

« اسپیلگراف کاتدیک »

از دکتر مهدی برکشلی
استاد دانشگاه

از زمانهای پیشین نظری دانان سعی داشته‌اند بین احساس ابعاد موسیقی و خصوصیات خارجی صدا های مرکب کننده آنها روابطی برقرار سازند. قدامت نسبت های طولی سیم مرتعش را معرف ابعاد گرفته‌اند و متجددین نسبت های فرکانس (شماره ارتعاشات در ثانیه) را ملاک قرار داده‌اند. با اندازه گیری دقیق نسبت های فرکانس صداها ابعاد موسیقی تعیین و چگونگی گام های مورد استعمال روشن میشود.

از نیمه دوم قرن نوزدهم اندازه گیری نسبت های فرکانس برای تحقیق چگونگی گام موسیقی شروع میگردد. در آغاز روش های مکانیکی برای ثبت ارتعاش و محاسبه نسبت های فرکانس بکار رفته است. در قرن بیستم پس از اختراع اسبابهای الکترونی اندازه گیری ابعاد با دستکاههای الکترونی دقیق تر انجام شده است. یکی از اسباب های فوق اسپیلگراف کاتدیک است که بوسیله آن ارتعاشات دو صدای یک بعد را میتوان بتناوب روی آن دید و عکس برداشت و نسبت های فرکانس را با مقایسه آنها تعیین نمود. این دستکاه را آقای دکتر برکشلی در اندازه گیری ابعاد گام های ایران و گام آرمینی بکار برده‌اند که در مقالات آینده شرح آن خواهد آمد. در مقاله ذرا طرز کار این اسباب برای استفاده هنرجویان تشریح میگردد.

که اسپیلگراف با پرتو های الکترونی

اسیلگراف کاتدیک (Oscilloraphe à rayons électroniques)

نیز گفته میشود برای دیدن و سنجیدن ارتباط تابعی دو کمیت

با کیفیت فیزیکی بکار میرود. اگر کمیت ها با کیفیت ها الکتریکی نباشند مانند صدا

پیش از آزمایش باید آنها را بفشار الکتریکی (Tension) متناوب بدل نمود و برای اینکه در مصرف انرژی صرفه جوئی شده باشد و هم این تبدیل از اثرهای خارجی مصون ماند بهتر آنست کمیت آنها را بفشار ضعیفی در حدود یک هزارم ولت تا یک ولت بدل کرد. اینگونه فشارها بوسیله یک دستگاه تقویت کننده (Amplificateur) که درون اسباب است تقویت شده و برای آزمایش مهیا میگردد.



قسمت اصلی دستگاه لوله «برون» (Tube de Brun) است که جنس آن از شیشه مخصوص و بشکل مخروط ناقصی است. در قاعده کوچک آن بوسیله گذاخته شدن یک رشته سیم نازک یکدسته شعاع الکترونی ایجاد گشته و تابع تغییرات فشارهای آماده شده حرکت میکند. دارای یک کاتد یا الکترومنفی است که منبع ایجاد الکترون است و یک آنود یا الکترو مثبت که الکترونها را با شتاب بسوی یک صفحه تابان (Fluorescent) هدایت میکند. این صفحه قاعده بزرگ مخروط لوله را تشکیل میدهد. از داخل دارای پوششی از املاح مخصوصی است که در نقاط برخورد الکترونها درخشان و رنگین میگردد و از خارج نمایان است چنانکه در شکل مقابل نشان داده میشود. هم چنین در قاعده کوچک لوله قسمتهائی وجود دارد برای مجتمع ساختن الکترونها و تبدیل آن بیک دسته نازک شعاع و انحراف آن در امتداد هائی عمود بر امتداد تابش.

