



JDEVS

Marx Impulse Generator 1.2/50 (μ s) 1800kV/180kJ



مجری: جهاد دانشگاهی علم و صنعت

بسمه تعالی

مقدمه

"اگر باورمان شود که می توانیم روی پای خودمان بایستیم، می توانیم" امام خمینی (ره)

مجموعه‌های آزمایشگاهی فشارقوی از جمله تجهیزات کاملاً ضروری مراکز پژوهشی، صنعتی و آموزش عالی شاغل در زمینه فشارقوی می‌باشد که در جهت درک قوانین اصولی حاکم بر فیزیک فشارقوی نظیر چگونگی وقوع تخلیه الکتریکی در محیط عایقی (اعم از هوا، گاز، مایع و جامد) و کمک به انجام بررسی و تحقیق بر روی عملکرد تجهیزات الکتریکی تحت ولتاژهای زیاد مستقیم، متناوب و موجهای ضربه کاربرد فراوانی دارند.

جهت بکارگیری علم مهندسی فشارقوی در کشورهای پیشرفته صنعتی، امروزه گامهای بلندی برداشته شده و موفقیت‌های مهمی کسب گردیده است و در کشور ما نیز از سال ۱۳۶۵ جهاد دانشگاهی با احساس خلاء موجود در این حیطه با توجه به تواناییهای علمی و نیروهای مجرب خود تصمیم گرفت در این زمینه به صورت تخصصی شروع به فعالیت نماید. پژوهش در این زمینه آغاز و به یاری خداوند پس از گذشت ۷ سال اجرای طرحهای تحقیقاتی مختلف در مراحل آزمایشگاهی و نیمه صنعتی، مرکز مهندسی فشارقوی جهاد دانشگاهی موفق به ساخت مجموعه‌های آزمایشگاهی فشارقوی تا ولتاژ چهارصد کیلو ولت گردید.

انجام فعالیتهای پژوهشی در زمینه تجهیزات فشارقوی با بهره گیری از دانش و تجارب موجود کارشناسان ادامه یافت و امروز پس از گذشت ۲۵ سال تحقیق و تولید مستمر، امکان تولید مجموعه های فشارقوی شامل مولدهای **DC**، **AC** و **Impulse** تا ولتاژهای چند میلیون ولتی مطابق با استانداردهای پذیرفته شده بین المللی وجود داشته و بیش از ۱۴۰ واحد تولیدی و مرکز آموزشی از محصولات مرکز مهندسی فشار قوی در حال بهره‌برداری می‌باشند.

دستیابی به تکنولوژی ساخت عناصر و مولدهای فشارقوی این امکان را فراهم آورده است که جهاد دانشگاهی به عنوان یکی از معتبرترین مجموعه های عملی و فنی در زمینه مهندسی فشارقوی در کشور شناخته شده و به عنوان مرجعی شاخص در کنترل کیفیت تجهیزات الکتریکی فشارقوی در صنعت برق ایران ایفای نقش نماید و از این راه بتواند خدمات ارزشمندی را به صنایع مختلف کشور ارائه نماید. جهت تأیید این امر می توان به دریافت رتبه سوم تحقیقات کاربری دوازدهمین جشنواره بین المللی خوارزمی و نیز ثبت طرح مجموعه تجهیزات آزمایشگاهی علم و صنعت در دفتر اختراعات و نوآوریهای صنعت برق توانیر اشاره نمود.

اهداف مرکز مهندسی فشار قوی جهاد دانشگاهی علم و صنعت بر محورهای زیر استوار می‌باشد:

- کمک به صنایع شاغل در زمینه فشارقوی در جهت افزایش کیفیت محصولات و یا خدمات از طریق فراهم آوردن امکانات انجام آزمایشهای کنترل کیفیت.
- مساعدت در تجهیز دانشگاهها و مراکز پژوهشی جهت ارتقاء کیفیت آموزش نیروی انسانی متخصص و رشد کیفی و کمی فعالیتهای پژوهشی.
- فراهم آوردن زمینه صرفه جوئی اقتصادی در هزینه‌های تجهیز آزمایشگاههای فشارقوی از طریق تولید تجهیزات مورد نیاز در داخل کشور و جلوگیری از خروج مقادیر قابل توجه ارز از کشور.
- دستیابی به تکنولوژی‌های روز در زمینه‌ی فشار قوی و تلاش در جهت خودکفایی کشور در این رشته

