

Dynamisk injektering Etapp 2

Återkopplad resonans och fyrkantvåg

Peter Ulriksen LTH



LUNDS
UNIVERSITET

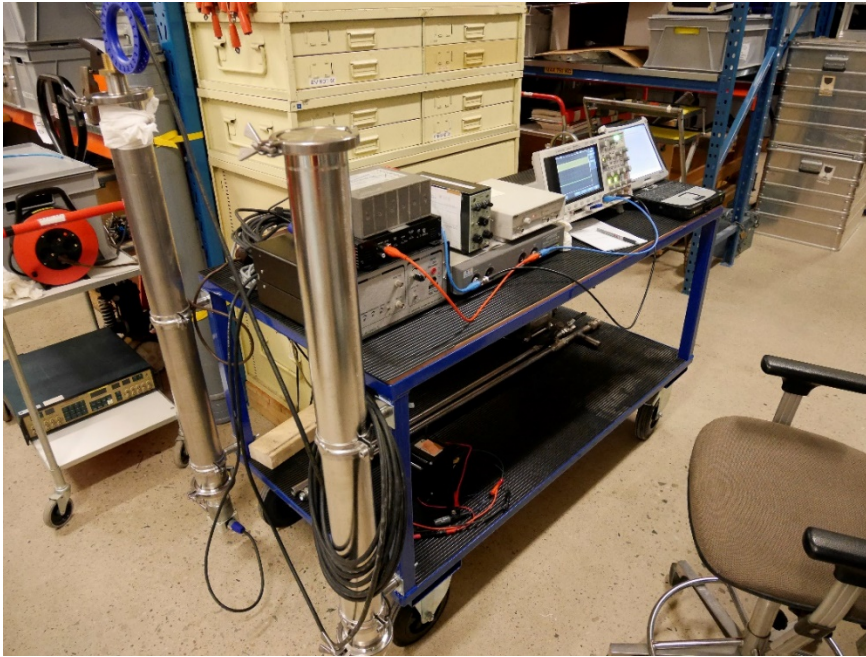
Dynamisk injektering innebär att det injicerade bruket utsätts för oscillationer i trycket. Dock måste det finnas ett nettotryck för att bruket skall penetrera in i sprickorna.

Det svåraste problemet är att få dessa oscillationer att verka långt ut i spricksystemet.

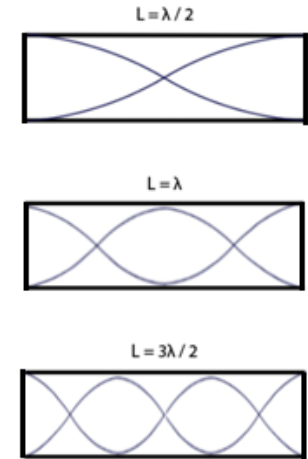
Man kan visa att det mest effektiva sättet att få ut oscillationer i systemet är att dessa sker vid någon av systemets resonansfrekvenser.

Eftersom dessa frekvenser ändrar sig under injekteringsarbetets gång är det fördelaktigast att skapa oscillationerna med hjälp av **återkopplad resonans**. Det innebär att man känner av frekvensen vid slutet av injekteringsslangen och låter den signalen styra den oscillerande injekteringspumpen.

Den så uppmätta historiken över hur resonansfrekvensen ändrat sig under injekteringsförloppet kan sannolikt användas för att analysera injekteringsförloppet.