۱- کوچکترین جزء تشکیل دهنده یک عنصر اتم آنست. یک گرم هیدروژن 10×61.06 (یعنی عددی برابر ۶۰۶ که طرف راست آن ۲۱ صفر قرار دهند) دانه اتم دارد. هر اتم خود از یک هسته و تعدادی الکترون ساخته شده است که بدور هسته در گردش اند. اتم هیدروژن یک الکترون و اتم نقره دارای ۴۷ الکترون است هر الکترون دارای مقدار معین و کوچکی الکتریسته منفی است ($10^{-19} \times 1.59$) کولمب و جرم آن در حدود $\frac{1}{1840}$ جرم اتم هیدروژن است. در حالیکه قطراتم در حدود یک صد میلیون سانتی متر است قطر الکترون یک صد هزارم قطراتم میباشد. اجسام بخصوص در اثر گرم شدن و گذاخته شدن الکترونهای خود را آزاد میسازند بدین جهت در دستگاههای الکترونی منبع الکترون رشته های نازک سیم میباشد که در چراغهای مخصوص کار گذارده شده و در اثر سرخ شدن از خود الکترون بیرون میدهد مانند چراغهای رادیو و غیره.

دستگاه محرك

دسته پرتوهای الكترنی درون لوله از میان صفحه های دوخازن مسطح افقی وقائم ۱ که دنبال یکدیگر قرار گرفته ومحورشان عمود برهم وعمود برمحوردسته شعاع

است میگذرد.

هرگاه هیچگونه فشارالکتريکی بسلاحهای خازن ها وارد نشده باشد دسته شعاع الكترنی عمود برصفحه تابان لوله تاییده ودرمرکز آن مجتمع میشود و يك نقطه درخشان که رنگ آن بستگی بحنس صفحه تابان دارد ومعمولا آبی یاسبز است روی آن نمایان میسازد.

اگر اختلاف پتانسیل ثابتی بیندوسلاح خازن افقی ایجادکنیم صفحه مثبت آن دسته شعاع الكترنی را ر بوده و نقطه درخشان را روی صفحه تابان اسیلکراف بر است یا بچپ می برد.

اگر بجای فشار ثابت فشارمتناوبی بین دوسلاح خازن افقی وارد سازیم چون سلاحها بتناوب مثبت ومنفی میشوند نقطه درخشان روی صفحه تابان اسیلکراف حرکت نوسانی انجام میدهد. فرکانس این نوسان بافرکانس فشارالکتريکی متناوب وارد برابر است اگر فرکانس بعیزان کافی باشد یعنی ازحدود اینرسی (Inertie) احساس چشم تجاوز کند بجای حرکت رفت و آمدی يك نقطه يك خط مستقیم وافقی درخشان روی صفحه تابان اسیلکراف دیده میشود. در پرده حساس چشم خاصیتی است که میتواند احساس اثر نورانی را ۰/۱ ثانیه پس از حذف منبع نور درخود نگه دارد و آنرا قابلیت نگهداری احساس یا پرسیستانس ربتنن (Persistence retinienne) گویند. روی همین خاصیت تصاویر فیلم روی پرده سینما متحرك دیده میشود. اگر زمان تناوب حرکت رفت و آمدی يك نقطه از ۰/۱ ثانیه کمتر باشد حرکت نوسانی يك نقطه بصورت يك خط جلوه میکند.

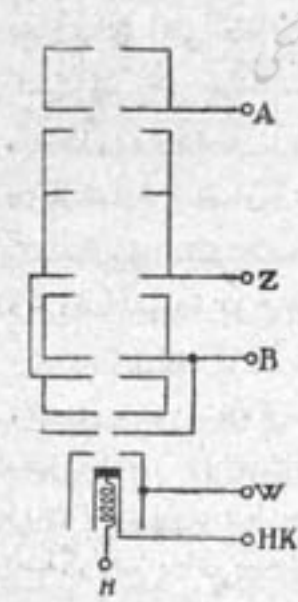
۱- مجموعه دو صفحه هادی الكتريسته را که بین آنها يك طبقه عایق قرار گرفته باشد خازن گویند چون دو صفحه مستوی باشد آنرا خازن مسطح گویند. مثلا اگر دو صفحه فلزی رامقابل هم قرار دهیم چون بین آنها هوا عایق وحائل است يك خازن مسطح تشکیل میگردد. هر يك از صفحات را سلاح گویند. اگر بین دوسلاح خازن اختلاف پتانسیلی ایجاد کنند یکی از آنها دارای الكتريسته منفی ودیگری دارای الكتريسته مثبت میشود. بازا اختلاف پتانسیل ثابت هر چه مقدار الكتريسته جمع شده در سلاحها بیشتر باشد ظرفیت خازن بیشتر است. واحد ظرفیت «فاراد» است و يك میلیونیم آنرا میکروفاراد نامند. چون دسته پرتوهای الكترنی دارای الكتريسته منفی است هنگامی که از بین دوسلاح خازن عبور میکند جذب سلاح مثبت میگردد. اگر دوسلاح خازن را يك جریان متناوب وصل کنند چون دوسلاح بتناوب مثبت ومنفی میگردند دسته پرتوهای الكترنی نیز بتناوب جذب و دفع شده حرکت نوسانی انجام میدهد. فرکانس این حرکت با فرکانس جریان متناوب برابر است.