۱- اصول کار ژنراتور ضربه

اصول کار تمام مولدهای ضربه براساس مدار معروف ژنراتور مارکس است. با ترکیب مختلف مقاومت‌های پیشانی و پشت می‌توان شکل موج ضربه صاعقه با مشخصه $1.2\mu s/50\mu s$ را با دامنه مورد نظر تولید نموده و بر روی عنصر مورد آزمایش اعمال نمود. جهت تولید شکل موج‌های فوق‌الذکر، خازنهای هر طبقه مولد با استفاده از منبع تغذیه DC تا ولتاژ مورد نظر شارژ می‌شوند که این منبع تغذیه دارای ولتاژ نامی 140 kVDC است.

مدار معادل مولد ضربه در حالت شارژ دارای خازن‌های موازی طبقات است که از طریق مقاومت‌های شارژ با خازن‌های طبقه بعدی موازی شده و بدین ترتیب خازنهای طبقات با هم شارژ می‌شوند که مدار معادل مولد ضربه در این حالت در شکل (۱) آمده است. بعد از رسیدن ولتاژ خازنها به ولتاژ مورد نظر، با صدور فرمان تریگ توسط اپراتور، فاصله هوایی گوی‌های کروی هر طبقه توسط ولتاژ شارژ شده خازن‌ها شکسته شده و بدین ترتیب امکان دشارژ خازن‌ها از طریق فواصل گوی‌ها و مقاومت‌های پیشانی و پشت فراهم می‌شود. مدار معادل مولد ضربه در حالت دشارژ شامل خازن‌های سری طبقات است که از طریق مقاومت‌های سری و موازی روی عنصر مورد نظر دشارژ می‌شوند که مدار معادل مولد در این حالت نیز در شکل (۲) آمده است. مشخصه زمان پیشانی و زمان پشت برای شکل موج صاعقه را مقادیر ظرفیت خازنها و مقادیر پیشانی و پشت و ظرفیت عنصر مورد آزمایش تعیین می‌کنند که با ترکیب موازی مقاومت‌های فوق می‌توان محدوده وسیعی از تجهیزات فشارقوی را تست کرد.

با صدور فرمان تریگ از میکز کنترل فاصله هوایی گوی‌های تریگ شونده شکسته شده و بدین ترتیب شکل موج مورد نظر ایجاد شده و بر روی عنصر مورد آزمایش اعمال می‌شود.

اندازه‌گیری ولتاژ با استفاده از یک مقسم خازنی انجام می‌شود. که به طور موازی با عنصر مورد آزمایش قرار می‌گیرد. مشخصات کامل عناصر مولد ضربه در بخش‌های بعدی به تفصیل تشریح شده است.

۲- مشخصات و اجزاء مجموعه

مجموعه مولد ضربه پیشنهادی 1800kV/180kJ دارای پنج قسمت اصلی زیر است:

۱-۲- ژنراتور ضربه

این قسمت بعنوان اکتیو پارت مجموعه بوده و اصلی ترین قسمت ژنراتور ضربه را تشکیل می‌دهد. این مولد ضربه دارای ۱۸ طبقه بوده که بصورت مدولار بر روی هم سوار می‌شوند. هر طبقه شامل یک عدد خازن $100kV/10kJ/2\mu f$ و مقاومت‌های پیشانی و پشت و شارژ و گوی فاصله متغیر است که عناصر هر طبقه بر روی شاسی سوار می‌شوند. پارامترهای اصلی مولد ضربه به صورت زیر است:

- خازن‌ها
- مقاومت‌ها
- سیستم گوی‌های تریگ شونده
- شاسی متحرک
- سیستم ارت اتوماتیک

۲-۲- خازن‌ها

هر طبقه شامل یک عدد خازن با مشخصات نامی $100\text{kV}/10\text{kJ}/2\mu\text{f}$ است. این خازن بصورت افقی در طبقات نصب می‌شوند و فاصله خازن هر طبقه با طبقه بالایی برای ولتاژ 115kV DC طراحی و محاسبه شده است. ساختار داخلی خازن‌ها از نوع فویل آلومینیوم و فیلم پلی پروپیلن خاص می‌باشد که بعد از تزریق روغن خازن، عملیات اشباع در خلاء بر روی آن انجام می‌شود. طراحی این نوع خازن‌ها به نوعی صورت می‌گیرد که دارای اندوکتانس کمی باشند و بدین ترتیب می‌توان شکل موج‌های ضربه صاعقه با زمان پیشانی مد نظر را تولید نمود.

