

لامپ رادیو فرکانسی باند S با توان پالسی ۱۵ مگاوات و توان متوسط ۱۵ کیلووات صنایع الکترونیکی و مخابراتی

مشخصات فناوری

دسته فناوری	ماشین آلات و تجهیزات پیشرفته
زیردسته فناوری	تجهیزات پیشرفته سایر حوزه‌ها
توضیحات	ساخت لامپ کلایسترون توان بالا در باند S

اطلاعات مسئله

نوع مسئله	توسعه محصول جدید
دلایل ایجاد مسئله	مشکل تامین کالا (وجود تحریم و ...)
شیوه همکاری	قابل مذاکره

شرح مسئله

• محصول (محصولات) تولیدی متقاضی

یکی از دلایل توجیه‌پذیری یک فناوری توجه به کاربردهای آن در عرصه‌های مختلف است. نفوذ کاربردهای یک فناوری در زمینه‌های مختلف پزشکی، صنعتی، امنیتی و ... سبب می‌شود توسعه آن فناوری از اهمیت بالایی برخوردار گردد. توسعه فناوری شتابدهنده‌ها با توجه به کاربردهای فراوان آنها از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این راستا، طی چندین سال اخیر در پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، طراحی و ساخت شتابدهنده‌های ذرات آغاز شده است. در این سال‌ها شتابدهنده رودوترون، شتابدهنده الکترواستاتیک ۲۰۰ کیلو الکترون ولت و شتابدهنده داینامیترتون ساخته شده است و در حال حاضر ساخت شتابدهنده خطی الکترون در حال انجام است. شتابدهنده‌ها زیرسیستم‌های مختلفی دارند و هر یک از این زیرسیستم‌ها به تنهایی شامل فناوری خاص خود می‌باشند و همچنین هر یک از زیرسیستم‌ها می‌تواند در فناوری‌ها یا صنایع دیگر نیز کاربرد داشته باشد. برای مثال زیرسیستم مولد RF شتابدهنده‌های خطی علاوه بر کاربرد در حوزه شتابدهنده، در صنعت دفاعی، در صنعت مخابرات و در حوزه گداخت کاربرد دارد.

• روش تولید محصول

در این مرکز بر اساس نیاز و پتانسیل کشور شتابدهنده‌های الکترواستاتیک و رادیوفرکانسی در کاربردهای مختلف ساخته می‌شود و سعی می‌شود تا حد امکان زیرسیستم‌های شتابدهنده‌های ساخته شده درون کشور بومی‌سازی شود. اما با توجه به محدودیت نیروی انسانی و محدودیت زمانی، سیاست این مرکز مبتنی بر طراحی و ساخت همه‌ی زیرسیستم‌های شتابدهنده توسط کارشناسان مجموعه نمی‌باشد. در این راستا با توجه به توانمندی‌های موجود در کشور، برخی از زیرسیستم‌ها (بطور کلی یا جزئی) به شرکت‌ها، پژوهشکده‌ها، دانشگاه‌ها یا موسسات تحقیقاتی داخل کشور برون‌سپاری می‌شود. در این طرح نیز طراحی و ساخت یکی از زیرسیستم‌های مهم شتابدهنده‌های رادیوفرکانسی پرتوان ارائه شده است تا بررسی ساخت آن درون کشور انجام شود.

• مواد اولیه مصرفی

در این طرح هدف ساخت تجهیز است و مواد اولیه مصرفی معنای خاصی ندارد.

• تعریف دقیق مشکل یا نیاز

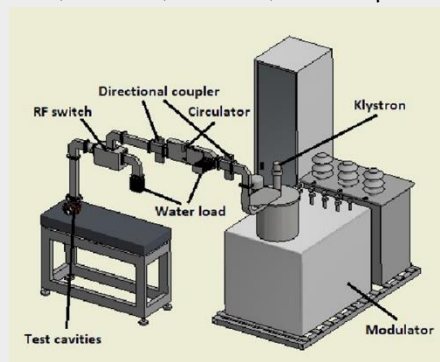
همانطور که اشاره شد، شتابدهنده‌ها شامل زیرسیستم‌های مختلف می‌شوند. یکی از این زیرسیستم‌های اساسی در شتابدهنده‌های رادیوفرکانسی، سیستم تأمین توان RF مورد نیاز شتابدهنده است. سیستم‌های تأمین توان RF در بازه‌های فرکانسی مختلف در توان‌های خروجی مختلف ساخته و بکار برده می‌شوند. درون کشور طراحی و ساخت سیستم‌های تأمین توان RF در چندین باند فرکانسی در توان‌های عموماً پایین (نسبت به توان مورد نیاز در این طرح) برای حوزه‌های مختلف از جمله حوزه شتابدهنده ساخته شده است. در این طرح هدف ساخت سیستم تأمین توان RF در محدوده‌ی باند S به عنوان منبع تغذیه برای شتابدهنده خطی الکترون پرتوان است. در حال حاضر در کشور سیستم تأمین توان RF در باند S تا توان ۶/۵ مگاوات ساخته شده است. دستیابی به شتابدهنده‌های خطی پرتوان نیازمند به منابع RF با توان بالاتر است. در نتیجه ساخت منابع RF با توان بالاتر یکی از نیازهای اساسی برای دستیابی به شتابدهنده‌های خطی پرتوان برای کاربردهای مختلف است.

