

Telekommunikation (RRY 010) läsåret 2017/18:

Laboration 2

Reflexionsmätningar

Laborationen är uppdelad i två obligatoriska delar:

I. Pulsreflexionsmätningar

II. Studier av reflexioner vid sinusformad spänningsmatning
samt en frivillig del:

III. Extrauppgifter

Förberedelseuppgifter

1. Lös uppgift L2abcdefg.
2. Beskriv hur man mha en oscilloskopbild av ett stegsvar kan bestämma Γ_L . Ledningen är anpassad till generatoren. Rita figurer som illustrerar din beskrivning!
3. Visa med ett algebraiskt uttryck hur ledningens karakteristiska impedans Z_0 kan beräknas om man känner reflexionskoefficienten Γ_L för en viss känd lastimpedans Z_L om ledningen är anpassad till generatoren.
4. Beskriv hur man genom en pulsreflexionsmätning bestämmer vågens utbredningsfart, samt ϵ_r för isoleringsmaterialet mellan koaxialledningens inner- och ytterledare.
5. Beskriv hur man mha en oscilloskopbild av ett stegsvar kan bestämma Γ_G och hur man därur beräknar generatorns impedans. Ledningen är nu missanpassad till både generator och last. Rita figurer som illustrerar din beskrivning!
6. Två ledningar med olika Z_0 är ihopkopplade. Första ledningens (Z_0 känd) är ansluten till en anpassad generator. Beskriv hur du med mätning av stegsvaret vid ingången till ledning 1 kan bestämma Z_0 för ledning 2. Rita figurer som illustrerar din beskrivning! Fundera också på om det finns andra sätt att bestämma den andra ledningens karakteristiska impedans.
7. Betrakta en ledning med längden $\frac{\lambda}{2}$. Antag att både Z_L och Z_0 är reella. Var på ledningen inträffar spänningsmaxima respektive spänningsminima om $Z_L < Z_0$?
Samma fråga för $Z_L > Z_0$.
8. Betrakta en ledning med längden $\frac{\lambda}{4}$. Antag att både Z_L och Z_0 är reella. Var på ledningen inträffar spänningsmaxima respektive spänningsminima om $Z_L < Z_0$?
Samma fråga för $Z_L > Z_0$.
9. Lös uppgift L38a-d.
10. Läs ordentligt igenom laborationsuppgifterna och rita skisser för de kopplingar som används i respektive mätning.

Mätapparatur och komponenter

Funktionsgenerator HP 33120A, Digitalt oscilloskop Tektronics TBS 1052B-EDU, 20 m koaxialledning, 2 st. BNC-T kontakter, övergång från koaxialledning till banakontakt, ett urval av resistorer och kondensatorer. Följande hämtas från handledare: $50\ \Omega$, $75\ \Omega$ och $0\ \Omega$ avslutningar till koaxialledning, samt resistor med BNC-kontakter.

Redovisning

Redovisa uppg. I.1b, I.2abc, I.3 och II.2 i den skriftliga rapporten (som även omfattar delar av lab.1). Experiment I.1a och II.1 redovisas muntligt i samband med laborationstillfället.

I. Pulsreflexionsmätningar

Syfte

Syftet med laborationen är att studera hur pulser utbreder sig längs transmissionsledningar, samt att studera de reflexionsfenomen som uppkommer på grund av elektriska ledningsdiskontinuiteter.

Uppgift 1: Vågens utbredningsfart, ledningsparametrar

a) Montera BNC-T kontakter på oscilloskopkanalingångarna. För BNC-T kontakten vid oscilloskopkanal 1 gäller att till ena porten ansluts en kort koaxialledning från funktionsgeneratoren (Sync-utgången), medan till den andra porten ansluts en 20 m lång koaxialkabel. För BNC-T kontakten vid oscilloskopkanal 2 gäller att till ena porten ansluts 20 m koaxialkabelns fjärrända, medan den andra porten lämnas öppen. Eftersom ledningen ej har avslutats med en impedans $= Z_0$, så erhålles en reflex. Välj pulsrepetitionsfrekvensen så att pulsen täcker hela ledningen, dvs att pulsen inte blir noll innan reflekterade vågen har kommit till mätpunkten vid kanal 1. Testa fram en bra signal! Mät upp signalens form (skissa utseendet hos totala spänningen som funktion av tiden) vid ledningsingången (kanal 1) och fjärrändan (kanal 2). Välj oscilloskopets tidssteg så att du ser spänningshoppet p.g.a. reflekterade vågen. Kommentera grafernas utseende. Bestäm amplituderna på det framåtgående respektive reflekterade spänningssteget samt slutvärdet. Stämmer slutvärdet (dvs vid stationärtillstånd) med det som förväntas ur vanlig kretsteori (Kirchhoff)?

b) Mät tiden mellan framåtgående och reflekterad flank och beräkna pulsernas utbredningshastighet på ledningen. Upprepa mätningen med slutändan på kabeln kortsluten. Beräkna slutligen ϵ_r för materialet mellan inner- och ytterledaren.

Uppgift 2: Pulsreflexion vid missanpassad last

a) Koppla in en övergång till banankontakter vid slutändan på koaxialkabeln. Olika resistorer kan nu kopplas in. Mät upp noggranna resistansvärden med hjälp av multimetern. Studera reflexen och bestäm reflexionsfaktorn Γ_L för olika värden på lastresistansen R_L . Redovisa resultatet i tabellen nedan. Använd därefter dessa mätdata till att bestämma koaxialkabelns karakteristiska impedans (Z_0).

R_L (Ω)	Γ_L	Z_0 (Ω)

b) Byt lastresistorn i uppgift **a** mot en 1 nF eller en 2,2 nF kondensator (eller varför inte testa båda två?) och studera spänningen över ledningsingången respektive över lasten. Skissa grafer och försök att förklara deras utseende! Ta reda på vad som bestämmer tidskonstanten för kondensatorns uppladdning i detta fall. Teori beskrivs i ex.vis avsnitt 16.7 i Ida: Engineering electromagnetics.

c) Byt lastresistorn i uppgift **a** mot en annan koaxialledning (med annan karakteristisk impedans) som du får av läraren. Använd t.ex. en T-kontakt för att koppla ihop ledningarna. Mata ett spänningssteg från funktionsgeneratoren, studera signalen vid ingången till den första ledningen och bestäm spänningens *utbredningsfart* samt ledningens *karakteristiska impedans*.

d) **Frivillig extrauppgift:** Byt lastresistorn i uppgift **a** mot en teleledning (20 m) eller dataledning (10 m) och *försök* att bestämma *utbredningsfarten* och *karakteristiska impedansen*.

Uppgift 3: Multipelreflexioner

I det här experimentet samarbetar lämpligen 2 grupper (då det behövs 2 st. 20 m ledningar). Behåll den 20 m långa koaxialkabeln från föregående uppgift och koppla in en likadan till T-anslutningen på oscilloskopet. Låt dess borte kabelände vara öppen och koppla in en serieresistans $R_S = 100 \Omega$ vid signalkällan (speciella resistorer med BNC-anslutning finns i labsalen). Du mäter nu signalen mitt på ledningen. Studera reflexionsstegen: rita en graf och förklara grafens utseende! Identifiera nu de steg som härrör från reflexion vid funktionsgeneratoren. Bestäm funktionsgenerators totala impedans R_G genom att studera reflexionsfaktorn Γ_G . Mät både vid utgången märkt "50 Ω " och den märkt "Sync". Vilken slutsats kan du dra om respektive utgångs egen impedans?

Utgång	Γ_G	Z_G (Ω)
50 Ω		
Sync		

II. Reflexioner vid sinusformad spänningsmatning

Syfte

Syftet med laborationen är att experimentellt illustrera de elektromagnetiska vågfenomen, som uppkommer vid sinusformad spänningsmatning. Förekomsten av vågor, som rör sig i båda riktningar i en koaxialkabel leder till att spänningsamplituderna varierar kraftigt längs koaxialledningen. Begrepp som våglängd, frekvensberoende inimpedans, konstruktiv respektive destruktiv interferens mellan infallande och reflekterad våg åskådliggörs i detta avsnitt.