۲-۳- مقاومت‌ها

هر طبقه شامل مقاومت‌های پیشانی و پشت و شارژ می‌باشد و این مقاومت‌ها دارای اندوکتانس خیلی پایینی بوده (بیفیلاز) و بصورت سیم پیچی‌هایی روی لوله‌های سرامیکی مخصوص ساخته می‌شوند. جهت ایجاد استحکام عایقی مناسب و جلوگیری از وقوع اتصال کوتاه بین دورها، تمام سیم پیچی‌ها با اپوکسی مخصوص پوشش داده می‌شوند. سیم پیچی‌های مزبور به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که در شرایط کارکرد ژنراتور با انرژی نامی، دمای مقاومت‌ها از 100°C تجاوز نکند. مقاومت‌های طراحی شده بصورت فوق دارای وزن کم و ابعاد مناسبی بوده و بصورت عمودی و قطری بین طبقات مختلف مولد نصب شده و ارتباطات الکتریکی بین طبقات را فراهم می‌کنند.

- مقاومت‌های پیشانی موج به تعداد یک عدد در هر طبقه تعبیه شده‌اند که با توجه به میزان ظرفیت عنصر مورد آزمایش، می‌توان آنها را به صورت تکی یا چند تایی بصورت موازی استفاده کرده و بدین ترتیب مولد را جهت آزمایش محدوده وسیعی از تجهیزات فشارقوی بکار برد.
 - مقاومت‌های پشت موج به تعداد یک عدد در هر طبقه تعبیه شده‌اند که می‌توان آنها را به صورت تکی یا چند تایی بصورت موازی استفاده کرد.
 - مقاومت‌های شارژ به تعداد یک عدد در هر طبقه تعبیه شده‌اند که بین طبقات مختلف مولد نصب می‌شوند. این مقاومت‌ها دارای مقدار اهمی بالایی بوده و در حالت شارژ مولد، تمامی خازن‌های طبقات را با ولتاژ DC شارژ می‌کنند.
 - مقاومت تخلیه مولد به تعداد یک عدد برای کل مجموعه مولد تعبیه شده است که بطور افقی بین خروجی منبع تغذیه DC و اولین طبقه مولد قرار می‌گیرد. موقع خاموش کردن ژنراتور، کلید الکتریکی **Earth Switch** به طور اتوماتیک مولد را از طریق این مقاومت زمین می‌کند و بدین ترتیب مولد در این حالت بدون انرژی بوده و زمین شده است.
- تذکر: مقاومت‌های پیشانی و پشت موج جهت تولید شکل موج‌های استاندارد ضربه صاعقه استفاده می‌شوند و در صورت درخواست کارفرما، مقادیر دیگری از مقاومت‌های سفارشی نیز جهت تولید شکل موجهای دلخواه طراحی و ساخته خواهد شد.

۲-۴- سیستم گوی‌های تریگ شونده

به ازای هر طبقه از مولد یک جفت گوی وجود دارد و بدین ترتیب مولد دارای ۶ جفت گوی است. این گوی‌ها بر روی شاسی مولد به صورت ستونی نصب شده و کل مجموعه گوی‌ها داخل محفظه لوله محافظ گوی‌ها قرار می‌گیرد. به دلیل اینکه ولتاژ شکست فضای بین گوی‌ها به نسبت میزان رطوبت و فشار و دمای محیط متغیر است مکانیزم گوی‌ها طوری طراحی می‌شود تا اثرات محیطی و گرد و غبار بر روی ولتاژ شکست گوی‌ها کمترین تأثیر را داشته باشد. همچنین لوله محافظ گوی‌ها طوری طراحی شده که ولتاژ شکست گوی‌ها متأثر از عوامل محیطی مثل گرد و غبار نخواهد بود. هر طبقه دارای دو گوی معمولی می‌باشد، بجز طبقه اول که دارای یک گوی معمولی و یک گوی تریگ شونده است و قطر هر دو گوی برابر **10 cm** است. این گوی‌ها بعد از آبکاری با کرم سخت دارای استحکام مکانیکی بالایی بوده و در مقابل ضربه‌های ناشی از جرقه‌های الکتریکی بسیار مقاوم هستند. فاصله گوی‌ها با استفاده از مکانیزم سروموتوری که در قسمت پایینی لوله محافظ گوی‌ها قرار می‌گیرد قابل تغییر است. گوی‌ها بر روی ستون ثابتی قرار گرفته و فاصله گوی‌ها توسط حرکت ستون گیربکس ۹۰ درجه و شفت عایق تغییر می‌کند. قبل از شروع آزمایش و برقدار کردن مولد، بایستی با توجه به ولتاژ مورد نظر در آزمایش، فاصله گوی‌ها در محدوده مناسبی تنظیم شده و سپس ولتاژ تا مقدار مورد نظر بالا برده شود. در این حالت به کمک گوی تریگ شونده و سیستم تریگر، مولد ضربه آتش شده و فاصله گوی‌ها شکسته می‌شود. جهت تریگ کردن گوی‌ها از روش الکترونیکی استفاده می‌شود که به شرح ذیل می‌باشد:

