که لولهٔ دومی بین گوش دیگر ویک نقطهٔ دریا که جدا از نقطهٔ اولی بود قرار داده شد، توانستند جهت صدا را مشخص و زاویهٔ موقعیت هدف راتعیین نمایند.سپس ازاین روش در مقیاس وسیع استفاده شده است [۱].

در قرن نوزدهم تعدادی از فیزیکدانان بنا به علاقهٔ‌شخصی از طریق تحقیق در پدیدهٔ تبدیل پالسهای الکتریکی به صوت و بر عکس ، به مطالعهٔ امواج صوتی زیر آبی پرداختند[۲].

پیرکوری[1] وجکیوز[2] درسال ۱۸۸۰ میلادی پدیدهٔ پیزوالکتریک راکشف کردند. چارلزکلمب[3] در زمینهٔ امکان تولید الکتریسیته توسط فشار، مطالعه کرده و ویلهم رونتجن[4] دربارهٔ ظاهرشدن بارالکتیریکی روی وجوه مختلف کریستالهای تحت فشارمقاله‌ای به رشتهٔ تحریر درآورد. اختراع دیگر قرن نوزدهم میکروفن ذغالی دکمه‌ای[5] بود. این میکروفن نخستین وشاید هنوز هم حساسترین هیدروفن[6] برای اموات زیر آبی بشمار می آید[۲].

پس از جنگ جهانی اول پیشرفت دیگری که در این زمینه صورت گرفت ساخت مجموعه‌ای از ۱۲ هیدروفن مرتب شده وقابل انعطاف و بطور آزاد شناور، بنام مارماهی بود که به آسانی می توانست برای هر نوع کشتی مورد استفاده قرارگیرد[۳]. دراین دوره فرکانسهای فرا صوتی در هیدروفنها مورد استفاده قرار گرفت وامکان افزایش دقت در تعیین جهت توسط هیدروفنها درحد متوسط را فراهم ساخت[۴].

در جنگ جهانی دوم نیزهمانندجنگ‌جهانی‌اول فعالیتهای مربوط به امواج صوتی زیر آبی بشدت وبطور هیجان انگیزی جریان داشت. اژدرهای هدایت شونده آکوستیکی، مین های آکوستیکی مدرن و دستگاههای سوناراسکن کننده همه از دستاوردهای زمان جنگ است.[۵]

سالها پس‌ازجنگ جهانی دوم بااختراع کامپیوترهاو پردازشگرهای دیجیتال، امکان پردازش سیگنالهای مرکب چه ازلحاظ زمانی و چه ازلحاظ مکانی امکان پذیرشد واستفاده از اطلاعات خیلی بیشتراز آنچه مورد انتظاربود عملی گردید.

تحول چشمگیری که بعد از جنگ بوجود آمد، پیشرفت کاربرد امواج صوتی زیر آبی برای مقاصد صلح جویانه بود که هنوز هم راه رشد و ترقی را می پیماید. اصوات زیر آبی که در ابتدا فقط برای عمق سنجی در دریا بکار

---

1. Pierre Curie 2. Jacques 3. Charles Coulomb 4.Wilhelm Rontgen
5. Carbon - button microphone 6. Hydrophone

می‌رفت ، اکنون برای مقاصد وسیع و گوناگونی نظیر ماهیگیری،تلفنهای زیر آبی، نقشه‌برداری از دریاها وغیره بکار می رود.دربعدنظامی‌ودرمینهای صوتی‌از امواج صوتی‌استفاده می شود که در آن تشعشع آکوستیکی کشتی را گرفته و هنگامی که سطح آکوستیکی آنها به‌مقدارمعینی برسد مین منفجر می شود دراین مینها گیرنده باید جهتدار[1] باشد تابتواند جهت هدف راتعیین کند،بنابراین از فرکانسهای تا حدی بالا در کشف غیر فعال استفاده می شود.

همچنین ازامواج صوتی دراژدرهای هدایت شونده یا هدفیاب استفاده می شود که درآن بعلت کوچکی اندازهٔ مبدلهائی که برای‌آنهاضرورت دارد ازفرکانسهای بطورنسبی بالا استفاده می‌کنندزیرابرای تشکیل شعاع جهتداری[2] و کاهش نویز به فرکانسهای بالاتر نیازاست.اژدرهای هدفیاب هدفها رابااستفاده از صدایی که ازآنها منتشرمی شود کشف و به سمت آنها تغییر جهت می دهند و بسته به اینکه مسافت یاب انعکاسی یاجستجو کنندهٔ هدف باشند می توانند فعال یا غیر فعال باشند. بنابراین با توجه به مطالب فوق مشخص می شود که داشتن سنسور گیرندهٔ صوتی بخصوص جهتدار ضروری می باشد لذا هدف از انجام‌این پروژه جمع آوری اطلاعات ، مطالعه و تحقیق، شبیه سازی کامپیوتری،طراحی و ساخت و انجام آزمایشهای مختلف ومقایسهٔ نتیجه حاصل از آزمایشهای عملی با نتایج بدست آمده از شبیه سازی می باشد.

---

1. Directional 2. Directional Beam

فصل اول

مبانی نظری

۱-۱- مقدمه‌ای برچگونگی‌انتشارامواج صوتی درآب

موجهایی که احساس صوت ایجاد می کنند از جملهٔ‌انواع گوناگون موجهابه شمارمی روند که دراثرآشفتگی فشاردرهرسیال تراکم پذیرنظیرآب ایجادمی‌شوند و درآن انتشار می یابند. امواج صوتی در سیالها سه بعدی هستند و از این لحاظ رفتارآنها نسبت به موجهای یک بعدی همانند موجهای تارهای مرتعش وموجهای دوبعدی مانند موجهای منتشر شده در ورقه ها،پیچیده‌تراست. دیگرآنکه این موجها طولی هستند، یعنی نوسان مولکولهاوامتداد رفت وبرگشت آنها برامتداد انتشارموج منطبق است وسبب تراکم وانبساط متناوب مناطق سیال می‌گردد. [۶]

بسیاری از انواع منابع صوتی، موجهای کروی واگرادرآب تولید می کنند که در آن انرژی صوتی هر چه از منبع دورتر شود درسطحهای وسیعتری پخش می گردد و لذا در صورتی که این امواج با منبع خود بطورنسبی دارای فاصله‌زیادی باشند در محیط یکنواخت می‌توان آنها راموج مسطح فرض‌کرد همچنین هم شدت وهم فشار اینگونه موجها با افزایش فاصله از منبع روبه کاهش می رود. بنابراین با توجه به اینکه سنسور گیرندهٔ‌صوتی در فاصلهٔ‌دوری از منبع صوت قرارمی گیرد و سطح آن کوچک است لذا در محاسبات مربوطه می توان فرض کرد که امواج دریافتی بصورت مسطح می باشند و نیز عناصرآن می بایست از حساسیت خوبی برخوردار باشند.