Uppgift 1: Anpassad generator och last

Montera BNC-T kontakter på oscilloskopkanalingångarna. Anslut en kort koaxialledning mellan funktionsgeneratoren och ena BNC-T kontaktporten vid kanal 1 samt anslut en 20 m lång koaxialkabel till den andra kontaktporten. Till BNC-T kontakten vid oscilloskopkanal 2 ansluts koaxialkabelns fjärrända samt en $50\ \Omega$ avslutning. Ställ in signalgeneratoren så att den visar ungefär rätt topp-till-toppvärde på displayen för laster som är ca. $50\ \Omega$ (justera i menyerna enligt 'MENU/SYS MENU/OUT TERM/50 Ω '). Ställ därefter in funktionsgeneratoren på en sinusvåg med amplituden 2 V (kontrollera med oscilloskop). Variera frekvensen från kHz-området till MHz-området. Studera fasskillnaden mellan de båda sinuskurvorna på oscilloskopet och bestäm de frekvenser för vilka en våglängd motsvarar 20 m, 40 m respektive 80 m. Hur lång är ledningen (räknat i våglängder) i dessa fall? Jämför spänningsamplituderna över ingången och över lasten. Kommentera resultatet!

Uppgift 2: Anpassad generator, missanpassad last

Byt ut $50\ \Omega$ avslutningen mot en $10\ \Omega$ avslutning. Sätt frekvensen på ett lågt värde (några kHz) och mät spänningsamplituderna på ingång respektive över lasten. Kommentera! Öka sedan frekvensen och notera ifall spänningens **amplitud** på ingången börjar variera (som funktion av frekvensen). Förklara orsaken till dessa amplitudvariationer. Anteckna de frekvenser för vilka amplitudmaxima respektive amplitudminima erhålls på **ingången**. Hur lång är ledningen (mätt i λ vid dessa frekvenser)? Mät också spänningens amplitud över lasten vid dessa frekvenser. Uppskatta ståendevågförhållandet m.h.a mätdata och jämför med teorin. Försök (trots att vi bara har två mätpunkter) skissa en graf av amplitudvariationen längs ledningen i två fall: (1) för den lägsta frekvens som ger ett maximum vid ingången, (2) för den lägsta frekvens som ger ett minimum vid ingången.

III. Förslag på frivilliga extrauppgifter

Uppgift 1

Koppla ihop två 20 meters koaxialledningar med en T-kontakt och anslut en $75\ \Omega$ avslutning i T-kontakten. Avsluta den fria ledningsändan med en $50\ \Omega$ last. Anslut en fyrkantvåg från sync-utgången och studera signalens utseende vid ledningsingången. Experimentet illustrerar hur man kan använda spänningsteg för att detektera och analysera kabelfel (avståndet till felet, samt karaktären av fel). Här simulerar vi ett överledningningsfel ($75\ \Omega$ förbinder nu inner- och ytterledaren, d.v.s. vi har en ökning av tvärkonduktansen i en position).

För att simulera ett kontaktfel (d.v.s. en ökning av längsresistansen i en position) tar du bort T-kontakten & $75\ \Omega$ resistorn. Istället kopplas de två 20 meters ledningarna ihop m.h.a. ett $100\ \Omega$ resistor med BNC-kontakter (samma som i uppgift I.3). Studera signalens utseende vid ledningsingången.

Uppgift 2

Koppla ihop ett antal 20 meters koaxialledningar (exempelvis 5 st.) med T-kontakter. Avsluta den sista med en $50\ \Omega$ last. Anslut fyrkanpulser (pulsrepetitionsfrekvens 15 MHz) från sync-utgången och mät signalens utseende dels vid ledningsingången, dels vid de olika T-kontakterna. Studera hur signalformen ändras med sträckan som pulserna har propagerat. Man ser såväl dämpning som dispersion.