هرگاه فشار اولی را حذف کرده فشار الکتریکی متناوب دیگری بدو سلاح خازن قائم وارد نمایم خط مستقیم درخشان قائم عمود بر خط اول روی صفحه اسیلکراف نمایان میگردد .

حال اگر دو فشار الکتریکی متناوب را با هم بدو خازن افقی و قائم مربوط سازیم دسته پرتوهای الکترونی تحت تأثیر دو حرکت نوسانی عمود بر هم قرار گرفته و نقطه درخشان روی صفحه تابان اسیلکراف منحنی مارپیچی می نگارد . اگر نسبت فرکانس های دو فشار الکتریکی متناوب عدد صحیح و ثابتی باشد منحنی مارپیج روی صفحه تابان ثابت دیده میشود و با شماره موجهای آن نسبت خواسته شده سنجیده میشود . مثلا اگر روی صفحه تابان دو موج ثابت دیده شود هر کانس فشاری که بخازن قائم وارد است دو برابر فرکانس فشار وارد بر خازن افقی است و اگر n موج دیده

$$\frac{n_2}{n_1} = n \text{ است}$$

مجموع ساختن الکترونها و تبدیلشان بیک دسته پرتو - دستگاه تمرکز دهنده های الکترونی و هم چنین ایجاد یک نقطه درخشان روی صفحه تابان اسیلکراف بوسیله یک دستگاه عدسیهای الکترون - اپتیک (Electron optique) انجام میشود . این دستگاه دارای چند دیافراگم یا پنجره و چند استوانه است که میتوان آنها را عدسی های الکتریکی نامید هر یک بشکل مخصوصی ساخته شده و بفشار الکتریکی معین نگاه داشته میشود تا میدان الکتریکی مرکزی (A rotation symétrique) ایجاد نمایند و شعاعهای الکترونی را در یک نقطه متمرکز سازند . تأثیر مجموعه این دستگاه بر دسته پرتوهای الکترونی مانند اثر یک عدسی محدب باریک دسته شعاع نودانی است شکل زیر نمایشی از دستگاه عدسیهای الکترون - اپتیک است .



بوسیله تغییر فشار الکتریکی وارد بر استوانه Z که فشار عدسی (Tension de lentille) نام دارد ، فاصله کانونی عدسی الکترونی را میتوان تغییر داد تا تصویر واضحی بشکل یک نقطه درخشان روی صفحه تابان اسیلکراف نمایان شود . هم چنین استوانه و هنتل (Wehnelt) که با حرف W نموده شده است نسبت بکانه دارای فشار منفی است و با تغییر فشار آن میتوان درخشندگی تصویر را روی صفحه تابان اسیلکراف میزان کرد . در بعضی لوله ها بجای یک دستگاه ایجاد و تمرکز و انحراف شعاع های الکترونی دو یا چند دستگاه از این نوع کار میکنند . باین ترتیب میتوان دو یا چند اثر نوسانی را با هم روی صفحه تابان مشاهده نمود .

لوله های برون را اغلب از گاز پر میکنند تا ساختمانشان ساده تر باشد . ولی در عوض معایبی

دارد. از آنجمله در فرکانس های زیاد (Haute fréquences) بدقت کار نمی کند و عمر آن نسبتاً کوتاه است. در انواع جدید منجمله A E G برای رفع اینگونه معایب لوله را تا میزانی که میسر است از هوا خالی میکنند.