• هدف و محدوده طرح

سیستم تأمین توان RF به عنوان یکی از زیرسیستم‌های شتابدهنده، به نوبه خود شامل زیرسیستم‌هایی است که برای تبدیل برق خط AC به توان RF و همچنین رساندن توان RF به تجهیز مد نظر (به عنوان مثال کاواک‌های شتابدهنده) است. بطور کلی می‌توان گفت این سیستم شامل سه زیرسیستم اصلی می‌شود. ۱- لامپ رادیوفرکانسی (مانند لامپ کلايسترون) ۲- مدولاتور راه انداز لامپ ۳- سیستم انتقال توان

مدولاتور، برق AC را به توان پالسی ولتاژ بالا تبدیل می‌کند. قطعات اصلی آن یک منبع تغذیه ولتاژ بالا، یک مولد پالس ولتاژ بالا و یک ترانسفورماتور پالس است. سپس لامپ کلايسترون توان RF پالسی را از توان پالسی ولتاژ بالا تولید می‌کند و سپس سیستم انتقال توان، توان RF را به تجهیز مورد نظر می‌رساند و همچنین لامپ کلايسترون را از توان برگشتی محافظت می‌کند. سیستم LLRF نیز شکل، دامنه و فاز RF را کنترل می‌کند. زیرسیستم‌های جانبی مختلفی (مانند سیستم خلاء و سیستم کنترل) برای لامپ کلايسترون و مدولاتور مورد نیاز است. برای مثال سیستم کنترل و اینترلاک، سیستم تأمین توان RF را کنترل می‌کند و از خط انتقال، لامپ و مدولاتور در صورت خرابی محافظت می‌کند. در شکل زیر طرح‌واره‌ای از سیستم تأمین

توان RF به همراه زیرسیستم‌های اصلی آن نشان داده شده است. در این شکل سیرکولاتور، کوپلر جهتی، بار و سوئیچ RF زیرسیستم‌های سیستم انتقال توان محسوب می‌شوند.



با توجه به متفاوت بودن ماهیت ساخت زیرسیستم‌های مختلف سیستم تأمین توان RF، هر یک از زیرسیستم‌های اصلی در طرح‌های جداگانه ارائه شده است. در این طرح هدف طراحی و ساخت قسمت لامپ برای این سیستم است. این لامپ که قاعدتا باید لامپ کلايسترون باشد، لازم است در باند S توان پالسی ۱۵ مگاوات و توان متوسط ۱۵ کیلووات را تولید کند.

klystron specification	
Peak output power	۱۵ MW
Frequency	۲۹۸۵ MHz
RF Pulse length	۵ μ s
Bandwidth (-۳ dB)	۵ MHz
Peak beam voltage	> ۱۷۰ kV
Peak beam current	> ۱۵۰ A
Duty	۰'۰۰۱ %
Efficiency	> ۵۰ %
Gain	> ۴۸ dB
Lifetime	> ۶۰۰۰۰ h

• عوامل محیطی و محدود کننده، موثر بر نیاز

- تأمین خارجی لامپ به راحتی امکان پذیر نیست و ساخت این تجهیز به لحاظ فنی پیچیدگی دارد و اولین نمونه ساخته شده (با این مشخصات) در کشور خواهد بود.
- مشخصات گفته شده در جدول بالا محدودی است و با توجه به مشخصات مدولاتور ممکن است برخی پارامترهای ورودی لامپ تغییر کند.
- ورودی های لامپ باید تطابق لازم با مدولاتور را داشته باشد.

• چرا شرکت باید این مشکل را حل کند؟

- ۱- خرید این محصول از خارج به راحتی امکان پذیر نیست.
- ۲- تا کنون این محصول (با مشخصات مذکور) توسط هیچ شرکت یا موسسه‌ای در کشور ساخته نشده است.
- ۳- با ساخت این محصول یکی از زیر سیستم‌های مهم شتابدهنده های پرتوان در کشور بومی سازی شده است.

