ISSN:1735-4455 شماره استاندارد بین المللی پیابندها

امواج برتر

۴۱

Amvaj-e-Bartar

توسعه دانستن = توسعه توانستن

نخستین ماهنامه تخصصی مهندسی برق

سال هفتم/ شماره چهل و یکم/ قیمت ۱۵۰۰ تومان

ضربان ساز قلبی، فرصتی دوباره برای تپیدن!

تاثیرات بیولوژیک امواج الکترومغناطیس و راهکارهای موثر

فناوری نانو و برخی کاربردهای آن در صنعت برق

(Level Sensore) بررسی و دسته بندی سنسورهای اندازه گیری سطح مواد

شبکه های Wi-Max

به سوی مغزهای الکترونیکی

مردی با حافظه دیجیتالی

چگونه باید تغییر شغل داد؟

فناوری، خاطی یا ناجی؟!

به نام دوست

امواج برتر

نخستین ماهنامه تخصصی مهندسی برق
شماره ۴۱/ آذرماه ۱۳۸۸

صاحب امتیاز ومدیر مسئول :
مهندس غلامرضا یزدانی شواکند
مشاور مدیر مسئول: جمشید افشار
جانشین مدیر مسئول: ملیحه یزدانی

دبیر علمی: مهندس مهدی رحمتی
شورای سردبیری:
دکتر سعید طوسی زاده
دکتر مصطفی عیدیانی
مهندس کیومرث روزبهی
مهندس اسدا... صاحب علم
مهندس یحیی محمدی
مهندس غلامرضا یزدانی شواکند

مدیرروابط عمومی: حسین ترابیان
مدیربخش اشتراک: مرضیه بهنام فر
مسئول هماهنگی: عباس قاسمیان مقدم

سایرهمکاران:
مهندس احسان تهامی، مهندس ناصر حافظی مطلق، مهندس مجید فروزانمهر، راهله غریب نواز، زهرا باقری

صفحه آرایی و طرح جلد: مهسا سالارخراسانی
چاپ : شایسته (۸۴۵۵۴۷۱-۰۵۱۱)

حرف نو: «...سرنوشت شما را
افکارتان تعیین می کند.
شما به همان اندازه و همان گونه
که می اندیشید هستید.»
.....

«ماهنامه امواج برتر نشریه ای مستقل است که با همکاری جمعی از صاحب نظران در سراسر کشور منتشر می شود و به هیچ سازمان و موسسه ای وابسته نیست.»

عمومی
۲ فاز نخست: سخنی با خوانندگان گرامی
۳ پای صحبت استاد: گفتگو با دکتر محمد حسین جاویدی

گزارش و خبر
۴۱ گوناگون
۴۶ نیروگاه بوشهر«ماه های آتی» راه اندازی می شود.
۴۷ چهل سال حضور و سی سال مسئولیت اجرایی مهندس حجت
۴۹ برگزار شد: دهمین نمایشگاه بین المللی دو سالانه...

مدیریت
۵۴ کار و زندگی
۵۷ چگونه باید تغییر شغل داد؟

کوتاه
۱۴ ناوبری هوایی؛ اصول، کاربرد و تجهیزات

مفید
۲۵ (level sensor) بررسی و دسته بندی سنسورهای ...
۳۸ به سوی مغزهای الکترونیکی
۴۰ مردی با حافظه دیجیتالی
۵۸ فناوری، خاطی یا ناجی؟

تخصصی
۱۰ ضربان ساز قلبی، فرصتی دوباره برای تپیدن
۱۷ تاثیرات بیولوژیک امواج الکترومغناطیس و راهکارهای موثر
۲۰ بررسی محدودیت های موجود در طراحی سیستم تامین...
۳۰ شبکه های Wi-Max
۳۴ ادغام اطلاعات در سیگنال ویدئویی در میدان تبدیل ویولت

از مطالب ونوشته های شما استقبال می کنیم:
- امواج برتر در استفاده ،ویرایش وکوتاه کردن مطالب ارسالی آزاد بوده و مطالب ارسالی شما نزد ما به یادگار می ماند.
- نظرات وعقاید نویسندگان مطالب لزوماً دیدگاه امواج برتر نیست.
- استفاده از مطالب امواج برتربا ذکر منبع آزاد است.
- ترتیب آثار چاپ شده برحسب ملاحظات فنی و رعایت تناسب بوده و به معنای درجه بندی نیست.
- مقالات ارسالی از طریق پست الکترونیک به صورتPDF باشد.
- ترجمه ها همراه با نسخه اصلی ارسال شود.
- مسئولیت حقوقی آثارّ ارسالی بر عهده نویسندگان مقاله ها می باشد.