فرمان تریگ گوی‌ها به روش الکترونیکی و از طریق کابل نوری انجام می‌شود. با صدور فرمان آتش از میکروکنترلر، فرستنده سیگنال که در داخل میکروکنترلر تعبیه شده است از طریق کابل نوری سیگنال مناسب را به گوی تریگ شونده ارسال می‌نماید و از داخل گوی تریگ شونده بواسطه مدار الکترونیکی و باطری موجود در آن یک ایمپالس با ولتاژ حدود ۵۰۰۰ ولت روی الکتروود تریگ اعمال می‌شود و در نتیجه ایجاد قوس الکتریکی بین دو گوی آغاز می‌شود و تمام گوی‌های موجود در یک مولد ضربه بصورت همزمان آتش شده و همزمان قوس الکتریکی بین آنها برقرار می‌شود.

بدین ترتیب مولد ضربه با شرایط فوق الذکر که مجهز به مکانیزم سیستم گوی‌های تریگ شونده و سیستم تغییر فاصله هوایی است قادر است بدون تأثیر پذیری از شرایط محیطی، عمل تریگ مطمئن را در سطوح ولتاژهای متفاوت انجام داده و بتواند محدوده وسیعی از ولتاژهای مورد نیاز با انرژی مختلف را جهت آزمایش تجهیزات الکتریکی فشارقوی تولید نماید.

۲-۵- شاسی

مولد ضربه و مجموعه گوی‌ها بر روی این شاسی نصب می‌شوند. جنس این شاسی از فولاد مرغوب است. این شاسی طوری طراحی می‌شود که بتواند وزن مولد ضربه و سیستم گوی‌های تریگ شونده را تحمل نموده و سطح آن به گونه‌ای ماشین کاری می‌شود تا هنگام نصب مولد و گوی‌ها در روی آن از تنظیم عمودی دقیق ساختار ژنراتور اطمینان حاصل شود که نباید مرکز ثقل مجموعه جابجا شده و تعادل مجموعه مولد ضربه به هم بخورد.

سازه‌ی مولد ضربه متشکل از یک شاسی چرخدار و چهار ستون از جنس عایق می‌باشد که اجزای تشکیل دهنده طبقات مولد ضربه به این ستونها نصب می‌شوند. خازنها جزء اصلی هر طبقه هستند که بصورت افقی در طبقه قرار می‌گیرد و عامل استحکام سازه نیز می‌باشند و بقیه اجزاء نیز بصورت افقی و عمودی و مورب، مدار مولد ضربه را تشکیل می‌دهند. این سازه بگونه‌ای طراحی شده است که دارای استحکام مکانیکی بالایی بوده و اطمینان کافی از تعادل مکانیکی در شرایط مختلف پایدار و دینامیک را حاصل نماید. در بالاترین قسمت این سازه یک صفحه عایق قرار گرفته است که موجب استقرار مکانیکی بهتر می‌شود.

۲-۶- سیستم ارت اتوماتیک

جهت حفاظت کامل از مولد و اپراتورها سیستم ارت مطمئن به شرح زیر پیش بینی می‌شود:

الکتروود ارت میله ای (Earth Switch):

این الکتروود چنانچه قبلاً تشریح شد به کمک مقاومت تخلیه مولد، پس از خاموش شدن مولد به طور اتوماتیک قسمت فشارقوی مولد را زمین کرده و از طریق مقاومت تخلیه، تمامی خازن‌ها را تخلیه می‌کند.

