

IEEE/EMC Sweden
Ludvika 2005-04-21
Lars-Erik Juhlin



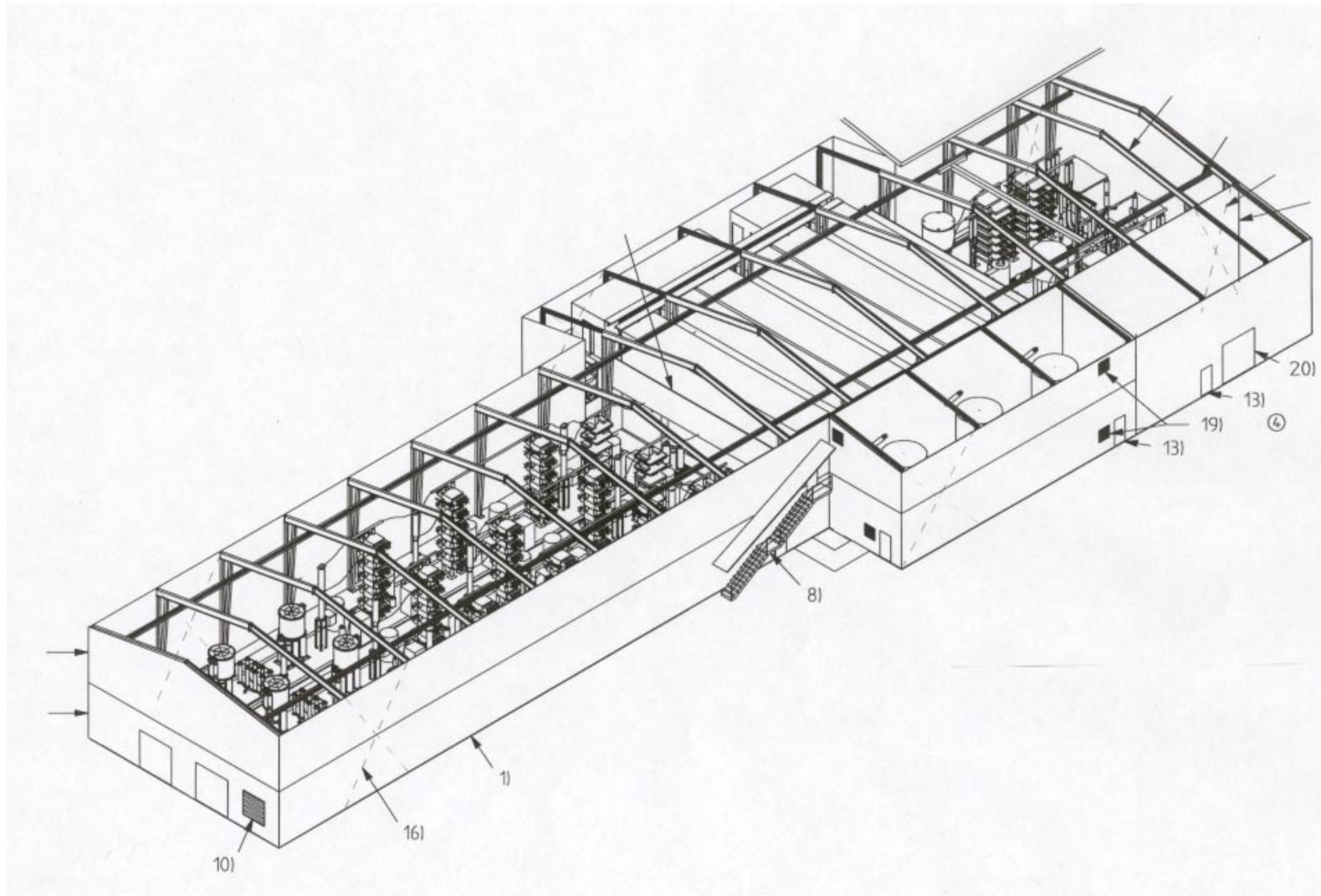
Kretssimulering av HF-svängningar i fysiskt stora system (beräkning)



Stora objekt kombinerat med höga frekvenser

- Frekvenser av intresse upp till ca 30 MHz, $\lambda = 10$ m.
- Byggnadens storlek ca 100 x 30 m.
- Det finns ganska många huvudkretsapparater.
- Huvudkretsapparaternas första resonansfrekvens ligger i området 100 kHz till 500 kHz.
- Det finns ett antal olika kretsresonanser.
- Att modellera hela kretsen för högsta frekvensen ger helt orimliga beräkningstider.
- Beräkningar kalibreras mot mätningar.
- Mål för beräkning – förbättrad dämpning och minskad antennarea.