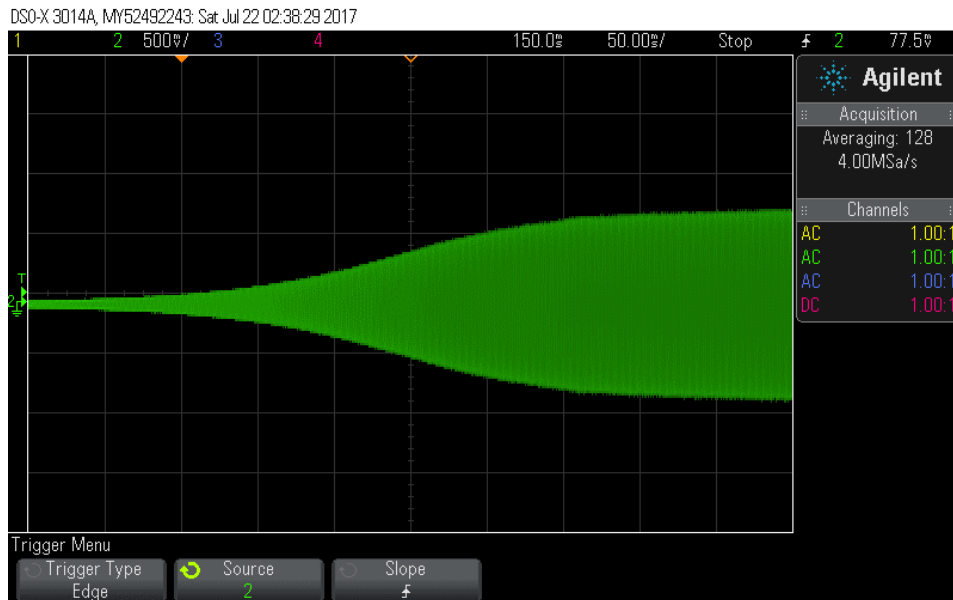


Resonanskamrarna t.v. uppkopplade med olika sändare i nedre delen. Det borte röret har en hydrofon som återkopplar svängningarna i röret, vilket gör att den dominerande tonen tar över. Denna hydrofon flyttas mellan rören.
Equipment for feedback resonance experiments.