۲-۷- اندازه گیر مقسم ولتاژ خازنی دمپ شده

جهت اندازه‌گیری ولتاژ واقعی اعمال شده به عنصر مورد آزمایش، از اندازه‌گیر مقسم ولتاژ خازنی دمپ‌شده استفاده می‌شود. امپدانس در سمت فشارقوی این خازن به گونه‌ای محاسبه و طراحی می‌شود که باعث برگشت موج سیار مولد ضربه نشود. مقسم ولتاژ خازنی دمپ‌شده می‌تواند جهت اندازه‌گیری ولتاژهای AC و ضربه (صاعقه و سوئیچینگ) بکار رود. همچنین برای اندازه‌گیری ولتاژهای بریده شده (Chooped Wave) ضربه صاعقه نیز مناسب است. اندازه‌گیر فوق‌الذکر از ۲ خازن 600 کیلوولت ایمپالس تشکیل می‌شود.

یک واحد با دو وظیفه تضعیف کننده ولتاژ (attenuator) و تطبیق دهنده امپدانس (Matching) در سمت زمین خازن ورودی شاسی مقسم ولتاژ نصب می‌شود.

تضعیف ولتاژ متناسب با نسبت تبدیل مورد نیاز است و برای این مولد ضربه $\frac{1}{857}$ می‌باشد که ولتاژ 1800kV را به ایمپالس 1400V تبدیل می‌کند.

تطبیق امپدانس نیز متناسب با نوع کابل خروجی است و برای این مولد، امپدانس کابل 50Ω پیش بینی شده است.

این واحد را به اختصار (Matching) یا جعبه تطبیق امپدانس می‌نامیم.

بدین ترتیب مشخصات نامی مقسم ولتاژ خازنی به صورت زیر است:

ولتاژ نامی ضربه 1800kV

ظرفیت نامی 700 pF

مقاومت دمپینگ 180 Ω

ارتفاع تقریبی کل اندازه‌گیر 440 Cm

مجموعه فوق‌رویی شاسی اندازه‌گیر مقسم نصب می‌شود. شاسی از نوع متحرک بوده و با توجه به وزن کل مجموعه طراحی و محاسبه می‌شود. با توجه به ارتفاع مجموعه، تمهیدات لازم جهت تعادل مکانیکی در نظر گرفته می‌شود تا از نظر مکانیکی پایدار شده و استحکام لازم را داشته باشد.

جهت توزیع مناسب شدت میدان الکتریکی یک الکتروود نصب می‌شود.

۲-۸- سیستم شارژینگ

این سیستم، انرژی لازم جهت شارژ خازن‌های مولد ضربه را تأمین می‌کند و دارای اجزای زیر است:

۲-۹- سیستم کنترل، مانیتورینگ و ثبت شکل موج

جهت شروع آزمایش بعد از انجام تنظیمات کلی مجموعه مولد ضربه، فاصله گوی‌ها با توجه به سطح ولتاژ مورد نظر در آزمایش توسط اپراتور در محدوده تعیین شده تنظیم می‌شود. بدلیل اینکه گوی طبقه اول به صورت تریگ شونده می‌باشند، نیازی به تنظیم دقیق فاصله گوی‌ها روی یک عدد ثابت نبوده و کافی است که فاصله گوی‌ها در محدوده مورد نظر قرار گیرد در صورت درخواست مشتری می‌توان مقدار فاصله گوی‌ها توسط روش **Zero Span** اندازه‌گیری نموده و در میکنترل قابل رویت باشد.

بعد از انجام تنظیمات مربوطه به فاصله گوی‌ها با روشن شدن منبع تغذیه، ژنراتور شارژ شده و انرژی‌دار می‌شود که مقدار ولتاژ شارژ شده ژنراتور از میکنترل قابل رویت است. در این وضعیت با صدور فرمان تریگ از میکنترل، گوی تریگ شونده اولین طبقه آتش شده و بدین ترتیب مجموعه گوی‌ها مولد به طور همزمان آتش شده و انرژی ذخیره شده در مولد بر روی عنصر مورد آزمایش تخلیه می‌شود.