چون بیشتر اوقات بوسیله اسیلکراف سنجش يك

کمیت فیزیکی نسبت بزمان در نظر است درون هر

اسیلکراف دستگاه دقیقی موجود است که فشار

الکتریکی متناوبی متناسب با زمان ایجاد میکند و بدو سلاح خازن افقی که نزدیک تر

بصفحه تابان است مربوط میشود. این سلاحها را سلاح های زمان (Plaques de temps)

نامند. شکل زیر تغییرات فشار الکتریکی دو سلاح آن را نسبت بزمان نمایش میدهد.



ماکزیم فشار منفی در لحظه t_1 وارد میشود. فرض کنیم نقطه درخشان روی صفحه تابان در این لحظه در کنار چپ باشد. ساختمان دستگاه چنان است که فشار متناسب با زمان زیاد شده و در لحظه t_2 با ماکزیم مثبت خود میرسد. نقطه درخشان نیز با سرعت ثابت (متناسب با زمان) از کنار چپ بکنار راست میرود و دوباره در زمان کوچک $(t_3 - t_2)$ که در عمل قابل چشم پوشی است بجای خود باز میگردد و این رفت و آمد پیوسته تکرار میشود.

در این هنگام کمیت فیزیکی که سنجش نسبتش با زمان در نظر است پس از تبدیل بفشار الکتریکی متناوب و گذشتن از دستگاه تقویت کننده بدو سلاح خازن قائم که نزدیکتر به آند است و سلاحهای سنجش (Plaques de mesure) نام دارد مربوط میگردد. بنا بر این نقطه روشن تحت تأثیر دو حرکت نوسانی عمود بر هم مربوط بخازنهای افقی و قائم منحنی مارییچی میباید. چنانکه گفته شد اگر نسبت فرکانس کمیت فیزیکی بفرکانس تناوبی زمان عدد صحیح و نسابتی باشد مارییچهایی که نقطه درخشان روی صفحه تابان اسیلکراف در هر رفت و آمد می نکارد بر هم منطبق میگرددند و اگر شماره انطباق آنها در هر ثانیه بییزانی باشد که از احساس اینرسی چشم تجاوز کند مارییچ ساکن دیده میشود در این صورت میتوان بخوبی از آن عکس برداری نمود و با دقت شماره موج های آنرا اندازه گرفت.

دستگاه تولید فشار متناسب با زمان درون اسیلکراف کار گذارده شده و بوسیله تکه ای میتوان فرکانس تناوبی آنرا بطور پیوسته تغییر داد. هم چنین بوسیله يك وصل کننده (Commutateur) میتوان سلاحهای زمان را بدستگاه مولد فشار زمان وصل نمود و یا بوسیله فیشهایی آنها را بخارج مربوط ساخت. در این حالت اسیلکراف برای سنجش دو کمیت مجزا نسبت بهم آماده است. مثلا نمایش منحنی های لیاژو (Lissajou)

برای نمایش آثارتناوبی که یکبار تولید شده و محو میگردند نیز وسیله‌ای موجود است که انحراف زمانی را با محو شدن اثر تطبیق میدهد.