مشهد . بلوار دانشجو. دانشجو۲۶، شماره۱ ، واحد ۵
صندوق پستی۱۶۸۸-۹۱۸۹۵
تلفن۸۹۴۰۱۲۰ -۰۵۱۱ نمابر۸۹۴۰۱۲۱ - ۰۵۱۱
امور اشتراک: ۸۹۴۰۱۲۲
www.amvaj-e-bartar.com
www.amvaj-e-bartar.ir
e-mail : info@amvaj-e-bartar.com

ناوبری هوایی: اصول، کاربرد و تجهیزات

ماجد رستمیان/ دانشجوی مهندسی برق/ دانشگاه فردوسی مشهد
ناصر حافظی‌مطلق/عضو هیأت آموزشی گروه مهندسی برق دانشگاه فردوسی مشهد

با گسترش روزافزون ارتباطات و شکل‌گیری دهکده جهانی، یکی از مهم‌ترین مسائل در حوزه اقتصاد، صنعت، ارتباطات و...، دست‌یابی به نقاط مختلف جهان است. به‌همین دلیل روزبه‌روز شاهد گسترش صنعت حمل و نقل و ارتباطات هستیم. در این میان وسایل نقلیه‌ای مانند کشتی و هواپیما از آن‌جایی که مسیر یا جاده بصری در پیش روی خود ندارند، برای جهت‌یابی و رسیدن به مقصد از وسایل ناوبری استفاده می‌کنند. در این مقاله کلیات ناوبری هوایی شامل اصول، اهداف و تجهیزات آن ارائه شده است.

۱-ناوبری چیست؟

به علم هدایت کشتی‌ها، هواپیماها و فضاپیماها از یک نقطه به نقطه دیگر ناوبری می‌گویند. ناوبری در بردارنده روش‌هایی برای مکان‌یابی، هدف یابی، مسیریابی و فاصله‌یابی است.

در پروازهای نخستین هواپیماها، ابزار دقیق ناوبری بر روی آن‌ها وجود نداشت و یا در حد یک سرعت‌سنج و قطب نمای مغناطیسی بود. در آن زمان خلبانان با استفاده از علائم روی خشکی‌ها، جاده‌ها، ریل‌ها و رودخانه ناوبری می‌کردند و پروازها معمولاً در ارتفاع کم انجام می‌شد. تجهیزات موجود در وضعیت‌های پروازی به‌وجودآمده جواب‌گوی نیازمندی‌های ناوبری نبود. بالا رفتن ارتفاع پرواز، پرواز بر فراز ابرها و پرواز در شب لزوم استفاده از تجهیزات پیشرفته ناوبری را ضروری ساخت. به‌این‌ترتیب با استفاده از تجهیزات پیشرفته ناوبری، خلبانان توانستند وضعیت، ارتفاع، سمت سرعت و انحراف از مسیر را به‌دست‌آورند.

به طور کلی در ناوبری سه سؤال مطرح است:

۱- هدف یا مقصدکجاست؟ ۲- مسیر کجاست؟ ۳- مکان کنونی کجاست؟

یافتن روشی برای پاسخ به سؤال نخست منجر به توسعه شاخه‌ای از ناوبری شد که در آن، هدف یافتن سمت و سوی مقصد است. در این شاخه از ناوبری، این مهم نیست که موقعیت کنونی کجا است (شمال یا جنوب یا...)، بلکه اهمیت اصلی به ردیابی هدف اختصاص دارد.

این شاخه از ناوبری، اطلاعات کاملی از محیط پیرامونی ارائه نمی‌کند اما بسیار کارا و ساده است. از مزایای این نوع ناوبری این است که به امکانات و تحلیل زیادی نیاز ندارد و به صرف ردیابی هدف می‌توان حرکت به سمت آن را آغاز نمود. البته باید توجه داشت که ردیابی صرفاً دیداری نیست. می‌تواند رادیویی، مغناطیسی، حرارتی یا هر نوع دیگری از شناسایی باشد. دستگاه‌های ADF ، NDB و قطب نماهای مغناطیسی از این دسته هستند.