طبق استاندارد **IEC60060-1** در موج ایمپالس سه پارامتر ولتاژ پیک، زمان پیشانی موج و زمان پشت موج حائز اهمیت می‌باشند. ولتاژ پیک توسط دستگاه **DIV** اندازه‌گیری می‌شود و جهت دو پارامتر دیگر سیستم مانیتورینگ موج ایمپالس پیشنهاد می‌گردد. توسط این سیستم می‌توان شکل موج ایمپالس را ثبت، ذخیره و پرینت نمود و پارامترهای مورد نظر را بر روی شکل موج مشاهده کرد.

۳- لیست اجزاء مجموعه

بطوریکه در بخش‌های قبلی تشریح شد مجموعه مولد ضربه از اجزای مختلفی تشکیل یافته است که لیست اجزاء هر قسمت بطور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد:

لیست قطعات اصلی ژنراتور ضربه

تعداد	عنصر
۱۸ عدد	خازن 100kV/10kJ/2μf
۱۸ عدد	مقاومت‌های پیشانی و پشت برای موج ضربه صاعقه
۱۸ عدد	سلفهای ۲۰ میکرو هانری
۱۸ عدد	مقاومت شارژ
۱ عدد	شاسی متحرک
۱ دستگاه	گوی تریگ شونده
۱۸ جفت	گوی معمولی
۱۸ تکه	میله متحرک گوی‌ها به همراه فلنچ‌ها و یاتاقان‌های مربوطه
۱ سری	لوله محافظ گوی‌ها
۱ عدد	مکانیزم حرکت و تنظیم فاصله گوی‌ها
۱ مجموعه	سیستم ارت اتوماتیک

لیست قطعات اصلی اندازه گیر مقسم ولتاژ خازنی

تعداد	عنصر
۱ عدد	شاسی متحرک
۱ عدد	خازن اندازه گیر $700 \text{ pF} / 1800 \text{ kV}$
۱ عدد	گریدینگ فوقانی
۱ عدد	تطبیق دهنده امپدانس (مچینگ)

لیست قطعات اصلی منبع تغذیه DC

تعداد	عنصر
۱ دستگاه	منبع تغذیه $0-220/100\text{kVAC}/15\text{kVA}$
۱ دستگاه	دیود یکسوساز
۱ دستگاه	مقاومت محافظ
۱ دستگاه	مقسم اندازه گیری $100\text{kV}/280\text{M}\Omega$

لیست قطعات اصلی سیستم کنترل، مانیتورینگ و ثبت شکل موج

تعداد کل	عنصر
۱ دستگاه	تابلوی کنترل به همراه کنترل و میترها
۱ دستگاه	رک صنعتی
۱ دستگاه	سیستم کنترل تریگر
۲ دستگاه	دستگاه پیک ولتمتر دیجیتالی DIV
۱ دستگاه	اسیلوسکوپ حافظه دار دیجیتالی
۱ دستگاه	پرینتر لیزری

۴- تجهیزات Optional

در صورت درخواست مشتری و به صورت جداگانه تجهیزات بندهای ۴-۱ و ۴-۲ قابل ارائه به مشتری می باشد:

۴-۱- سیستم مانیترینگ، ثبت و آنالیز شکل موج (Impulse Analyzer)

سیستم کنترل تریگ شامل یک کارت الکترونیکی تریگ با دو خروجی به شرح زیر است:

- خروجی اول: تأمین کننده پالس تحریک ترانسفورماتور پالس مربوط به اولین طبقه بوده و مولد را آتش می کند.
- خروجی دوم: تأمین کننده پالس تریگر برای سیستم ثبت و آنالیز شکل موج است. سیستم ثبت و آنالیز شکل موج شامل یک کامپیوتر مخصوص جهت آزمایشگاه فشارقوی است که با دریافت فرمان تریگر از کارت الکترونیکی تریگ، شروع به ثبت شکل موج از طریق یک برد دیجیتایزر می نماید که سرعت نمونه برداری دیجیتال آن **180MS/Sec** بوده و تعداد ورودی های آنالوگ آن دو کانال می باشد. این سیستم قادر است شکل موج گرفته شده را بر روی هارددیسک خود ذخیره نماید. همچنین در بخش آنالایزر که شامل یک نرم افزار گرافیکی می باشد، پارامترهای مختلف شکل موج ضربه توسط این سیستم تعیین شده و این شکل موج ها با شکل موج های استاندارد مقایسه می شوند و به کمک پریتر لیزری، نتایج آزمایش های انجام شده قابل گزارش دهی می باشد.
- تذکر: این سیستم قابلیت تطبیق با سایر ژنراتورهای ایمپالس (اعم از ژنراتورهای ایمپالس ساخت جهاد دانشگاهی و یا ساخت کشورهای خارجی) را بنابر درخواست مشتری دارا می باشد.

۵- سیستم کنترل اتوماتیک

جهت کنترل ژنراتور ایمپالس از یک مدار الکترونیکی اتوماتیک استفاده شده است. این سیستم با توجه به ولتاژ اعمال شده توسط کاربر، فاصله ی بین گوی ها را تنظیم نموده و از طریق سیستم شارژینگ، شروع به افزایش ولتاژ نموده و با رسیدن به ولتاژ تعیین شده عمل تریگ و تخلیه ی ژنراتور را انجام می دهد. همچنین با اعمال پالس تریگ به دستگاه آنالایزر، فرمان شروع ثبت شکل موج را صادر می نماید.

لیست قطعات اصلی سیستم مانیترینگ، ثبت و آنالیز شکل موج

تعداد	عنصر
۱ دستگاه	دیجیتایزر 180 Ms/sec , 2 channel
۱ نسخه	نرم افزار ایمپالس آنالایزر
۱ دستگاه	کامپیوتر صنعتی فشارقوی
۱ دستگاه	مانیتور
۱ دستگاه	پریتر لیزری
۱ دستگاه	رک صنعتی

۶- مواد اولیه

کلیه اکتیویارتهای از مرغوبترین مواد اولیه در دنیا استفاده میشود که در ذیل آورده شده است:

- روغن ترانس: **NYNAS** سوئد یا **APAR** هند
- کاغذ عایق ترانس: **Ahlstrom** آلمان
- روغن خازن: **ELF** فرانسه
- فویل: **Lawson** سوئیس
- فیلم بعنوان دی الکتریک خازن: **Bollore** فرانسه
- هسته ترانس از شرکت **ENPAY** ترکیه

۷- شرایط کاری

ولتاژ خروجی مولدهای ایمپالس، تابعی از عوامل مختلفی نظیر ماهیت بار، ضریب بهره و شرایط محیطی می باشد.

❖ ماهیت بار

ولتاژ خروجی قابل دسترس، به ماهیت وسیله تست شونده بستگی دارد. بر این اساس میزان ظرفیت خازنی وسیله تست شونده و یا ماهیت سلفی آن در ولتاژ خروجی تاثیر گذار بوده و موجب کاهش ولتاژ خروجی خواهد شد. بنابراین بیشترین ولتاژ در حالت بی باری بدست خواهد آمد.

❖ ضریب بهره

پارامتر ضریب بهره بستگی به ساختمان ژنراتور ضربه و بار تست شونده داشته و بین **0.85~0.95** می باشد.