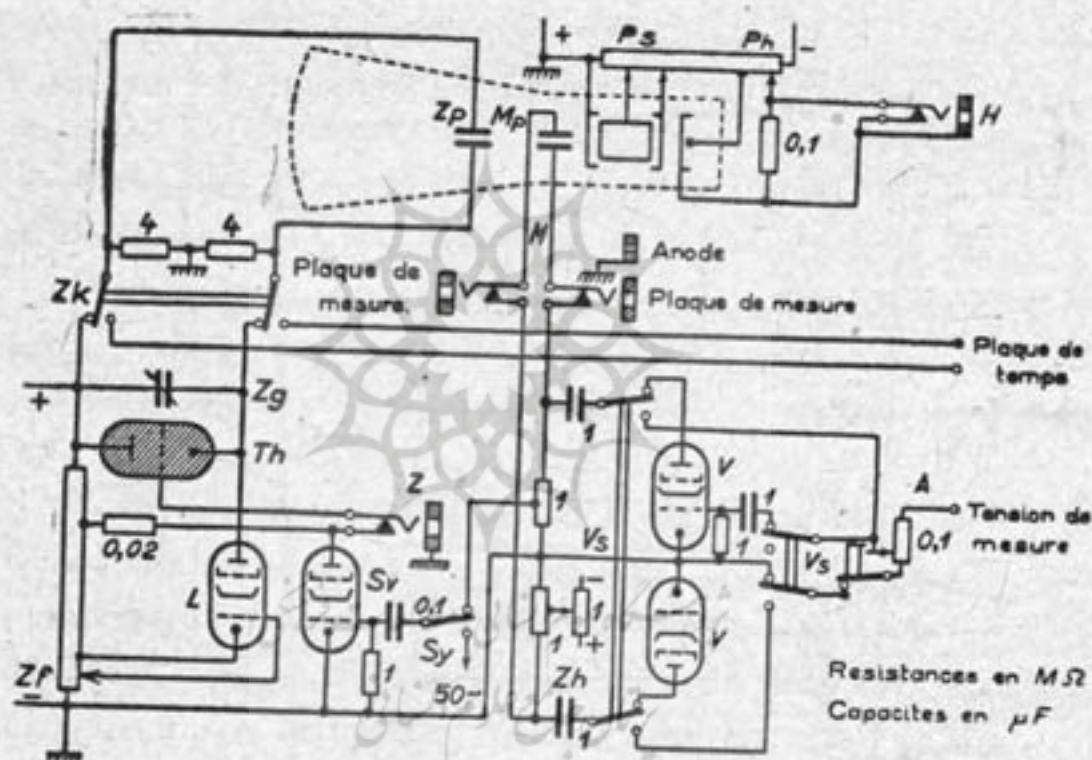
بی مورد نیست مختصری از مشخصات فنی و طرز کار

مشخصات دستگاه این اسباب دقیق الکترونی شرح داده شود:

اسیلکراف های جدید معمولاً با جریانهای متناوب

۵۰ پرید و ولتاژهای مختلف ۱۱۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۲۲۰، و ۲۴۰ ولت کار میکنند تران آن در حدود ۱۰۰ وات است. نواد ارتباط آن با برق سیمی جداگانه دارد که باید بزمین وصل نمود تا پتانسیل های ثابتی درون اسباب ایجاد نموده و از اختلالاتی که در اثر تغییر ظرفیت در اسباب ایجاد میشود و باعث مضطرب ساختن تصویر روی صفحه تابان اسیلکراف میگردد جلوگیری شود.

شکل زیر نمایش ساده‌ای از طرز کار این اسباب است:



در سمت چپ دستگاه مولد فشار زمان است. این دستگاه دارای یک خازن Z_g است که بوسیله لامپ مخصوصی بنام لامپ شارژ (Tube de charge) L با جریان ثابتی شارژ شده و پس از رسیدن به فشار ماکزیمم از راه لامپ T_h بنام لامپ درجه (Tube - soupape) ناکهان تخلیه میگردد. فرکانس نوسانی فشار آنرا میتوان از ۵ تا ۱۰۰۰۰ در ثانیه تغییر داد. تغییرات زیاد آن بوسیله تکمه گردانی است که ظرفیت خازن Z_g را تغییر میدهد و تغییرات جزئی و دقیق آن با تغییر دادن جریان شارژ بوسیله تکمه گردان Z_f انجام میشود. فشار تناوبی حاصل بوسیله وصل کننده Z_k بسلاحهای زمان Z_p مربوط میشود.

بوسیله وصل کننده Z_k میتوان دستگاه را از مولد فشار زمان آزاد نمود و با يك مقاومت ورودی برابر ۸ مگا اهم (میلیون اهم) سلاحهای زمان را مستقیماً بفشار خارجی دیگری مربوط ساخت .

هر گاه فیش مخصوصی را که دارای دو سیم است در جایگاه Z وارد کنیم فشار تناوبی زمان از کار ایستاده و نقطه درخشان روی صفحه تابان اسپلگراف بطرف چپ می رود . در این هنگام اگر دو سیم فیش را که انتهای آن درون جایگاه Z بدو سلاح Z_g متصل است بهم برنیم فقط يك تخلیه در خازن Z_g ایجاد شده و نقطه روشن با سرعت ثابت یکبار از چپ بر راست میرود . سرعت حرکت آنرا با تکه های گردان زمان میتوان بدلخواه میزان نمود . این روش در موردی بکار میرود که کمیت فیزیکی مورد بحث یکبار تولید شده و از میان برود .

