

بزرگترین مرجع کتابهای الکترونیکی فارسی و انگلیسی
بزرگترین مرجع نرم افزارهای کاربردی و تخصصی
بزرگترین مرجع داتلود کلیپهای موبایل

www.IranMeet.com

بخش اول

تاریخچه

ساخت و نصب

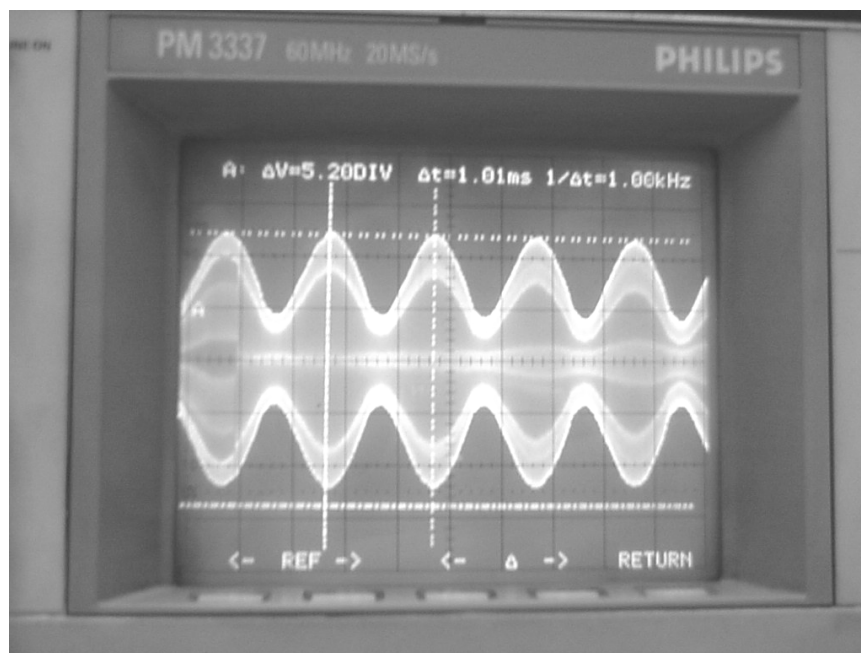
اولین فرستنده‌های رادیویی

در جهان و ایران

بخش دوم

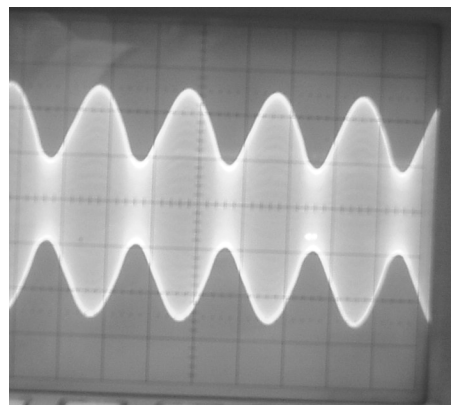
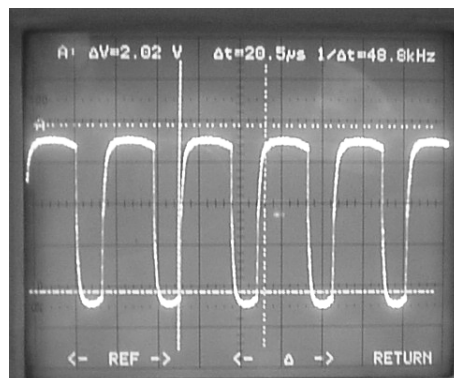
مدولاسیون دامنه

Amplitude Modulation



بخش سوم

روش های مدولاسیون دامنه (AM)
مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول
مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری (PDM)



بخش چهارم

اصول عملکرد فرستنده های هریس HARRIS مدل های BC10H و VP100



بخش پنجم

اصول عملکرد فرستنده های تلفنکن S4002



بخش هشتم

اصول عملکرد

فرستنده های جهاد JAHAD



فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۱۱
مقدمه مؤلف.....	۱۳
بخش اول : تاریخچه ساخت و نصب اولین فرستنده های رادیویی در ایران و جهان	۱۷
مقدمه	۲۰
طرح مسأله.....	۲۱
هدف های بخش اول	۲۲
پیش آزمون	۲۳
۱- تاریخچه ساخت و نصب اولین فرستنده های رادیویی در ایران و جهان	۲۴
۱-۱- تاریخچه نصب اولین فرستنده رادیویی در جهان	۲۴
۱-۱-۱- تکامل فن آوری پخش رادیویی	۲۴
۱-۱-۲- روند رو به توسعه فرستنده های رادیویی	۲۷
۱-۱-۳- مقررات استفاده از امواج رادیویی	۲۸
۱-۲- تاریخچه ITU	۳۰
۱-۲-۱- رشد تکنولوژی جدید.....	۳۱
۱-۲-۲- مدرنیزه شدن ITU	۳۳
۱-۳- تاریخچه رادیو در ایران	۳۴
۱-۳-۱- گسترش فرستنده های رادیویی در شهرستان ها	۳۸
۱-۴- تاریخچه ساخت اولین فرستنده رادیویی در ایران	۳۹
۱-۴-۱- موارد قابل ذکر در ارتباط با فرستنده 1MW	۴۲
۱-۴-۲- نوآوری های موجود در ساخت فرستنده 1MW	۴۳

۴۳	۳-۴-۱- تمایز و برتری های طرح نسبت به نمونه های داخلی و خارجی
۴۶	خلاصه بخش اول
۴۹	آزمون بخش اول
۵۱	بخش دوم : مدولاسیون دامنه
۵۴	مقدمه
۵۵	طرح مسأله
۵۶	هدف های بخش دوم
۵۷	پیش آزمون
۵۸	۲- مدولاسیون دامنه
۵۸	۲-۱- سیستم های باند جانبی
۵۹	۲-۲- فرستنده های AM
۵۹	۲-۲-۱- مدولاسیون AM سطح بالا
۶۱	۲-۲-۲- مدولاسیون AM سطح پایین
۶۲	۲-۲-۳- توان انتشار
۶۴	۲-۳- انتقال AM استاندارد
۶۶	۲-۳-۱- حذف کریر
۶۶	۲-۳-۲- حذف کریر و یک باند جانبی
۶۷	۲-۴- روش VSB
۶۸	۲-۵- فرستنده های رادیویی
۶۹	۲-۵-۱- طبقات فرستنده
۷۲	خلاصه بخش دوم
۷۴	آزمون بخش دوم
۷۵	بخش سوم : روش های مدولاسیون دامنه ، مدولاتور پوش پول ، مدولاتور سری ...

۷۸	 مقدمه
۷۹	 طرح مسأله
۸۰	 هدف های بخش سوم
۸۱	 پیش آزمون
۸۲	 ۳- روش های مدولاسیون دامنه
۸۳	 ۳-۱- مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول
۸۶	 ۳-۲- مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری PDM
۹۵	 ۳-۳- مقایسه فرستنده های AM روش PDM و پوش پول
۹۶	 خلاصه بخش سوم
۹۸	 آزمون بخش سوم
۹۹	 بخش چهارم : اصول عملکرد فرستنده های هریس مدل های BC10H و VP100
۱۰۲	 مقدمه
۱۰۳	 طرح مسأله
۱۰۴	 هدف های بخش چهارم
۱۰۵	 پیش آزمون
۱۰۶	 ۴- اصول عملکرد فرستنده های هریس
۱۰۶	 ۴-۱- اصول عملکرد فرستنده ده کیلوواتی هریس BC10H
۱۱۱	 ۴-۱-۱- مدار رزونانس L-C
۱۱۲	 ۴-۲- اصول عملکرد فرستنده های پنجاه و صد کیلوواتی هریس VP100
۱۱۵	 ۴-۲-۱- برد PDM
۱۱۶	 ۴-۲-۲- طبقه درایور صدا یا درایور مدولاتور
۱۱۷	 ۴-۲-۳- طبقه مدولاتور
۱۱۸	 ۴-۲-۴- طبقه تقویت کننده نهایی PA
۱۲۱	 خلاصه بخش چهارم

آزمون بخش چهارم.....	۱۲۴
بخش پنجم: مدولیشن مونیتور	۱۲۵
مقدمه	۱۲۸
طرح مسأله	۱۲۹
هدف های بخش پنجم	۱۳۰
پیش آزمون	۱۳۱
۵- فرستنده رادیویی تلفنکن	۱۳۲
۵-۱- راک RF	۱۳۳
۵-۲- راک یکسوساز با واحد کنترل	۱۳۷
۵-۲-۱- سوئیچ پانل	۱۳۸
۵-۲-۲- توزیع ولتاژ فشار ضعیف	۱۳۸
۵-۲-۳- تست پانل A	۱۳۹
۵-۳- راک PDM	۱۴۱
۵-۳-۱- نمای پشتی راک PDM	۱۴۳
۵-۴- سیستم خنک کننده	۱۴۳
۵-۵- شرح عملکرد فرستنده	۱۴۴
۵-۵-۱- نشانگرها و کنترل های عملکرد فرستنده	۱۴۵
خلاصه بخش پنجم	۱۴۷
آزمون بخش پنجم	۱۴۹
بخش ششم : اصول عملکرد فرستنده های جهاد	۱۵۱
مقدمه	۱۵۵
طرح مسأله	۱۵۷
هدف های بخش ششم	۱۵۹

پیش آزمون	۱۶۰
۶- اصول عملکرد فرستنده های جهاد	۱۶۱
۶-۱ ساختار فرستنده	۱۶۱
۶-۱-۱ منابع تغذیه	۱۶۳
۶-۱-۲ تغذیه پر قدرت HIGH POWER در فرستنده 1000KW	۱۶۸
۶-۲ زنجیره RF	۱۷۱
۶-۳ زنجیره صوت PWM	۱۷۶
۶-۴ مدارهای قدرت RF (سینی های قدرت)	۱۸۰
۶-۴-۱ بخش تقویت صوت	۱۸۲
۶-۴-۲ بخش مدولاتور قدرت AM	۱۸۵
۶-۵ محافظت از دمای ماژول ها	۱۸۹
۶-۵-۱ نمایش وضعیت کارکرد ماژول	۱۸۹
۶-۵-۲ برد توزیع کانکتور TRCD	۱۹۰
۶-۵-۳ برد نصب LED ها بر روی صفحه جلویی سینی قدرت TRLD	۱۹۱
۶-۶ طریقه تست سیگنال PWM	۱۹۲
۶-۶-۱ طریقه تست ماسفت های طبقه RF	۱۹۴
۶-۶-۲ طریقه تست ماسفت	۱۹۵
۶-۷ مونیتورینگ	۱۹۹
۶-۷-۱ برد LED	۲۰۰
۶-۷-۲ LED های اخطار	۲۰۰
۶-۷-۳ LED های خطاها	۲۰۲
۶-۷-۴ برد کنترل میزان قدرت خروجی فرستنده PLC	۲۰۷
۶-۸ کمباینر	۲۰۹
۶-۸-۱ کمباینر قدرت	۲۰۹

۲۱۱		۶۸۲- فیلتر خروجی
۲۱۲		۶۸۳- مدار نمونه بردار از ولتاژ خروجی VPRB
۲۱۴		۶۸۴- مدار نمونه بردار از جریان خروجی CPRB
۲۱۷		۶۸۹- سیستم خنک سازی
۲۱۸		خلاصه بخش ششم
۲۲۱		آزمون بخش ششم

پیش گفتار

در برنامه ریزی ارتباطات، که برنامه های رادیویی نیز بخشی از آن است، بسیاری از برنامه ریزان و صاحب نظران اجتماعی را بر آن داشت تا با استفاده از این رسانه براساس نوع برنامه ریزی که صورت می گیرد جامعه را به سویی هدایت کنند که مد نظر آنهاست؛ زیرا برنامه ریزی در مقولات اجتماعی و فرهنگی جایگاه ویژه ای دارد؛ بنابراین ارتباطات، شامل ایجاد و تخصیص همراه با استفاده از منابع ارتباطی برای رسیدن به اهداف اجتماعی ارزشمند در زمینه تصور یا تصورات اجتماعی مشخص است.

برنامه ریزی ارتباطات، به سوی آینده پیش می رود و در واقع به آینده نگری تمایل دارد. با توجه به اینکه برنامه ریزی در محیط و اوضاع کنونی انجام می شود و محیط در حال تغییر است لذا در حین برنامه ریزی کردن باید به این نکته نیز توجه شود.

بنابراین، هدف از برنامه ریزی ارتباطات، آماده سازی برنامه های (روش و کارکردهای) کوتاه مدت و درازمدت، برای استفاده صحیح و قابل اجرای منابع و سیاست های ارتباطی است که در محدوده اهداف و اولویت های جامعه مشخص است.

بر این اساس، برنامه ریزی، عنصر اساسی تحقق کارکردهای اجتماعی رسانه صداست، که یک بخش آن مربوط به عملکرد فرستنده های رادیویی است که بین برنامه های تولیدی که از آنتن پخش می شود و مردم، پلی ارتباطی است.

کیفیت صدا و نحوه پوشش صدای پخش شده از آنتن فرستنده اهمیت بسیاری دارد تا تأثیرگذارتر در جذب شنونده باشد که به تبع می تواند نظریات برنامه ریزان اجتماعی و فرهنگی را در جهت هدایت جامعه برآورده سازد. لذا بر طراحان، سازندگان و متخصصان فرستنده های رادیویی است که همگام با پیشرفت تکنولوژی، برنامه ریزی های مدون و جهت داری را دنبال کنند تا بر جذابیت برنامه های پخش شده افزوده شود.

برای رسیدن به این هدف، اولین گام داشتن دانش و آگاهی نسبت به دستگاه‌های پخش برنامه هاست. لذا متخصصان باید نسبت به ساختار و اصول عملکرد فرستنده‌های رادیویی آشنایی حاصل نمایند تا توانایی نگهداری مطلوب و صحیح این نوع دستگاه‌ها را داشته باشند. با این دیدگاه بود که کتاب موجود در زمینه اصول عملکرد فرستنده‌های رادیویی تهیه شده است به امید اینکه مورد استفاده همکاران فرستنده‌های رادیویی واقع شود تا آشنایی بیشتری در زمینه نگهداری بهینه دستگاه فرستنده‌های رادیویی حاصل شود. ضمن اینکه امید داریم از نظرات و پیشنهادات همکاران گرامی در زمینه نواقص و کمبودها بهره جوییم تا نسبت به رفع آنها اقدام شود.

در خاتمه از آقای وحید جلال زاده مدیرکل محترم آموزش سازمان صدا و سیما و نیز آقای شهروز تاروردی‌زاده مدیر محترم واحد طراحی و ارزشیابی که زمینه‌ها و بستر لازم برای تألیف و تهیه کتاب حاضر را فراهم کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمائیم.

مقدمه مؤلف

با پیشرفت تکنولوژی که در تمامی زمینه ها تأثیر گذار بوده در ساخت فرستنده های رادیویی هم بی تأثیر نبوده است.

ساخت فرستنده های رادیویی که پخش برنامه های تولید شده به صورت الکترومغناطیسی را به عهده دارد در مسیری تکاملی به مرحله ای رسیده که بحث فرستنده های رادیویی دیجیتال را مطرح ساخته است.

اولین مراحل تولید این نوع دستگاه ها، که تمامی قسمت های آن با استفاده از لامپ ساخته شده بود، در مراحل مختلف تولیدی رو به تکامل رفت که از مراحل ساخت فرستنده های تمامی لامپی به نیمه لامپی و اخیراً به صورت نیمه هادی رسیده و امروزه بحث استفاده از فرستنده های رادیویی دیجیتال به صورت DAB یا DRM مطرح است. در کشور ما مورد اخیر فعلاً در حال طرح و بررسی می باشد لیکن فرستنده های نیمه لامپی و نیمه هادی (یا به عبارتی تمام ترانزیستوری) در تمامی ایستگاه های رادیویی مورد استفاده واقع شده است. (البته هنوز هم در بعضی موارد از فرستنده های تمام لامپی استفاده می شود که به مرور زمان فرستنده های نیمه هادی جایگزین آنها می شوند). اما آنچه در تمامی فرستنده ها مشترک است نحوه عملکرد آنها در روش مدوله کردن می باشد که به نوع فرستنده بستگی دارد.

روش های به کار رفته در عمل مدولاسیون به صورت پوش پول، PDM یا PSM است که در این کتاب به اصول عملکرد فرستنده های رادیویی نیمه لامپی یا نیمه هادی با روش های پوش پول و PDM اشاره می شود که مورد استفاده واقع شده است.

اگر چه تعداد این نوع فرستنده ها زیاد است به مدل هایی اشاره خواهد شد که مورد استفاده بیشتری قرار گرفته، ضمن اینکه آشنایی با اصول عملکرد فرستنده های دیگر را هم شامل خواهد شد.

در این کتاب به اصول عملکرد فرستنده های مورد نظر به صورت بلوک دیاگرام و در حد آشنایی با قسمت های مختلف یک فرستنده اشاره می شود و سعی بر آن است که مطالب به صورت ساده و کاربردی به گونه ای مطرح شود تا بر اساس دانش و اطلاعات کافی نسبت به نگهداری صحیح و مطلوب فرستنده ها تلاش شود. ضمن اینکه در دوره های بالاتر، به مراحل تکمیلی، که شامل تجزیه و تحلیل مدارات و نحوه تغییر فرکانس است، اشاره خواهد شد.

بنابراین، کتاب موجود در شش بخش تهیه شده که بخش اول به تاریخچه پیدایش فرستنده های رادیویی و دیگر بخش ها به اصول عملکرد فرستنده های رادیویی BC10H و ۵۰ یا ۱۰۰ کیلو وات هریس، فرستنده های لامپی تلفنکن و همچنین فرستنده های ساخت جهاد اختصاص یافته است.

محمد مبینی

آموزش گیر محترم، کتاب حاضر مجموعه اطلاعات مکتوب از اصول عملکرد فرستنده‌های رادیویی است.

در طراحی و تدوین این کتاب، سعی بر آن بوده است که با مدنظر قراردادن روش‌های نوین آموزشی گام‌های یادگیری برای شما تسهیل شود. در متن این کتاب شما با واژه‌هایی از قبیل «هدف کلی»، «هدف اجرایی»، «طرح مسأله»، «خلاصه مطالب»، «پیش آزمون»، «آزمون» و .. روبه‌رو خواهید شد. این واژه‌ها به شما چه می‌گویند؟

شما می‌توانید با تطبیق موقعیت یادگیری خود با «هدف‌های کلی و اجرایی» ارائه شده در پایان هر بخش به چگونگی وضعیت دستیابی خود به هدف‌های آن فصل نایل شوید. با مطالعه «طرح مسأله» به چرایی و اهمیت مطالب آن فصل دست یابید. با مطالعه «خلاصه مطالب» با راهکارهای اصلی در هر موضوع آشنا شوید.

با شرکت در «پیش آزمون» و «آزمون‌های پایانی» به مقایسه و ارزیابی واقعی نسبت به میزان و عمق یادگیری خود نایل شوید.

امید است جزوه آموزشی که پیش رو دارید با تحقق اهداف خود، شما را با اصول عملکرد فرستنده‌های رادیویی آشنا سازد.

هدف های کلی

فراگیران در پایان مطالعه این جزوه:

۱- با تاریخچه ساخت و نصب اولین فرستنده های رادیویی در ایران و جهان آشنا خواهند شد؛

۲- با مدولاسیون دامنه آشنا خواهند شد؛

۳- با روش های مدولاسیون دامنه، مدولاتور پوش پول، مدولاتور سری آشنا خواهند شد؛

۴- با اصول عملکرد فرستنده های هریس مدل های BC 10H و VP100 آشنا خواهند شد؛

۵- با اصول عملکرد فرستنده های تلفنکن S4002 آشنا خواهند شد؛

۶- با اصول عملکرد فرستنده های جهاد آشنا خواهند شد.

بخش اول

تاریخچه ساخت و نصب اولین فرستنده‌های رادیویی در جهان و ایران

تاریخچه نصب اولین فرستنده رادیویی در جهان

تکامل فن آوری پخش رادیویی

روند رو به توسعه فرستنده‌های رادیویی

مقررات استفاده از امواج رادیویی

تاریخچه ITU

رشد تکنولوژی جدید

مدرنیزه شدن ITU

تاریخچه رادیو در ایران

گسترش فرستنده‌های رادیویی در شهرستان ها

تاریخچه ساخت اولین فرستنده رادیویی در ایران

موارد قابل ذکر در ارتباط با فرستنده IMW

نوآوری های موجود در ساخت فرستنده IMW

تمایز و برتری های طرح نسبت به نمونه های داخلی و خارجی

مقدمه

از زمان های دور بشر برای برقراری ارتباط راه های مختلفی را تجربه می کرد؛ زیرا نبود فن آوری و زمینه های ارتباطی مؤثر مهمترین مانع هماهنگی فعالیت های بشر به شمار می رفت. بر این اساس، راه های ارتباطی بین اقوام بسیار مهم و سرنوشت ساز بود و این اهمیت بخصوص در جنگ هایی که پیش می آمد به وضوح نمودار می شد. مثلاً در سال ۱۵۸۸ فلیپ دوم، پادشاه اسپانیا، ناوگان جنگی خود را که شامل ۱۳۰ کشتی بود و به آرمادا (ARMADA) شهرت داشت تحت فرمان دوک مدینا سیدونیا (MEDINA SIDONIA) برای در هم شکستن ناوگان انگلستان به آنجا اعزام نمود لیکن این تجمع بزرگ نظامی در آن زمان با شکست روبه رو و خسارات عمده ای را متحمل شد.

وقتی علت این شکست بررسی شد، مهمترین علت آن هماهنگ نبودن نیروهای اسپانیا عنوان شد در همان زمان فرماندهان بر تأثیر اطلاع رسانی در هماهنگی نیروهای نظامی تأکید داشتند چنانچه به این مورد اشاره شد که اگر هر کدام از فرماندهان ناوگان و نیروی زمینی یک رادیوی بی سیم کوچک داشتند می توانستند تلاش های خود را به طرز مؤثری هماهنگ نمایند.

از زمانی که بشر با وسیله آتش به یکدیگر علامت می داند یا با کبوتران نامه بر یا پیک های چارپا برای رساندن پیام اقدام می کردند پیوسته آرزوی دیرینه بشری بود که امکاناتی فراهم شود تا بتوانند در کوتاه ترین زمان با فواصل دور این ارتباطات را برقرار سازند. هر چه زمان می گذشت و حوادثی به وقوع می پیوست اهمیت برقراری ارتباط بین افراد، بیشتر محسوس بود این احساس نیاز، بخصوص در جنگ هایی که پیش می آمد بیشتر نمود می کرد.

بسیاری بودند که نحوه ارتباطات یا اطلاع رسانی را براساس ذهنیات خویش پایه ریزی می کردند و انجام دادن آن را در حد یک رؤیا قلمداد می نمودند. در این بخش می خواهیم بگوییم که تحقق این رؤیا چگونه اتفاق افتاد.

طرح مسأله

شاید برای بسیاری جالب باشد که بدانند اولین فرستنده رادیویی در چه سالی در جهان ساخته و در چه سالی اولین فرستنده در ایران راه اندازی شده است و همچنین ساخت اولین فرستنده رادیویی در ایران در چه تاریخی صورت پذیرفته است.

بخش اول این کتاب پاسخی به موارد فوق است و سعی شده که در این زمینه اطلاعاتی به خواننده داده شود تا از روند تکاملی فرستنده های رادیویی آگاهی پیدا کند.

امروز که فرستنده ها به طور گسترده ای توسعه یافته اند و پیشرفته ترین تکنولوژی را دارند به عنوان رسانه ای مهم در سیستم اطلاع رسانی به کار می روند، اما این سیر تکامل چگونه بوده است که کل کره زمین را فرا گرفته است و آسمان هر کشوری را برای اطلاع رسانی در می نوردد.

در این بخش اهمیت این رسانه را می خواهیم بازگو کنیم و نیاز کشورها را به پخش امواج رادیویی یادآور شویم ضمن اینکه به مقررات وضع شده در ارتباط با پخش برنامه ها اشاره خواهد شد و به سوالاتی درباره نحوه ساخت و آزمایش فرستنده های رادیویی در ایران پاسخی داده می شود.

هدف های بخش اول

هدف کلی:

فراگیران بعد از مطالعه مطالب این فصل با تاریخچه ساخت و نصب فرستنده‌های رادیویی در ایران و جهان آشنا خواهند شد.

هدف های اجرایی:

در پایان این فصل شما قادر خواهید بود:

- ۱- تکامل فن آوری پخش رادیویی در جهان را توضیح دهید؛
- ۲- مقررات وضع شده برای استفاده از امواج رادیویی را تبیین کنید؛
- ۳- تاریخچه رادیو و فرستنده‌های رادیویی در ایران را توضیح دهید؛
- ۴- ویژگی های طرح فرستنده یک مگاوات (1MW) را در ایران که جهاد خواجه نصیر ساخته است، بیان کنید.

پیش آزمون بخش اول

- ۱- از نقش مارکونی در ساخت فرستنده‌های رادیویی تا چه حدی آشنایی دارید؟
- ۲- برای جلوگیری از هرج و مرج در پخش امواج رادیویی چه راهکارهایی مناسب است؟
- ۳- چه نقشی برای رسانه رادیویی قائل هستید؟
- ۴- از تاسیس اولین ایستگاه رادیویی چه اطلاعاتی دارید؟
- ۵- فکر می‌کنید در ایران توانایی ساخت فرستنده‌های رادیویی تا چه حدی است؟

۱- تاریخچه ساخت و نصب اولین فرستنده رادیویی در جهان و ایران

۱-۱- تاریخچه نصب اولین فرستنده رادیویی در جهان

نیاز به نحوه اطلاع رسانی باعث شد که دانشمندان و محققان، در فن ارتباطات تحقیقات جامعی به عمل آورند به گونه‌ای که از سال ۱۸۴۰ فن آوری های جدید به سرعت یکی بعد از دیگری جلوه گر شد.

اولین آنها تلگراف خط و نقطه در ۱۸۴۴، سپس تلفن در ۱۸۷۶ و تلگراف بی سیم در ۱۹۸۶ و سرانجام آن رادیو تلفنی در ۱۹۰۶ بودند. به دنبال آن استفاده از فن آوری رادیو تلفنی در اوایل دهه ۱۹۲۰، رادیو وسیله‌ای برای ارتباط جمعی در خانه‌ها ظهور کرد.

۱-۱-۱- تکامل فن آوری پخش رادیویی

در زمانی که سیر تحولات فن آوری ارتباطات ظهور می کرد هنریش هرتز (HEINRICH HERTZ) دانشمند آلمانی آزمایشاتی را با یک پدیده جالب الکترومغناطیسی انجام داد که به تولید آن در آزمایشگاه موفق شده بود. هرتز در ۱۸۸۷، در آزمایشگاه خود پدیده‌ای را فراهم آورد که ما امروزه به آن امواج رادیویی می‌گوییم. انجام دادن این آزمایش دنیای علم را به سوی الکتریسته کشاند و آزمایش با این امواج جدید، که با سرعت نور حرکت می‌کردند، در آزمایشگاه‌های بسیاری از کشورها آغاز گردید. این کشف، اساس و پایه‌ای برای شروع پخش برنامه‌های رادیویی شد.

البته در سال ۱۸۴۴ ساموئل اف. پی. مورس سیستم عملی مؤثر بر پایه الکترومغناطیسی را اختراع و معرفی کرده بود که در مورد تلگراف کاربرد داشت لیکن هنریش هرتز هم با استفاده از تجربه مورس از پدیده الکترومغناطیسی برای تولید امواج رادیویی بهره گرفت. چند سال بعد گوگلیلمو مارکونی (GUGLIELMO MARCONI) جوان ۲۰ ساله ایتالیایی، که از خانواده ثروتمندی بود، با بهره‌گیری از مطالب هرتز و خرید امکانات مورد

نیاز، در ملک پدرش دستگاهی برای تولید و آشکار سازی امواج رادیویی برپا کرد. او با دستگاه‌های مختلف و آنتن‌های گوناگون، طول موج‌های متفاوت را در چندین مرحله آزمایش نمود تا نتیجه هر کدام از آزمایش‌های خود را بررسی نماید. ابتکار اساسی مارکونی بر مبنای قطع و وصل سیستماتیک امواج رادیویی و دریافت و آشکار سازی آنها نظیر تلگراف مورس پایه‌ریزی شده بود. سرانجام در ۱۸۹۵ مارکونی موفق شد پیام‌های رمزگذاری شده‌ای را در فاصله‌ای قابل توجه در ملک پدرش ارسال نماید.

مارکونی که فکر می‌کرد اختراعش نتایج بزرگی را در پی خواهد داشت و یکی از رویاهای بشری را برآورده ساخته است آن را به دولت ایتالیا اهدا نمود و کوشید تا دولت را به حمایت مالی از اختراعش تشویق نماید ولی دولت ایتالیا آن را مهم و جالب تلقی نکرد. با تشویق و دلگرمی مادر انگلیسی اش، اختراع خود را به لندن برد. جایی که توانست در سال ۱۸۹۷ آن را به ثبت برساند و پشتیبانی مالی برای تکمیل اختراعش دریافت نماید. او در ۱۸۹۹ شرکت مارکونی امریکا را تاسیس نمود و ۲ سال بعد یعنی در ۱۹۰۱ یک فرستنده قوی ساخت و به ارسال پیامی در عرض اقیانوس اطلس موفق شد. در همین فاصله، مارکونی دستگاهی ساخت که برای تولید و آشکار سازی فرکانس مشخص به منظور انتقال دقیق اطلاعات به کار می‌رفت و در ۱۹۰۴ این اختراع را به نام خود به ثبت رسانید.

این موضوع مهمی بود که هر فرستنده را قادر می‌ساخت که روی طول موج یا فرکانس معینی برنامه پخش نماید. در این صورت با دستگاه گیرنده می‌توان همان فرکانس مورد نظر را دریافت کرد و از تاثیر امواج دیگر در امان بود. ما هنوز هم رادیوی خود را برای ارسال کردن و گرفتن اطلاعات با طول موج یا فرکانس خاصی هماهنگ یا تیون می‌کنیم. مارکونی در ۱۹۱۳ انحصار قانونی استفاده از تلگراف بی سیم را در ایالات متحده به دست آورد و در آن تاریخ که رادیو در سطح جهان مورد استفاده قرار گرفته بود به مرد بسیار ثروتمندی تبدیل شده بود.

در اولین دهه قرن نوزدهم، رادیو به صورت دستگاهی فراتر از تلگراف بی سیم ظاهر شد. در حلول کریسمس ۱۹۰۶، اپراتورهای رادیو در طول مسیرهای ساکت کشتیرانی

اقیانوس اطلس نمی توانستند باور کنند که صدای انسان را با گوش هایشان می شنوند. مردی کتاب مقدس را خواند و صفحه گرامافون، موزیک ویولنی را پخش کرد.

تا آن موقع فقط خط و نقطه از گوشی اپراتورهای تلگراف شنیده می شد. لیکن اکنون پخش را ریجینالد فسندن (REGINALD A.FESSENDEN) از یک ایستگاه آزمایش نزدیک بوستون صورت می داد. او از دهنی تلفن به جای میکروفن و از دینام ویژه‌ای برای تولید امواج رادیویی استفاده می کرد. در این حالت، گیرنده‌های تلگراف خط و نقط می توانستند امواج رادیویی را آشکار نمایند. سرانجام لی دفورست (LEE DEFOREST) در ۱۹۰۶ با اختراع لامپ خلاء سه قطبی (تریود) امکان ساخت مدارات پیچیده‌تری را در رادیو فراهم ساخت و دنیای رادیو را تسخیر نمود. دفورست در ادامه تحقیقات لامپ خلاء را، که توانایی تقویت سیگنال رادیویی داشته باشد، اختراع کرد.

اختراع او به ساخت گیرنده‌های کوچک مطمئنی منجر شد. نتیجه این پیشرفت ها ساخت گیرنده‌ها و فرستنده‌هایی به اندازه یک جعبه معمولی با ابعاد ۵۰ سانتیمتر شد که نقش مهمی را در جنگ جهانی اول ایفا نمود. در ۱۹۱۸، ارتباطات رادیویی به اندازه‌ای پیشرفت کرد که خلبانان توانستند از داخل هواپیما با زمین تماس بگیرند.

اگر چه در شروع اختراع رادیو هنوز وسیله ارتباط عمومی نبود لیکن اذهان عمومی را به خود جلب کرده بود و به صورت لبه تیز دنیای شگفت انگیز فن آوری های جدید تلقی می شد و مردم به قدری شیفته آن شده بودند که می توان قیاس کرد در این زمان مردم مجذوب خودروهای فضایی شده باشند.

رادیو در جاهای مختلفی کاربرد داشت مثلاً وقتی کشتی ها در دریاها و اقیانوس ها دچار مشکلاتی می شدند با استفاده از رادیو می توانستند درخواست کمک نمایند. یکی از اولین نمونه ها، در ۱۸۹۸ اتفاق افتاد که یک کشتی با استفاده از امواج رادیویی تقاضای کمک کرد. لیکن اولین کمک و نجات از طریق امواج رادیویی در ۱۹۰۹ اتفاق افتاد. کشتی SS REPUBLIC در ساحل نیویورک داشت غرق می شد که اپراتور بی سیم، پیام درخواست

امداد فرستاد که به دنبال آن سایر کشتی ها پیام را گرفتند و به کشتی مذکور رسیدند و کلیه مسافران نجات یافتند.

از جمله موارد دیگری که در استفاده از سیستم ارتباطی بدان اشاره می توان نمود مربوط به کشتی تایتانیک در ۱۹۱۲ در هنگام برخورد با کوه یخ در اقیانوس اطلس است که اپراتور بی سیم تایتانیک از کشتی های مجاور تقاضای کمک نمود لیکن اپراتور کشتی های مجاور در خواب بودند که در نتیجه، اپراتور تایتانیک از یک سیگنال قوی تر در تماس با ایستگاه زمینی نیویورک کمک خواست که متأسفانه کشتی های کمک رسان دیر به محل حادثه رسیدند و حدود ۱۵۰۰ نفر در اقیانوس غرق شدند و کشتی به زیر آب رفت.

۲-۱-۱- روند رو به توسعه فرستنده های رادیویی

پخش برنامه های مرتب از طریق امواج رادیویی در همه نقاط یک کشور همزمان شروع نشد. نوع ابتدائی و آماتوری پخش رادیویی در آوریل ۱۹۲۰ و از شهر پیتزبورگ شروع شد. مهندسی به نام فرانک کونارد (FRANK CONARD) مشغول ساخت و بهبود سیستم پخش رادیویی برای شرکت وستینگهاوس (WESTINGHOUSE) بود.

او بعد از ساخت فرستنده به امتحان نیاز داشت؛ بنابراین، دستگاه را در گاراژ منزلش ساخت و امتیازی تحت عنوان 8XK برای آن گرفت. با کمک اعضای خانواده اش، کونارد پخش برنامه های رادیویی مرتب را در دو شامگاه در هر هفته شروع کرد که مورد توجه بسیاری از مردم قرار گرفت. کونارد از طریق مردم به شناخت شنوندگان و برد فرستنده خود قادر شد.

شرکت وستینگهاوس که رشد علائق عمومی به رادیوی خانگی را شاهد بود و با تجربه کونارد تحریک شده بود تصمیم گرفت که ایستگاهی رادیویی برای تولید مرتب برنامه های رادیویی منطقه پیتزبورگ تأسیس نماید. ایده اصلی این بود که برنامه ها را برای کسانی پخش نماید که گیرنده های ساخت وستینگهاوس را خریده بودند.

شرکت وستینگهاوس فرستنده‌ای را در کلبه‌ای کوچک بر بالای ساختمان شرکت در پیتزبورگ ساخت و امتیازی تحت عنوان ایستگاه‌رادیویی KDKA برای آن گرفت. صدای وستینگهاوس در همه‌جای کشور پخش شد و از فواصل دور مردم توانستند رادیوهای خود را روی فرکانس رادیویی KDKA تنظیم نمایند. ایستگاه KDKA هنوز برنامه‌پخش می‌کند و قوی‌ترین ایستگاه‌رادیویی در حال کار کشور شناخته‌شده‌است.

ظرف چند ماه‌تعدادی از ایستگاه‌های رادیویی در شهرهای مختلف کار خود را شروع کردند. خیلی زود تعداد فرستنده‌های در حال کار به‌صدها مورد رسید و وسیله‌ارتباط جمعی جدید، که دوران اولیه‌خود را طی می‌نمود، زود به‌وسیله‌ای شلوغ و بی‌نظم و قانون تبدیل شد.

تا پایان ۱۹۲۲ حدود ۲۵۴ امتیاز فدرال، که همگی با مقررات مربوط به‌قانون رادیو مصوب ۱۹۱۲ مطابقت داشتند، صادر شده‌بود. هر ماه‌ده‌ها فرستنده‌شروع به‌کار می‌کردند. به‌طوری‌که در پایان همان سال ۶۰۰ فرستنده رادیویی مشغول به‌کار بودند. این فرستنده‌ها با مدولاسیون دامنه (AM) کار می‌کردند که برد زیادی داشتند.

سیر تکاملی و رو به‌رشد فرستنده‌ها همچنان ادامه پیدا کرد تا اینکه شرکت‌های مختلفی نسبت به‌ساخت فرستنده‌ها با قدرت‌های مختلف اقدام نمودند. همزمان که شرکت‌ها ساخت فرستنده را شروع کردند، تکنیک ساخت و استفاده از قطعات پیشرفته‌مد نظر سازندگان قرار گرفت.

۳-۱-۱- مقررات استفاده از امواج رادیویی

با توجه به اینکه امواج رادیویی هیچ گونه محدودیت مرزی ندارند بنابراین توافقی بین‌المللی برای ایجاد نظم و انضباط در استفاده از این امواج ضروری است. اولین کنفرانس که فقط مسائل مربوط به رادیو را بررسی کرد در ۱۹۰۳ و در شهر برلین برگزار شد. این کنفرانس مقررات محلی را تدوین کرد و تصمیم گرفته شد که مسائل

اضطراری و انسانی بالاترین اولویت را در ارتباطات رادیویی داشته باشد. در ۱۹۰۶ طی دومین کنوانسیون برلین، محدودیت ها و مقررات جدیدی برای ارتباطات دریایی و بین‌المللی تدوین شد. به هر حال، هیچ کدام از این مقررات با پخش برنامه‌های رادیویی خانگی کاری نداشتند.

کنگره ایالات متحده، مقررات بین‌المللی مزبور را طی قانون رادیو در ۱۹۱۲ تصویب نمود که قانون مذکور جانشین کوشش‌هایی شود که قبلاً برای تصویب مقرراتی دربارهٔ تنظیم و استفادهٔ امواج رادیویی صورت گرفته بود. یکی از جنبه‌های قانون ۱۹۱۲، در مورد کسب امتیاز فرستنده‌های رادیویی بود. به هر حال، نتایج اجرای قانون مزبور برای حل مشکلات بی‌شمار و غیر قابل پیش‌بینی مربوط به پخش برنامه‌های رادیویی محسوس بود ولی اجرای آن برای همه به جهت اخذ مجوز برای پخش برنامه‌های رادیویی لازم الاجرا بود.

فرکانس، قدرت و زمان پخش برنامه‌های فرستنده‌ها در نظر گرفته نشده بود و این خود مشکلاتی را موجب گردیده بود که اگر چند فرستنده هم‌زمان تصمیم می‌گرفتند از یک فرکانس استفاده نمایند تداخل و هم‌پوشی افزایش پیدا می‌کرد. بر این اساس، بعضی از ایستگاه‌ها بر مبنای موافقت‌های غیر رسمی مشکل را بر مبنای تنظیم زمان پخش فرستنده‌های هم‌فرکانس حل کرده بودند لیکن برخی دیگر، که حس همکاری کمتری داشتند، خیلی ساده قدرت فرستنده را بالا می‌بردند تا فرستنده‌های رقیب را از میدان به در کنند.

این مشکلات به خصوص وقتی به معضلی بزرگ تبدیل شده بود که تعداد فرستنده‌ها به تدریج افزایش یافته بود. بر این اساس، کنگره تصمیم به مداخله گرفت. کنفرانس‌های طولانی و سخنرانی‌های زیاد برگزار و سرانجام به تصویب قانون رادیو در ۱۹۲۷ منجر شد. این قانون اصل مهمی را تدوین کرد:

«امواج رادیویی به مردم تعلق دارند؛ بنابراین دولت حق دارد استفاده از آنها را در جهت منافع عامه تنظیم نماید.»

قانون سال ۱۹۲۷ موقتاً قدرت قانونی لازم را برای تنظیم جنبه‌های متنوع فنی استفاده از امواج به دولت داد. قانون مزبور زمینه لازم را برای تشکیل کمیسیون فدرال رادیو FEDERAL RADIO COMMISSION (FRC)، با اختیارات وسیع فراهم نمود. مهمترین نتیجه این تحولات سخت گیری در اعطای امتیازات پخش برنامه بود. متقاضیان باید در فرکانس و قدرت و زمان های معینی برنامه پخش بکنند.

ظرف چند سال، قانون ارتباطات فدرال ۱۹۳۴ جایگزین قانون قبلی شد. در این قانون، وضع مقررات پیچیده و اعطای امتیازات جدید تحت نظارت کمیسیون دائمی ارتباطات فدرال FRC پیش بینی شده بود. قانون سال ۱۹۳۴ اساس حقوقی فعالیت های صنعت سخن پراکنی را، که اشکال دیگر ارتباطات با امواج الکترومغناطیسی را شامل می شد در ایالات متحده در نظر گرفته بود و تحت پوشش قرار می داد.

۲-۱- تاریخچه ITU

در ماه می سال ۱۸۴۴ شخصی به نام ساموئل مورس (Samuel Morse) اولین اطلاعات شخصی خود را با تلگراف بین واشنگتن و بالتیمور ارسال کرد و از وجود ارتباط راه دور اطلاع داد.

ده سال پس از آن، امکانات تلگراف در اختیار عموم مردم قرار گرفت. در این روزها تلگراف از مرزهای کشور عبور نمی کرد بلکه در داخل کشور استفاده می شد و هر کشوری از سیستم مخصوص خود استفاده می نمود و اگر کشوری با کشور همسایه خود می خواست از تلگراف استفاده کند لازمه اش این بود که اطلاعات به خط آن کشور برگردانده و سپس ارسال شود. این روش مشکلاتی را به دنبال داشت و به مرور کارایی خود را از دست داد و بسیاری از کشورها تصمیم گرفتند تا اینکه از شبکه هایی در داخل کشورشان استفاده کنند که بتوانند به آسانی با دیگر کشورها ارتباط برقرار کنند. برای این ارتباط بر اساس یک شماره بزرگ، که معمولاً کمتر از پانزده رقم نبود، به توافق رسیدند.

در ادامه این توافقات بود که کشورها تصمیم گرفتند تا ارتباطات دو طرفه منطقه‌ای خود را توسعه بدهند؛ به گونه‌ای که در سال ۱۸۶۴ در این زمینه چندین کشور یک منطقه به توافق رسیدند. در ادامه توسعه سریع تلگراف، ۲۰ کشور اروپایی طی ملاقاتی موافقت کردند که یک ارتباط داخلی بین المللی را تدارک ببینند و در همین زمان، یک گروه تصمیم گرفت تا قوانین مشترکی را برای رفع مشکلات و استاندارد کردن قوانین تدوین نماید تا ارتباطات آسان تر صورت گیرد.

در ۱۷ ماه می سال ۱۸۶۵ پس از دو ماه و نیم مذاکره، اولین کنوانسیون بین‌المللی تلگراف^۱ در پاریس با حضور ۲۰ عضو امضا شد تا اتحادیه بین المللی تلگراف^۲ تشکیل گردد تا به دنبال آن توافقات قبلی را در اولین گام تجدید نظر و اصلاح نمایند. ۱۳۵ سال بعد از آن (از سال ۱۸۶۵ تا سال ۲۰۰۰ م) هنوز قوانین و موضوعات اصلی موافقت شده در ITU بدون تغییر باقی مانده بود و مورد استفاده کشورها قرار می‌گرفت.

۱-۲-۱- رشد تکنولوژی جدید

پیرو اختراع و توسعه تلفن در سال ۱۸۷۶، اتحادیه بین‌المللی تلگراف در سال ۱۸۸۵ برای تصویب قوانین بین المللی مربوط به تلفن تشکیل جلسه داد و قوانینی را درباره تلفن مقرر کرد. به دنبال اختراع تلگراف بی سیم در سال ۱۸۹۶ که اولین نوع آن ارتباط بی سیمی رادیو است که از آن در کشتیرانی و مقاصد دیگر مورد استفاده قرار می‌گرفت. در سال ۱۹۰۲ تصمیم گرفته شد تا یک کنفرانس مقدماتی برای بررسی قوانین نظارتی در نحوه استفاده از این تکنولوژی تشکیل شود.

اولین کنفرانس بین المللی تلگراف رادیویی (IRC)^۳ در سال ۱۹۰۶ در برلین تأیید کرد که اولین اجلاس بین المللی مربوط به تلگراف رادیویی که تشکیل می‌شود قوانین نظارتی را

1- International Telegraph Convention

2-International Telegraph Union

3-International Radio Conference

بر نحوه به‌کارگیری از تلگراف بی‌سیم تصویب نماید. در سال ۱۹۲۰ شروع فی‌البداهه پخش صدا از استودیو ساخته‌شده کمپانی مارکونی بود و در سال ۱۹۲۷ در واشینگتن DC کنفرانسی مربوط به تشکیل کمیته مشورتی بین‌المللی رادیو (CCIR)^۱ برگزار گردید. تشکیل کمیته مشورتی بین‌المللی تلفن (CCIF)^۲ که در سال ۱۹۲۴ و کمیته مشورتی تلگراف بین‌المللی (CCIT)^۳ که در سال ۱۹۲۵ تشکیل شد به‌همراه CCIR مجموعاً پاسخی بود تا بر اساس آن استاندارد بین‌المللی برای کلیه کشورها در نظر گرفته‌شود. در سال ۱۹۲۷ کنفرانس بین‌المللی تلگراف رادیویی باندهای مربوط به فرستنده‌های رادیو یا کشتیرانی، سیارهای هوانوردی و سیستم‌های پخش و امور مربوط به آزمایشگاه‌ها را تعیین نمود تا تضمینی بر کارایی زیاد باشد؛ زیرا هر روز سرویس‌های ارتباطی به‌صورت چشمگیری افزایش پیدا می‌کردند.

در کنفرانس مادرید سال ۱۹۳۲ تصمیم گرفته‌شد که کنوانسیون بین‌المللی تلگراف سال ۱۸۶۵ و کنوانسیون بین‌المللی تلگراف رادیویی سال ۱۹۰۶ در یک کنوانسیون به نام کنوانسیون بین‌المللی ارتباطات (ITC)^۴ ادغام شوند و همچنین تصمیم گرفته‌شد که نام اتحادیه به نام «اتحادیه بین‌المللی ارتباطات (ITU)»^۵ تغییر کند. وقتی در سال ۱۹۳۴ نتایج حاصل از تصمیمات فوق بررسی گردید ملاحظه شد که این انتخاب، روش درستی بوده‌است، زیرا وضعیت ارتباطات نسبت به گذشته بهتر شده‌بود.

1- International Radio Consultative Committee
2- International Telephone Consultative Committee
3- International Telegraph Consultative Committee
4- International Telecommunication Convention
5- International Telecommunication Union

۲-۲-۱- مدرنیزه شدن ITU

در سال ۱۹۴۷ بعد از جنگ جهانی دوم ITU برای مدرنیزه و توسعه دادن در برنامه ریزی ها، جلسه ای را در شهر آتلانتیک تشکیل داد که در این جلسه توافق یکپارچه ملل به وجود آمد.

در سال ۱۹۴۸ ستاد مرکزی ITU از برن به ژنو منتقل شد و در همین زمان هیئت بین المللی ثبت فرکانس (IFRB)^۱ تأسیس گردید که مطابق با وظایف آن، فرکانس های باند رادیویی را مدیریت می نمود که جدولی را از فرکانس های اختصاص یافته برای رادیو اعلام نمود که مطابق آن کلیه کشورها می باید از آن پیروی نمایند.

در سال ۱۹۵۶ دو کمیته CCIT و CCIF در یک کمیته مشورتی تلگراف و تلفن (CCITT)^۲ ادغام شدند و این پاسخی بود به دو نوع سیستم ارتباطی که مورد نیاز عمومی واقع شده بود و به طور مستمر توسعه و پیشرفت می نمودند. در همین سال پرتاب ماهواره ای به نام Sputnik-1 انجام گرفت که آغازی از عصر فضا است. پیرو نظریات آرتور کلارک در سال ۱۹۴۸، که یک نویسنده بود، در ۱۹۶۳ اولین ماهواره ارتباطاتی ژئوستاشنری (Geostationary) به نام Syncom-1 در مدار قرار می گیرد که با این ماهواره اطلاعات انتشار می یافت. در زمانی که ماهواره های مختلف به رقابت پرداخته بودند در ۱۹۵۹، CCIR گروهی را مأمور کرد تا در مورد ارتباطات رادیویی در فضا مطالعه نماید. به علاوه، یک کنفرانس اجرایی فوق العاده برای ارتباطات فضایی در ژنو برگزار شد تا فرکانس های ماهواره را تعیین کند. به دنبال آن، کنفرانس های بعدی که تشکیل گردید طیف فرکانس رادیویی را تعیین نمود. در سال ۱۹۸۹ کنفرانس تام الاختیاری در نایس (Nice) تشکیل گردید تا به اهمیت جاهائی که نیاز به تکنولوژی دارند یا کشورهایی که در حال توسعه هستند

1- International Frequency Registration Board

2-International Telephone & Telegraph Consultative Committee

کمک نماید. به همین دلیل، اداره توسعه ارتباطات (BDT)^۱ تشکیل شد که کمکی به کشورهای رو به توسعه نماید.

بر این اساس، در مقابل یکپارچه شدن جهان و توسعه لیبراسیون جهانی، کنفرانس تام الاختیار نایس به ارزیابی از ساختار خود پرداخت تا با استفاده از منابع قابلیت خود را در به دست آوردن اطلاعات و موضوعات مورد نیاز به دست آورد. کنفرانس یک گروه از کارکنان را مأمور کرد تا تغییرات مورد نیاز را بررسی نماید تا بر ادامه کار کنفرانس تضمینی باشد. نتیجه این تجدید سازمان باعث شد که سه نوع فعالیت برای کنفرانس تعریف شود:

– استاندارد کردن ارتباطات از راه دور (ITU-T) Telecommunication Standardization

– ارتباطات رادیویی (ITU-R) Radio Communication

– توسعه ارتباطات راه دور (ITU-D) Telecommunication Development

این سه نوع سیستم سعی کردند با تشکیل کنفرانس های منظم پاسخگوی موج تکنولوژی جدید باشند.

۳-۱- تاریخچه رادیو در ایران

۲۰ سال بعد از اولین فرستنده رادیویی که در جهان راه اندازی شد، نصب اولین فرستنده رادیویی در ایران تحقق پیدا کرد. اما درباره چگونگی راه اندازی اولین فرستنده در ایران نظریات مختلفی وجود دارد.

