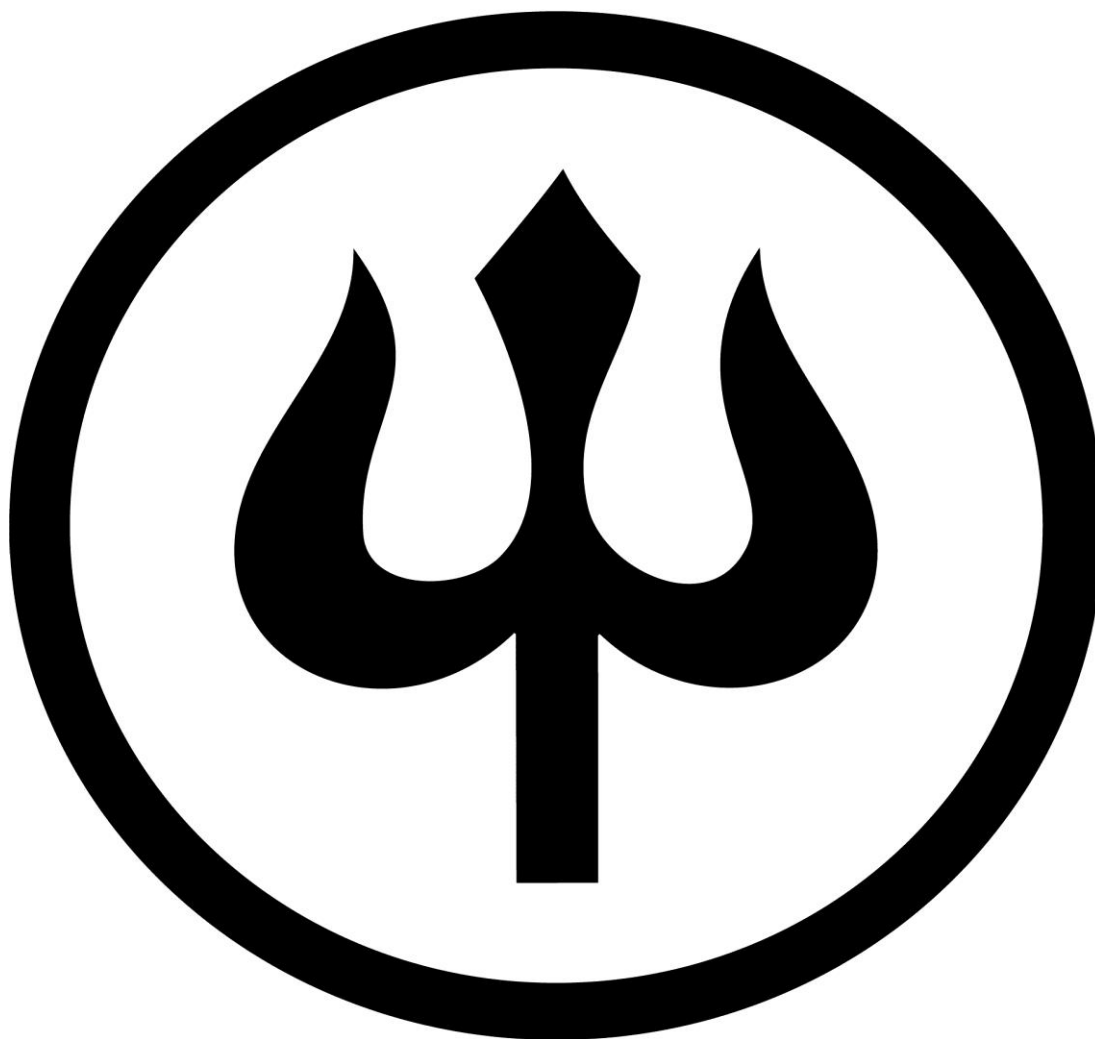




PV TS2013

Frank de Wolf

TRIDENT

Contents

Inleiding	3
Versterker ontwerp	5
Uitgangspunten/Ontwerp criteria.....	5
Schema	7
Bevingingen	11
Metingen	11
Luistertest.....	11
Way-ahead	11
Penthode EF Coupled	12
UL EF Coupled.....	19
Triode EF Coupled	26

Inleiding

Het project is gestart als onderdeel van de TS2013 cursus. Menno heeft de spelregels vastgesteld en de eigenlijk de enigste relevante regel was het verplicht toepassen van de VDV-GIT80 en de VDV-POW80 transformatoren. Voor de rest waren er geen beperkingen en enkel aansporingen om uitdagingen aan te gaan.

De doelstelling voor mijzelf is het produceren van een goed functionerende en goed klinkende push-pull versterker en tijdens de rit hands-on ervaringen op te doen die inzicht, kennis en vaardigheden helpen verhogen.

Medio Q2 van 2013 begon het spel met het vormgeven van de ideeën ten aanzien van het ontwerp en de ondersteunende functionaliteiten. Na enkele grove schetsen en mindmaps besloot ik te kiezen voor een richting die zo min mogelijk aan het toeval zou overlaten en waarmee vervelende problemen te vermijden zouden zijn. Mijn versterker ging opgebouwd worden met KT120's in de eind stage. Alle consequenties die daaruit zouden voortvloeien voor met name de aansturing zou ik aangaan. Al snel bleek het gunstig om een extra stage toe te passen om een goede ruime aansturing te hebben voor de KT120 buizen.

Om gedoe met aanpassing tussen de verschillende trappen te vermijden heb ik besloten tussen elke stage emittervolgers met hoogspanningstransistoren toe te passen. Het goede van stroombronnen was zeer uitnodigend en overal waar een stroombron van toepassing zou zijn werd deze ingezet. De stroombronnen zijn met dubbele bjt en drie led's uitgerust, duur maar wel zo goed mogelijk. Niet alleen de fasedraaier en de voltage amplifier stage zijn voorzien van een stroombron. Ook de emittervolgers hebben allen een eigen stroombron. De fasedraaier en voltage amplifier stage (FD en VAS), met respectievelijk een ECC83 en 12SN7GT, hebben bovendien een gestabiliseerde gloeispanning op 12,6 Volt, om inkoppeling van 'brom' via de gloeidraden te verminderen.

Er zijn geen overall terugkoppelingen bedacht, maar er is wel ruimte voor lokale terugkoppeling (momenteel nog niet aanwezig).

De hoogspanning is maximaal aangepakt, gelijkgericht en gefilterd, met een 2 gyrators. De gyrators functioneren als spoel en onderdrukken samen met ELCO's de 50Hz en harmonische componenten daarvan.

Wat wel oorspronkelijk bedacht was, de autobias voor de KT120's, is even in de ijskast gezet. Dit bleek te veel werk om op tijd af te krijgen. Uitdagingen genoeg op het moment die aangepakt moeten worden.

Een deel van de elektronica is op PCB gezet, namelijk de emittervolgers, de stroombronnen, de 12,6 Volt gloeispanningsstabilisatie en de hoogspanningsvoorziening. Met name de onderdelen die makkelijk toegankelijk moeten zijn opgebouwd op strokenbordjes. Uiteindelijk moet alles op PCB terecht gaan komen. Dit is betrouwbaar, stabiel en makkelijk te bouwen.

De koppeling van de OPT naar de eindbuizen is flexibel gehouden met een strokenbord, dit maakt experimenteren met andere configuraties wat gemakkelijker. Het levert ook goed toegankelijke meetpunten.

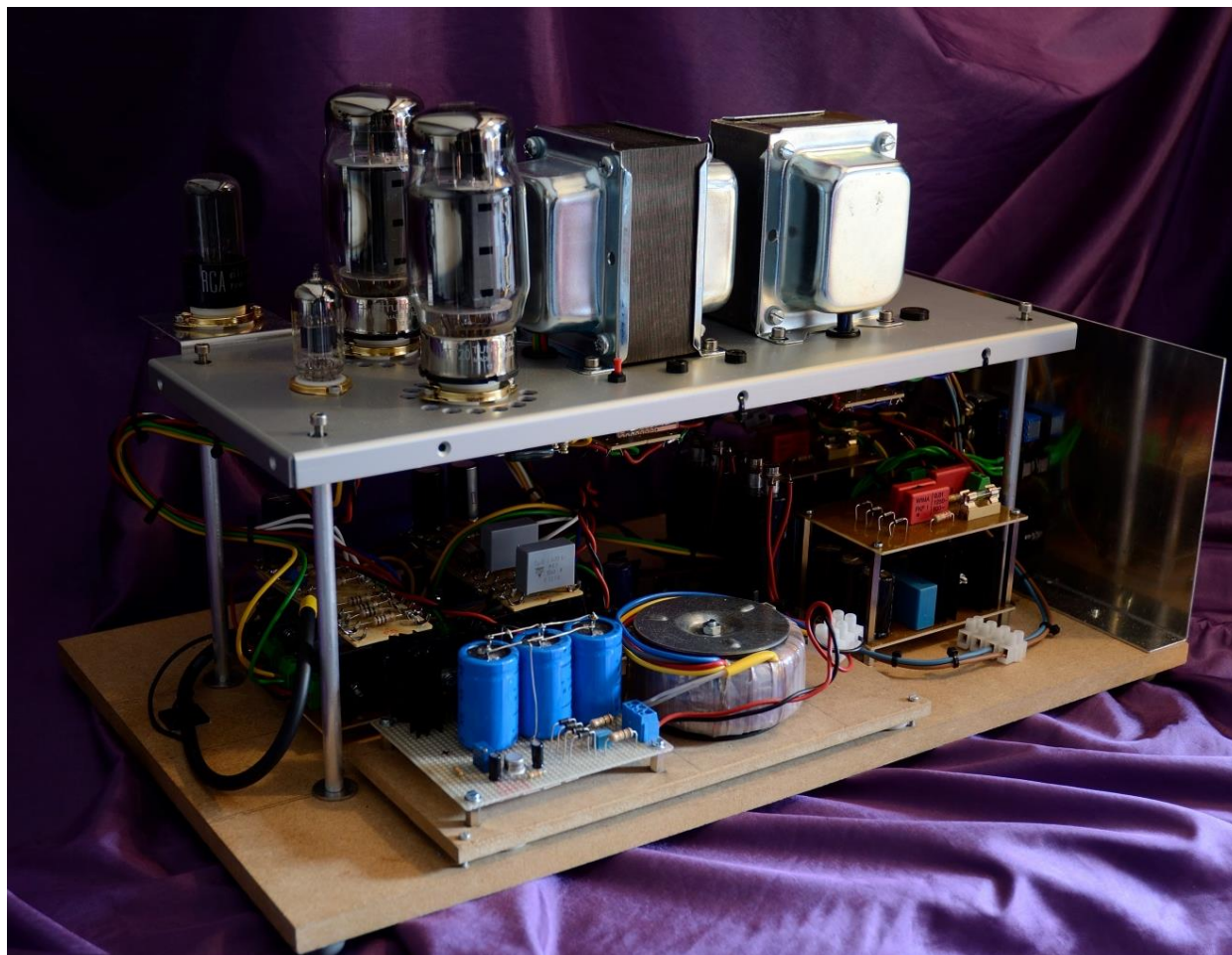
De versterker is op dit moment nog niet klaar. De versterkingsfactor is te hoog en er is zeker nog een 12dB gebruiken voor lokale tegenkoppelingen. Feitelijk is de reden voor de te hoge versterking terug te leiden tot een ontwerpfoutje. Ik ben uitgegaan van een 250mV ingangssignaal. Dit is echter een source uitgangsniveau en na de voorversterker is dit zonder problemen op een niveau van zo'n 2Volt te brengen. De eindversterker is nu zonder problemen direct aan te sturen vanaf een source. Groot nadeel hiervan is dat de ingangsruijs en brom-inkoppeling makkelijk versterkt wordt. Dat laatste is ook duidelijk te horen.

De opbouw is nu nog mono en op hout-metaalbouw. Dit is niet veilig maar werkbaar voor nu en verdere experimenten. De intentie is om uiteindelijk een stereo amplifier te maken in een enkele kast met maximaal opbouw op PCB.

De rapportage bevat een korte beschrijving van het ontwerp, bevinden, ervaringen en meetresultaten uit ARTA voor drie configuraties. De bemeten configuraties zijn Penthode, Ultra Lineair en Triode. De complete serie metingen is uitgevoerd volgens de methode 'Menno ARTA-2'.

Versterker ontwerp

Het oorspronkelijk plan was het ontwerpen van een push-pull configuratie met een Ultra Lineaire overdracht voor de eindbuizen.



Figuur 1 Het prototype....een mono blok

Na metingen en luisteren, naar een mono-blok, is gebleken dat een push-pull configuratie met een Triode overdracht voor de eindbuizen een beter, en vooral prettiger, eindresultaat geeft.

Het ontwerp is dan ook geënt op de Triode configuratie voor de penthodes in de eindtrap van de versterker.

Uitgangspunten/Ontwerp criteria

Het belangrijkste uitgangspunt voor het ontwerp was de verplichte toepassing van de VDV-GIT80 en VDV-POW80. Dit is qua mogelijkheden geen beperking.