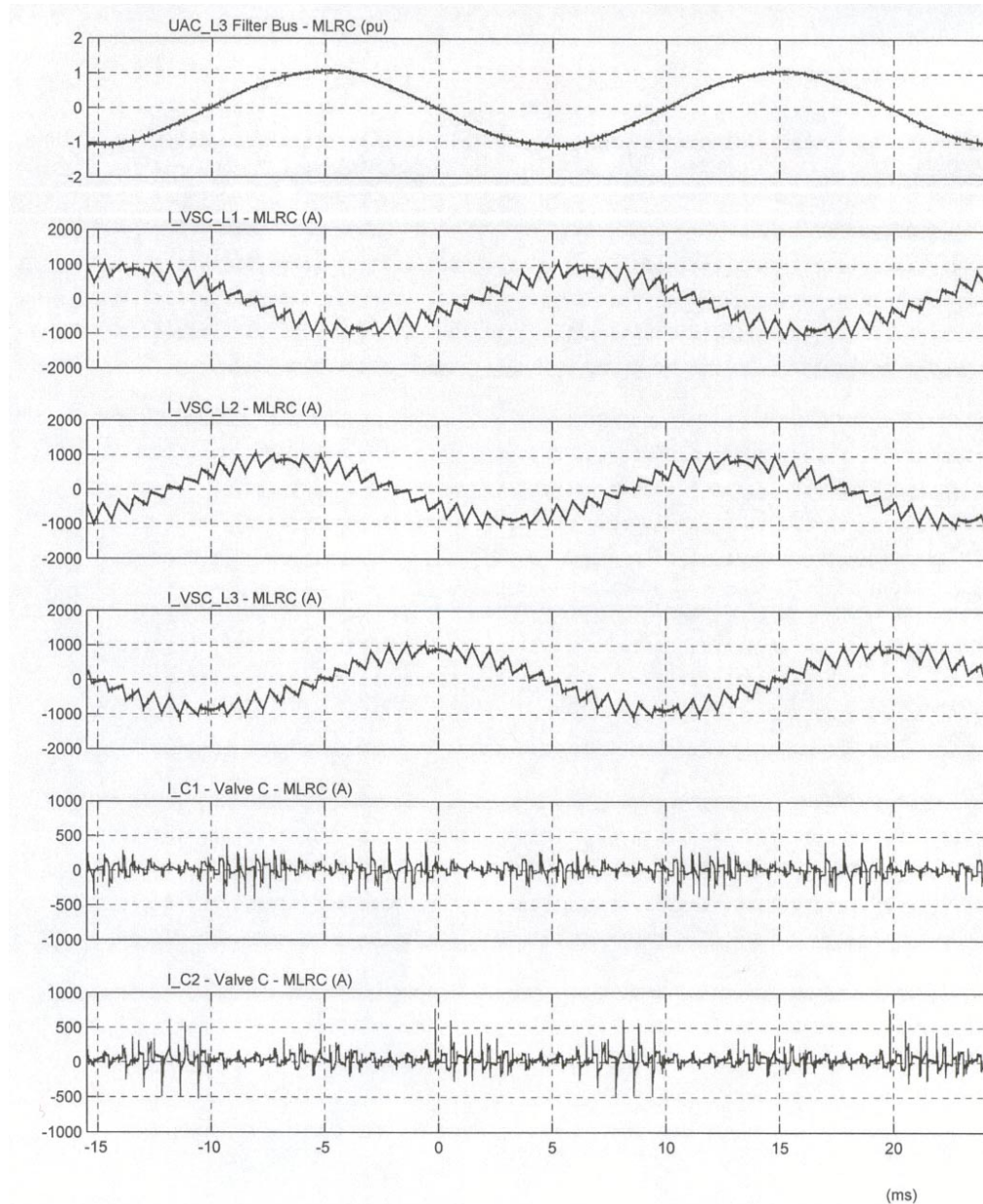
Vy av byggnad med VSC-strömriktare



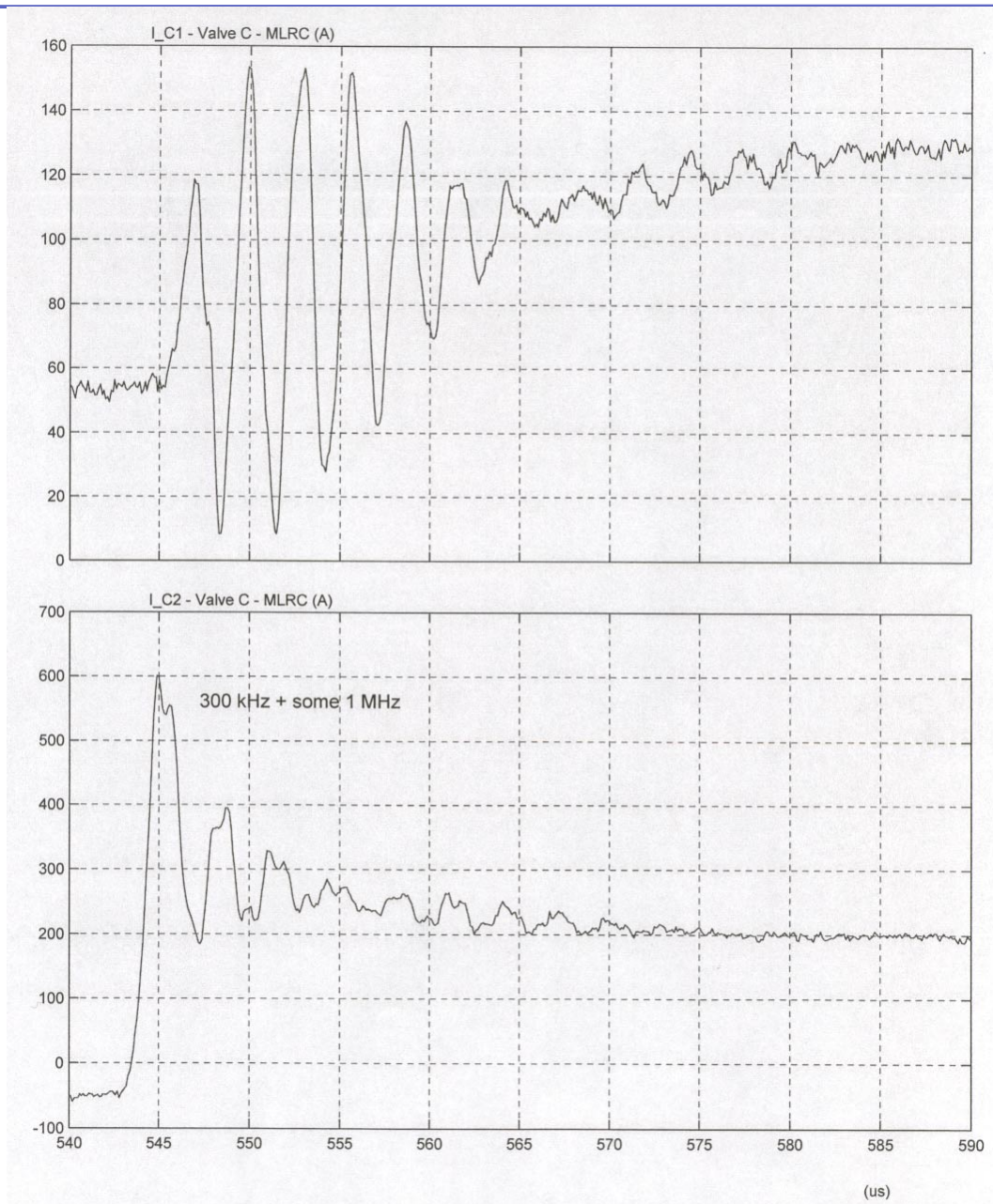
Beräkningsmetodik

- De snabba transienterna genereras av ventilen.
- Transienterna når längre ut ju lägre frekvensen är.
- Orienterande beräkning med EMTDC för att identifiera kritiska kommuteringsförlopp och mest berörda kretsar.
- P-Spice simulering av några få kommuteringar, med inblandade kretsar modellerade korrekt till ca 500 kHz.
- P-Spice simulering av kritisk kommutering med de inblandade kretselementen simulerade korrekt till högsta intressanta frekvens. Kretsar längre ut enklare representerade

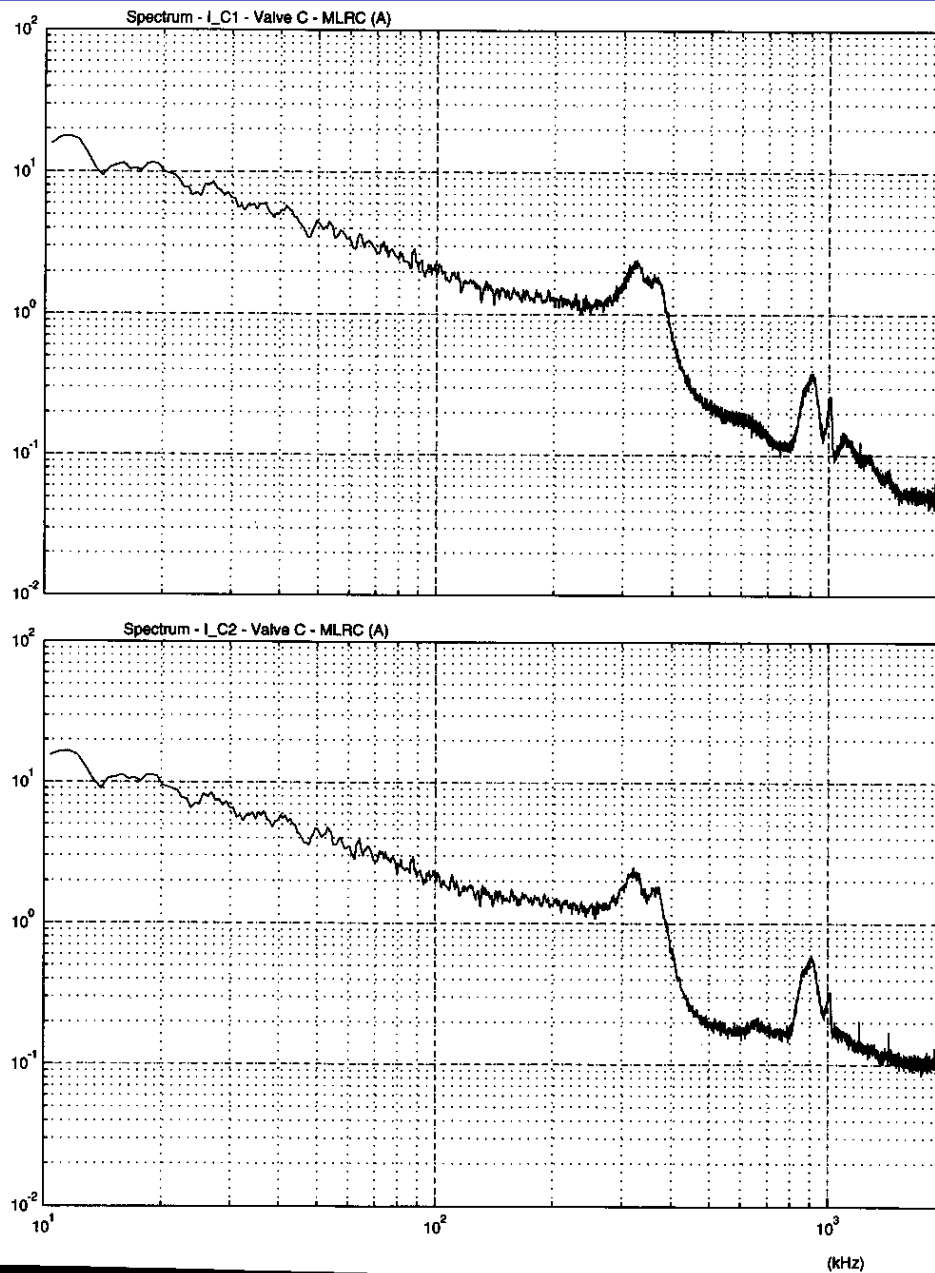
Ström i ventilkondensatorer – 40 ms tidsspann