یافتن پاسخ سؤال دوم بر این پیش‌فرض که هیچ اطلاعاتی از موقعیت کنونی و موقعیت هدف در دسترس نیست ولی امکان شناسایی مسیری که به هدف منتهی شود، وجود دارد، بنا شده‌است. مانند خطوط راهنما در ادارات و بیمارستان‌ها که مشخص نیست مقصد در کجا واقع است اما با اتکا به مسیر می‌توان به مقصد رسید. در ناوبری هوایی دستگاه‌هایILS و VOR این‌گونه سرویس‌های مسیریابی را ارائه می‌دهند.

پاسخ به سؤال سوم مستلزم ساخت یک دستگاه مختصات است به نحوی که تمام اجزاء و اشیاء، درون فضای مورد نظر نسبت به مرکز مختصات شناسایی شوند. این مدل ناوبری، بسیار پیشرفته و کامل است و لذا به تجهیزات زیاد و محاسبات پیچیده‌ای نیاز دارد.

در ناوبری هوایی، سیستم‌های GPS، VOR/DME و INS از جمله این دستگاه‌های مکان‌یاب هستند.

جدا از این، فاصله‌یابی فیزیکی نیز از عناصر مهم ناوبری است. دانستن فاصله از اهداف به خودی خود ارزشمند است. علاوه بر آن با ترکیب اطلاعات فاصله‌ای از چند نقطه مشخص، قادر به مکان‌یابی خواهیم بود. این همان روشی است که مکان‌یابی ماهواره‌ای بر مبنای آن توسعه یافته‌است.

۲- ناوبری هوایی با سیستم DME

DME یا تجهیزات اندازه‌گیری فاصله، یکی از اجزاء مهم سیستم‌های ناوبری هوایی است که بازه فرکانسی کاری آن در محدوده UHF و از ۹۶۰ تا ۱۲۵۰ مگاهرتز است.

سیستم DME از دو بخش تشکیل شده‌است: بخش هوایی و بخش زمینی. بخش هوایی مجموعه‌ای از زوج پالس‌ها را دریافت کرده و زوج پالس دیگری را در جواب می‌فرستد که ۶۳ مگاهرتز با فرکانس دریافتی (فرکانس سؤال) اختلاف دارد. در مسیر تکامل DMEها انواع مختلفی از آن‌ها ساخته شده‌است. نوعW،(wide) نوع N،(narrow) و نوعP (precision). اختلاف انواع مختلف DME در شکل موج‌های ارسالی و دریافتی و دقت آن‌ها است به عنوان مثال دقت نوع P از نوع N بیشتر است. در کشور ایران فقط نوع N موجود است. از آن‌جایی که با فرستادن پالس مربعی (معادل شکل سینک در حوزه فرکانس) پهنای باند زیادی اشغال می‌شود، از پالس گوسی استفاده می‌شود (که شکل آن در حوزه فرکانس شبیه پالس مربعی است).

از ۵۰% پالس نخست تا ۵۰% پالس دوم پالس‌های ارسالی که به صورت زوج پالس هستند برای کدینگ استفاده می‌شود. فاصله‌ی کدینگ به عنوان مثال در مد X دستگاه برابر با ۱۲ میکرو ثانیه است. طبق استاندارد ICAO سیستم DME باید قادر باشد که در آن واحد به ۱۰۰ هواپیما پاسخ دهد. به‌این‌منظور دو حالت درنظر گرفته می‌شود.

الف) Search Mode (حالت جستجو): بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ زوج پالس در ثانیه ارسال می‌کند.

ب) Track Mode (حالت ردیابی): بین ۲۵ تا ۳۰ زوج پالس در ثانیه ارسال می‌کند.

در سیستم DME فرستنده و گیرنده را در کنار هم قرار نمی‌دهند چون وقتی فرستنده در حالت ارسال است توان زیادی مصرف

می‌کند که این توان زیاد می‌تواند سبب آسیب‌دیدن گیرنده شود زیرا ورودی گیرنده محدودیت توان دارد. در گیرنده‌ی DME از یک مدار AGC استفاده می‌شود. از آن‌جایی که لزوماً فاصله‌ی بین گیرنده و فرستنده ثابت نیست، موجی که وارد می‌شود برای هدف نزدیک‌تر، تقویت کمتر و برای هدف دورتر، تقویت بیشتری لازم دارد.