Om een niet onderbouwde reden, ook wel emotie genoemd, is in een vroeg stadium besloten de KT120 buizen toe te passen in push-pull. Misschien niet ideaal maar ze klinken best goed en vooral in het laag lijken ze toch iets meer te hebben dan EL34 buizen, waar overigens niks mee is.

Qua vervorming en uitgangsimpedantie heb ik niet direct eisen neer gelegd. Wel heb ik mezelf opgedragen om te zorgen voor een ruime bemeting van alle aansturingen. Het te bewandelen pad zou genoeg uitdagingen laten zien. Het is soms goed om je voeten en je gevoel de weg te laten bepalen...elke reis begint met één stap.

Gecharmeerd van emittervolgers en stroombronnen heb ik ook in de beginfase bepaald dat die maximaal gebruik zouden gaan worden. Geen gezeur met (over)belaste uitgangen van sturende trappen en/of miller-capaciteiten, nergens voor nodig vond en vind ik. Er is een effect van de emittervolgers en er zal nog een experiment volgen met op FET gebaseerde volgers (source follower), hier is mogelijk nog winst te halen.

Tenslotte een scho(o)ne voedingspanning met natuurlijk een gyrator. Deze heeft vorm gekregen onder het motto beter goed gejat dan slecht bedacht. Veel bronnen geraadpleegd en dat heeft zeker tot inzicht geleid. Met opzet is de gyrator uit het ontwerp gehouden, het zou niet fair zijn. Ik ben ervan overtuigd dat een E-Choke op die plaats (met wat aanpassingen) prima werk doet.

Ik heb gemerkt dat er nogal wat drempels en valkuilen op de weg voorbijkomen. Een flink aantal is geslecht en de resultaten lijken steeds stabiel en reproduceerbaarder te worden.

Als de eerste meetwaarden voorbijkomen in combinatie met de luistertestjes dan blijkt dat het bijstellen van bepaalde zaken wenselijk is. UL is meettechnisch mooi voor de vervorming maar slecht voor de DF. De Triode heeft een hogere DF maar meet wat slechter qua THD, geeft welk een prettiger klankbeeld. Dus daar is nog het een en ander te doen. Met name een slechte DF is hoorbaar en storend. Het laagvermogen van de KT120 maakt dat laag wat slecht gedempt wordt ook ernstig overheersend aanwezig is. De triode meet misschien minder fraai maar klinkt wel prettiger. Lokale terugkoppeling zou zomaar een oplossing kunnen bieden. Wie weet gaat TRANS in de toekomst wel het 'wonder' verrichten'.

Uiteindelijk de wens om een autobias te bouwen en toe te passen. Dit moet nog even wachten, ik weet echter dat er duidelijke verbeteringen optreden dus dit is een uitgestelde ontwerp is geworden.

Al bouwend, metend en luisterend kom ik wel tot de conclusie dat het een volgende keer makkelijker wordt om concrete eisen te stellen. De ervaring groeit zonder meer en de relaxte aanpak, zonder strikte eisen, geeft ook de opening die ik nodig heb. Deze methode werkt voor mij.

Schema

Het hoofdschema, Figuur 2, laat de drie trappen van de TRIDENT zien. Het ontwerp is zoveel mogelijk symmetrisch opgezet. De ingang is bedoeld als gebalanceerd, maar kan door een 'truck' natuurlijk ongebalanceerd aangestuurd worden.

Rond een ECC83 is een 'fasedraaier' of ingangstrap opgezet. Omdat de door de ECC83 geleverde spanning onvoldoende is om direct, op een prettige wijze, de KT120's aan te sturen is een tweede trap gebouwd. De tweede trap, de VAS (Voltage Amplifier Stage), zorgt voor het extra versterken van de door de eerste trap geleverde spanning. De ES (End Stage), met de KT120's, kunnen nu maximaal uitgestuurd worden. Voordat de ECC83 en 12SN7GT vastlopen zijn de KT120 al in hun plafond aangeland. Door deze benadering zijn weliswaar extra buizen gebruikt maar worden alle buizen zoveel mogelijk in een lineair bereik ingezet.

Er is gekozen voor een potmeter instelling in de armen van de LTPs. Hiermee is de 'balans' makkelijker in te stellen en te optimaliseren voor vervorming. Met ARTA samen werkt dit prima. Het effect van de stroomverdeler in de staart van de LTPs heeft een twijfelachtige werking. Er moet een effect zijn maar ik heb deze nog niet duidelijker gezien, eerlijkheid gebied te zeggen dat er ook nog geen uitgebreid onderzoek is gedaan.

Tussen elke stage zijn emittervolgers ingezet met als basis een hoogspanningstransistor (MJE340). Deze volgers zullen niet perfect zijn maar laten hun werking wel zien. Het bypassen van de emittervolger geeft een duidelijke reductie van de bandbreedte, de miller capaciteit begint bijvoorbeeld zijn werking te vertonen in combinatie met een hoge uitgangsimpedantie. Natuurlijk zijn er kunstenaars die dit soort zaken perfect weten te omzeilen, maar ik ben daar nog niet.

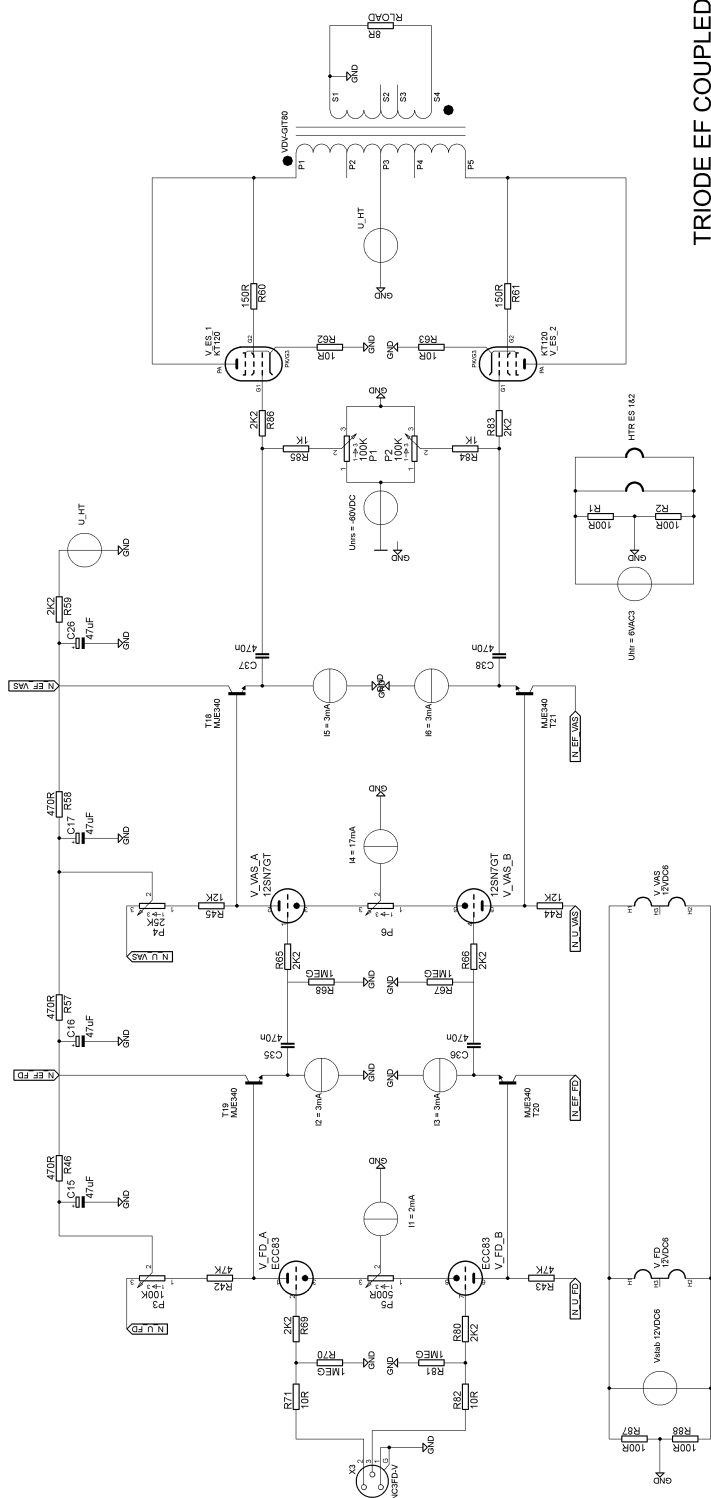
Dat ik niks tegen zand heb daarvan geven de vele stroombronnen wel blijkt. Overal waar een stroombron nodig is, daar is een halfgeleider stroombron ingezet. In Figuur 3 zijn alle stroombronnen in detail terug te vinden. Geen bijzonderheden maar wel maximaal ingevuld om een hoge impedantie te creëren en early effect te reduceren.

De DC stabilisatie voor de gloeispanning van de ECC83 en 12SN7GT is opgenomen in Figuur 4. Niks speciaals en gewoon volgens het boekje. Overigens wordt het door mij gebruikte koellichaam (SK129) wel aardig heet, het is echter nog aan te raken en dus voldoende voor deze toepassing.

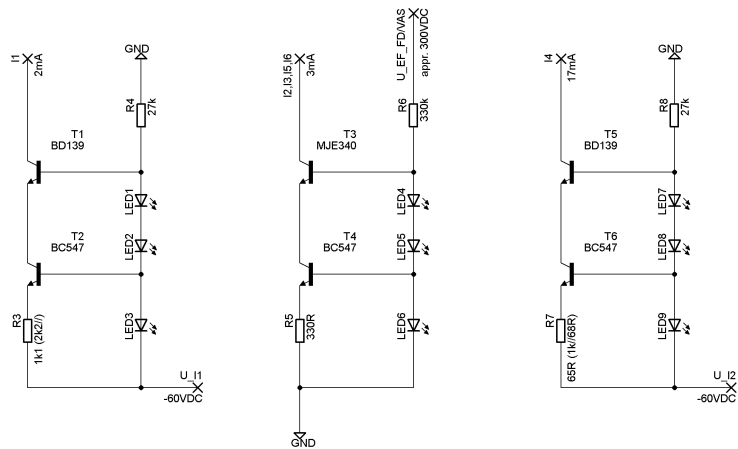
Niet volledig ingevuld maar wel opgenomen in Figuur 5 zijn de voedingsvoorziening voor de hoogspanning en de negatieve roosterspanning. De laatste wordt ook voor de stroombronnen uit de LTPs gebruikt. De gyrators zijn om eerder genoemde reden weggelaten en de E-choke zou hetzelfde werk moeten kunnen verrichten.

De belangrijkste zaken in deze versterker zijn geschakeld. Het verdient echter wel de voorkeur om nog het een en ander van beveiliging en indicatie te voorzien. Met zoveel halfgeleiders bestaat er natuurlijk altijd een kans op schade. Het komt verder de bediening te goede als duidelijk te zien is wat wel en niet ingeschakeld is. Dit misschien als vervolg stap in het project TRIDENT.

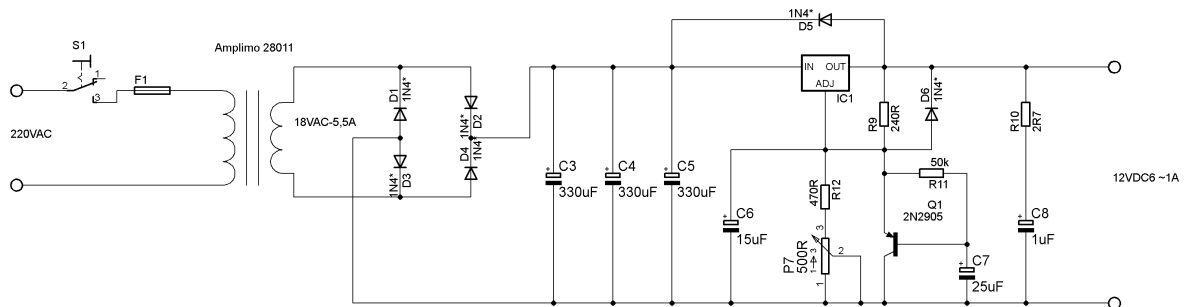
De versterker heeft op dit moment zijn eindfase nog niet bereikt. Desondanks wel dit uitgebreid verslag. Het resultaat op dit moment is voldoende goed om vastgelegd te worden.