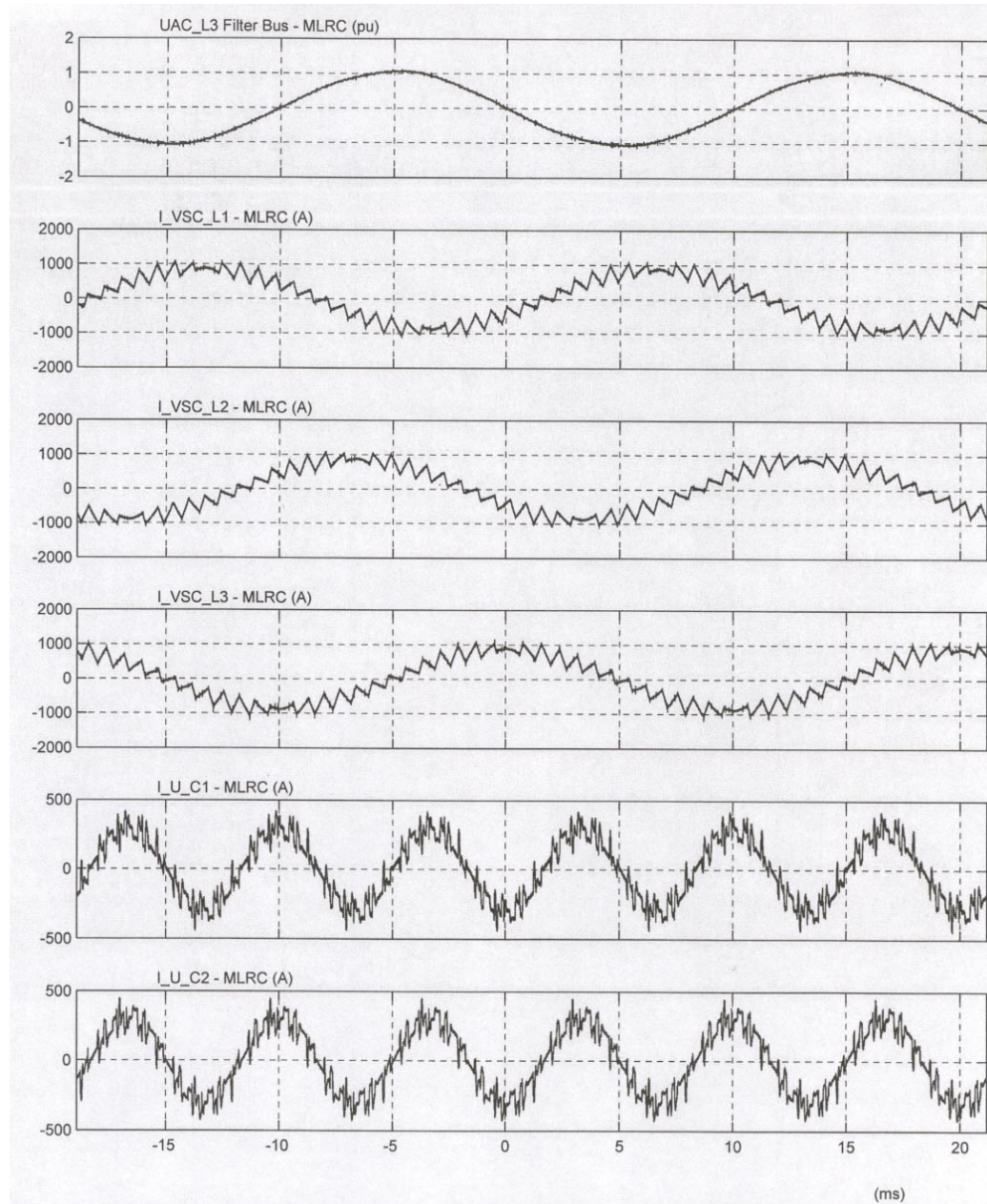
Ström i ventilkondensatorer – 50 μ s tidsspann