ایستگاه زمینی DME زوج پالس‌ها را به‌صورت Squatter می‌فرستد. پاسخ هیچ هواپیمایی به این شکل نیست. مزیت Squat-ter این است که همیشه فرستنده فعال است، duty cycle سیستم را ثابت نگه‌می‌دارد و هم‌چنین مدار AGC گیرنده هواپیما را تنظیم (Tune) می‌کند.

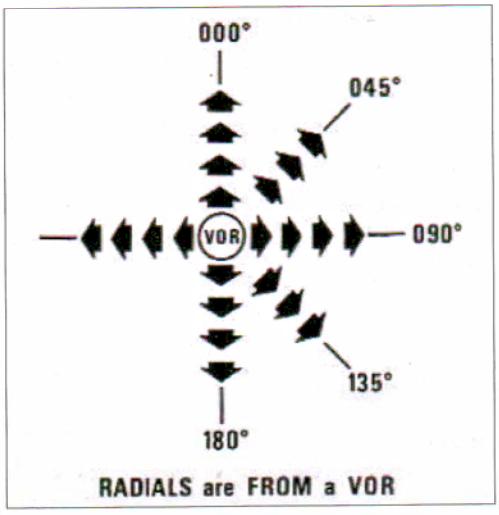
۳- ناوبری هوایی با سیستم VOR

سیستم VOR در بازه فرکانسی VHF کار می‌کند و اطلاعات ناوبری را در تمام اطراف ایستگاه پخش می‌نماید. تاریخچه ساخت نخستین دستگاه VOR به ۵۰ سال پیش باز می‌گردد و تاکنون پیوسته توسعه یافته‌است. دستگاه‌های قبل از VOR در باندهای فرکانسی پایین‌تر کار می‌کردند و اطلاعات ناوبری را در چند جهت خاص (حداکثر ۴ جهت) منتشر می‌نمودند. VOR به همراه DME تشکیل یک دستگاه مختصات قطبی می‌دهند. VOR زاویه تا مقصد و DME فاصله تا مبدأ مختصات را تعیین می‌کند. در ناوبری تمام جهت‌های مرتبط با یک ایستگاه VOR نسبت به شمال مغناطیسی تعریف می‌شوند. در ناوبری با VOR چهار مفهوم Radial، Bearing، Heading و Course باید شناخته شوند.

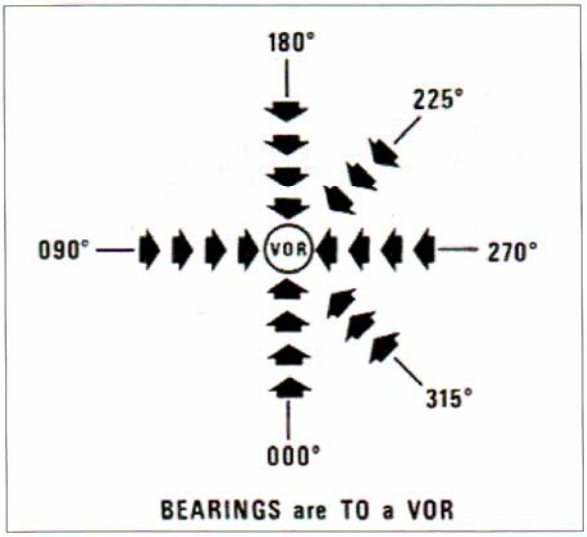
الف) Radial: شکل(۱) Radial های متفاوتی که از یک ایستگاه VOR خارج می‌شوند را نشان می‌دهد. این Radial ها با زاویه‌ای که برابر با مکان قرارگرفتن آن‌ها بر روی صفحه مدرج قطب‌نمایی به مرکز VOR است نام‌گذاری می‌شوند. می‌توان این Radialها را مانند شعاع‌هایی درنظرگرفت که از ایستگاه VOR به سمت جهت‌های مغناطیسی متفاوتی تابیده می‌شوند.

ب) Bearing: مطابق شکل (۲) این واژه به جهت خط واصل از یک نقطه مشخص به نقطه مشخص دیگری اطلاق می‌شود. در ناوبری با VOR تنها Bearing هایی مدنظر هستند که از هواپیما به سمت ایستگاه VOR کشیده می‌شوند.

اگر هواپیما در شمال باشد Bearing ایستگاه ۱۸۰ درجه است و اگر در شرق باشد برابر با ۲۷۰ درجه خواهدشد. در واقع Bearing دقیقاً



شکل ۱- Radial های خروجی یک سیستم VOR



شکل۲- Bearing در سیستم VOR

معکوس Radial است. باید توجه داشته باشیم که Radial و Bearing هیچ ارتباطی به سمت قرارگیری نوک هواپیما ندارد و تنها به مکان قرارگرفتن آن بستگی دارند.

پ) Heading: مطابق شکل (۴)، Heading یک هواپیما برابر با جهت مغناطیسی است که محور طول هواپیما در راستای آن قرار گرفته است. این موضوع هیچ ارتباطی با گیرنده VOR یا گیرنده دیگری ندارد. در ناوبری با VOR یک هواپیما با Heading های مختلف می‌تواند بر روی هر Radial قرار گیرد بدون این‌که تغییری در نشان‌دهنده‌ی VOR به وجود آید. Heading فقط مربوط به قطب‌نما است.

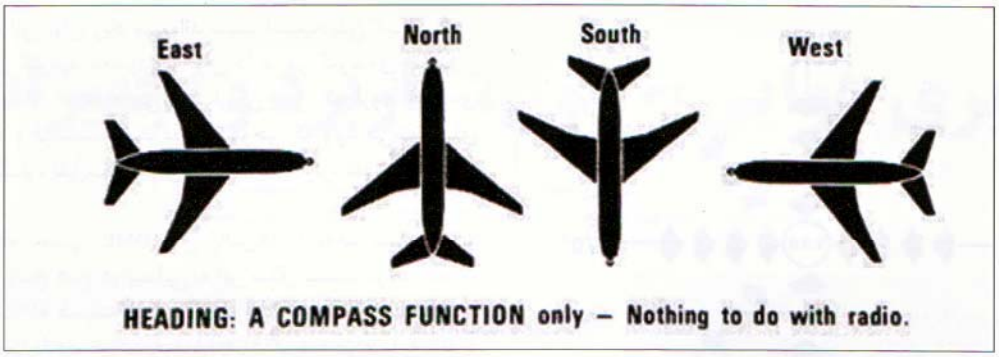
ت) Course: مطابق شکل (۵)، Course مسیری است که یک هواپیما بر روی آن حرکت می‌کند. در ناوبری با VOR این Course ها باید از VOR بگذرد. بنابراین Course متشکل از یک Radial و با Bearing و یک Heading بر روی آن است. در صورتی‌که یک هواپیما در حال پیمایش یک Course از VOR باشد آن Course را زاویه‌ی Heading هواپیما می‌نامند.

مزایا و معایب سیستم VOR

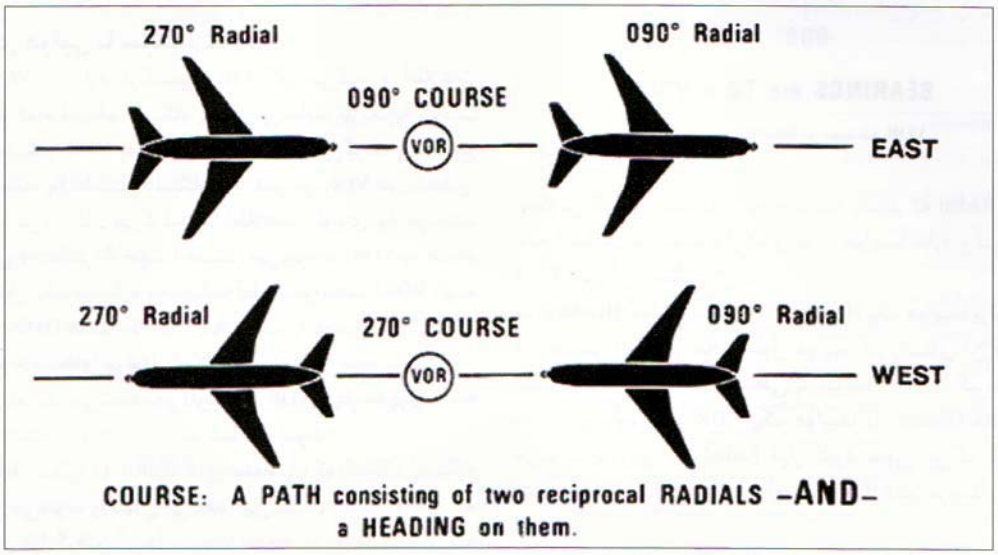
مزیت عمده‌ی سیستم VOR این است که اطلاعات ناوبری را به‌گونه‌ای در اختیار خلبان قرار می‌دهد که او قادر باشد مکان خود را به کمک DME و یک VOR دیگر تعیین کند.

و دیگر این که در مسیری از پیش تعیین شده از نقطه‌ای

شکل۳- سیستم ناوبری DME/VOR در کابین خلبان یک هواپیما



شکل ۴- Heading در سیستم ناوبری VOR



شکل ۵- Course در سیستم ناوبری VOR

به نقطه دیگر طی مسیر کند. از معایب عمده‌ی سیستم VOR، یکی بُرد کوتاه آن در قیاس با ابعاد کره زمین با توجه به بازه فرکانسی کاری آن (VHF) است. مشکل دیگر سیستم ناوبری VOR حساسیت زیاد به موانع طبیعی و دست‌ساز در محیط است که سبب مخدوش‌شدن اطلاعات ناوبری می‌شود. برای حل مشکل نخست باید تعداد ایستگاه‌ها را افزایش داد و مشکل دوم را دستگاه جدید(Doppler VRO (DVRO تا حدی رفع کرده است.

سیستم DME/VOR

در خلال استفاده از ترکیب سیستم DME و VOR یک نمایشگر بصری به خلبان کمک می‌کند تا فاصله‌اش را از ایستگاه VOR بخواند و هم‌چنین سمت ایستگاه VOR را روی نشان‌دهنده سمتی ببیند و در تمامی این موارد موقعیت هواپیما را به دست آورد. در سیستم DME پالس‌های کددار توسط واحد فرودگاهی پرسش‌کننده (Interrogator) ارسال شده و به وسیله جواب دهنده (Transponder) دریافت می‌شود. این پالس‌های کددار به‌صورت اتوماتیک در DME به کمک VOR انتخاب می‌شوند.

پالس‌های دریافتی کدشده پرسش‌کننده به جواب‌دهنده ارسال می‌شوند و اگر کد صحیح باشد، جواب‌دهنده این پالس‌های کددار را به واحد پرسش‌کننده زمینی ارسال می‌کند. زمان بین ارسال و دریافت، بیانگر فاصله هواپیما تا ایستگاه زمینی است. ایستگاه زمینی فقط جواب‌هایی را قبول می‌کند که دارای فاصله صحیح و فرکانس مناسب باشند.

۴-سیستم ابزار دقیق مجتمع پروازی

به‌دلیل سرعت‌های بالا در پرواز، لازم است خلبان در تمامی طول پرواز از وضعیت هواپیما و سرعت آن اطلاعات دقیقی داشته‌باشد. یک سیستم ابزار دقیق مجتمع پروازی شامل قسمت‌های مختلفی به‌منظور سنجش سرعت هوا (Air Speed)، زاویه حمله (Angle of Attack)، سنجش ماخ (Mach meter)، ارتفاع‌سنج (Altimeter)، نشان‌دهنده سرعت واقعی (True Air Speed)، نشان‌دهنده حرارت هوا و حسگرهای زاویه حمله می‌باشد. وجود چنین سیستمی در یک هواپیما در کنار تمام تجهیزات مربوط به ناوبری هوایی الزامی و ضروری است. وجود این سامانه‌ها در کنار هم، خلبان را توانا می‌سازد تا با صرف وقت کم، اطلاعات را با یکدیگر ترکیب و برای پرواز واقعی وقت بیشتری صرف کند.

مراجع

[1] Manual on Testing of Radio Navigation Aids, Doc 8071 – 4th Ed
[2] Aeronautical Telecommunication . ANNEX 10
[3] CVOR 431: Technical Manual, Ref.No: 83130 55124
[4] Merrill Ivan Skolnik, Introduction to Radar Systems, 3rd Ed, McGraw-Hill Science Engineering, 2003
[۵] آرش خدایی، جزوه آموزشی VOR، دانشکده صنعت هواپیمایی
[۶] حسن ذاکری، آشنایی با مبانی الکترواویونیک، الکتریک، الکترونیک و ناوبری هواپیما، جهاد دانشگاهی واحد اصفهان