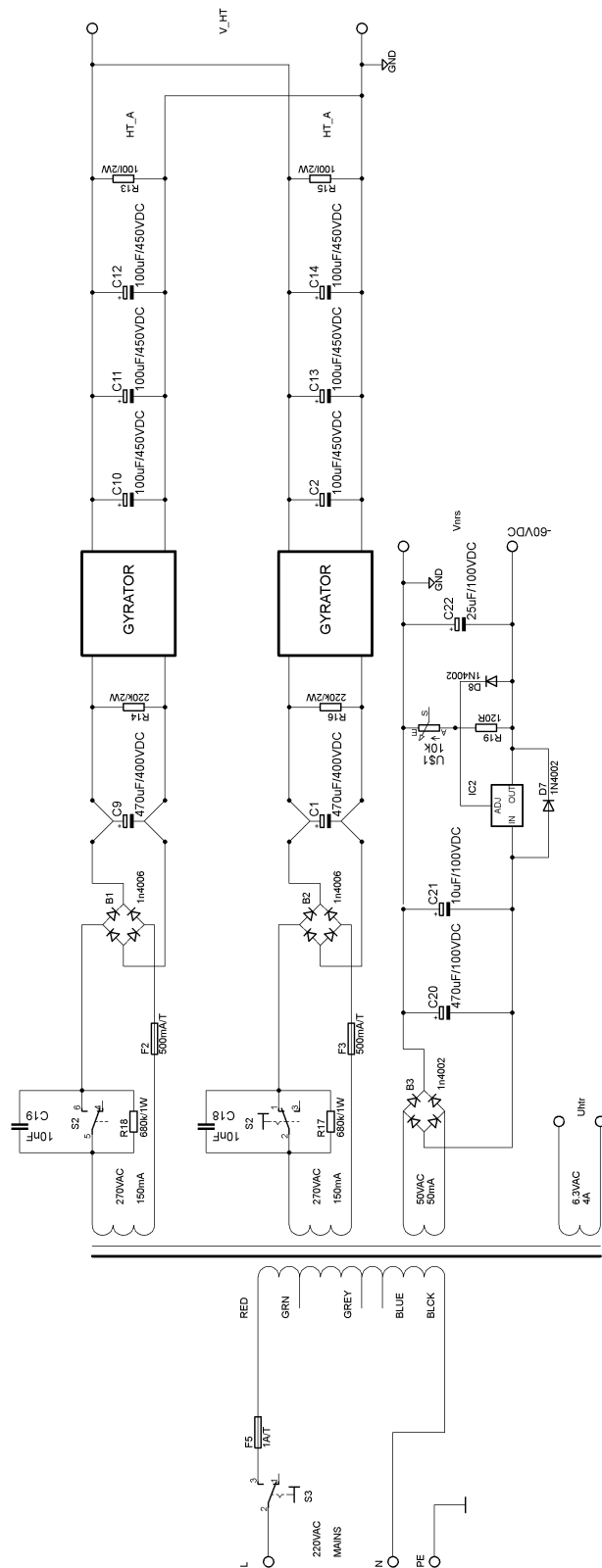
Figuur 2 Hoofdschema versterker TRIDENT



Figuur 3 Stroombronnen TRIDENT



Figuur 4 Gestabiliseerde gloeispanning Fasedraaier en Voltage Amplifier Stage



Figuur 5 Voedingsvoorziening V_{HT}, V_{nrs} en gloeispanning eindbuizen

Bevindingen

Veel geleerd van het proces. Inzicht in het hoe en waarom van eindversterkers is gegroeid evenals het plezier van het ermee bezig zijn.

Het is duidelijk dat de versterker al snel zo'n complex systeem is dat alles samenkomt in een groot compromis. Er is geen ideale oplossing. Sommige keuzes moeten gemaakt worden en reparatie van de nadelen heeft beperkingen en consequenties.

De configuratie die momenteel gerealiseerd is geeft een bevredigend resultaat. Een resultaat wat voldoende is om op voort te bouwen, om op aan te vullen en te verbeteren.

Metingen

De metingen zijn allen volgens de door Menno aangegeven methode uitgevoerd. Enerzijds levert dit materiaal wat te vergelijken is en anderzijds is het ook voor anderen duidelijk wat er gemeten is.

Niet alle resultaten zijn verklaart.

Opvallend zijn de 1kHz 9dB en THD resultaten. De Penthode laat een dominante 3^{de} orde zien, wat niet wenselijk is. Onduidelijk is of deze voortkomt uit de buis of uit de halfgeleiders. De UL is qua vervorming het beste, een order grootte lager nog dan de Triode schakeling. Echter is de demping van de UL dermate slecht dat het niet prettig luistert, namelijk erg boomerig.

Overall is voor de drie configuraties de versterking veel te hoog. Er is voor UL en Triode zonder meer een 12dB gain in te zetten om met lokale tegenkoppeling het nodige aan vervorming en DF te doen. Dit traject moet nog bewandeld worden.

In de metingen is een schone ruisvloer te zien mbt voedingsspanning residuen. De vloer loopt echter wel op voor lagere frequenties, het is niet duidelijk waar dit vandaan komt en of dit te verbeteren is. Mogelijk is dit 1/f ruis uit de halfgeleiders, niks is ideaal tenslotte.

Er is heel veel uit de metingen te halen maar er is nu geen tijd en ruimte om dat allemaal te bespreken.

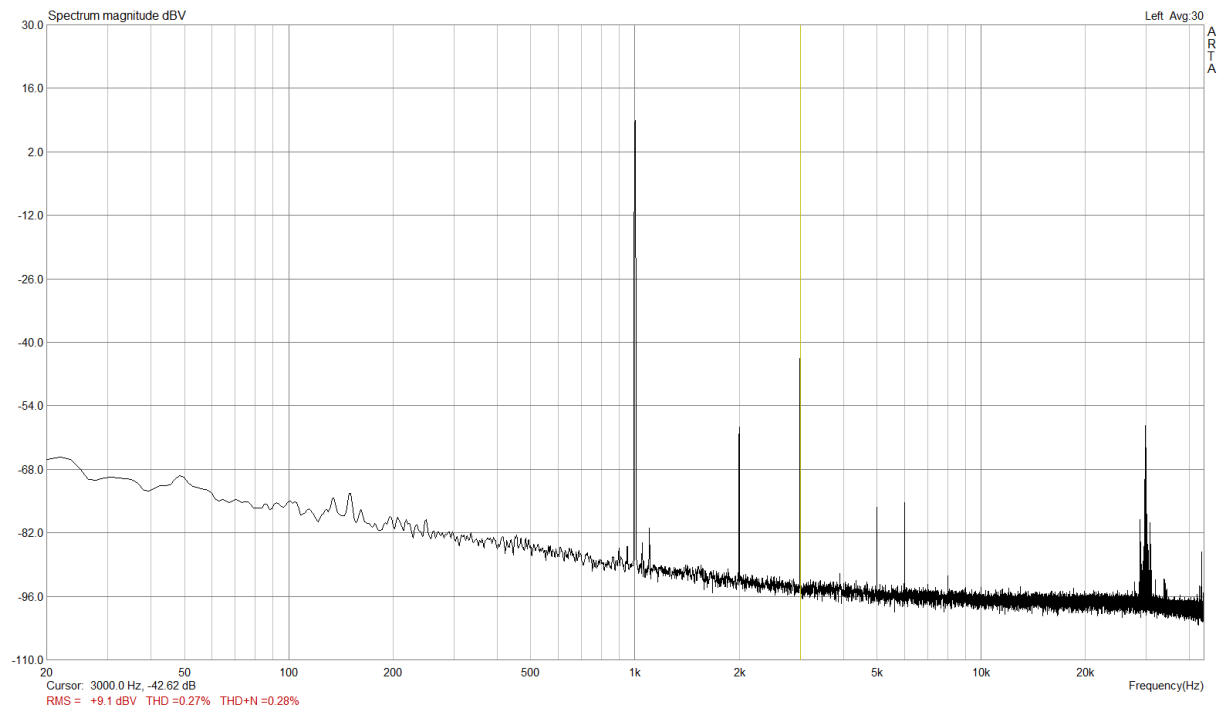
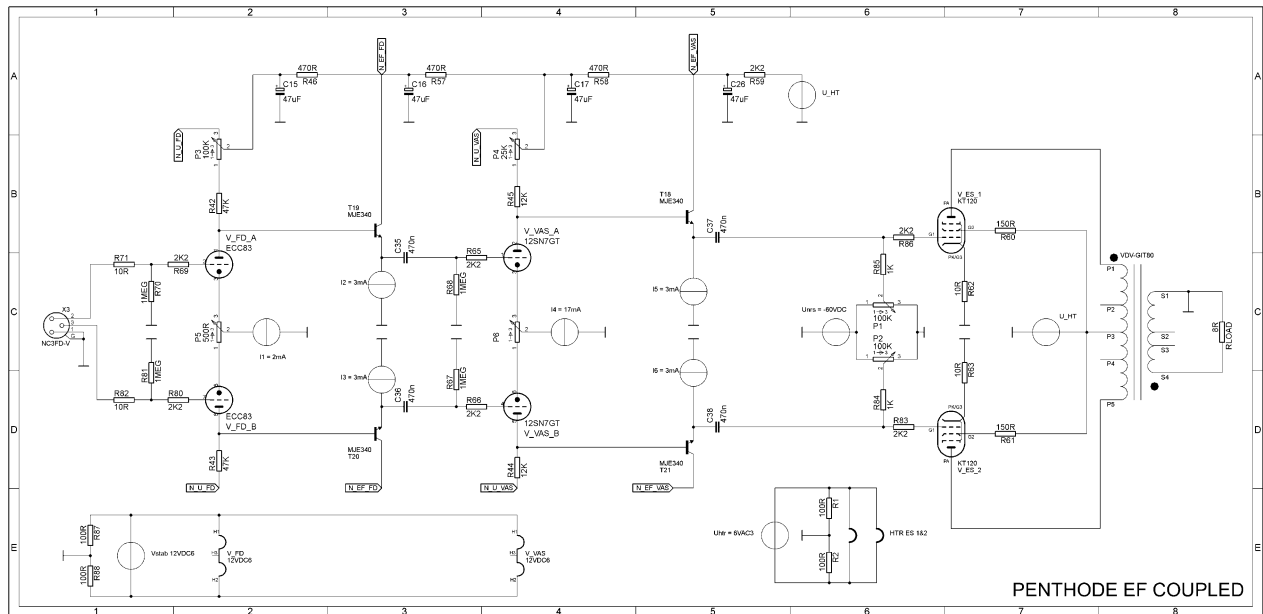
Luistertest

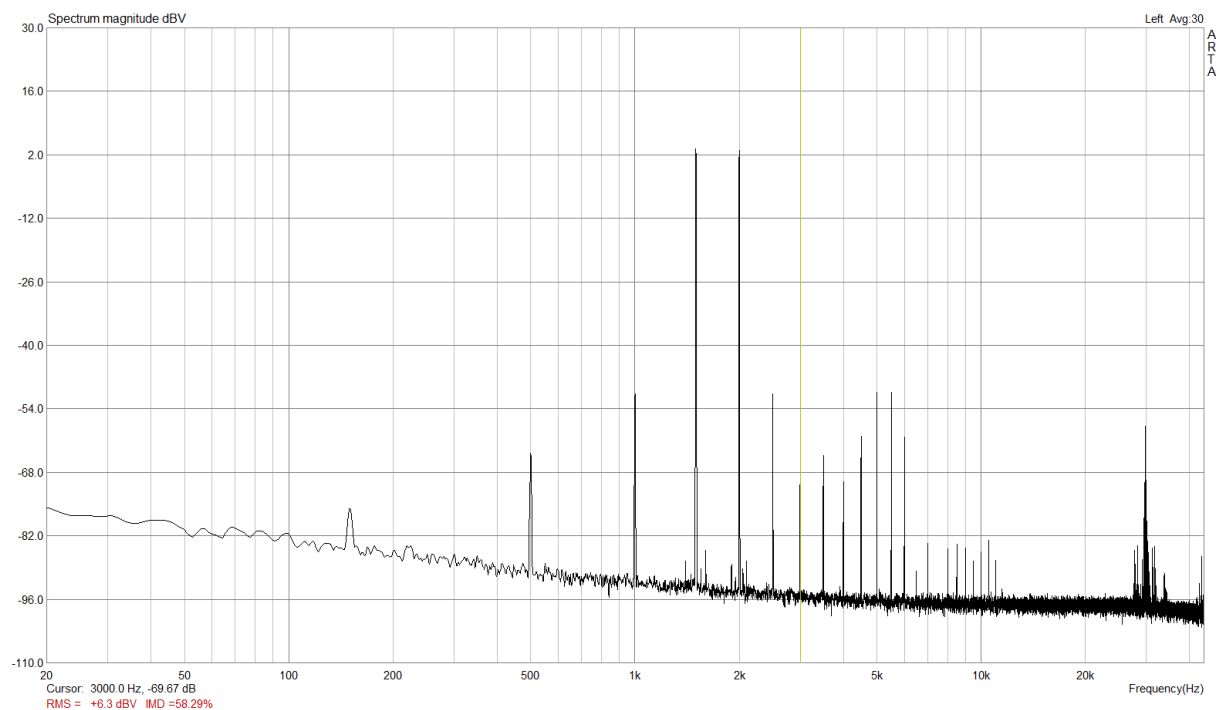
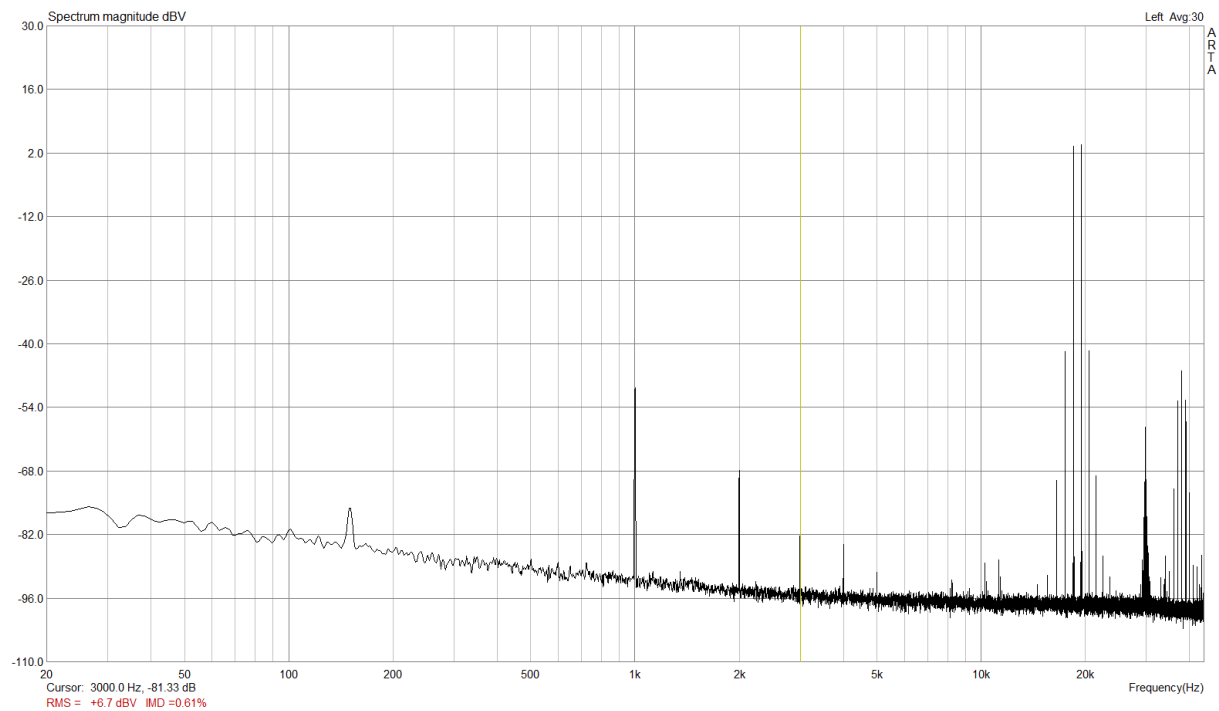
Aanvankelijk begonnen met een UL configuratie die wel om aan te horen was maar duidelijk een overdreven laag neerzette. De geringe DF was hier debet aan. Een reparatie met het gebruiken van tap3 op de OPT leverde nauwelijks verbetering op. Voor penthode is niet de moeite genomen om te luisteren, er is niet eens meer sprake van een DF. De Zout van de penthode is dermate hoog dat de DF zeer klein wordt. Triode was een ander verhaal. De DF is zo'n 1,7 en dat blijkt voldoende om de overdreven bas te elimineren. Het geluid is zeer krachtig en er lijkt sprake te zijn van kleuring (vergeleken met de supertriode PV met EL34 buizen). Iets meer demping en een lagere vervorming kunnen de weergaven waarschijnlijk nog wel verbeteren.

