

Telekommunikation (RRY 010) läsåret 2017/18:

Laboration 1

Ledningsparametrar och ledningsförluster

Syfte

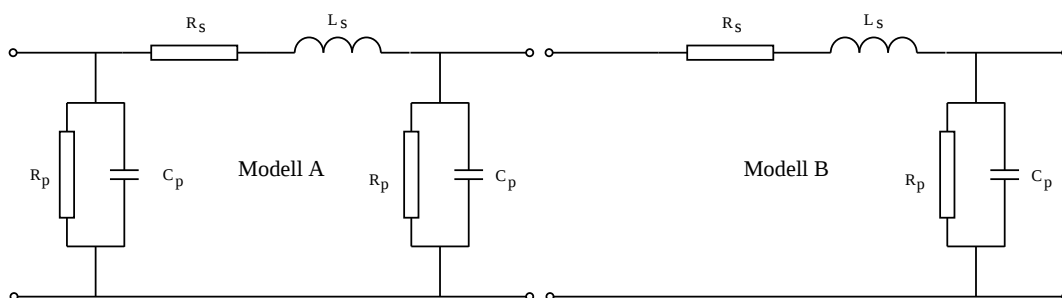
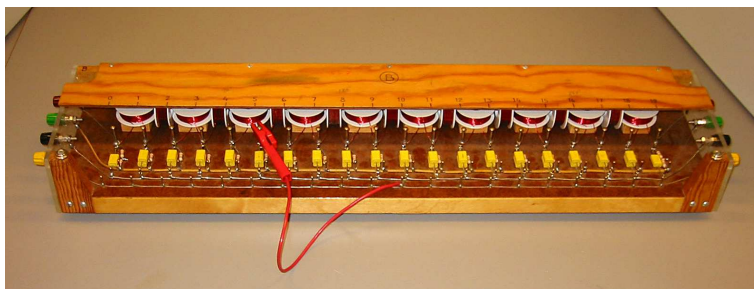
Syftet med laborationen är att skapa en konkret bild av begrepp som dämpningskoefficient α , fas-konstant (vågta) β , gångkonstant γ , samt längsimpedans och tväradmittans per längdenhet, Z_s respektive Y_p (index s står här för seriekopplad", index p står för parallellkopplad"). Syftet är också att demonstrera utbredning av spänningsvågor, åskådliggöra ståendevågmönstret på en förlustbehäftad ledning vid några olika belastningsfall samt att påvisa sambandet mellan uppmätta värden på de primära ledningsparametrarna Z_s (längsimpedans) respektive Y_p (tväradmittans) och uppmätta värden på gångkonstanten γ respektive den karakteristiska impedansen Z_0 .

Förberedelseuppgifter

1. Studera mekanismen för utbredning av spänningsvågor i en kedja av sektioner med diskreta komponenter. Gör gärna en kretssimulering av utbredningen av ett spänningssteg. Det räcker att ta med ett fåtal sektioner (t.ex. fyra) för att tydligt se utbredningen.
2. Repetera relevant ledningsteori så att du är väl förtrogen med grundläggande samband (skriv ner dem och lär dig formlerna!) för reflektionskoefficienten Γ , karakteristiska impedansen Z_0 , gångkonstanten (utbredningskonstanten) $\gamma = \alpha + j\beta$, samt ledningens primära parametrar.
3. Skriv matematiska uttryck för spänningsvågor längs en ledning: Den mot last gående vågen, den mot generatorn gående vågen, samt den totala vågen.
4. Skissera ståendevågmönstret (grafer som visar hur totala spänningens toppvärde varierar längs ledningen) då ledningens fjärrände är öppen, kortsluten respektive avslutad med $Z_L = Z_0$. Börja med en förlustfri ledning och fundera sedan hur mönstret ändras om ledningen har dämpning. Hur läser man av signalens våglängd ur ståendevågmönstret?
5. Lös uppgifterna L6 och L11.
6. Ta reda på hur man bestämmer Z_0 genom mätning av inimpedans då ledningens fjärrände är kortsluten respektive öppen. Vilka beräkningar behöver göras?
7. Läs igenom laborationens experimentella uppgifter, så att du är väl förberedd på vad som skall mätas och hur mätningarna går till. Rita scheman som visar hur du kopplar ihop signalgenerator, mätinstrument och komponenter för respektive experiment.