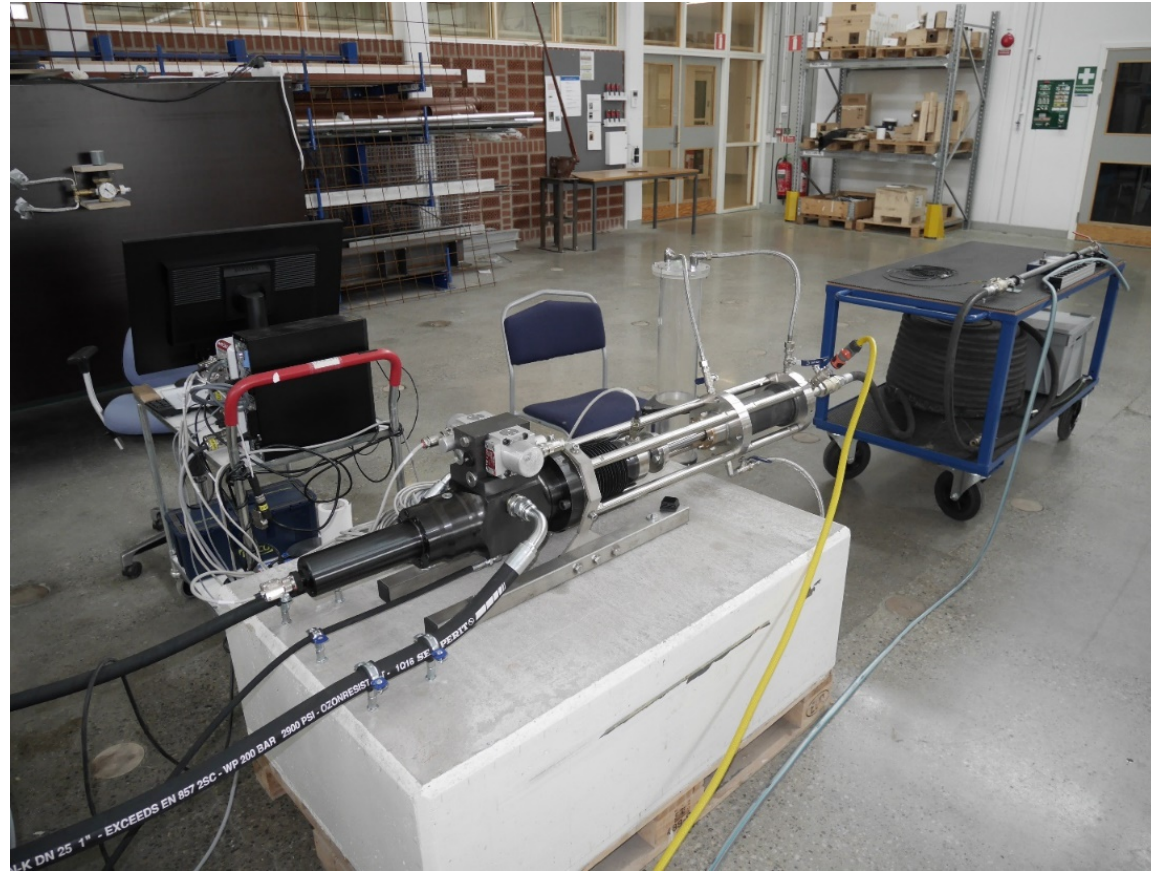


Att återkopplad resonans fungerar i vätskor visas här

Trycket i ett i båda ändar slutet rör exciterat i ena ändpunkten.
Double closed system.



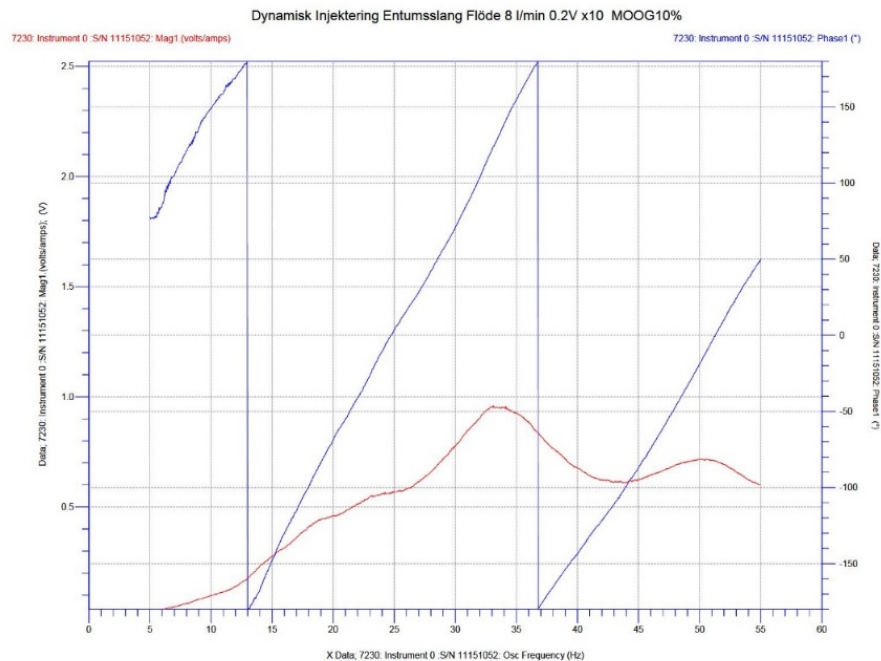
Exempel på automatiskt insvängningsförlopp vid resonant återkopplings i en av LTH:s resonanskamrar OD 80 mm. Källan är en geofon och resonansfrekvensen är 2760 Hz, med åtminstone två övertoner.
Illustration of hydraulic feedback resonance.