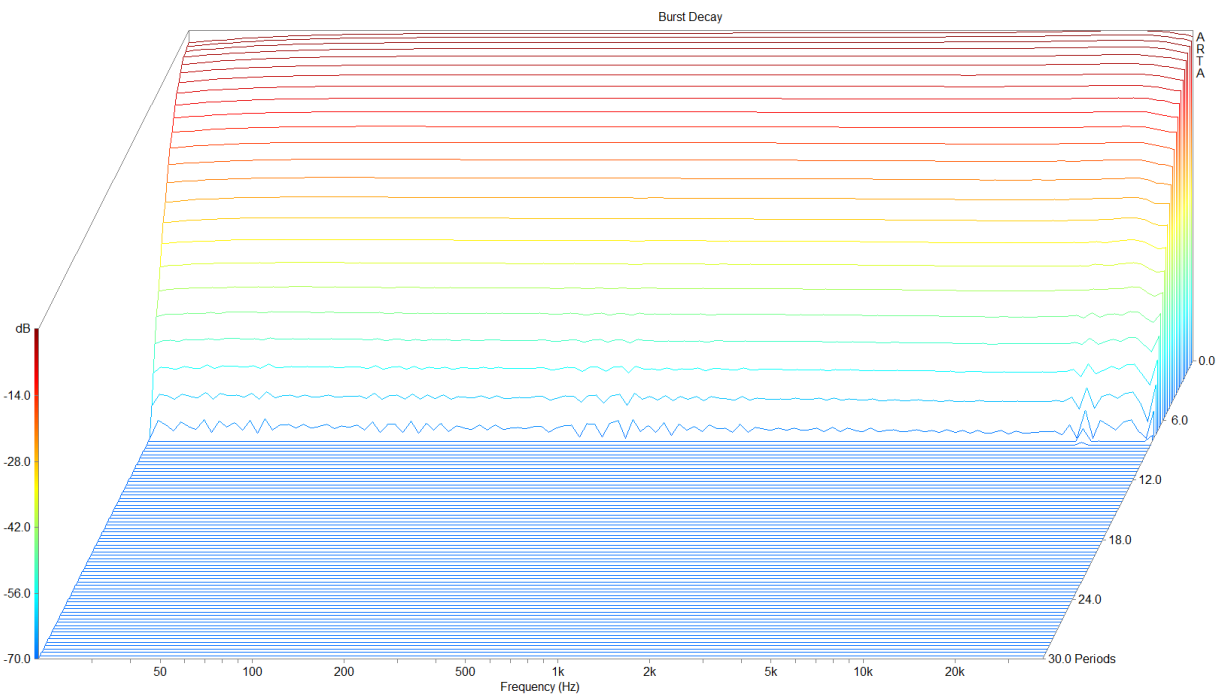
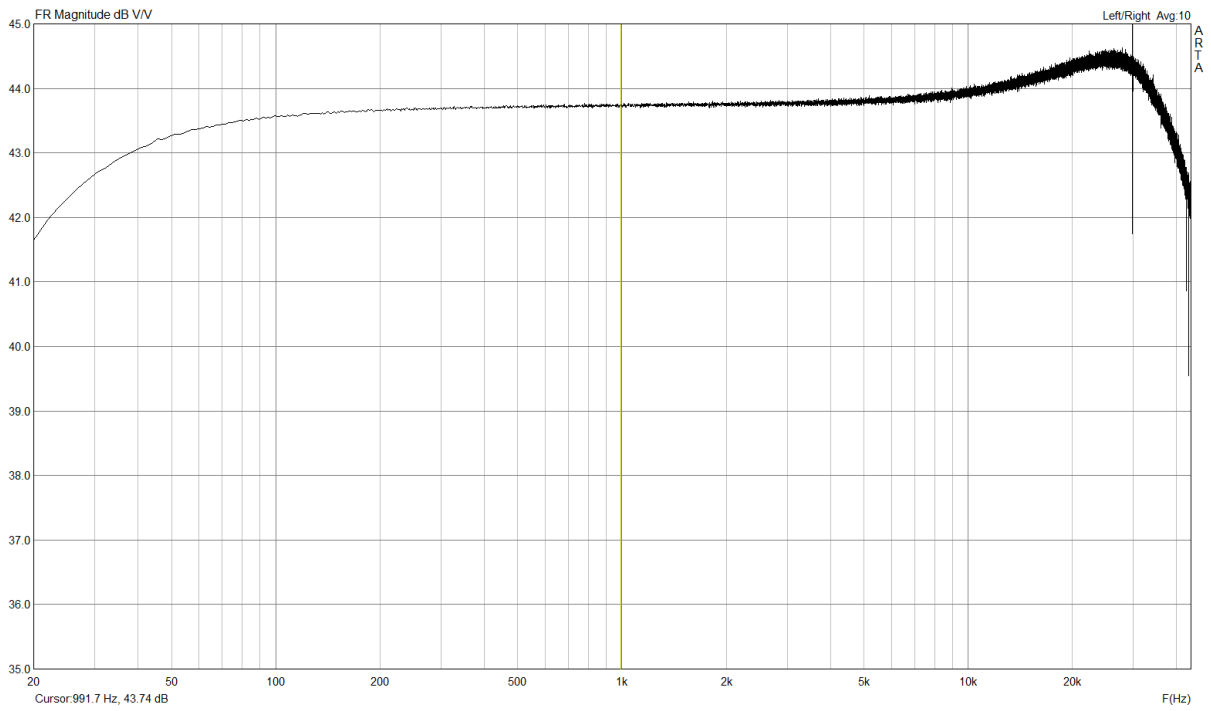
Way-ahead

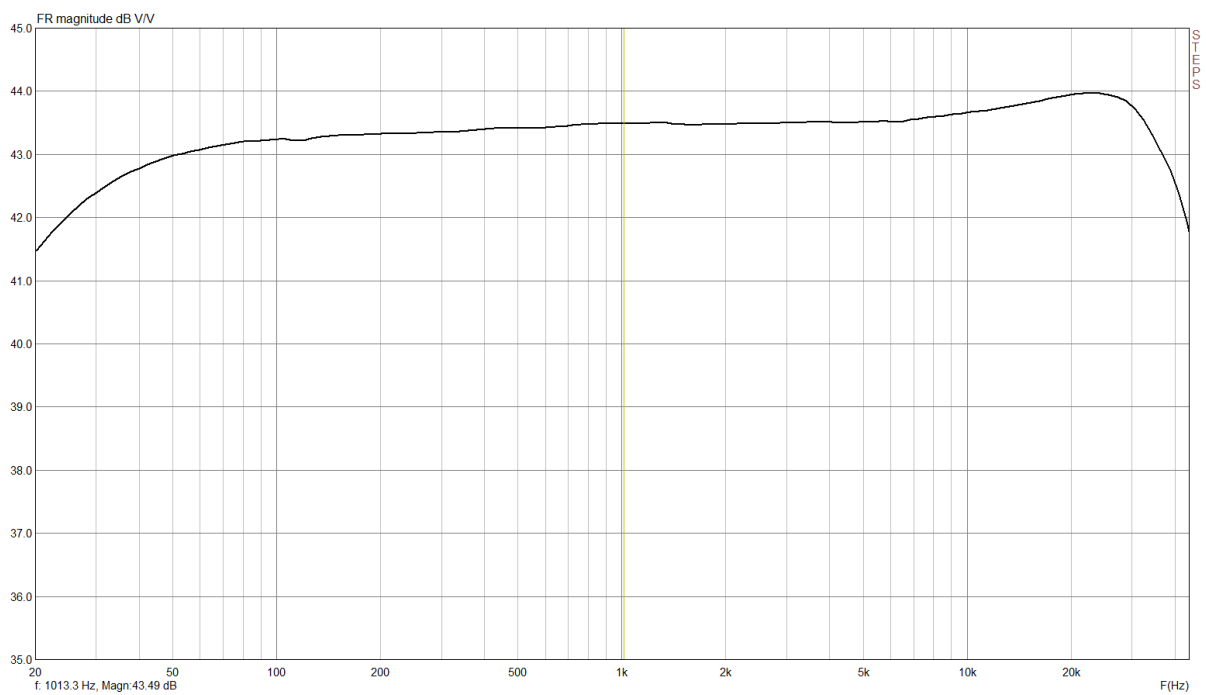
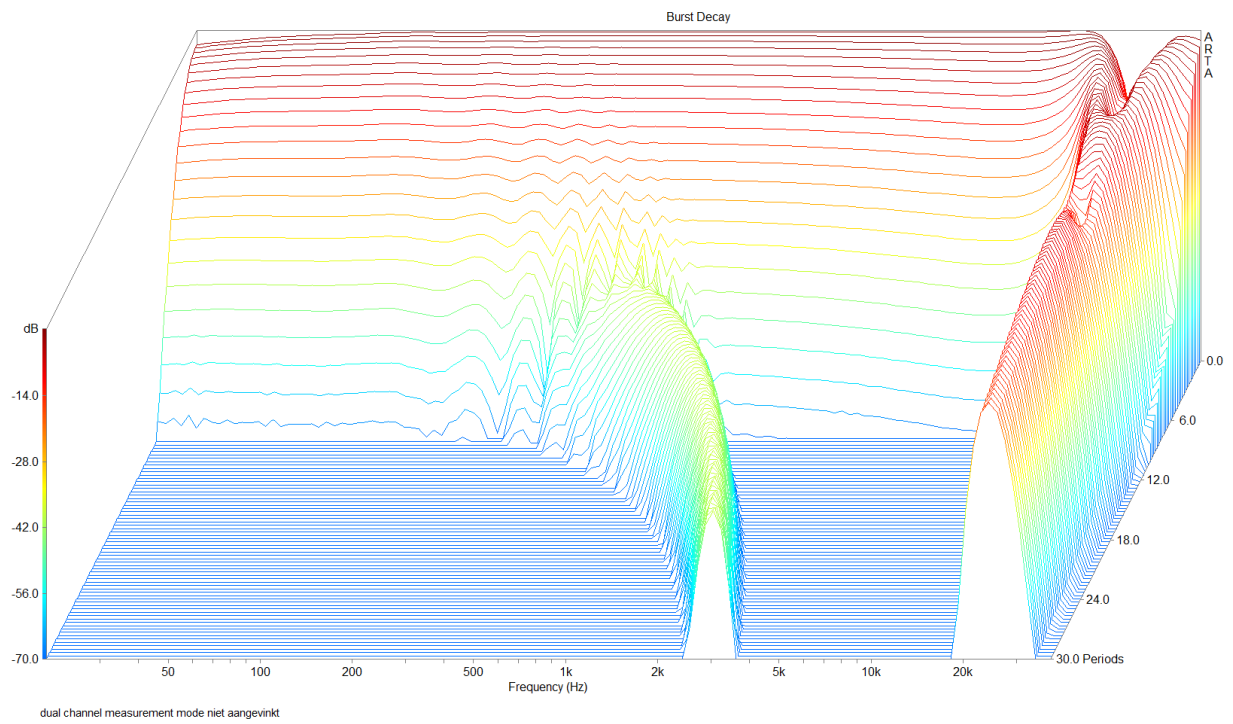
Op het program staan: (a) lokale terugkoppeling realiseren, (b) autobias realiseren en herontwerp tot stereoblok.