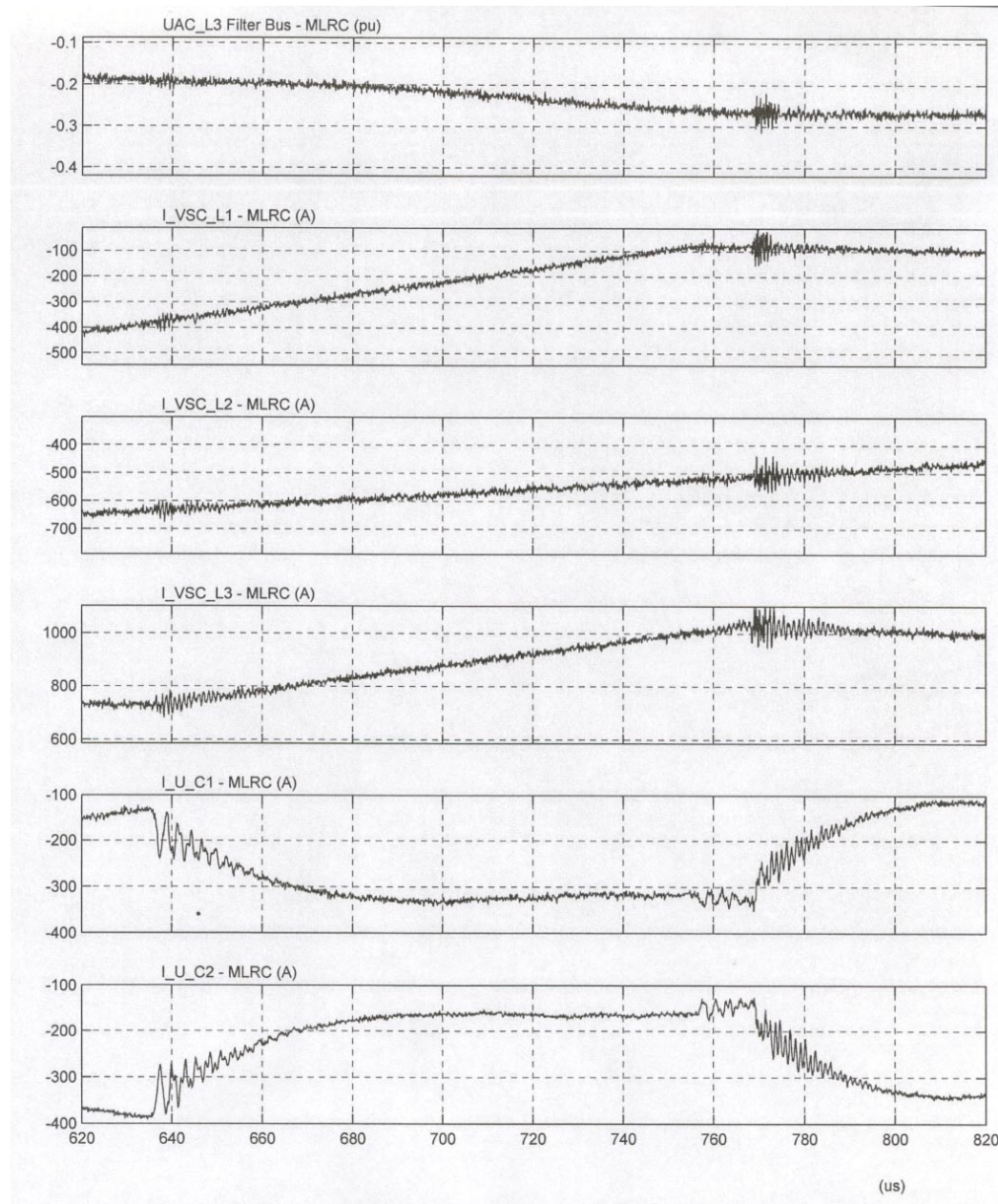
Ström i ventilkondensatorer -frekvensinnehåll



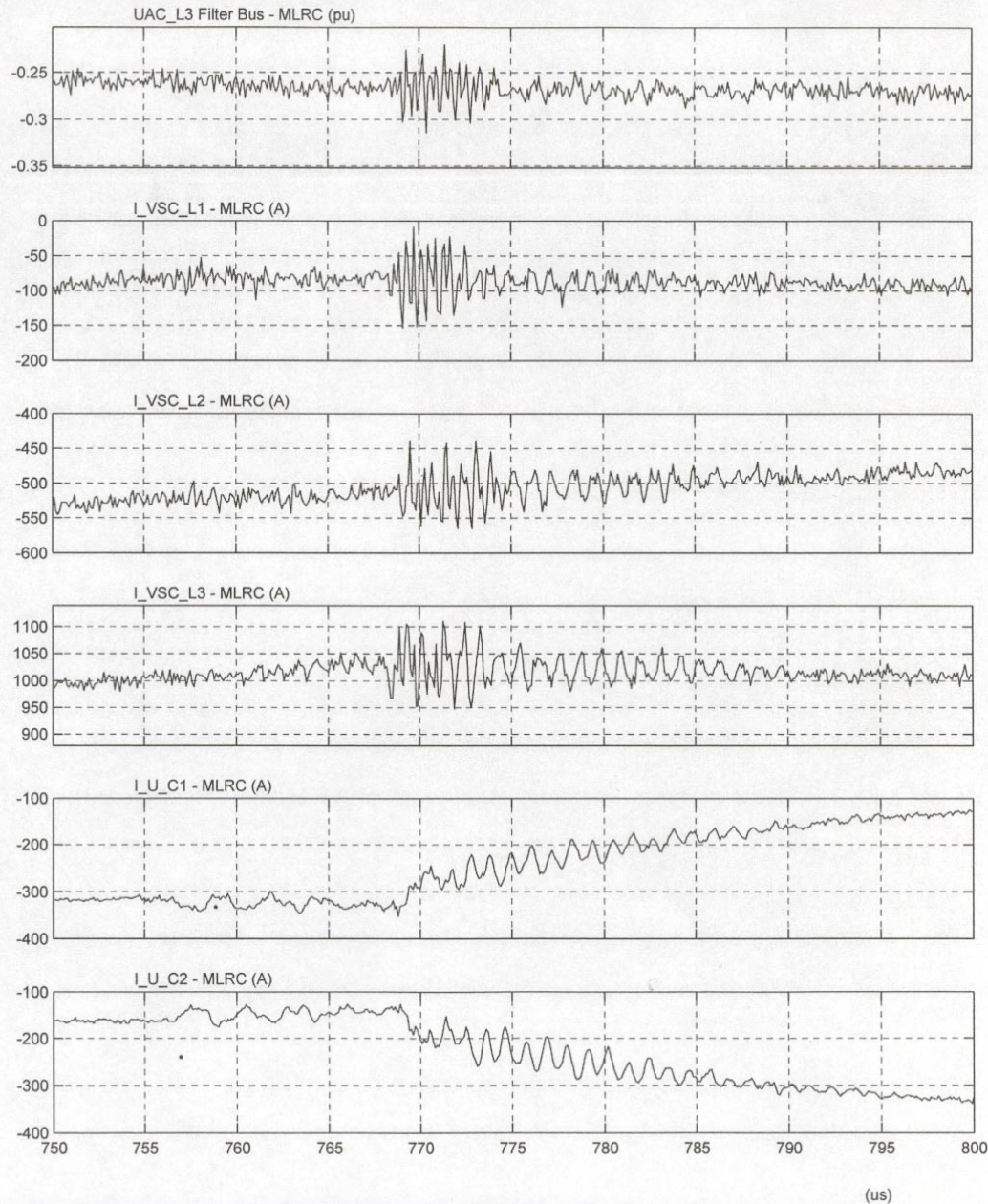
Ström i tredjetonsfilter – 40 ms tidsspänn