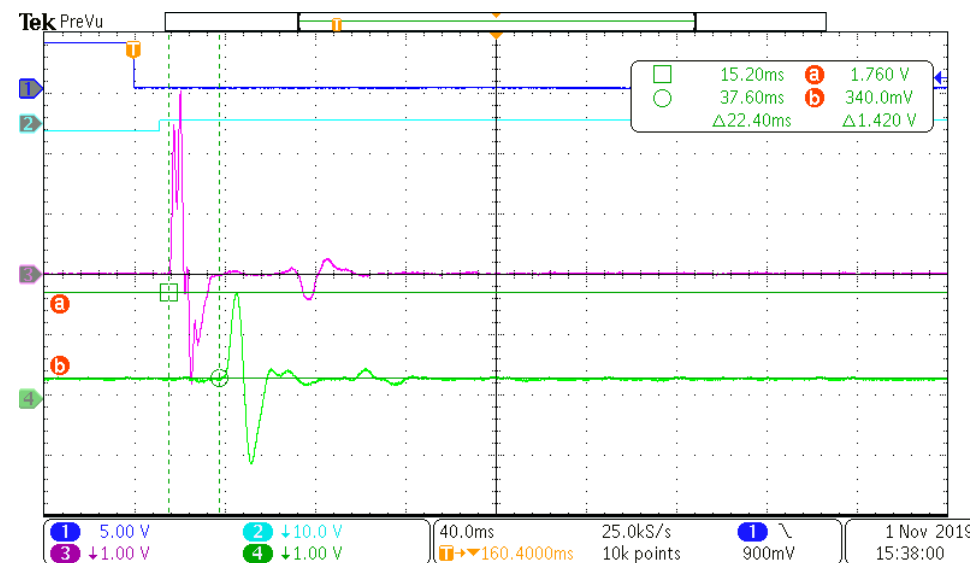
Den elektrohydrauliska injekteringspumpen kopplad till 20 m upprullad injekterings slang och 1 m injekteringsrör liggande på den blå vagnen t.h.

Hydraulic grouting pump, 20 m grouting tube coiled on the blue wagon and an injection pipe on top.

Öppet system – Flöde 20 l/min

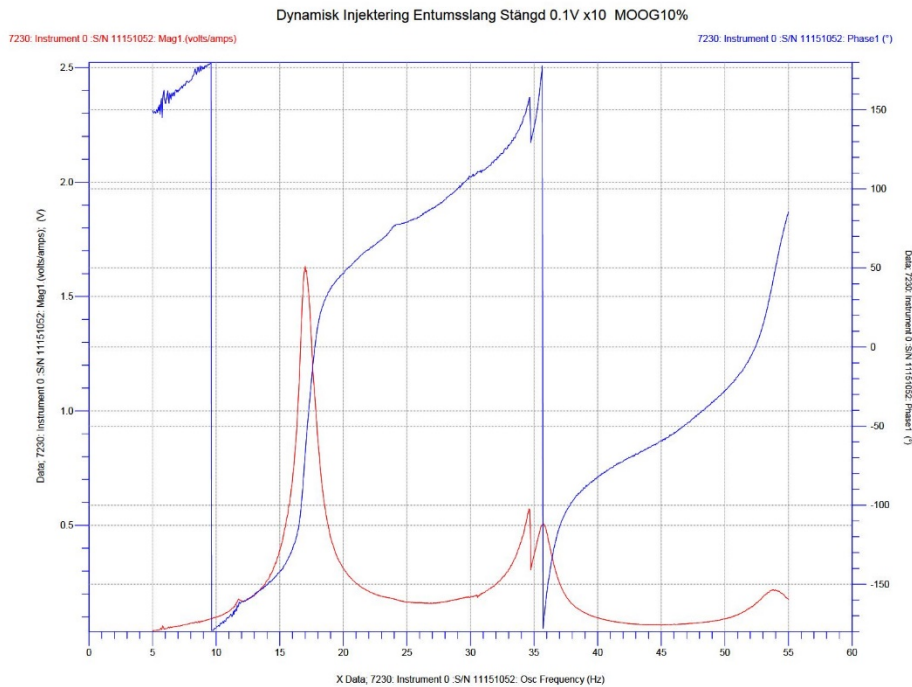


Sinusecitering. 2V excitering. $F_0=33\text{Hz}$,
 $Af_0=950\text{mV}$; $f_1=51\text{Hz}$, $Af_1=700\text{mV}$