هر کمیت فیزیکی را که بخواهند نسبت بزمان یا کمیت دیگری بسنجند پس از تبدیل بفشار الکتریکی متناوب بگیره هائی بنام گیره های فشار سنجش (Tension de mesure) مربوط میسازند . روی این گیره ها پتانسیومتر A که دارای تکه گردانی است مهار شده و برای تغییر دادن دامنه نوسان سنجش بکار میرود . بوسیله وصل کننده V_g میتوان فشار سنجش را چنانچه دامنه اش کافی باشد مستقیماً به پلاک های سنجش و اگر کافی نباشد از راه تقویت کننده آنرا افزایش داد .

تکه تنظیم دامنه A دارای دو مقاومت ورودی است (یکی ۲ مگا اهم و دیگری ۱ مگا اهم) که هر يك جدا گانه در مدار قرار میگیرد . هنگامی که تقویت کننده در مدار نباشد مقاومت دو مگا اهمی در سر راه قرار میگیرد . يك قطب ورودی تقویت کننده بر زمین متصل است و خروجی آن نسبت بزمین قرینه است .

پلاک های سنجش از خارج بدو خازن هر يك بظرفیت يك میکروفاراد (يك میلیونیم فاراد « واحد ظرفیت ») متصل است . بنا بر این بدون هیچگونه اختلال (Distortion) ممکن است فشار هائی با فرکانس های کم را در حدود پنج درتانیه مشاهده نمود . در صورتیکه اگر تقویت کننده بکار رود فرکانس هائی در حدود چند صد هزار درتانیه را میتوان نمایش داد . بعلاوه پلاک های سنجش بوسیله فرو بردن دو فیش در جایگاههای M از فشارهای خارجی و تقویت کننده جدا میشود و در این صورت میتوان فشار هائی با فرکانس های خیلی زیاد (Ultra rapide) در حدود چند میلیون درتانیه را نیز سنجش نمود .

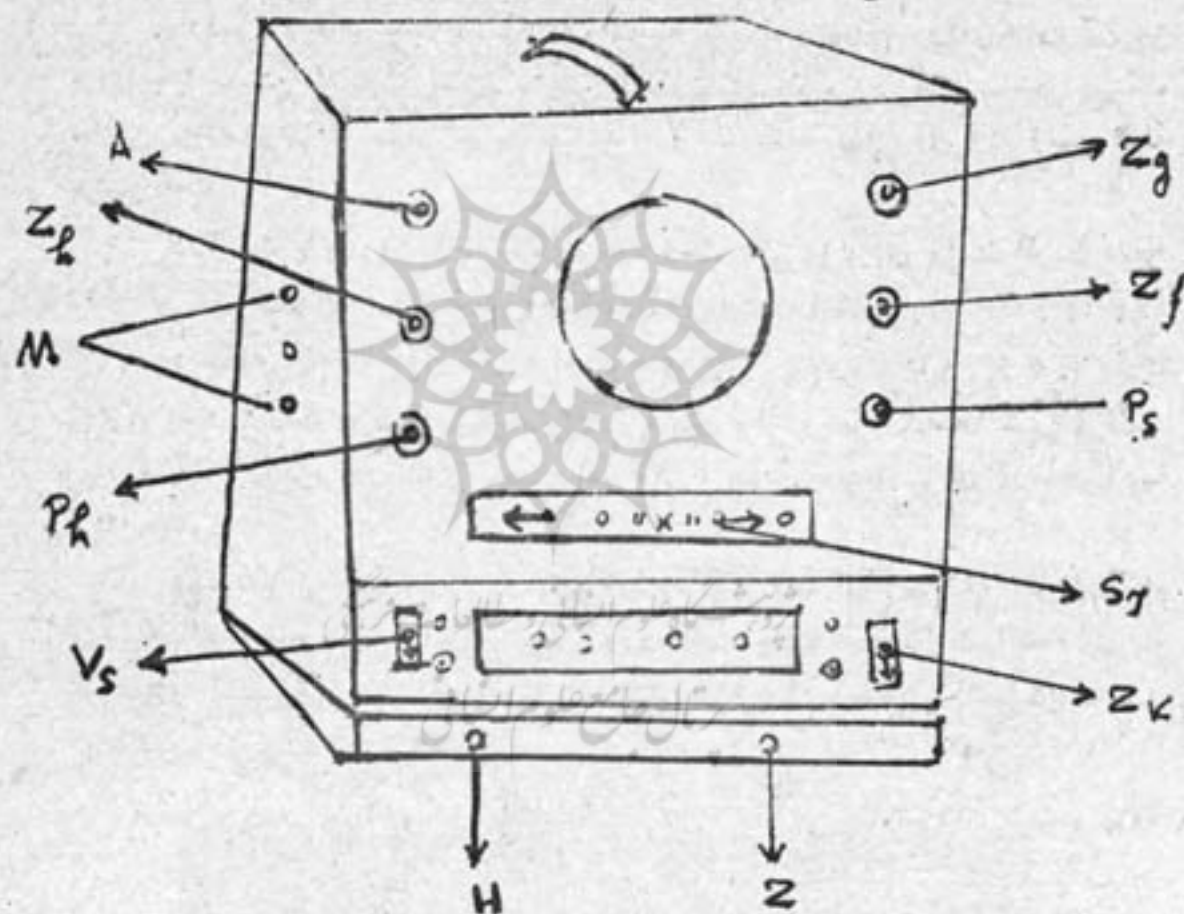
هنگامیکه این فیش در جایگاه M نباشند بوسیله تکه گردان Z_h میشود فشار پلاریزاسیون (Tension de polarisation) را بیکی از سلاحهای خازن سنجش وارد ساخت و ارتفاع خط صفر را روی صفحه تابان اسپلگراف بدلخواه تغییر داد .