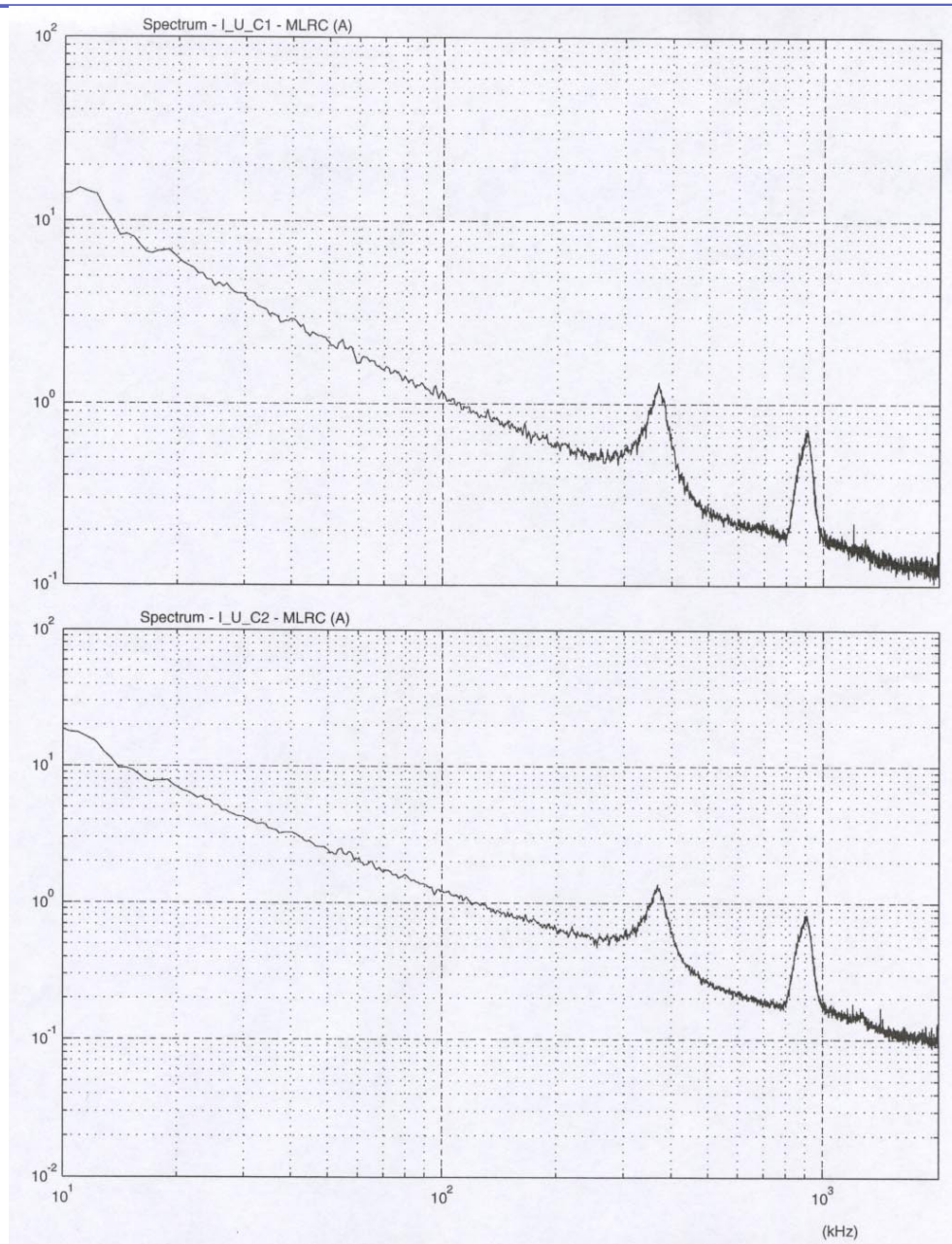
Ström i tredjetonsfilter – 0,2 ms tidsspann



Ström i tredjetonsfilter – 50 μ s tidsspann



Ström i tredjetonsfilter - frekvensinnehåll



Översikt – simulering med EMTDC

- Ganska rättfram simulering, används för att simulera dynamik och felfall.
- Kretsen representerad av verkliga komponenter, med några få tillägg av parasitelement.
- EMTDC stabil mot höga resonansfrekvenser
- Tidssteg storleksordningen 100 ns.
- Ger någorlunda rätt beteende upp till 50 – 250 kHz.
- Simulering omfattar ett antal perioder av kraftfrekvens, 50 Hz.

P-Spice – lägre frekvensområdet

- Med ledning av EMTDC-, och mätresultat, öka detaljeringsgraden för simulering av kretsar kritiska för svängningar upp till ca 500 kHz.
- Val av begynnelsevillkor och kommuteringsförlopp så att de kommuteringar som gav värst transienter i EMTDC och mätningar simuleras. Kan bli flera fall.
- Modellering av kablar och jordningssystemet fordrar omtanke och kretsförståelse.
- Utvärdering av åtgärder för att minska transienter och svängningar som är för stora.

P-Spice – högre frekvensområdet

- Svängningar av dessa höga frekvenser är begränsat till ett litet område nära ventilen. Tillräckligt att studera en enskild kommutering.
- Berörda kretsdelar detaljerat modellerad med beaktande av den höga frekvensen. Parasitelementen är dominerande.
- Den övriga delen enklare modellerad beroende på hur långt bort den ligger (elektriskt).
- Utforma och verifiera erforderliga dämpkretsar.

Sammanfattning

- Höga frekvenser och fysiskt stora kretsar med många komponenter ger för många komponenter för att fullständig simulering skall vara realistisk.
- Delas i ett antal mer hanterbara delproblem.
- Anslutningar (kablar) och jordförbindelser kräver speciell omtanke vid modellering.
- Kretsdämpning svårare att uppskatta än resonansfrekvenserna – erfarenhet viktig.

A B B