Mätobjekt

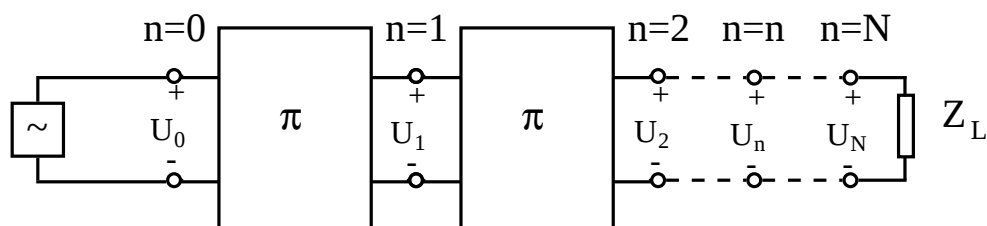
I denna laboration skall mätningar utföras på en konstledning som är uppbyggd av nitton identiska sektioner av antingen modell A eller modell B (se Figur nedan). Konstledningen simulerar en mycket lång ledning genom att använda spolar, kondensatorer och resistorer. Vid varje sektion finns mätpunkter som gör det möjligt att mäta amplitud och relativt fasläge över ett tvärsnitt av ledningen (se ekvivalenta scheman på nästa sida). Separata sektioner av både modellvariant A och B finns dessutom tillgängliga i laboratoriet och används i mätuppgift 4. Vid de beräkningar som utförs skall längdenheten utgöras av en sektion.



Uppgift 1: Karakteristiska impedansen Z_0

Den komplexa kortslutnings- och tomgångsimpedanserna Z_k respektive Z_t uppmätes med hjälp av en LCR-meter som finns tillgänglig i laborationssalen. Mätningarna utföres vid frekvensen 10 kHz. Ur de uppmätta värdena på Z_k och Z_t beräknas den karakteristiska impedansen hos din ledning.

Uppgift 2: Dämpningskoefficienten α



Mät upp spänningens effektivvärde längs ledningen (U_0 – U_{19} enligt Figur 2) för tre olika belastningsfall:

1. Ledningen avslutad med en anpassad last ($Z_L = Z_0$)
2. Ledningens fjärrända kortsluten ($Z_L = 0$)
3. Ledningens fjärrända öppen ($Z_L = \infty$)

För vår konstledning är den komplexa karakteristiska impedansens argument litet. Då kan vi approximera Z_0 som en rent reell impedans och använda en dekadresistor som anpassad last. Konstledningens inklämmor anslutes till en funktionsgenerator som ställs in att leverera en 10 kHz sinusformig spänning med 3,0 V effektivvärde (vid $n=0$) då ledningen är avslutad med anpassad last. Funktionsgeneratorns inställning skall därefter bibehållas under mätningarna 1–3 enligt ovan. Gör en tabell och rita därefter en graf som visar de uppmätta spänningarna som funktion av ledningsläget uttryckt i sektionsnummer, $n = 0$ till $n = 19$. Samtliga tre grafer ritas i samma diagram. Jämför och kommentera grafernas form med det som förväntas från teorin (tänk t.ex. på stående vågor)! Beräkna dämpningskoefficienten α ur mätdata för belastningsfall 1 ($Z_L = Z_0$). Ange α i enheten neper per sektion. Gör analysen genom att rita en graf av $\ln(U_n)$ som funktion av n och anpassa en rät linje till punkterna. Använd den räta linjen till bestämning av α .