- ۴- این محصول در صنایع دیگر (جنگال، لیزرهای الکترون آزاد و پلاسما) کاربرد دارد و می‌تواند نیاز آنها را نیز برطرف کند
- ۵- ساخت این محصول زیرساخت فناوری کشور را در حوزه‌های کاربردی آن به طرز چشمگیری افزایش می‌دهد.

• حل مشکل چه ارزشی برای شرکت ایجاد می‌کند (عدم حل مشکل چه هزینه‌هایی دارد)؟

به عنوان شرکت سازنده در کشور شناخته می‌شود و می‌تواند به سایر صنایع نیز محصول خود را ارائه دهد. همچنین شرکت می‌تواند صادرات این محصول را در دستور کار خود داشته باشد. در صورت عدم موفقیت در ساخت چنین تجهیزاتی نیاز به تأمین خارجی آن برای صنایع گفته شده وجود دارد که به راحتی نیز خریداری نخواهد شد و در صورت امکان نیز هزینه‌ی ارزی زیادی به همراه خواهد داشت.

• تحلیل دلایل ریشه‌ای مسئله و عوامل ایجاد

با توجه به پیشرفت کشور در صنایع مختلف از جمله شتابدهنده‌ها نیاز به تجهیزات جدید و حتی المقدور بومی‌سازی آن‌ها می‌باشد. ساخت این محصول نیز با توجه به پیشرفت صنعت ساخت شتابدهنده در کشور احساس شده است و در آینده نزدیک در صنعت دفاعی (به عنوان ابزاری در جنگ الکترونیکی) اهمیت این محصول بیشتر و بیشتر خواهد شد. در حوزه پلاسما، گداخت و لیزرهای الکترون آزاد نیز اهمیت بومی‌سازی این محصول در آینده‌ای نزدیک بیشتر خواهد شد.

پیشینه مسئله و مفاهیم علمی مرتبط

• جایگاه، اهمیت و وضعیت صنعت مسئله و محصولات آن

- شتابدهنده‌های پرتوان کاربردهای فراوانی دارند و دستیابی به آن‌ها می‌تواند در حوزه‌های مختلف بسیار حائز اهمیت باشد. مهمترین انگیزه برای ساخت شتابدهنده‌های خطی پرتوان، اهمیت کاربردی آن است. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- ۱- تولید نوترون بر مبنای شتابدهنده‌های خطی الکترون برای کاربردهای رادیوگرافی و درمان سرطان با گیراندازی نوترون-بور (BNCT) اشاره نمود.
 - ۲- تولید تکنسیوم ۹۹ (پرکاربردترین رادیوایزوتوپ در پزشکی هسته‌ای) از کاربردهای نوظهور شتابدهنده‌های خطی الکترون می‌باشد.
 - ۳- بخش قابل توجهی از مطالعات فیزیک شتابدهنده در دنیا معطوف به بررسی اثرات ناشی از جریان بالای باریکه در شتابدهنده‌های پرتوان است.
 - ۴- در کاربردهای صنعتی نیز، صنایع پلیمر بزرگترین سهم استفاده از شتابدهنده‌های خطی پرتوان را به خود اختصاص داده است.
 - ۵- شتابدهنده‌های خطی الکترون پرتوان حتی در انرژی‌های پایین نقش بسزایی در تولید علم دارند.

• جایگاه و اهمیت فناوری مسئله در صنعت

همانطور که اشاره شد این سیستم یکی از زیر سیستم های اساسی در شتابدهنده های خطی پرتوان است و بدون این سیستم دستیابی به چنین شتابدهنده های غیر ممکن است.

• کارکرد (وظیفه) و نحوه عملکرد فناوری مسئله

لامپ رادیوفرکانسی به عنوان منبع تغذیه شتابدهنده های رادیوفرکانسی، وظیفه ی تأمین توان و به روایتی تأمین میدان جهت شتابدهی به ذرات را بر عهده دارد. این لامپ با دریافت توان پالسی ورودی، پالس را تقویت کرده و پالس RF توان بالا با دوره کاری متناسب با مدولاتور در بازه فرکانسی مشخصی را برای شتابدهی به ذرات تأمین می کند.

• محصولات (خروجی) مورد انتظار

لامپ کلايسترون در باند S با بیشینه توان ۱۵ مگاوات

بررسی ویژگی های عملکردی خروجی موردنظر

ردیف	ویژگی عملکردی	واحد	مقدار کنونی	مقدار مطلوب	توضیحات
۱	توان خروجی	مگاوات	۴/۵	۱۵	-

الزامات و ملاحظات حل مسئله

مشخصات ورودی این لامپ باید مطابقت با مدولاتور راه انداز آن داشته باشد.

الزامات مأموریتی

- سیستم کنترلی، تنظیمات و کالیبراسیون user-friendly داشته باشد.
- قابلیت کنترل از راه دور را داشته باشد.
- قابلیت اطمینان بالا داشته باشد.
- با مدولاتور راه انداز آن مطابقت داشته باشد.