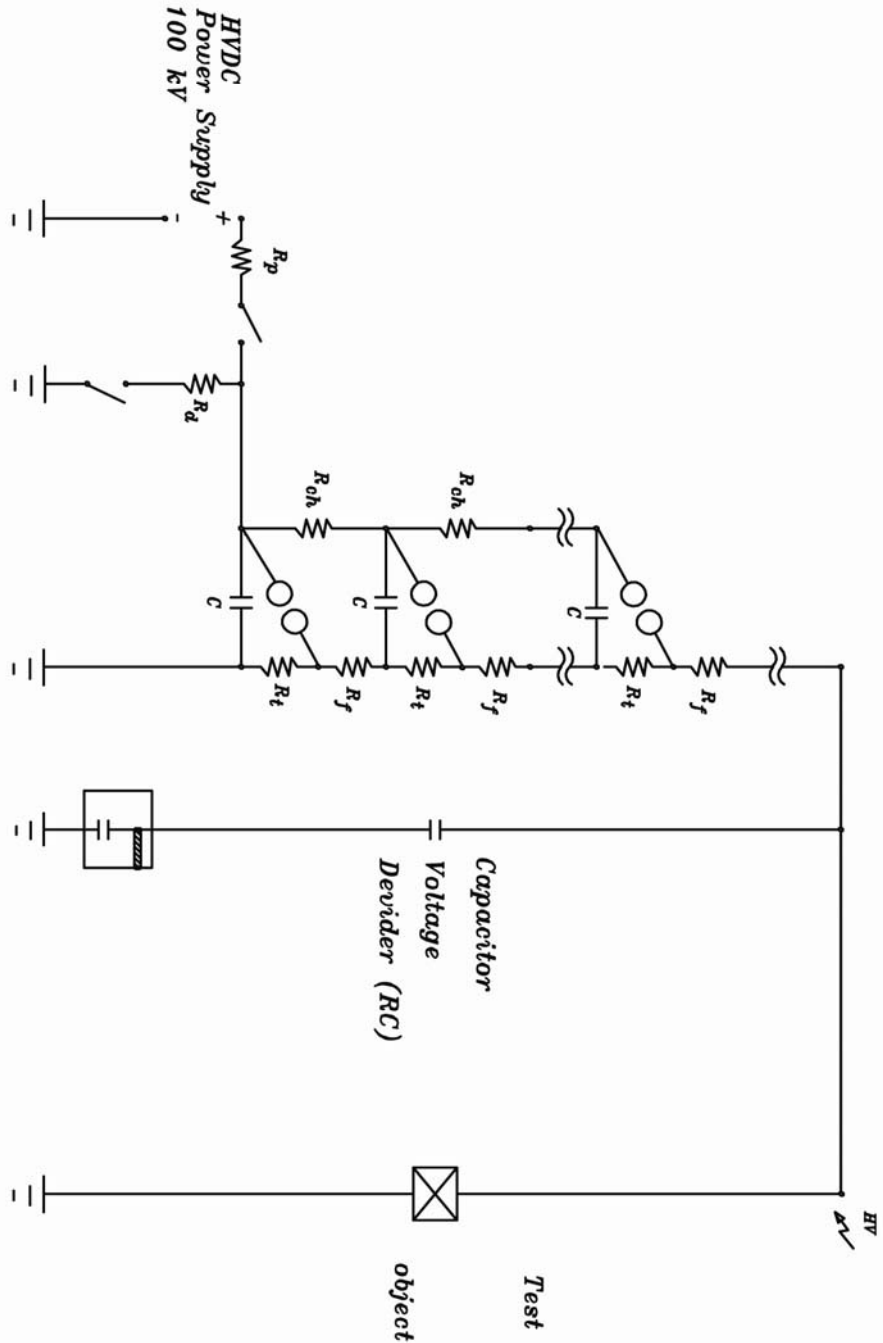
❖ شرایط محیطی

تجهیزات فشار قوی برای شرایط محیطی استاندارد طراحی می شوند و با قرار گرفتن در محیطهای مختلف، میزان ولتاژ خروجی آنها با توجه به ضریب شرایط محیطی تعیین می گردد. شرایط محیطی استاندارد طبق **IEC60060-1** به قرار ذیل می باشد:

$$IEC 60060-1 = 760[\text{mmHg}] , 20 [C^{\circ}] , 11 [g/m^3]$$

۸- نتیجه گیری

جهاد دانشگاهی علم و صنعت همواره تصمیم و علاقمندی خود را به رشد و توسعه در زمینه تجهیزات تست فشارقوی اعلام داشته و امیدوار است که بتواند گامی هر چند کوچک در این مسیر برداشته باشد و در این راه دست یاری و همکاری همه بزرگان این صنعت را می فشارد و در همین راستا آمادگی کامل خود را جهت ساخت مجموعه مولد ضربه **1800 kV / 180 kJ** و سطوح ولتاژ بالاتر اعلام می دارد. با توجه به تجربه موجود در جهاد دانشگاهی علم و صنعت در زمینه تکنولوژی فشارقوی و همچنین نصب چندین مجموعه فشارقوی تا سطح ولتاژ **800 kV** در مراکز مختلف آزمایشگاهی، صنعتی و آموزشی و در دست اجرا داشتن پروژه ژنراتور ایمپالس **1800kV/180kJ** (کارفرما: پژوهشگاه نیرو) آمادگی کامل خود را جهت ساخت مجموعه درخواستی اعلام می دارد.



مقاومت پشت هر طبقه $= R_t$

مقاومت بینانی هر طبقه $= R_f$

مقاومت دشارژ مولد $= R_d$

مقاومت معادل هر طبقه $= C$

حفاظت منبع تغذیه HVDC $= R_p$

مقاومت شارژ هر طبقه $= R_{oh}$

شکل (۱): مدار معادل مولد ضربه در حالت شارژ (خازن‌ها موازی شارژ می شوند)