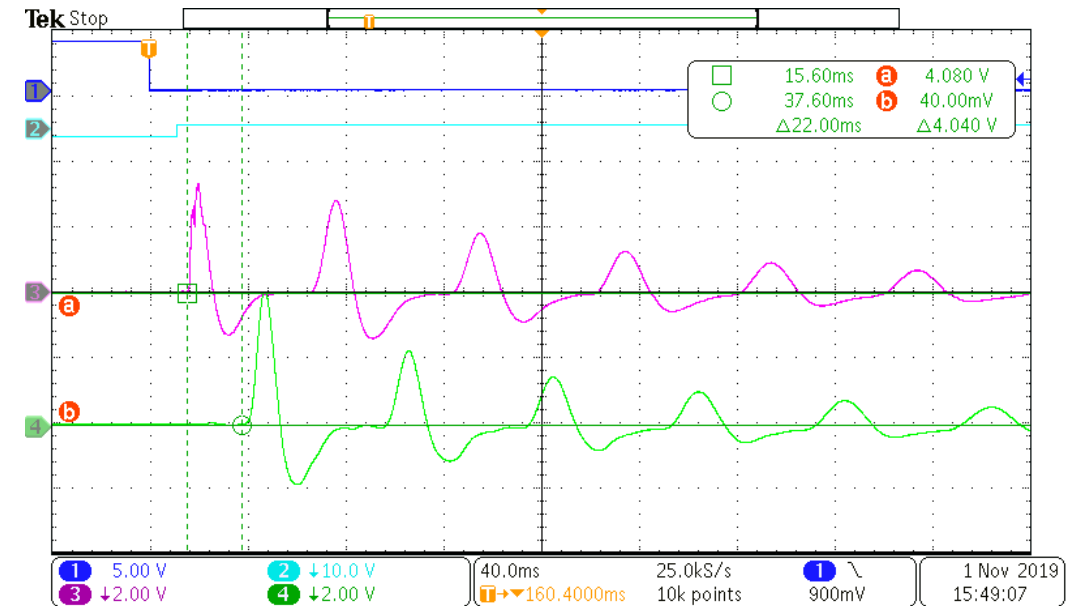


Transient excitering. Öppet system med flöde 8 l/min.
1 Vpp MOOG 10%. Ch 4= 1.420V, $dt=22.4\text{ms}$, svarande
mot en tryckvågsutbredningshastighet 980 m/s.