الزامات کارکردی

مشخصات لامپ:

klystron specification	
Peak output power	۱۵ MW
Frequency	۲۹۸۵ MHz
RF Pulse length	۵ μs
Bandwidth (-۳ dB)	۵ MHz
Peak beam voltage	>۱۷۰ kV
Peak beam current	>۱۵۰ A
Duty	۵'۵۵%
efficiency	> ۵۰ %
gain	> ۴۸ dB
lifetime	> ۶۰۰۰۰ h

الزامات عملکردی

الزامات محیطی	این محصول در محیط‌های کارگاهی و صنعتی (رطوبت بین ۱۰ تا ۹۰ درصد، دمای بین ۲۰- تا ۵۰ درجه) مورد استفاده قرار می‌گیرد، بیشترین ایمنی نسبت به آسیب‌های پرتویی، تغییرات ولتاژی، تغییرات دمایی و آب و هوایی مورد نیاز است.
الزامات پشتیبانی	دوره گارانتی و وارانتی مناسب داشته باشد. هزینه نگهداری زیادی برای کاربر نداشته باشد. دفترچه کاربری و نگهداری همراه محصول ارائه شود.
الزامات مصرف انرژی	بازده: بهتر از ۵۰ درصد منبع ورودی: مدولاتور ساخت داخل کشور
الزامات طول عمر عملیاتی	حداقل ساعت کاری مفید دستگاه ۶۰۰۰۰ ساعت
الزامات ایمنی	استانداردهای کار با تجهیزات توان بالا چه به لحاظ الکترومغناطیسی و چه به لحاظ پرتویی رعایت شود. نشت دز در حد استاندارد باشد.
الزامات طراحی	قبل از طراحی، استانداردهای طراحی و ساخت از طرف شرکت متقاضی تأیید شود.
الزامات ساخت	در ساخت محصول از تجهیزات مستعمل استفاده نشود.
الزامات نمونه اولیه	در صورت عملکرد مناسب نمونه اول تعداد ۴ لامپ دیگر طی ۴ سال سفارش داده می‌شود.

حداقل سفارش (مواد/دستگاه) مورد نیاز متقاضی (با فرض ملاحظات مالی)

ردیف	عنوان	تعداد / مقدار	واحد	مقیاس زمانی	توضیحات
۱	لامپ کلایسترون	۵	دستگاه	۵ سال	-

خدماتی که برای اجرای پروژه در اختیار فناور قرار می‌گیرد

پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای می‌تواند در زمینه‌های زیر با شرکت همکاری کند:

- مشاوره در طراحی
- مشاوره در ساخت
- همکاری و مشاوره در تست، اندازه‌گیری و راه‌اندازی

شماره ۱

نمونه مشابه محصول/ فناوری یا راه‌حل‌های طی شده

نام محصول	E۳۷۳۰۸	نام شرکت	canon
-----------	--------	----------	-------



شرح کاربردهای حل مسئله/فناوری/محصول در صنعت موردنظر

سابقه ساخت لامپ در داخل کشور با توجه به کاربرد آنها در تجهیزات ردیابی و رادار، به صنایع دفاعی کشور برمی گردد. در گروه لامپ سازی صنایع دفاع (صاشیراز) تجهیزات و تجربه ساخت لامپ های مختلف از جمله لامپ مگنترون با توان ۲/۶ مگاوات و لامپ کلایسترون تا توان ۴/۵ مگاوات وجود دارد.

کاربردهای دیگر حل مسئله/فناوری/محصول در صنایع مختلف

- حوزه دفاعی (جنگال- جنگ الکترونیکی)
- حوزه گداخت (گرمایش پلاسمای توکامک)
- حوزه لیزهای الکترون آزاد
- حوزه پزشکی- بطور غیر مستقیم (تولید رادیو دارو و درمان سرطان به روش BNCT با استفاده از شتابدهنده های خطی پرتوان)

کارخانجات و تولیدکنندگان مطرح مرتبط با کاربردهای دیگر حل مسئله/فناوری/محصول

ردیف	نام شرکت	سایت	محل استقرار
۱	صنایع دفاع	-	-
۲	سازندگان شتابدهنده خطی برای تولید رادیو دارو	-	-

۳	مراکز تحقیقاتی در حوزه ساخت شتابدهنده پرتوان	-	-
۴	مراکز تحقیقاتی در حوزه گداخت	-	-

تصاویر

کلایسترون ساخت شرکت
Thales



تصویر ۱

کلایسترون باند S ساخت شرکت
CPI



تصویر ۲

کلايسترون ساخت شرکت canon