Uppgift 3: Faskonstanten β

Studera med hjälp av oscilloskop fasvidningen längs konstledningen avslutad med en anpassad last. Ur oscilloskopdata kan faskonstanten (vågtalet) β uttryckas i enheten radianer per sektion. Du kan nu uttrycka ledningens gångkonstant γ med hjälp av de värden på α och β du mätt upp. Beräkna ur mätdata också våglängden uttryckt i antal sektioner samt fashastigheten uttryckt i antal sektioner per sekund. Hur många våglängder får plats i konstledningen? Hur lång är en normal koaxialkabel som innehåller samma antal våglängder vid samma frekvens (ta själv reda på typiskt värde för fashastigheten i en koaxialledning)?

I den skriftliga rapporten skall du även skriva upp vågfunktionen (med numeriska parametervärden insatta) som beskriver vågen som utbreder sig längs ledningen i två fall: kortsluten ledningsände resp. anpassad last.

Uppgift 4: Utbredning av ett spänningssteg

Ändra insignalen till en fyrkantssignal med pulsrepetitionsfrekvensen 100 Hz. Signalen tas ut från funktionsgeneratorns sync-utgång. Ledningens fjärrände lämnas öppen. Mät med oscilloskop dels signalen vid ledningsingången, dels vid andra positioner och se hur spänningsfronten utbreder sig längs ledningen (ju längre bort från ingången desto senare ökar spänningen från noll). Mät utbredningsfarten i enheten sektioner/sekund. Det är troligen lättast att mäta tidpunkterna då pulsens front nått ca halva maxvärdet. Jämför med fashastighetsmätningen från i uppgift 3. Eftersom fjärrändan är öppen kan man också se inverkan av reflexion.

Uppgift 5: Längsimpedansen Z_s och tväradmittansen Y_p

En lednings primära parametrar är längsresistansen R_s [Ω /meter], längsinduktansen L_s [H/meter], tvärkonduktansen $G_p = 1/R_p$ [S/meter] samt tvärkapacitansen C_p [F/meter].

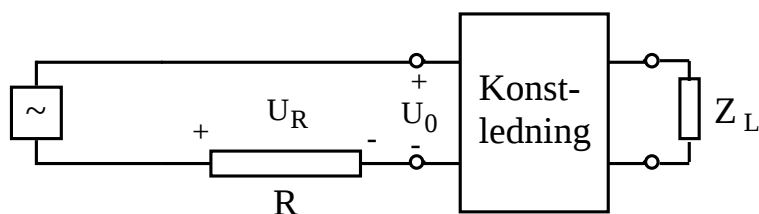
Använd LCR-meter och mät upp längsimpedansen per sektion, $Z_s = R_s + j\omega L_s$, respektive tväradmittansen per sektion, $Y_p = G_p + j\omega C_p$, på en av de separata enskilda ledningssektionerna i labsalen. Kontrollera därvid att du mäter på rätt ledningsmodell (A eller B, motsvarande din konstlednings typ) och vid rätt mätfrekvens. Jämför de beloppsvärden på Z_s och Y_p som mätningen ger med de värden som erhålls genom att beräkna beloppen av Z_s och Y_p ur de uppmätta värdena på Z_0 och γ (labuppg. 1-3).

Uppgift 6: Kortslutnings- och tomgångsimpedansen

Mät upp beloppet av konstledningens komplexa inimpedans genom att koppla in en dekadresistor i serie med ledningen enligt Figuren nedan. När $U_0 = U_R$ gäller att $|Z_{in}| = R$ (förklara också att det är så). Mätningen utförs för tre belastningsfall:

1. Ledningen avslutad med en anpassad last (ger $Z_{in,0}$)
2. Ledningens fjärrända kortsluten (ger $Z_{in,k}$)
3. Ledningens fjärrända öppen (ger $Z_{in,t}$)

Jämför med de i uppgift 1 uppmätta värdena på Z_k och Z_t samt det ur dessa beräknade värdet på karakteristiska impedansen Z_0 .



Redovisning av laborationen

Redovisa bestämningen av karakteristiska impedansen, dämpningskoefficienten och faskonstanten (vågtalet), d.v.s. experimentella uppg. 1-4 i den skriftliga rapporten (som även omfattar delar av lab.2). Experiment 5-6 redovisas muntligt i samband med laborationstillfället.