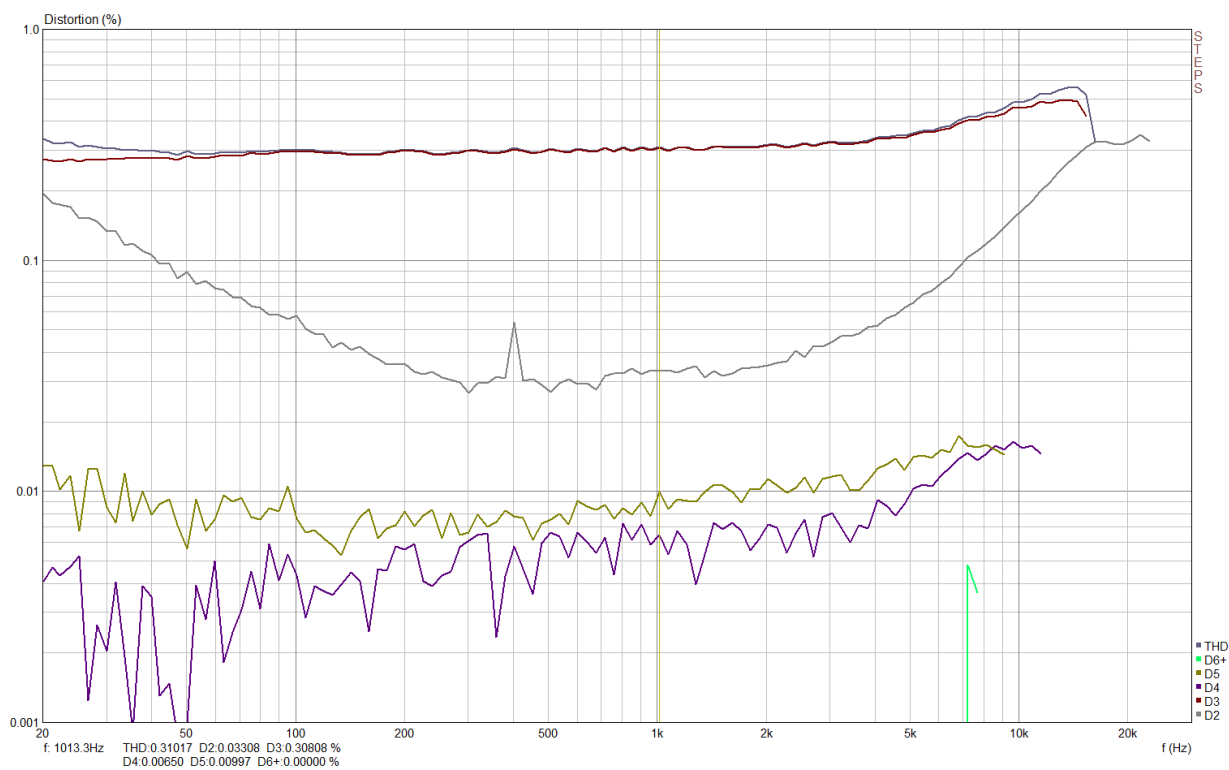
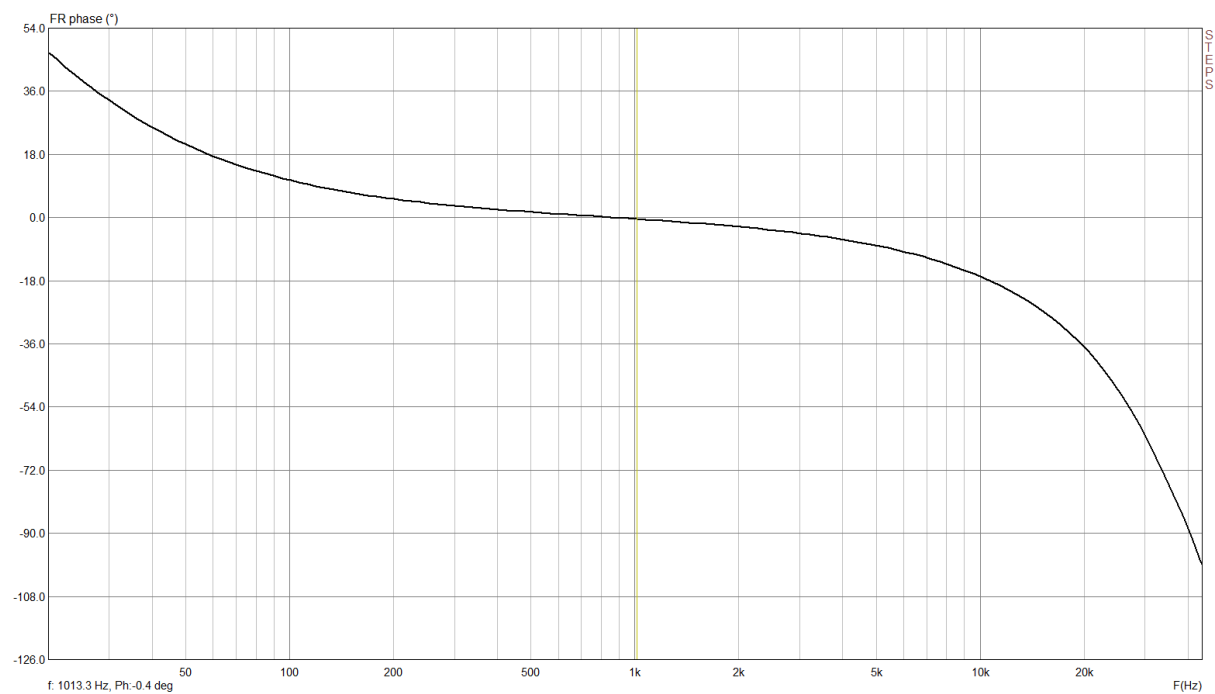
Penthode EF Coupled

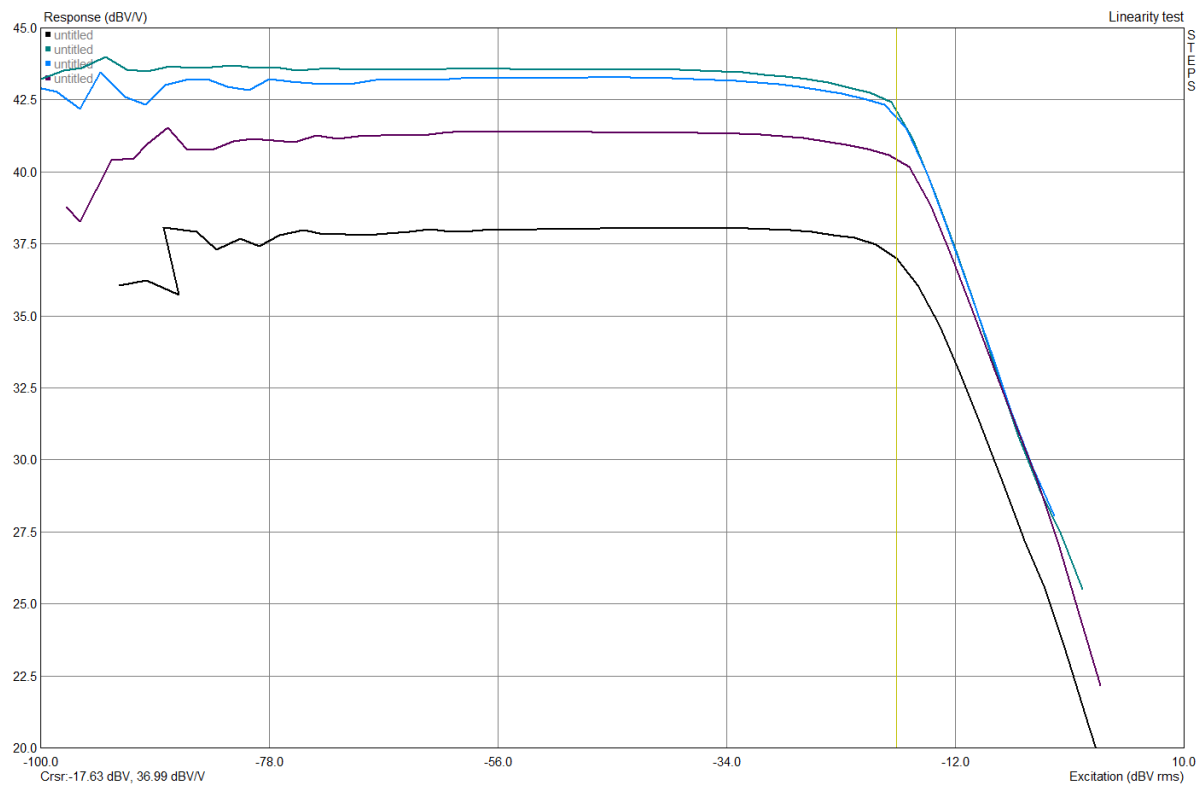
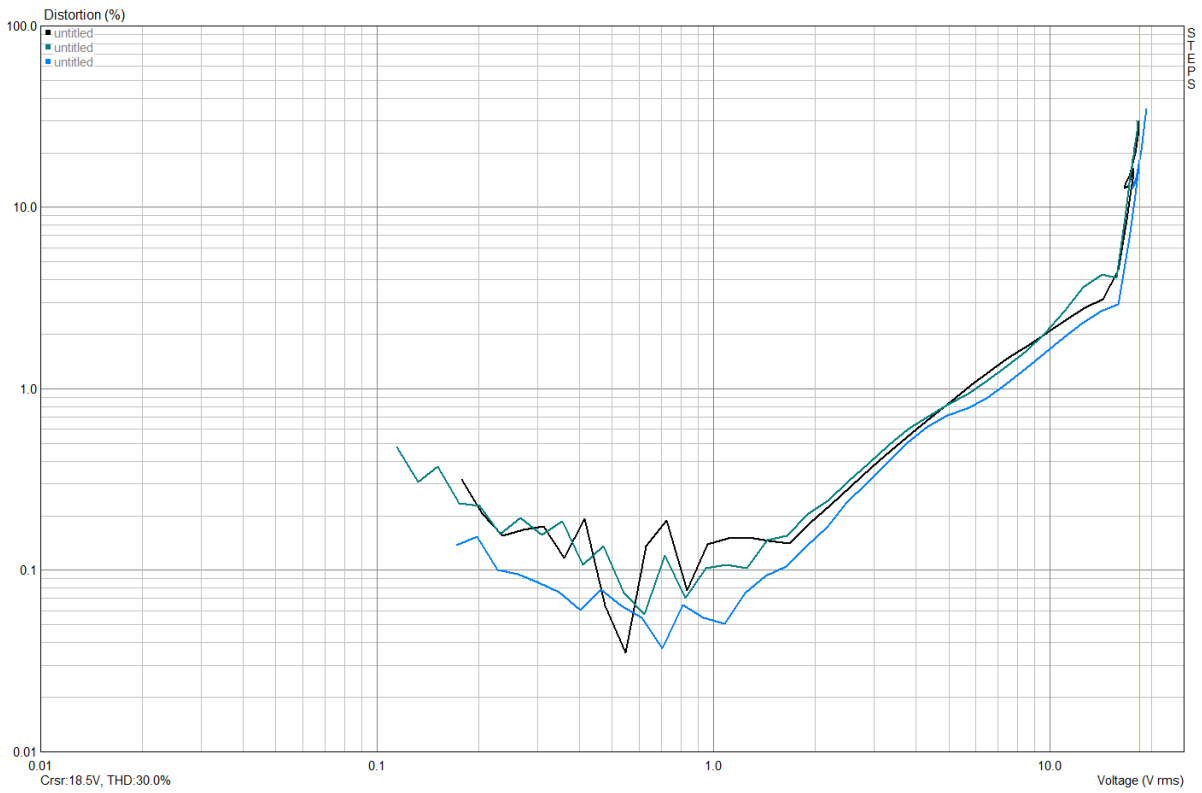


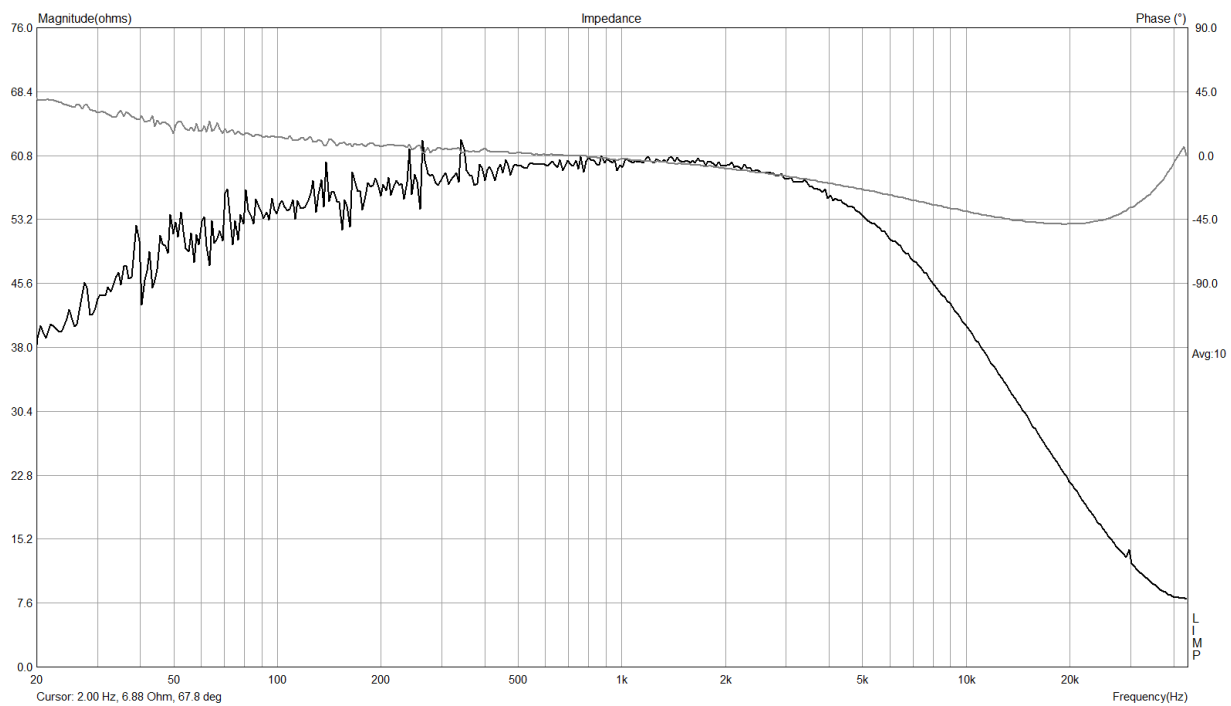




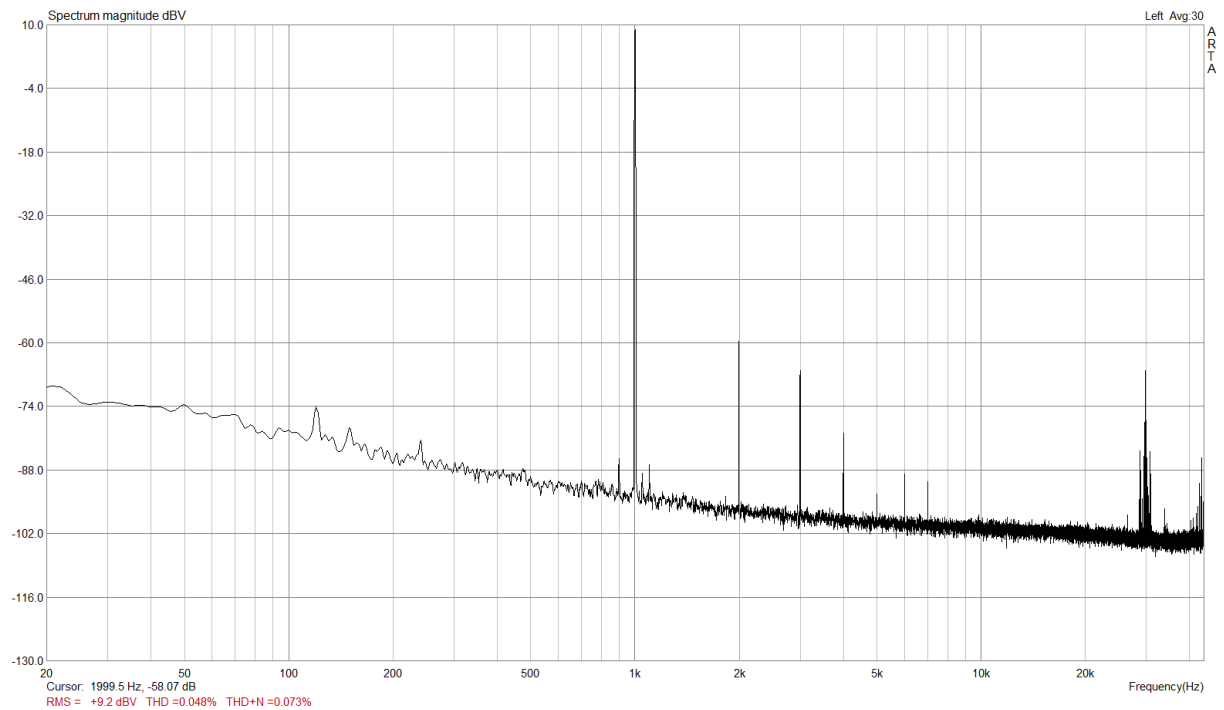
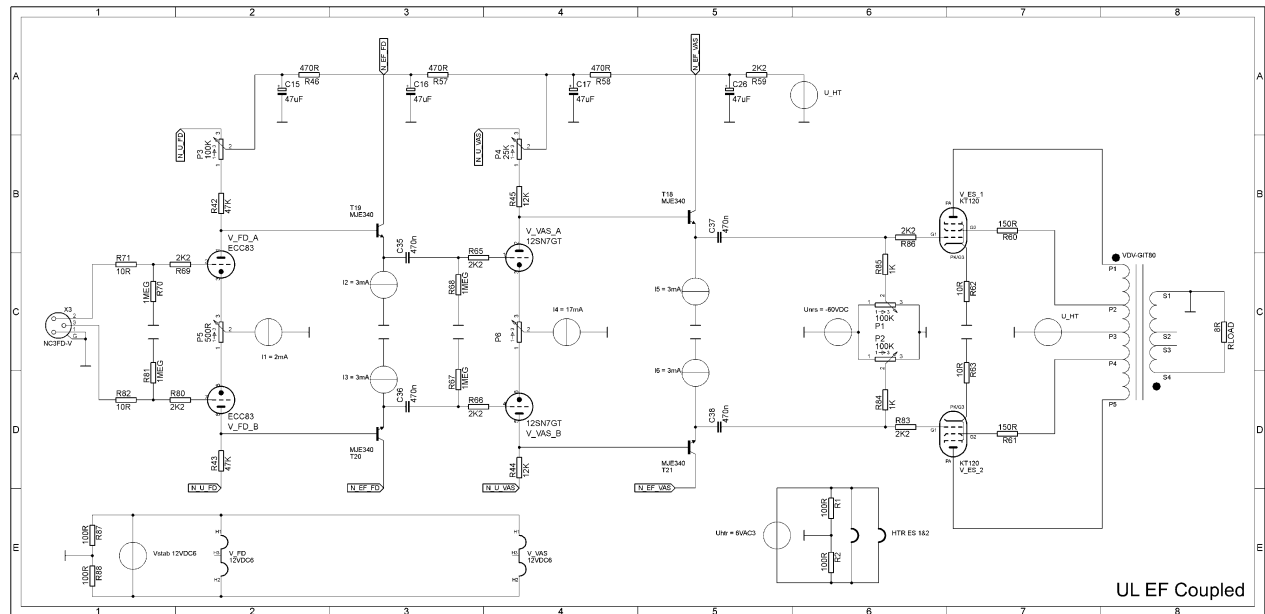


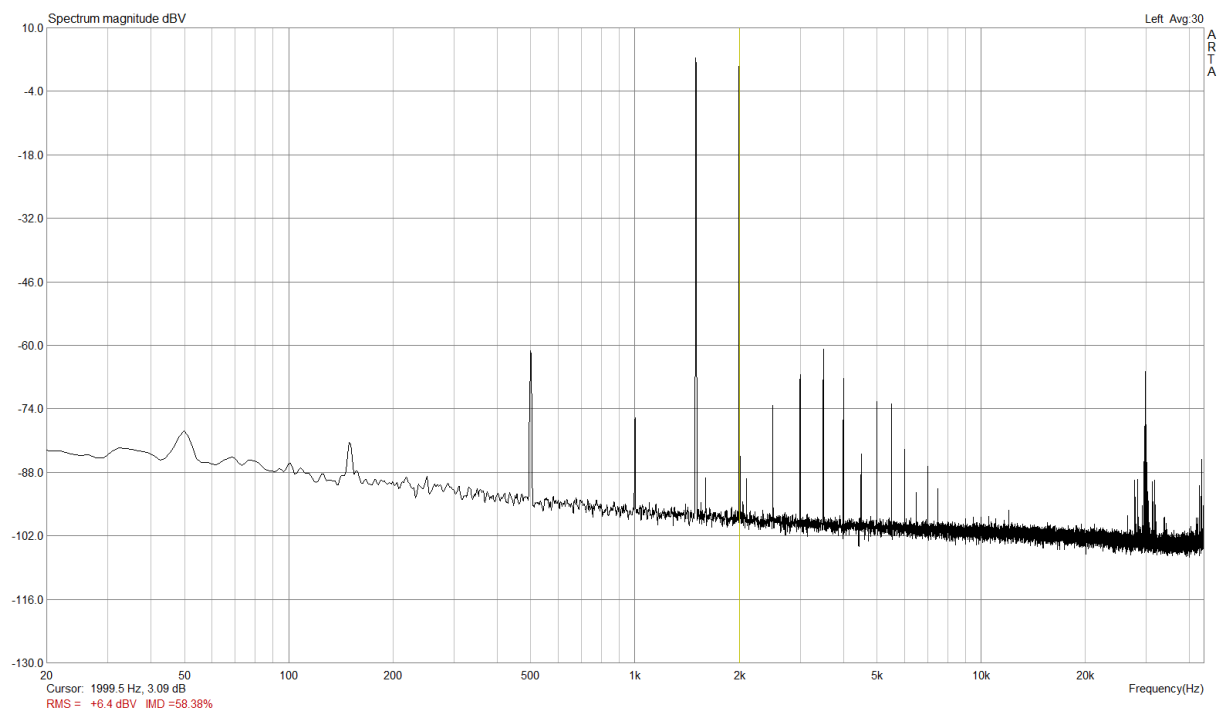
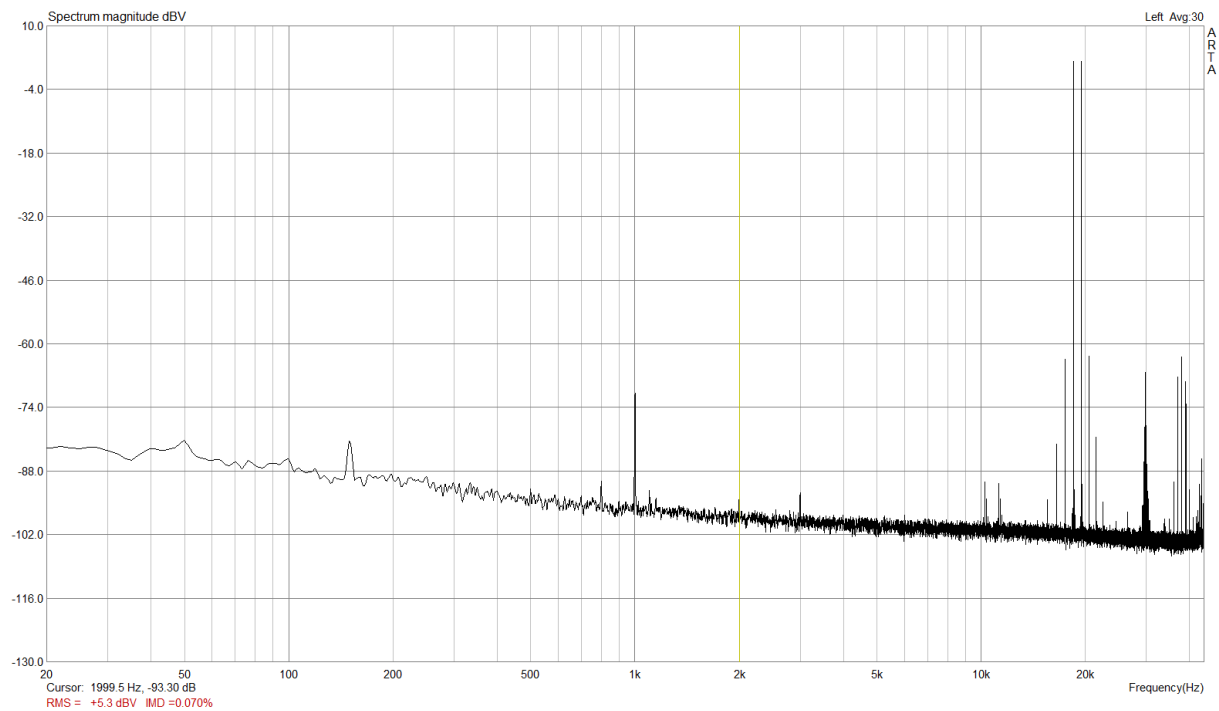


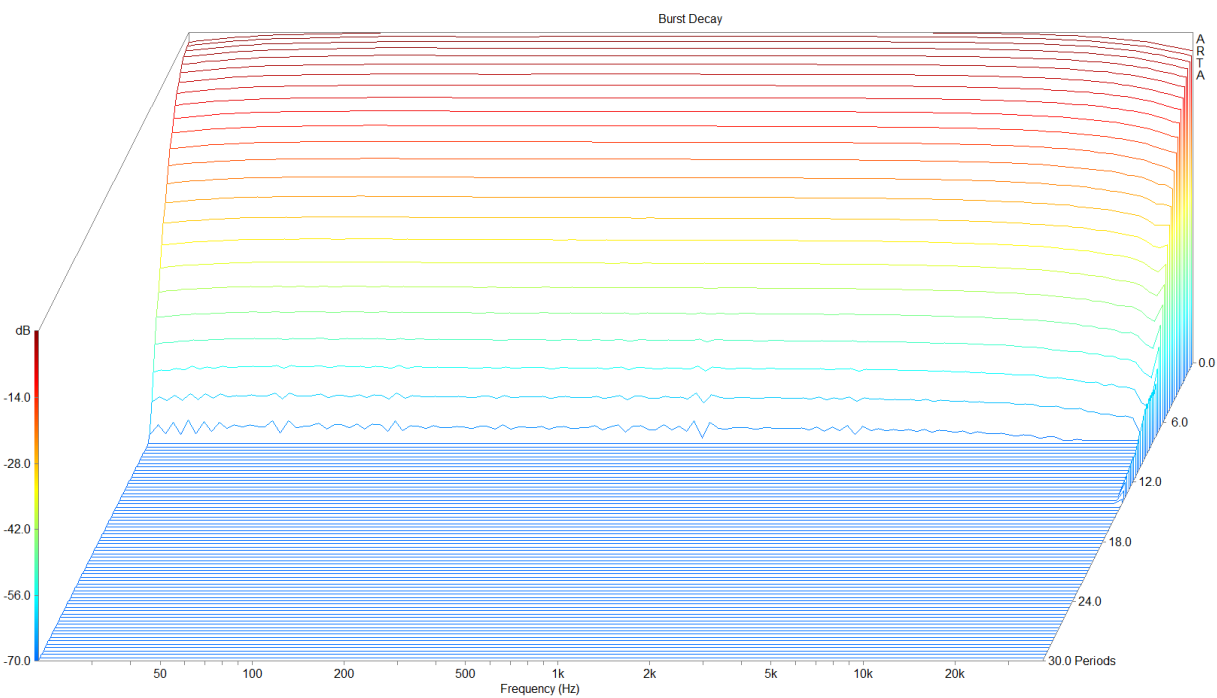
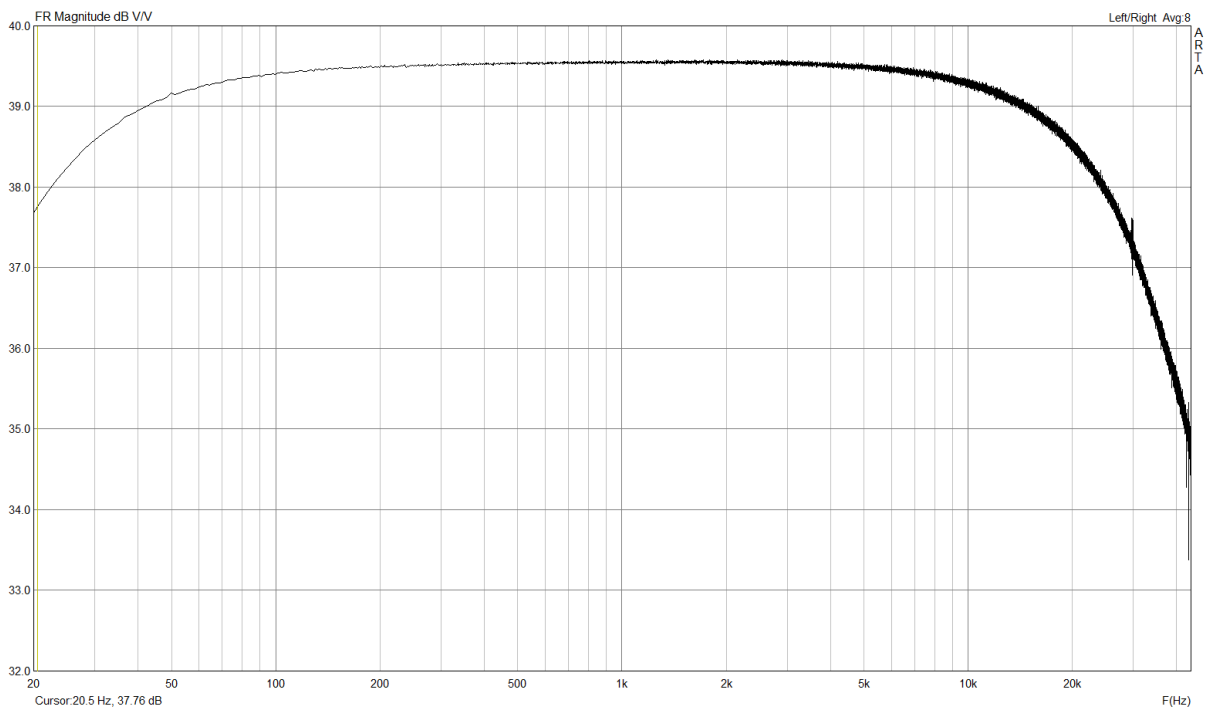


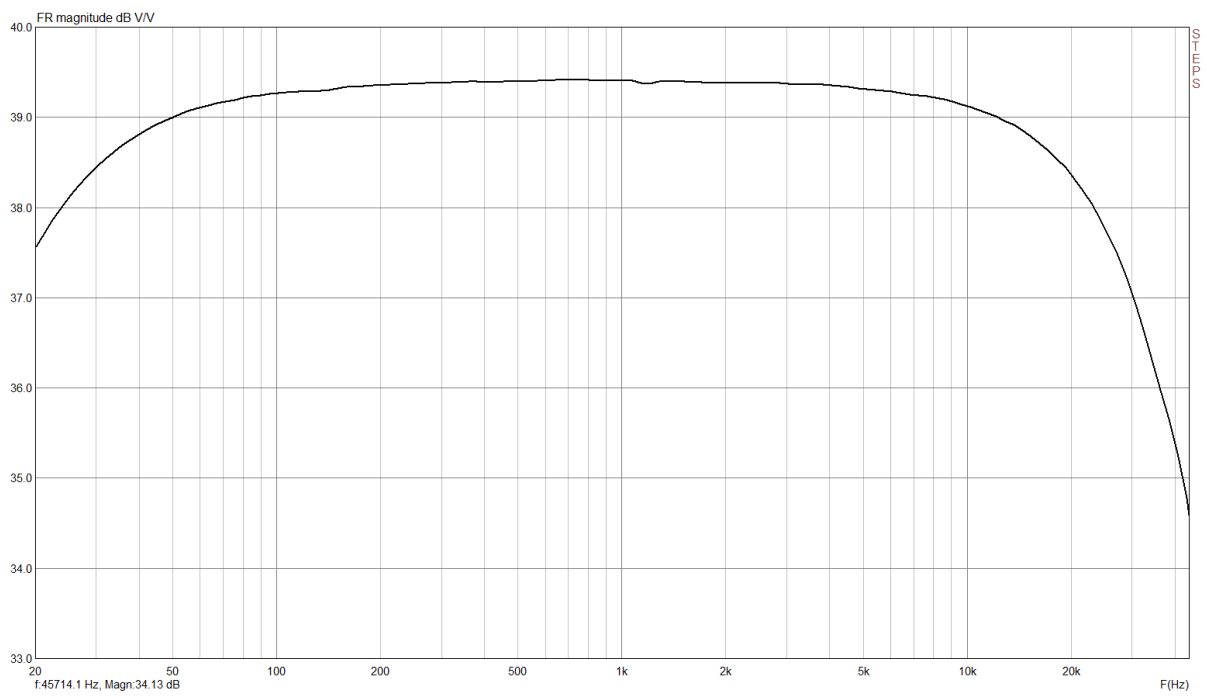
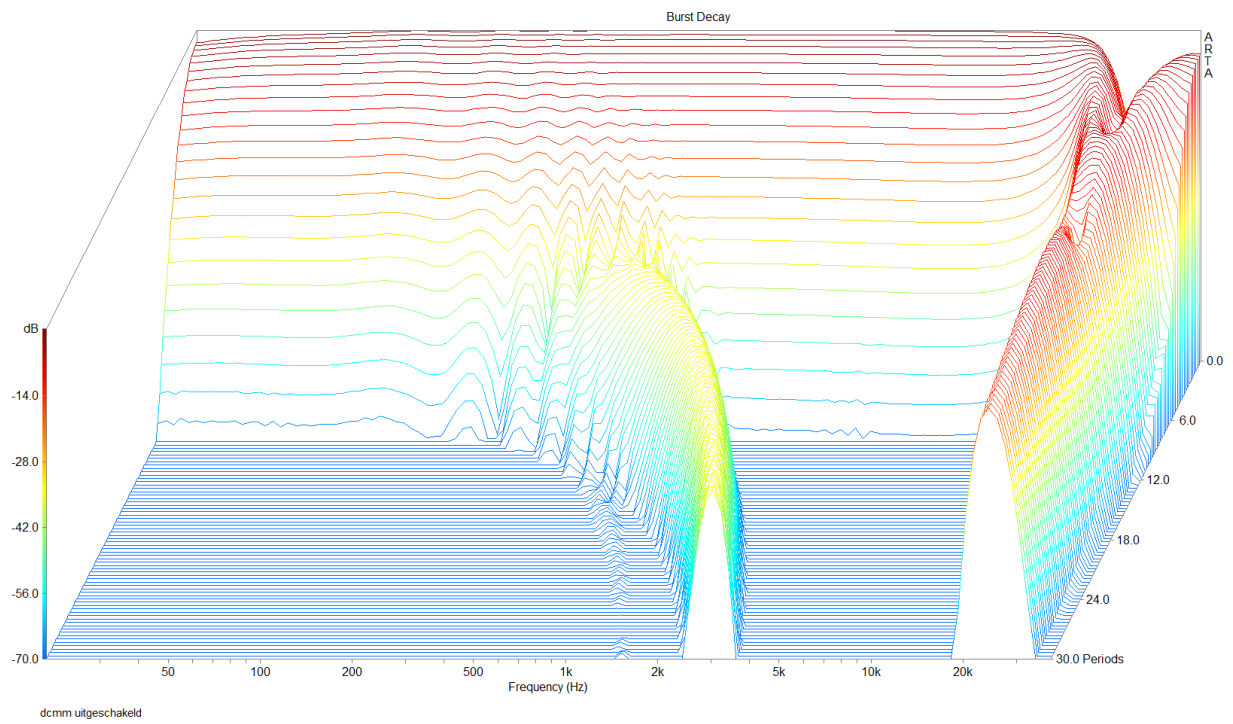


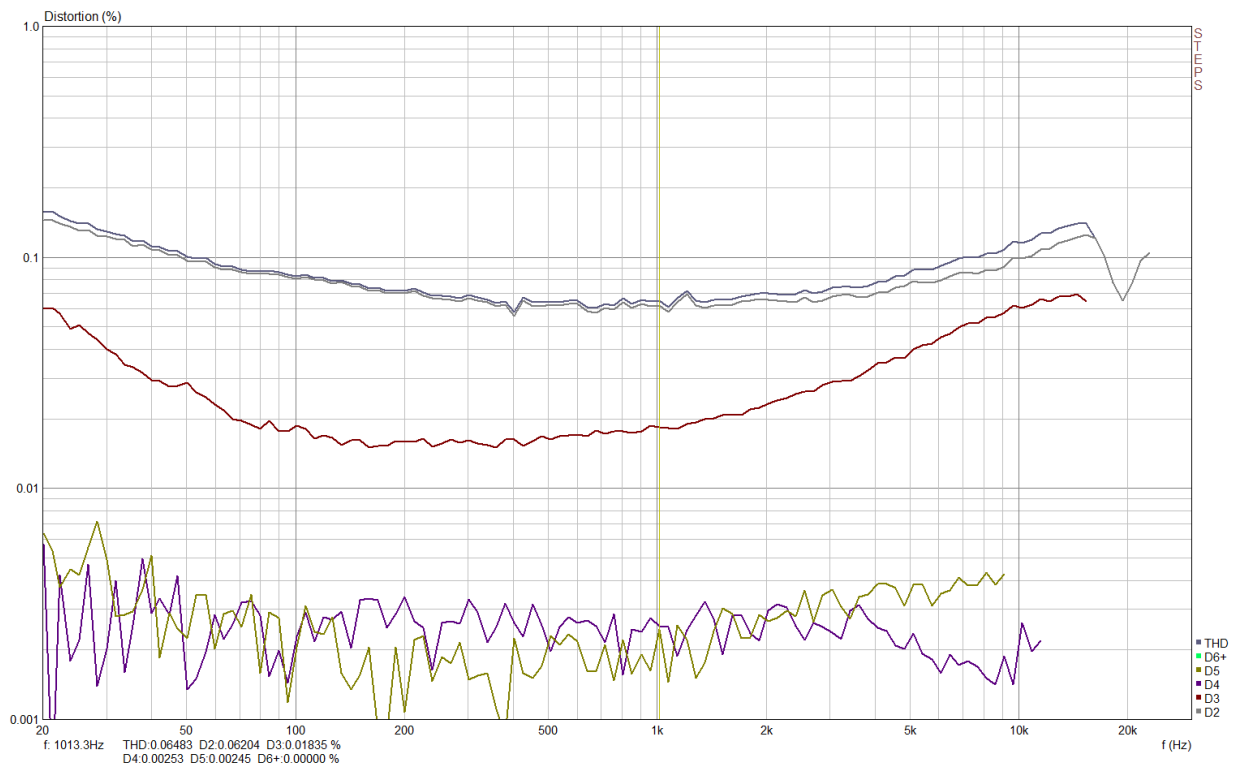
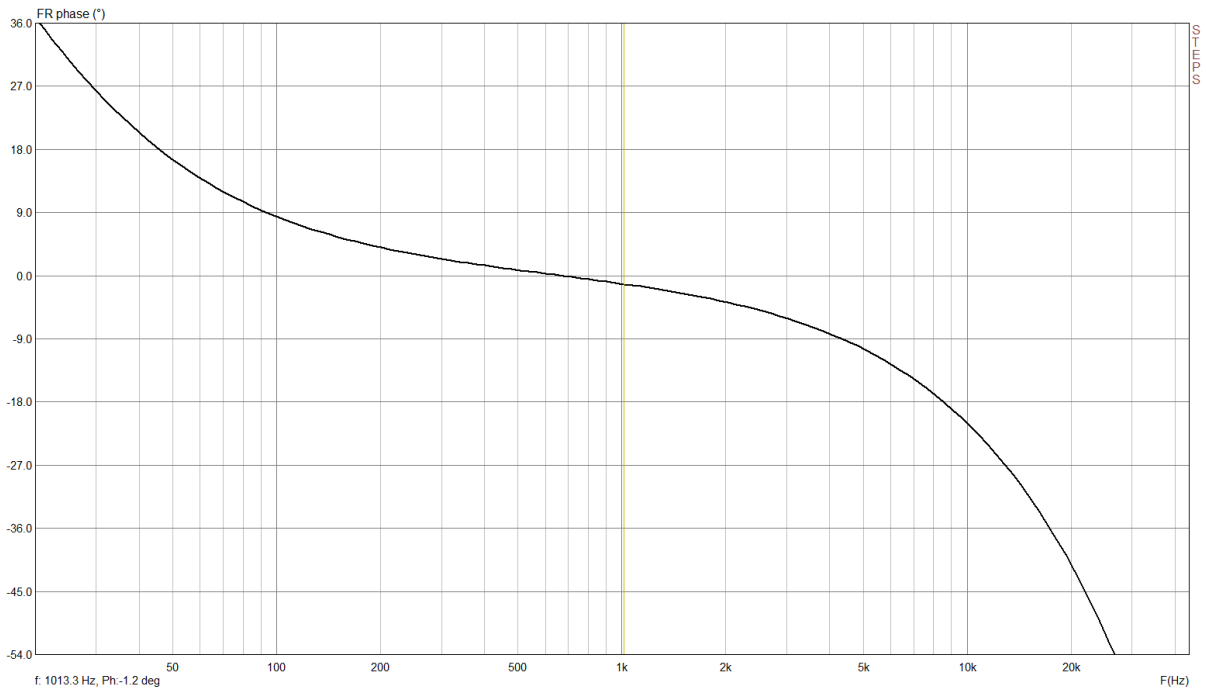
UL EF Coupled

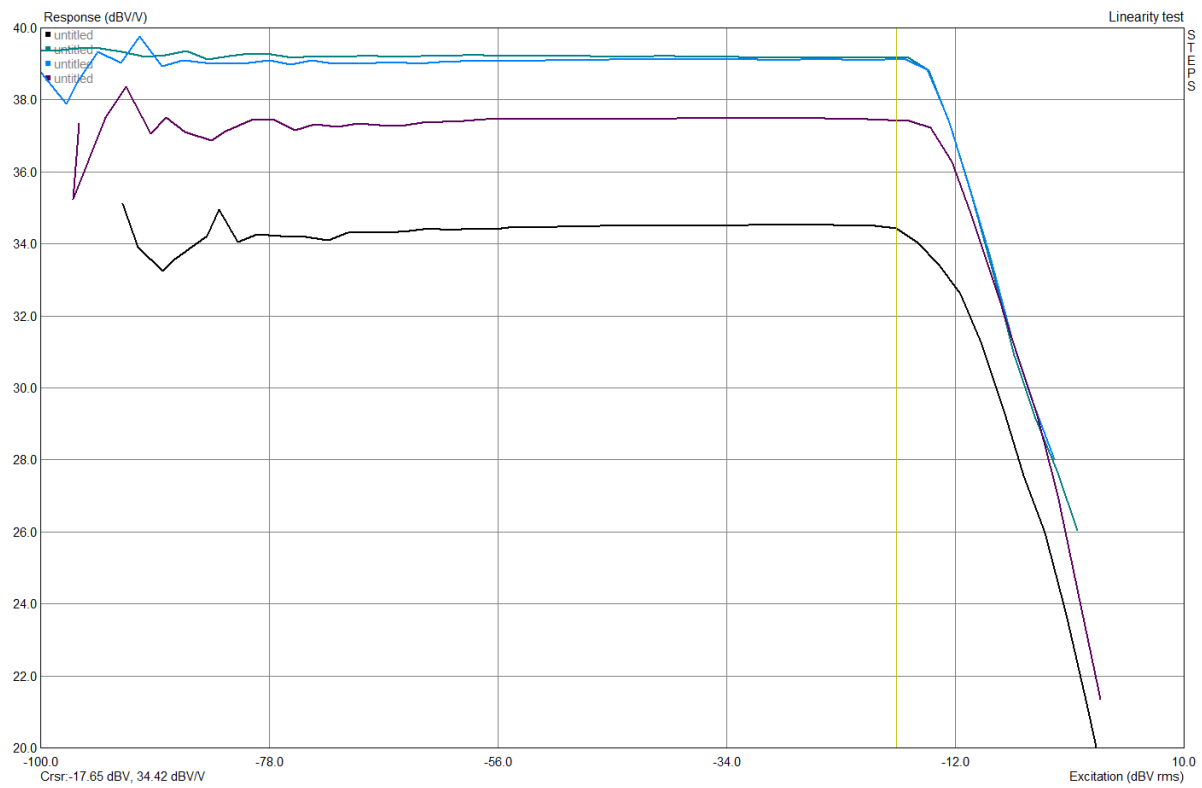
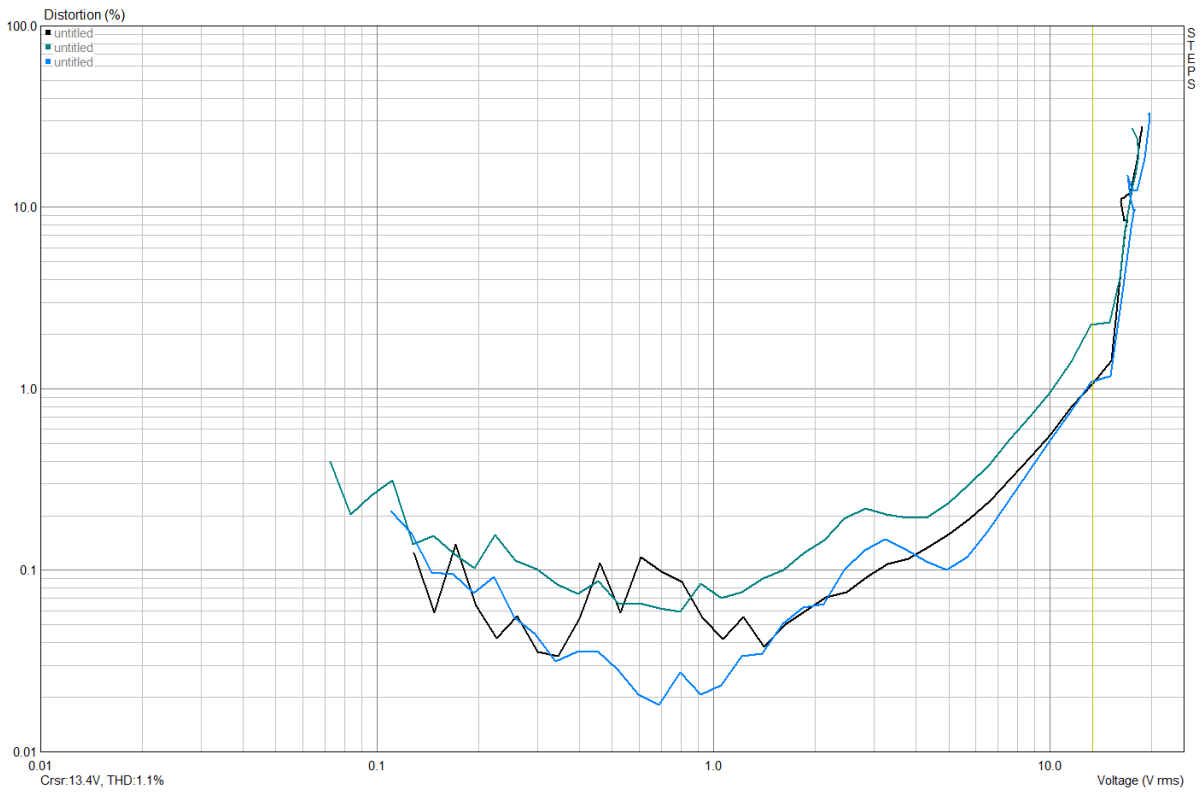


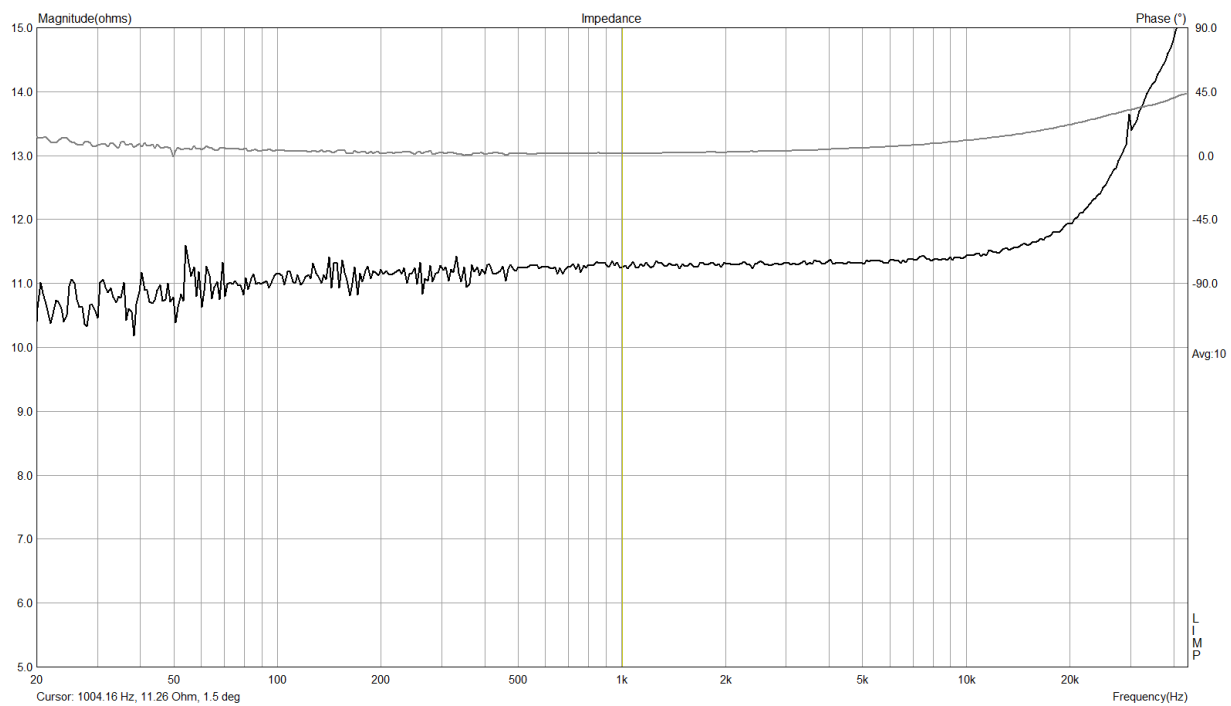












Triode EF Coupled