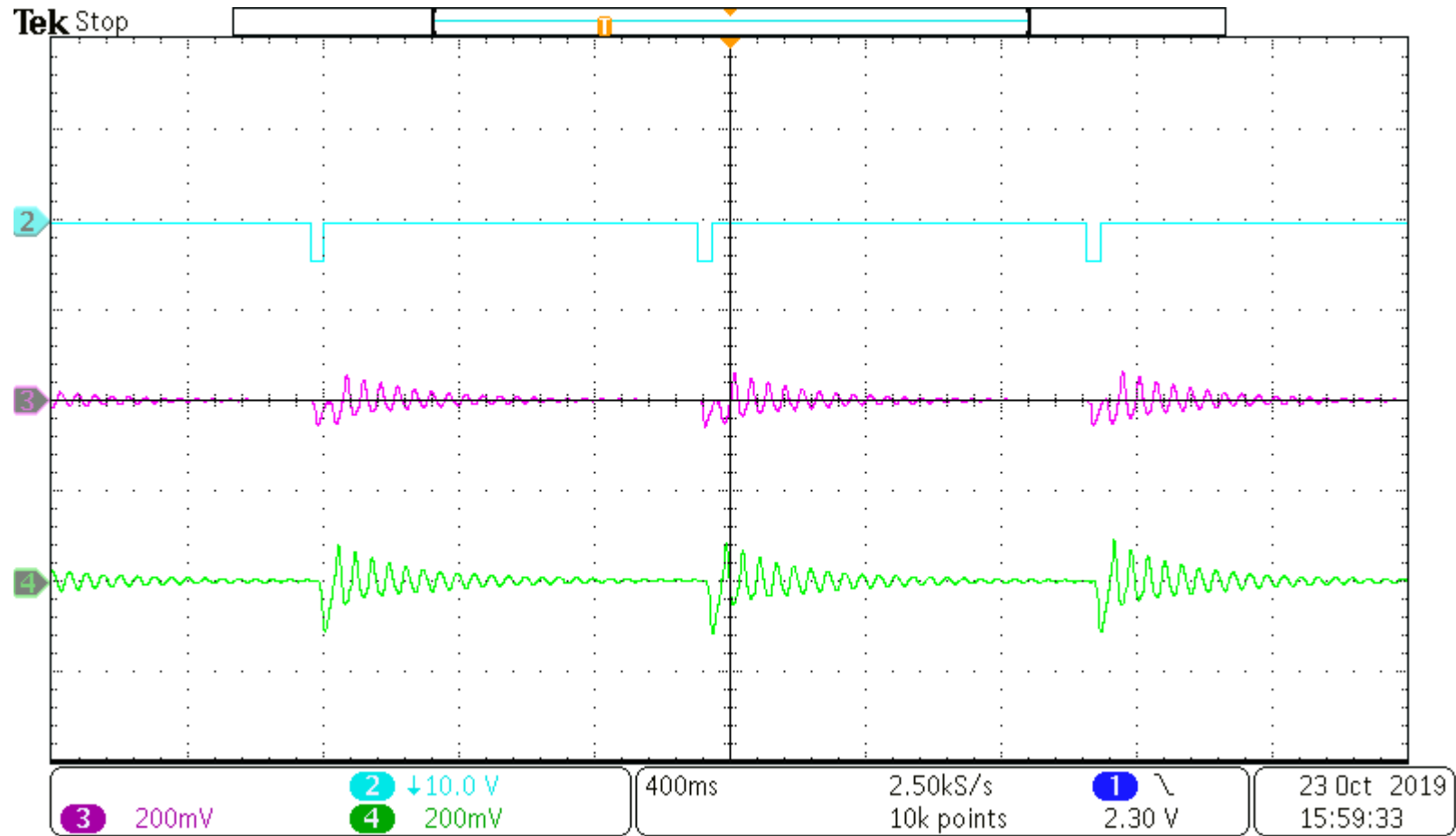
Slutet system – inget flöde



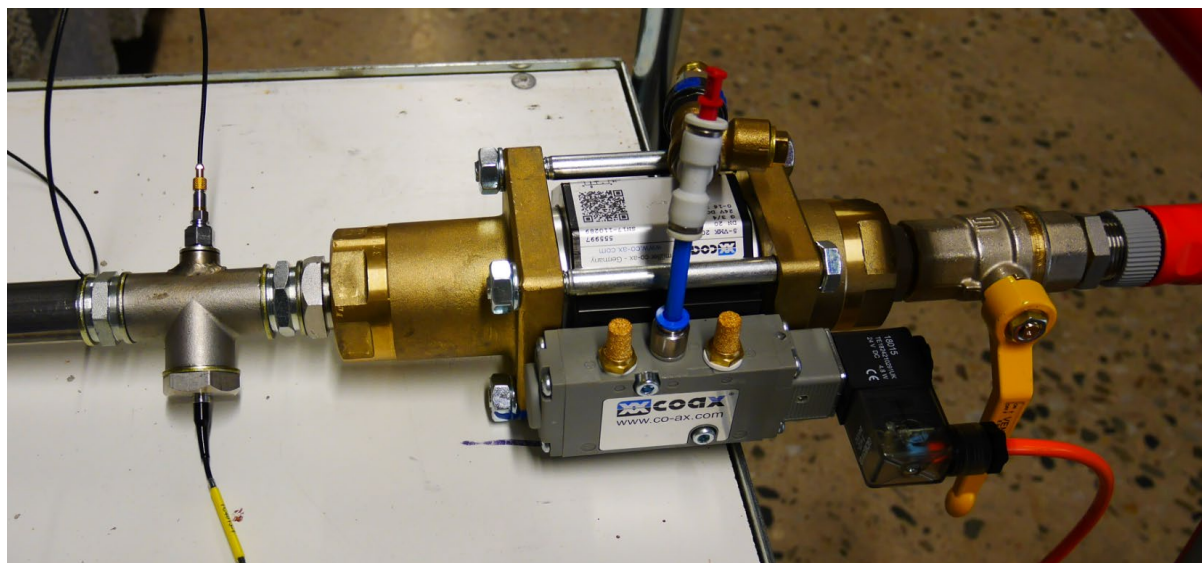
Kontinuerlig sinus. 1V excitering. $F_0=17\text{Hz}$,
 $Af_0=1.70\text{V}$; $f_1=36\text{Hz}$, $Af_1=500\text{mV}$



Transient excitering. AWG 1 Vpp; MOOG 10%;
Ch 4= 4.040V; dt=22.0 ms



Försök med korta pulser fyrkantvåg från pulsgenerator Topward. Tryckgivare Kanal 3 och 4. Pulserna får kolven att gå snabbt tillbaka (Kanal 2) och sedan lika snabbt framåt. Dessa tryckpulser blandas, men sedan svänger trycket vid resonansfrekvensen för slangen. *Pressure sensors: Square wave negative excitation.*



Enklare och billigare sätt att göra fyrkantvåg

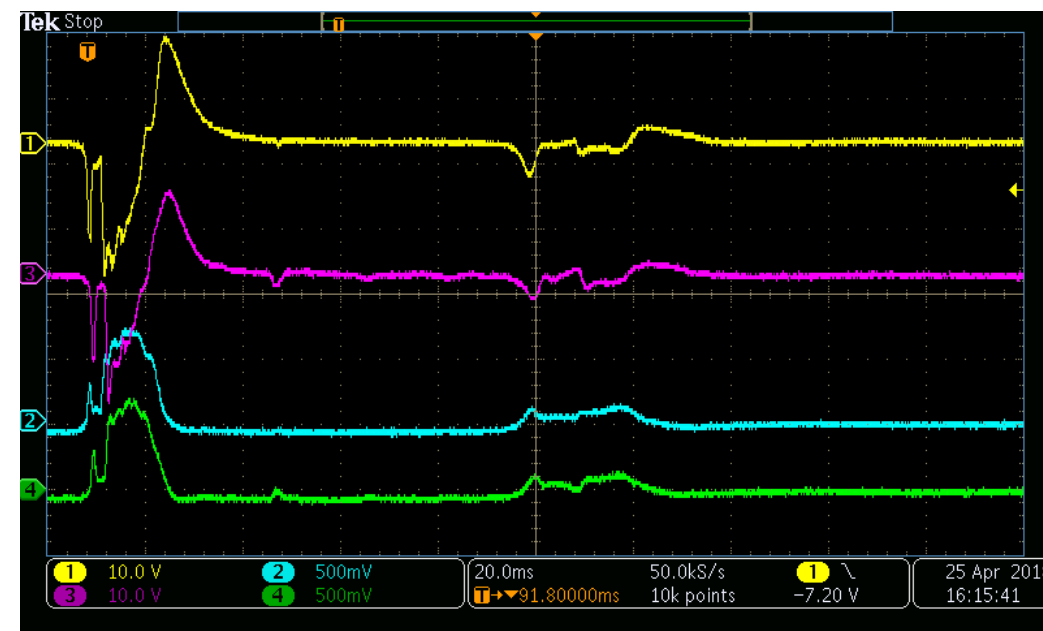
Koaxialventil kopplad till injekteringsrör via en mätsektion i form av en T-koppling med en hydrofon och en tryckgivare inbyggda. Blå slang är tryckluft, orange kabel elektrisk styrning.

Coaxial valve with pressure transducer and hydrophone.

Test av olika givartyper

Ventilen stänger. Hydrofonsignalerna (1) och (3) har inverterat tecken relativt tryckgivarsignalerna (2) och (4).

Coaxial valve is closing.



Spricksimulator



Det bifurkerande slangträdet 12 - 4 mm med c:a 2m slang i varje diameter.
12 mm(1st), 10mm(2st), 8mm(4st), 6mm(8st) och 4mm(16st).
Bifurcating tree of tubes.

Simulering av tunna sprickor – kort spalt



Nyttillverkade varianter av "kort spalt" med följande spaltvidder:
Spalt 1: 40, 55, 70 och 95 μm - Spalt 2: 80, 100, 120 och 140 μm .
Design Almir Draganovic, KTH Jord och Bergmekanik.
Short columns with eight apertures.