چراغ تقویت کننده S_v از همه نوع عکس العمل قدرت بین مدار زمان و مدار سنجش آزاد است و این حالت برای بدست آوردن يك تصویر ساکن در آثار تناوبی لازم است .

بوسیله وصل کننده S_y میتوان مدار زمان را با فشارسنجش و یا با ۵۰ پرید همزمان نمود.

میزان کردن عدسیهای الکترون - اپتیک بوسیله تنظیم دستگاه بتانسیومتر P_s که بتکمه گردانی متصل است انجام میشود عمل آن تغییر فشار الکتریکی عدسیهای الکترونی و وضوح تصویر روی صفحه تابان است. هم چنین تنظیم درخشندگی تصویر بوسیله بتانسیومتر P_h که بتکمه گردانی متصل است میسر میشود. بوسیله جایگاهی نیز میتوان از خارج فشار الکتریکی به استوانه و هنت وارد ساخت تا درخشندگی تصویر از حدود تغییر P_h نیز زیاد تر شود.

شکل زیر وضع تکمه ها را نشان میدهد:



سه تکمه سمت چپ (A) برای تغییر دامنه Z_h برای تغییر ارتفاع خط صفر و P_h برای تنظیم درخشندگی تصویر است.

سه تکمه سمت راست (Z_g) برای تنظیم تقریبی زمان و (Z_f) برای تنظیم دقیق آن و P_s برای تنظیم وضوح تصویر است. چرخاندن تکمه ها در جهت عقربه ساعت تغییرات را زیاد و در جهت مخالف کم میکند.

بین دو تکه انتهائی درست چپ وصل کننده اصلی برای ارتباط با برق و درست راست وصل کننده Z_y برای همزمان ساختن فشار سنجش با زمان است در وضعیت « X » مدار زمان با فشارسنجش همزمان است و در وضعیت خارج از آن مدار زمان بامدار ۵۰ پرید همزمان میشود .