نظریه اول: در آن زمان روزنامه ها یا مجلات، مردم را از این اختراع شگفت انگیز آگاه ساخته بودند. به طوری که مدیر اطلاعات وقت در تاریخ نوزدهم دی ماه ۱۳۱۷ در مقاله ای در یکی از روزنامه های آن زمان چنین نوشت:

1- Telecommunication Development Bureau

«رادیو یکی از موالید بزرگ و مهم صنعت و تمدن کنونی و یکی از اختراعات شگفت آور بسیار سودمندی است که جهان بشریت از آن استفاده‌های فراوان نموده و در راه تبلیغ اندیشه‌ها و آرای جدید علمی و اقتصادی و سیاسی از آن بهره‌های زیادی برده‌است».

امروزه در همه دنیا رادیو مثل برق و تلفن یکی از لوازم مفید و ضروری زندگی بشر شناخته شده و در کلیه پایتخت های مهم، دستگاه مخصوص پخش کن نصب گردیده است که در تمام ساعات شبانه روز مطابق برنامه معین به پخش آهنگ ها و سرودها و نشر اخبار و اطلاعات بسیار مهم سیاسی و اقتصادی در داخل و خارج کشور مشغول می باشند. ما آرزو مندیم دولت اقدام به تأسیس دستگاه ارسال و فرستنده در داخل کشور بنماید و بدین وسیله مردم موفق شوند سرودهای میهنی و کنسرت های ملی و نطق های مهم و خبرهای کشور خود را که بیشتر دلبسته آن می باشند از فرستنده کشور خود بشنوند.

همین سخنان موجب شد که در کشور فکر نصب فرستنده و تأسیس ایستگاه رادیویی به شدت تقویت شود و نتیجه آن به تأسیس اولین ایستگاه رادیویی در بی سیم قصر تهران منجر شد. این ایستگاه در بعد از انقلاب اسلامی به ایستگاه «۲۲ بهمن» نام گذاری شد که تا سال ۱۳۷۶ پخش برنامه های تهران و از سال ۱۳۷۶ تا اسفند ۱۳۸۲ پخش برنامه های شبکه پیام را برعهده داشت که در این تاریخ فرستنده جمع آوری گردید و اکنون پخش برنامه های آن از طریق فرستنده های ۳۰۰ کیلووات ساخت جهاد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی از مرکز گلدسته در تهران صورت می گیرد.

دیدگاه دیگری درباره نصب فرستنده های رادیویی در ایران:

در زمانی که کشورهای جهان یکی پس از دیگری با نصب فرستنده های رادیویی به تأسیس ایستگاه های مربوطه پرداختند و حتی امواج این فرستنده ها به داخل ایران نیز رسید، اندیشه استفاده از این اختراع بزرگ در سال ۱۳۱۳ هجری شمس رواج پیدا کرد. به گونه ای که در همان سال ها وزارت پست و تلگراف و تلفن به بازرگانان مجوز ورود گیرنده رادیو را به ایران صادر نمود. در سال ۱۳۱۶ هجری شمسی رضا خان با خرید سه دستگاه فرستنده رادیویی موج کوتاه و موج متوسط از کشور آلمان موافقت و در سال

۱۳۱۸ کار احداث ساختمان و نصب فرستنده و همچنین پخش برنامه‌های آزمایشی را شروع کرد.

سال‌های اولیه راه‌اندازی اولین ایستگاه رادیویی مصادف با آغاز جنگ جهانی دوم بود و فرستنده‌هایی که بعداً سفارش داده شد هرگز به ایران ارسال نشد و برنامه‌ها از طریق همین سه‌دستگاه فرستنده، که خریداری شده بود، پخش می‌گردید.

اوایل تأسیس رادیو ساعات پخش برنامه‌ها از ساعت ۶ صبح تا ۱۴ و از ساعت ۱۸ تا ۲۲ بود. در سال‌های ۱۳۲۰ و ۱۳۲۱ از ساعت ۶ تا ۲۳ و از سال ۱۳۳۲ به صورت ۲۴ ساعته شد.

نظریه دوم: از قول مهندس ناصر توفیقی نقل شده است:

« مؤسس واقعی رادیو در ایران دکتر اسدالله داریوش بوده، او خیلی زحمت کشید تا توانست به نظام حکومتی بقبولاند که ایران احتیاج به رادیو دارد. دکتر داریوش به دلیل تحصیل در آلمان، دستگاه‌های فرستنده رادیو ایران را هم از یک کمپانی آلمانی خریداری کرد. در سال ۱۳۱۸ هجری شمسی بر اساس حکمی صادره از سوی وزیر پست و تلگراف و تلفن وقت، من و مهندس بهرام و مسعود ناصرفعلی مأموریت پیدا کردیم تا بر نحوه نصب و راه‌اندازی اولین فرستنده رادیویی کشور، که توسط آلمانی‌ها انجام می‌شد، نظارت کنیم. بعد از افتتاح در اردیبهشت سال ۱۳۱۹ مهندس بهرام و من به سمت ریاست و معاونت مرکز فرستنده رادیو ایران منصوب شدیم. رادیو ابتدا با دو فرستنده و ۱۳ نفر پرسنل شروع به کار کرد. ۱۳ نفر پرسنل شامل ۴ نفر اپراتور فرستنده و ۴ نفر به عنوان مکانیسین موتور برق در فرستنده و مهندس ناصر فعلی (رئیس استودیو) و ۴ نفر اپراتور استودیویی بودند.

وظیفه اپراتورهای استودیو تنظیم صدا و قطع و وصل میکروفون بود. به این ترتیب که اپراتور رونوشتی از مطالب داده شده به گوینده را در اختیار داشت تا اگر گوینده حرفی از

پیش خود بزند بلافاصله میکروفون را قطع و موزیک پخش کند. موزیک با نوار ریل یا از طریق صفحه و سایر برنامه‌ها به صورت زنده پخش می‌شد.

در آن زمان دو فرستنده از تهران برنامه پخش می‌کرد. یک فرستنده موج متوسط با قدرت ۲ کیلووات برای داخل کشور و یک فرستنده موج کوتاه با قدرت ۲۰ کیلووات برای پوشش منطقه اروپا در نظر گرفته شده بود.

نیروی برق فرستنده‌ها از ابتدا تا سال ۱۳۲۷ توسط موتور برق های مستقر در ایستگاه تأمین می شد و در مواقع اضطراری از برق کارخانه قورخانه (در سلطنت آباد سابق) استفاده می‌شد.

در سال ۱۳۳۲ هجری شمسی چهار اتاق از ساختمان اداره تبلیغات واقع در میدان ارک به استودیو تبدیل شد و طریقه ارتباط بین استودیو و فرستنده با کابل بود. این کار باعث شد تا گویندگان و نوازندگان برای اجرای برنامه‌هایشان دیگر به ساختمان فرستنده نروند. بعد از تکمیل استودیوی میدان ارک، مهندس عاطفی در رأس یک گروه فنی مسئولیت استودیوی جدید را بر عهده گرفت. از آن زمان اداره تبلیغات از وزارت پست و تلگراف و تلفن جدا شد.

نظریه سوم: ساعت ۷ بعد از ظهر روز چهارم اردیبهشت سال ۱۳۱۹ در حضور ولیعهد وقت افتتاح فرستنده رادیو تهران انجام گردید و چون دستگاه بلندگو در گوشه ساختمان پست و تلگراف نصب شده بود با وجود ریزش باران و طوفانی بودن هوا مردم تا پایان برنامه در میدان سپه اجتماع نموده و به شنیدن خبر گشایش و قسمت دیگر برنامه رادیو مشغول بودند. این اولین بار بود که صدای رادیو ایران از یک استودیوی کوچک در بی سیم قصر پخش می‌گردید.

صدای رادیو ایران توسط یک فرستنده موج متوسط با قدرت ۲ کیلووات بر روی فرکانس ۸۹۵ کیلوهرتز و دو فرستنده موج کوتاه به قدرت ۱۴ کیلووات بر روی فرکانس های ۱۵۱۰۰ و ۱۰۸۱۰ کیلوهرتز پخش برنامه می‌نمود. اما بعد از این مرحله گسترش رادیو همچنان ادامه پیدا نمود.

در سال ۱۳۲۳ یک دستگاه فرستنده موج کوتاه (SW) که تحویل آن به تأخیر افتاده بود تحویل ایران گردید. در سال ۱۳۲۴ دومین استودیوی ایران در میدان ارگ سابق تدارک دیده شد و در سال ۱۳۳۰ استودیوی کوچک دیگری در کنارش ساخته شد. در سال ۱۳۳۲ فرستنده ۵۰ کیلووات به کار افتاد و در سال ۱۳۳۴ فرستنده صد کیلووات شروع به کار نمود و از سال ۱۳۵۵ میدان ارگ سابق (میدان ۱۵ خرداد) سیر تکاملی خود را طی نمود.

۱-۳-۱- گسترش فرستنده‌های رادیویی در شهرستان ها

در سال ۱۳۲۶ فرستنده رادیو تبریز که مقدمات تأسیس آن از قبل فراهم شده بود، شروع به کار نمود و سپس به تدریج در ارومیه، اهواز، شیراز، کرمانشاه، مشهد، کرمان، اصفهان، سنندج، زاهدان، رشت و گرگان ایجاد شد. تعداد فرستنده‌های رادیویی شهرستان ها تا سال ۱۳۴۰ به ۱۲ دستگاه رسید. بسیاری از این رادیوها در آغاز کار از فرستنده‌های رادیویی متعلق به ارتش استفاده می کردند ولی به تدریج به فرستنده‌های اختصاصی و پر قدرت رادیویی مجهز شدند. هم اکنون در سراسر کشور بیش از ۲۵ فرستنده موج کوتاه از ۱۰۰ کیلووات تا ۵۰۰ کیلووات و حدود ۹۰ ایستگاه موج متوسط از یک کیلووات تا یک مگا وات در حال کار می باشند که به همت بیش از ۱۲۰۰ نفر کارگر فنی، تکنسین، کمک مهندس و مهندس به صورت شبانه روزی برنامه‌های مختلف جمهوری اسلامی را پخش می کنند. فرستنده‌هایی که در مدل ها و با قدرت های مختلف هم اکنون در ایران مورد بهره‌برداری قرار می گیرند عبارتند از:

- | | |
|-------------------|------------------------------|
| - هریس (آمریکا) | - نوتل (کانادا) |
| - تامسون (فرانسه) | - NEC (ژاپن) |
| - BBC (سوئیس) | - جهاد (جمهوری اسلامی ایران) |
| - تلفنکن (آلمان) | |

۴-۱- تاریخچه ساخت اولین فرستنده رادیویی در ایران

یکی از افتخارات کشور اسلامی‌مان ایران، پس از انقلاب اسلامی توجه‌خاص به‌استعدادهای و توانایی‌های متخصصان داخلی بوده‌است. طراحی و ساخت و راه‌اندازی فرستنده‌های پر قدرت رادیویی موج متوسط حاصل این تفکر است. روند پیشرفت این پروژه از شروع تا ساخت فرستنده یک مگا وات (پر قدرت ترین فرستنده تمام ترانزیستوری منطقه) در اینجا بررسی می‌شود.

برای انجام پروژه‌های جدید و کاربردی در پاییز ۱۳۷۳ جلسه‌ای با حضور کارشناسان جهاد خودکفایی دانشگاه خواجه‌نصیر طوسی و معاونت و کارشناسان طرح و توسعه وقت سازمان صدا و سیما تشکیل شد تا با بحث کارشناسی با متخصصان مربوط، اطلاعات فنی فرستنده‌های مورد نیاز سازمان در اختیار کارشناسان جهاد قرار گیرد تا بر اساس آن مطابق با کارشناسی اولیه جهاد، امکان ساخت فرستنده را صورت دهد، بنابراین لازم بود که موارد ذیل مد نظر قرار گیرد:

- ۱) وجود متخصصان کارآمد و با تجربه به‌جهت طراحی و ساخت فرستنده؛
 - ۲) امکان سرمایه‌گذاری و دسترسی به تکنولوژی ساخت در زمان مطلوب؛
 - ۳) حمایت سازمان صدا و سیما و مدیریت جهاد از اجرای پروژه.
- پس از بررسی تئوری ساخت و انجام آزمایش‌های اولیه و جمع نمودن کارشناسان مورد نیاز در زمستان ۱۳۷۳ پیشنهاد ساخت فرستنده به سازمان ارائه شد. با پشتیبانی جهاد خواجه‌نصیر و فعالیت شبانه‌روزی کارشناسان طرح، طی مدت شش ماه اولین نمونه فرستنده با توان 2KW آماده و به‌صورت آزمایشی در مصلی تهران به بهره‌برداری رسید. پس از فعالیت دو ماهه دستگاه و اندازه‌گیری مشخصات آن، گروه طراح به آینده طرح امیدوار شد.
- با حمایت مسئولان محترم طرح و توسعه سازمان در تاریخ ۷۴/۴/۲۸ قرارداد ساخت اولین فرستنده با توان خروجی ده کیلووات مورد توافق قرار گرفت؛ البته حمایت سازمان از این پروژه فقط به قرارداد محدود نشد بلکه مسئولان سازمان از این پروژه در حد اجرای آن در سازمان صدا و سیما پشتیبانی کردند. پس از حدود یک سال و رفع مشکلات متعدد،

اولین فرستنده ده‌کیلوواتی با فرکانس ۱۵۴۸ کیلوهرتز در داخل کشور ساخته شد و در شهر لاریجان به بهره‌داری رسید.

قابل ذکر است که طرح فرستنده رادیویی در دهمین جشنواره بین‌المللی خوارزمی در سال ۱۳۷۵ برنده رتبه دوم تحقیقات کاربردی شد. هر چند که دستگاه ساخته شده از نظر کیفیت پخش صوت مناسب بود ولی سیستم‌های لازم جهت محافظت و مونیتورینگ مناسب را نداشت. با وجود این، این طرح را مسئولان سازمان تشویق و حمایت کردند و با دستور ریاست وقت سازمان، جناب دکتر لاریجانی قرارداد تولید ۱۷ دستگاه فرستنده ده کیلو وات و دو دستگاه فرستنده رادیویی ۵۰ کیلووات بین سازمان و جهاد دانشگاهی منعقد شد. هزینه ارزی و ریالی این قرارداد معادل ۲,۰۲۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال و ۹۱,۰۰۰ دلار بود. در صورتی که هزینه ارزی مورد نیاز برای خرید این تعداد فرستنده از خارج از کشور بالغ بر ۹۰۶,۰۰۰ دلار می‌شد که با محاسبه می‌توان میزان صرفه‌جویی ارزی را برای کشور برآورد نمود.

به دلیل نیاز سازمان صدا و سیما به فرستنده‌های پر قدرت، طراحی و ساخت فرستنده ۵۰ کیلوواتی آغاز و طی شش ماه کار فشرده، دستگاه تولید شده در ایستگاه سهروردی زنجان برای پخش برنامه‌های صدای استان بر روی فرکانس ۷۹۲ کیلوهرتز در تاریخ ۷۶/۶/۹ فعال شد و با گذشت دو ماه مشکلات فنی آن نیز برطرف و دستگاه با کیفیت مناسب به کار خود ادامه داد و به سازمان تحویل داده شد.

با توجه به نیاز کشور طراحی و ساخت یک دستگاه فرستنده ۱۰۰ کیلوواتی با پیشنهاد مسئولان سازمان در جهاد آغاز شد که خوشبختانه پس از گذشت یک سال فعالیت مداوم و پژوهش بر روی المان‌های مختلف، انتخاب ماسفت مناسب و طراحی دیگر محافظت مورد نیاز عملیات اجرایی این دستگاه نیز پایان پذیرفت و اولین فرستنده ۱۰۰ کیلوواتی تولید داخل در زمستان سال ۱۳۷۷ بر روی فرکانس ۱۰۷۱ کیلوهرتز در شهرستان قم و برای پخش برنامه‌های رادیو معارف در سال روز ولادت کریمه اهل بیت «حضرت فاطمه معصومه (س)» ریاست سازمان صدا و سیما افتتاح کردند.

همزمان با اجرای این پروژه، قرارداد ساخت ۲۸ دستگاه فرستنده دیگر یا جهاد دانشگاهی منعقد شد که قرارداد مذکور شامل ۱۲ دستگاه فرستنده کم قدرت یک کیلوواتی، ۸ دستگاه فرستنده ۵۰ کیلوواتی و ۳ دستگاه فرستنده ۱۰۰ کیلوواتی ثابت و ۵ دستگاه فرستنده ۱۰۰ کیلوواتی سیار بود.

از چند سال قبل، موضوع غیر اقتصادی بودن بهره‌برداری از فرستنده‌های لامپی پر قدرت موجود مطرح بود. برای نمونه ایستگاه رادیویی دشت قزوین با دو فرستنده رادیویی یک مگاواتی، سالیانه هزینه ارزی قابل توجهی برای کشور داشت. با درخواست سازمان، جهاد برآورد خود را برای اجرای این پروژه آماده و به سازمان ارائه نمود، ارائه دادن این پیشنهاد در آن زمان از نظر تعدادی از کارشناسان غیر واقعی و نشدنی قلمداد می شد ولی با اصرار و پیگیری طراحان و بحث های طولانی در این زمینه قرارداد ساخت این فرستنده با هزینه پنج میلیارد ریال و ۴۵۰ هزار دلار منعقد شد.

از آنجا که ساخت فرستنده یک مگاوات در مرحله اول مخاطره آمیز بود لذا در ابتدا ساخت فرستنده ۳۰۰ کیلوواتی آغاز و در آبان ماه سال ۱۳۷۹ در حبیب آباد اصفهان به جهت پخش برنامه های استانی بر روی فرکانس ۸۳۷ کیلوهرتز را ریاست سازمان فعال کردند. پس از اجرای موفق این پروژه، طرح فرستنده یک مگاوات با مشخصات ایستگاه رادیویی دشت قزوین آغاز شد که همزمان با اجرای پروژه یک مگاوات و به دلیل نیاز سازمان، قرارداد ساخت ۳۴ دستگاه فرستنده با شرح ذیل در سال ۱۳۷۹ با جهاد منعقد شد:

۲۰ دستگاه فرستنده ۵۰ کیلووات، ۴ دستگاه فرستنده ۱۰۰ کیلووات، یک دستگاه فرستنده ۱۵۰ کیلووات، ۸ دستگاه فرستنده ۳۰۰ کیلووات تک فرکانس و یک دستگاه ۳۰۰ کیلووات دو فرکانس.

به دلیل کاهش واریزی دستگاه ها و به جهت تسریع اجرا، قرارداد فوق به صورت تمام ریالی منعقد شد که تاکنون چند دستگاه از تولیدات این گروه به خارج از ایران مانند سوریه، افغانستان و عراق انتقال و فعال گردیده است.

۱-۴-۱- موارد قابل ذکر در ارتباط با فرستنده یک مگاوات 1MW

تنها دو کمپانی جهانی Harris و Thales توانایی ساخت فرستنده‌ای را با قدرت فوق و به‌صورت تمام ترانزیستوری دارند. با این توضیح که کمپانی‌های فوق تعداد کل دستگاه‌هایی را که با این قدرت نصب کردند کمتر از ۵ عدد است.

ایستگاه رادیویی دشت قزوین قوی‌ترین فرستنده رادیویی موج متوسط کشور را شامل است. این ایستگاه ۳۳ سال قبل از دو فرستنده رادیویی یک مگاوات ساخت کارخانه‌براون باوری سوئیس راه‌اندازی شد. مشکلات عمومی فرستنده‌های قدیمی ایستگاه‌بدین شرح است:

- (۱) همگام نبودن با تکنولوژی روز؛
 - (۲) استفاده از لامپ‌های خلاء در تمامی مراحل تقویت سیگنال؛
 - (۳) صرف هزینه‌های ارزی بالا به جهت نگهداری به دلیل گرانی قطعات بخصوص لامپ‌های به‌کار رفته در فرستنده؛
 - (۴) پایین بودن راندمان در کمتر از ۵۰ درصد؛
 - (۵) ناکارآمدی اکثر قطعات به دلیل فرسودگی و طول عمر زیاد.
- با توجه به اهمیت این ایستگاه رادیویی و منطقه وسیع تحت پوشش آن، ساخت فرستنده جدید در دستور کار سازمان قرار گرفت و قرارداد ساخت فرستنده یک مگاواتی با مشخصات زیر با جهاد دانشگاهی در ۱۳۷۸ منعقد شد.
- (۱) استفاده از نیمه‌هادی و به‌کارگیری تکنولوژی روز؛
 - (۲) راندمان ۹۰٪ کل سیستم در جهت کاهش مصرف برق ایستگاه (سالیانه ده‌هزار مگاوات ساعت صرفه‌جویی انرژی مصرفی)؛
 - (۳) هزینه بسیار کم نگهداری به دلیل استفاده از قطعات نیمه‌هادی؛
 - (۴) جبران کردن نوسانات برق شهری با مدارات الکترونیکی فرستنده؛
 - (۵) امکانات محافظتی و مونیتورینگ بر اساس سفارش سازمان صدا و سیما.

قابل ذکر است که طراحی تمام مدارات فعال و غیر فعال این سیستم را متخصصان جهاد دانشگاهی واحد خواجه نصیر و با پیشنهاد کارشناسان سازمان انجام داده‌اند. به‌طوری که ارزیابی ساخت این سیستم کمتر از ۴۰۰ هزار دلار بوده است.

۲-۴-۱- نوآوری های موجود در ساخت فرستنده یک مگاوات (1MW)

به دلیل اینکه این دستگاه اولین بار در جهان با این نوع تکنولوژی ساخته شده است لذا تمامی بخش های آن به نوعی ابتکار و نوآوری محسوب می شود. برای مثال به موارد ذیل اشاره می شود:

۱) استفاده کردن از تکنیک قدرت سری و موازی (60 Combiner) که برای اولین بار در دنیا در چنین قدرتی استفاده می شود در این روش می توان ورودی کمباینر را مدار باز یا اتصال کوتاه نمود ولی در تکنیک سری تنها اتصال کوتاه کردن مسیر امکان پذیر است؛
۲) هدایت کردن گرمای اتلافی سیستم در فصل سرما به داخل سالن برای گرم نمودن سالن فرستنده و (حداکثر استفاده از انرژی)؛

۳) طراحی و ساخت ترانس خاص 20KV/260V با دو سیم پیچ ثانویه ستاره و مثلث به صورت کاملاً متقارن برای قدرت 2.4MW؛

۴) طراحی و ساخت رکتیفایر 2.4MW به همراه سلف صافی برای جریان 6000A؛

۵) اجرا نمودن طرح ساختار دستگاه بر اساس امکانات موجود در ایستگاه؛

۶) طراحی و ساخت سیستم کنترل و مونیتورینگ قابل اتصال به کامپیوتر و ثبت مشخصات دستگاه در زمان های مورد نیاز.

۳-۴-۱- تمایز و برتری های طرح نسبت به نمونه های داخلی و خارجی

۱) در این مورد، مشابه داخلی وجود ندارد و حتی درباره موارد خارجی مشابه باید گفت که تاکنون فرستنده تمام ترانزیستوری با قدرت فوق در دنیا نیز ساخته نشده است. بلکه در

صورت نیاز به پخش برنامه با قدرت بالاتر از ۴۰۰ کیلووات با روش جمع کردن قدرت دو یا چند فرستنده کوچک تر استفاده می‌شود.

(۲) هزینه ساخت این فرستنده از نظر ارزی معادل ۲۰٪ و از نظر ارزش کل معادل ۵۰٪ مشابه خارجی است؛

(۳) طراحی خاص بر اساس سفارش سازمان صدا و سیما از نظر ابعاد فیزیکی، حجم دستگاه و هم از نظر سیستم مانیتورینگ؛

(۴) به دلیل حساسیت کارکرد این فرستنده سعی شده است تا مسیرهای موازی برای قسمت های مختلف وجود داشته باشد تا علاوه بر مازولار بودن بخش المان های RF سایر قسمت های سیستم نیز اطمینان کافی داشته باشند (مثلاً مسیر قدرت DC شامل دو رکتیفایر کاملاً مستقل است)؛

(۵) این دستگاه شامل ۱۵۲ عدد مازول قدرت می باشد که برای تمام آنها محافظت دما و جریان به صورت مستقل در نظر گرفته شده است که این موارد در هیچ یک از سیستم های خارجی وجود ندارد؛

(۶) سادگی تعمیر و نگهداری سیستم.

الف) قابل تعمیر بودن مازول های قدرت: بخش قدرت فرکانس RF بسیار ساده و قابل فهم است و به دلیل دسترسی سریع و آسان به مازول های قدرت و همچنین استفاده از بردهای مدار چاپی دورو در صورت نیاز به سادگی تعمیر می شود. در صورتی که بعضی از سازندگان خارجی از فیبرهای ۴ یا ۸ لایه (و گاه مدارات کنترلی پیچیده با المان های SMD) در این بخش استفاده کرده اند که علاوه بر پیچیدگی، قابلیت تعمیر مازول را نیز از بین می برد.

ب) تنوع کم المان ها و حتی بردهای مدار چاپی عامل دیگری برای سادگی تعمیر و نگهداری سیستم هستند. مثلاً در این دستگاه که قریب ۱۲۰۰۰ سوئیچ به کار رفته فقط از یک نوع سوئیچ استفاده شده است (در بخش PDM-RF و سایر قسمت ها) درباره تنوع بردهای مدار چاپی باید گفت که حدود ۲۵۰۰ برد در این دستگاه به کار رفته اما تنوع آنها کمتر از ۳۰ نوع است (توضیح اضافه تر اینکه از این ۳۰ برد در حدود ۲۰ نوع انحصاری

بوده و فقط یک عدد از آنها در فرستنده وجود دارد و در واقع، تنوع قسمت اعظم بردهای فرستنده ۱۰ نوع است).

ج) استفاده از المان های تجاری: به دلیل کاهش قیمت و سادگی نگهداری سعی شده حتی الامکان از المان های پیچیده و IC های خاص در این ایستگاه استفاده نشود، طراحی به گونه ای انجام شده است که ضمن داشتن قابلیت بالا، المان ها ساده هستند. (۷) ساخت قطعات ضروری مورد نیاز: برای ساخت دستگاهی با قدرت فوق نیاز به طراحی و استفاده از وسایل جانبی که تماماً ساخت جهاد دانشگاهی یا سایر تولید کنندگان داخلی است مانند کانکتور RF خروجی سینی ها، سلف های بخش فیلتر، مدارات نمونه گیر از قدرت خروجی، مدار تشخیص VSWR و ..

تیم تولید فرستنده در جهاد، طی پنج سال فعالیت، از نظر فنی و کیفیت به توانایی ساخت قوی ترین فرستنده رادیویی جهان دست یافت و این گروه از نظر کمی تا پایان سال ۱۳۸۳، هفتاد دستگاه فرستنده رادیویی با توان های مختلف ساخته و به سازمان صدا و سیما یا کشورهای دیگر تحویل داده است و هم اکنون در اکثر مناطق کشور فرستنده های ساخت جهاد خود کفایی دانشگاه خواجه نصیر طوسی فعال هستند.

خلاصه بخش اول

از سال ۱۸۶۰ فن آوری جدید سرعت زیادی به خود گرفت و اختراعات یکی پس از دیگری به وقوع پیوست. اولین ارسال تلگراف خط دو نقطه در ۱۸۴۴، تلفن در ۱۸۷۶، تلگراف بی سیم در سال ۱۸۹۶ و سرانجام رادیو تلفنی در سال ۱۹۰۶ از جمله اختراعاتی بود که تحقق پیدا کرد.

در زمانی که رادیو با تلگراف شروع مشترکی داشت ارتباط بی سیم برقرار شد و اولین حق ثبت بی سیم به نام گولیمو مارکونی در سال ۱۹۱۱ به ثبت رسید که پیام تلگراف بی سیم را در عرض اقیانوس اطلس فرستاد.

از تلگراف بی سیم به شکل وسیعی در ارتباطات بین کشتی ها در دریاها و اقیانوس ها و مراکز تجاری و نظامی و سیاسی دورافتاده در اقصی نقاط دنیا استفاده شد. رادیو به سرعت اهمیت و افتخار زیادی را به دلیل تسهیل عملیات نجات کشتی ها کسب کرد. این کسب اهمیت سال ها قبل از آن بود که رادیو بتواند به عنوان یک وسیله ارتباطی جمعی به خانه ها راه پیدا کند و علاقه مردم را برانگیزد.

پخش برنامه های رادیو به گونه ای نبود که در تمام نقاط دنیا همزمان آغاز شود بلکه نوع ابتدایی و آماتوری پخش رادیو در آوریل ۱۹۲۰ از شهر پیتزبورگ آغاز شد و سپس شرکت های مختلف از جمله وستینگهاوس نسبت به پخش برنامه ها اقدام نمودند. تا پایان ۱۹۲۲ حدود ۲۵۴ امتیاز پخش رادیو برابر با قوانین و مقررات مصوب سال ۱۹۱۲ شروع به کار کرده بودند و هر ماه ده ها فرستنده دیگر بعد از آن آغاز به کار می کرد.

تا آن زمان هر کس نسبت به پخش برنامه های رادیویی به هر طریقی که می خواست اقدام می نمود و هیچ گونه محدودیتی وجود نداشت و این خود باعث ایجاد هرج و مرج در پخش امواج شده بود که به دنبال همین موارد برای نظم بخشی و برقراری مقررات در پخش برنامه ها، در سال ۱۹۱۲ کنگره ایالات متحده امریکا قوانینی تصویب نمود که یکی از جنبه های آن کسب امتیاز فرستنده های رادیویی بود. عمده ترین مشکل قوانین مصوب سال

۱۹۱۲ این بود که راجع به تعیین فرکانس، قدرت و زمان پخش برنامه‌های فرستنده‌ها هیچ گونه مداخله‌ای نداشت که همین موارد، نیز مشکلاتی از قبیل تداخل امواج پخش برنامه‌ها را به دنبال داشت که در نتیجه، در سال ۱۹۲۷ برای سر و سامان دادن به همین موارد، کنفرانسی تشکیل و قوانینی برای اجراء وضع نمود.

در ۱۷ ماه می سال ۱۸۶۵ پس از دو ماه و نیم مذاکره اولین کنوانسیون بین‌المللی تلگراف ITC در پاریس با حضور ۲۰ نفر امضا شد تا اتحادیه بین‌المللی تلگراف ITU تشکیل گردد. به دنبال اختراع تلفن در سال ۱۸۷۶، ITU در سال ۱۸۸۵ قوانینی را برای مقررات تلفن به کار بست و به دنبال اختراع تلگراف بی سیم در سال ۱۸۹۶، که اولین نوع آن ارتباط بی سیم رادیو است، در سال ۱۹۰۳ در یک کنفرانس مقدماتی، قوانین نظارتی مربوط به نحوه استفاده از این تکنولوژی تشکیل شد.

در سال ۱۹۲۰ که شروع فی البداهه رادیو از شرکت کمپانی مارکونی بود کنفرانسی در سال ۱۹۲۷ تحت عنوان کمیته مشورتی رادیو بین‌المللی رادیو CCIR برگزار گردید. این کنفرانس باندهای فرکانس مربوط به فرستنده‌های رادیویی را در کشتیرانی تعیین نمود و در کنفرانس مادرید در سال ۱۹۳۳ کنوانسیون بین‌المللی تلگراف ITC و در سال ۱۸۶۵ کنوانسیون بین‌المللی تلگراف رادیو IRC بسته شد و از ادغام این دو کنوانسیون در سال ۱۹۰۶ به یک کنوانسیون به نام ITC منجر شد و همچنین نام اتحادیه به نام «اتحادیه بین‌المللی ارتباط راه دور ITU» تغییر کرد. ITU در سال ۱۹۴۷ قوانین واحدی برای کلیه کشورها تصویب نمود.

تکنولوژی رادیو بعد از ۲۰ سال وارد ایران شد که درباره نحوه ورود و راه‌اندازی اولین فرستنده در ایران نظرات مختلفی وجود دارد. در آن زمان، یک فرستنده موج متوسط به قدرت ۲ کیلووات برای داخل کشور و یک فرستنده موج کوتاه به قدرت ۲۰ کیلووات برای پوشش منطقه اروپا در نظر گرفته شد و سال‌های بعد فرستنده‌های مختلف در دیگر نقاط ایران برای پخش برنامه‌های گوناگون نصب و راه‌اندازی شد.

اولین ساخت فرستنده در ایران را در زمستان سال ۱۳۷۳ با قدرت ۲ کیلووات عده‌ای از کارشناسان و محققان جهاد دانشگاه خواجه نصیر در مصلی تهران به صورت آزمایشی راه‌اندازی کردند و در تاریخ ۱۳۷۴/۴/۲۸ اولین فرستنده با قدرت ۱۰ کیلووات در لاریجان ساخته شد و شروع به کار کرد.

جهاد خواجه نصیر با پشتیبانی و حمایت های سازمان صدا و سیما ضمن بهبود وضعیت فنی و فیزیکی فرستنده نسبت به ساخت فرستنده‌ها با قدرت های بالاتر اقدام نمود به گونه‌ای که در تاریخ ۱۳۷۶/۶/۹ فرستنده ۵۰ کیلوواتی در زنجان و در زمستان سال ۱۳۷۷ فرستنده ۱۰۰ کیلووات در قم راه‌اندازی شدند و به دنبال موفقیت جهاد در ساخت فرستنده‌ها و نظر به اینکه روز به روز وضعیت بهتری پیدا می کردند قرارداد ساخت فرستنده‌های مختلف با قدرت‌های متفاوت با صدا و سیما بسته شد به گونه‌ای که در اکثر نقاط کشور و کشورهای دیگر از جمله سوریه، افغانستان و عراق اکنون فرستنده‌های جهاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

از جمله کارهای بزرگ و با اهمیت جهاد، ساخت فرستنده یک مگاواتی بود که در ایستگاه دشت قزوین راه‌اندازی شد. این فرستنده که به صورت نیمه‌هادی است جایگزین یک دستگاه فرستنده لامپی BBC شده است به گونه‌ای که صرفه‌جویی های بسیاری را در ارزیابی برای کشورمان به دنبال داشته است.

ساخت فرستنده در داخل کشور، که آرزوی بسیاری از علاقه‌مندان به علم و پیشرفت بود، سرانجام عده‌ای از مهندسان و کارشناسان جهاد خواجه نصیر آن را محقق شد و برای کشورمان در زمینه صرفه‌جویی ارزی بسیار مفید و اثر بخش بوده است. فرستنده‌های جهاد اولاً نسبت به فرستنده‌های لامپی مزیت های زیادی دارد و ثانیاً در زمینه‌های مختلف برتری‌هایی نسبت به فرستنده‌های لامپی دارد.

آزمون بخش اول

- ۱) نقش گولیمو مارکونی در ساخت فرستنده‌ها بنویسید.
- ۲) پنج نقش مهم رادیو را که رسانه‌ای جامع و گسترده‌است، بنویسید.
- ۳) علت تصویب قوانین مربوط به رادیو چیست؟
- ۴) معنی و مفهوم و وظیفه ITU چیست؟
- ۵) هشت مورد از نتایج مهم ساخت فرستنده جهاد خواجه نصیر در ایران را بنویسید.

بخش دوم

مدولاسیون دامنه

- سیستم های باند جانبی
- فرستنده های AM
- مدولاسیون AM سطح بالا
- مدولاسیون AM سطح پایین
- توان انتشار
- انتقال AM استاندارد
- حذف کریپر
- حذف کریپر و یک باند جانبی
- روش VSB
- فرستنده های رادیویی
- طبقات فرستنده

مقدمه

در هر سیستم ارتباط رادیویی، هدف آن است که پیام از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل شود. این ارتباط یا یک‌طرفه است مانند رادیو و تلویزیون یا دوطرفه است مانند تلفن، بی‌سیم، آیفون و ... به دلایل متعددی، که در کتب سیستم‌های مخابراتی بیان می‌شود و از حوصله این نوشتار خارج است، برای ارسال کردن موج پیام از مبدأ به مقصد، به انجام عمل مدولاسیون نیاز است که در این عمل موج پیام بر موج دیگری به نام حامل یا کریئر سوار می‌شود و با آن تا مقصد منتقل می‌شود و در آنجا موج پیام از موج حامل پیاده می‌شود تا قابل استفاده باشد. این پیاده شدن موج پیام از موج حامل را نیز **دمدولاسیون** می‌نامند. مدولاسیون می‌تواند از انواع دامنه، فرکانس یا فاز باشد که انواع دامنه و فرکانس آن در حوزه آنالوگ متداول تر است. در حوزه دیجیتال نیز از انواع متعددی مدولاسیون استفاده می‌شود. تمرکز اصلی نوشتار حاضر بر مدولاسیون دامنه و فرستنده‌هایی است که از این روش مدولاسیون استفاده می‌کنند.

طرح مسأله

قبل از اینکه بخواهیم به اصول عملکرد فرستنده ها اشاره کنیم، نیاز است که بدانیم این فرستنده ها چه عملی انجام می دهند و اصولاً مدولاسیون به چه مفهومی است. در این بخش به نحوه مدولاسیون دامنه در سطوح بالا و پایین، که معمولاً در فرستنده های موج متوسط و موج کوتاه انجام می گیرد، اشاره می شود و محاسباتی درباره توان موج مدوله شده انجام می گیرد. در عملکرد فرستنده ها پخش مدولاسیون بسیار مهم است. هر چه مدولاسیون بیشتر باشد (حداکثر تا ۱۰۰٪) پوشش صدا بیشتر می شود و در نتیجه راندمان بالاتر می رود.

بنابراین، به دلیل اهمیت پخش مدولاسیون این بخش اختصاص به آشنایی با این موضوع دارد تا اپراتورها در نگهداری فرستنده ها اهتمام لازم داشته باشند.

هدف های بخش دوم

هدف کلی:

فراگیران بعد از مطالعه مطالب این فصل با مدولاسیون دامنه در سطوح بالا و پایین آشنا خواهند شد.

هدف های اجرایی: در پایان این فصل شما قادر خواهید بود:

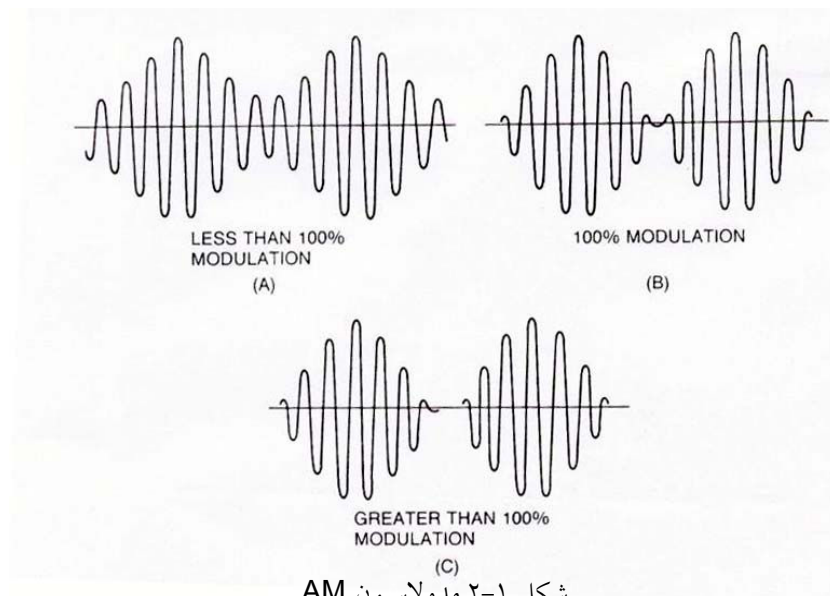
- ۱- مفهوم مدولاسیون را توضیح دهید؛
- ۲- مدولاسیون سطح بالا و پایین را تبیین کنید؛
- ۳- روش VSB را توضیح داده و مزیت های آن را نسبت به روش های دیگر انتقال درج مدوله با دو باند جانبی یا یک باند جانبی توضیح دهید؛
- ۴- توان مهم در یک موج مدوله را بیان کنید؛
- ۵- هدف از تقویت سیگنال های صوتی و کریر را در یک فرستنده تبیین کنید.

پیش آزمون بخش دوم

- (۱) مدولاسیون و دمدولاسیون چیست؟
- (۲) چند نوع مدولاسیون وجود دارد؟ نام ببرید؟
- (۳) مدولاسیون دامنه را تعریف کنید؟
- (۴) چرا اطلاعات یا صدا را فرکانس بالاتری مانند کریر یا حامل ارسال می‌کند؟
- (۵) گیرنده‌ها چگونه یک موج مدوله شده مورد نظر را دریافت می‌کنند؟

۲- مدولاسیون دامنه Amplitude Modulation

مدولاسیون دامنه نوعی از مدولاسیون است که در آن، دامنه موج حامل برحسب دامنه موج پیام تغییر می‌کند. به عبارت دیگر، مدولاسیون دامنه زمانی رخ می‌دهد که صوت مدوله‌کننده با موج حامل به نحوی ترکیب شود که توان موج حاصل از این ترکیب بر اساس دامنه صوت مدوله‌کننده تغییر کند.



شکل ۲-۱ مدولاسیون AM

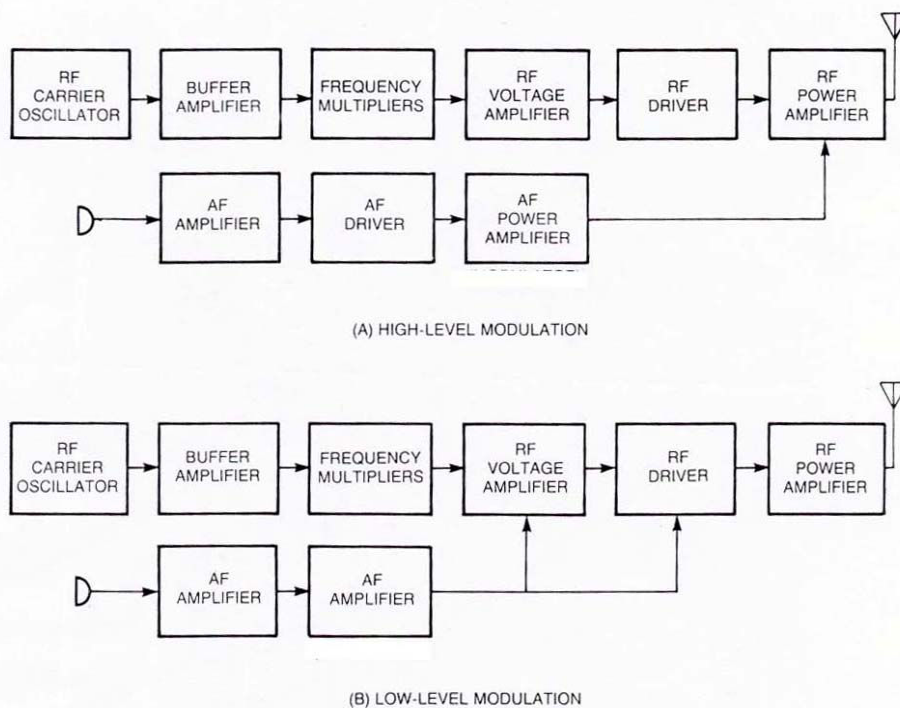
اصل اساسی در انتقال رادیویی تبدیل فرکانس‌های صوتی به فرکانس‌های رادیویی قابل تشعشع به عنوان موج الکترومغناطیسی است. این امواج را می‌توان در مقصد گرفت و فرکانس‌های صوتی اصلی را بازیابی نمود.

۲-۱- سیستم‌های باند جانبی

فرایند انتقال موج رادیویی AM روش نسبتاً مشخصی است. یک فرستنده AM شامل دو قسمت اصلی است: قسمت RF و قسمت صوتی. این دو قسمت اطلاعات موج حامل و سیگنال مدوله‌کننده را در خود دارند. این اطلاعات در مداری به نام «مدولاتور» با هم ترکیب می‌شوند. نتیجه این ترکیب موج رادیویی است که ارسال می‌شود.

۲-۲- فرستنده‌های AM

در فرستنده‌های AM، موج حامل را اسیلاتور کریستالی با پایداری و دقت زیاد تولید می‌کند که البته ممکن است در ادامه تقویت یا حتی فرکانس آن چند برابر شود. بر حسب محل انجام عمل مدولاسیون AM، دو آرایش اصلی در ساختار یک فرستنده AM به کار گرفته می‌شود: مدولاسیون سطح بالا و مدولاسیون سطح پایین. بلوک دیاگرام‌های این دو روش در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

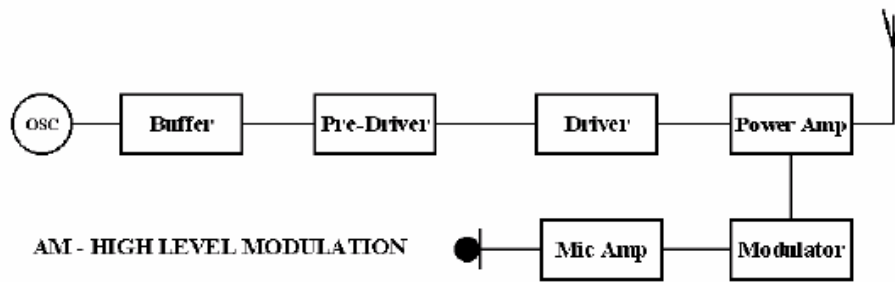


شکل ۲-۲ بلوک دیاگرام فرستنده‌های AM سطح بالا و سطح پایین

۲-۲-۱- مدولاسیون سطح بالای AM

مدولاسیون سطح بالای AM به این مفهوم است که عمل مدوله‌سازی موج حامل را سیگنال صوتی در طبقه تقویت‌کننده قدرت صورت می‌دهد. بلوک دیاگرام دیگری از این

نوع فرستنده در شکل ۲-۳ نشان داده شده است.



شکل ۲-۳ بلوک دیاگرام دیگری از فرستنده AM سطح بالا

در مدولاسیون سطح بالا موج حامل را اسیلاتور تولید و تا سطح توان مورد نیاز تقویت می‌کند. این سطح توان در حقیقت سطح توانی است که می‌خواهیم ارسال کنیم. عمل مدولاسیون سیگنال صوتی در یک طبقه قدرت انجام می‌گیرد. در این حالت تقویت‌کننده قدرت، «تقویت‌کننده نهایی» نامیده می‌شود.

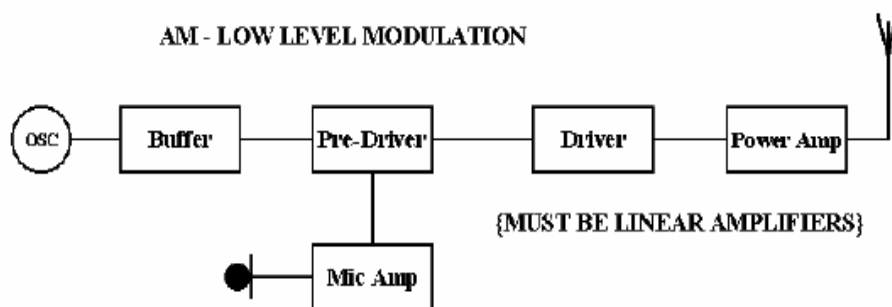
از آنجا که توان موج حامل در قسمت تقویت‌کننده نهایی زیاد است، ما به اندازه‌ای از توان صوتی نیاز داریم که مدولاسیون ۱۰۰٪ را تولید کند. این سخن مقداری گمراه‌کننده است، اما طبقات تقویت‌کننده میکروفن و مدولاتور در واقع مدارات تقویت‌کننده صوتی هستند که توان اندک خروجی میکروفن را تا مقدار مورد نیاز افزایش می‌دهند.

عمل مدولاسیون AM در طبقه‌ای که مدولاتور نام دارد انجام نمی‌شود. بلکه این امر در تقویت‌کننده قدرت رخ می‌دهد؛ البته لازم است که برای انجام عمل مدولاسیون در تقویت‌کننده قدرت، این تقویت‌کننده غیرخطی باشد که تقریباً همیشه کلاس C است. مزیت انتشار (یا فرستنده یا مدولاسیون) سطح بالا راندمان بالاتر سیستم و عیب اصلی آن افزایش هزینه مالی سیستم است. دلیل راندمان بالاتر آن است که موج حامل (سیگنال خروجی اسیلاتور) با استفاده از تقویت‌کننده‌های کلاس C که راندمان بالایی دارند، مدوله می‌شود.

افزایش هزینه مالی نیز به این دلیل است که سیگنال صوتی برای مدوله کردن موج حامل دارای توان بالا، به مقدار زیادی تقویت نیاز دارد و برای این منظور باید مسیر سیگنال صوتی مداراتی داشته باشد که سطح آن را تا حد توان بالا تقویت کنند. این مسأله به خصوص زمانی حادث می شود که برای تقویت سیگنال صوتی از تقویت کننده های پوش پول کلاس B استفاده شود که به تجهیزات زیادی نیاز می شود. در فرستنده های جدید تر در مسیر تقویت سیگنال صوتی از روش واسطی به نام مدولاسیون عرض پالس (PDM یا PWM) استفاده می شود که علاوه بر افزایش قابل توجه کیفیت و راندمان سیستم، باعث صرفه جویی قابل ملاحظه ای در میزان و هزینه قطعات مصرفی می شود. اغلب فرستنده های پر قدرت AM از روش مدولاسیون سطح بالا استفاده می کنند.

۲-۲-۲- مدولاسیون AM سطح پایین

مدولاسیون سطح پایین AM به این مفهوم است که موج حامل در طبقات قبل از تقویت کننده قدرت مدوله می شود این روش از روش قبل اقتصادی تر است. این کاهش هزینه به این دلیل است که سیگنال صوتی می تواند در سطح پایین تر توان باشد. عیب این روش راندمان کمتر سیستم است. فرستنده های سطح پایین معمولاً در سیستم های ارزان و کم توان یافت می شوند. بلوک دیاگرام دیگری از این روش در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲ بلوک دیاگرام دیگری از فرستنده AM سطح پایین

فرکانس حامل با اسیلاتور، موج حامل RF تولید می کند و تا حد لازم تقویت می شود.

طبقه تقویت‌کننده بافر پس از اسیلاتور تقویت‌کننده‌ای است که بدون آنکه از اسیلاتور توان بیشتری بکشد، سطح توان دریافتی از اسیلاتور را تا حد قابل استفاده‌ای افزایش می‌دهد. تلاش برای کشیدن توان بیشتر از یک اسیلاتور می‌تواند نوسان را متوقف کند یا باعث بریدگی شکل موج حامل شود. دلیل نیاز به تقویت‌کننده بافر نیز همین موضوع است.

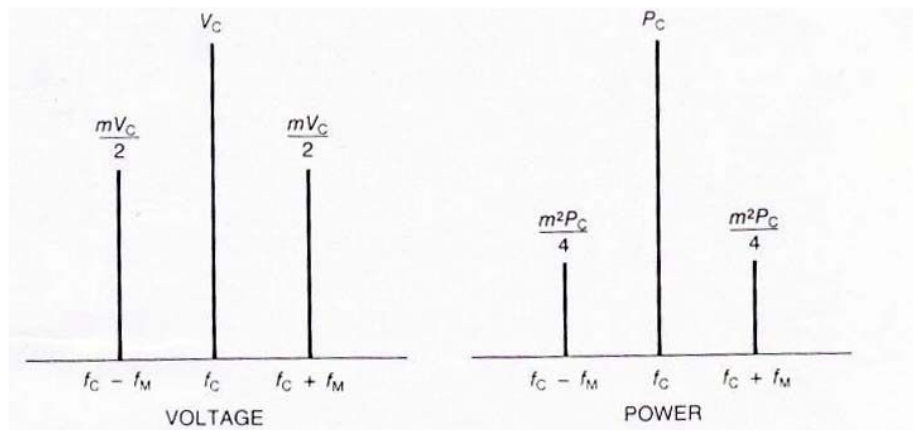
سیگنال دریافتی از میکروفن تا حد قابل استفاده تقویت می‌شود و به همراه موج حامل به پیش تقویت‌کننده اعمال می‌شود. پیش تقویت‌کننده تنها یک تقویت‌کننده است اما تقویت‌کننده‌ای غیرخطی که به عنوان مدولاتور عمل می‌کند. خروجی مدولاتور شامل سیگنال کریر با دو باند جانبی است که معمولاً آن را سیگنال AM می‌نامند.

نکته قابل توجه اینکه بعد از مدار پیش تقویت‌کننده که به عنوان مدولاتور عمل می‌کند، ما سیگنالی را که می‌خواهیم ارسال شود تولید کرده‌ایم. تمام آن چیزی که باید اینک انجام شود، افزایش سطح توان تا حد مورد نیاز است. تمام طبقات تقویت‌کننده پس از مدولاسیون باید خطی باشند. عیب اصلی این روش نیز همین است؛ زیرا تقویت‌کننده‌های خطی در کلاس‌های A و B می‌باشند که راندمان پایینی دارند. مدولاسیون سطح پایین معمولاً بهترین روش برای فرستنده‌های کم قدرت و ارزان است.

۳-۲-۲- توان انتشار

وقتی یک موج AM فرستاده می‌شود می‌توان نشان داد که تمامی اطلاعات در باندهای جانبی است. لازم به یادآوری است که شکل موج AM شامل موج حامل به همراه باندهای جانبی بالایی و پایینی است. در شرایط بهینه دوسوم توان فرستنده در موج حامل است و یک سوم باقیمانده در باندهای جانبی قرار دارد.

شکل ۵-۲ محتویات ولتاژ و توان موج AM را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲ محتویات توان و ولتاژ موج AM

از آنجا که توان متناسب با مربع ولتاژ است، توان موجود در شکل موج AM را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P_{SB} = \left(\frac{mV_C}{2} \right)^2 = \frac{m^2 V_C^2}{4} = \frac{m^2 P_C}{4}$$

$$P_{SB} = \frac{m^2 P_C}{4}$$

که در آن:

P_{SB} = توان موجود در باند کناری بر حسب وات

m = ضریب مدولاسیون

P_C = توان موجود در موج حامل بر حسب وات

$$P_T = \frac{m^2 P_C}{4} + \frac{m^2 P_C}{4} + P_C$$

که در آن:

P_T = توان کلی انتشار بر حسب وات

m = ضریب مدولاسیون

P_C = توان موجود در موج حامل برحسب وات

معادله فوق را می‌توان چنین نوشت:

$$P_T = \frac{m^2 P_C}{2} + P_C$$

$$P_T = P_C \left(1 + \frac{m^2}{2} \right)$$

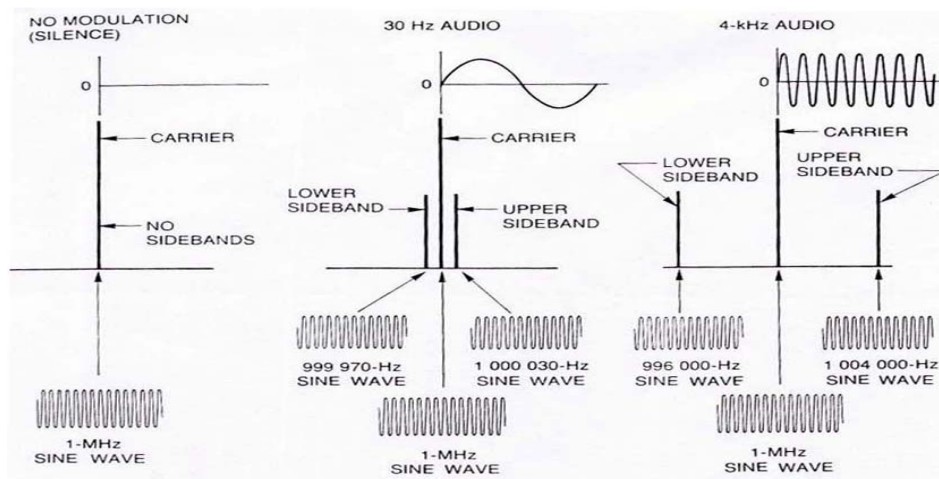
روش های دیگر:

حقایق مهمی درباره انتقال AM وجود دارد:

- تنها باندهای جانبی محتوی اطلاعات ارسالی می‌باشند؛
- باندهای جانبی بالایی و پایینی شبیه به هم هستند. برای بازیابی اطلاعات مدوله‌کننده تنها بازگشایی یکی از آنها کافی است؛
- موج حامل RF هیچ اطلاعاتی را دربر ندارد، اما با این حال دوسوم توان کلی انتشار را نیاز دارد؛
- برمبنای حقایق فوق، روش های مختلفی در سیستم‌های باند جانبی وجود دارد که شرح مختصری از هر یک بیان خواهد شد:

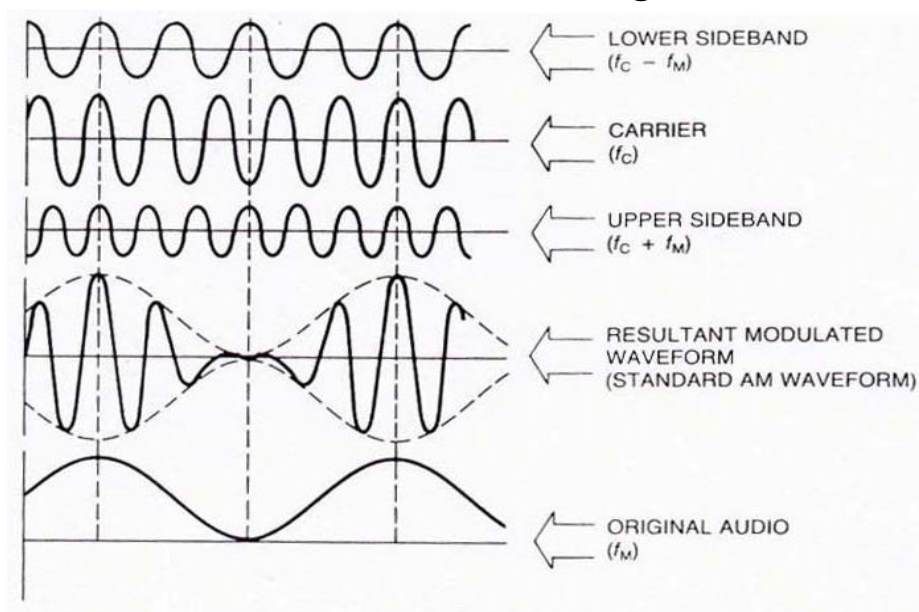
۳-۲- انتقال AM استاندارد

در این روش یک موج حامل به همراه باندهای جانبی بالا و پایین وجود دارد. این روشی است که در حال حاضر در کلیه فرستنده‌های رادیویی موج متوسط، که در کشور وجود دارد، استفاده می‌شود. مزیت عمده این روش علی رغم مصرف توان زیاد و نیاز به پهنای باند بیشتر، سادگی فوق‌العاده در آشکارسازی و ارزانی سیستم‌های گیرنده می‌باشد. در شکل ۶-۲ دو طیف فرکانسی AM استاندارد در اثر مدوله کردن موج حامل 1 MHz به وسیله فرکانس های موزیک 30Hz و 4 KHz و یک طیف همین موج حامل بدون عمل مدولاسیون نشان داده شده است.



شکل ۶-۲ سه طیف فرکانسی تولید شده با موزیک

شکل ۷-۲ ساختار عملی موج AM استاندارد را نشان می دهد.

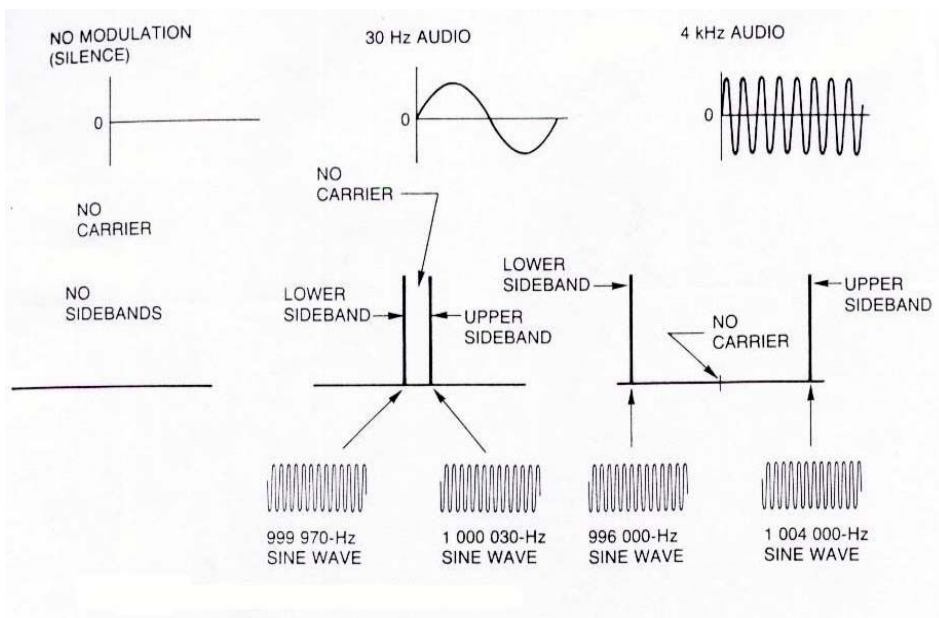


شکل ۷-۲ ساختار عملی شکل موج AM استاندارد

۱-۳-۲- حذف کریر

اگر بتوان تنها باندهای جانبی را ارسال کرد صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف توان حاصل می‌شود.

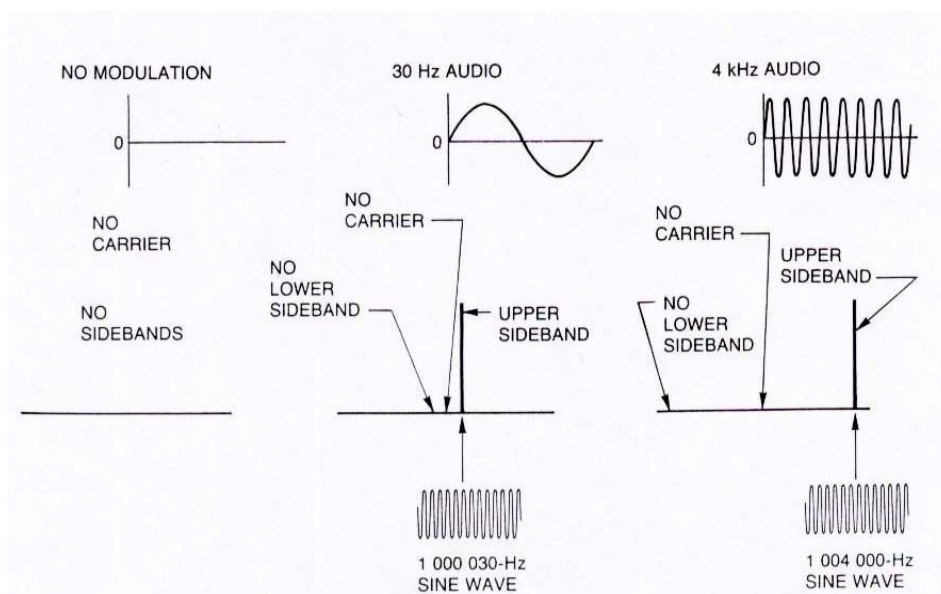
شکل ۸-۲ سه نمونه طیف فرکانسی حالت قبل را در حالت حذف کریر نشان می‌دهد.



شکل ۸-۲ انتشار AM بدون موج حامل

۲-۳-۲- حذف کریر و یک باند جانبی

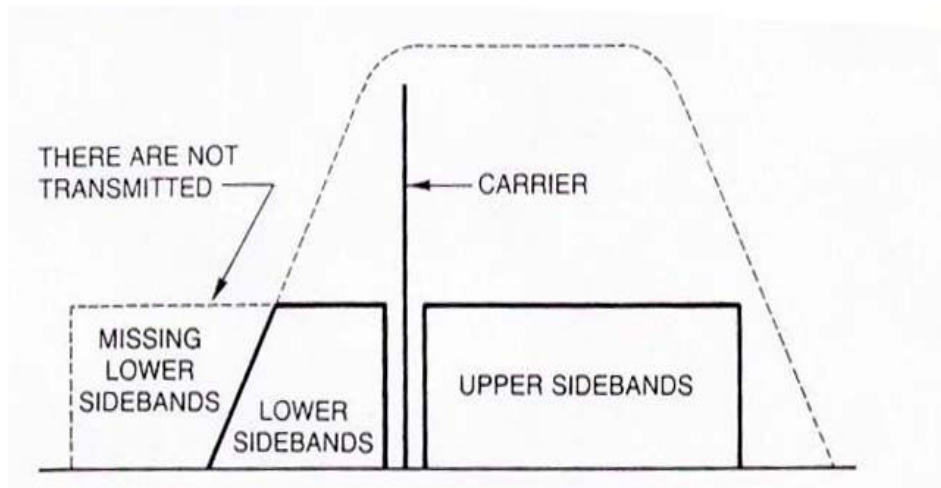
از آنجا که هر دو باند جانبی اطلاعات یکسانی دارند، یک باند جانبی را می‌توان حذف کرد. در این حالت علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف توان، پهنای باند مورد نیاز نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۹-۲ طیف فرکانسی در حالت حذف کریر و یک باند جانبی

۴-۲- روش VSB

دو روش فوق یک عیب بزرگ دارند و آن اینکه گیرنده باید موج حامل گم‌شده را مجدداً در شکل موج دریافتی جاسازی کند. این کار بسیار گران و نامطمئن است و مشکلات دیگری دارد. با توجه به این مسائل، به جای حذف کامل موج حامل از روشی به نام VSB استفاده می‌شود که در آن موج حامل به همراه یک باند جانبی و مقداری از باند جانبی دیگر ارسال می‌شود. مزیت اصلی این روش صرفه‌جویی نسبی در مصرف توان و نیاز به پهنای باند کمتر است. ضمن آنکه آشکارسازی آن نیز چندان پیچیده نیست. استفاده اصلی از این روش در پخش تلویزیونی است.



شکل ۱۰-۲ طیف فرکانسی مدولاسیون VSB

۵-۲- فرستنده‌های رادیویی

همان گونه که بیان شد هر فرستنده رادیویی دو قسمت اصلی موج حامل و سیگنال صوتی دارد؛ البته در تقسیم بندی دیگری واحد تغذیه را یک قسمت مجزا در کنار این دو قسمت ذکر می کنند. در انتخاب یا طراحی یک فرستنده رادیویی باید مسائل زیر را مدنظر قرار داد:

○ دقت و پایداری فرکانسی

فرکانس انتشار باید تمام ملزومات قانونی را دارا باشد.
فرکانس باید در تمام اوقات مشخصات مصوب را حفظ کند.

○ خلوص طیفی

خروجی های ناخواسته باید از حد مشخصی کمتر باشند.

○ راندمان

در فرستنده‌های بزرگ به دلایل اقتصادی مهم است.
در فرستنده‌های سیار به دلیل حفظ توان باطری مهم است.

○ وفاداری مدولاسیون

بسته به کاربرد، اعوجاج باید در حد قابل قبولی باشد.

از اضافه مدولاسیون باید اجتناب شود.

محدودکننده‌ها و فشرده‌سازهای صوتی باید برای نگاه داشتن شاخص مدولاسیون نزدیک به ۱۰۰٪ و نیز محافظت از فرستنده در برابر اضافه‌بار و اضافه مدولاسیون مورد استفاده قرار گیرند.

○ تغییر فرکانس سریع

همیشه مورد نیاز نیست بلکه بستگی به کاربرد دارد. (فرستنده‌های دوفرکانسی) قابلیت تغییر سریع فرکانس در موارد لزوم.

۱-۵-۲- طبقات فرستنده

اسیلاتور

- موج حامل را می‌سازد؛
- نوسان ساز کریستالی یا سینی‌سایزر فرکانسی است؛
- دقت و پایداری بسیار مهم است؛
- عموماً در توان پایین کار می‌کند.

بافر / ضرب کننده

- یک بافر تقویت‌کننده‌ای که وظیفه اصلی آن مجزاسازی طبقات است. توان آن کم و معمولاً در کلاس A است.
- ضرب‌کننده‌های فرکانس زمانی استفاده می‌شوند که فرکانس حامل باید افزایش یابد. معمولاً توان پایین و در کلاس C دارند؛ زیرا هارمونیک‌های موج اصلی مورد نیاز می‌باشند.

درایور

- یک تقویت‌کننده توان کوچک که توان مورد نیاز برای ورودی طبقه نهایی را فراهم می‌سازد و معمولاً در کلاس C است و در فرکانس انتشار تنظیم شده است.
- ممکن است چندین طبقه درایور وجود داشته باشد یا حتی در اولین طبقه درایور از پوشپول کلاس B به جای کلاس C استفاده شود.

تقویت کننده قدرت / مدولاتور

- معمولاً طبقه نهایی فرستنده است و در کلاس C کار می‌کند و در فرکانس انتشار تنظیم شده است. مدولاسیون دامنه اینجا اعمال می‌شود (در مدولاسیون سطح بالا).
- تقویت‌کننده سیگنال صوتی مدوله‌کننده باید قابلیت تأمین نیمی از توان ورودی به این طبقه را برای مدولاسیون ۱۰۰٪ داشته باشد.

تطبیق امپدانس خروجی

- امپدانس بار تقویت‌کننده باید با امپدانس خروجی، که برای فرستنده مشخص شده است، مطابقت داشته باشد.
- اغلب فرستنده‌ها امپدانس خروجی ۵۰ اهم و بعضی نیز امپدانس ۷۵ اهم دارند.
- مدار تطبیق باید هارمونیک‌های موج اصلی و نیز دیگر سیگنال‌های ناخواسته را حذف کند.

مدارات تطبیق رایج

- شبکه II: امپدانس بالای خروجی، تقویت‌کننده را با امپدانس پایین تر خروجی تطبیق می‌نماید.
- شبکه T: امپدانس پایین خروجی تقویت‌کننده را با امپدانس بالاتر خروجی تطبیق می‌نماید.

روش های مدرن مورد استفاده در فرستنده‌های رادیویی جدید:

- تقویت‌کننده‌های قدرت ترانزیستوری (به جای استفاده از لامپ)

- خروجی های تقویت کننده های ترانزیستوری متعددی با هم ترکیب و یک توان خروجی بزرگ فراهم می سازند
- مدولاسیون عرض پالس
- در اغلب فرستنده های جدید سیستم واسط است که در مسیر تقویت سیگنال صوتی قرار می گیرد و علاوه بر بهبود کیفیت، موجب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در مصرف تجهیزات می شود.

خلاصه بخش دوم

برای انتقال پیام یا برنامه های مورد نظر از دستگاه هایی به نام فرستنده استفاده می شود که عمل مدولاسیون را انجام می دهند.

عمل مدولاسیون بدین مفهوم است که صدا یا اطلاعات سوار بر فرکانسی می شود که مقدارش بیشتر از فرکانس صوتی است و هدف از این عمل ارسال پیام به نقاط دور می باشد.

انواع مدولاسیون عبارتند از مدولاسیون دامنه، فرکانس و فاز که این بخش مربوط به مدولاسیون دامنه (AM) است

موج مدوله در گیرنده بازیاب می شود و پیام یا صدا از طریق بلندگو شنیده می شود که این عمل را «دمدولاسیون» می گویند.

در فرستنده های مدوله کننده دامنه (AM) فرکانس کریر یا حامل در طبقه ای به نام اسیلاتور که دقت زیادی دارند ساخته می شود و سپس در چند طبقه تقویت و به دنبال آن عمل مدولاسیون انجام می گیرد. عمل مدولاسیون در دو سطح بالا و پایین صورت می گیرد.

اگر عمل مدولاسیون در طبقه آخر، که طبقه تقویت کننده قدرت است، انجام گیرد عمل مدولاسیون AM در سطح بالا نامیده می شود که در این طبقه تقویت کننده در کلاس C یا D کار می کند که این روش در اغلب فرستنده های پر قدرت به کار گرفته می شود. حال اگر عمل مدولاسیون در طبقات قبل از طبقه تقویت کننده آخر انجام گیرد آن را عمل مدولاسیون سطح پایین می گویند. اگر چه این روش نسبت به عمل مدولاسیون سطح بالا اقتصادی تر است ولی راندمان کمتری دارد.

یک موج مدوله شده متشکل از سیگنال کریر یا حامل و دو باند جانبی USB و LSB است که اطلاعات در این دو باند می باشد که توان کل موج مدوله شده از مجموع دو توان کریر و باندهای جانبی حاصل می شود.

در روش های جدید به دلیل اینکه هر دو باند جانبی اطلاعات یکسانی دارند تنها به ارسال یک باند جانبی اقدام می شود. اما روش دیگری در عمل مدولاسیون وجود دارد که آن روش VSB است. در این روش از یک باند جانبی همراه با قسمتی از باند جانبی دیگر استفاده می شود. با توجه به مطالب فوق به این نتیجه می رسیم که در فرستنده دو طبقه مربوط به موج حامل و سیگنال صوتی وجود دارد که طبقه موج حامل، فرکانس مورد نظر را با دقت بالاتر تولید و در چند طبقه تقویت می کند و سپس در طبقه آخر یا ما قبل آن با سیگنال صوتی، که این نیز در چند طبقه تقویت شده است، عمل مدوله صورت می پذیرد. موج مدوله شده از طریق مدارات طبقه آخر فرستنده به آنتن برای پخش ارسال می شود. برای انتقال ماکزیمم قدرت طبقه آخر فرستنده با مدارات مچینگ آنتن تطبیق داده می شود.

آزمون بخش دوم

- (۱) معنی و مفهوم عمل مدولاسیون چیست؟
- (۲) مدولاسیون سطح بالا و پایین را تعریف کنید؟
- (۳) روش VSB چیست و چه مزیتی نسبت به روش های دیگر انتقال موج مدوله با دو باند جانبی یا یک باند جانبی دارد؟
- (۴) چه توانی در یک موج مدوله برای ما مهم است و راندمان را بالا می برد؟
- (۵) هدف از تقویت سیگنال های صوتی و کریر در یک فرستنده چیست؟

بخش سوم

روش های مدولاسیون دامنه مدولاتور پوش پول، مدولاتور سری

- روش های مدولاسیون دامنه
- مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول
- مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری PDM
- مقایسه فرستنده های AM روش PDM و پوش پول

مقدمه

به عنوان مقدمه لازم است که مدولاسیون دامنه و اصول روند مدولاسیون یادآوری و بعدها در فرستنده های AM به مدولاسیون معمولی دامنه با مدولاتور پوش پول اشاره و سپس نشان داده شود که به کمک مدولاتور سری نیز عمل مدولاسیون انجام می گیرد و این همان مفهوم PDM^۱ یعنی مدولاسیون دامنه به طور سری یا مدولاسیون به روش پالس است.

در بخش دوم اشاره شد که برای ارسال سیگنال صوتی یا اطلاعات، از سیگنال حامل یا کریر استفاده می شود که این ارسال اطلاعات را دستگاهی به نام «فرستنده» صورت و عمل مدوله کردن را انجام می دهد.

تمام فرستنده های رادیویی در نهایت این عمل، یعنی سوار کردن سیگنال صوتی بر روی سیگنال کریر را، انجام می دهند و فقط روش عملکرد آنها فرق می کند که در این بخش به دو روش، که بیشترین کاربرد را دارد و اکثر فرستنده ها از آن استفاده می کنند، به صورت اجمال اشاره می کنیم.

1- Pulse Duration Modulation

طرح مسأله

سازندگان، روش ها و تکنیک های مختلفی را در ساخت طبقات یک فرستنده به کار می گیرند و در هر زمان در جهت بهبود شرایط کارکرد آنها طراحی های خاصی را مد نظر قرار می دهند.

راندمان بالا، بهره گیری از تکنولوژی پیشرفته، سیستم های کنترل کننده قسمت های مختلف فرستنده، هزینه کمتر و... از جمله مواردی است که تلاش می شود در ساخت فرستنده ها استفاده شود. همین تفکر موجب شد که در فرستنده های رادیویی روش های مختلفی به جهت انجام عمل مدولاسیون اعمال گردد. دانستن این روش ها برای درک بیشتر دانشجویان قبل از بررسی عملکرد هر فرستنده ضروری است.

بر این اساس این بخش را به دو روش مهم در نحوه عمل مدولاسیون که مبنای کارکرد فرستنده ها است اختصاص می دهیم، که اکثریت فرستنده ها را شامل می شود.

هدف های بخش سوم

هدف کلی:

فراگیران بعد از مطالعه مطالب این فصل با روش های مدولاسیون دامنه (AM) با مدولاتور پوش پول و مدولاتور سری (PDM) آشنا خواهند شد.

هدف های اجرایی:

در پایان این فصل شما قادر خواهید بود:

۱- تفاوت بین مدولاسیون دامنه را با مدولاتور پوش پول و مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری توضیح دهید.

۲- رسم شکل موج حاصل از قطع سیگنال صدا را از ورودی فرستنده در دو روش مدولاسیون انجام دهید.

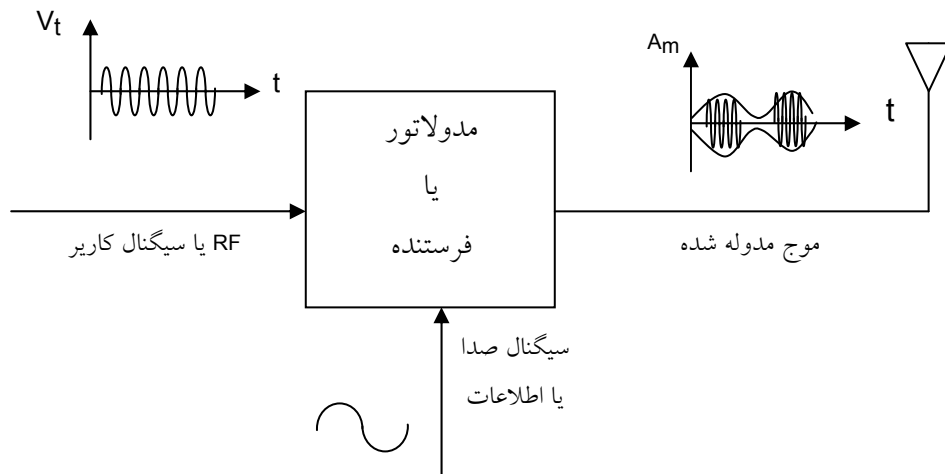
۳- فرستنده های AM را با دو روش PDM و پوش پول مقایسه کنید.

پیش آزمون بخش سوم

- (۱) فرق مدولاسیون صفحه و دامنه در چیست؟
- (۲) کلاس های تقویت کننده A و B و C را تعریف کنید؟
- (۳) به چه مداری پوش پول می گویند؟
- (۴) چگونه می توان درصد مدولاسیون را افزایش داد؟
- (۵) به چه منظوری سیگنال RF در فرستنده ها استفاده می شود؟

۳- روش‌های مدولاسیون دامنه

مهمترین عمل یک مدولاتور یا به عبارتی فرستنده، سوار کردن سیگنال صدا و یا اطلاعات بر روی سیگنال کاریر یا RF است که این عمل را «مدولاسیون» می‌گویند. شکل (۳-۱) شماتیک یک مدولاتور یا فرستنده را نشان می‌دهد که سیگنال صدا و همچنین فرکانس رادیویی (RF) به آن اعمال می‌شود و سپس عمل مدولاسیون انجام می‌گیرد و بعد از آن موج مدوله شده از آنتن پخش می‌شود.



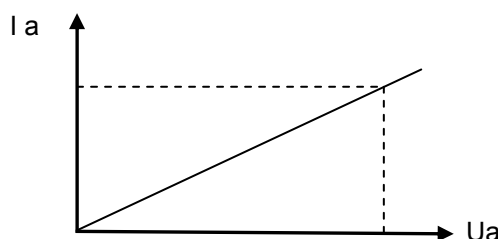
شکل (۳-۱) شماتیک یک دستگاه مدولاتور یا فرستنده

نظر به اینکه در فرستنده‌های لامپی عمل مدولاسیون بر روی آند یا صفحه لامپ طبقه نهائی صورت می‌گیرد آن را «مدولاسیون صفحه» می‌گویند. ولی در فرستنده‌های ترانزیستوری بر روی کلکتور و فرستنده‌هایی که در تقویت کننده نهایی از FET یا MOSFET استفاده شده باشد بر روی این عمل مدولاسیون صورت می‌گیرد.

در این حالت این عمل را مدولاسیون دامنه (AM)^۱ می نامند. چون که مدولاسیون در هر شرایطی بر روی دامنه سیگنال انجام می گیرد. در فرستنده های روش مدولاسیون دامنه با دو نوع مدار مدولاتور پوش پول و سری صورت می گیرد که اکثر فرستنده ها از این دو روش استفاده می کنند.^۲

۱-۳- مدولاسیون دامنه یا مدولاتور پوش پول

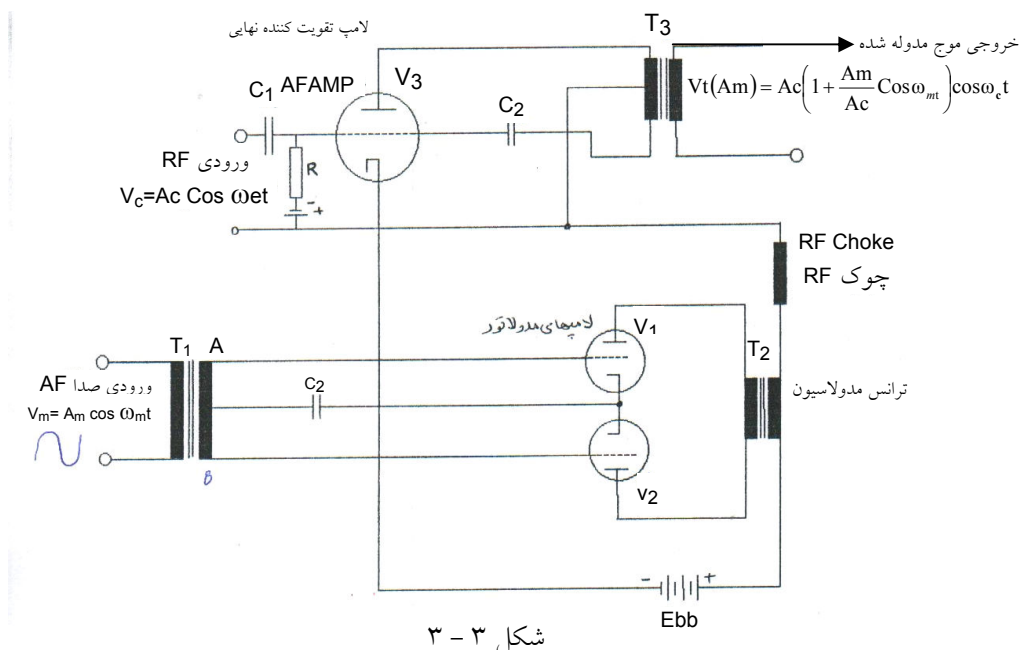
یکی از روش های مدولاسیون که در بعضی فرستنده ها انجام می گیرد روشی است که طبقه مدولاتور یا تقویت کننده سیگنال صوتی به صورت پوش پول یا کلاس B کار می کنند و عمل مدولاسیون در طبقه نهایی انجام می شود که تقویت کننده در کلاس C کار می کند. برای یاد آوری متذکر می شویم که وقتی صحبت از تقویت کننده در کلاس B می باشد بدین مفهوم است که تقویت کننده نصف یک موج (نیم موج) را تقویت می کند و وقتی تقویت کننده در کلاس C کار می کند مفهومی این است که تقویت کننده نصف یک نیم موج را تقویت می کند که در این حالت می توان به آسانی از ناحیه خطی یک تقویت کننده استفاده نمود. شکل (۲-۳) منحنی تغییرات جریان خروجی تقویت کننده (مثلاً یک لامپ) که آن را جریان «آند» می گویند نسبت به ولتاژ آند نشان می دهد که ملاحظه می شود تغییرات جریان تابعی از ولتاژ اعمالی به آند یا صفحه لامپ است.



شکل ۲-۳ تغییرات جریان نسبت به ولتاژ

1 – Amplitude Modulation

۲ – یک نوع روش مدولاسیون دیگر به نام Pulse Step Duration (PSM) وجود دارد که فرستنده های کمتری از آن استفاده می کنند. لذا این مبحث را به کتب دیگری در این زمینه واگذار می کنیم.



همان گونه که در شکل ملاحظه می شود سیگنال صدا به اولیه ترانس صوتی T1 اعمال می شود و این سیگنال به ثانویه ترانس القا می گردد. نقاط A و B ترانس به گرید دو لامپ سه قطبی وصل است. در ثانویه ترانس وقتی در نقطه A پیک مثبت باشد در نقطه B پیک منفی سیگنال صوتی وجود دارد و برعکس وقتی در نقطه B پیک مثبت باشد در نقطه A پیک منفی وجود دارد. به عبارت دیگر، نقاط A و B به اندازه ۱۸۰ درجه نسبت به هم اختلاف فاز دارند. در این صورت، وقتی نقطه A در پیک مثبت قرار دارد لامپ V1 و وقتی نقطه B مثبت شد لامپ V2 هدایت خواهد کرد.

بنابراین، دو نیم سیکل تقویت شده توسط لامپ های $V1$ و $V2$ که نسبت به هم 180° درجه اختلاف فاز دارند به اولیه ترانس مدولاسیون $T2$ اعمال می شود. سیگنال مذکور به ثانویه ترانس $T2$ انتقال می یابد. با توجه به شکل (۲-۳) ملاحظه می شود که در

ثانویه T2 ولتاژ DC منبع تغذیه Ebb نیز وجود دارد. بنابراین، در اینجا یک سیگنال صدا و یک سطح DC وجود دارد.

$$(Am \cos \omega_{mt} + DC)$$

سیگنال صدا در هر لحظه سطح DC را تغییر می دهد و این باعث می شود که یک موج یا سیگنال دیگر با مجموع سطح DC و دامنه سیگنال صدا بوجود آید که این نیز نوعی از مدولاسیون است به همین دلیل ترانس T2 را ترانس مدولاسیون می گویند.

موج در ثانویه ترانس T2 که اکنون دامنه بزرگ تری را دارد (در حقیقت این روش مدولاسیون به نوعی تقویت انجام گرفته است) از طریق چوک RF و ترانس کوپلاژ T3 به آند لامپ تقویت کننده نهایی V3 می رسد.

بنابراین، در طبقه تقویت کننده نهایی از یک لامپ سه قطبی (V3) استفاده شده است. سیگنال RF یا موج کریر با دامنه و فرکانس ثابت از طریق خازن کوپلاژ C1 به گرید لامپ می رسد.

بنابراین در طبقه تقویت کننده نهایی بر روی لامپ V3 در گرید یک سیگنال RF و بر روی آند آن یک سطح DC متغیر نسبت به سیگنال صدا وجود دارد که همین سطح DC متغیر موجب می شود که دامنه سیگنال RF را تغییر دهد و عمل مدولاسیون انجام شود. موج مدوله شده از آند لامپ V3 به اولیه ترانس کوپلاژ T3 اعمال و سپس از طریق ثانویه این ترانس برای پخش به آنتن ارسال می شود.

در شکل (۳-۳) خازن C2 به عنوان حذف پارازیت ها به کار می رود و خازن C3 برای خشی سازی اثر خازنی داخل لامپ به کار رفته است تا لامپ بتواند در فرکانس های بالا پاسخگوی خوبی باشد. منبع تغذیه ولتاژ منفی به همراه مقاومت بار RF در گرید لامپ V3 به عنوان باباس گرید به کار رفته است. چوک RF برای جلوگیری از ورود RF به منبع تغذیه Ebb در مدار قرار گرفته است.

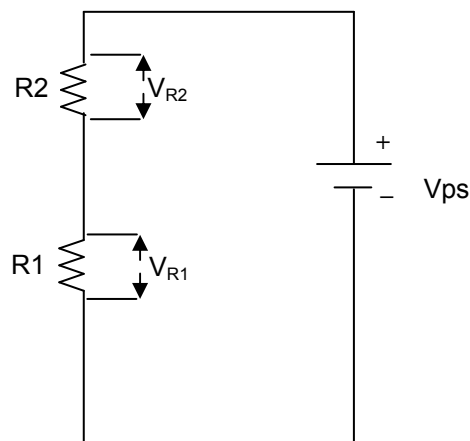
اصول کلی عملکرد فرستنده هایی که با روش فوق عمل مدولاسیون را انجام می دهند به همین طریقی است که توضیح داده شد و تفاوت ها در تغییرات مدارات و قسمت های یک نوع فرستنده می باشد. توضیح مذکور برای تقویت کننده های لامپی بود لیکن

فرستنده‌هایی که به صورت نیمه هادی هستند به جای لامپ از قطعات نیمه هادی مانند ترانزیستور - FET یا MOSFET استفاده می‌شود که در اصول عملکرد یکی می‌باشند. در بخش چهارم، اصول عملکرد فرستنده ده کیلوواتی هریس (BC10H) توضیح داده می‌شود که بیشترین کاربرد را در ایران دارد. این فرستنده از همین روش مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول استفاده کرده است.

۳-۲ — مدولاسیون دامنه با

مدولاتور سری (PDM)

این مبحث را با یک مثال ساده توضیح می‌دهیم که در شکل (۳-۴) نشان داده شده است و سپس آن را بسط خواهیم داد تا به راحتی بتوان به اصول عملکرد مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری یا مدولاسیون به روش پالس پی برد.



شکل (۳-۴)

با توجه به شکل (۳-۴) می‌دانیم

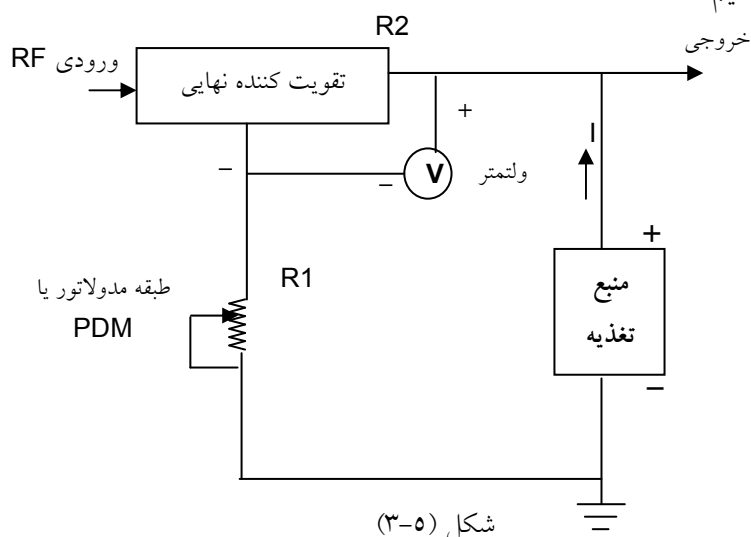
که $V_{PS} = V_{R1} + V_{R2}$ این بدین مفهوم است که ولتاژ منبع تغذیه V_{PS} بر روی دو مقاومت $R1$ و $R2$ افت می‌کند که میزان این افت‌ها به مقادیر مقاومت‌ها بستگی دارد. اگر مقاومت متغیر $R1$ تغییر کند ضمن اینکه افت ولتاژ روی خودش به همان نسبت تغییر می‌کند افت ولتاژ روی $R2$ نیز تغییر خواهد کرد؛ بنابراین افت ولتاژ ورودی $R2$ شکل (۳-۴) نیز مکرراً تغییر خواهد کرد و از حالت یک ولتاژ DC ثابت به یک ولتاژ در حال نوسان در می‌آید.

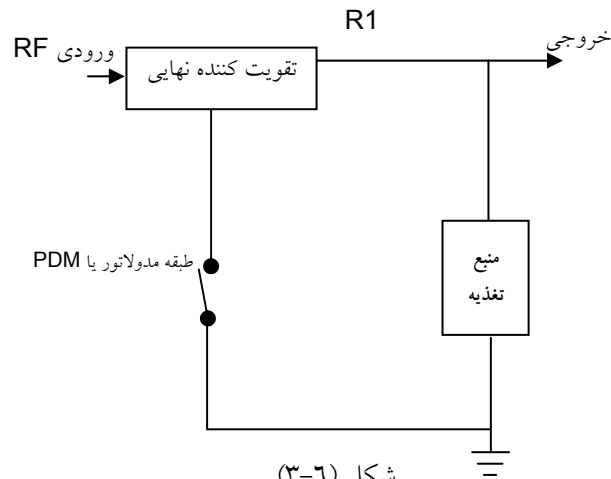
اکنون با این مثال ساده، شکل (۳-۴) را به شکل (۳-۵) بسط می‌دهیم.

در این شکل به جای $R2$ یک مدار تقویت کننده قرار گرفته است که از المانهای فعالی مانند لامپ یا ترانزیستور می باشد.

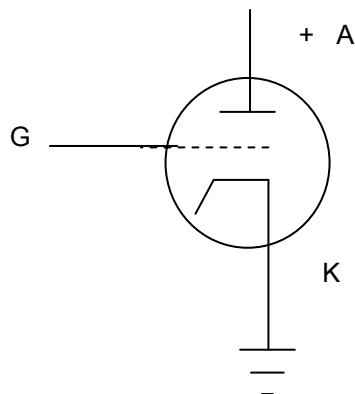
منبع تغذیه هم ولتاژ مورد نیاز مدار را تأمین می کند که اگر مقاومت متغیر $R1$ تغییر کند به نسبت تغییرات، افت ولتاژ بر روی تقویت کننده نهایی تغییر خواهد کرد. در شرایطی اگر $R1$ را در حد یک مقاومت بی نهایت بدانیم زمانی که تمام مقاومت در مدار باشد (بی نهایت) تمام ولتاژ منبع تغذیه بر اساس رابطه $V_{R1} = IR1$ بر روی $R1$ می افتد و اگر $R1$ اتصال کوتاه شود تمام ولتاژ منبع تغذیه بر روی تقویت کننده نهایی یا $R2$ می افتد. در این صورت، می توان گفت مقاومت $R1$ مانند یک کلید قطع و وصل عمل می کند.

مانند شکل (۳-۶) که به جای $R1$ یک کلید یا سوئیچ در مدار قرار گرفته است. حال اگر بخواهیم از المانی استفاده کنیم که با فرمان الکترونیکی مانند یک سوئیچ عمل نماید می توان از یک لامپ یا ترانزیستور یا المانهای مانند اینها استفاده نمود که در این قسمت از یک لامپ سه قطبی استفاده می شود که چگونگی عملکرد این لامپ را به عنوان سوئیچ توضیح می دهیم.





شکل (۳-۶)



شکل (۳-۷)

شکل (۳-۷) یک لامپ سه قطبی است که اگر به کاتد (K) ولتاژ اعمال گردد موجب گرم شدن آن می‌شود و به تصاعد الکترون از کاتد منجر می‌شود. الکترون‌های تصاعد شده به طرف آند، که ولتاژ مثبت دارد، جذب می‌شوند. (به دلیل اینکه الکترون بار منفی و آند بار مثبت دارد لذا دو عامل غیر همنام همدیگر را جذب می‌کنند).

از سوی دیگر، گرید یا شبکه بار منفی دارد که

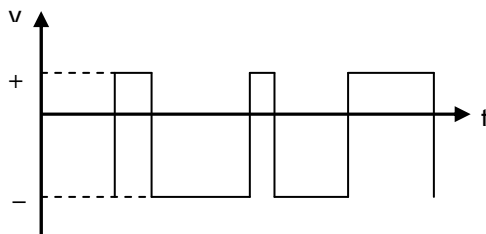
در برابر عبور الکترون‌ها از خود مقاومت نشان می‌دهند (به دلیل اینکه دو عامل همنام هستند همدیگر را دفع می‌کنند).

هر چه ولتاژ منفی گرید بیشتر باشد میزان مقاومت بیشتر خواهد شد تا جایی که می‌توان با افزایش ولتاژ منفی گرید از عبور کامل الکترون‌ها جلوگیری کرد. در این صورت اصطلاحاً لامپ در ناحیه قطع قرار می‌گیرد. حال اگر ولتاژ گرید به سمت مثبت شدن برود تا شرایطی که هیچ گونه مقاومتی در برابر عبور الکترون‌ها وجود نداشته باشد در این

صورت تمامی الکترون ها جذب آند خواهند شد که در این وضعیت لامپ مقاومت ناپیزی خواهد داشت که اصطلاحاً به صورت یک سوئیچ بسته عمل می نماید.

عاملی که می تواند یک تقویت کننده مانند لامپ را به عنوان یک سوئیچ قطع و وصل

به وجود آورد سیگنال های پالس مانند



شکل (۳-۸)

شکل (۳-۸) است که اگر سطح مثبت

پالس به لامپ برسد آن را به حالت

هدایت (ON) و اگر سطح منفی به لامپ

اعمال شود آن را در حالت (OFF) قرار

می دهد. به این پالس در بعضی از

فرستنده ها مانند هریس، PDM و در بعضی فرستنده های دیگر مانند NEC و جهاد PWM

می گویند که در این بخش ما PDM را در نظر می گیریم.

مقدار ولتاژ مثبت یا ولتاژ منفی پالس که بتواند یک لامپ گرید یا دیگر تقویت کننده

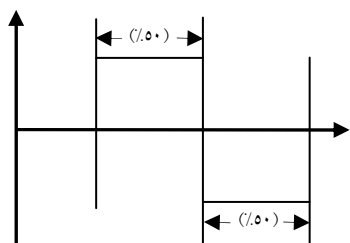
ها را به حالت قطع و وصل ببرد به نوع تقویت کننده بستگی دارد. مثلاً در مورد لامپ

های CV10000C که در فرستنده های ۱۰۰ کیلووات هریس استفاده می شود این ولتاژ بین

۱۰۰ تا ۵۰۰ ولت است؛ یعنی وقتی که سطح مثبت ۱۰۰ ولت پالس به لامپ اعمال

می شود لامپ هدایت می کند و زمانی که سطح منفی ۵۰۰ ولت به گرید لامپ برسد لامپ

کاملاً به حالت قطع می رود. میزان هدایت لامپ (ON بودن) بستگی به عرض پالس سطح



شکل (۳-۹)

مثبت و میزان قطع (OFF بودن) لامپ بستگی به

عرض پالس سطح منحنی دارد.

حال اگر یک پالس PDM با عرض مثبت ۵۰٪

مانند شکل (۳-۹) به گرید لامپ اعمال شود لامپ

در نصف زمان یک پالس هدایت می کند. مفهوم این

جمله این است که لامپ در نصف زمان از خود

مقاومتی نشان نمی دهد (اتصال کوتاه) و در نصف زمان دیگر مقاومت بی نهایت (اتصال

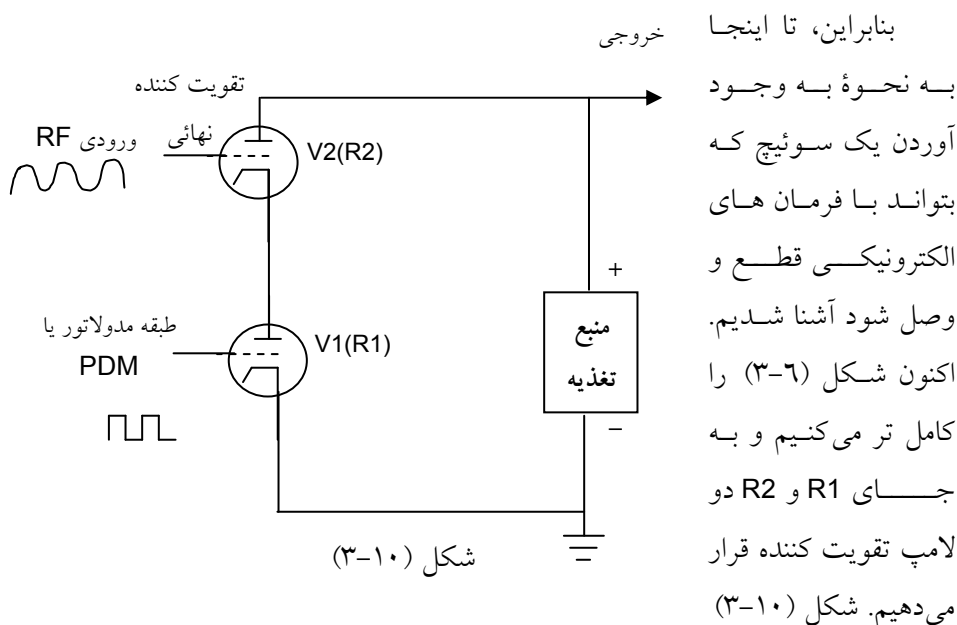
باز) خواهد داشت سپس در نصف زمان ولتاژ روی لامپ افت می‌کند و در نصف زمان دیگر افت ولتاژی وجود ندارد؛ بنابراین اگر ولتاژ روی آند ۱۰۰۰ ولت باشد در یک دوره زمانی افت ولتاژ ۵۰۰ ولت بر روی لامپ خواهد بود. $۵۰۰ \text{ ولت} = ۱۰۰۰ \times ۵۰\%$

همین نسبت نیز در بقیه موارد در تغییر عرض پالس‌ها وجود دارد. مثلاً اگر یک پالس با عرض مثبت ۳۰٪ به گرید لامپ اعمال شود افت ولتاژ برابر با ۳۰۰ ولت خواهد بود،

بنابراین رابطه را می‌توان به این صورت بیان کرد: $Dutycycle = \frac{t_{on}}{T_t}$

دیوتی سیکل یک پالس، که همان زمان هدایت لامپ است، از نسبت زمان ON (t_{on}) به کل زمان پالس (T_t) حاصل می‌شود که بر اساس مطالب فوق دیوتی سیکل یک لامپ ممکن است ۵۰٪ یا ۳۰٪ یا درصدهای دیگری باشد.

در شرایطی اگر دیوتی سیکل ۱۰۰٪ باشد لامپ کاملاً در حالت هدایت است و تمام ولتاژ منبع تغذیه بر روی آن افت می‌کند و اگر صفر باشد لامپ کاملاً در حالت قطع است و هیچ گونه افت ولتاژی بر روی آن نمی‌افتد.



همان گونه که در شکل ملاحظه می شود به جای مقاومت لامپ V1 و به جای R2 لامپ V2 قرار گرفته است. لامپ V1 به عنوان سوئیچ عمل می کند و از لامپ V2 به عنوان تقویت کننده استفاده می شود.

اصول عملکرد این مدار بدین صورت است که وقتی یک پالس به گرید لامپ V1 اعمال شود با توجه به دیوتی سایکل پالس، لامپ در وضعیت قطع و وصل قرار می گیرد. اگر لامپ V1 در زمان مثبت پالس در وضعیت هدایت قرار گیرد تمام ولتاژ منبع تغذیه روی لامپ V2 می افتد و اگر لامپ در زمان منفی پالس در وضعیت قطع قرار گیرد تمام ولتاژ منبع تغذیه بر روی لامپ V1 می افتد. چرا؟

دانشجویان جواب این چرا را با توجه به توضیحات قبلی بیان کنند.

اگر عرض مثبت یا منفی پالسی که به گرید لامپ V1 (لامپ سوئیچ با مدولاتور یا PDM) می رسد یکسان باشد یک افت ولتاژ ثابتی بر روی لامپ های V1 و V2 می افتد این یکسان بودن زمان های ON و OFF پالس در شرایطی وجود دارد که صدایی به فرستنده اعمال نشده باشد. بعداً در بخش چهارم در اصول عملکرد فرستنده های ۱۰۰ کیلووات هریس توضیح می دهیم که با اعمال صدا به فرستنده زمان های ON و OFF پالس تغییر خواهد کرد و این باعث می شود که زمان های قطع و وصل لامپ V1 تغییر کند. (یعنی دیگر زمان های ON و OFF لامپ V1 یکسان نیست) و همین تغییرات بر روی لامپ V2 که با لامپ V1 سری است تأثیر خواهد گذاشت. در نتیجه، ولتاژ تغذیه بر روی لامپ V2 با توجه به فرکانس سیگنال پالس تغییر می کند.

از سوی دیگر، سیگنال RF یا کریر به گرید لامپ تقویت کننده نهایی (V2) می آید و با تغییرات ولتاژ روی آند لامپ دامنه سیگنال کریر نیز تغییر خواهد کرد که در نتیجه در خروجی لامپ یک سیگنال مدوله شده وجود دارد.

اما نکته بسیار مهمی که در این قسمت وجود دارد و باید به آن توجه داشت در این است که از پالس PDM فقط برای سوئیچینگ (ON و OFF) کردن لامپ V1 استفاده

می‌شود تا بر اساس این عملکرد لامپ V1 دامنه ولتاژ روی V2 تغییر کند. و وقتی که این عمل را انجام داد دیگر نیازی به پالس PDM نیست و باید آن را حذف یا فیلتر نمود؛ بنابراین یک فیلتر متناسب با فرکانس پالس بین دو لامپ V1 و V2 قرار می‌گیرد. شکل (۳-۱۱).

همان گونه که در شکل (۳-۱۱) ملاحظه می‌شود وقتی پالس PDM به گرید لامپ V1 اعمال شد و از این لامپ یک سوئیچ ساخت پالس به آند لامپ V1 می‌رسد که در نتیجه فرکانس PDM را مدار فیلتر حذف می‌کند و اجازه عبور به سمت لامپ V2 را نمی‌دهد.

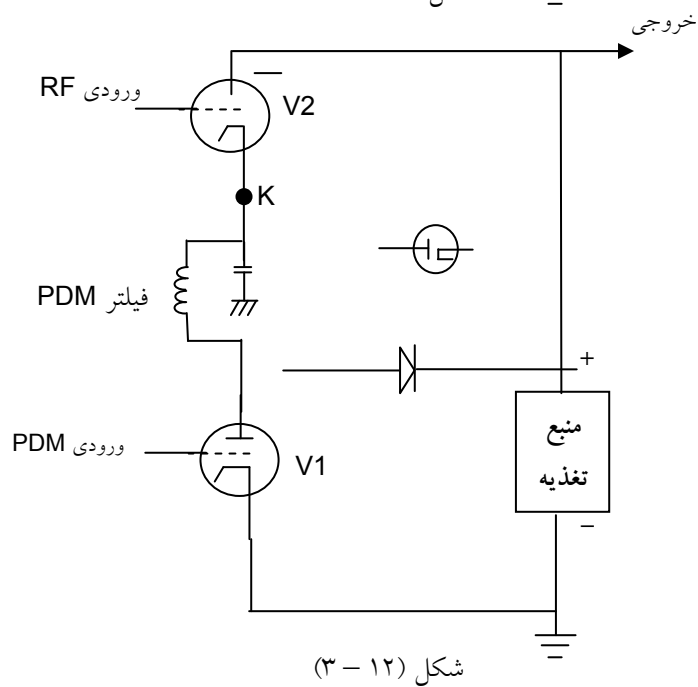
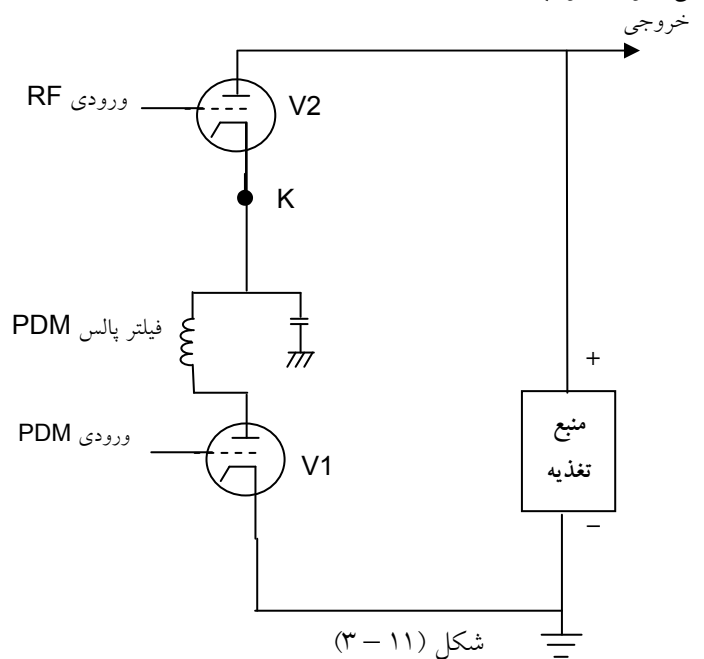
در شرایطی که فقط پالس PDM در گرید لامپ V1 وجود دارد هیچ گونه سیگنالی وجود ندارد. چرا؟
دانشجویان به این سؤال پاسخ دهند.

در زمان هدایت لامپ V1، در قطعات فیلتر پالس PDM انرژی ذخیره خواهد شد و در زمانی که لامپ V1 هدایت نمی‌کند و در شرایط قطع (OFF) قرار گرفته است انرژی ذخیره شده در مدار فیلتر باید تخلیه شود.

قبلاً گفتیم وقتی لامپ V1 در حالت قطع است تمام منبع تغذیه بر روی این لامپ افت می‌کند حال این شرایط را در زمان قطع لامپ V1 در نظر بگیریم که از سویی ولتاژ منبع تغذیه یا بر روی لامپ است و ولتاژ مدار فیلتر هم در حال تخلیه است و بر روی آند لامپ افت می‌کند در نتیجه ولتاژ به شدت بالا می‌رود (زیرا می‌دانیم که بر اساس رابطه $e = -L \frac{di}{dt}$ در یک سیم پیچ در یک لحظه ولتاژ زیادی بوجود می‌آید) و این موجب

می‌شود که دو سر لامپ V1 به شدت جرقه بزنند برای جلوگیری از این امر مطابق شکل (۳-۱۲) یک دیود دمپر (نیمه هادی یا لامپی) بین آند لامپ V1 و قطب مثبت منبع تغذیه قرار می‌گیرد. اکنون با توجه به شکل (۳-۱۲) به آسانی می‌توان عملکرد دیود دمپر را بررسی کرد. این دیود زمانی هدایت می‌کند که ولتاژ آند آن نسبت به کاتدش بیشتر شود

و اجازه نخواهد داد که ولتاژ دو سر لامپ $V1$ بیش از ولتاژ منبع تغذیه شود. چرا؟
دانشجویان به این سؤال جواب دهند.



در مطالب فوق گفتیم که اگر به یک فرستنده سیگنال صدا اعمال شود با مدارات الکترونیکی دیوتی سایکل (یا زمان های ON و OFF) پالس PDM تغییر خواهد کرد یعنی پالس PDM که به گرید لامپ اعمال می شود از دو پالس PDM و سیگنال صدا تشکیل یافته است. (در بخش چهارم در توضیح اصول عملکرد فرستنده های ۱۰۰ کیلوواتی هریس چگونگی تغییر دیوتی سایکل پالس PDM با وجود سیگنال صدا بیان خواهد شد).

اینک که پالس PDM با اضافه شدن سیگنال صدا دیگر دارای دیوتی سایکل یکسانی نسبت به گرید لامپ V1 اعمال می گردد و در نتیجه، بر اساس زمان های ON و OFF پالس PDM لامپ V1 عمل سوئیچینگ را انجام می دهد و تأثیر آن بر روی لامپ V2 صورت می گیرد.

همین پالس PDM که با سیگنال صدا همراه است در آند لامپ V1 وجود دارد و در عبور از مدار فیلتر شکل (۱۲-۳) پالس PDM حذف و سیگنال صدا عبور می کند؛ بنابراین، در نقطه K فقط سیگنال صدا را داریم. همین سیگنال باعث می شود که ولتاژ آند لامپ V2 نسبت به دامنه سیگنال صدا تغییر کند و در نتیجه دامنه موج کریر را که بر گرید آن اعمال شده است تغییر دهد و عمل مدولاسیون انجام گیرد. موج مدوله شده از طریق خروجی فرستنده به جهت پخش به آنتن ارسال می شود.

دانشجویان عزیز اگر مطلب را خوب درک کرده باشند می توانند به این سؤال پاسخ

گویند:

– در نقطه K (یا کاتد لامپ V2) دامنه سیگنال صدا چقدر است؟

۳-۳- مقایسه فرستنده های AM روش PDM و پوش پول

جدول زیر فرستنده های AM را با دو روش PDM و پوش پول نشان می دهد.

روش پوش پول	روش PDM
راندمان کلی بین ۴۵ تا ۵۵ درصد است.	راندمان کلی بین ۶۵ تا ۷۵ درصد است.
ترانس مدولاسیون گران قیمت لازم است.	نیازی به ترانس مدولاسیون نیست، لیکن به جای آن به ترانس منبع تغذیه H.V نیاز است.
تعداد لامپ های به کار رفته بیشتر است و در نتیجه دیستورشن بالاتر می باشد	به دلیل به کارگیری لامپ کمتر دیستورشن پایین تر است.
هزینه نگهداری بیشتر است.	هزینه نگهداری به دلیل مصرف کمتر لامپ بخصوص اینکه در طبقه مدولاتور لامپ مربوطه به صورت سوئیچ عمل می کند کمتر می باشد.
قدرت خروجی فقط در حالت تمام قدرت و نیمه قدرت قابل انتخاب است.	قدرت خروجی در هر میزانی که مورد نظر باشد قابل انتخاب است.
تعمیرات باید در حالت نیمه قدرت یا تمام قدرت یک فرستنده انجام گیرد.	تعمیرات آسان تر است زیرا می توان قدرت فرستنده را در هر میزانی که نیاز است انتخاب نمود.

خلاصه بخش سوم

عمل مدولاسیون سوار کردن یک سیگنال بر روی سیگنال دیگر است. مثلاً سوار کردن سیگنال صدا بر روی سیگنال کریر که این عمل را مدوله و بازیاب آن را درگیرنده ها عمل دمدوله می گویند.

عمل مدولاسیون در طبقات آخر آند یا صفحه یک لامپ یا کلکتور ترانزیستورها یا در این FET یا MOSFET انجام می گیرد و به طور کلی آن را «عمل مدولاسیون دامنه» می گویند.

سه نوع مدولاسیون دامنه وجود دارد. مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول، مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری (PDM) و مدولاسیون دامنه با روش PSM. که اکثر فرستنده های مورد بهره برداری در ایران از دو روش اول و دوم استفاده می کنند.

مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول بدین روش انجام می شود که سیگنال صدا در طبقه ای به نام مدولاتور با دو تقویت کننده کلاس B به صورت پوش پول تقویت می شود و سپس از طریق ترانس مدولاسیون با سطح DC جمع می شود و به آند لامپ طبقه آخر اعمال می شود. در طبقه آخر، سیگنال RF یا کریر به گرید لامپ اعمال می شود و چون ولتاژ روی آند لامپ متغیر می باشد در نتیجه، عمل مدولاسیون صورت می گیرد و موج مدوله شده به آنتن ارسال و پخش می شود.

در روش مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری (PDM) تقویت کننده مدولاتور با تقویت کننده نهایی به طور سری می باشند و عملکرد هر کدام بر دیگری تأثیر گذار است که در اینجا تقویت کننده مدولاتور یا PDM بر اساس سیگنال صدا و پالس PDM عملکرد متغیری با توجه به دیوتی سایکل پالس PDM دارد که این متغیر بودن تأثیر مستقیم بر روی تقویت کننده نهایی خواهد داشت. بر اساس این تغییرات است که ولتاژ آند تقویت کننده نهایی نیز تغییر می کند و چون به گرید تقویت کننده این طبقه موج RF اعمال شده است بنابراین، دامنه این موج تحت تأثیر تغییرات ولتاژ آند قرار می گیرد و عمل مدولاسیون

صورت می گیرد. موج مدوله شده از طریق خروجی تقویت کننده به آنتن برای پخش ارسال می شود.

روش PDM نسبت به روش پوش پول مزیت هایی دارد که می توان به راندمان بالاتر، هزینه ساخت و نگهداری کمتر، قابل کنترل بودن فرستنده، در نتیجه تعمیرات آسان تر، پایین بودن دیستورشن و مصرف کمتر برق می توان اشاره کرد.

آزمون بخش سوم

- (۱) چه فرقی بین مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش پول و مدولاسیون دامنه با مدولاتور سری است؟
- (۲) در دو روش مدولاسیون اگر سیگنال صدا از ورودی فرستنده قطع شود در خروجی فرستنده چه موجی وجود دارد؟ شکل آن را رسم کنید.
- (۳) کنترل قدرت در کدام یک از دو روش PDM و پوش پول آسان تر است؟ با دلیل ذکر کنید.
- (۴) در یک فرستنده لامپی طول عمر لامپ مدولاتور بیشتر است یا لامپ تقویت کننده نهایی دلیل آن را بیان کنید؟
- (۵) روش PDM نسبت به روش پوش پول چه مزیت هایی دارد؟

بخش چهارم

اصول عملکرد فرستنده های هریس مدل های BC 10 H و VP 100

- اصول عملکرد فرستنده های هریس.
- اصول عملکرد فرستنده های ده کیلو واتی هریس BC 10 H
- مدار رزونانس $L - C$
- اصول عملکرد فرستنده های پنجاه، صد کیلو واتی هریس VP 100
- برد PDM
- طبقه درایور صدا یا درایور مدولاتور
- طبقه مدولاتور
- طبقه تقویت کننده نهایی PA

مقدمه

از زمانی که فرستنده‌های رادیویی شروع به کار نمودند در کلیه طبقات تقویت کننده آن از لامپ استفاده شده بود. حتی در قسمت تغذیه از لامپ‌های دو قطبی جیوه ای برای یکسو سازی و تهیه ولتاژ DC استفاده شده بود.

روشی که در ساخت فرستنده‌ها به کار گرفته بودند روش مدولاسیون دامنه با مدولاتور پوش‌پول بود که عموم فرستنده‌ها را شامل می شد؛ اما با گذشت زمان و ورود نیمه هادی‌ها به بازار کار، قسمت‌های یک فرستنده به تدریج تبدیل به نیمه هادی شده بود. دیودها جای لامپ‌های جیوه ای دوقطبی را گرفتند و ترانزیستورها و دیگر تقویت کننده‌های نیمه هادی جایگزین لامپ شدند. تا هنگامی که در یک فرستنده از لامپ و نیمه هادی‌ها به طور مشترک استفاده شد.

از نیمه هادی‌ها معمولاً در مدارات پیش تقویت کننده قدرت بالا استفاده می گردید. از این نوع فرستنده هم اکنون نیز استفاده شود. لذا این بخش را به معرفی و طریقه عملکرد دو نوع فرستنده اختصاص می‌دهیم که از دو المان لامپ و نیمه هادی استفاده کرده اند.

فرستنده‌های ده کیلوواتی هریس BC10H که از روش مدولاسیون با مدولاتور پوش‌پول و صد کیلوواتی هریس که از روش مدولاسیون با مدولاتور سری کار می کنند از جمله فرستنده‌هایی است که از هر دو المان لامپ و نیمه هادی در طبقات تقویت کننده استفاده کرده است که در این بخش به اصول عملکرد آنها می پردازیم؛ البته لازم به یادآوری است که در ادامه مسیر تکاملی ساخت فرستنده‌های رادیویی، سازندگان به ساخت فرستنده‌هایی پرداخته اند که به صورت نیمه هادی است که در بخش ششم به یک مدل از آنها اشاره خواهد شد.

طرح مسأله

در این بخش دو روش مهم عمل مدولاسیون شرح داده و بیان شد که این دو روش متداول ترین روش هاست که در فرستنده های رادیویی مورد استفاده واقع می شود، لذا برای اینکه روش های نامبرده در فرستنده ها به طور عملی ملاحظه شود دو نوع فرستنده را، که تعدادشان در ایستگاه های رادیویی زیاد است، انتخاب و به اصول عملکرد آنها اشاره می شود.

اگر با عملکرد دو نوع فرستنده انتخاب شده از کمپانی هریس، که مدل های فرستنده ۱۰ کیلو واتی (BC10H) و صد کیلو واتی (VP100) می باشند به طور کلی آشنایی حاصل شود می توان با بقیه فرستنده های دیگری هم که ساخت سایر کشورها در مدل های مختلفی است آشنایی پیدا کرد.

هدف‌های بخش چهارم

هدف کلی: فراگیران بعد از مطالعه مطالب این فصل با اصول عملکرد فرستنده های هریس مدل های VP100 g BC10 H آشنا می‌شوند.

هدف های اجرایی: در پایان این فصل شما قادر خواهید بود:

- ۱- اصول عملکرد فرستنده هایی را که مدولاتور های آنها به صورت پوش پول است توضیح دهید.
- ۲- اصول عملکرد فرستنده هایی را که مدولاتور های آنها به صورت سری است توضیح دهید.
- ۳- چگونگی شکل موجی را که در خروجی برد PDM بدون صدا باشد بیان کنید.
- ۴- چگونگی شکل موج بعد از فیلتر پایین گذر PDM را هنگامی که صدا به فرستنده اعمال شده است بیان کنید.
- ۵- عملکرد مدارات رزونانس هارمونیک سوم در فرستنده ها را به صورت تحقیقاتی توضیح دهید.

پیش آزمون بخش چهارم

- (۱) وظیفه اصلی یک فرستنده چیست؟
- (۲) از چه روش‌هایی در فرستنده‌های ده کیلوواتی BC10H و صد کیلوواتی VP100 هریس برای عمل مدولاسیون استفاده می‌شود؟
- (۳) اسپلاتور در فرستنده‌ها چه عملی انجام می‌دهد؟
- (۴) عمل مدولاسیون در چه طبقه‌ای انجام می‌شود؟
- (۵) عملکرد تقویت کننده‌ای مانند لامپ در طبقه مدولاتور در فرستنده‌های BC10H و VP100 چگونه است؟

۴ – اصول عملکرد فرستنده های هریس HARRIS

کمپانی هریس ساخت فرستنده های خود را بر اساس روش مدولاسیون با مدولاتور پوش پول آغاز نمود که در طبقات تقویت کننده آن از لامپ استفاده می کرد.

قدرت خروجی این فرستنده ها از یک کیلووات به بالا بود که متداول ترین و پر استفاده ترین نوع آن در ایران فرستنده ده کیلووات BC10H است که از ترکیب دو المان لامپ و نیمه هادی در طبقات تقویت کننده بهره برده است. لذا در این بخش به طرز کار این نوع فرستنده اشاره می شود.

اما در سال ۱۹۶۷ کمپانی هریس به ساخت فرستنده هایی مبادرت ورزید که روش مدولاسیون آن بر اساس زمان پالس یا PDM استوار بود و این تکنیک بهترین روش مدولاسیون شناخته شد به گونه ای که دیگر کشورها هم با الگو برداری از آن نسبت به ساخت این نوع فرستنده ها اقدام کردند.

در قسمتی از این بخش هم به یک نوع از این مدل فرستنده ها که ۱۰۰ کیلووات هریس است اشاره می کنیم.

۴-۱- اصول عملکرد فرستنده ده کیلوواتی هریس BC10H

شکل (۴-۱) بلوک دیاگرام فرستنده های ده کیلوواتی هریس را نشان می دهد، همان گونه که ملاحظه می شود روش مدولاسیون در این نوع فرستنده ها بر اساس مدولاتور پوش پول انجام می گیرد که در این قسمت از دو عدد لامپ استفاده شده است.

با این فرستنده می توان دو نوع قدرت خروجی انتخاب کرد. اگر فرستنده در تمام قدرت باشد خروجی فرستنده ۱۰ کیلووات خواهد بود و اگر به صورت نیمه قدرت استفاده شود خروجی آن ۵ کیلووات (و در بعضی از فرستنده ها ۲٫۵ کیلووات) خواهد بود.

اکنون به شکل (۴-۱) بر می گردیم. در این شکل صدای ورودی به مدار تغییر دهنده سطح صدا اعمال می شود. این طبقه صدای ورودی را بر اساس نوع قدرت انتخاب شده

برای فرستنده تنظیم می‌کند؛ زیرا هنگامی که فرستنده در حالت نیمه قدرت قرار می‌گیرد دامنه سیگنال صدا باید نسبت به حالت تمام قدرت کمتر باشد تا در هنگام مدولاسیون توازن برقرار باشد؛ لذا صدا در این طبقه در حالت نیم قدرت فرستنده با تعدادی مقاومت کاهش می‌یابد و در زمانی که فرستنده به صورت تمام قدرت باشد مقاومت‌ها از مدار خارج می‌شود و سیگنال صدا به صورت کامل به مدار تقویت کننده بعدی (درایور صدا) اعمال می‌شود. درایور صدا و طبقه راه انداز لامپ‌های مدولاتور از یک مدار پوش‌پول به صورت نیمه هادی تشکیل یافته است که سیگنال صدا را تقویت می‌کند که این دو سیگنال نسبت به هم ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند. این دو سیگنال از طریق دو مقاومت R603 و R604 که به عنوان مقاومت بار شبکه‌های لامپ محسوب می‌شوند به گرید لامپ‌های V601 و V602 اعمال می‌شود.

ولتاژ 5100Vdc نیز از طریق ترانس مدولاسیون T601 به آند لامپ‌های پوش‌پول اعمال می‌شود. در نتیجه، سیگنال صدا که با سطح DC جمع شده است به اولیه ترانس T601 اعمال می‌شود و این سیگنال به ثانویه انتقال می‌یابد (برای بررسی بیشتر در نحوه عملکرد مدار پوش‌پول به بخش شوم قسمت ۱-۳ مراجعه شود).

در ثانویه ترانس T601 سیگنال صدا به همراه ولتاژ 5100Vdc (در نیم قدرت این ولتاژ حدود 2500Vdc می‌باشد) که از منبع تغذیه H.V می‌آید از طریق مدار مچینگ L602, L603 و C628 و مدار رزونانس هارمونیک سوم L617 و C651 به آند لامپ‌های V604 و V605 اعمال می‌شود؛ بنابراین، در آند لامپ‌ها یک سیگنال صدا همراه با سطح DC, 5100Vdc وجود دارد که برآیند آنها یک جمع جبری می‌شود.

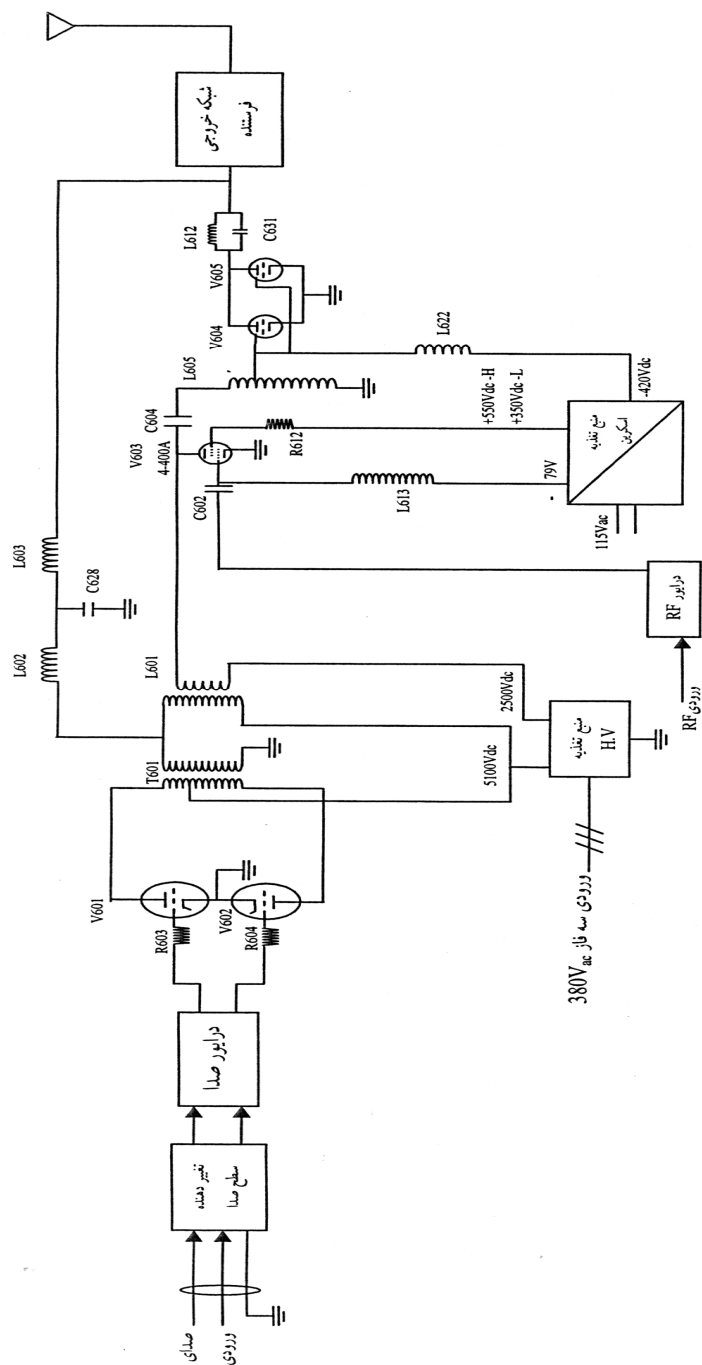
از سوی دیگر، اگر سیگنال RF یا کریر به گرید لامپ چهار قطبی (تترود) 4-400A (V603) اعمال می‌شود این لامپ که قبل از طبقه تقویت کننده نهایی قرار دارد به عنوان یک پیش تقویت عمل می‌کند تا بتواند لامپ‌های V604 و V605 را راه بیاندازد. سیگنال RF از طریق سد کننده ولتاژ DC (C602) به گرید لامپ می‌رسد و ولتاژ بایاس -79Vdc که منبع تغذیه مربوط به شبکه را تهیه می‌کند از طریق سد کننده RF (L613) به

گريد اعمال می‌شود و ولتاژ $+350\text{Vdc}$ هم توسط منبع تغذيه مربوطه تهيه می‌شود که از طريق مقاومت بار $R612$ به اسکرين لامپ $V603$ می‌رسد. از سوی ديگر، 20% سيگنال صدا از طريق ثانويه $T601$ به اوليه چوک مدولاسيون $L601$ اعمال می‌شود که اين سيگنال به ثانويه $L601$ انتقال می‌يابد و از اينجا با ولتاژ 2500Vdc که از منبع تغذيه می‌آيد به آند لامپ $V603$ اعمال می‌شود. بنابرین، بایاس لامپ به شرح زیر است:

آند: سيگنال صدا $+ 2500\text{Vdc}$

گريد: سيگنال $-79\text{Vdc} + \text{RF}$

اسکرين: $+350\text{Vdc}$



شکل ۴-۱ بلوک دیگرام فرستنده ۱۰ کیلو واتی هریس BC10H

در چنین حالتی، لامپ 4-400A (V603) عمل مدولاسیون را که سوار کردن صدا بر روی سیگنال RF است انجام می دهد. موج مدوله در آند لامپ V603 از طریق خازن سد کننده ولتاژ DC (C604) و مدار تنظیم کننده L605 به گرید لامپ های تقویت کننده نهایی می رسد. کوئیل L605 برای انتقال ماکزیمم انرژی از طبقه قبل به طبقه بعدی می باشد.

در طبقه تقویت کننده نهایی (PA) دو لامپ سه قطبی وجود دارد که به صورت موازی کار می کنند علت استفاده از دو لامپ برای افزایش جریان و در نتیجه تهیه قدرت بیشتر در این نوع فرستنده می باشد.

بایاس +420Vdc که توسط منبع تغذیه شبکه لامپ های PA تهیه می شود از طریق سیم سوئیچ کننده RF (L622) به گرید لامپ های PA اعمال می شود. بنابراین، بایاس لامپ های PA (V604 و V605) به شرح زیر است:

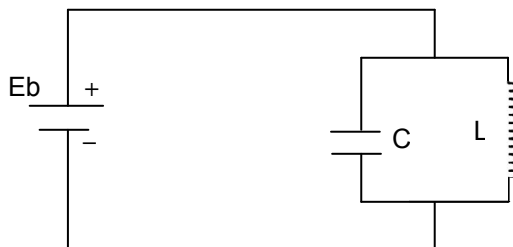
آند: سیگنال صدا +5100Vdc (برای تمام قدرت) یا 2500Vdc (برای نیم قدرت)

گرید: موج مدوله شده + ولتاژ بایاس 0420Vdc

در چنین حالتی عمل مدولاسیون در این لامپ ها انجام می گیرد و موج مدوله شده از مدار رزونانس هارمونیک سوم و مدار شبکه خروجی به آنتن به جهت پخش ارسال می شود.

مدار رزونانس L617 و C631 که

برای هارمونیک سوم رزونانس می کند به جهت بردن لامپ های PA از کلاس C به کلاس D به کار می رود تا راندمان این طبقه افزایش یابد. برای درک بیشتر مدار فوق را بیشتر بررسی می کنیم.

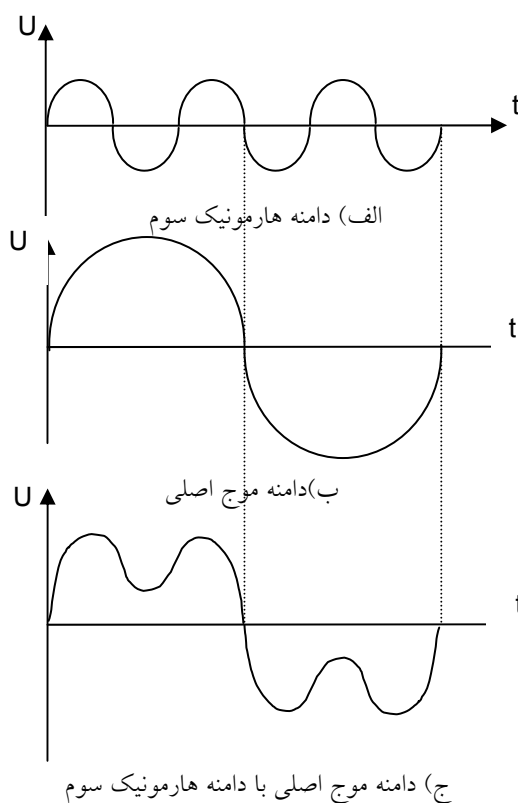


شکل ۲-۴ مدار نوسان سازی LC

۱-۱-۴- مدار رزونانس L-C

برای درک بیشتر عمل نوسان سازی با سلف و خازن موازی، مدار شکل (۲-۴) را رسم می‌کنیم و به تشریح آن می‌پردازیم.

تعریف کلی: برای شروع به کار مدار، به یک منبع تغذیه DC احتیاج است. وقتی ولتاژ اولیه از باتری (Eb) به مدار LC می‌رسد روی دو صفحه خازن شارژ (ذخیره) شده و روی سلف یا سیم پیچ به صورت جریان مغناطیسی القاء می‌شود. در اثر تبادل انرژی الکتریکی بین سلف و خازن نوسان (موج سینوسی) ایجاد می‌شود که بستگی به ظرفیت خازن دارد.



شکل (۳-۴)

شرح مدار: جریان الکتریکی از باتری عبور کرده و روی خازن شارژ می‌شود. چون سر دیگر خازن به سلف وصل است در نتیجه، ولتاژ شارژ شده روی صفحات خازن، در سلف به صورت جریان مغناطیسی القاء می‌شود. می‌دانیم که جریان القایی با عامل به وجود آورنده خود مخالف می‌کند، یعنی آن را پس می‌زند و در لحظه اول از خود عبور نمی‌دهد. بنابراین، وقتی بار (ولتاژ) ذخیره شده روی صفحات خازن، در سلف القاء شد خاصیت القایی سلف اجازه عبور از خود را نمی‌دهد. در نتیجه، جریان برگشته و به خازن

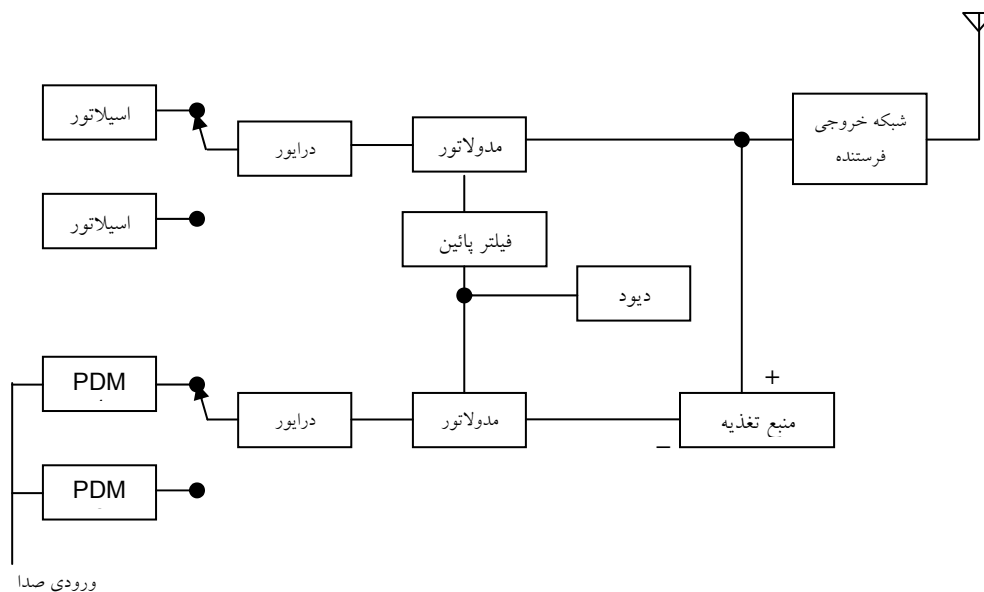
می‌آید. بار دوم از آن صفحه خازن به سر دیگر سلف می‌رود و در آن القاء می‌شود و به دلیلی که ذکر شد دوباره به خازن بر می‌گردد؛ بنابراین یک بار یک صفحه خازن مثبت و یک بار صفحه دیگر مثبت می‌شود. در یک شارژ و دشارژ از دو طرف (بالا و پایین) بین سلف و خازن نوسانی کامل و جریانی سینوسی بوجود می‌آید. (در رفت یک نیم سیکل و در برگشت یک نیم سیکل دیگر).

بنابراین، با شرحی که در مورد نوسان ساز LC در بالا گذشت سیم پیچ متغیر L611 و خازن C631 مانند مدار شکل (۳-۴) یک مدار نوسان ساز LC را تشکیل می‌دهند که برای نوسان این مدار از ولتاژ +5100Vdc (یا برای نیم قدرت 2500Vdc) استفاده می‌شود.

مدار رزونانس موازی (مدار تانک) L617 و C631 فرکانسی می‌سازد که سه برابر فرکانس اصلی می‌باشد. شکل (۳-۴ الف) اگر این فرکانس (هارمونیک سوم) با موج اصلی (شکل ۳-۴ ب) جمع جبری شود شکلی مطابق (۳-۴ ج) به دست می‌آید که نیم سیکل‌های آن تقریباً نزدیک به شکل مربع می‌شود و می‌دانیم که قدرت به سطح زیر منحنی‌ها بستگی دارد. بنابراین، در اینجا سطح منحنی زیادتر شده است (نسبت به سطح زیر زمینی موج اصلی) که به دنبال آن راندمان (قدرت) بیشتری خواهیم داشت. مزیتی که کلاس D دارد در این است که از دامنه پیک‌های زیاد جلوگیری شده (به صورت مربعی می‌باشد) که در نتیجه: اولاً از ایجاد دیستورشن زیاد جلوگیری می‌شود. ثانیاً از صدمه زدن به المان‌های دیگر بر اثر پیکاپ زیاد جلوگیری می‌نماید.

۲-۴- اصول عملکرد فرستنده‌های پنجاه و صد کیلوواتی هریس VP100

برای بررسی نحوه عملکرد فرستنده‌های پنجاه و صد کیلوواتی هریس که با روش PDM کار می‌کند بلوک دیاگرام شکل (۴-۴) را در نظر می‌گیریم.



شکل ۴-۴ بلوک دیاگرام فرستنده‌های پنجاه و صد کیلوواتی هریس

همان گونه که در شکل (۴-۴) ملاحظه می‌شود طبقات اسیلاتور و PDM هر کدام از دو طبقه مشابه تشکیل شده است که در هر زمان یک طبقه به عنوان رزرو است. به دلیل اینکه اگر یکی از طبقات اسیلاتور یا PDM دچار عیب شد از طبقات رزرو استفاده شود که آن را یک سلکتور انتخاب می‌کند.

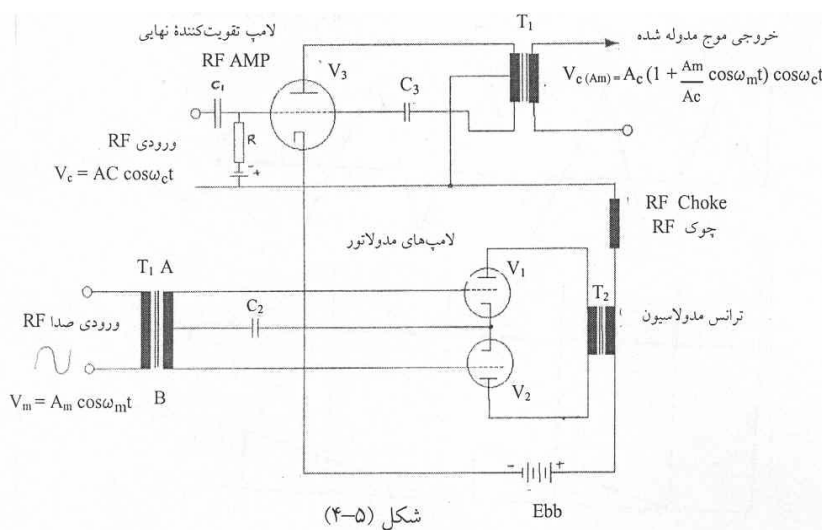
بر اساس آنچه در بخش سوم درباره روش مدولاسیون با مدولاتور سری توضیح داده شد. خروجی مدولاتور از طریق فیلتر پایین گذر به طبقه تقویت کننده نهایی می‌رسد. فیلتر پایین گذر مانع عبور سیگنال PDM می‌شود و در نتیجه فقط صدا به تقویت کننده نهایی اعمال می‌شود.

از سوی دیگر، سیگنال RF یا کریر در طبقه درایور تقویت می‌شود تا بتواند تقویت کننده نهایی را به کار بیاندازد. به هر صورت، پالس PDM در طبقه مربوطه ساخته می‌شود و سپس به طبقه تقویت کننده درایور صدا می‌رسد و پس از آن به طبقه مدولاتور اعمال می‌شود و مدولاتور را به کار می‌اندازد. با اعمال سیگنال صدا و RF به تقویت کننده

موج مدوله شده از خروجی طبقه تقویت کننده نهایی و از طریق شبکه خروجی فرستنده برای پخش به آنتن ارسال می شود شبکه خروجی فرستنده به جهت تطبیق امپدانس خروجی آنتن با مدارات آنتن استفاده می گردد.

دیود دمپر اثرات انرژی ذخیره شده در فیلتر پایین گذر را در زمان قطع عمل مدولاتور به منبع تغذیه برمی گرداند. اینک بلوک دیاگرام شکل (۴-۴) بسط داده می شود و فرستنده با جزئیات بیشتری نشان و به دنبال آن توضیح داده می شود تا با نحوه عملکرد فرستنده‌های هریس با روش مدولاسیون PDM آشنایی بیشتری حاصل شود.

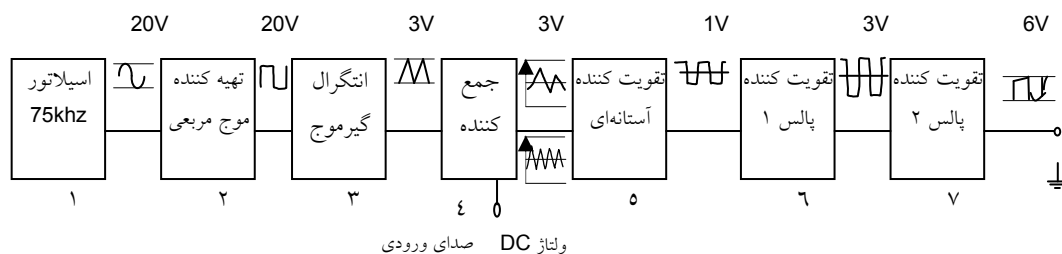
شکل (۴-۵) شماتیک مورد نظر از این نوع فرستنده ها را نشان می دهد.



۴-۲-۱- برد PDM

همان گونه که در شکل ملاحظه می شود پالس PDM طی مراحل طی در بردهای PDM ساخته می شود. در اینجا دو برد قرار دارد که در هر زمان یکی از آنها قابل انتخاب است و برد دیگر به عنوان رزرو استفاده می شود

شکل (۴-۶) بلوک دیاگرام طبقات مختلف برد PDM را نشان می دهد که یک فرکانس سینوسی 75KHZ در اولین طبقه ساخته می شود و سپس در طبقه دوم این موج به یک پالس مربعی تبدیل می شود و در طبقه بعد از موج مربعی انتگرال گرفته می شود و به صورت دنداناره ای در می آید. این موج در طبقه بعد با سیگنال صدا و یک سطح DC جمع می شود و در طبقه پنجم از مجموعه این سه عامل موج دنداناره ای، سیگنال صدا و سطح DC یک تقویت کننده آستانه ای یک پالس می سازد و پس از آن، در دو طبقه بعدی این سیگنال پالس تقویت شده و به طبقه درایور مدولاتور اعمال می شود.



شکل (۴-۶) شکل موجهای طبقات مربوط به برد PDM

در این شکل، موج سینوسی را طبقه اول ساخته است و پالس مربعی در طبقه دوم ساخته شده است که پس از انتگرال گیری از این پالس موج دنداناره ای به دست می آید که در سومین شکل موج ملاحظه می گردد. موج چهارم نمونه ای از سیگنال صداست که به موج دنداناره ای اضافه می شود.

همان گونه که در شکل (۶-۴) ملاحظه می شود شکل موج چهارم مجموع سیگنال صدا، سطح DC و موج دندانان اریه ای را یکجا نشان می دهد که به طبقه چهارم برد PDM (شکل ۶-۴ طبقه جمع کننده) اعمال می شوند.

مجموعه این سه عامل در طبقه پنجم تبدیل به یک پالس می شود که این پالس در دو طبقه بعدی تقویت می شود. شکل موج ششم پالس خروجی برد PDM را نشان می دهد که ترکیبی از سیگنال صدا، سطح DC و موج دندانان اریه ای می باشد.

۲-۲-۴- طبقه درایور صدا یا درایور مدولاتور

خروجی برد PDM مستقیم به شبکه لامپ AUDIO DRIVER در طبقه درایور لامپ مدولاتور اعمال می شود. در این طبقه یک تقویت کننده پالس عمل می کند. همان گونه که در شکل (۶-۴) ملاحظه شد در این طبقه دو منبع تغذیه 1A4 و 1A5 وجود دارد که منبع تغذیه 1A5 ولتاژ 500Vdc- را برای شبکه لامپ های درایور صدا و مدولاتور تأمین می نماید و ولتاژ شبکه لامپ درایور صدا از طریق مقاومت R1 تأمین و به وسیله یک دیود زنر ۲۰۰ ولت (CR1) ولتاژ آن تثبیت می شود.

در این طبقه، منبع تغذیه 1A4 ولتاژ ۸۰۰+ ولت را برای اسکرین و آند لامپ درایور صدا و همچنین اسکرین لامپ مدولاتور تأمین می کند که ولتاژ ۳۰۰ ولت اسکرین لامپ درایور صدا به وسیله سه دیود زنر ۱۰۰ ولت (CR2, CR3, CR4) که به طور سری است تثبیت می شود.

حال زمانی که پالس PDM به شبکه لامپ درایور صدا اعمال می شود، ولتاژ این لامپ از ۲۰۰+ ولت تا ۸۰۰+ ولت تغییر می کند. تغییرات ولتاژ از طریق مدارات مربوط به شبکه لامپ مدولاتور (1V1) اعمال می شود؛ بنابراین پالس تقویت شده از طریق دیودهای DC کوپلر به شبکه لامپ مدولاتور اعمال می شود.

DC کوپلر از هفت دیود زنر ۱۰۰ ولت تشکیل یافته است که به طور سری به هم وصل هستند که اگر ولتاژ لامپ درایور صدا ۲۰۰+ ولت باشد، ولتاژ شبکه لامپ مدولاتور ۵۰۰- ولت می شود و چنانچه به ۸۰۰+ ولت برسد ولتاژ شبکه لامپ مدولاتور ۱۰۰+ ولت

خواهد بود؛ بنابراین ولتاژ شبکه لامپ مدولاتور بین ۱۰۰+ ولت تا ۵۰۰- ولت متغیر است که ۱۰۰+ ولت لامپ مدولاتور را ON و ۵۰۰- ولت OFF می‌کند.

۳-۲-۴- طبقه مدولاتور

همان گونه که در قسمت ۲-۲-۴ توضیح داده شد پالس خروجی DC کوپلر به شبکه لامپ مدولاتور اعمال می‌شود و این پالس ولتاژ شبکه لامپ را بین ۱۰۰+ ولت تا ۵۰۰- ولت تغییر می‌دهد. چنانچه در شکل (۵-۴) ملاحظه می‌شود با اعمال پالس مزبور به شبکه لامپ مدولاتور، این لامپ مانند یک سوئیچ عمل خواهد کرد، بدین صورت که زمانی که پالس PDM باعث شود لامپ ON شود (۱۰۰+ ولت اعمال شود) لامپ مانند یک سوئیچ بسته عمل می‌کند و ولتاژ منبع تغذیه بر روی طبقه نهایی (PA) می‌افتد که در نتیجه پیک مثبت مدولاسیون درآند لامپ PA وجود خواهد داشت. اما زمانی که ولتاژ ۵۰۰- ولت PDM به شبکه لامپ مدولاتور برسد. این لامپ مانند یک سوئیچ باز عمل می‌کند و در نتیجه، ولتاژ منبع تغذیه بر روی لامپ مدولاتور می‌افتد که این موجب ساخته شدن پیک منفی مدولاسیون در آند لامپ PA می‌شود.

اگر سیگنال صوتی همراه پالس PDM نباشد عرض پالس مثبت و منفی یکسان خواهند بود حال اگر ۵۰٪ عرض پالس مثبت باشد نصف منبع تغذیه بر روی لامپ PA و نصف دیگر بر روی لامپ مدولاتور می‌افتد.

دانشجویان عزیز به این سؤال پاسخ دهند که اگر عرض پالس با نسبت ۳۰٪ مثبت به لامپ مدولاتور اعمال شود و منبع تغذیه ۳۰ کیلوولت باشد چه ولتاژی بر روی لامپ های PA و مدولاتور می‌افتد؟

زمانی که لامپ مدولاتور هدایت می‌کند (زمان ON) خازن و سیم پیچ مربوط به فیلتر PDM شارژ می‌شوند و زمانی که لامپ به حالت قطع می‌رود (زمان Off) انرژی ذخیره شده در فیلتر PDM باید شارژ شود که مسیر دشارژ از طریق لامپ یا دیود دمپر به سمت منبع تغذیه انجام می‌گیرد.

دانشجویان عزیز به این سؤال پاسخ دهند که اگر دیود دمپر وجود نداشته باشد چه اتفاقی می‌افتد؟

۴-۲-۴- طبقه تقویت کننده نهایی PA

مجموعه مدارات اسیلاتور، درایور RF و لامپ PA در یک جعبه به نام ISOLATED BOX قرار دارد که نسبت به زمین ایزوله است و به طور سری با لامپ مدولاتور می‌باشد. اگر به شکل (۵-۴) توجه شود باکس مورد نظر با قطعات داخل آن به صورت خط چین مشخص است. مدارات مربوط به زنجیره RF در این باکس ایزوله شده قرار دارد که شامل شاسی اسیلاتور (1A10)، درایور RF و تقویت کننده قدرت PA می‌باشد، افت ولتاژ بر روی باکس ایزوله بر حسب عملکرد لامپ مدولاتور از ولتاژی نزدیک به زمین تا ولتاژ منبع تغذیه تغییر می‌کند. چرا؟

دانشجویان عزیز به این سؤال پاسخ گویند. در این مورد قبلاً توضیح داده شده است. اینک مدارات داخل ایزولیتد باکس (یا جعبه ایزوله شده) به اختصار توضیح داده می‌شود.

الف (مدار اسیلاتور 1A10

این قسمت شامل دو عدد برد اسیلاتور همراه با مدارات تقویت کننده است که در هر زمان با یک سلکتور یک برد در مدار قرار می‌گیرد و برد دیگر به عنوان رزرو استفاده می‌شود. بردهای اسیلاتور با یک منبع تغذیه +100Vdc تغذیه می‌شوند. خروجی برد اسیلاتور یک موج سینوسی RF یا کریر با ۲ وات توان است که به جهت راه اندازی لامپ درایور RF طبقه بعدی به کار می‌رود.

ب) درایور RF (1A9)

این قسمت شامل یک لامپ چهار قطبی (تترود) به شماره $4C \times 1500A$ است که ولتاژ 1500 ولت آند آن از مجموع دو منبع تغذیه بایاس 600 - ولت و منبع تغذیه اسکرین 900 + ولت به دست می‌آید.

مدار خروجی این لامپ برای فرکانس اصلی RF و همچنین هارمونیک سوم «آ» تنظیم شده است. تنظیم مدار خروجی این لامپ باعث می‌شود که یک موج مربعی برای اعمال به طبقه بعدی به دست آید.

ج) طبقه تقویت کننده نهایی (PA)

این طبقه شامل یک لامپ تترود قدرت ($4CV100000C$ برای صدکیلوواتی و $4CX35000A$ برای پنجاه کیلو واتی) است که در کلاس D کار می‌کند. کلاس این لامپ با تنظیم مدار رزونانس هارمونیک سوم در آند و گرید به دست می‌آید.

اسکرین لامپ به صورت SELF MODULATED است که با سری کردن یک چوک (CHOKE) انجام می‌گیرد. مدار خروجی لامپ برای فرکانس اصلی و هارمونیک سوم تنظیم شده است به طوری که در خروجی، یک موج مربعی به دست می‌آید تا راندمان لامپ به حدود 90% افزایش یابد.

نمونه ای از جریان اسکرین لامپ PA را یک حلقه فیدبک به برد اسیلاتور اعمال می‌کند تا خروجی لامپ درایور RF به طور اتوماتیک کنترل شود و باعث ثابت شدن قدرت خروجی شود. این روش باعث خواهد شد که عملکرد لامپ PA به صورت یک لامپ تریود در آید تا از تلفات زیاد جریان در منبع تغذیه اسکرین جلوگیری شود.

ایزولیتد باکس شامل دو منبع تغذیه 600 - ولت برای بایاس شبکه لامپ PA و 900 + ولت برای اغذیه اسکرین آن است. این دو منبع تغذیه به طور سری است که در نتیجه 1500 ولت برای تغذیه آند لامپ درایور RF را تأمین می‌کنند.

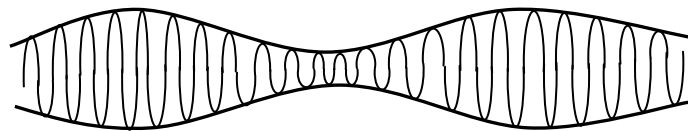
چنانچه ولتاژ شبکه لامپ به عللی قطع شود رله K1 موجود در این طبقه سبب می‌شود تا ولتاژ اسکرین نیز قطع شود؛ زیرا اگر عواملی باعث شود که ولتاژ منفی به شبکه لامپ نرسد باعث ایجاد کردن جریان بسیار زیادی در لامپ خواهد شد و به صدمه زدن منجر می‌شود. لذا برای جلوگیری از این مشکل رله K1 قرار گرفته است تا به محض قطع ولتاژ شبکه، تغذیه اسکرین نیز قطع شود.

د) عمل مدولاسیون در طبقه تقویت کننده نهایی PA

اینک با اعمال سیگنال RF به گرید لامپ PA و از سویی اعمال سیگنال صدا به ایزولیتد باکس که دامنه آن بین صفر تا ولتاژ منبع تغذیه (۳۰ کیلوولت) تغییر می‌کند. و همچنین با اعمال ولتاژ منبع تغذیه به آند لامپ PA موجب می‌شود که عمل مدولاسیون انجام شود. چگونه؟

دانشجویان عزیز با توجه به مطالب گذشته در بخش سوم به این سؤال جواب دهند.

شکل (۷-۴) موج مدوله شده در خروجی لامپ PA را نشان می‌دهد.



شکل (۷-۴)

ه) مدار خروجی

موج مدوله شده از طریق مدار خروجی لامپ PA برای پخش به آنتن ارسال می‌شود. مدار خروجی از دو مدار تطبیق امپدانس π تشکیل یافته است تا امپدانس لامپ را که حدوداً ۱۰۰۰ اهم است به ۲۳۰ اهم تبدیل کند تا با امپدانس مچینگ آنتن هم که ۲۳۰ اهم می‌باشد تطبیق دهد. این تطبیق را خازن‌های متغیر 2C2 و 2C3 به وجود می‌آورند. در مدار تطبیق کوئیل 2L3 که با خازن 2C4 به طور سری قرار دارد برای حذف هارمونیک دوم به کار می‌رود تا از آنتن پخش نشود و از ورود به باندهای فرکانسی دیگر جلوگیری شود.

خلاصه بخش چهارم

در بخش سوم وقتی روش مدولاسیون با مدولاتورهای پوش پول و همچنین روش مدولاسیون با مدولاتور سری توضیح داده شد نیاز بود که عملاً فرستنده هایی را که با این دو روش کار می کنند انتخاب و عملکرد آنها بررسی شود. لذا دو نوع از فرستنده های ساخت کمپانی هریس، که بیشترین کاربرد را داشتند، برگزیده شد و در بخش چهارم عملکرد آنها توضیح داده شد که خلاصه ای از آن را ارائه می دهد.

فرستنده های ده کیلوواتی هریس BC10H که با روش مدولاسیون با روش مدولاتور پوش پول کار می کنند از جمله فرستنده هایی است که برای توضیح عملکرد آن انتخاب شده است.

در این فرستنده ها صدای ورودی پس از تغییر دامنه آن بر اساس قدرت تعیین شده برای فرستنده (تمام قدرت یا نیمه قدرت) به مدار درایور صدا اعمال می شود. این طبقه، از تقویت کننده های نیمه هادی تشکیل شده است که عمل تقویت به صورت پوش پول انجام می گیرد.

از طبقه درایور صدا دو خروجی که هر کدام ۱۸۰ درجه با هم اختلاف فاز دارند به دو شبکه لامپ های سه قطبی مدولاتور اعمال می شود. این دو لامپ به صورت پوش پول عمل می کنند و سیگنال های خروجی درایور صدا را تقویت می کنند. عمل تقویت دو لامپ ۱۸۰ درجه با هم اختلاف دارند. ولتاژ آند لامپ های مدولاتور از طریق ترانس مدولاسیون می شود.

سیگنال صوتی تقویت شده را لامپ های مدولاتور به اولیه ترانس مدولاسیون T601 اعمال می کند. این سیگنال به ثانویه ترانس منتقل و از آنجا به دو انشعاب تقسیم می شود. یک انشعاب که ۸۰٪ سیگنال صدا را شامل می شود به آند لامپ های تقویت کننده نهایی PA می رسد و ۲۰٪ آن از طریق چوک L601 به آند لامپ درایور RF یا V603 (4-400) می رسد.

سیگنال RF از طریق اسلاتور و درایور RF به گرید لامپ 4-400A می‌رسد و این منتج به عمل مدولاسیون اعمال می‌شود. ولتاژ آند لامپ 4-400A از منبع تغذیه H.V و از طریق چوک مدولاسیون تأمین می‌شود. ولتاژهای بایاس شبکه و اسکرین نیز از یک منبع تغذیه مشترک تأمین می‌شود.

موج مدوله شده در آند لامپ 4-400A از طریق مدار تنظیم کننده گرید به لامپ های PA اعمال می‌شود. در طبقه PA که دو لامپ قدرت به صورت موازی وصل شده اند عمل مدولاسیون انجام می‌گیرد و موج مدوله شده از طریق شبکه خروجی فرستنده برای پخش به آنتن ارسال می‌شود.

ولتاژ آند لامپ های PA از طریق منبع تغذیه H.V و از طریق چوک مدولاسیون و مدار رزونانس هارمونیک سوم تأمین می‌شود. مدار رزونانس هارمونیک سوم در آند لامپ های PA باعث می‌شود که راندمان این طبقه ۱۵٪ افزایش یابد.

اما نوع دیگری از فرستنده ها را کمپانی هریس ساخته است که روش مدولاسیون آن به صورت مدولاتور سری کار می‌کند و از جمله فرستنده هایی است که کاربرد زیادی دارد و اولین بار در سال ۱۹۶۷ به بازار ارائه شد.

اصول عملکرد این نوع فرستنده ها بدین گونه است که سیگنال صدا به طبقه PDM اعمال و باعث تغییر عرض پالس های PDM می‌شود که این خود در نهایت زمان های هدایت (ON) یا قطع (OFF) را تعیین می‌کند.

به هر صورت، عرض پالس PDM که متأثر از سیگنال صداست را طبقه درایور صدا، که از یک لامپ تترود استفاده شده تقویت و به گرید لامپ مدولاتور اعمال می‌کند.

این پالس که ترکیبی از پالس PDM و سیگنال صداست وقتی زمان های (ON) و (OFF) لامپ مدولاتور را تعیین نمود در آند این لامپ توسط فیلتر پایین گذر PDM پالس PDM حذف و تنها صدا عبور می‌کند. این صدا که دامنه آن از صفر تا ولتاژ منبع تغذیه H.V است به ایزولیتد باکس (جعبه ایزوله شده نسبت به زمین) می‌رسد.

زمانی که لامپ مدولاتور در حالت قطع است انرژی ذخیره شده در مدار فیلتر پایین گذر به نحوی باید تخلیه شود که این مورد از طریق دیود دمپر صورت می گیرد. از سوی دیگر، در جعبه ایزولیتد باکس مجموعه مدارات RF وجود دارد. سیگنال RF در این جعبه تهیه و سپس آن را یک درایور RF تقویت و به گرید لامپ PA اعمال می کند. با اعمال RF به گرید لامپ PA و سیگنال صدا به ایزولیتد باکس و همچنین اعمال ولتاژ H.V به آند لامپ عمل مدولاسیون انجام می شود. موج مدوله شده از طریق شبکه خروجی برای پخش به آنتن ارسال می شود.

مدار رزونانس هارمونیک سوم در آند و گرید لامپ PA به جهت بالا بردن راندمان این طبقه به کار رفته است و فیدبک AGC از طریق اسکرین لامپ PA به اسیلاتور برای تثبیت قدرت خروجی می باشد.

آزمون بخش چهارم

۱) اصول عملکرد فرستنده‌هایی را که مدولاتورهای آنها به صورت پوش‌پول است

توضیح دهید؟

۲) اصول عملکرد فرستنده‌هایی را که مدولاتورهای آنها به صورت سری است توضیح

دهید؟

۳) در خروجی برد PDM اگر صدا وجود نداشته باشد شکل موج چگونه است؟

۴) شکل موج بعد از فیلتر پایین‌گذر PDM هنگامی که صدا به فرستنده اعمال شده

است چگونه است؟ و دامنه آن چقدر است؟

۵) مدارات رزونانس هارمونیک سوم در فرستنده‌ها به چه منظوری استفاده می‌شود. به

صورت تحقیقاتی عملکرد آن را توضیح دهید؟

بخش پنجم

اصول عملکرد فرستنده‌های تلفنکن S4002

- فرستنده رادیویی تلفنکن
- راک. RF
- راک یک سو ساز با واحد کنترل
- سوئیچ پانل
- توزیع ولتاژ فشار ضعیف
- تست پانل A
- راک PDM
- نمای پشتی راک PDM
- سیستم خنک کننده
- شرح عملکرد فرستنده
- نشانگرها و کنترل های عملکرد فرستنده.

مقدمه

اصول عملکرد فرستنده‌های تلفنکن که ما از آن استفاده می‌کنیم یکسان است اما از نظر قدرت خروجی فرق می‌کنند که در اینجا نمونه‌ای از فرستنده‌های ۱۰۰ کیلووات برای توضیح انتخاب شده است.

کمپانی تلفنکن روش جدیدی از عملکرد فرستنده را بر پایه مدولاسیون با مدولاتور سری ارائه کرده و مدعی شده است که توانسته راندمان آن را حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد نسبت به فرستنده‌های هریس با این روش مدولاسیون افزایش دهد.

در این فرستنده، منبع تغذیه H.V از دیویدهای نیمه هادی استفاده و در قسمت PDM یک لامپ با پیش تقویت‌های نیمه هادی استفاده شده است و در طبقه تقویت‌کننده نهایی PA عمل مدولاسیون نیز با یک لامپ قدرت صورت می‌گیرد. در فرستنده‌های تلفنکن طبقات یکسو ساز یا منبع تغذیه H.V PDM و PA را راک می‌گویند.

سیستم کنترل فرستنده که قسمت‌های مختلف را کنترل می‌کند از مدارات دیجیتال نیز بهره برده است و خطاها را نیز با شماره نمایش می‌دهد.

در این بخش، اصول عملکرد آن در حدی که مورد نیاز تکنسین‌هاست توضیح داده می‌شود و بیشتر جنبه آشنایی دارد و به همین خاطر تصاویری از فرستنده با نشان دادن قطعات آن مد نظر بوده است ولی بررسی گسترده آن با استفاده از کاتالوگ‌های فرستنده و منابع ترجمه شده دیگری که متخصصان اداره کل فرستنده‌های رادیویی انجام داده اند میسر می‌باشد.

طرح مسأله

قبلاً گفتیم که از سال ۱۹۶۷ فرستنده هایی که با روش مدولاتور سری برای عملکرد مدولاسیون کار می کنند مزیت هایی دارند که کمپانی های مختلف به فکر ساخت این نمونه از فرستنده ها افتادند و تلاش کردند با الگو برداری طرح های خود را پیاده و اجرا نمایند.

یکی از این کمپانی ها تلفنکن است که نسبت به ساخت این نوع فرستنده ها اقدام نمود و انواع آن را با قدرت های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ کیلووات به بازار عرضه نمود که نمونه هایی از آن در ایران مورد استفاده قرار گرفته است و این جدید ترین نوع فرستنده ها با این نوع روش مدولاسیون است که برای تقویت قسمت هایی از آن، از لامپ استفاده شده است و چون در عمل تا حدودی با چگونگی روش مدولاسیون با فرستنده های ۵۰ و ۱۰۰ کیلووات هریس فرق می کنند و نیز تنها فرستنده هایی از این نوع می باشند که به صورت لامپی - نیمه هادی هستند انتخاب و مدار آن توضیح داده می شود.

هدف‌های بخش پنجم

هدف کلی: فراگیران بعد از مطالعه مطالب این فصل با اصول عملکرد فرستنده‌های تلفنکن S 4002 آشنا خواهند شد.

هدف های اجرایی : در پایان این فصل شما قادر خواهید بود :

- ۱- مسیر RF را در فرستنده های تلفنکن توضیح دهید.
- ۲- فرق سیستم کنترل فرستنده و سوئیچ پانل را توضیح دهید.
- ۳- سیستم خنک کننده را در فرستنده توضیح دهید.
- ۴- مفهوم حالت ها در هر کدام از نشانگرها را در این فرستنده بیان کنید.

پیش آزمون بخش پنجم

- ۱) فکر می‌کنید فرستنده های تلفنکن با چه روش مدولاسیونی کار می‌کنند؟
- ۲) فرستنده های تلفنکن از چند راک تشکیل شده است و به وظایف آنها اشاره نمایید؟
- ۳) آیا می‌توانید ارتباط راک ها را تجسم نمایید؟ چگونه؟
- ۴) بخش هایی از فرستنده که بر اثر عملکرد گرم می‌شوند با چه عواملی خنک می‌شوند؟
- ۵) مدارات کنترل در فرستنده چه وظایفی بر عهده دارند؟

۵- فرستنده رادیویی تلفنکن 100 KW

فرستنده رادیویی تلفنکن 100KW از نوع فرستنده های لامپی است و به جای استفاده از روش معمول تقویت کننده های پوش پول کلاس B، در مسیر تقویت سیگنال صوتی از روش واسطی به نام مدولاسیون عرض پالس PDM استفاده می کند. این فرستنده یک طراحی ماژولار دارد و مانند هر فرستنده رادیویی دیگر شامل سه قسمت اصلی است که عبارتند از قسمت سیگنال صوتی، قسمت موج حامل و قسمت تغذیه. تقسیم بندی دیگری که در این فرستنده انجام میشود از نظر موقعیت مکانی کابینت های فرستنده است که آنها را «راک» می نامند. اسامی این راک ها از سمت چپ به راست به شرح زیر است که در شکل هم نشان داده شده است:

۱) راک یکسوساز ۲) راک RF ۳) راک PDM

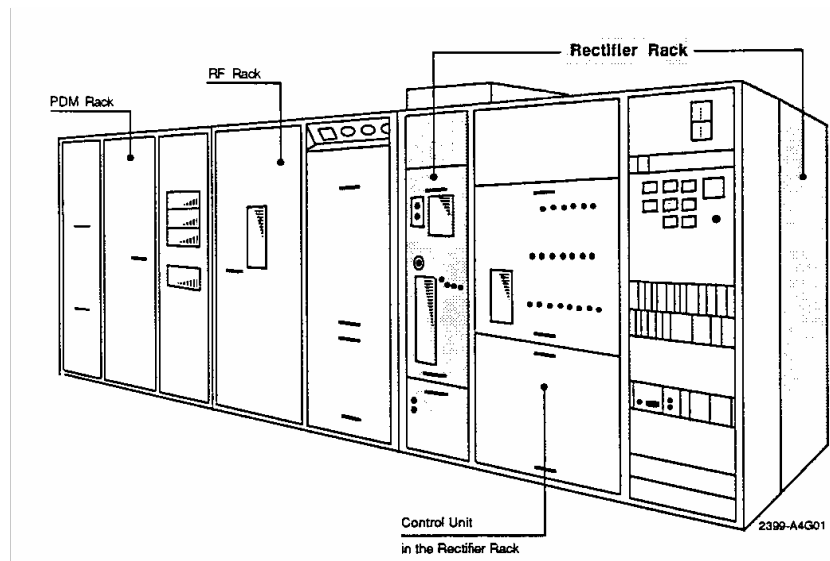
ذکر چند نکته درباره این فرستنده ضروری است:

۱- اسیلاتور تولید کننده موج حامل از نظر مکانی در قسمتی از راک یکسوساز قرار دارد و جزئی از واحد کنترل شناخته می شود.

۲- کلیه تجهیزات مربوط به تنظیمات و تقویت سیگنال صوتی در راک PDM قرار دارد.

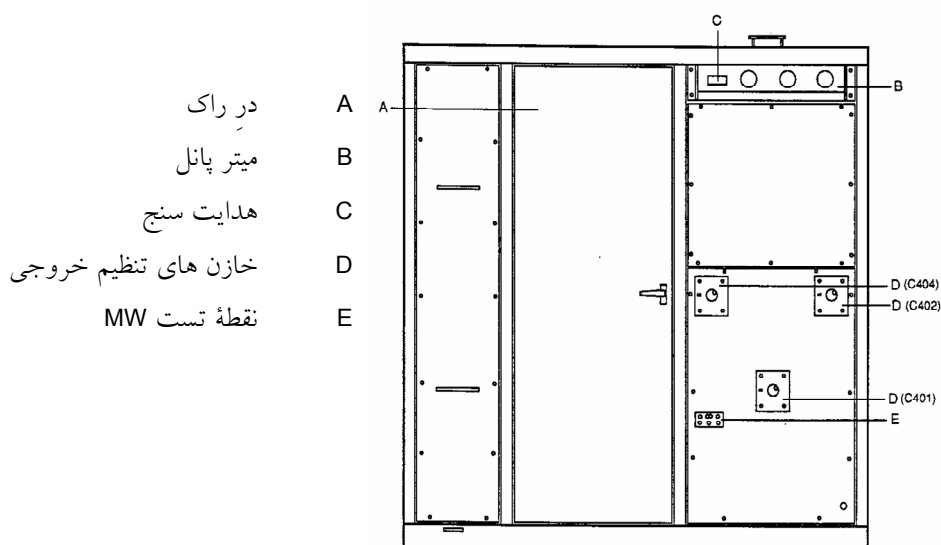
۳- راک یکسوساز علاوه بر مدارات لازم برای تولید ولتاژ فشار قوی مورد نیاز لامپ های الکترونی فرستنده یک قسمت اصلی دیگر به نام واحد کنترل دارد که خود زیرمجموعه های متعددی را داراست و قسمت مرکزی کنترل و مونیتورینگ فرستنده است.

۴- در فرستنده، سیستم مستقل دیگری هم وجود دارد که آن را «سیستم خنک کننده» می نامند و وظیفه آن نگاه داشتن قطعات اصلی فرستنده در محدوده مجاز دما است. می کوئیم تا به اختصار مطالب کوتاهی درباره هرکدام از این قسمت ها بیان کنیم.

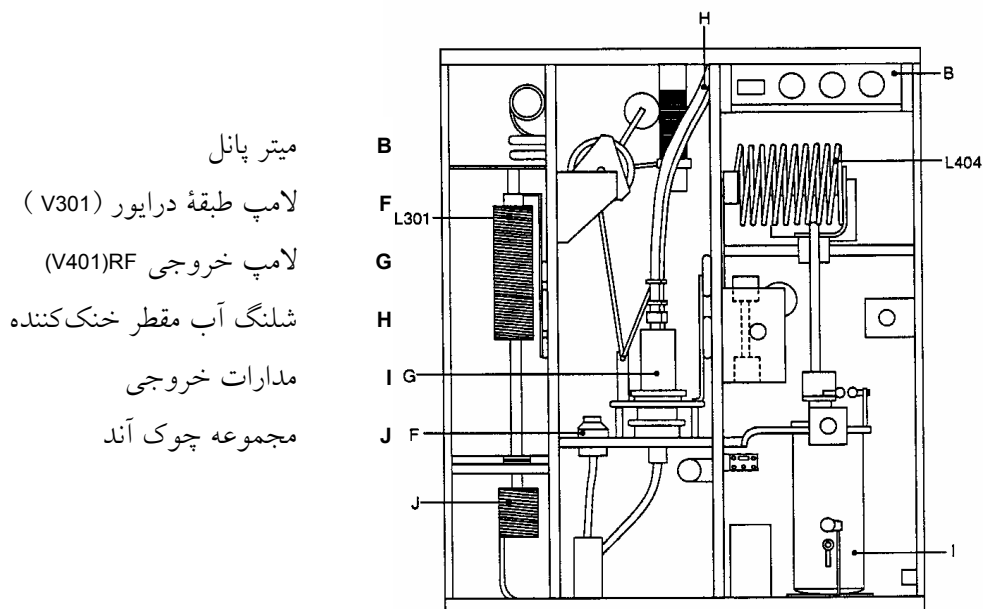


RF ۱-۵-۱

راک RF راک میانی فرستنده است و شامل قسمت های مورد نیاز برای تقویت سیگنال کریپر (موج حامل) است این راک به ۳ قسمت جلویی و یک قسمت پشتی تقسیم شده است. برای انجام دادن سرویس یا تعمیر قسمت میانی جلویی با یک کلید قابل دستیابی است.

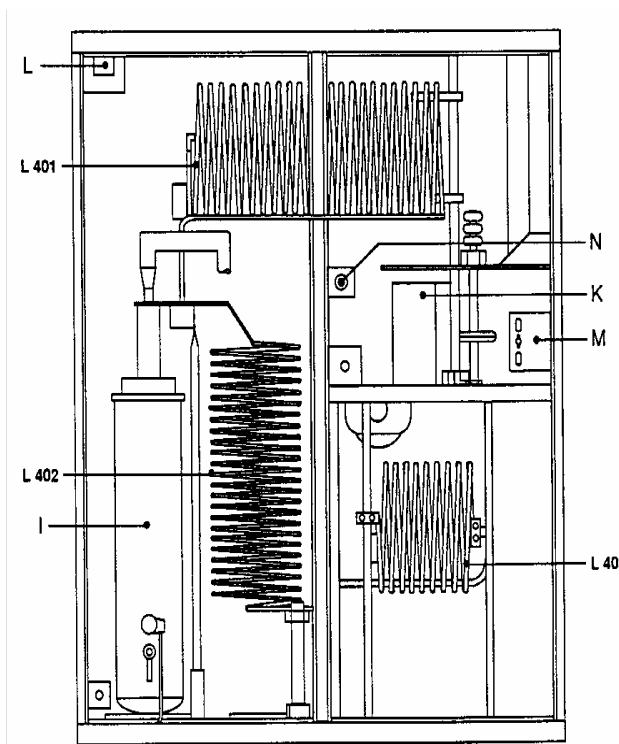


نمای جلویی راک RF



نمای جلویی راک RF بدون صفحات پوششی

- I مدارات خروجی
 K مونیتور خط فیدر RF
 L سنسور ماوراء بنفش (UV)
 M کلید زمین کننده RF
 N سوئیچ قطع اضطراری S405



نمای پشتی راک RF بدون صفحات پوششی

راک RF شامل سه طبقه تقویت کننده است که عبارت از طبقه ترانزیستوری پری درایور (Predriver) RF، طبقه درایور RF با لامپ تترود 4CX1500A و طبقه نهایی RF با لامپ تترود TH581 است.

سیگنال اصلی RF (موج حامل) در اسیلاتور واقع در راک یکسوساز تولید و در یک برد میزان سازی در واحد کنترل تا حد مورد نیاز پری درایور RF تقویت می شود. پری درایور RF یک تقویت کننده ترانزیستوری با پهنای باند وسیع است که به هیچ گونه تنظیمی نیاز ندارد. از نظر مداری پری درایور شامل یک پری آمپلی فایر پوش پول کلاس B با ضریب تقویت ۱۰ و یک تقویت کننده قدرت پوش پول با ضریب تقویت ۱۰۰ می باشد. سیگنال تقویت شده سپس به ترتیب به طبقات درایور و نهایی RF اعمال می شود و تا

حد مورد نیاز توان کریر (در اینجا ۱۰۰ کیلووات) تقویت می شود. دو طبقه اخیر باید برای هر فرکانس انتشار مورد نظر تنظیم شوند. محدوده فرکانس انتشار، شامل محدوده موج متوسط از ۵۲۵ تا ۱۶۰۵ کیلوهرتز است. طبقه درایور RF که در فرکانس انتشار تنظیم شده است سیگنال RF دریافتی از پری درایور را تا حد مورد نیاز طبقه نهایی RF تقویت می کند. این طبقه از لامپ تترود 4Cx1500A که با هوا خنک می شود استفاده می کند. سیگنال تقویت شده RF که حدود 3.5KV است از مدار آند درایور گرفته می شود که در عین حال مدار شبکه کنترل طبقه نهایی RF نیز می باشد.

طبقه نهایی RF، که در فرکانس انتشار تنظیم شده است، سیگنال RF دریافتی از طبقه درایور را تا حد لازم توان کریر تقویت می کند. طبقه نهایی RF با لامپ تترود TH581 تجهیز شده است که آند آن با آب و سوکت آن با هوا خنک می شود.

در این فرستنده توان کریر (Pc) در حالت تمام قدرت برابر با 100KW است اما قابلیت کار در محدوده ۵۰ تا ۱۰۰ کیلووات را داراست که این امر به سادگی با یک پتانسیومتر واقع در سوئیچ پانل در واحد کنترل فرستنده تنظیم می شود.

سایر مدارات فرعی مهم موجود در راک RF به شرح زیر است :

- مونیتور خط فیدر RF ، خط فیدر بین خروجی فرستنده و بار RF (آنتن یا دامی لود) را مونیتور می کند. دو هدف اصلی این مونیتور فراهم سازی مقادیری برای متر دو عقربکی P8 (نشانگر همزمان قدرت و برگشتی) و نیز کنترل میزان توان برگشتی به فرستنده می باشد.

- سوئیچ دستی زمین کننده RF (S413) که جزئی از سیستم پیوستگی کلیدی است. برای زمین کردن هادی داخلی خط فیدر به منظور تعمیر یا سرویس استفاده می شود.

- مدارات محافظتی و مونیتورینگ به منظور محافظت فرستنده در هنگام بروز اشکال یا جرقه تعبیه شده اند و در صورت لزوم باعث قطع فرستنده خواهند شد.

- پانل ژاک واقع بر صفحه راک چندین نقطه تست دارد و می توان از آنها برای اندازه گیری ولتاژ فیلامان لامپ V401 (نقطه تست زوجی X424) و نیز تست

مونیتورینگ RF در نقاط مختلف مدار RF (X418, X406 و X438) استفاده کرد.

- حرارت تلف شده در هر دو لامپ و المان های مرتبط با آنها با سیستم خنک کنندگی هوا - آب دفع می گردد. میتر پانل در بالای صفحه جلویی راک، مقادیر پارامترهای مربوط به سیستم خنک کنندگی داخلی آب را نشان می دهد. سیستم آب دائماً با کنتاکت های حدی میترهای فوق و میتر شار S407 مونیتور می شود. سیستم خنک کنندگی هوا نیز به طور پیوسته از طریق سوئیچ های فشار S410...S412 کنترل می شود.

- فشار سنج های P409 و P410 برای تست فشار خازن های گازی C401 و C402 تعبیه شده اند که در مدار خروجی RF قرار دارند و از گاز SF6 به عنوان دی الکتریک استفاده می کنند.

- یک سنسور UV در داخل راک RF زیر سقف پشت میتر پانل قرار گرفته است و تمام قسمت جلویی و پشتی راک را از نظر وجود جرقه مونیتور می کند.

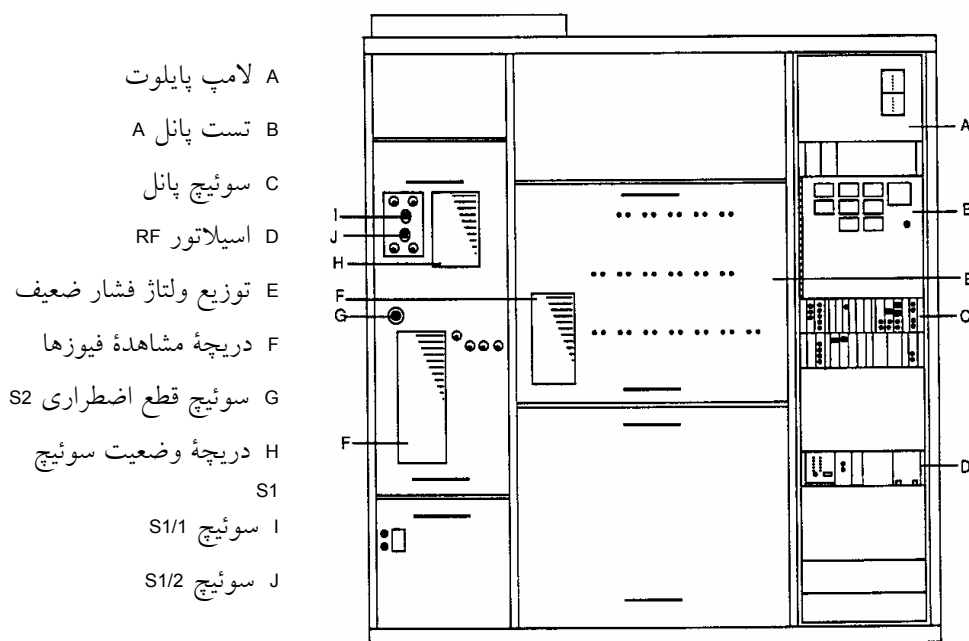
۲-۵- راک یکسوساز با واحد کنترل

قسمت جلویی راک یکسوساز شامل دو قسمت است: یک قسمت بزرگ تر شامل خط اصلی برق، توزیع ولتاژ فشار ضعیف و سیستم قطع اتوماتیک و یک قسمت کوچک تر (سمت راست) که شامل یک قسمت از گروه کاربردی واحد کنترل است. منابع ولتاژ (غیر از مدارات تولید ولتاژ فشار قوی 28KV DC) به گروه کاربردی واحد کنترل تعلق دارند. این قسمت ها در کف راک یکسوساز و پشت تست پانل A قرار گرفته اند. واحد کنترل در سه قسمت از راک یکسوساز قرار گرفته است و تمام قسمت های مورد نیاز برای کنترل و مونیتورینگ فرستنده و منابع تغذیه لامپ ها را شامل است. همچنین این قسمت وظیفه توزیع ولتاژ سه فاز 380V AC را در فرستنده بر عهده دارد.

واحد کنترل شامل قسمت های زیر است:

سوئیچ پانل - توزیع ولتاژ فشار ضعیف - واحدهای تغذیه - تست پانل A - لامپ

پیلوت - اسپلاتور RF - تجهیز مکمل بلوکینگ کریر.



نمای جلویی واحد کنترل بدون صفحات پوششی

۱-۲-۵- سوئیچ پانل

سوئیچ پانل در قسمت واحد کنترل راک یکسوساز در سمت راست فرستنده قرار گرفته است. این قسمت قلب کنترل فرستنده است و کنترل‌های لازم را برای حالات مختلف عملکرد آن فراهم می‌سازد. همچنین در صورت بروز اشکال بر حسب نیاز به طور اتوماتیک فرستنده را قطع می‌کند. وظیفه دیگر سوئیچ پانل تنظیم RF دریافتی از اسپلاتور RF تا حد مورد نیاز طبقات تقویت کننده سیگنال موج حامل است.

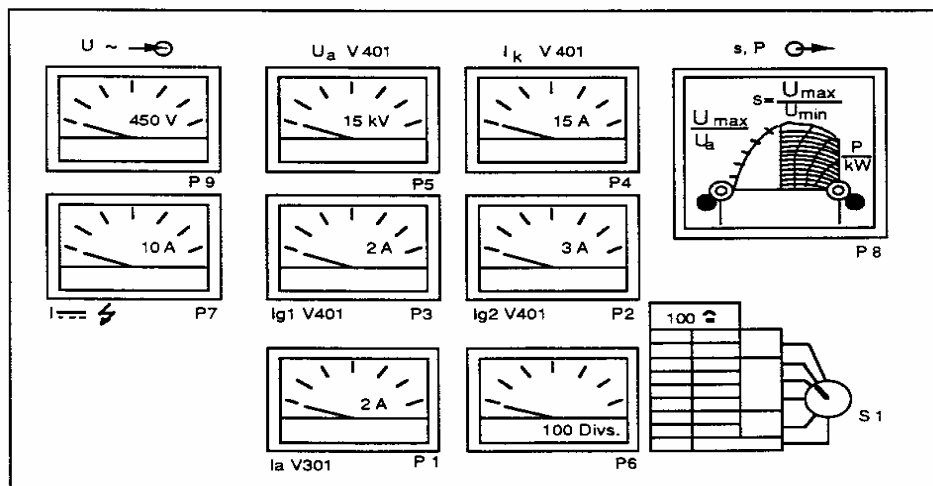
۲-۲-۵- توزیع ولتاژ فشار ضعیف

سیستم توزیع ولتاژ فشار ضعیف برای مونیتور کردن ولتاژ 3×380V AC و توزیع آن

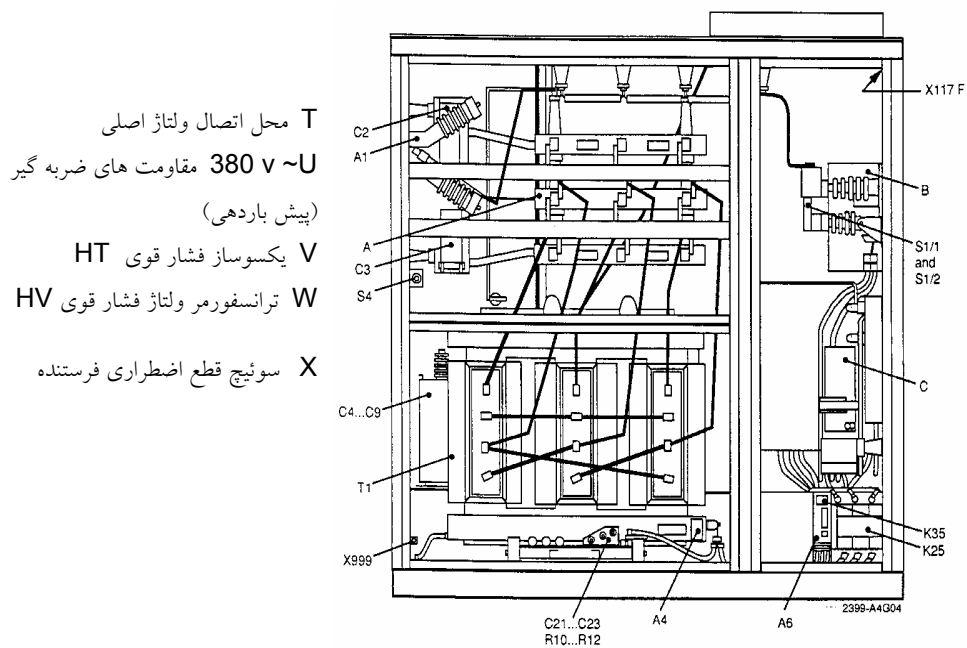
در قسمت های مختلف فرستنده استفاده می شود. اجزای این سیستم در قسمت میانی راک یکسوساز قرار گرفته اند. هر بار (load) موجود در فرستنده با یک فیوز یا سوئیچ حفاظتی محافظت می شود. سوئیچ های حفاظتی بارهای مختلف، همگی بر روی یک صفحه مشترک قرار گرفته اند و دگمه های مربوط به این سوئیچ ها از سوراخ های روی صفحه جلویی قابل دسترس است. موقعیت این سوئیچ ها با نمادهای مناسب نشان داده شده است. کنتاکتورهایی که در زمان گرفتن فرمان مناسب از سوئیچ پانل، ولتاژ را به بارهای مختلف وصل می کنند، در زیر سوئیچ های حفاظتی مرتب شده اند.

۳-۲-۵- تست پانل A

تست پانل A در قسمت سمت راست راک یکسوساز بین مجموعه های لامپ پایلوت و سوئیچ پانل قرار گرفته است این واحد شامل ۹ میتر است که مهمترین مقادیر عملیاتی فرستنده را نشان می دهند. اگر این مقادیر از آستانه های تنظیم شده فراتر روند، تست پانل A سیگنال های منطقی خاصی را به سوئیچ پانل می فرستد که در آنجا برای کنترل و مونیتورینگ فرستنده و در صورت لزوم قطع آن مورد ارزیابی قرار می گیرند.



قسمت پشتی راک یکسوساز شامل قسمت های مورد نیاز برای تولید ولتاژ DC بالا (حدود 28KV) برای عملکرد لامپ های PDM و طبقه نهایی RF است.

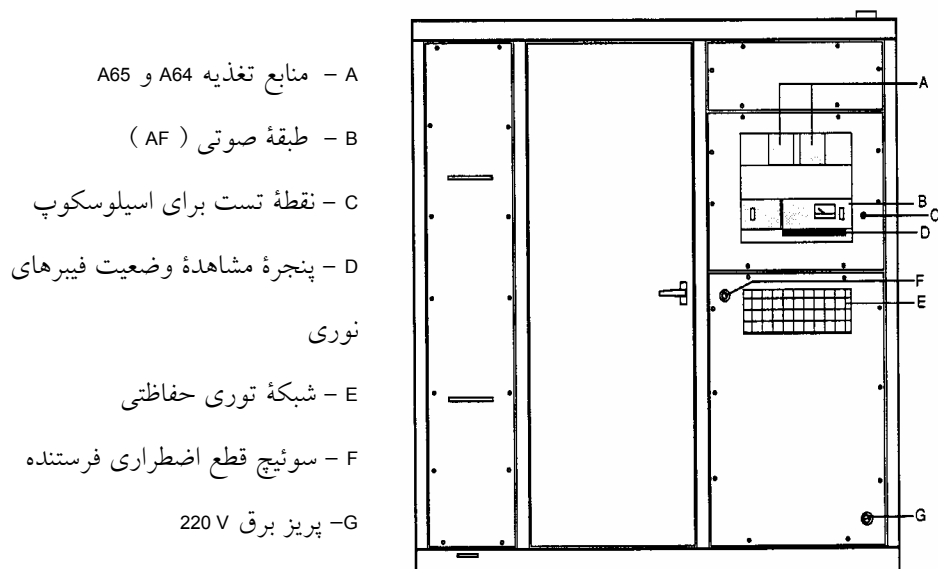


نمای پشتی راک یکسوساز بدون صفحات پوششی

۳-۵- PDM راک

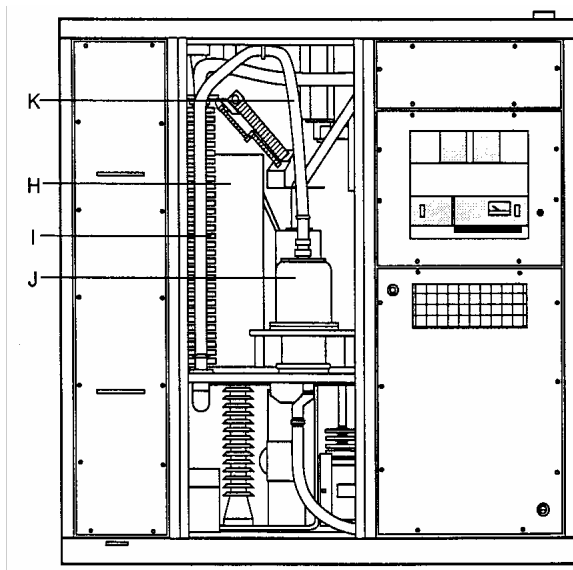
راک PDM شامل تجهیزات مورد نیاز برای کنترل ، تنظیم و تقویت سیگنال صوتی است که در نهایت از آن برای مدوله کردن کریتر RF در راک RF استفاده می شود. ولتاژ آند لامپ طبقه نهایی RF (V401) در راک PDM پردازش می شود. ولتاژ آند شامل یک مؤلفه DC است که در هنگام مدولاسیون یک ولتاژ AF بر آن سوار می شود. این راک شامل مجموعه های زیر است :

- طبقه AF و منبع تغذیه این طبقه؛
- طبقه خروجی PDM؛
- منبع تغذیه برای لامپ طبقه خروجی PDM.
- درایور PDM؛
- سنسور UV؛



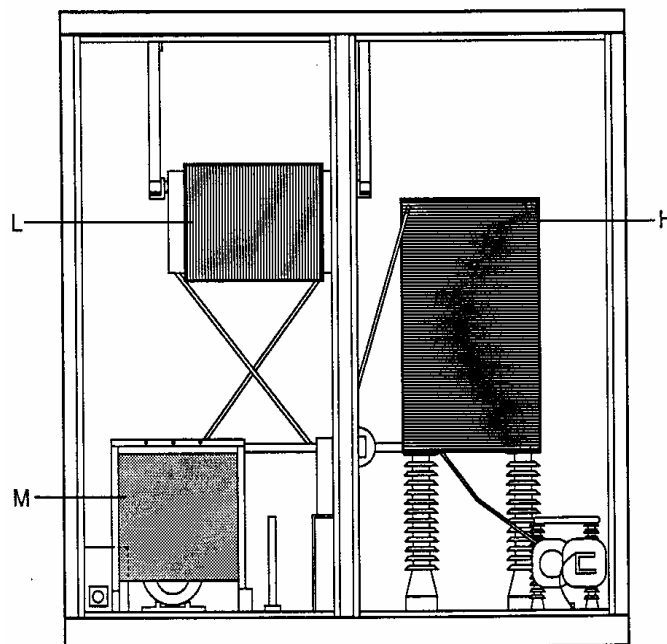
نمای جلویی راک PDM

H چوک انباره‌ای (Storage Choke)
 I مجموعه دیودهای کموتاتور
 J لامپ PDM (V1)
 K شلنگ آب خنک کننده برای V1



نمای جلویی راک PDM بدون صفحات پوششی

H چوک انباره‌ای
 PDM
 L کوئل فیلتر PDM
 M مقاومت



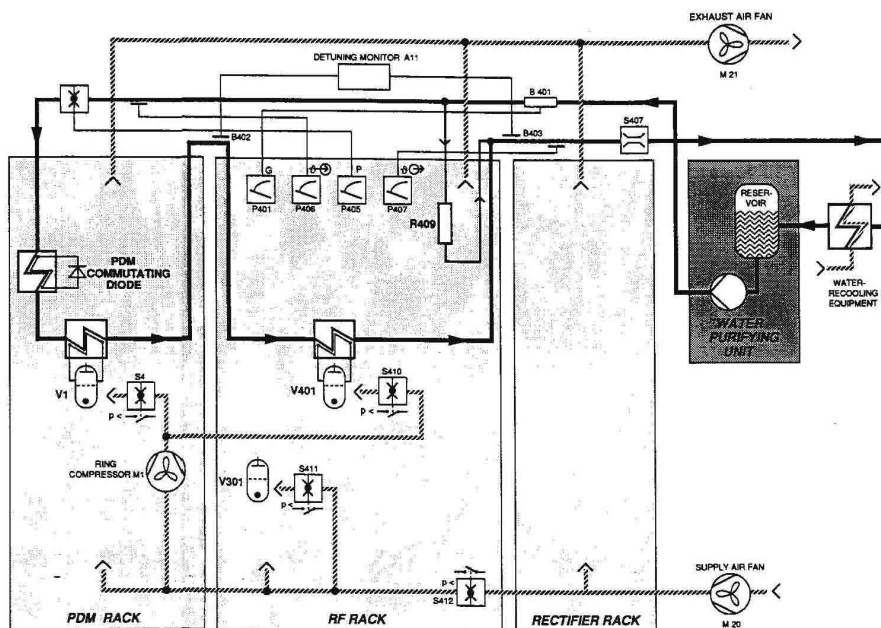
نمای پشتی راک PDM بدون صفحات پوششی

۱-۳-۵- نمای پشتی راک PDM بدون صفحات پوششی

در قسمت صوتی این فرستنده به جای روش مرسوم پوش پول کلاس B، از روش واسط دیگری به نام مدولاسیون عرض پالس استفاده می شود که در آن با استفاده از یک موج حامل مثلثی و ترکیب آن با سیگنال صوتی در یک مدار مقایسه کننده، قطاری از پالس های مربعی شکل می سازند که پهنای آنها متناسب با دامنه سیگنال صوتی است. در این روش، علاوه بر بهبود کیفیت، مصرف قطعات اصلی مورد نیاز نصف می شود و در ضمن راندمان نیز به میزان ۱۲٪ افزایش می یابد.

۴-۵- سیستم خنک کننده

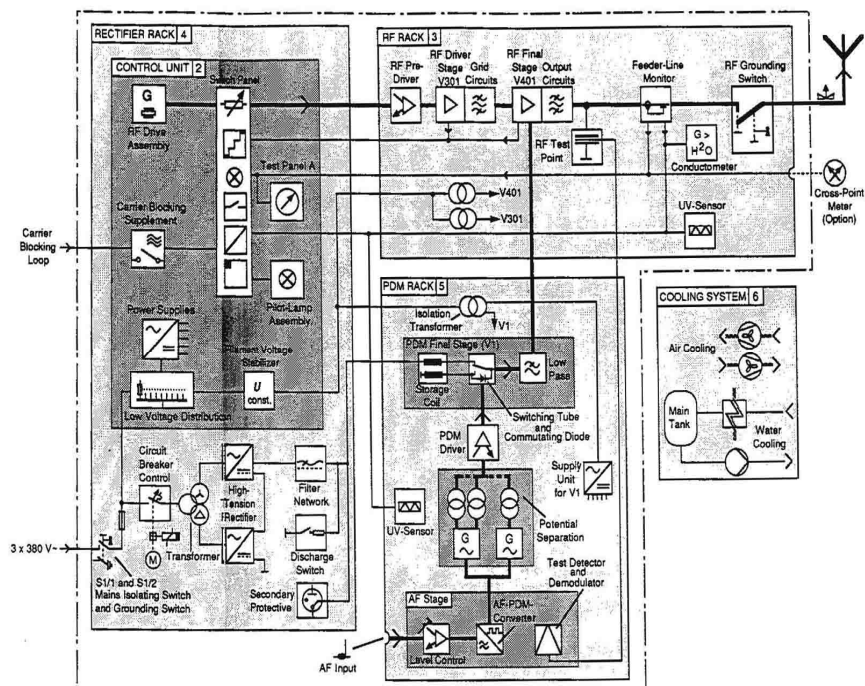
وظیفه سیستم خنک کننده کاهش گرمای موجود در فرستنده است. خنک سازهای مورد استفاده آب و هوا هستند که با پمپ های آب و فن های هوا در سیستم دوران می کنند.



۵-۵- شرح عملکرد فرستنده

سیگنال RF در قسمت اسیلاتور کریستالی RF Drive واقع در راک یکسوساز تولید می‌شود. این سیگنال از طریق واحد کنترل سطح (واحدهای میزان سازی و کنترل سطح در قسمت سوئیچ پانل) به راک RF اعمال می‌شود. در راک RF این سیگنال با پری درایور RF و درایور RF تقویت می‌شود. سیگنال تقویت شده پس از آن از طریق شبکه کنترل به طبقه نهایی RF اعمال می‌شود. ولتاژ آند یک ولتاژ DC است که سیگنال مدولاسیون AF بر آن سوار می‌شود. سیگنال AF اعمالی به طبقه AF به منظور پردازش مدولاسیون دیجیتال PDM به شکل پالسی تبدیل می‌شود. این پالس ها از طریق ترانسفورمرهای ایزولاسیون و درایور PDM به طبقه نهایی PDM اعمال می‌شوند. طبقه نهایی PDM با استفاده از این سیگنال ها ولتاژ آند طبقه نهایی RF را به وجود می‌آورد که برحسب دامنه AF تغییر می‌کند.

سیگنال RF مدوله شده از طریق مدارات خروجی به آنتن اعمال می‌شود.



۱-۵-۵- نشانگرها و کنترل های عملکرد فرستنده

نمایش حالات مختلف عملکرد یا وجود اشکال در فرستنده با استفاده از نورهای معرف زرد و سبز صورت می گیرد مفهوم هرکدام از این نورها به قرار زیر است :

- نور نشانگر سبز (پیوسته) : عملکرد طبیعی فرستنده؛
- نور نشانگر سبز (چشمک زن) : نمایش حالت خاصی از عملکرد طبیعی فرستنده؛
- نور نشانگر زرد (پیوسته) : نشانه بروز اشکالی است که باعث قطع فرستنده شده است؛
- نور نشانگر زرد (چشمک زن) : هشدار قبل از رسیدن به یک آستانه حدی که موجب قطع فرستنده می شود.

فرستنده نشانگرهایی دارد که هر کدام مفهوم خاص خود را دارند. این نشانگرها از LED می باشد.

- نور نشانگر سبز به طور پیوسته، عملکرد طبیعی فرستنده را نشان می دهد؛
- نور نشانگر سبز چشمک زن ، نمایش حالت خاصی از عملکرد طبیعی فرستنده است؛
- نور نشانگر زرد پیوسته، نشانه ای از بروز خطاست که باعث قطع فرستنده می شود؛
- نور نشانگر زرد چشمک زن ، هشدار است که مشکلی به وجود آمده و هنوز فرستنده را قطع نکرده است و اگر تداوم داشته باشد و به صورت پیوسته درآید فرستنده قطع خواهد شد.

خلاصه بخش پنجم

فرستنده‌های تلفنکن کلاً از سه راک یکسو ساز ، RF و PDM تشکیل یافته است. ضمن اینکه سیستم مستقل خنک کننده این فرستنده که از آب و هوا استفاده کرده برای خنک کردن قطعات گرمازا به کار رفته است.

در این فرستنده راک RF که در قسمت میانی فرستنده می باشد از سه طبقه پری درایور RF ، درایور RF و تقویت کننده نهایی RF تشکیل یافته است. سیگنال کریر یا RF ، که در قسمت جلوی راک یکسوساز تهیه می شود، به راک RF آمده و در اولین طبقه ترانزیستوری پری درایور تقویت می شود و به طبقه تقویت کننده بعدی که درایور RF است و از یک لامپ تترود 4CX1500A استفاده نموده اعمال و پس از تقویت به طبقه تقویت کننده نهایی RF اعمال می شود. در این طبقه از یک لامپ تترود TH581 استفاده شده است که عمل مدولاسیون انجام می گیرد.

راک یکسوساز که در قسمت جلویی فرستنده قرار گرفته است از قسمت های اساسی زیر تشکیل شده است :

ترانسفورمر دیودهای ولتاژ بالا (1t.V)؛

قسمت های توزیع فشار با ولتاژ ضعیف؛

سیستم کنترل فرستنده؛

سوئیچ پانل و تست پانل.

ولتاژ سه فاز ۳۸۰ ولت AC به اولیه ترانسفورمر H.V اعمال می شود و در ثانویه این ترانسفورمر دیودهای یکسوساز ولتاژ ۲۸ کیلوولت را برای قسمت های مختلف تهیه می نمایند.

همچنین برای تغذیه قسمت هایی که به ولتاژهای پایین نیاز است با مدارات یکسوساز که ولتاژهای کم را فراهم می کند به قسمت هایی که نیاز است انتقال می دهد.

سیستم کنترل فرستنده ، تمامی قسمت های فرستنده را مثلاً ولتاژها ، جریان ها ، دمای

قطعات ، سیستم سرمایی و موارد دیگری را که نیاز است کنترل می‌کند و در صورت بروز خطا توسط دیودهای نوری LED یا شماره اندازی نمایش داده می‌شود.

سوئیچ پانل فرمان های لازم برای به کار گیری فرستنده را اعمال می‌کند و با تست پانل قسمت های مختلف را تست می‌کند. راک PDM که از قسمت های طبقه AF (سیگنال صدا) ، درایور PDM ، طبقه خروجی PDM ، منبع تغذیه لامپ PDM و سنسورهای UV تشکیل یافته است عملکردی مانند فرستنده هریس دارد که لامپ موجود در این راک که همان لامپ مدولاتور یا PDM است عمل سوئیچینگ را انجام می‌دهد. پالس PDM در طبقه AF ساخته و پردازش می‌شود و توسط درایور PDM تقویت و به گرید لامپ PDM اعمال می‌شود.

وظیفه سیستم خنک کننده، کاهش گرمای موجود در فرستنده خنک سازهای مورد استفاده آب و هوا است که با پمپ های آب و فن های هوا در سیستم کولینگ دوران می‌کند.

آزمون بخش پنجم

- (۱) مسیر RF را در فرستنده های تلفنکن توضیح دهید؟
- (۲) پالس PDM در این فرستنده در چه طبقه ای به وجود می آید و چگونه لامپ PDM را قطع و وصل می کند؟
- (۳) فرق سیستم کنترل فرستنده و سوئیچ پائل را توضیح دهید؟
- (۴) سیستم خنک کننده در فرستنده را توضیح دهید؟
- (۵) چند نوع نشانگر در این فرستنده وجود دارد و حالت هر کدام از نشانگرها به چه مفهومی است؟

بخش ششم

اصول عملکرد فرستنده های جهاد و اندازه گیری فرستنده های رادیویی

- اصول ساختار فرستنده
- منابع تغذیه
- تغذیه پر قدرت HIGH POWER در فرستنده IMW
- زنجیره RF
- زنجیره صوت
- مدار های قدرت RF (سینی های قدرت)
- بخش تقویت صوت
- بخش مدولاتور قدرت AM
- محافظت دمای ماژول ها
- نمایش وضعیت کارکرد ماژول
- برد توزیع کانکتور TRCD
- برد نصب LED ها بر روی صفحه جلویی سینی قدرت TRLD
- طریقه تست سیگنال PWM
- طریقه تست ماسفت های طبقه RF
- طریقه تست ماسفت
- مونیتورینگ
- برد LED
- LED های اخطار
- LED های خطاها
- برد کنترل میزان قدرت خروجی فرستنده PLC

- کمباینر
- کمباینر قدرت
- فیلتر خروجی
- مدار نمونه بردار از ولتاژ خروجی UPRB
- مدار نمونه بردار از جریان خروجی CPRB
- سیستم خنک سازی

مقدمه

فرستنده های پرقدرت رادیویی موج متوسط JAHAD ساخت جهاد دانشگاهی خواجه نصیرالدین طوسی سری MWJDnnnn با بهره گیری کامل از قطعات نیمه هادی و بدون استفاده از لامپ های خلاء ساخته می شوند. لذا این فرستنده ها طول عمر بسیار دارند و به تعویض دوره ای عناصر فعال پرقدرت نظیر لامپ نیاز ندارند. علاوه بر آن، ولتاژهای استفاده شده در این فرستنده ها نسبتاً پایین بوده و مشکلات ناشی از ولتاژهای بالا در هنگام نصب و راه اندازی و همچنین هنگام نگهداری و تعمیرات در آنها وجود ندارد. راندمان بالای این فرستنده ها مرهون استفاده از تکنولوژی سوئیچینگ است و باعث می شود اولاً مصرف برق آنها مقرون به صرفه باشد؛ ثانیاً گرمای تولید شده آنها در هنگام کار کمتر از فرستنده های لامپی باشد. مزیت اخیر باعث می شود ایستگاه های فرستنده نیاز کمتری به سیستم های خنک کننده مفصل، پیچیده و گران قیمت داشته باشند.

از آنجا که در مقایسه با لامپ ها، عناصر نیمه هادی در ترکیب های مختلف تقویت کننده ها نمی توانند قدرت بسیار بالایی را تولید کنند لازم است که طراحی فرستنده های مبتنی بر نیمه هادی به صورت ماژولار صورت گیرد و در نهایت قدرت تولیدی ماژول ها به روشی با هم ترکیب گردد. این امر سبب می شود که در صورت خرابی یک یا چند ماژول، کل فرستنده از کار نیفتد و قدرت خروجی فرستنده به کلی قطع نشود. در نتیجه، فرستنده با قدرتی کمتر از مقدار نامی کار کرده و شنوندگان همواره صدا را دریافت کنند. در حالی که اگر در یک فرستنده لامپی، یکی از لامپ های مسیر قدرت خراب شود یا عمرش به پایان رسد کل فرستنده خاموش می شود و این امری است که از دیدگاه گردانندگان سازمان های صدا و سیما در هیچ کشوری قابل قبول نیست. حسن دوم طراحی ماژولار در این است که می توان ماژول های قدرت را به تنهایی محافظت کرد و در صورت بروز خرابی فقط ماژول خراب را برای تعمیر از فرستنده خارج کرد مزیت سوم طراحی

ماژولار که بیشتر برای تولیدکنندگان اهمیت دارد، امکان تولید قدرت های بالاتر با ترکیب جدیدی از فرستنده های کم قدرت تر است.

در این نوشتار می کوشیم ساختار و اجزای تشکیل دهنده فرستنده های پر قدرت (صدکیلووات به بالا) جهاد را معرفی کنیم، لذا سعی شده است که اکثر مطالب مطرح و تجزیه و تحلیل شود و در بعضی از قسمت ها به ناچار از فرستنده خاصی نام برده شده تا درک موضوع راحت تر شود و امیدواریم که کمک موثری برای استفاده بهتر و نگهداری مطمئن تر این فرستنده باشد.

طرح مسأله

اصول عملکرد فرستنده هایی که در بخش های چهارم تا پنجم تشریح شد برای تعیین قدرت از لامپ استفاده شده بود که به تبع به ولتاژهای بالا نیاز است.

با پیشرفت تکنولوژی، سازندگان فرستنده ها به قطعات نیمه هادی روی آوردند تا با استفاده از آنها انواع فرستنده های بدون لامپ را به بازار عرضه کنند که این خود مزایای زیادی از جمله کاهش هزینه، راندمان بالا، عمر نامحدود نیمه هادی، به کارگیری ولتاژهای کم در مدارات فرستنده و ... را دارد.

ولی از سوی دیگر راندمان پایین، توان خروجی پایین با حساسیت بیشتر از حد نیمه هادی ها به خصوص در برابر دما و ... محدودیت هایی در استفاده از نیمه هادی ایجاد می کند. اما با پیشرفت الکترونیک و ساخت قطعات سوئیچ سریع مانند MOSFET ها تکنولوژی ساخت فرستنده نیز دستخوش تغییرات عمده ای شد. به طوری که شرکت HARRIS فرستنده های پر قدرت رادیویی 100KW را در سال ۱۹۸۶ با استفاده از نیمه هادی ها و با راندمان بیش از ۸۰٪ ارائه کرد.

پس از آن، سایر شرکت ها به استفاده از نیمه هادی به جهت ساخت فرستنده راغب شدند و عمدتاً از همان روش HARRIS استفاده نمودند (مثلاً می توان به شرکت های RIZE، TELEFUNKEN و NEC اشاره کرد).

کارشناسان جهاد دانشگاهی خواجه نصیر پس از بررسی های فنی و مقایسه دو فرستنده NAUTEL و HARRIS به این نتیجه رسیدند که تنها ضعف روش NAUTEL راندمان کمتر آن نسبت به HARRIS در حدود ۸ تا ۱۰٪ است. در صورتی که استقلال ماژول ها در تکنیک NAUTEL بیشتر است. لذا با این دیدگاه آنها به ساخت فرستنده های رادیویی اهتمام ورزیدند که ما در این بخش به اصول عملکرد این نوع فرستنده ها اشاره می کنیم.

این فرستنده‌ها که روند رو به رشدی را پیموده‌اند، به تدریج جایگزین فرستنده‌های لامپی قدیمی در ایستگاه‌های رادیویی می‌شود و هم‌اکنون بسیاری از ایستگاه‌ها از این نوع فرستنده‌ها با قدرت‌های مختلف استفاده می‌کنند.

هدف های بخش ششم

هدف کلی: فراگیران بعد از مطالعه مطالب این فصل با اصول عملکرد فرستنده های جهاد آشنا خواهند شد.

هدف های اجرایی: در پایان این فصل شما قادر خواهید بود:

- ۱- بخش های اصلی فرستنده را نام ببرید؛
- ۲- مراحل تولید سیگنال RF را توضیح دهید؛
- ۳- چگونگی تولید پالس PWM را تبیین کنید؛
- ۴- فرق LED های اخطار و خطا را بیان کنید؛
- ۵- چگونگی جمع شدن قدرت در خروجی ماژول ها و سینی ها را توضیح دهید.

پیش آزمون بخش ششم

- ۱) چه فرقی بین فرستنده‌های نیمه هادی با فرستنده‌های لامپی است؟
- ۲) ساختار فرستنده‌های جهاد از چند جزء اصلی تشکیل یافته است؟
- ۳) آیا می‌دانید روش مدولاسیون در فرستنده‌های جهاد چگونه است؟
- ۴) قدرت در فرستنده‌های جهاد چگونه افزایش یافته است؟
- ۵) دو نوع منبع تغذیه در فرستنده‌های جهاد را نام ببرید؟

۶- اصول عملکرد فرستنده های جهاد

هنگامی که از اولین فرستنده جهاد با قدرت ۱۰ کیلووات بهره برداری شد اشکالاتی در ساختار و طراحی داشت که در حین کارکرد بروز می نمود که این موارد به اطلاع سازندگان رسانده می شد و سازندگان فرستنده ها هم تلاششان بر این بود تا نسبت به رفع آنها اقدام نمایند.

همزمان با اصلاح طراحی فرستنده، نسبت به افزایش قدرت نیز تلاش می شد که این افزایش تا ساخت فرستنده ای به قدرت 1MW تداوم داشت؛ بنابراین، فرستنده هایی که هم اکنون در سطح کشور استفاده می شوند مدل و قدرت های مختلفی دارند که بسیاری از نواقص روزهای اولیه برطرف شده است و طراحی قسمت های مختلف به خصوص سیستم کنترل آن در یک سیر تکاملی از تکنولوژی پیشرفته ای که شامل آی سی های FPGA می باشد بهره جسته اند.

مع الوصف در این بخش تلاش می شود به اصول عملکرد فرستنده ها به گونه ای اشاره شود که کلیه مدل های موجود را شامل شود.

۱-۶- ساختار فرستنده

فرستنده های جهاد عموماً از بخش های اصلی زیر تشکیل شده اند:

(۱) منابع تغذیه پر قدرت (HPS)^۱ و کم قدرت (LPS)^۲؛

(۲) مدارهای قدرت RF (سینی های قدرت)؛

(۳) زنجیره RF؛

(۴) محافظت ماژول های قدرت و درایو PWM (راک های محافظت)؛

(۵) کنترل و محافظت (راک کنترل)؛

1 - High Power Supply

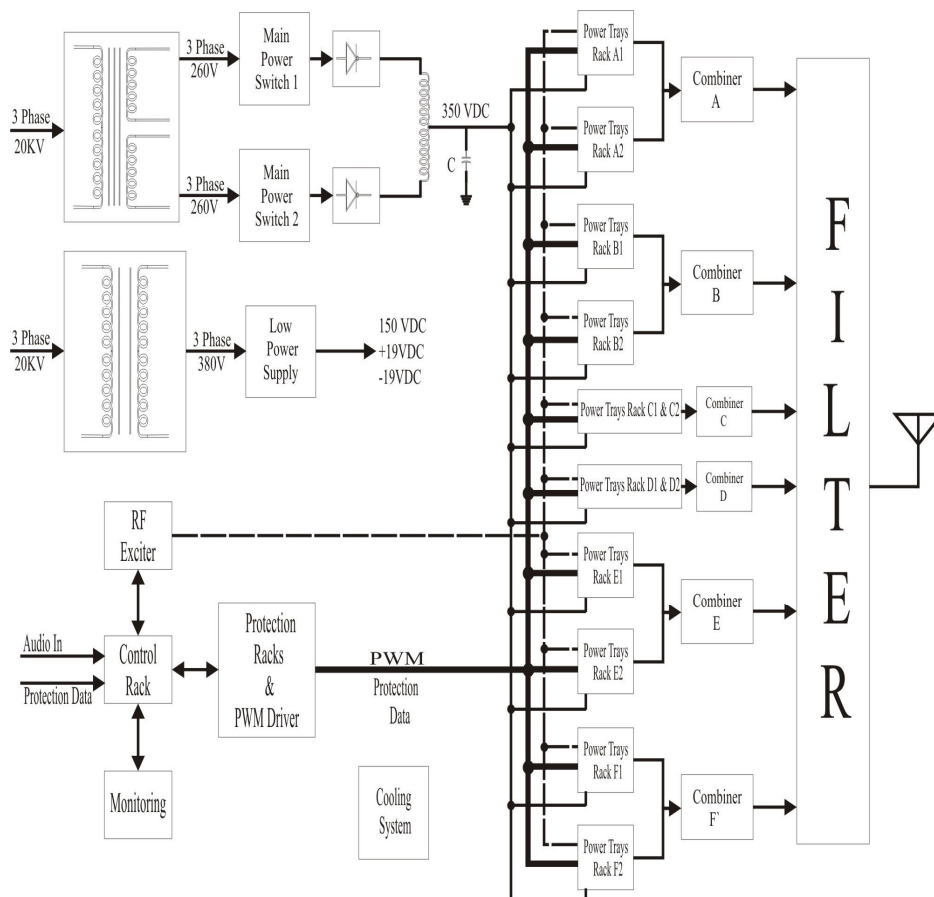
2 - Low Power Supply

۶) مونیتورینگ؛

۷) کمباینر و فیلتر خروجی؛

۸) سیستم خنک سازی؛

شکل (۶-۱) بلوک دیاگرام کلی فرستنده را نشان می‌دهد.



شکل (۶-۱) بلوک دیاگرام فرستنده های پر قدرت جهاد

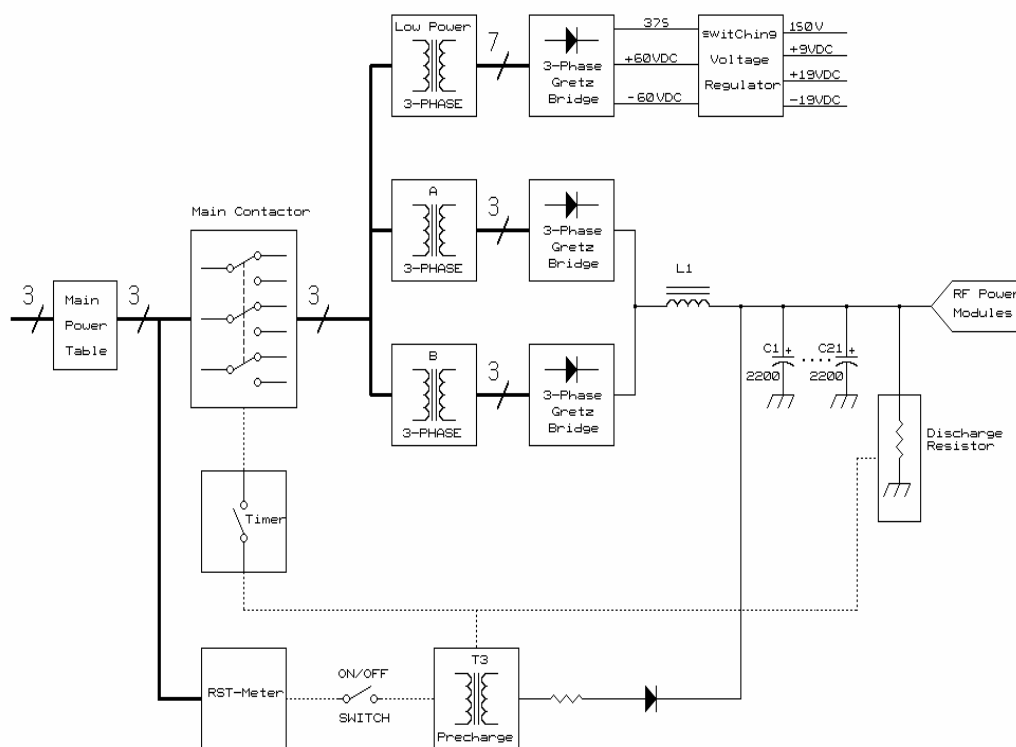
اینک به معرفی بخش های اصلی فرستنده شکل (۶-۱) می پردازیم و با وظایف آنها

در ساختار فرستنده آشنا می شویم.

۱-۱-۶- منابع تغذیه

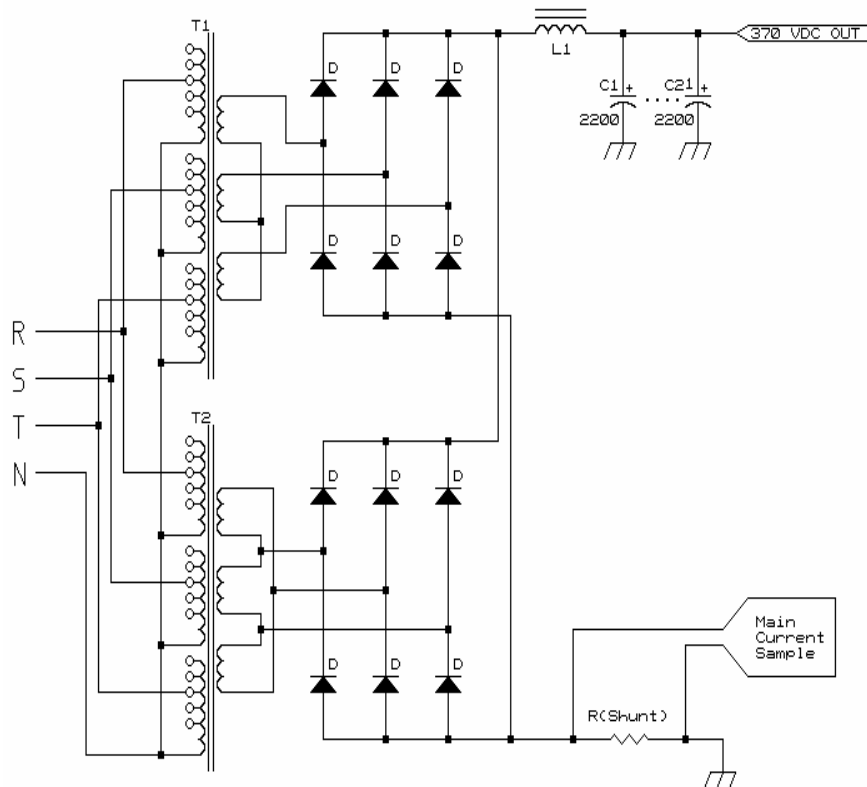
الف - منبع تغذیه پرقدرت (HPS)

این بخش وظیفه تأمین ولتاژ ۳۷۰ ولت DC را به عنوان H.V برای ماژول های قدرت دارد. ورودی منبع تغذیه برای فرستنده 50KW و 100KW برق سه فاز ۳۸۰ ولت و ۵۰ هرتز همراه با نول به صورت چهار سیمی است. ولی برای فرستنده های 300KW به بالا برق ورودی سه فاز 20KV می باشد که با یک ترانس کاهنده به ۳۸۰ ولت تبدیل می شود. شکل (۶-۲) بلوک دیاگرام منبع تغذیه را برای فرستنده های 50KW نشان می دهد.



شکل (۶-۲)

همان گونه که در شکل ملاحظه می شود برق سه فاز ۳۸۰ ولت از طریق کنتاکتور اصلی که با یک تایمر و مدارهای محافظتی کنترل می شود به دو ترانسفورماتور T1 و T2 و همچنین ترانسفورماتور تغذیه ولتاژ پایین (Low Power) وصل می شود.



شکل (۶-۳)

شکل (۶-۳) مدار یکسوساز فرستنده های 50KW را نشان می دهد.

خروجی ترانسفورماتورهای T1 و T2 به دیوهای یکسوساز وصل می شود که در نتیجه ولتاژ AC تبدیل به DC می شود و سپس این ولتاژ DC به مدار صافی پایین گذر شامل سیم پیچ L1 و بانک خازنی C1 تا C22 اعمال می شود.

در شکل (۶-۳) ترانسفورماتورهای T1 از آرایش ستاره به ستاره و T2 از آرایش ستاره به مثلث برخوردار است که ولتاژ ۳۸۰ ولت را به ۲۲۰ ولت تبدیل می کند. دیوهای

یکسوساز که با دو پل سه فاز گرتس می باشد به صورت یکسوساز تمام موج عمل می کنند. دیودهای به کار رفته در این مدار از نوع ۴۰۰ آمپر ۱۲۰۰ ولت است.

همان گونه که در شکل (۶-۲) ملاحظه می شود پس از دیودهای یکسوساز، لینک DC قرار دارد که از یک سیم پیچ $L1$ به ظرفیت ۱۰ میلی هانری و بانک خازنی اصلی فرستنده تشکیل شده است. کل ظرفیت این بانک ۴۶۲۰۰ میکروفاراد است که با توجه به ظرفیت زیاد این بانک خازنی، اگر ولتاژ یکسوشده DC در لحظه اول اعمال شود جریان شارژ اولیه بسیار زیاد خواهد بود و در نتیجه، موجب صدمه زدن به دیودها خواهد شد. به همین دلیل مداری به نام Precharge قرار گرفته است که قبل از وصل کنتاکتور اصلی بانک خازنی از طریق ترانسفورماتور کاهنده T3 و همچنین مقاومت پروات و پل یکسوساز مخصوص آن شارژ اولیه می شود.

روش کار بدین صورت است که بانک خازنی از طریق مدار Precharge تا ولتاژ یعنی شارژ می شود. پس از آن، این Precharge از مدار خارج می شود و کنتاکتور اصلی در مدار قرار می گیرد. در زمان عملکرد مدار Precharge یک آژیر به صدا در می آید. به منظور تخلیه شارژ بانک خازنی در زمان خاموش شدن فرستنده نیز یک مقاومت پروات با بانک خازنی موازی شده است. این مقاومت در زمانی که فرستنده خاموش است با کنتاکت رله در مدار قرار می گیرد و با قرار گرفتن فرستنده در وضعیت ON، با قطع کنتاکتور رله مربوطه این مقاومت از مدار خارج می شود و مدار Precharge وارد عمل می شود.

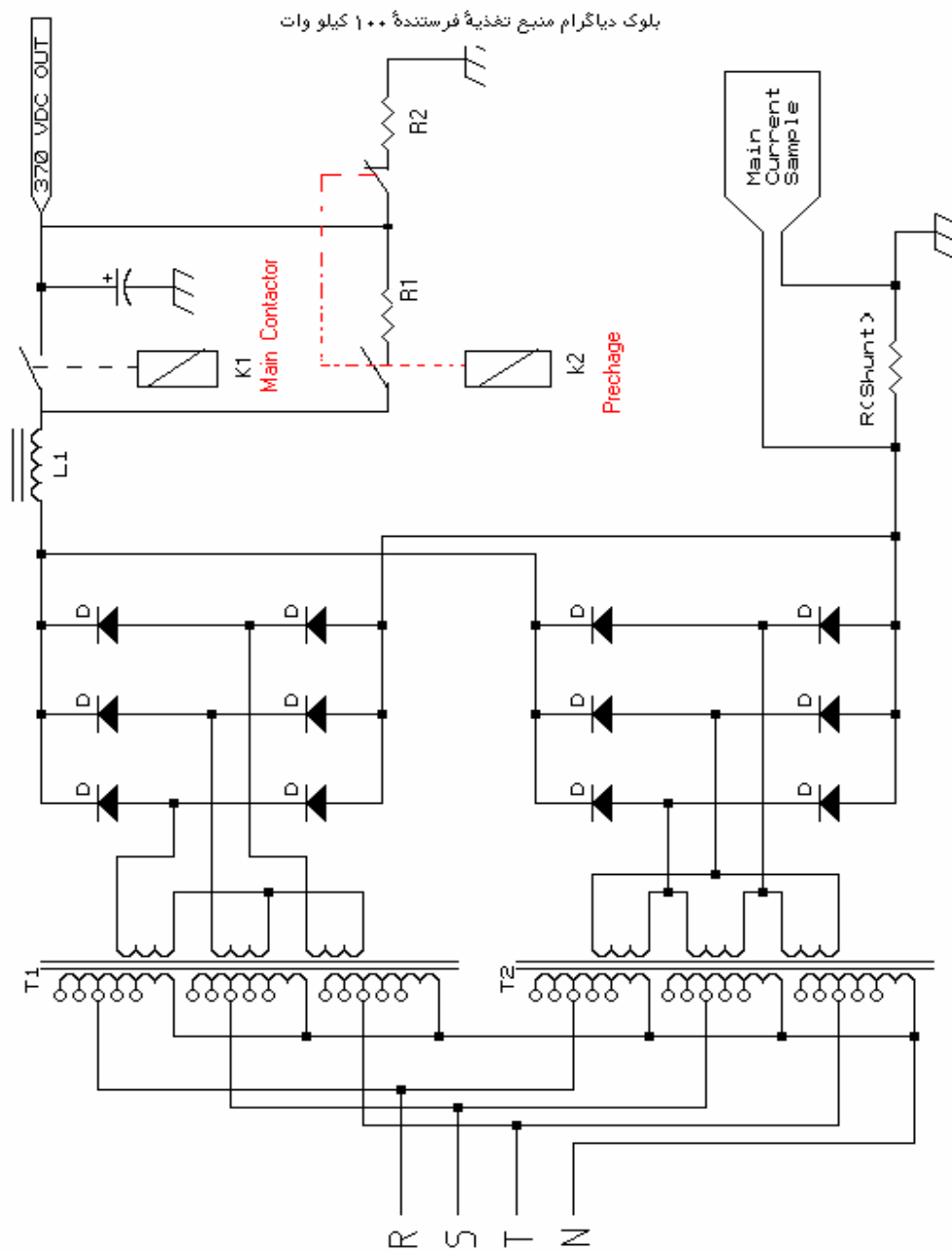
منبع تغذیه پر قدرت (High Power) در فرستنده های 100KW مانند مدار ۵۰ کیلووات است. با این تفاوت که در قسمت شارژ و دشارژ و فرامین آنها تغییراتی ایجاد شده است که در شکل (۶-۴) مشاهده می شود.

در این شکل کلید اصلی، که سه فاز 380V را به مدار اعمال می کند، رسم نشده است؛ بنا براین با وصل شدن کلید فوق، در خروجی پل دیود ولتاژ 340V را خواهیم داشت که با آمدن فرامین لازم به بانک خازنی اعمال خواهد شد و طرز کار آن به این صورت است که

ابتدا فرمان شارژ از قسمت کنترل صادر می‌شود و کنتاکتور شارژ اولیه (precharge) به نام K2 عمل می‌کند و تغذیه 340V را از طریق مقاومت شارژ R1 به بانک خازنی اعمال می‌کند از طرفی هم نمونه ولتاژ DC بانک خازنی به مدارات کنترل می‌رود و در آنجا تصمیم گرفته می‌شود که در چه زمانی کنتاکتور اصلی (Main Contactor) عمل کند.

با رسیدن ولتاژ بانک خازنی به ۷۵٪ ولتاژ نامی خود فرمان وصل کنتاکتور اصلی با نام K1 صادر شده و جریان اصلی مدار از طریق آن برقرار می‌شود و از این لحظه به بعد، مقاومت شارژ R1 نقشی در جریان کارکرد مدار نخواهد داشت (هر چند که کنتاکتور شارژ وصل باقی مانده است).

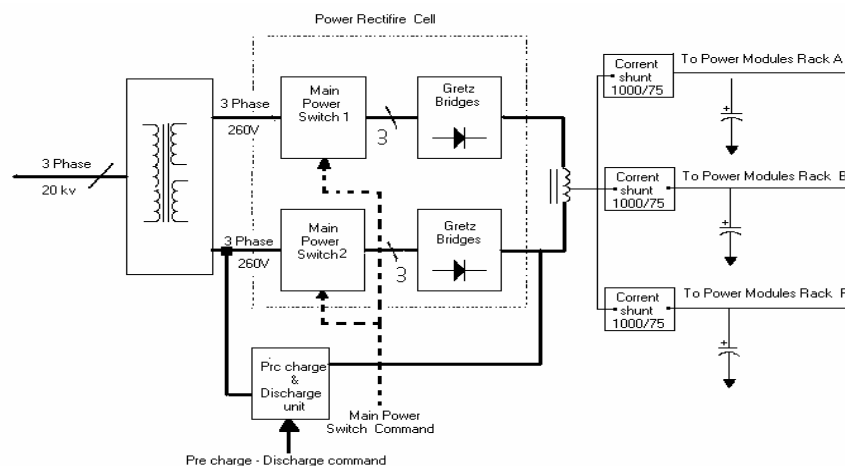
در هنگام خاموش کردن فرستنده نیز هر دو کنتاکتور K1 و K2 قطع می‌شود و از طریق کنتاکت NC (در حالت عادی بسته) کنتاکتور K2 و مقاومت دشارژ R2 ولتاژ بانک خازنی تخلیه خواهد شد.



شکل (۶-۴) تغذیه پرقدرت فرستنده 100KW

۶-۱-۲- تغذیه پر قدرت (HIGH POWER) در فرستنده 1000 KW

به لحاظ شباهتی که در تغذیه فرستنده های پر قدرت وجود دارد، فقط به تغذیه فرستنده یک مگاوات اشاره می کنیم.



شکل (۶-۵): تغذیه پر قدرت فرستنده 1000KW

همان طور که در شکل (۶-۵) می بینید برق ورودی ۲۰ کیلو ولت به ترانس قدرت داده می شود و به دو خروجی سه فاز با آرایش ستاره و مثلث با ولتاژ ۲۶۰ ولت تبدیل می شود. یکسوسازی در این قسمت بصورت دوازده فاز انجام می گیرد، به این منظور خروجی های ترانس به طور مجزا به دو سوئیچ قدرت اصلی وصل می شوند. خروجی سوئیچ ها پس از عبور از بلوک های یکسوساز مربوطه (با آرایش پل سه فاز گرتس) به لینک DC (شامل سلف و بانک خازنی صافی پائین گذر) اعمال می گردد. به این ترتیب، ولتاژ ۳۵۰ ولت DC به جهت تحویل به مازول های قدرت ایجاد می شود (این ولتاژ زیر بار به ۳۳۰ ولت می رسد). نکته قابل توجه در مدار تغذیه پر قدرت این است که دو مسیر مجزا و موازی برای ایجاد کردن ولتاژ DC نهایی وجود دارد و این موضوع علاوه بر اینکه باعث

کاهش جریان در مسیرهای موازی می شود قابلیت اطمینان دستگاه را به صورت قابل توجهی افزایش می دهد. به این معنی که اگر در یکی از مسیرهای موازی (مثلاً سیم پیچ های ثانویه ترانس قدرت یا کلیدهای قدرت اصلی یا بلوک های یکسوساز) مشکلی پیش آید مسیر دیگر می تواند ولتاژ DC نهایی را تولید کند و فرستنده به صورت نیم قدرت به فعالیت خود ادامه می دهد. مدارات موجود در قسمت تغذیه پر قدرت دستگاه عمدتاً درون دو اتاق مجزا با نام های اتاق ترانسفورماتور پر قدرت و اتاق رکتیفایر قرار دارند.

وظیفه ترانسفورماتور قدرت

وظیفه ترانسفورماتور قدرت گرفتن ولتاژ برق ۲۰ کیلو ولت از شبکه و تبدیل آن به دو خروجی سه فاز با آرایش های ستاره و مثلث با ولتاژ ۲۶۰ ولت می باشد. ترانس قدرت با دو مدار کنترل دما و رله بلخز محافظت می شود. به این ترتیب که در صورت بالا رفتن بیش از حد دمای ترانس، فرستنده از قدرت می افتد و از ترانس باری کشیده نمی شود و این خود باعث خنک شدن آن می شود. در صورتی که رله بلخز نیز به هر علتی عمل کند فرمان قطع دژنکتور صادر و برق ۲۰ کیلو ولت ورودی ترانس قطع می شود.

سلول رکتیفایر

دو خروجی سه فاز ترانسفورماتور پر قدرت به ورودی سوئیچ های قدرت وصل می شوند. این سوئیچ ها در حقیقت دو عدد کلید فیوز ۲۵۰۰ آمپر هستند. فرمان قطع و وصل این سوئیچ ها را مدارات کنترل درون راک اصلی فرستنده صادر می کند، خروجی سوئیچ های قدرت به دو بلوک یکسوساز تمام موج با آرایش پی سه فاز گرتس وارد می شود که نتیجه آن ایجاد دو ولتاژ ۳۵۰ ولت DC هر یک با جریان حداکثر ۳۰۰۰ آمپر است. در بلوک های یکسوساز قدرت جمعاً ۲۴ عدد دیود قدرت (3000A/2200V) قرار دارند که برای تحمل جریان بیشتر هر دو تآ آنها با یکدیگر موازی شده و بر روی گرماگیرهای مخصوص نصب شده اند. یک عدد فن سه فاز ۶۰۰ وات، وظیفه خنک سازی این گرماگیرها را بر عهده دارد.

بر روی این گرماگیرها ۱۲ عدد سنسور حرارتی (THERMAL SWITCH) با دمای ۷۰ درجه تعبیه شده که همگی در حالت عادی بسته بوده (NORMALLY CLOSE) و با هم سری شده اند و در صورت عمل کردن هر یک از آنها، مدار کنترل فرستنده درون راک اصلی، ضمن ایجاد خطای THERMAL PROTECTION فرستنده را از قدرت می‌اندازد.

لینک DC

همان طور که در شکل (۵-۶) دیده می‌شود پس از بلوک های یکسوساز لینک DC قرار دارد که از یک سلف و بانک خازنی تشکیل می‌شود. سلف از نوع سر وسط دار و با قابلیت تحمل جریان ۶۰۰۰ آمپر درون اتاق رکتیفایر قرار دارد. بانک خازنی دستگاه، درون راک های قدرت فرستنده پخش شده اند به طوری که کف هر سلول ۵۰ کیلوواتی یک مجموعه خازن موازی شامل شش عدد خازن ۶۸۰۰ میکروفاراد قرار دارد. با توجه به ظرفیت زیاد بانک خازنی (حدود یک میکروفاراد) اگر ولتاژ DC قدرت به ناگهان به خازن ها اعمال شود جریان شارژ اولیه این بانک خازنی بسیار بزرگ است و به دیویدهای یکسوساز و ترانسفورماتورهای قدرت صدمه وارد خواهد شد. برای جلوگیری از این امر مدار خاصی تعبیه شده است با نام مدار شارژ و دشارژ.

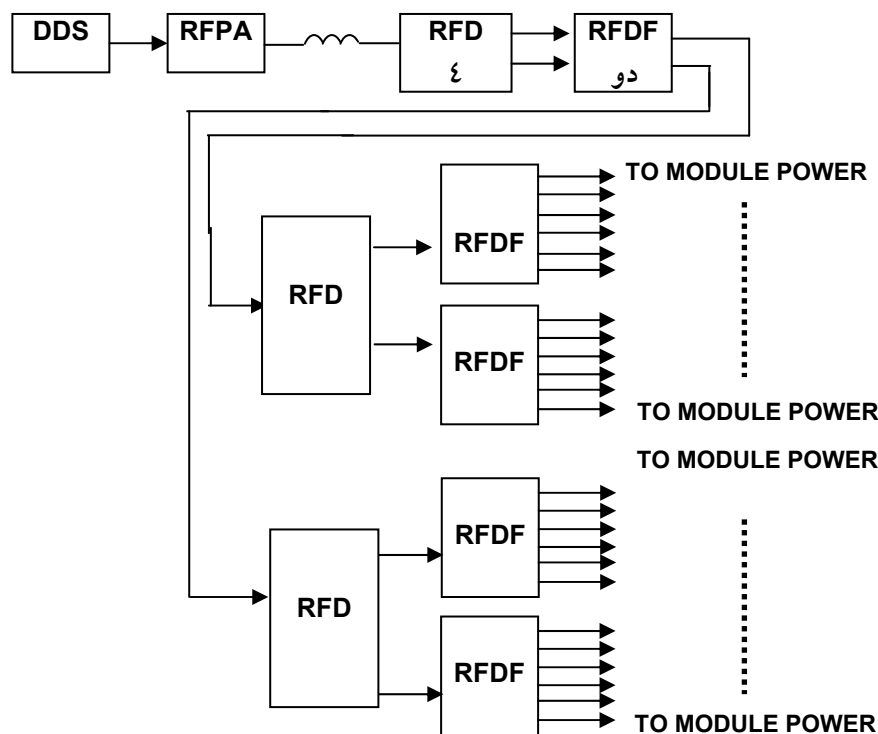
مدار شارژ و دشارژ

عملکرد این مدار به این ترتیب است که با آمدن فرمان شارژ (CHARGE) از قسمت کنترل قبل از وصل کلیدهای قدرت اصلی درون سلول رکتیفایر به کمک یک کنتاکتور، پل یکسوساز مخصوص شارژ در مدار قرار می‌گیرد و جریان شارژ اولیه کمی را از طریق یک مقاومت پرقدرت در مدار قرار می‌دهد. با این کار، ابتدا بانک خازنی به آرامی تا ولتاژ معینی شارژ و سپس با آمدن فرمان Main از قسمت کنترل، کلیدهای قدرت اصلی وصل می‌شود و ولتاژ DC اصلی قدرت به بانک خازنی متصل می‌گردد.

به منظور تخلیه شارژ بانک خازنی در زمان روشن شدن فرستنده (وضعیت OFF) مقاومت R با بانک خازنی موازی می شود این مقاومت در زمانی که فرمان CHARGE قطع می شود و با کلیدی روغنی در مدار قرار می گیرد.

۶-۲- زنجیره RF

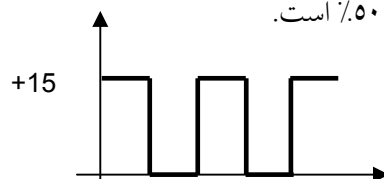
سیگنال RF که در این فرستنده ساخته می شود پس از چند مرحله تقویت و پس از پردازش در نهایت به سینی های قدرت می رسد. در هر سینی قدرت ۴ ماژول وجود دارد که برای هر کدام از ماژول ها باید یک خط RF برسد تا عمل مدولاسیون انجام شود. آنچه مهم است اینکه سیگنال RF باید دقیق و در طول استفاده از آن ثابت باقی بماند. شکل (۶-۶) زنجیره RF را نشان می دهد. این شکل مربوط به فرستنده های ۵۰ کیلوواتی است.



شکل (۶-۶) بلوک دیاگرام زنجیره RF

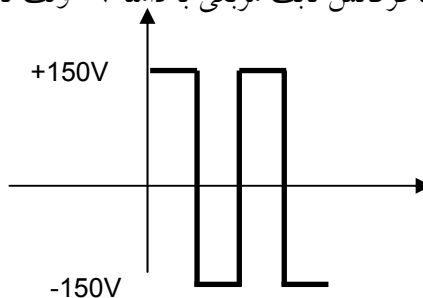
همان گونه که در شکل مشاهده می شود سیگنال RF در طبقه RFOS یا DDS ساخته می شود: البته سیگنال ساخته شده در این طبقه دو برابر فرکانس مورد نظر برای فرستنده است. مثلاً اگر فرکانس فرستنده 1332KHZ (فرکانس شبکه تهران) باشد فرکانسی که در این طبقه ساخته می شود برابر 2664KHZ می باشد.

این فرکانس هم (2664KHZ) با استفاده از یک کریستال فرکانس بالا و تقسیماتی که با سوئیچ های مدار صورت می گیرد حاصل می شود که با دامنه صفر تا +۱۵ ولت به صورت مربعی با عرض پالس ۵۰٪ است.



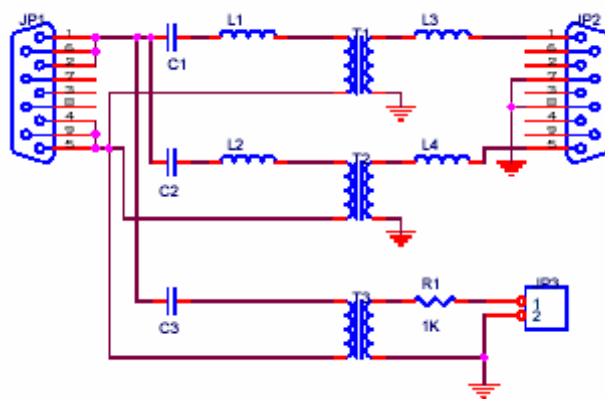
شکل (۶-۷)

روش جدید دیگر تولید سیگنال RF یا کریر را مدار DDS انجام می دهد که در این مدار از آی سی های FPGA قابل برنامه ریزی استفاده می شود. به هر صورت، خروجی این مدار یک سیگنال مربعی صفر تا +۱۵ ولت است که دو انشعاب می شود که یک انشعاب آن به جهت تأیید سیگنال PWM به مدار مربوطه می رود (که در مورد این مدار بعداً صحبت می شود) انشعاب دیگر به مدار پیش تقویت کننده (RF PA) می رود. سیگنال RF که ضریبی از دو است در طبقه RFPA بر دو تقسیم می شود و در خروجی این طبقه یک فرکانس ثابت مربعی با دامنه -۶ ولت تا +۶ ولت وجود دارد.



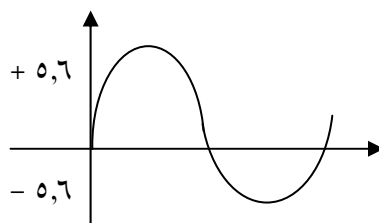
شکل (۶-۸)

سیگنال شکل (۶-۸) به مدار فیلتر RFDF می رسد. شکل (۶-۹) که مربوط به مدار RFDF است باعث می شود که سیگنال RF در این طبقه فیلتر شود و ترانسفورماتورهای مدار آن را به یک موج سینوسی UNBALANCE با دامنه ۵,۶ ولت تا ۵,۶+ ولت تبدیل کنند.



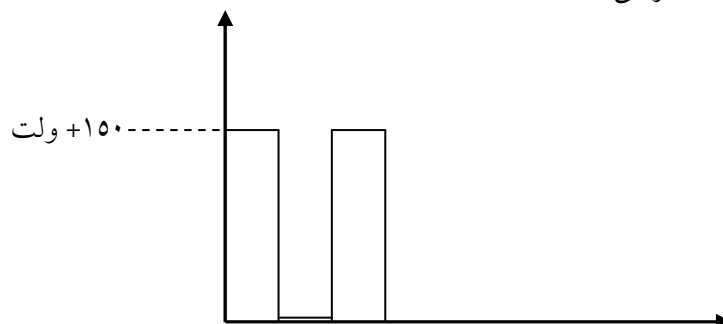
شکل (۶-۹)

در شکل (۶-۹) ترانس T3 نمونه ای از ولتاژ RF را برای نمایش با LED به روی سینی مازول ها ارسال می کند تا تأییدی بر وجود RF باشد. سیگنال سینوسی RF در خروجی طبقه RFDF (شکل ۶-۱۰) به دو انشعاب تقسیم می شود



شکل (۶-۱۰)

که هر انشعاب به یک مدار راه انداز RF هشت ماسفتی می رسد و باعث راه اندازی ماسفت های این طبقات می شوند. از خروجی این طبقه دو انشعاب به دست می آید که یک سیگنال RF مربعی با دامنه ۱۵۰ ولت است.

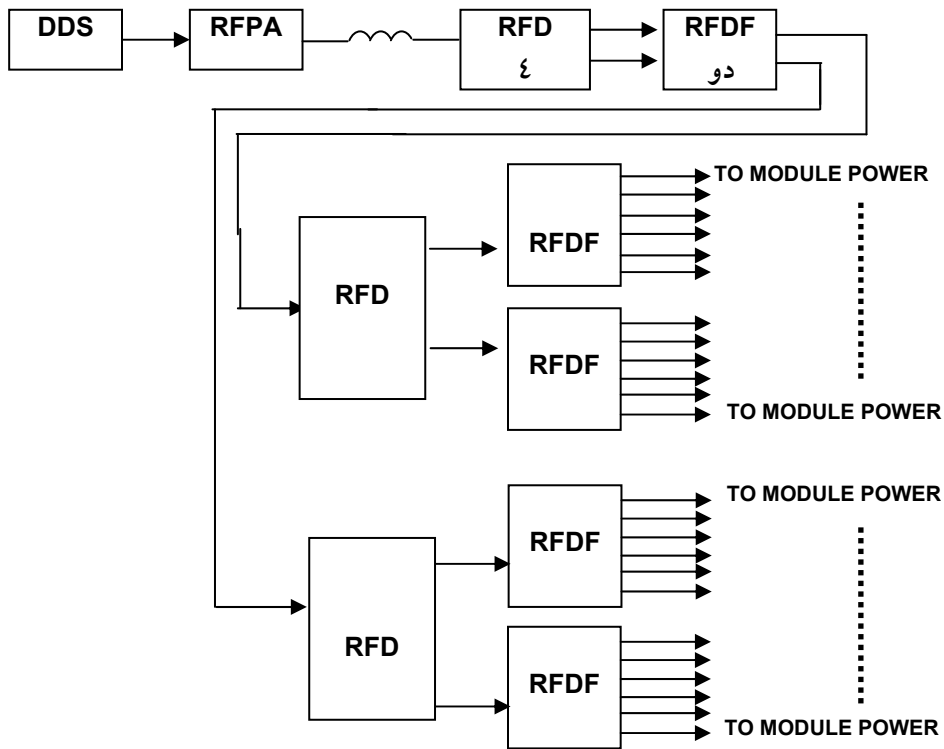


شکل (۶-۱۱) خروجی طبقات RFD هشت ماسفتی

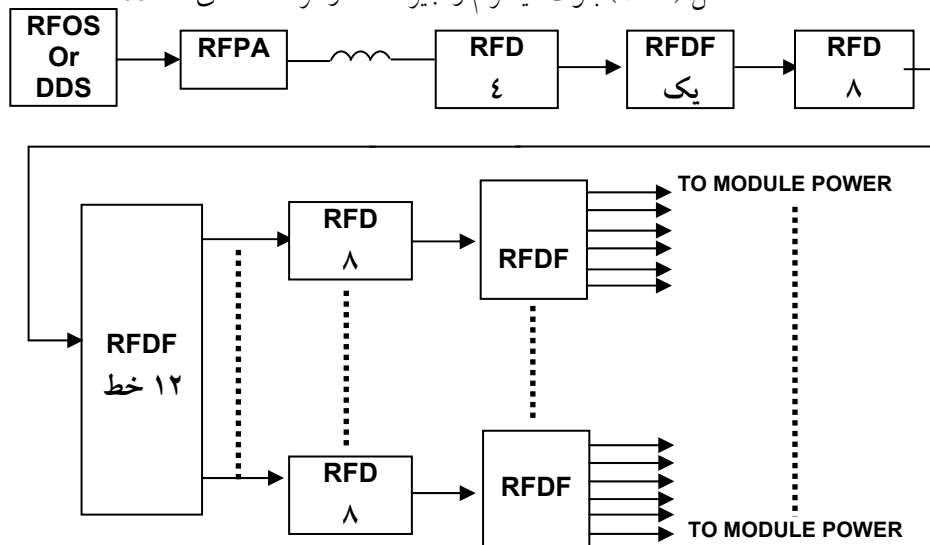
هر کدام از خروجی های طبقه RFD هشت ماسفتی به مدار فیلتر فرکانس کاری (RFDF) می رسد که در این مدار سیگنال RF به شش انشعاب تقسیم می شود که هر انشعاب به یک سینی قدرت می رسد و در سینی قدرت نیز این انشعاب به چهار مازول موجود در سینی اعمال می شود.

در این طبقه RFDF نیز یک نمونه از سیگنال RF به مدار کنترل ارسال می شود که تأیید کننده وجود RF در این طبقه است. در صورت عدم وجود RF مدار کنترل فرستنده فرمان خطای RF را نشان می دهد.

شکل (۶-۶) بلوک دیاگرام زنجیره RF مربوط به فرستنده 50KW جهاد را نشان می دهد. در شکل (۶-۱۲) و (۶-۱۳) بلوک دیاگرام مربوط به زنجیره RF فرستنده های 100KW و 300KW را نشان می دهد. با توجه به این اشکال به وضوح نحوه سیگنال رسانی به سینی های قدرت قابل تجزیه و تحلیل است.



شکل (۶-۱۲) بلوک دیاگرام زنجیره RF در فرستنده های 100KW

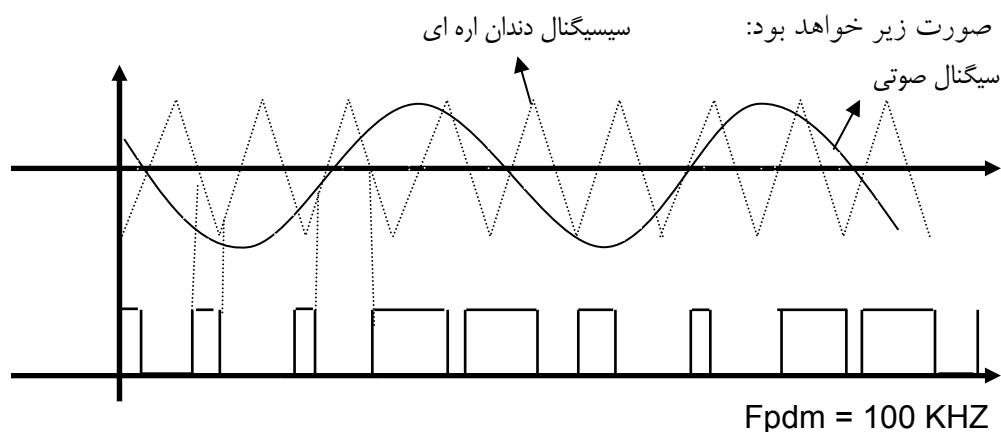


شکل (۶-۱۳) بلوک دیاگرام زنجیره RF در فرستنده های 300KW

۳-۶- زنجیره صوت PWM

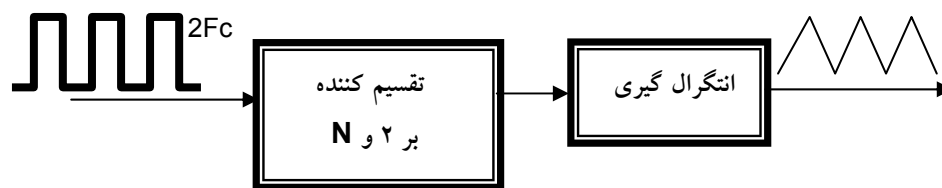
مهمترین قسمت فرستنده که کلیه کنترل‌ها و محافظت‌ها بر آن اعمال می‌شود زنجیره صوت می‌باشد. سیگنال صوت که به فرستنده داده می‌شود Level پایینی دارد و با استفاده از روش‌های معمولی نمی‌توان آن را تا حد مطلوب تقویت نمود؛ برای اینکه در روش‌های معمول تقویت‌کننده‌ها تلفات زیادی دارند (چون تقویت‌کننده‌ها بیشتر در ناحیه خطی کار می‌کنند) و نویز زیادی روی صوت سوار می‌شود. برای حل این مشکل از تکنیک تقویت به صورت کلاس S استفاده می‌شود. در این روش، ابتدا صوت را به صورت پالسی در می‌آورند و سپس تقویت می‌کنند؛ در این حالت چون صوت به صورت پالسی است و تقویت‌کننده‌ها به صورت سوئیچینگ عمل می‌کنند (قطع یا اشباع که یا جریان صفر است یا ولتاژ) تلفات فوق‌العاده کم می‌شود و چون دامنه ثابت است نویز نمی‌تواند روی آن سوار شود.

روشی که توضیح داده شد روش PDM یا PWM است در این روش، یک موج پالسی (مربعی) که عرض پالس آن متناسب با دامنه سیگنال صوت تغییر می‌کند به فرستنده اعمال می‌شود و این عمل را یک مقایسه‌کننده انجام می‌دهد (هرجا که دامنه سیگنال صوت بیشتر از دامنه موج مثلثی است خروجی High می‌شود و بالعکس). اما شکل موج‌های مربوط به صوت و سیگنال دندان‌اره ای و سیگنال مربعی به



شکل (۱۴-۶) شکل موج‌های مربوط به تولید پالس

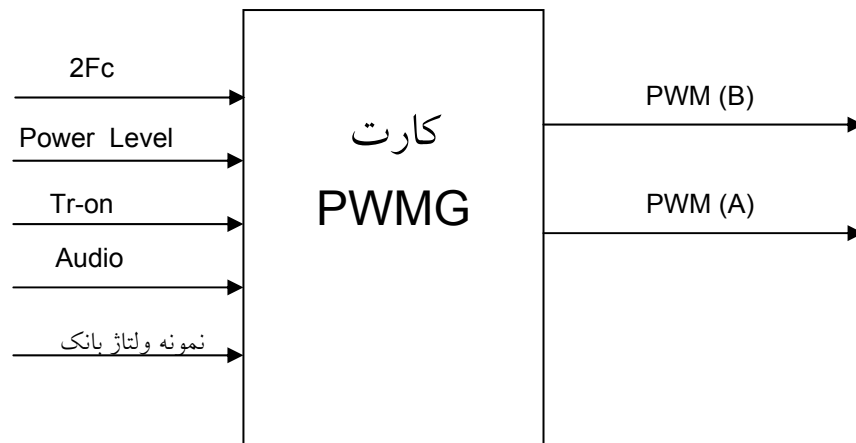
لازم به ذکر است که موج مثلی، که از روی فرکانس کاری $(2F_c)$ که در برد RF0S ساخته می‌شود و به برد PWMG می‌آید، ساخته می‌شود به این صورت که ابتدا سیگنال F_c بر عدد n تقسیم می‌شود (n مقداری بین ۱ تا ۱۵ دارد و با کمک یک دیپ سوئیچ بر اساس مقدار F_c تعیین می‌شود) فرکانس خروجی این مقسم $2F_c/N$ است که بر عدد ۲ نیز تقسیم می‌شود. سپس از پالس F_c/N انتگرال گیری شده و شکل موج مثلی به دست می‌آید. n طوری انتخاب می‌شود که باتوجه به مقدار F_c شکل موج مثلی دارای فرکانس 100KHZ باشد.



شکل (۱۵-۶) بلوک دیاگرام تولید موج دندان اره ای

در فرستنده های جهاد، عمل تولید PDM در برد PWMG انجام می گیرد و PDM ساخته شده پس از اعمال محافظت به ماژول های قدرت می‌رود و در ماژول ها در قسمت PDM آنها تقویت و بعد به سر مدولاتور، که یک تقویت کننده کلاس D است، اعمال می‌شود و از طرف دیگر نیز فرکانس کاری RF اعمال می‌شود و عمل مدولاسیون صورت می‌گیرد که عمل محافظت و همچنین مدولاسیون در قسمت های بعدی شرح داده خواهد شد.

بنابراین ورودی‌ها و خروجی‌های کارت PWMG به صورت زیر است:



شکل (۱۶-۶) بلوک دیاگرام ورودی‌ها و خروجی‌های برد PWMG

سیگنال صوت که به قسمت مقایسه گر (به جهت ساخت پالس های PDM) می آید همان صوت ورودی به فرستنده نیست بلکه یک سری تغییرات و کنترل هایی بر آن اعمال می شود که همگی در همین برد PWMG انجام می گیرد.

این مراحل در نمودار شکل انتهای بخش نشان داده شده است.

از دیگر فرمان هایی که به برد PWMG می آید فرمان TR-ON است این فرمان در صورتی که از برد PSC به برد PWMG صادر شود (یک شود یا High) برد PWMG اجازه تولید پالس های PDM را خواهد داشت و این فرمان در صورتی یک است که شرایط زیر مهیا باشد:

۱- خطایی رخ نداده باشد (آلارمی وجود نداشته باشد)؛

۲- فرستنده در حالت OFF نباشد؛

۳- منبع تغذیه Low Power نرمال باشد (فرمان P.G را داشته باشیم)؛

۴- تایمر شارژ خازن فعال نباشد.

Power level روی عرض پالس PDM تأثیر می گذارد و مقدار آن را تعیین می کند و متناسب با تغییرات وضعیت توان فرستنده عرض پالس PDM نیز تغییر می یابد (این فرمان از کارت PLC می آید).

بنابراین، در مجموع وظیفه برد PWMG موارد زیر است:

۱. تولید PDM (صوت مدوله شده با مدولاسیون عرض پالس)؛

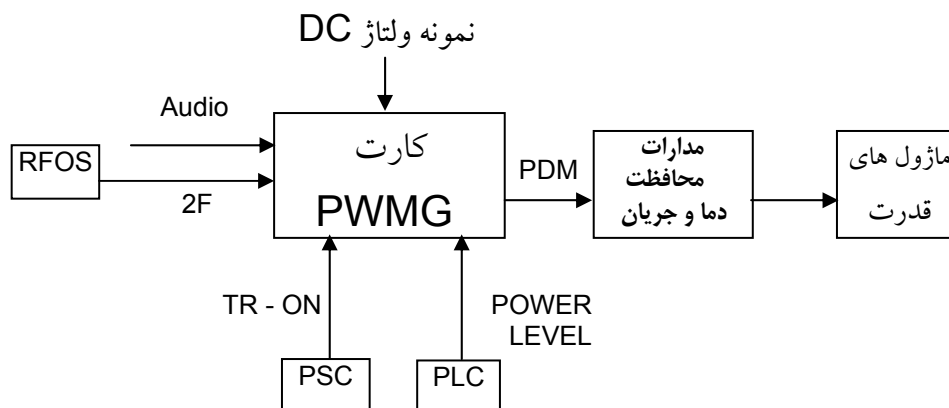
۲. حذف اثرات تغییرات برق شهر با مدارات جبران ساز؛

۳. کنترل میزان توان فرستنده (Power level)؛

۴. برش مدولاسیون بیش از ۱۲۵٪؛

۵. اعمال صدا به صورت پله ای به فرستنده با مدار soft start.

محل برد PWMG در سینی کنترل اصلی است. با توضیحاتی که در این بخش ارائه شد پالس های PWM ساخته شده بدون در نظر گرفتن مدارات محافظت دما و جریان که عمل درایو PDM را انجام می دهند به ماژول قدرت فرستاده می شود. زنجیره صوت مختصراً توضیح داده شد و به صورت شکل زیر است:



شکل (۱۷-۶) بلوک دیاگرام زنجیره صوت

بنا بر توضیحات فوق از مزایای استفاده از مدولاسیون PDM به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

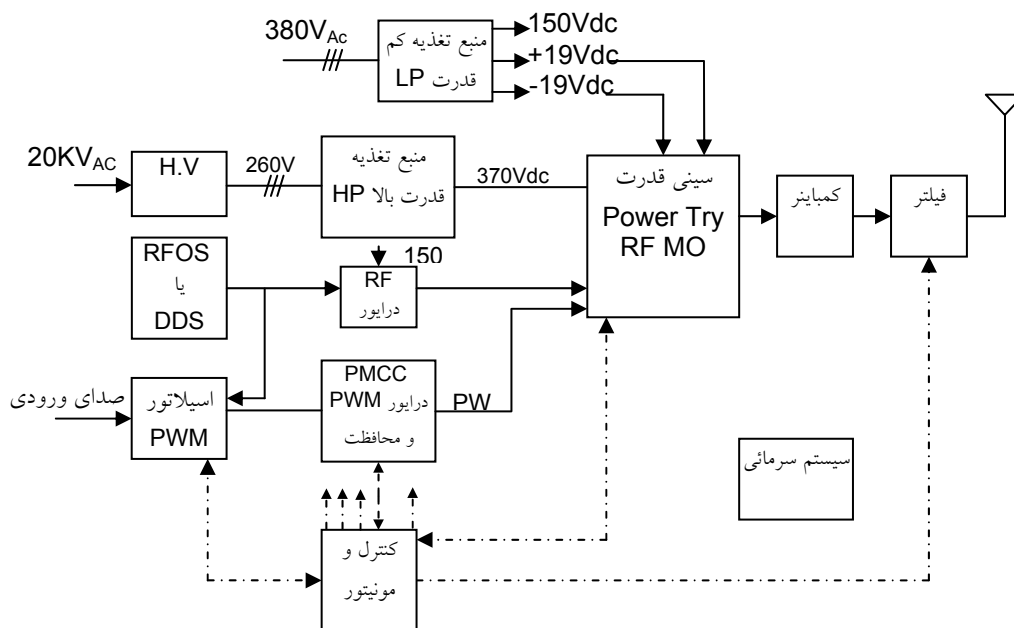
- ۱- موج مربعی کمتر نویز می‌گیرد (چون نویز روی دامنه سوار می‌شود)؛
- ۲- به خاطر استفاده از مدارات سوئیچینگ، راندمان بالاتر است؛
- ۳- ترانس مدولاسیون حذف می‌شود (حجم فرستنده کمتر می‌شود)؛
- ۴- به علت استفاده از مدارات سوئیچینگ در طبقه صدا، دیستورشن پایین می‌آید؛
- ۵- چون طبقات تقویت کمتر است لذا پاسخ فرکانسی بهتر می‌شود.

۴-۶- مدارهای قدرت RF (سینی‌های قدرت)

در فرستنده های جهاد عمل مدولاسیون در سینی‌های قدرت انجام می‌گیرد که متشکل از ۴ ماژول قدرت نیز هست. بر اساس اصول عملکرد فرستنده های رادیویی به جهت عمل مدولاسیون دو سیگنال RF و صوت و همچنین ولتاژ DC منبع تغذیه لازم است. تا اینجا منابع تغذیه، زنجیره RF و زنجیره صوت PWM توضیح داده شد. این سه عامل در نهایت به سینی قدرت می‌رسند که در اینجا عملکرد مدار این سینی ها را بررسی می‌کنیم.

اجمالاً به این نکته اشاره می‌شود که هر ماژول 1.1KW قدرت خروجی دارد. بنابراین، هر سینی که دارای چهار ماژول است در یک راک قرار دارند. بنابراین، قدرتی برابر 4.4KW دارد. لذا برای یک فرستنده 50KW تعداد ۱۲ سینی و برای 100KW به تعداد ۲۴ عدد سینی لازم است. که در دو راک قرار می‌گیرد. به همین نسبت برای افزایش قدرت می‌توان به ازای افزودن هر ۶ سینی، ۲۵ کیلووات به قدرت فرستنده اضافه کرد.

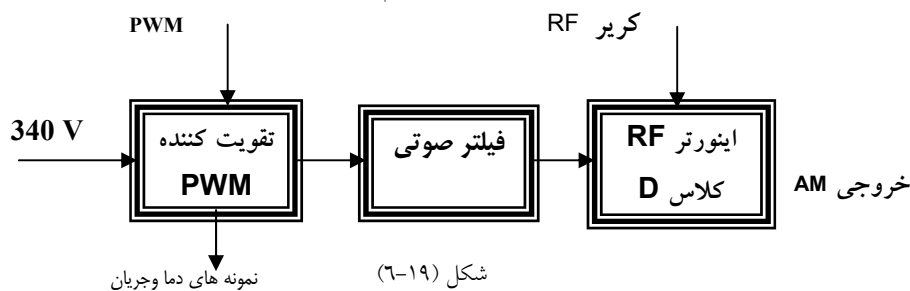
شکل زیر بلوک دیاگرام کلی فرستنده های جهاد را نشان می دهد که در این شکل ورودی های یک سینی قدرت رسم شده است.



شکل (۶-۱۸) بلوک دیاگرام کلی فرستنده

در شکل فوق، ورودی های یک سینی قدرت ملاحظه می شود که عبارتند از منابع تغذیه، سیگنال RF، سیگنال صوتی PWM و علائم کنترل که در این قسمت به عملکرد ماژول های قدرت RF می پردازیم.

یک ماژول قدرت (RFMD) از سه تقویت کننده PWM، فیلتر صوتی و اینورتور RF کلاس D تشکیل یافته است. شکل زیر بلوک دیاگرام RFMO را نشان می دهد.



شکل (۶-۱۹)

همان گونه که در شکل ملاحظه می شود هر مازول قدرت از دو قسمت اساسی تشکیل می شود.

۱-۶-۴- بخش تقویت صوت

تقویت صوت در فرستنده به صورت کلاس "S" انجام می شود که از تکنولوژی PWM^۱ بهره می برد؛ یعنی ابتدا در راک کنترل فرستنده صوت ورودی به صورت عرض پالس مدوله می شود (روش PWM) پالس PWM پس از عبور از طبقات راه انداز PWM^۲ موجود در راک های محافظت فرستنده به مازول های قدرت اعمال و در آنجا نیز پس از عبور از یک طبقه راه انداز با تقویت کننده سوئیچینگ تقویت می شود. سپس این پالس تقویت شده از فیلتر صوتی عبور می کند و تنها، مؤلفه فرکانس پایین سیگنال PWM یا در واقع صوت تقویت شده باقی می ماند.

طبقات مربوط به مدولاتور PWM و همچنین راه انداز PWM موجود در راک های کنترل و محافظت فرستنده در بخش های بعدی تشریح خواهد شد.

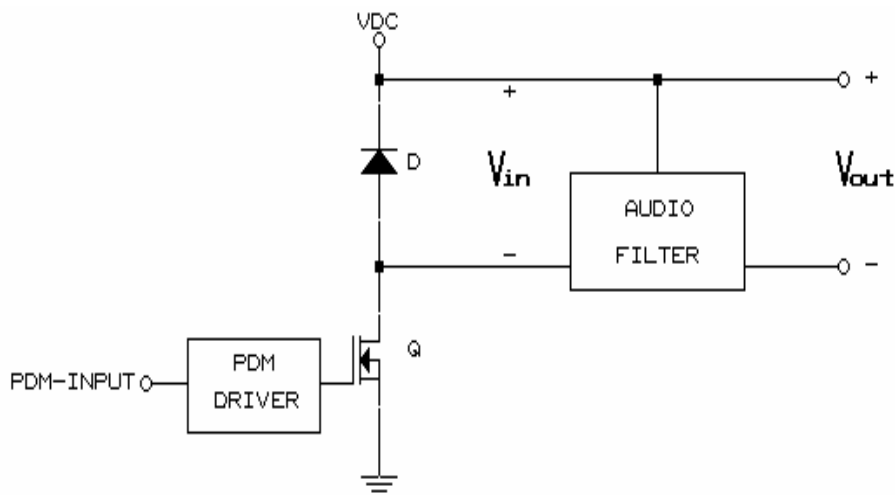
شکل (۶-۲۰) شماتیک ساده شده بخش تقویت صوت بر روی مازول قدرت را نمایش می دهد. این بخش خود شامل سه طبقه است: طبقه راه انداز PWM، طبقه سوئیچ قدرت و طبقه فیلتر صوتی.

همان طور که در شکل (۶-۲۰) مشخص است موج مربعی (PWM – Input) با دامنه صفر و ۱۵ ولت ابتدا به یک طبقه راه انداز اعمال می شود که از نوع IC های Mosfet Driver به شماره DS0026 است. این مدار راه انداز تغذیه ۱۵ ولت DC مستقل دارد که با رگولاتور تامین می شود. پالس PWM ورودی پس از درایو، به گیت سوئیچ Q اعمال می شود. این سوئیچ در واقع از دو Mosfet موازی تشکیل می شود. با قطع و وصل شدن سوئیچ Q در ورودی فیلتر صوتی، موج PWM تقویت شده با دامنه صفر و V_{DC} ولت ایجاد

۱- Pulse Width Modulation که نام دیگر آن PWM یا Pulse Duration Modulation می باشد.

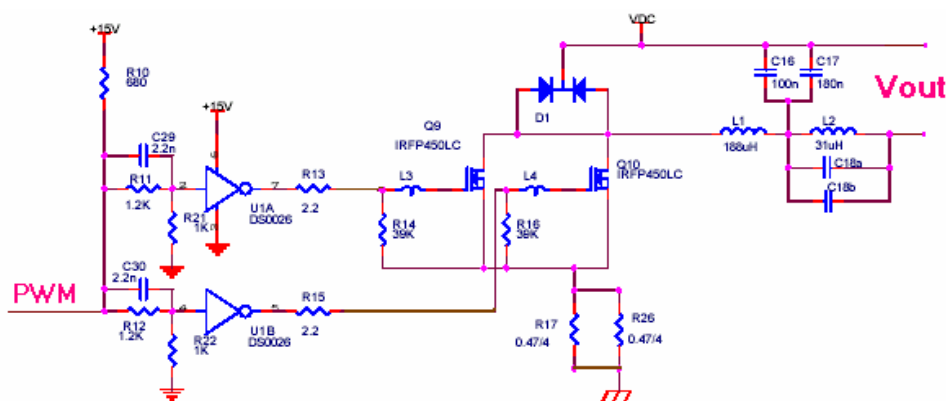
2 - PWM Driver

می‌شود. از آنجا که طبقه ورودی فیلتر، سلفی است وجود دیود D برای فراهم کردن مسیر جریان در لحظاتی که سوئیچ Q خاموش است ضروری است.^۱ این دیود و Mosfet های مذکور بر روی یک گرماگیر نصب شده اند.



شکل (۶-۲۰): دیاگرام بلوکی بخش تقویت صوت

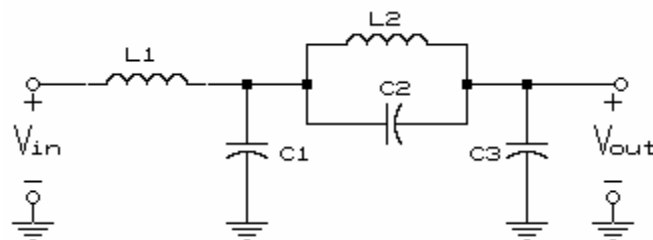
و شماتیک نقشه مربوط به تقویت صوت به صورت زیر است.



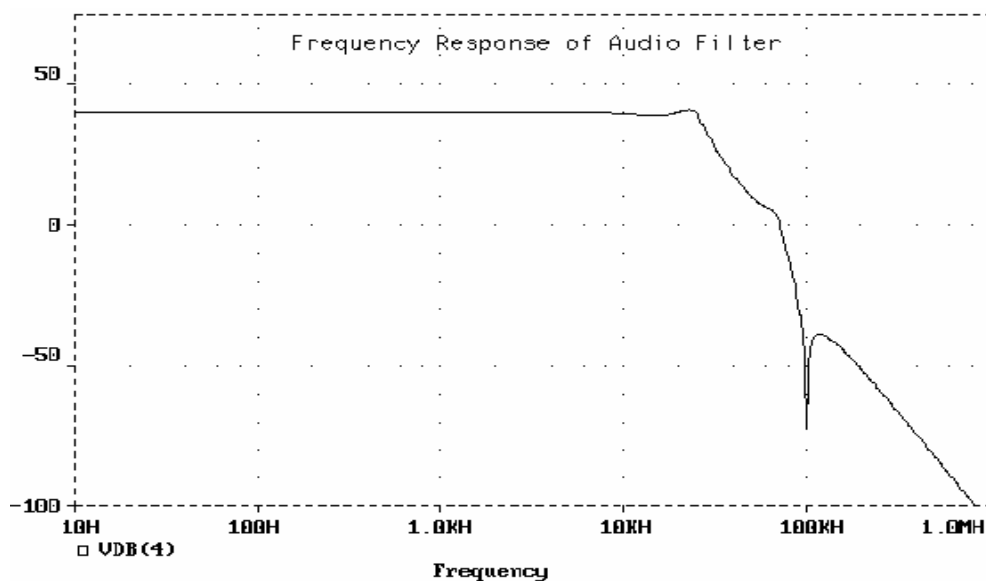
شکل (۶-۲۱) مدار بخش تقویت صوت

1 - Freewheeling Diode

شکل (۶-۲۲) نیز مدار فیلتر صوتی را نمایش می‌دهد. فیلتر فوق از یک فیلتر چبی چف مرتبه ۳ با فرکانس قطع حدود ۲۵ کیلوهرتز و یک فیلتر notch تشکیل شده است که برای فرکانس PWM (حدود ۱۰۰ کیلوهرتز) یک صفر انتقال ایجاد و آن را به میزان زیادی تضعیف می‌کند. مشخصه فرکانسی این فیلتر در شکل (۳-۱۷) نمایش داده شده است. خروجی این فیلتر، صوت تقویت شده است که در مرحله بعد به اینورتر RF اعمال می‌شود.



شکل (۶-۲۲): شماتیک مداری فیلتر صوتی

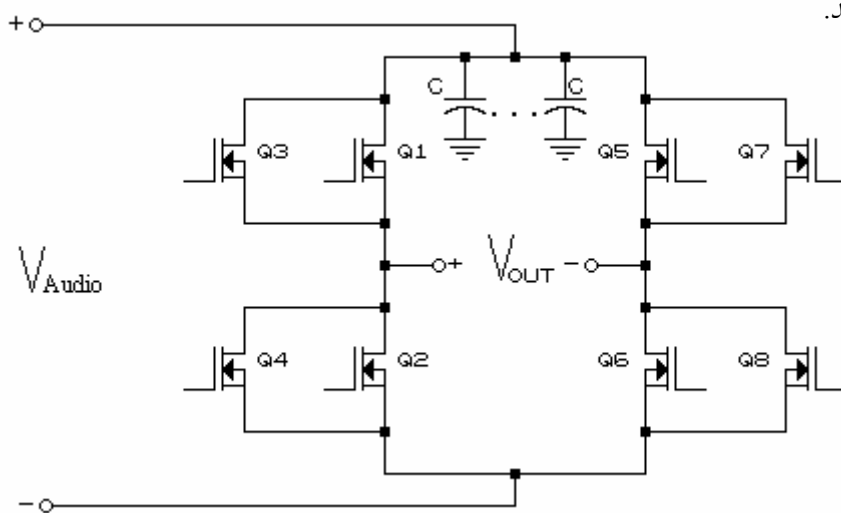


شکل (۶-۲۳): پاسخ فرکانسی فیلتر صوتی

۲-۴-۶- بخش مدولاتور قدرت AM^۱

این مدار اساساً یک اینورتر تمام پل^۲ است که گیت های آن با فرکانس کرییر (F_c) تحریک می شود. تغذیه اینورتر نیز همان سیگنال صوت تقویت شده خروجی فیلتر صوتی است. در نتیجه، خروجی این مدار حاصل ضرب سیگنال های صوت و کرییر است که همان سیگنال AM می باشد؛ با این تفاوت، که مؤلفه کرییر آن پالسی است نه سینوسی. به همین دلیل، به این قسمت از مدار، مدولاتور قدرت AM می گوئیم. سیگنال خروجی مدولاتور قدرت AM، سیگنال AM فیلتر نشده است و در طبقات بعدی تبدیل به سیگنال AM فیلتر شده می شود. شکل (۶-۲۴) شمای ساده شده مدولاتور قدرت AM را نشان

می دهد.



شکل (۶-۲۴): شماتیک مداری مدولاتور قدرت AM

نقشه RFMO شماتیک ماژول قدرت را کامل نشان می دهد. در این نقشه، Mosfet های Q_9 و Q_{10} سوئیچ های بخش تقویت صوت هستند و دیود D_1 که شامل دو دیود موازی هم است همان دیود Free – Wheeling است. فیلتر صوتی نیز از سلف های L_1 ، L_2 و خازن

1- Amplitude Modulation

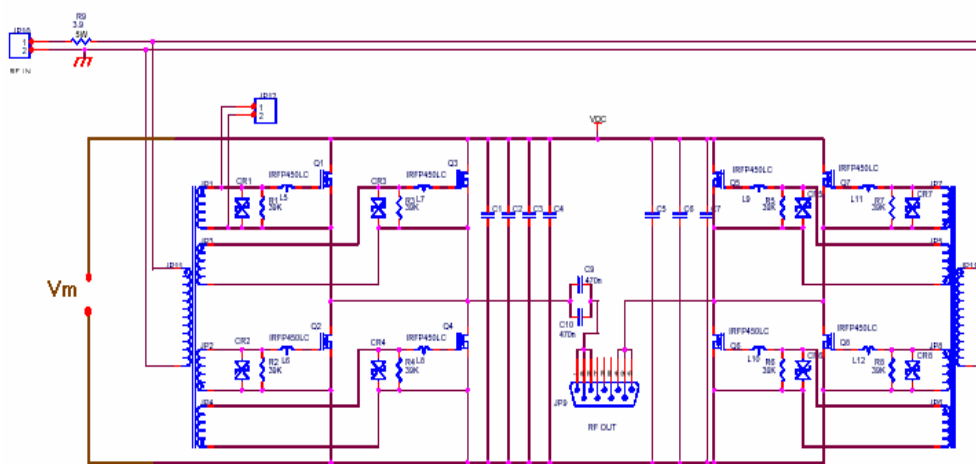
2- Full Bridge Invertor

های $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_{16}, C_{17}, C_{18a}$ و C_{18b} تشکیل شده است. درایورهای U_{1A} و U_{1B} نیز وظیفه درایو سیگنال را PWM جهت اعمال به گیت ماسفت های Q_9 و Q_{10} بر عهده دارند.

طبقه مدولاتور RF یک اینورتور ۸ سوئیچ است که از Mosfet های دو به دو با هم موازی تشکیل شده است:

(Q_1, Q_3) و (Q_2, Q_4) و (Q_5, Q_7) و (Q_6, Q_8)

و نقشه کامل تر مدولاتور RF در شکل زیر مشخص است:



شکل (۶-۲۵) مدار مدولاتور قدرت AM

خروجی این طبقه، کانکتور JP_9 (موسوم به RF-OUT) بوده است و سیگنال ورودی RF این طبقه (که از بخش محرک RF به سینی قدرت اعمال می‌شود) از طریق کانکتور JP_{10} به ماژول اعمال و از طریق کانکتور JP_{11} به سیم پیچ اولیه دو عدد ترانسفورماتور گیت متصل می‌شود. این ترانسفورماتورها هر یک چهار سیم پیچ ثانویه دارند. ثانویه‌های ترانسفورماتور گیت اول به Mosfet های Q_1, Q_2, Q_3 و Q_4 متصل می‌شود و ثانویه های ترانسفورماتور گیت دوم به Mosfet های Q_5, Q_6, Q_7 و Q_8 اعمال می‌شود.

ماژول قدرت در برابر افزایش بیش از حد جریان محافظت می‌شود. برای این منظور، از جریان سوئیچ های Q_9 و Q_{10} با مقاومت شنت R_{17} نمونه برداری می‌شود (جریان سوئیچ های Q_9 و Q_{10} در واقع همان جریان کلی ماژول است). نمونه به دست آمده از طریق کانکتور JP_{13} از برد خارج می‌شود. با استفاده از این نمونه، مدار حفاظت جریان درون راک‌های حفاظت می‌تواند ماژول را در برابر شوک های ناگهانی جریان محافظت کند، تا جایی که می‌توان خروجی RF-OUT را اتصال کوتاه کرد بدون این که آسیبی به ماژول برسد. همچنین اگر یک یا چند سوئیچ طبقه RF بسوزد، به طوری که افزایش جریان در زمان طولانی به وجود آید، سایر سوئیچ های ماژول محافظت خواهند شد. به علت این که قدرت تولیدی هر ماژول قدرت را طبقه تقویت صوت ایجاد می‌کند، گرماگیر طبقه تقویت صوت بیشترین دما را نسبت به گرماگیرهای قسمت RF دارد، لذا مقاومت NTC سنسور دمای ماژول قدرت و مقاومت R_{19} ، بر روی این گرماگیر نصب شده است. نمونه دمای به دست آمده، از طریق کانکتور JP_{13} از برد خارج می‌شود. با استفاده از این نمونه، مدار محافظت دما درون راک های محافظت می‌تواند ماژول را در برابر دمای بیش از حد محافظت کند. مدارات مربوط به حفاظت جریان و دمای ماژول های قدرت موجود در راک های محافظت در قسمت های بعدی توضیح داده خواهند شد.

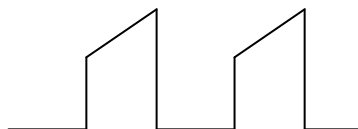
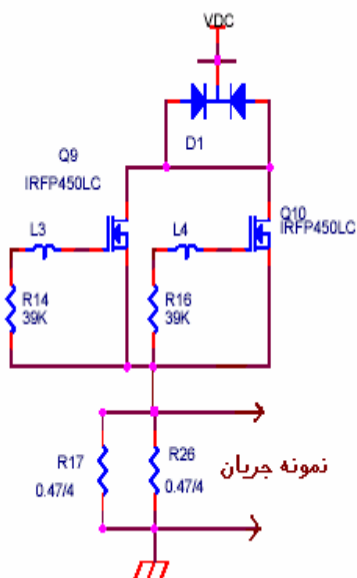
برای آن که اپراتور تشخیص دهد ماژول فعال است یا نه از خروجی فیلتر صوتی، و با استفاده از مقاومت R_{20} خروجی های (LED-A , LED-K) به دست می‌آید. این دو خط خروجی یک LED را بر روی برد TRLD سینی قدرت روشن می‌کنند. در صورتی که ماژول در حال کار باشد خروجی فیلتر PDM دارای ولتاژ بوده و LED مزبور روشن خواهد شد. برد TRLD بر روی صفحه جلویی سینی قدرت نصب شده است. و بر روی آن چهار LED مربوط به چهار ماژول قدرت وجود دارد.

ترانسفورماتورهای قدرت، که در خروجی هر ماژول قرار گرفته است، برای تطبیق امپدانس، جمع کردن قدرت تولیدی ماژول ها و همچنین تبدیل balance به unbalance به کار رفته است. ثانویه ترانسفورماتورهای قدرت مربوط به چهار ماژول موجود در هر سینی

با هم سری می‌شوند تا قدرت تولیدی این ماژول‌ها با هم جمع شود. نقطه گذاری سرهای ثانویه ترانسفورماتورهای قدرت در نقشه شماتیک PW این مطلب را بهتر روشن می‌کند.

محافظت جریان ماژول‌ها

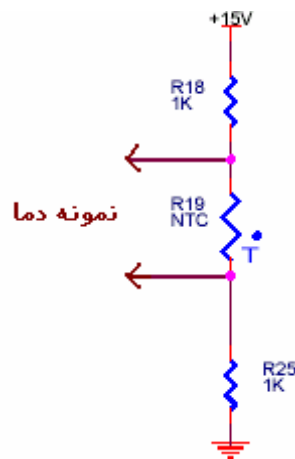
نمونه جریان که به صورت افت ولتاژ روی مقاومت ۰/۱ اهم می‌باشد به طبقات محافظت جریان ارسال می‌شود و مدار محافظت جریان می‌تواند ماژول را در برابر شوک های ناگهانی جریان محافظت نماید و اگر یک یا چند سوئیچ طبقه قدرت بسوزد سایر سوئیچ های ماژول محافظت خواهند شد.



شکل (۶-۲۶) مدار نمونه جریان ماژول قدرت

۵-۶- محافظت دمای مازول ها

گرماگیر طبقه صوت، بیشترین دما را نسبت به گرماگیرهای قسمت اینورترها دارد، لذا مقاومت NTC سنسور دمای مازول قدرت بر روی گرماگیر این قسمت نصب شده است و نمونه دمای به دست آمده به قسمت های محافظت دما ارسال می شود تا مازول را در برابر اضافه دما محافظت نماید.



شکل (۲۷-۶) مدار نمونه دمای مازول قدرت

۱-۵-۶- نمایش وضعیت کارکرد مازول

برای اینکه اپراتور تشخیص دهد مازول فعال است یا خیر از خروجی فیلتر صوتی و با استفاده از یک مقاومت (مقاومت R_{20}) نمونه برداری می شود و به سر LED، که در قسمت جلوی پنل سینی قدرت نصب شده است، می رود که نشان دهنده فعالیت مازول است.

ترکیب خروجی ماژول‌ها

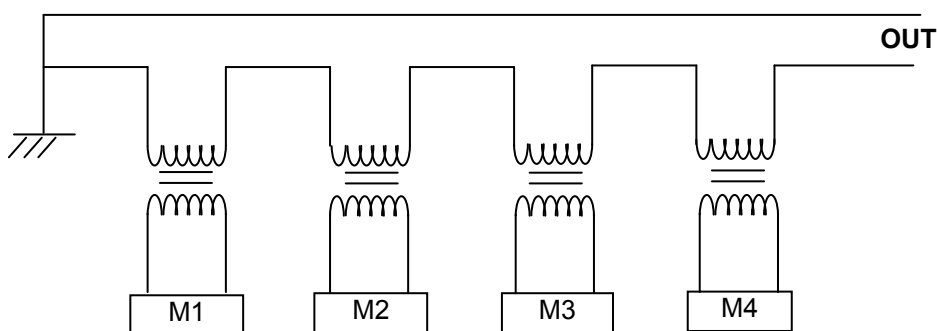
قدرت تولیدی ماژول از طریق ترانس قدرت که در خروجی هر ماژول قرار گرفته است به قسمت‌های بعد که فیلتر و کمباینر است انتقال داده می‌شود. وظایف ترانس قدرت عبارتند از:

۱- تطبیق امپدانس؛

۲- جمع کردن قدرتهای تولیدی ماژول‌های یک سینی؛

۳- تبدیل Balance به Unbalance.

ثانویه ترانس‌های قدرت موجود در هر سینی به صورت سری به هم وصل می‌شوند و در واقع قدرت خروجی جمع ولتاژی می‌شود و در قسمت کمباینر نیز جمع جریانی می‌گردد.



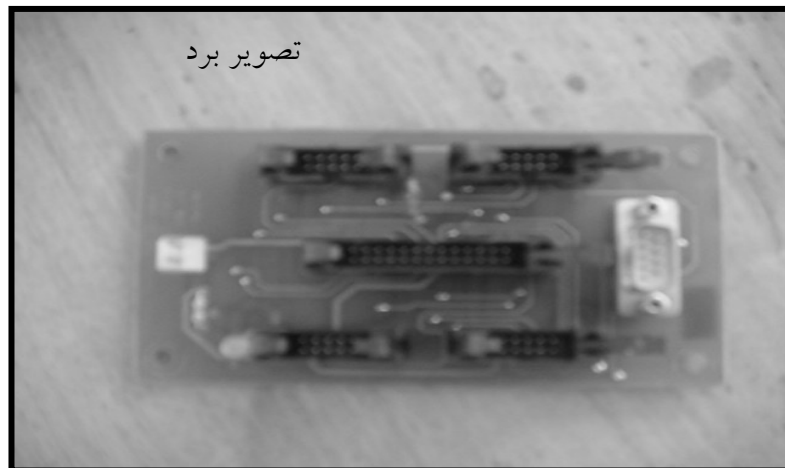
شکل (۶-۲۸) کمباین کردن خروجی ماژول‌های قدرت

۲-۵-۶- برد توزیع کانکتور (TRCD)^۱

تغذیه کم قدرت مورد نیاز بردهای RFMO و سیگنال PWM همچنین نمونه‌های محافظتی دما و جریان این بردها با یک کانکتور ۲۵ پین به سینی قدرت وارد (یا از آن خارج) می‌شوند. سیگنال‌های موجود در این کانکتور مستقیماً به برد TRCD متصل و در

1- Tray Connector Distributor

آنجا به چهار کانکتور ۱۰ پین (IDC 2×5) توزیع می‌شوند. این کانکتورها با چهار کابل نواری ۱۰ رشته به ماژول‌های قدرت متصل می‌شوند. یکی از سیگنال‌هایی که با این برد توزیع می‌شود، سیگنال مربوط به LEDهای صفحه جلویی سینی قدرت است. برد TRCD بر روی صفحه عقبی سینی قدرت نصب شده و شماتیک مداری آن در نقشه TRCD کشیده شده است.



۳-۵-۶- برد نصب LED ها بر روی صفحه جلویی سینی قدرت (TRLD)^۱

در یک سینی قدرت، هر ماژول یک LED دارد که روشن شدن آن به معنای فعال بودن ماژول مربوطه است. چهار LED مربوط به چهار ماژول قدرت بر روی یک برد به نام TRLD قرار دارد و خود این برد بر روی صفحه جلویی سینی قدرت نصب شده است. سیگنال‌های ورودی روشن کننده LEDهای این برد از برد TRCD گرفته می‌شود. شماتیک مداری این برد در نقشه TRLD کشیده شده است.

1- TRAY LED

طریقه تست سیگنال RF

RF ورودی به ماژول به صورت سینوسی است و برای مشاهده آن، روی اسیلوسکوپ پروب را به دو سر مقاومت گیت سورس ماسفت های قسمت اینورتر ($R_1 \dots R_8$) وصل می‌کنیم. این عمل را در حالتی که فرستنده در وضعیت Off است و تغذیه low power وصل است انجام دهید. در این وضعیت شما می‌توانید RF ورودی به سینی قدرت را هم اندازه گیری کنید؛ البته برای اندازه گیری و دیدن سیگنال RF به هیچ عنوان سیگنال RF ورودی به ماژول را قطع نکنید؛ زیرا در این حالت دامنه سیگنال RF اعمال شده به ماژول‌های دیگر زیاد می‌شود و احتمال سوختن ماسفت های آن وجود دارد.

نکته دیگر اینکه شما می‌توانید سیگنال های دیگر هم مثل TR-ON و PWM را در حالتی که HV وصل نشده است ببینید به شرطی که کلید سرویس را فعال کرده باشید و فرستنده را به یکی از حالت های LOW، MEDIUM، HIGH برده باشید. وقتی کلید سرویس زده می‌شود بانک خازنی شارژ نمی‌شود لذا خطری هم در هنگام کار رخ نمی‌دهد.

۶-۶- طریقه تست سیگنال PWM

برای مشاهده PWM ورودی، نیز پروب اسیلوسکوپ را به دو سر مقاومت گیت سورس قسمت تقویت صوت وصل می‌کنیم (R_{14}) یا (R_{16}) فرستنده باید در یکی از وضعیت های قدرت باشد تا بتوانید سیگنال PWM را ببینید؛ البته بهتر است که کلید سرویس را بزنید سپس به یکی از وضعیت های قدرت بروید.

چند نکته مهم

نکته ۱:

هرگز خروجی یا ورودی فیلتر صوتی را با اسیلوسکوپ بدون ترانس ایزوله نگیرید، (اصولاً جایی را که به صورت بالانس است نباید با اسیلوسکوپ بدون ترانس ایزوله سیگنال گیری کرد).

نکته ۲:

توصیه می‌شود که سیگنال‌های فوق را در حالتی که فقط Low Power به فرستنده وصل است و تغذیه پر قدرت قطع است با اسیلوسکوپ ببینید.

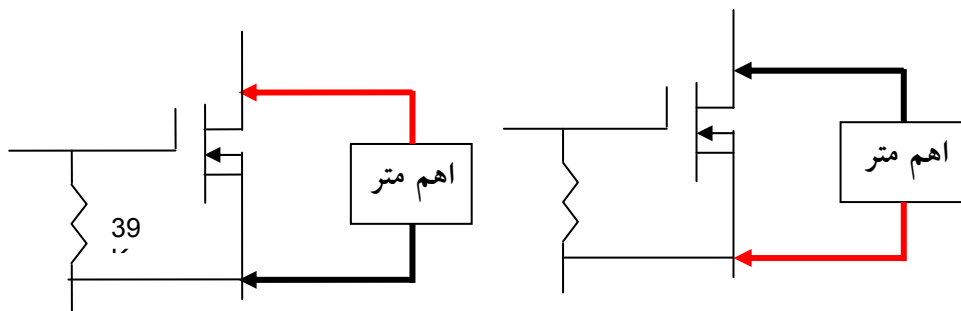
نکته ۳:

کلیه گیت اینورترهای کلاس D با سیگنال سینوسی تحریک می‌شوند و دلیل این امر این است که سوئیچ‌های Q_1, Q_3 و یا Q_2, Q_4 همزمان روشن نشوند که روشن شدن همزمان آنها باعث سوختن آنها می‌شود.

طریقه تست ماسفت‌های طبقه PWM:

برای تست ماسفت‌های طبقه PWM ابتدا آی سی درایور DS0026 را در بیاورید سپس به یکی از روش‌های زیر ماسفت را تست کنید:

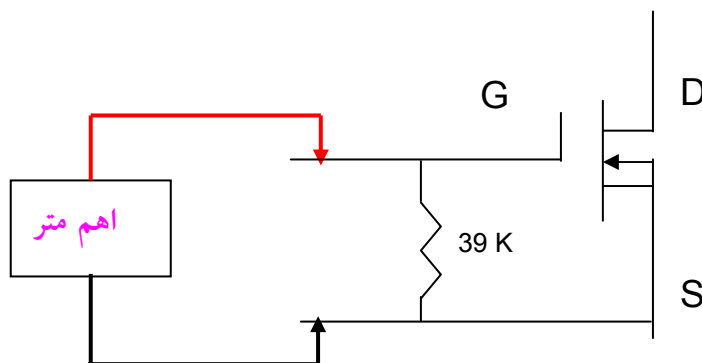
۱ - ابتدا اهم متر را در حالت تست دیود قرار داده سپس پایه‌های درین (D) و سورس (S) را تست کنید، دقیقاً مانند یک دیود باید عمل کند (یعنی از یک طرف راه می‌دهد و عدد 0.4 V را نشان می‌دهد ولی از طرف دیگر راه نمی‌دهد).



شکل (۶-۲۹) طریقه تست ماسفت طبقه PWM

۲ - روش دیگر این است که اهم متر را در حالت اندازه‌گیری مقاومت (Ω) قرار دهید و سپس پایه‌های گیت و سورس (S) را اندازه‌گیری کنید باید مقاومت 39K را داشته

باشید. اگر ماسفت سوخته باشد اتصال کوتاه نشان خواهد داد. در این روش، شما می‌توانید ماسفت درایور DS 0026 را هم در مدار قرار و سپس تست خود را انجام دهید. تجربه نشان داده است که اگر ماسفت درایور ایراد داشته باشد اهم متر مقدار مقاومت را خیلی کمتر از مقدار 39K نشان می‌دهد.

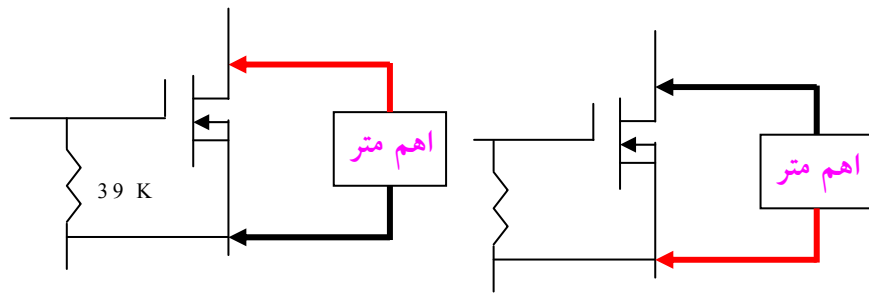


روش دوم

شکل (۶-۳۰) طریقه تست ماسفت طبقه PWM

۶-۶-۱- طریقه تست ماسفت های طبقه RF

برای تست ماسفت های این طبقه کافی است اهم متر را در حالت تست دیودی قرار داده و سپس پایه های درین و سورس را تست کنید. باید دقیقاً مثل دیود عمل کند و از یک سمت حدوداً 0.4 V و از سمت دیگر بی نهایت را نشان بدهد. اگر ماسفت سوخته باشد اتصال کوتاه نشان خواهد داد. (در نظر داشته باشید که گیت و سورس از طریق ترانس گیت به همدیگر وصل شده است)



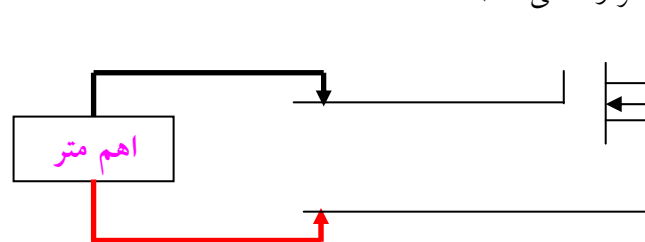
شکل (۶-۳۱) طریقه تست ماسفت طبقه RF

۶-۶-۲- طریقه تست ماسفت

در این جا به نکاتی در مورد المانی که در اکثر قسمت های فرستنده به کار برده شده اشاره می کنیم. المانی که حساسیت زیادی دارد و بیشترین استفاده از آن در فرستنده انجام گرفته Mosfet است. ماسفت یک ترانزیستور سوئیچینگ می باشد که تلفات آن نسبت به انواع دیگر ترانزیستورها فوق العاده کمتر است. برای تست ماسفت دو حالت را در نظر می گیریم :

الف - حالت د شارژ:

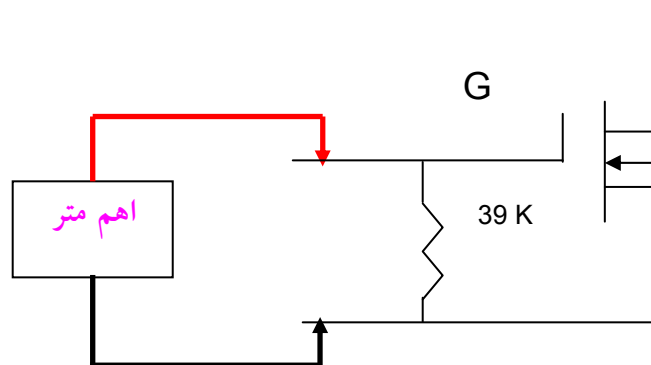
ابتدا اهم متر را در حالت تست دیود قرار می دهیم و سپس سیم مثبت (قرمز) اهم متر را به سورس و سیم (منفی) مشکی را به گیت وصل می کنیم با این کار، ماسفت دشارژ شده و گیت به هیچ کدام از پایه های دیگر (درین D یا سورس S) راه نمی دهد و همچنین درین به سورس و برعکس مانند یک دیود عمل می کند (یعنی از یک طرف راه می دهد ولی از طرف دیگر راه نمی دهد).



شکل (۶-۳۲) روش دشارژ کردن ماسفت

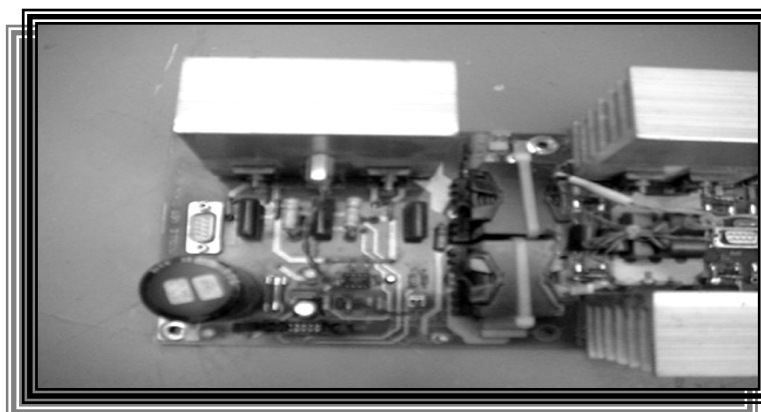
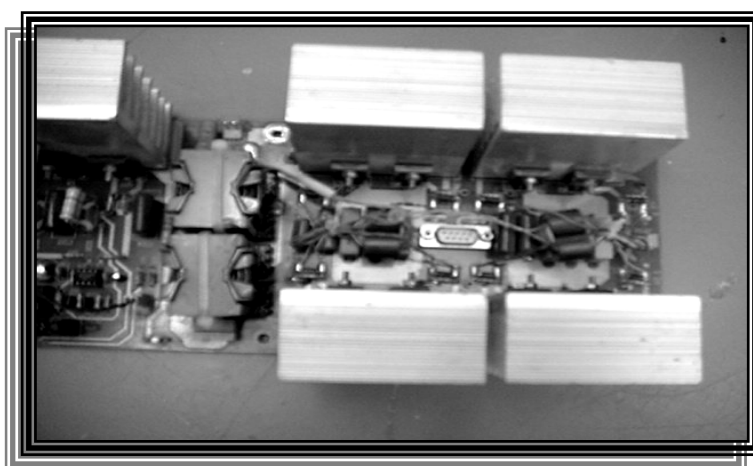
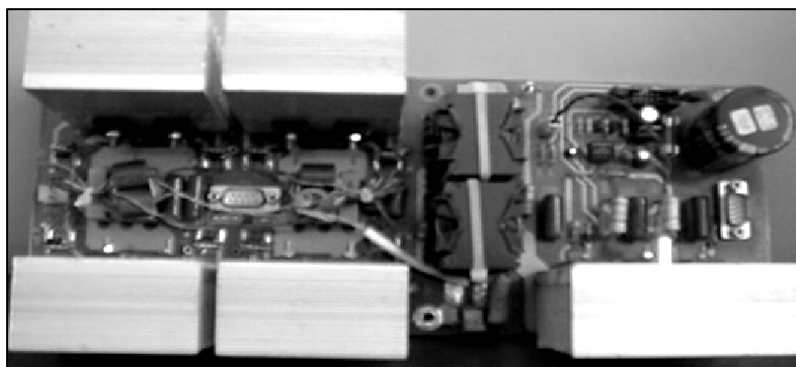
ب - در حالت شارژ:

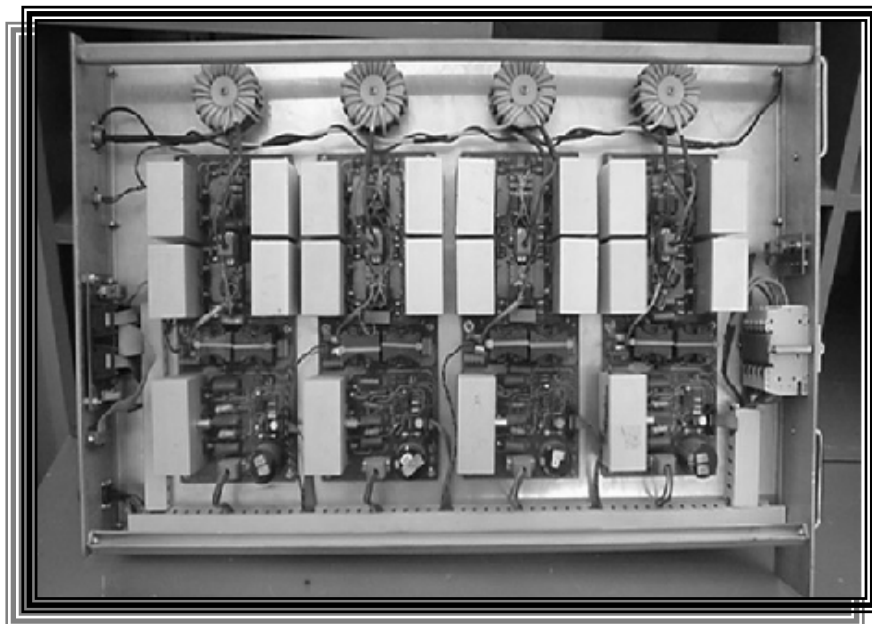
ابتدا اهم متر را در حالت تست دیود قرار می دهیم و سپس سیم مثبت (قرمز) اهم متر را به گیت و سیم (منفی) مشکی را به سورس وصل می کنیم در این حالت، درین به سورس و برعکس به هم راه می دهند و اهم متر در هر دو حالت عددی متفاوت را نمایش خواهد داد.



شکل (۳۲-۶) روش شارژ کردن ماسفت

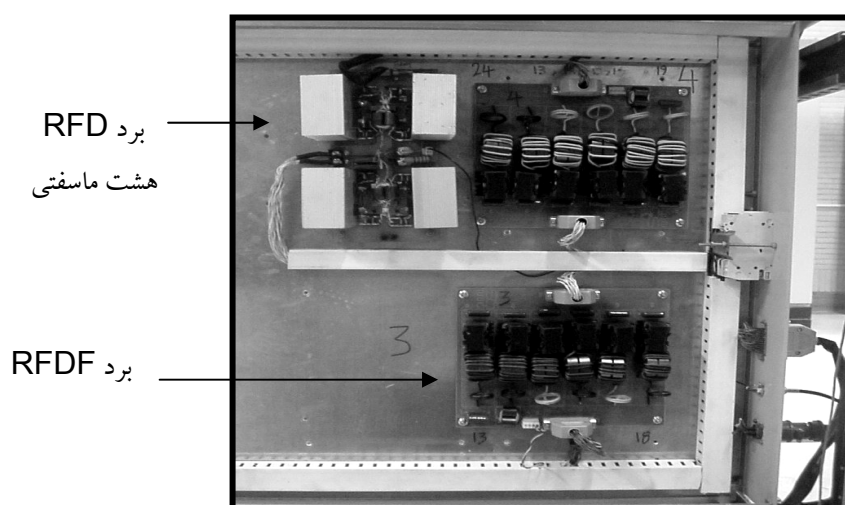
نماهایی از ماژول قدرت





نمایی از سینی قدرت

نمایی از سینی RF



۷-۶- مونیورینگ

نمایش چگونگی وضعیت فعالیت فرستنده و خطاهای احتمالی و انتقال آن به صورت بصری به اپراتور و همچنین اعمال فرمان های ورودی به فرستنده توسط اپراتور بر عهده این بخش است. شکل صفحه قبل، نمای ظاهری قسمت مونیورینگ را بر روی در سلول وسط فرستنده نشان می دهد. همچنین در نقشه DR شماتیک مداری این قسمت مشاهده می شود.

همان طور که در این نقشه دیده می شود قسمت مونیورینگ از اجزای زیر تشکیل می شود:

میترها

اطلاعات نمایش داده شده با این میترها عبارتند از:

- ۱- مقدار ولتاژ و جریان منبع تغذیه قدرت سیستم (VDC و IDC):
VDC مستقیماً از بانک خازنی فرستنده و IDC از شنت جریان کل تغذیه سیستم از طریق یک کابل ۴ رشته به میتريهای ولتاژ و جریان منتقل می شوند.
- ۲- میزان توان RF خروجی دستگاه در جهت رفت و برگشت (P_{forward} و P_{reflect}): این سیگنال ها DC بوده و با کارت RFAN در راک کنترل تولید می شوند. همان طور که در بخش ۵ قسمت ۶-۱-۵ بیان شد این سیگنال ها از روی سیگنال های Forward In و Reflect In که خود نمونه ای از جریان های RF خروجی فرستنده در جهت رفت و برگشت است و از فیلتر خروجی فرستنده می آیند ساخته می شوند.
- ۳- میزان در صد مدولاسیون لحظه ای: برای نمایش در صد مدولاسیون خروجی فرستنده از میتر Modulation Monitor استفاده می شود. سیگنال تحریک این میتر نیز با برد RFAN در راک کنترل ساخته می شود.

کلیدهای Reset و Auto Power On

کلید Reset یک کلید فشاری است که اپراتور با فشردن آن فرمانی به برد PSC در راک کنترل منتقل می‌کند. این برد سیگنال Reset را به جهت اعمال به بردهای دیگر تولید می‌کند.

کلید Auto Power On یک کلید چکشی دو وضعیتی است. اپراتور می‌تواند با این کلید انتخاب نماید که فرستنده پس از وصل مجدد برق شهر به طور خودکار روشن شود یا خیر.

۱-۶-۷- برد LED

همان طور که در نقشه شماتیک LED مشاهده می‌شود این برد از چند کانکتور و تعدادی LED برای نمایش اخطارها و خطاها تشکیل شده است.

یک کانکتور $IDC\ 25 \times 2$ ، سیگنال‌های مربوط به LEDهای این برد را از طریق یک کابل فلت ۵۰ رشته از راک کنترل وارد می‌کند. سیگنال‌های مربوط به میترهای Forward، Reflect، و Modulation و همچنین کلیدهای Reset و Auto Power On نیز از طریق دو کانکتور دو پین مخابراتی و یک کانکتور شش پین مخابراتی به برد LED متصل و از طریق همان $IDC\ 25 \times 2$ با راک کنترل رد و بدل می‌شوند.

LEDهای روی این برد به دو بخش اخطار (Warning) و خطا (Error) تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲-۶-۷- LED های اخطار

این LED ها عبارتند از:

۱- **Mod. Over Current**: روشن شدن این LED به مفهوم عمل کردن محافظت جریان لاقط یک ماژول قدرت می‌باشد. این سیگنال در برد RCD و EPMb از روی سیگنال‌های MOC ورودی از راک‌های محافظت تولید می‌شوند.

۲- **Mod. Over Temp**: روشن شدن این LED به مفهوم عمل کردن محافظت دمای لاقط یک ماژول قدرت است. این سیگنال ها در برد RCD و EPMb از روی سیگنال های MOT ورودی از راک های محافظت تولید می شوند.

۳- **Generator**: این LED در صورتی که کانکتور دو پین مربوط به ژنراتور بر روی برد رله اتصال باز شود با برد EPMb روشن می شود و نشان دهنده فعالیت ژنراتور ایستگاه می باشد.

و در این صورت قدرت فرستنده تغییر می کند و روی قدرت تنظیم شده برای حالت ژنراتور خواهد رفت.

۴- **Power Drop**: این خطا در صورتی رخ می دهد که قدرت فرستنده بنا به دلایلی از قدرت تنظیم شده کمتر شود. مثلاً در اثر بالا بودن مدولاسیون، تعدادی از سینی ها با برد PLG از مدار خارج و قدرت از حالت عادی کمتر شود. این خطا را برد RFAN و EPMb مشخص می کند.

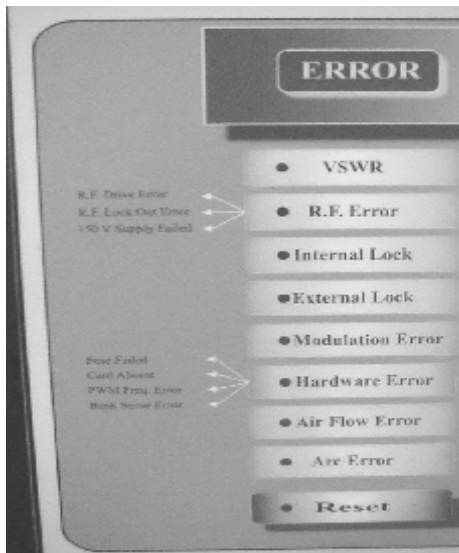
۵- **Auto Disable**: این LED را برد PSC با زدن کلید مربوطه بر روی قسمت مونیتورینگ و پنل جلوی PSC روشن می کند و روشن شدن آن نشانگر صرف نظر کردن از حالت Auto Power On است.

۶- **Buzzer Disable**: این LED توسط برد PSC با زدن کلید مربوطه بر روی قسمت مونیتورینگ و پنل جلوی PSC روشن می شود و روشن شدن آن نشانگر صرف نظر کردن از حالت اعلام آلام است.

۷- **Service**: این LED نیز با زدن کلید مربوطه بر روی پنل جلوی کارت PSC روشن می شود. از آنجا که در حالت سرویس از حالت های Auto Power On و اعلام آلام صرف نظر می شود. LED های Auto Disable، Buzzer Disable در حالت سرویس در وضعیت چشمک زن روشن می شوند.

۳-۷-۶- LED های خطاها

برد EPM خطاهای سیستم را به Minor، Major و Fatal دسته بندی کرده و LED مربوط به آنها را بر روی قسمت مونیتورینگ در وضعیت های روشن، خاموش و چشمک



زن فعال می کنند. وضعیت چشمک زن مخصوص خطاهای از نوع Minor و به معنای برطرف شدن مورد خطا پس از وقوع است. در این هنگام با Reset شدن دستگاه LED (های) مربوطه خاموش می شود.

خطاهای فرستنده به انواع Minor و Major تقسیم بندی می شوند. هر یک از این دو نوع خطا می توانند Fatal باشند یا نباشند. فرستنده در برابر هر یک از انواع خطاها واکنش های زیر را از خود نشان می دهد:

- ۱- در صورت وقوع خطای Minor فرستنده خاموش شده ($TR-ON = 0$) و اگر مورد خطا بر طرف شده باشد پس از یک ثانیه روشن می شود.
- ۲- با وقوع خطای Major فرستنده خاموش می شود و دیگر روشن نمی شود حتی اگر مورد خطا برطرف گردد. روشن شدن مجدد فرستنده تنها با Reset شدن سیستم امکان پذیر است.
- ۳- اگر یک خطا از نوع Fatal باشد در صورت وقوع علاوه بر خاموش شدن فرستنده، کنتاکتور اصلی فرستنده نیز قطع می شود.

سری اول خطاهای سیستم که در ارتباط با برد EPMA است عبارتند از:

۱- VSWR:

چنانچه میزان توان برگشتی از آنتن به هر علتی (علل پایدار یا علل زودگذر) زیاد شود میزان VSWR از مقدار قابل تحمل فرستنده بیشتر شده و باعث آسیب رساندن به ماژول های فعال می شود، لذا باید در این حالت ماژول های قدرت را محافظت نمود. این کار را کارت RFAN (در راک کنترل) با توجه به میزان برگشتی توان (نمونه برداری شده توسط برد CPRB در فیلتر خروجی دستگاه) صورت می دهد. این خطا از نوع Minor است و در وضعیتی که سیگنال TR-ON صفر باشد در نظر گرفته نمی شود.

۲- R.F. Error:

این خطا نیز با بردهای RCD و EPMA تولید می شود و بیان کننده وقوع یکی از خطاهای زیر است:

الف) R.F. Drive Error: در صورتی که لااقل یکی از مدارهای راه انداز RF خروجی مناسب نداشته باشند این خطا ایجاد می شود. این کار با مدارات درون کارت EPMA و با تجزیه و تحلیل سیگنال های RF Sample در برد RCD که از ترانس های نمونه گیر نصب شده بر روی بردهای RFDF (موجود در سینی های تقویت RF) می آیند، صورت می دهد.

ب) R.F. Lockout Error: این خطا را کارت EPMA در صورتی که فرکانس سیگنال f_{c2} (دوبرابر فرکانس کریپر) خروجی کارت DDS (یا RFOS) از مقدار تنظیم شده تغییر نماید به وجود می آورد.

ج) 150V Supply Failed: در صورتی که ولتاژ V150 منبع تغذیه کم قدرت بیش از حد کم یا زیاد شود، این خطا را کارت PSP تشخیص می دهد. برای این منظور با تقسیم مقاومتی یک نمونه 10V از ولتاژ 150V به برد PSP منتقل می شود و در آنجا مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

خطای R.F. Error از نوع Minor بوده و در حالت Green و همچنین هنگامی که سیگنال TR-ON صفر باشد صرف نظر می‌شود.

۳- Internal Lock (قفل داخلی):

این خطا هنگامی رخ می‌دهد که یکی از درهای مربوط به فرستنده باز باشد. این موضوع را میکروسوئیچ حس می‌کند. در صورت زیاد بودن تعداد درب‌ها میکروسوئیچ‌های مربوطه با یکدیگر سری می‌شود و به یک کانکتور دو پین بر روی برد رله وصل شده‌اند. در صورت اتصال باز شدن این کانکتور خطای Internal Lock را برد EPMA (در راک کنترل) فعال می‌کند. این خطا از نوع Minor و Fatal است و در حالت سرویس در نظر گرفته نمی‌شود.

۴- External Lock (قفل خارجی):

این خطا برای مقاصدی نظیر باز بودن در اتاق آنتن، محافظت سوئیچ ماتریس و کلاً ضمام خارجی فرستنده استفاده می‌شود. این خطا را در صورت اتصال باز شدن کانکتور دو پین مربوطه بر روی برد رله، کارت EPMA فعال می‌کند. این خطا نیز از نوع Minor است و در وضعیتی که TR-ON صفر باشد در نظر گرفته نمی‌شود.

۵- Modulation Error:

از این محافظت در فرستنده استفاده نشده و مربوط به زیاد بودن مدولاسیون (بیشتر از ۱۲۵ درصد) است.

۶- Hardware Error:

این خطا از نوع Minor و Fatal است و با کارت ovpb در صورت وقوع یکی از خطاهای زیر به وجود می‌آید:

الف) Fuse Failed: به معنای سوختن لاقل یکی از فیوزهای روی کارت‌های راک کنترل و راک‌های محافظت یا برد PLC در قسمت مونیتورینگ است. این خطا را آی سی‌های Opto Coupler که در بردهای فوق تعبیه شده‌اند حس می‌کند و به کارت

EPMa منتقل می کند، البته خطای BANK SENCE Err نیز موجب بروز این خطا می شود.

ب) **Card Absent**: در صورتی که لااقل یکی از کارت های راک کنترل از جای خود بیرون کشیده شوند این خطا را کارت EPMa حس می کند.

ج) **PWM Frequency Error**: اگر فرکانس سیگنال PWM بیش از ۱۰ درصد نسبت به مقدار 100KHz بالا یا پایین برود کارت EPMa آن را تشخیص می دهد و فرمان لازم را به برد PSC ارسال می کند.

۷- Air Flow Err

این خطا مربوط است به کنترل کارکرد فن های سیستم خنک کننده فرستنده، که وظیفه خنک سازی مازول ها را به عهده دارند، و در صورت بروز مشکل در آنها، میکروسوئیچ های نصب شده در سیستم، خطا را به برد رله و سپس کارت EPMa ارسال می کند.

۸- Arc Err

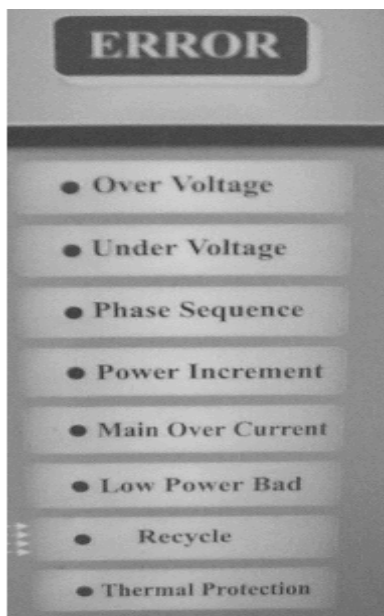
این خطا مربوط به تشخیص جرقه و آتش سوزی در قسمت کمباینر فرستنده که سنسورهای فتوسل در آن محل ها نصب شده است می باشد. فتوسل به جرقه و نور حساس بوده و به محض مشاهده نور آن را تشخیص می دهد و سیگنالی را به برد RCD می فرستد تا ضمن نشان دادن محل بروز جرقه خطایی به برد EPMa ارسال شود.

این خطا در فرستنده های پر قدرت مانند ۳۰۰ KW گلدسته تهران و ۱ MW دشت قزوین به کار رفته است.

سری دوم خطاهای سیستم که درباره برد EPMb است عبارتند از:

۱- Over Voltage Error

این خطا را نیز برد PSP هنگامی که ولتاژ تغذیه پر قدرت دستگاه از ۴۰۰ ولت (۱۵٪ بیشتر از حالت عادی) بیشتر شود، تولید می کند. برای این منظور نمونه ای از ولتاژ بانک خازنی به این برد منتقل می شود. این خطا نیز از نوع Major و Fatal است.



۲-Under Voltage Error:

این خطا را نیز برد PSP هنگامی که ولتاژ تغذیه پر قدرت دستگاه از ۳۰۰ ولت (۸۵٪ مقدار نامی) کمتر شود، تولید می‌کند. برای این منظور نمونه ای از ولتاژ بانک خازنی به این برد منتقل می‌شود. این خطا نیز از نوع Major و Fatal است.

۳-Phase Sequence Error:

یک نمونه از سه فاز ورودی برق شهر از ترانسفورماتور تغذیه Low Power به برد EPMB منتقل می‌شود. مدارات موجود در این برد کاهش ولتاژ فازها، قطع آنها و همچنین به هم خوردن ترتیب فازها را تشخیص می‌دهد و خطای Phase Sequence را تولید می‌کند. این خطا از نوع Major و Fatal است.

۴-Power Inc :

این خطا مربوط است به افزایش قدرت نسبت به قدرت تنظیم شده، در صورت بروز مشکل در فرستنده و به صورت ناگهانی است و با برد RFAN تشخیص داده و به برد EPMB ارسال می‌شود. این خطا از نوع Major و Fatal است.

۵-Main Over Current:

جریان کلی DC قدرت دستگاه را یک شنت جریان (6000A, 75mV در فرستنده 1MW) که در کف سلول وسط فرستنده نصب شده حس می‌کند و به کارت PSP اعمال می‌شود. در صورتی که این جریان از مقدار معینی تجاوز کند خطای Main Over Current تولید می‌شود. این خطا نیز مانند دو مورد قبل از نوع Major و Fatal است.

۶- Low Power Bad:

ولتاژهای $-19V$ ، $+19V$ و $+9V$ را که مدارات موجود تولید می‌کند در کارت PSP بررسی می‌شوند. در صورتی که این ولتاژها بیش از ۴ درصد کم یا زیاد شوند این کارت با ارسال سیگنال^۱ PG^۱ به کارت PSC سبب Low شدن سیگنال TR-ON (و در نتیجه خاموش شدن فرستنده) می‌شود. در این هنگام LED، Power Good بر روی پنل جلوی برد PSP خاموش و سیگنال های A-LED PG^۱ و K-LED PG^۱ برای روشن کردن LED، Low Voltage Error به برد LED ارسال می‌شوند.

۷- Recycle:

تکرار بیش از حد خطای VSWR موجب ایجاد شدن خطای Recycle توسط کارت PSC می‌شود. حد این تکرار توسط برد EPMB و به صورت نرم افزاری قابل تنظیم است. این خطا از نوع Major و Fatal بوده و در حالت سرویس و هنگامی که سیگنال TR-ON صفر است در نظر گرفته نمی‌شود.

۸- Thermal Protection:

این خطا به کنترل دمای دیودهای رکتیفایر و نقاط حساس دیگر فرستنده (مانند ترانس HV و برد RFD اصلی فرستنده) مربوط است و آن را سنسورهای دما، که در محل های موردنظر نصب شده اند، و برد EPMB مشخص می‌کند و از نوع Minor است و در فرستنده های پرقدرت کاربرد دارد.

۴-۷-۶- برد کنترل میزان قدرت خروجی فرستنده (PLC):

همان طور که قبلاً گفته شد قدرت خروجی فرستنده، را پهنای پالس های PWM کنترل می‌کند. پهنای این پالس ها نیز در کارت PWMG (در راک کنترل) با توجه به سیگنال Power Level ورودی از برد PLC تعیین می‌شوند پس وظیفه اصلی برد PLC

1 -Power Good

2 -Power Level Control

ساخت یک ولتاژ مرجع DC به نام Power Level است. با تغییر این ولتاژ (۰ تا ۱۰ ولت) قدرت خروجی فرستنده (قدرت کریر) را بین صفر تا قدرت نامی می‌توان تنظیم کرد. در فرستنده، سه کلید فشاری Low، Medium و High به جهت انتخاب سه سطح قدرت متناوب پیش‌بینی شده است، که هر یک را یک پتانسیومتر مستقل تنظیم می‌کند. با فشردن هر کلید ولتاژ وسط پتانسیومتر مربوط به آن کلید به عنوان سیگنال Power Level انتخاب می‌شود.

کلیدهای فوق به همراه پتانسیومترهای مربوطه بر روی برد PLC به گونه‌ای نصب شده‌اند که بر روی قسمت مونیتورینگ توسط اپراتور به سهولت قابل دسترسی هستند. به طوری که اپراتور می‌تواند با انتخاب یکی از دکمه‌های Low، Medium، High و تنظیم پتانسیومتر مربوطه قدرت خروجی فرستنده را تنظیم نماید. مدارات موجود در برد PLC به گونه‌ای طراحی شده‌اند که اگر اپراتور بخواهد پتانسیومتر Low، قدرت فرستنده را از مقداری که پتانسیومتر Medium تنظیم کرده بیشتر کند از این امر جلوگیری می‌کند. در این حالت یک LED کوچک قرمز رنگ در کنار پتانسیومتر Low روشن می‌شود. یک پتانسیومتر مشابه در کنار پتانسیومتر Medium نیز تعبیه شده است که هرگاه سطح قدرت خروجی تنظیم شده با پتانسیومتر Medium به سطح تنظیم شده با پتانسیومتر High برسد روشن می‌شود.

وظیفه دیگر این برد تنظیم قدرت خروجی فرستنده در حالت ژنراتور است. در زمان قطع برق شبکه و استفاده از ژنراتور به عنوان مولد انرژی ایستگاه، معمولاً لازم است قدرت خروجی فرستنده را تا حد مورد نیاز کاهش داد. در فرستنده این عمل با اتصال باز کردن کانکتور مربوطه بر روی برد RLB انجام می‌شود. در این زمان سیگنال GEN.Active را کارت EPMb در راک کنترل تولید و به برد PLC منتقل می‌کند.

هنگامی که این سیگنال Low می‌شود (حالت فعالیت ژنراتور) قدرت خروجی فرستنده در وضعیت High هیچ‌گاه نمی‌تواند از مقداری که توسط پتانسیومتر مربوط به

ژنراتور بر روی برد PLC تنظیم شده بیشتر شود. نقشه شماتیک موارد فوق را به خوبی نشان می‌دهد.

۸-۶-کمباینر

در این قسمت قسمت های نهایی فرستنده یعنی کمباینر و فیلتر خروجی و مدارهای وابسته یعنی مدارهای نمونه بردار از ولتاژ و جریان خروجی را بررسی می‌کنیم. شماتیک مداری این بخش در نقشه شماتیک FI مشاهده می‌شود.

۱-۸-۶-کمباینر قدرت

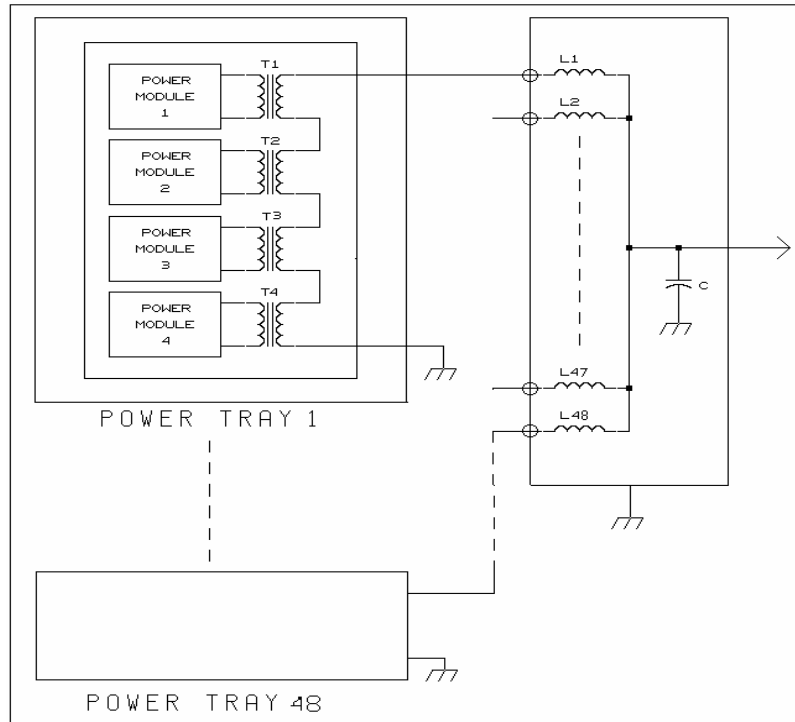
ترکیب (کمباین) کردن خروجی سینی‌های قدرت در تمامی فرستنده ها مشابه هم بوده و از یک روش پیروی می‌کنند، لذا ما برای نمونه به کمباینر فرستنده 1MW اشاره می‌کنیم. همان طور که قبلاً بیان شد فرستنده 1MW از شش سلول ۲۰۰ کیلو واتی تشکیل یافته است.

کمباینر قدرت هر یک از سلول ها ۴۸ ورودی دارد که با ۴۸ کابل از خروجی سینی‌های قدرت تأمین می‌شود. در خروجی این کمباینر، سیگنال قدرت اصلی که مجموع قدرت همه ماژول ها است به فیلتر خروجی اعمال می‌شود.

همان طور که در شکل (۶-۳۳) دیده می‌شود جمع قدرت در این فرستنده به صورت هایبرید انجام می‌شود. به این معنی که در بخش اول به صورت سری (جمع ولتاژی) و در بخش دوم به صورت موازی (جریانی) صورت می‌گیرد. هر کدام از روش های سری یا موازی مستقلاً نقاط ضعفی دارند.

در روش سری با افزایش ماژول های قدرت مسأله ایزولاسیون را خواهیم داشت. به هنگام قطع احتمالی (مدار باز شدن) یک ماژول، ولتاژ بالا روی ترانس آن ماژول خواهد افتاد و باعث تخریب احتمالی آن خواهد شد که لازم است مدار محافظت خیلی سریعتر وارد عمل شود و ورودی ترانس را اتصال کوتاه نماید. این مشکل در هنگامی که ولتاژ خیلی بالا نباشد (تعداد ماژول سری کمتر)، به صورت حاد، مسأله ساز نخواهد بود.

در ترکیب موازی قدرت ها، این اشکال به هنگام اتصال کوتاه شدن ترانس خروجی ماژول قدرت پیش خواهد آمد به طوری که خروجی کل ماژول ها اتصال کوتاه خواهد شد.



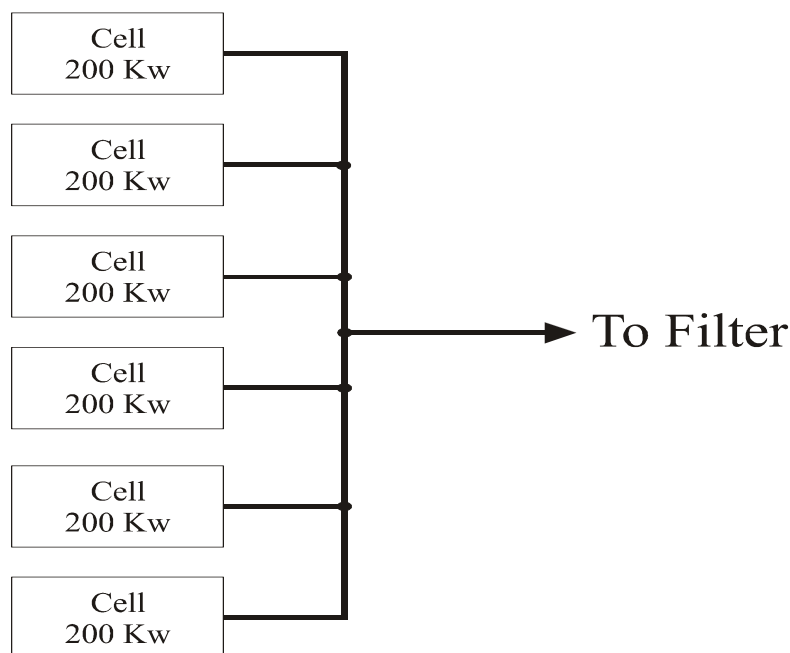
شکل (۶-۳۳)

در این حال می‌توان از یک مبدل ۹۰ درجه اختلاف فاز بعد از ترانس قدرت استفاده کرد. در این صورت خروجی ها به یک نقطه مشترک وصل می‌شود و اشکال مسأله شبیه همان حالت اتصال سری است.

در صورت بروز اشکال در ماژول قدرت با اتصال کوتاه کردن خروجی آن، سایر ماژول ها صدمه نخواهند دید. در این روش، مسأله ایزولاسیون و صدمه دیدن ماژول بر اثر ولتاژ بالای خروجی را نخواهیم داشت.

در این فرستنده، به جای تبدیل ۹۰ درجه از ۶۰ درجه استفاده می‌شود که در این حال بهترین ایزولاسیون را ما بین ماژول های قدرت خواهیم داشت.

در ضمن در صورت اتصال کوتاه یا باز شدن یک ماژول، مشکل حاد برای فرستنده ایجاد نخواهد شد و امپدانس خروجی سایر ماژول ها (در صورت بروز خرابی در تعداد کمی از آنها) اختلاف فاحشی از مقادیر طراحی نخواهد داشت؛ البته هر چه تعداد خرابی ماژول ها بالاتر باشد این اختلاف بیشتر شده به طوری که علاوه بر افت توان خروجی فرستنده اعوجاج صوتی نیز بالا خواهد رفت. شکل (۶-۳۴) نمایشی از ترکیب سلول های ۲۰۰ کیلوواتی را نشان می‌دهد.

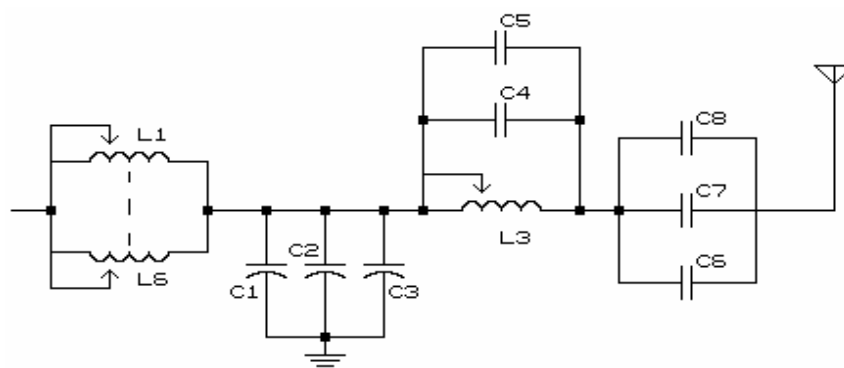


شکل (۶-۳۴) روش ترکیب سلول های ۲۰۰ کیلو واتی

۶-۸-۲- فیلتر خروجی

شکل (۶-۳۵) شماتیک مداری ساده شده فیلتر خروجی را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل می‌بینید فیلتر خروجی فرستنده یک فیلتر پایین گذر است که یک تله (notch) در

هارمونی سوم فرکانس کریر دارد. یک بانک خازنی در انتهای مدار فیلتر وجود دارد که وظیفه آن جلوگیری از عبور ولتاژ DC از طرف آنتن به فرستنده است. نقشه شماتیک FI مدار کامل کمباینر و فیلتر خروجی به همراه دیگر متعلقات آنها را نشان می‌دهد. همان طوری که در این نقشه مشاهده می‌کنید علاوه بر خروجی اصلی مدار فیلتر، که خروجی نهایی فرستنده بوده و با یک فلنج از سقف جعبه فیلتر به سمت آنتن یا دامی لود می‌رود سه سیگنال دیگر با سه کانکتور BNC از قسمت جلو جعبه فیلتر خارج می‌شود که بیان‌کننده قدرت مستقیم^۱، قدرت بازتابیده^۲ یا برگشتی و نمونه ولتاژ RF خروجی^۳ هستند. این سیگنال‌ها را مدارهای نمونه بردار از ولتاژ و جریان خروجی، که درون دو جعبه آلومینیومی کوچک درون محفظه فیلتر قرار دارند، می‌سازند که اکنون به توضیح هر یک از این مدارات می‌پردازیم:



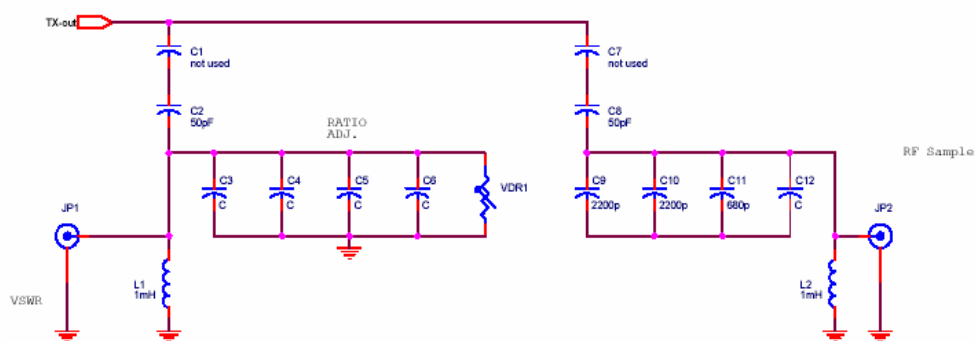
شکل (۶-۳۵) شماتیک مداری فیلتر خروجی فرستنده

۶-۸-۳- مدار نمونه بردار از ولتاژ خروجی (VPRB)^۴

مدار نمونه بردار ولتاژ یا VPRB (شکل ۶-۳۶) در جعبه ای که به سقف محفظه فیلتر متصل شده قرار دارد. وظیفه مدار نمونه بردار ولتاژ تهیه دو نمونه تضعیف شده از ولتاژ خروجی فرستنده است که یکی برای مدار نمونه بردار جریان و دیگری برای نمونه سیگنال

- 1 - Forward Power
- 2 - Reflect Power
- 3 - RF Sample
- 4 - Voltage Probe

خروجی فرستنده یا RF Sample به کار می رود. همان طور که در نقشه شماتیک MR\FI\VPRB دیده می شود این کار با دو مدار تقسیم خازنی انجام می دهند. سیگنال RF Sample را که با یک BNC واقع در جلو جعبه فیلتر قابل دسترسی است به راک کنترل دستگاه منتقل می شود که در آنجا از این سیگنال به جهت نمایش درصد مدولاسیون موج AM خروجی فرستنده بر روی میتر Modulation Monitor بخش مونیتورینگ فرستنده استفاده می شود. از نمونه RF خروجی می توان برای مشاهده سیگنال خروجی فرستنده بر روی اسیلوسکوپ و همچنین اعمال آن به دستگاه Modulation Monitor خارجی نیز استفاده کرد.

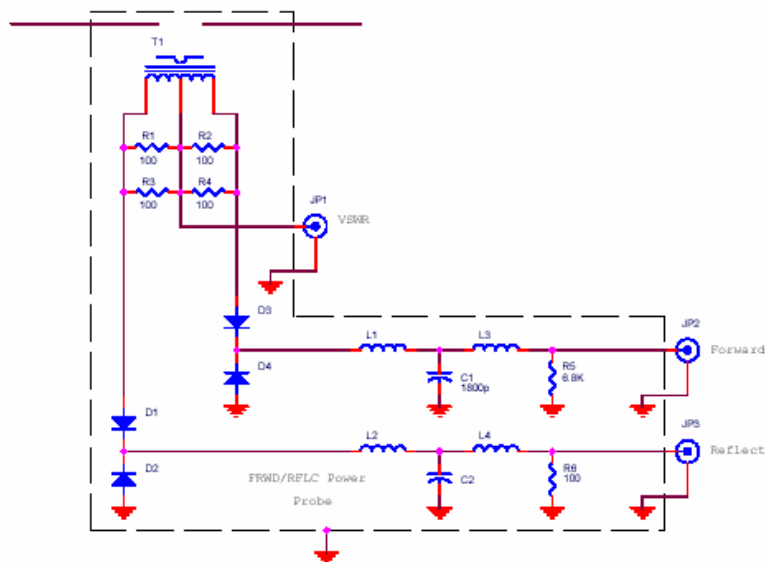


شکل (۶-۳۶) مدار VPRB

۴-۸-۶- مدار نمونه بردار از جریان خروجی (CPRB)^۱

مدار نمونه بردار جریان یا CPRB در جعبه کوچکی قرار گرفته است که به دیواره جانبی محفظه فیلتر نصب شده است.

این مدار در واقع یک تزویج کننده جهت^۲ مبتنی بر ترانس جریان به همراه مدارهای یکسوساز و فیلتر پایین گذر است که دو سیگنال DC را ارائه می‌کند که یکی نماینده قدرت مستقیم و دیگری نماینده قدرت بازتابیده بوده و از دو BNC واقع در جلوی جعبه فیلتر خارج و به راک کنترل منتقل می‌شود. از سیگنال نخست، برای اندازه‌گیری قدرت مستقیم و از سیگنال دوم برای اندازه‌گیری قدرت بازتابیده و نمایش آنها بر روی میترهای Reflect و Forward بر روی قسمت مونیتورینگ استفاده می‌شود از سیگنال نمونه Reflect برای مدار VSWR محافظت نیز استفاده می‌شود. شماتیک مداری نمونه بردار جریان را در نقشه CPRB و در شکل (۶-۳۷) ملاحظه می‌کنید.

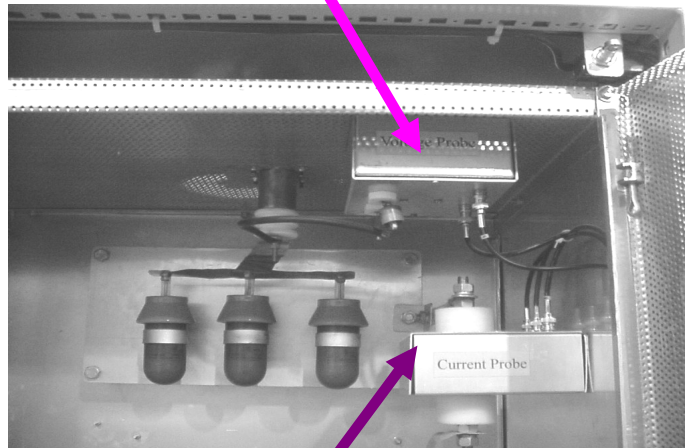


شکل (۶-۳۷) مدار CPRB

1 - Current Probe

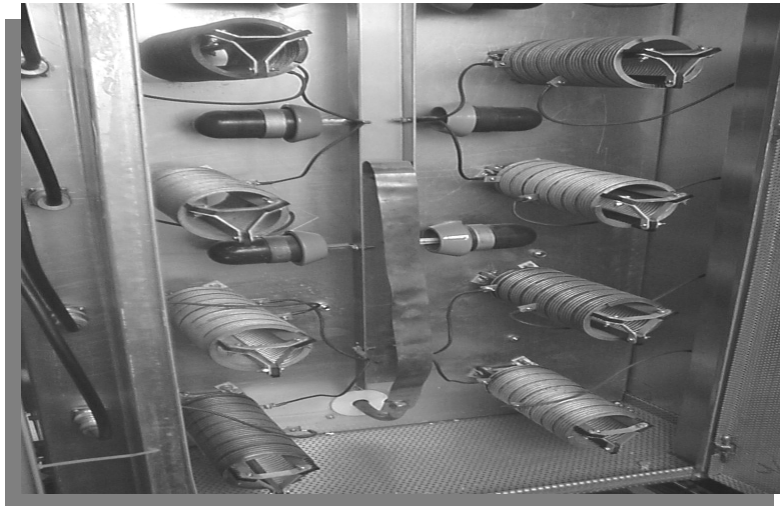
2- Directional Coupler

پراب ولتاژ



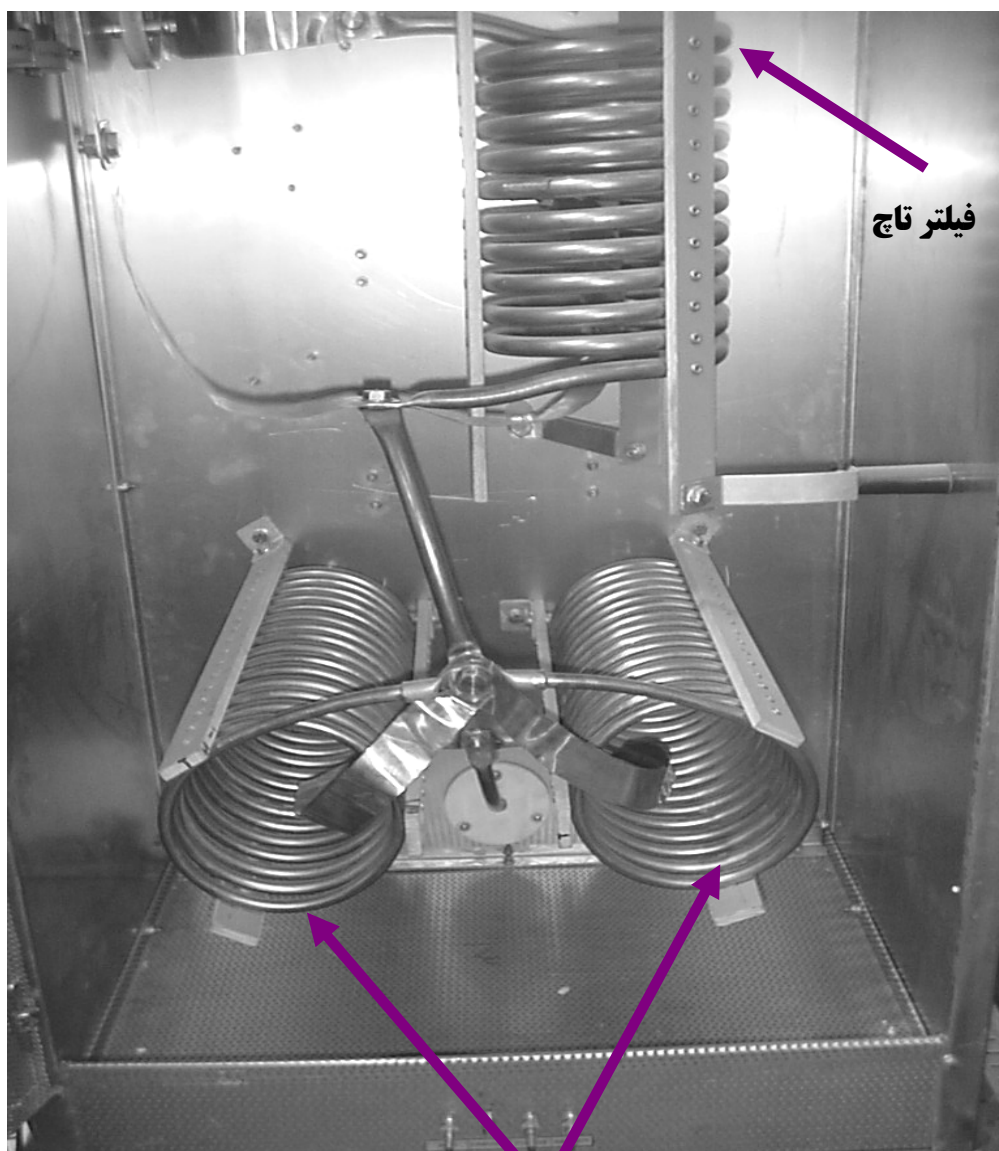
پراب جریان

تصویری که در زیر می بینید به کمباین کردن خروجی سینی های قدرت در فرستنده 100KW مربوط است.



تصویری از فیلتر فرستنده 100KW را می بینیم.

نمای فیلتر خروجی فرستنده



فیلتر تاج

فیلتر MATCHING

۹-۶- سیستم خنک سازی^۱

در میان قسمت های فعال فرستنده، ماژول های قدرت RF و پس از آنها بردهای کنترلی که قدرت نسبتاً بالایی ایجاد می کنند (مثل بردهای راه انداز RF) گرمای زیادی تولید می کنند. در میان قسمت های غیرفعال فرستنده نیز اول کمباینر و فیلتر خروجی و در رده بعدی ترانسفورماتورهای قدرت سه فاز، گرمای بیشتری تولید می کنند.

برای خنک کردن قسمت های مولد گرما در فرستنده از جریان هوا استفاده می شود. جریان کافی هوا با فن هایی^۲ که موتور سه فاز دارند برقرار می شود این فن ها در قسمت فوقانی فرستنده قرار دارد. برق سه فاز ورودی این فن ها از خروجی کتاکتور Green واقع در کف سلول وسط فرستنده تامین می شود. دریچه ورود هوا به راک فرستنده در دیواره های جانبی سلول ها تعبیه شده است که باعث می شود جریان هوای نسبتاً یکنواختی در سلول ها برقرار شود.

هوای جریان یافته در فرستنده را کانال و دمپر به بیرون یا داخل سالن می تواند هدایت کند. برای کنترل کارکرد فن ها نیز از میکروسوئیچی که نسبت به وجود هوا حساس می باشند استفاده می شود و در صورت کار نکردن هر کدام از فن ها خطایی به نام Air Flow را برد رله و برد EPMA صادر و فرستنده را خاموش خواهد کرد.

1 -Cooling System

2 -Fan

خلاصه بخش ششم

فرستنده های جهاد، که ساخت کشورمان است، با قدرت های مختلف نسبت به ساخت آنها اقدام شد. این فرستنده ها از ۸ بخش اصلی تشکیل یافته است که عبارتند از:

(۱) منابع تغذیه پر قدرت و کم قدرت؛ (۲) مدارات قدرت RF؛

(۳) زنجیره RF؛ (۴) راک های محافظت؛

(۵) راک کنترل؛ (۶) بخش مونیتورینگ؛

(۷) کمباینر و فیلتر خروجی؛ (۸) سیستم خنک کنندگی؛

وظیفه منابع تغذیه پر قدرت تأمین ولتاژ ۳۷۰ ولت DC به عنوان H.V می باشد که به مازول های قدرت اعمال می شود این ولتاژ در فرستنده ها تا قدرت 100KW از طریق برق سه فاز ۳۸۰ ولت AC و در فرستنده ها با قدرت بالاتر از 100KW از طریق برق سه فاز 20KV که یک ترانس کاهنده به ۳۸۰ ولت AC تبدیل می کند تأمین می شود.

منابع تغذیه کم قدرت ولتاژهای پایین 9Vdc، $\pm 9Vdc$ یا 150Vdc را برای بخش های مختلف فرستنده تأمین می نماید

زنجیره RF وظیفه اش تهیه سیگنال RF برای اعمال به مازول های قدرت می باشد تا در این طبقه عمل مدولاسیون انجام گیرد.

سیگنال RF در طبقه ای به نام DDS یا RFOS ساخته می شود که دو برابر فرکانس مورد نظر است که به صورت پالس با دامنه $\pm 15Vdc$ و عرض پالس ۵۰٪ می باشد. این سیگنال در خروجی مدار فوق به دو انشعاب تقسیم می شود. یک انشعاب به جهت تأیید سیگنالی PWM به مدار مربوطه می رود و انشعاب دیگر به طبقه RFPA اعمال می شود که در این طبقه، سیگنال تقسیم بر ۲ می شود و در خروجی یک فرکانس ثابت مربعی با دامنه $\pm 6V$ وجود خواهد داشت.

سیگنال مذکور در طبقه بعدی (RFDF) فیلتر می شود و با یک ترانسفورماتور به یک موج سینوسی آن بالانس با دامنه $\pm 5.6V$ ولت تبدیل می شود.

این سیگنال در خروجی به چندین انشعاب (بستگی به قدرت فرستنده و تعداد ماژول‌ها دارد) تقسیم می‌شود که هر انشعاب به مدار راه انداز RF هشت ماسفتی (RFD) اعمال می‌شود تا این ماسفت‌ها را راه اندازی نماید که در نتیجه، در خروجی این طبقه سیگنال RF مربعی با دامنه، ۱۵۰ ولت وجود خواهد داشت. خروجی طبقات RFD به مدار فیلتر فرکانس RFDF می‌رسد که از اینجا به شش انشعاب تقسیم که هر انشعاب به یک سینی قدرت اعمال می‌گردد که متشکل از ۴ ماژول است.

زنجیره صوت یا PWM

کلیه کنترل‌ها و محافظت‌ها بر روی زنجیره صوت است. سیگنال صوت که به این طبقه اعمال می‌شود دامنه آن تا حد مطلوب در کلاس S تقویت می‌گردد تا از تلفات زیاد و سوار شدن نویز بر روی سیگنال صوت جلوگیری شود.

پالس PWM که عرض پالس آن متناسب با سیگنال صوتی تغییر می‌کند در مدار PWMG ساخته و پردازش می‌شود. در این طبقه دو برابر فرکانس RF که از طبقه RFOS یا DDS به طبقه PWMG می‌آید مقدار آن به 100KHZ تبدیل و سپس انتگرال‌گیری و به شکل موج مثلثی با فرکانس 100KHZ در می‌آید. این شکل موج با یک سطح DC جمع و تبدیل به پالس با عرض ۵۰٪ می‌شود. با اعمال صدا عرض پالس PWM تغییر خواهد کرد. این پالس بعد از اعمال محافظت‌های لازم به ماژول‌های قدرت می‌رسد تا در این طبقه تقویت و سپس به مدولاتور کلاس D اعمال می‌شود.

پالس PWM به طبقات تقویت‌کننده نهایی (ماژول‌های قدرت) اعمال می‌شود تا در این طبقه همراه با سیگنال RF عمل مدولاسیون صورت پذیرد.

سیگنال خروجی ماژول‌های قدرت از طریق ترانس‌هایی که در خروجی هر ماژول قرار دارد به طبقات بعدی، که فیلتر و کمباینر است؛ اعمال می‌شود. وظیفه این ترانس‌ها، تطبیق امپدانس، جمع کردن قدرت‌های ماژول‌ها و تبدیل بالانس به آن بالانس است.

مونیتورینگ:

نمایش وضعیت عملکرد فرستنده و خطاهای به وجود آمده و همچنین اعمال فرمان های لازم توسط اپراتور بر عهده این بخش است که در نمای ظاهری آن، بر در وسط فرستنده قرار دارد.

در این بخش، میترها مقادیر ولتاژ و جریان منبع تغذیه، درصد مدولاسیون، قدرت رفت و برگشت فرستنده و مقادیر ولتاژهای کم 9V، 19V⁺ و 150V را نشان می‌دهند. مجموعه ای از LED های نمایشگر بر روی صفحه مونیتورینگ اخطارها و خطاهای بروز کرده بر روی فرستنده را نشان می‌دهند تا اپراتور از محل بروز عیب آگاهی پیدا کند. چون عیب بروز کرده در حافظه مدار مربوطه باقی می‌ماند و بعد از رفع عیب نیاز است که پاک شود از کلید RESET استفاده شود.

کلید AUTO POWER, ON یک کلید دو وضعیتی است که با آن می‌توان این امکان را فراهم نمود که بعد از قطع و وصل برق، فرستنده به صورت اتوماتیک در مدار قرارگیرد. در سمت راست صفحه مونیتورینگ پنج دکمه فشاری , LOW , MEDIUM , OFF , STANDBY و HIGH وجود دارد که برای اعمال فرمان های مختلف به کار می‌رود.

دکمه OFF فرستنده را خاموش می‌کند و دکمه STANDBY فرستنده را در وضعیتی قرار می‌دهد که آماده پذیرش قدرت است و سه دکمه LOW , MEDIUM و HIGH به جهت اعمال قدرت های مختلف به فرستنده به کار می‌روند و در کنار این سه دکمه پتانسیومتر کوچک وجود دارد که سطح قدرت را در هر مرحله می‌توان تنظیم کرد.

آزمون بخش ششم

- ۱- بخش های اصلی فرستنده را نام ببرید؟
- ۲- مراحل تولید سیگنال RF را به اختصار توضیح دهید؟
- ۳- پالس PWM چگونه تولید می شود؟
- ۴- فرق LED های اخطار و خطا را توضیح دهید؟
- ۵- قدرت در خروجی مازول ها و سینی ها چگونه جمع می شود؟