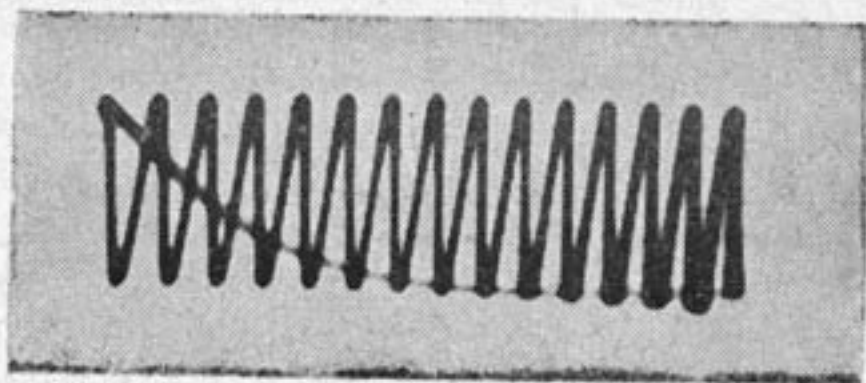
در قسمت تحتانی جعبه اسیلکراف جایگاههای فشارسنجش و جایگاههای سلاح های زمان موجود است . سمت چپ آن وصل کننده V_S است که در وضعیت « 0 » تقویت کننده را در مدار و در وضع « ۰ » آنرا خارج از مدار نگاه میدارد .

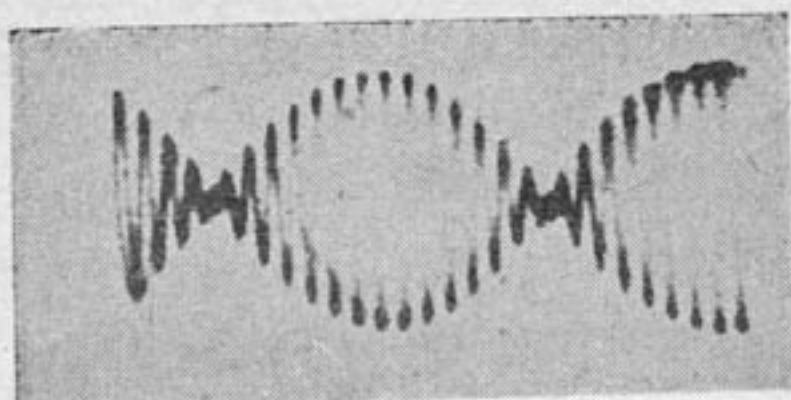
سمت راست وصل کننده Z_k است که در وضعیت « 0 » سلاحهای زمان را بامدار مولد فشار وصل میکند و در وضعیت « ۰ » از آن جدا نموده و بجایگاههای سلاح های زمان مربوط میسازد .

در دیواره جانبی جعبه اسیلکراف نیز سه جایگاه دارد که دوتای کناری آن M برای جدا ساختن سلاحهای خازن سنجش از خازنهای خارجی و آماده ساختن دستگاه نمایش برای موجهای بسیار سریع میباشد . و جایگاه میانی آن آند زمین لوله برون است .

در قسمت پائین نیز دو جایگاه موجود است یکی H برای میزان کردن درجه روشنایی و دیگری Z برای تغییر آمورساز (Amorage) مدار زمان (۱۴-۱۳) دستگاهی که شرح آن گذشت از نوع $HZM \frac{1}{100} \frac{1}{Z}$ E ۵ H مارک AEG است . در مارک های دیگر اصول همین است ولی وضع تکه ها تغییر می کند . این دستگاه روز بروز در تکامل است و هر سال ، نمونه جدیدی برای آزمایشگاهها ارائه میشود .

نگارنده این دستگاه را در مورد اندازه گیری ایجاد کام موسیقی ایران و کام آرمینیک بکار برده و نتایج دقیقی بدست آورده است چنانکه در مقالات آینده تشریح خواهد شد . اشکال زیر نمونه ای از نمایش ارتعاشات صوتی روی صفحه تابان اسیلکراف است که عکس برداری شده است .





شکل اول معرف يك صدای ساده و شکل دوم نمایش يك بعد آرمنی یعنی دو صدای توام يك بعد است که از روی شماره قله های موجود بین دو کره نسبت فرکانس های آن دو را میتوان محاسبه نمود. (بکدستگاه اسپلگراف کاتدیک برای آزمایشگاه صداشناسی هنرستان عالی موسیقی اخیراً خریداری شده است. علاقه مندان میتوانند بآن هنرستان مراجعه نموده و طرز کار آنرا از نزدیک مشاهده کنند.)



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی