

Amatør-radiocertifikat

Eksamensnoter

Kjeld Jensen <kj@kjen.dk>

Opdateret 4. oktober 2016

Amatør-radiocertifikat eksamensnoter

Copyright © 2005-2016 Kjeld Jensen
Margrethes Alle 27
5250 Odense SV
kj@kjen.dk

Disse noter¹ er skrevet i forbindelse med min eksamenslæsning til radioamatør prøven i 2005. Noterne er primært skrevet til mig selv, og målet har været at beskrive kortfattet, det man skal huske. Teksten kan derfor virke lidt indforstået, ligesom det er ikke alle emner, der er beskrevet detaljeret.

Under eksamenslæsningen opdagede jeg, at næsten alle spørgsmål med komplicerede beregninger er fjernet fra prøverne. Nogle af formlerne i disse noter er måske derfor ikke helt så relevante for prøven.

Måske kan noterne være dig til hjælp under din eksamenslæsning. Husk blot, at de er ikke fyldestgørende og de bør kun bruges som et supplement til en lærebog om emnet. Hvis du opdager fejl i noterne eller har forslag til ændringer og tilføjelser, så send mig gerne en e-mail. Har du noget ud af at bruge noterne, vil jeg selvfølgelig også gerne høre om det.

Referencer

I forbindelse med skrivningen af noterne har jeg hentet information i *Vejen til sendetilladelsen* 7. udgave² samt *I luften med operatørlicens* af Flemming Hessel. Derudover har *google* og *Wikipedia* været flittigt anvendt.

PDF version

¹Du kan downloade den nyeste PDF version af noterne her: <http://kjen.dk>

²I 2013 udgav forlaget *Eksperimenterende Danske Radioamatører* en 8. udgave af *Vejen Til Sendetilladelsen* (ISBN 978-87-85149-08-4).

Indhold

1	Elektricitet, magnetisme & radioteori	1
1.1	Elektronik	1
1.2	Elektromagnetiske felter	4
2	Komponenter	5
2.1	Modstande	5
2.2	Kondensatorer	6
2.3	Spoler	7
2.4	Halvledere	7
3	Kredsløb	8
3.1	Impedans	8
3.2	Filter	9
3.3	Strømforsyning	10
3.4	Forstærker	10
3.5	Detektor	11
3.6	Oscillator	11
4	Modtagere	12
4.1	Superheterodynmodtager	12
5	Sendere	13
5.1	Modulation	13
5.2	Multiplikatorsender	14
5.3	Frekvensblandingsender	15
6	Antenner og transmissionslinjer	15
6.1	Antennetyper	15
6.2	Transmissionslinjer	16
7	Udbredelsesforhold	17
7.1	Atmosfærens opbygning	18
7.2	HF	18
7.3	VHF & UHF	18
8	Måling	19
8.1	Måleinstrumenter	19
9	Forstyrrelser og immunitet	19
9.1	Afhjælpning af forstyrrelser på senderen	19
9.2	Afhjælpning ved det forstyrrede apparat	20
10	Betjeningsregler & procedurer	20
10.1	Forkortelser & koder	20
10.2	Stationsbetjening	23
10.3	Love & bestemmelser	24

1 Elektricitet, magnetisme & radioteori

1.1 Elektronik

SI præfix

<i>faktor</i>	<i>præfix</i>	<i>symbol</i>
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yocto	y

Fysiske størrelser

<i>Størrelse</i>	<i>Symbol</i>	<i>Enhed</i>
Spænding:	E (U)	[V] (Volt)
Strøm:	I	[A] (Ampere)
Modstand:	R	[Ω] (Ohm)
Effekt:	P	[W] (Watt)
Energi:	W	[J] (Joule)

Bemærk at IT og telestyrelsen benytter E som symbol for spænding i stedet for det normale U .

Ohms lov

Spændingen E [V] over et kredsløb er lig med strømmen I [A], der løber igennem kredsløbet gange kredsløbets modstand R [Ω]:

$$E = R I \tag{1}$$

Effekt og energi

Effekten P [W] afsat i et kredsløb er spændingen E over kredsløbet ganget med strømmen I igennem kredsløbet:

$$P = EI = I^2 R = \frac{E^2}{R} \tag{2}$$

Elektrisk energi W [J] er effekten ganget med tiden:

$$W = P t \quad (3)$$

Decibel

Decibel er en skala baseret på logaritmen med 10 som grundtal. Den bruges til at sammenligne værdier af forskellige størrelsesordener. For spænding og strøm er forstærkningen i dB :

$$\text{antal } dB = 20 \log_{10} \frac{E_1}{E_2} \quad (4)$$

$$\text{antal } dB = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \quad (5)$$

For effekt er forstærkningen i dB :

$$\text{antal } dB = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad (6)$$

En fordobling af spændingen eller strømmen svarer altså til en stigning på 6 dB , mens en fordobling af effekten svarer til en stigning på 3 dB

Kirchoffs love

Kirchoffs lov om strøm siger, at summen af strømme ind til et forgreningspunkt er lig med summen af strømme ud fra forgreningspunktet.

$$I_{ind1} + I_{ind2} + \dots = I_{ud1} + I_{ud2} + \dots \quad (7)$$

Kirchoffs lov om spænding siger at i et lukket kredsløb er summen af spændingsstigninger og spændingsfald lig nul (pga. energibevarelse).

$$V = V_1 + V_2 + \dots \quad (8)$$

Et batteris *kapacitet* angiver hvor lang tid batteriet kan levere en given effekt. Den måles i *ampere-timer* dvs. hvor mange ampere batteriet kan levere, hvis det i løbet af en time går fra fuldt opladet til fuldt afladet.

Ledningsevne

Elektrisk strøm er ladninger der bevæger sig. Jo flere ladninger pr. tid des større strøm. Ladningen er normalt elektroner, og for faste stoffer gælder, at jo lettere elektroner har ved at rive sig løs fra atomet, des bedre leder.

Gode ledere er typisk metaller, mens gode isolatorer er eks. plaststoffer, hvor elektronerne er godt bundet til atomet. Halvledere er beskrevet senere.

Elektricitets-kilder

Elektromotorisk kraft (EMK) er den spænding en generator (eks. et batteri) har, når det ikke er forbundet til et elektrisk kredsløb.

Et batteris polspænding E_{pol} (klemspænding) vil typisk falde ved stigende strøm pga. dets interne modstand R_i :

$$E_{pol} = EMK - R_i I \quad (9)$$

Kortslutningsstrømmen er den strøm, der løber, når generatorens poler kortsluttes. Her er den ydre modstand minimal, og det er derfor den indre modstand, der bestemmer, hvor stor en strøm der løber:

$$Kortslutningsstrøm = \frac{EMK}{R_I} \quad (10)$$

Ved serieforbundne spændingskilder øges spændingen samt den indre modstand R_i . Ved parallelforbundne spændingskilder øges kapaciteten samt kortslutningsstrømmen.

Vekselspænding

Funktionen for en sinusformet spændingskurve er:

$$E(t) = E_{peak} \cos(2\pi f t) \quad (11)$$

E_{peak} er signalets *peak* værdi dvs. *amplituden*. E_{pp} er *peak to peak* værdien dvs. forskellen mellem det positive og negative maksimum:

$$E_{pp} = 2 E_{peak} \quad (12)$$

Ved beregninger på spænding og strøm, som varierer tidsmæssigt, anvendes effektivværdierne *Root Mean Square (RMS)*:

$$E = E_{eff} = \frac{E_{peak}}{\sqrt{2}} \quad (13)$$

$$I = I_{eff} = \frac{I_{peak}}{\sqrt{2}} \quad (14)$$

Middelværdien for en generel periodisk funktion er:

$$E_{mean} = \frac{1}{T} \int_0^T E(t) dt \quad (15)$$

Såfremt det er en ren sinuskurve med konstant amplitude (E_{peak}), er $E_{mean} = 0$.

Sinusformede signalers effekt

Ved beregning af effekten for sinusformede signaler anvendes effektivværdierne for strøm og spænding. Formel (2) gælder stadig, men E og I erstattes af effektivværdierne e og i (13) og (14):

$$P_{sinus} = E_{eff} I_{eff} = E I = I^2 R = \frac{E^2}{R} \quad (16)$$

1.2 Elektromagnetiske felter

Elektriske felter

Et *elektrisk felt* kan genereres af en elektrisk ladning samt af et tidsligt varierende magnetisk felt.

Den *elektrisk feltstyrke* et mål for det elektriske felts intensitet. Mere specifikt er det den kraft, der udføres på en positiv enhedsladning et givet sted i det elektriske felt. Elektrisk felstyrke måles i enheden $[\frac{N}{C}] = [\frac{V}{m}]$.

Magnetiske felter

Et *magnetisk felt* kan genereres af en elektrisk strøm eller af et tidsligt varierende elektrisk felt. En strømførende ledning vil altså have et magnetfelt omkring sig.

Den *magnetiske feltstyrke*, der måles i [*Oersted*], er en funktion af den magnetiske kildes intensitet samt afstanden til den.

Magnetfelter kan kun afbøjes, de kan ikke fjernes eller reflekteres. Afskærmning kræver et materiale med en høj *permeabilitet* dvs. god evne til at tiltrække og lede feltet. Det er vigtigt, at afskærmningen tilbyder feltlinierne en komplet ”transportvej” så de ikke ender et andet uønsket sted. Normalt bruges lukkede kasser.

Radiobølger

Radiobølger er elektromagnetiske bølger, hvis frekvens ligger indenfor et bestemt frekvensspektrum.

Område	Frekvens [Hz]
radiobølger	$< 3 * 10^9$
mikrobølger	$3,0 * 10^9 - 3,0 * 10^{12}$
infrarødt lys	$3,0 * 10^{12} - 4,3 * 10^{14}$
synligt lys	$4,3 * 10^{14} - 7,5 * 10^{14}$
ultraviolet lys	$7,5 * 10^{14} - 3,0 * 10^{17}$
røntgenstråling	$3,0 * 10^{17} - 3,0 * 10^{19}$
gammastråling	$> 3,0 * 10^{19}$

Elektromagnetiske bølger udbreder sig med hastigheden ν [$\frac{m}{s}$]. I vakuum er udbredelseshastigheden:

$$\nu = 3 * 10^8 = C \tag{17}$$

C kaldes *lysets hastighed*. I atmosfærisk luft er ν så tæt på C , at man blot regner med C . Sammenhængen mellem frekvens f [Hz], bølgelængde λ [m] og udbredelseshastighed [$\frac{m}{s}$] er:

$$C = f \lambda \tag{18}$$

Bølgens periodetid T [s] er givet ved:

$$T = \frac{1}{f} \tag{19}$$

Elektromagnetiske bølger har et elektrisk felt samt et magnetisk felt tilknyttet. Felterne udbreder sig vinkelret på bølgens udbredelsesretning og hinanden.

Polarisation beskriver det elektriske felts orientering. *Lineær polarisering* betyder, at felternes orientering er konstant. Ved antenner bruges lodrette antenner ved *vertikal polarisering* og vandrette antenner ved *horisontal polarisering*.

Ved *cirkular polarisering* drejer felternes orientering rundt om bølgens udbredelsesretning. Bølgen kan være enten højre- eller venstrepolariseret. En almindelig TV parabol antenne kan eks. modtage cirkulært polariserede signaler.

2 Komponenter

2.1 Modstande

Farvekoder

<i>Farve</i>	<i>Værdi</i>	<i>Tolerance</i>
Sort	0	
Brun	1	$\pm 1\%$
Rød	2	$\pm 2\%$
Orange	3	
Gul	4	
Grøn	5	$\pm 0,5\%$
Blå	6	$\pm 0,25\%$
Violet	7	$\pm 0,1\%$
Grå	8	$\pm 0,05\%$
Hvid	9	
Sølv		$\pm 10\%$
Guld		$\pm 5\%$

4-bånd system

<i>Bånd</i>	<i>Betydning</i>
A	første ciffer
B	andet ciffer
D	antal nuller efter AB
E	tolerancen

5-bånd system

<i>Bånd</i>	<i>Betydning</i>
A	første ciffer
B	andet ciffer
C	tredie ciffer
D	antal nuller efter ABC
E	tolerancen

Serie- og parallelforbundne modstande

For modstande forbundet i serie gælder:

$$R = R_1 + R_2 + \dots \quad (20)$$

For modstande forbundet parallelt gælder:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad (21)$$

En PTC modstand har en *positiv temperatur koefficient*. dvs. modstanden stiger med temperaturen. Modsat en NTC-modstand, der har en *negativ temperatur koefficient*.

2.2 Kondensatorer

En kondensator består af to parallelle metalplader med et isolerende stof imellem. Jo større areal og jo mindre afstand mellem pladerne, des større kapacitet.

Kapaciteten afhænger også af det isolerende materiales dielektricitetskonstant ϵ . Nogle keramiske materialer har mange tusinde gange højere ϵ , kondensatorerne fylder derfor mindre.

En kondensator har i praksis et ohmsk tab, da isolationen mellem de to plader ikke er ideel.

Opladning af en kondensator til en DC spænding samt afladning forløber eksponentielt. *Tidskonstanten* τ [s] er den tid det tager at oplade kondensatoren til 63 % af DC spændingen hhv. aflade den til 37 % af begyndelsesspændingen:

$$\tau = R C \text{ [s]} \quad (22)$$

En kondensator udsat for en sinusformet vekselspænding har en impedans fasevinkel på -90° dvs. strømmen er forskudt en kvart bølgelængde foran spændingen.

Serie- og parallelforbundne kondensatorer

For kondensatorer forbundet i serie gælder:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad (23)$$

For kondensatorer forbundet parallelt gælder:

$$C = C_1 + C_2 + \dots \quad (24)$$

Kapacitiv reaktans

En kondensator udsat for vekselstrøm optræder som en slags modstand kaldet *kapacitiv reaktans* X_c [Ω]:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (25)$$

C er kondensatorens kapacitet [*Farad*] og f er frekvensen [*Hz*].

2.3 Spoler

Tilsluttes en spole til en DC spænding, vil strømmen stige langsomt som ved en kondensator opladning. kortsluttes spolen vil spændingen synke ligesom ved en kondensator afladning. *Tidskonstanten* τ [s] er den tid det tager at nå op til 63 % af DC spændingen hhv. ned til 37 % af begyndelsesspændingen:

$$\tau = \frac{L}{R} [s] \quad (26)$$

En spoles selvinduktion stiger med kvadratet på vindingstallet:

$$L \sim n^2 \quad (27)$$

En spole har i praksis et ohmsk tab pga. spoletråden.

En spole udsat for en sinusformet vekselspænding har en impedans fasevinkel på $+90^\circ$ dvs. strømmen er forskudt en kvart bølgelængde efter spændingen.

Serie- og parallelforbundne spoler

For spoler forbundet i serie gælder:

$$L = L_1 + L_2 + \dots \quad (28)$$

For spoler forbundet parallelt gælder:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \quad (29)$$

Induktiv reaktans

En spole udsat for vekselstrøm optræder pga. selvinduktion som en slags modstand, kaldet *induktiv reaktans* X_L [Ω]:

$$X_L = 2\pi fL \quad (30)$$

Transformatorer

En transformers forhold mellem vindingstal på primær- og sekundærside samt spænding og strøm er:

$$ratio = \frac{n_{prim}}{n_{sek}} = \frac{e_{prim}}{e_{sek}} = \frac{i_{sek}}{i_{prim}} \quad (31)$$

hvor e og i er defineret i (13) og (14).

2.4 Halvledere

Halvledere er stoffer, hvor den elektriske modstand er større end normalt. Eksempler er germanium, gallium og silicium.

Rent silicium er en god isolator, men ved at dope stoffet kan man opnå forskellige egenskaber: N-type silicium har en meget løst bundet elektron pr. atomkerne. I P-type silicium har hver atomkerne en elektron i underskud for at opnå stabilitet.

Dioder

(anode/plus) -PN- (katode/minus)

En diode er en PN overgang, der kun leder i den ene retning. I lederetningen bliver elektroner tiltrukket af den positive pol, fra N materialet ind gennem P materialet mod pluspolen. I spærretningen bliver elektronerne trukket tilbage i N materialet, og P materialet bliver tømt for løse elektroner. Der vil derfor ingen strøm løbe over PN overgangen.

Huskeregul: **Pluspol og Negativpol.**

PN overgangen skaber et spændingsfald alt efter det anvendte halvlederstoff. For silicium er det ca. 0.7 Volt.

Transistorer

Transistorer er enten NPN eller PNP overgange, de kan opfattes som to sammenhængende dioder. Ved en NPN peger diodernes anoder altså imod hinanden. Terminalerne hedder i rækkefølge *collektor*, *basis* og *emitter*.

Ved en NPN transistor vil basis-emitter dioden være forspændt i lederetningen. Der løber derfor elektroner fra emitter til basis, men da basis laget (P) er tyndt, vil de fleste elektroner løbe ud af collector i stedet. Effekten er, at man med en lille basis-strøm kan styre en stor collector-strøm. Forstærkningsgraden kaldes hFE:

$$hFE = \frac{I_{collector}}{I_{basis}} \quad (32)$$

En PNP transistor virker som en NPN transistor, blot skal spændingerne have modsat polaritet.

FET-transistorer

FET-transistorer har *drain*, *gate* og *source* terminaler (huskeregel, alfabetisk rækkefølge). Drainstrømmen styres normalt af gate-source *spændingen* lidt som basis-emitter strømmen på en alm. NPN. Fordele ved FET er:

- Høj indgangsimpedans.
- Temperaturstabil.
- Lineær forstærkning.

3 Kredsløb

3.1 Impedans

Selvom modstande (R), kapacitiv reaktans (X_c) og induktiv reaktans (X_L) alle måles i $[\Omega]$, kan serie- og parallelforbindelsesformlerne ikke bruges. Den samlede modstand

kaldes *impedans* Z og måles i $[\Omega]$.

En kondensator med reaktans X_c og en modstand R i serie har den samlede reaktans Z $[\Omega]$:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \quad (33)$$

Tilsvarende en spole med induktans X_L og en modstand R i serie har den samlede reaktans Z $[\Omega]$:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (34)$$

En seriesvingningskreds vil have den *laveste* impedans = R , ved dens resonansfrekvens hvor $X_c = X_L$. Grafen for impedans som funktion af frekvens er konveks.

Modstanden R udtrykker tab i spolen og kondensatoren, og kan også være indsat for at sænke godheden. Tabet i spolen er normalt større end tabet i kondensatoren.

En parallelsvingningskreds vil have den *højeste* impedans = R , ved dens resonansfrekvens hvor $X_c = X_L$. Grafen for impedans som funktion af frekvens er konkav.

For begge svingningskredse er resonansfrekvensen:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (35)$$

Seriesvingningskredsens godhed (hvor stejl impedanskurven er omkring resonansfrekvensen) er:

$$Q_{ser} = \frac{X_c}{R} = \frac{X_L}{R} \quad (36)$$

Parallelsvingningskredsens godhed (hvor stejl impedanskurven er omkring resonansfrekvensen) er:

$$Q_{par} = \frac{R}{X_c} = \frac{R}{X_L} \quad (37)$$

For serie- og parallelsvingningskredse er *båndbredden* lig med frekvensafstanden mellem de to punkter på grafen, hvor impedansen er vokset hhv. faldet $\sqrt{2}$ eller 3 dB. Kendes Q , kan båndbredden beregnes:

$$\Delta f = \frac{f_{res}}{Q} \quad (38)$$

3.2 Filter

Et højpas- eller lavpas- RC-filter har 3dB afskæringsfrekvensen f_C , dvs. hvor udgangsspændingen er faldet $\sqrt{2}$ gange i forhold til værdien ved meget høje hhv. meget lave frekvenser:

$$f_C = \frac{1}{2\pi RC} \quad (39)$$

Et LC-lavpasfilter har afskæringsfrekvensen f_C :

$$f_C = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (40)$$

3.3 Strømforsyning

Transformerering

Forholdet mellem spænding og vindingstal ved transformerering er beskrevet i (31).

Ensretning

Ensretningen ændrer vekselspændingen til en pulserende jævnspænding af størrelse $E = E_{peak}$. Der er forskellige former for ensretning:

Enkeltensretning: En diode placeret umiddelbart efter spolens sekundærudtag. Den skærer den nederste halvdel af sinusbølgen væk og frembringer 50 pulser pr. sekund. En uheldig konsekvens er, at strømmen i sekundærviklingen bliver ensrettet, og transformatoren bliver derfor jævnstrømsmagnetiseret.

Brokobling: Mest anvendt, frembringer 100 impulser pr. sekund.

Dobbeltensretning: Her er et udtag midt på sekundærviklingen til stel. Hver ende af sekundærviklingen tilsluttes anoden på en diode og disses katoder udgør pluspolen. Det kræver dobbelt så mange sekundærviklinger.

Udglatning

Til udglatning af den pulserende jævnspænding bruges en ladekondensator. Den pulserende jævnspænding nu ændret til en alm. jævnspænding overlejret med en *ripplespænding*, der fjernes med stabilisering:

$$E_{out} + E_{ripple} = E_{peak} = E_{eff} \sqrt{2} \quad (41)$$

Stabilisering

Zenerdiode stabilisering: anoden forbindes til stel, katoden forbindes via en modstand til plus. Uden belastning vil al strømmen gå gennem zenerdioden. Ved belastning vil kun overskudsstrømmen gå gennem.

Transistor stabilisering: Collector tilsluttes plus og emitter er stabiliseret udgang. Basis forbindes via en zenerdiode til stel. og via modstand til collector. Mellem basis og emitter er der en forskel på 0,6 V. Ved belastning falder udgangsspænding og forskellen øges. Det medfører mere basisstrøm og dermed mere collectorstrøm.

3.4 Forstærker

Forstærkerkoblinger

Ved at opspænde et transistortrin med en spændingsdeler på basis og en modstand efter emitter opnås en kraftig stabilisering overfor temperatur og spredning i transistor karakteristisk. Hvis transistorens forstærkning stiger, stiger collectorstrømmen også. Dermed stiger spændingen over emittermodstanden, og da basis-spænding er fast, vil basis-emitterspænding falde, og så vil basisstrømmen falde tilsvarende.

Ved *fælleskobling* menes, at hhv. collector, basis eller emitter er fælles for både indgang og udgang på transistortrinet.

I forhold til en *fælles emitterkobling* kan man opnå ændringer i forstærkerens egenskaber ved at opspænde transistoren anderledes.

Transistoren spændes for med en modstand mellem collector og plus samt emitter og minus. Basis tilsluttes en spændingsdeler.

Jordet emitter: Ind tilsluttes basis via en kondensator, ud tilsluttes collector via en kondensator.

Jordet basis: Ind tilsluttes emitter via en kondensator, ud tilsluttes collector via en kondensator. En kondensator sættes mellem basis og stel.

Jordet collector: Ind tilsluttes basis via en kondensator, ud tilsluttes emitter via en kondensator. En kondensator sættes mellem collector og stel.

Klassifikation af forstærkere

Klasse A: Høj tomgangsstrøm. Lav forvrængning, lav virkningsgrad. Hvilestrømmen er justeret, så kollektorstrømmen aldrig er nul. Anvendes i mikrofonforstærkere, buffertrin samt HF-forstærkere op til 1W.

Klasse B: Lav tomgangsstrøm. Høj forvrængning, bedre virkningsgrad. Udføres som push-pull eller afstemt forstærker. Anvendes til PA-trinnet i sendere samt til LF-forstærkeren i en modtager.

Klasse C: Nul tomgangsstrøm. Meget høj forvrængning, meget høj virkningsgrad. Udføres normalt som afstemt forstærker (kun smalt frekvensområde forstærkes). Anvendes til PA-trin i sendere, hvor lineariteten er ligegyldig (FM, CW modulering) samt til AM, hvor der skrues op og ned for forsyningen til PA-trinnet.

3.5 Detektor

Detektoren demodulerer det modtagne signal fra mellemfrekvensforstærkeren.

3.6 Oscillator

RC-oscillatorer anvendes meget i LF området. LC-oscillatorer anvendes meget i HF-området.

Krystaller har en parallel og en serieresonans, begge har en høj godhed. Krystaloscillatorens impedans som funktion af frekvensen ligner et omvendt N.

RC-oscillator

En *Wien-bro* består af en modstand R og en kondensator C fra indgang til udgang. Fra udgang til stel er desuden en modstand R og en kondensator C. Fasedrejningen er nul ved frekvensen givet ved (39).

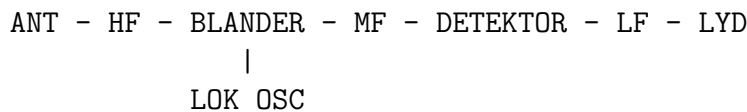
Med tre RC-lavpasfiltre efter hinanden, hvor modstande er lige store og kondensatorer er lige store, opnås en fasedrejning på 180° .

4 Modtagere

Vigtige egenskaber

- Skal være følsom.
- Skal have en god selektivitet.
- Skal være frekvensstabil.

4.1 Superheterodynmodtager

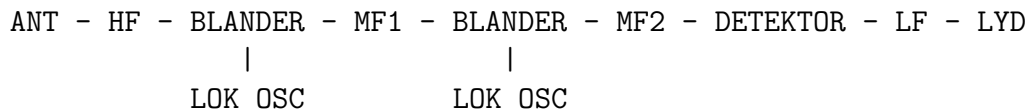


Signal fra *blander* er antennesignalets frekvens minus lokaloscillatorens frekvens.

Lokaloscillatorens frekvens ligger enten over (overliggende) eller under (underliggende) antennesignalets frekvens. Den varieres, så mellemfrekvensen fastholdes ved forskellige antennefrekvenser, hvilket giver mulighed for bedre filtrering og forstærkning.

For en given lokaloscillator frekvens vil der være to antennefrekvenser, som ligger i mellemfrekvens afstand. Den uønskede frekvens kaldes *spejlfrekvensen*, og skal filtreres bort af HF-forstærkeren.

Jo større mellemfrekvens des større afstand til spejlfrekvensen og des lettere er det at filtrere den bort. Men samtidig giver en høj mellemfrekvens problemer med selektiviteten for signaler tæt ved den ønskede frekvens. Det kan løses ved en høj mellemfrekvens til at undertrykke spejlfrekvensen efterfulgt af en lav mellemfrekvens til at øge selektiviteten:



Mellemfrekvensforstærkeren håndterer selektiviteten og giver den største del af modtagerens forstærkning. Krævet selektivitet for forskellige modulationer ved tale (300-3000 Hz):

Modulation	Båndbredde	Beregning
CW	250 Hz	
SSB	2700 Hz	3000 Hz - 300 Hz
AM	6000 Hz	2 * 3000 Hz
PM	20 kHz	

Detektoren demulerer signalet fra mellemfrekvensforstærkeren, signalet forstærkes herefter i lavfrekvensforstærkeren.

Formålet med en *squelch* er at fjerne støj i modtagerens højttaler, når der ikke modtages et signal. Det gør den ved at lytte i et område omkring 10 kHz, hvor der ikke optræder signal under tale. Squelch bruges normalt i forbindelse med PM.

Et *S-meter* viser senderens signalstyrke (se rapportering af signalstyrke for S koder).

5 Sendere

Vigtige egenskaber

- Skal være frekvensstabil.
- Må så vidt muligt ikke udsende uønskede frekvenser.
- Skal kunne moduleres med ønsket modulationstype (eks. AM, FM, PM, CW).

5.1 Modulation

Modulation *Hvor sker moduleringen*

AM I PA-trinnets forsyningsspænding

FM I oscillatoren

PM I et af trinene efter oscillatoren

CW I et af trinene efter oscillatoren (for at undgå *chirps*)

Amplitudemodulation

Ved AM er bærebølgens amplitude konstant mens sidebåndenes amplituder og frekvenser varierer i takt med modulationen. Ved taleoverførsel 300-3000 Hz er båndbredden for udgangssignalet $2 * 3000 Hz$.

Ved en AM sender arbejder PA-trinnet i klasse C, så en god virkningsgrad opnås. Modulationen sker normalt via en transformator monteret på collectorbenet.

Et AM signal demoduleres i modtageren vha. en diodedetektor på samme måde som en diodeensretter med et højpasfilter foran. På udgangen er placeret en kondensator, der spærrer for DC.

For AM er modulationsgraden:

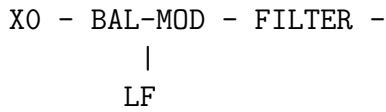
$$m = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \quad (42)$$

Hvor E_{max} og E_{min} er *peak to peak* værdier af udgangssignalet. Modulationsgraden er altså mellem 0 og 1 eller 0 og 100%.

Modulationskontrol af AM foretages med et oscilloskop. Hvis senderen moduleres med en sinusformet tone, kan modulationsgraden let beregnes ud fra aflæste værdier. Bruges tonen som vandret afbøjning, ses en firkant, hvor den mindste lodrette side er E_{min} og den største lodrette side er E_{max} . De skrå sider skal være rette linjer, ellers er der forvrængning.

Enkeltsidebåndsmodulation

Enkeltsidebåndsmodulation (ESB eller SSB) signalet laves ved at LF signalet samt et krystalstyret HF-signal tilføres en *balanceret modulator*. På udgangen af denne er kun sum- og differenssignaler tilbage. Dette signal føres gennem et smalt filter, som skærer det ene sidebånd væk.



Ved taleoverførsel 300-3000 Hz er båndbredden for SSB-signalet $3000 - 300 \text{ Hz} = 2700 \text{ Hz}$.

Et SSB signal demoduleres ved at føre det modtagne signal tilbage gennem en modulator sammen med en kopi af bærebølgen.

Modulationskontrol foretages med en dobbelttone generator og et oscilloskop. Top-pene må ikke være flade (overmodulation) og nul-gennemgangene skal være skarpe (undertrykkelse af bærebølgen og det uønskede sidebånd). Bruges dobbelttonen som vandret afbøjning, ses en "butterfly". Krydset skal her være skarpt, og de skrå sider skal være rette linier.

Frekvensmodulation

Ved frekvensmodulation er sendeeffekten (amplituden) konstant, men frekvensen varierer om en centerfrekvens. Den største afvigelse fra centerfrekvensen betegnes frekvenssvinget Δf . Frekvenssvinget varierer med LF signalets amplitude. Modulationsindekset m er:

$$m = \frac{\Delta f}{f_{mod}} \quad (43)$$

f_{mod} er den modulerede LF tones frekvens. *Tommelfingerregel* for, hvor meget en FM-sender fylder:

$$f_b = 2(\Delta f + 2f_{modmax}) \quad (44)$$

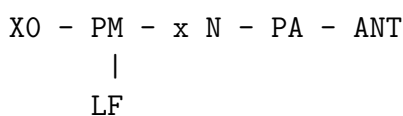
Hvor f_b er båndbredden, og f_{modmax} er den højst forekommende modulationsfrekvens.

Fasemodulation

Ved fasemodulation er frekvenssvinget proportionalt med både modulationssignalets styrke og frekvens.

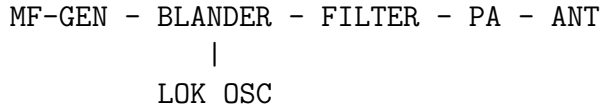
5.2 Multiplikatorsender

FM, PM og SSB sendere til 2 m og 70 cm er normalt opbygget som multiplikatorsendere. De er opbygget af en krystaloscillator efterfulgt af en fasemodulator og et antal multiplikatortrin (klasse C forstærkere afstemt til 2. eller 3. harmoniske) inden PA-trinnet:

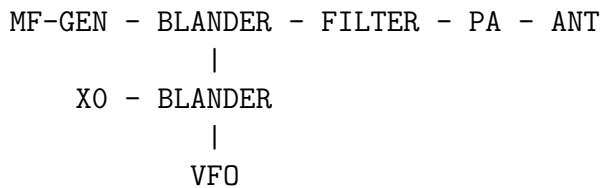


5.3 Frekvensblandingsender

En frekvensblandingsender virker som ”omvendt”superheterodynmodtager. MF-GEN modulerer et signal med LF-signalet. Det resulterende signal blandes med en lokaloscillator til den ønskede sum- eller differensfrekvens. Den uønskede spejlfrekvens filtreres fra, inden signalet forstærkes i PA-trinnet.



For at dække flere bånd tilføjes en variabel oscillator opbygget omkring en *Variabel Frekvens Oscillator*, en krystaloscillator samt en blander, hvor de to frekvenser adderes.



6 Antenner og transmissionslinjer

6.1 Antennetyper

Dipolantenne

Består af to dipolarmer på hver en kvart bølgelængde. Fødeimpedansen er på 73Ω .

Strømmen i yderenderne af halvbølgedipolen er nul og stigende ind mod midten. Jo højere strøm i antennen des større styrke har det udsendte signal. Strømmen bestemmes af spændingen over antennen, dvs. sendeeffekten øges med spændingen.

En halvbølgedipol skal i praksis være 0.95 % af halvbølgens længde.

En halvbølgedipol har på tværs af antennetrådens retning i forhold til en isotropisk (kvartbølge) antenne en forstærkning på 2,15 dB.

Foldet dipolantenne

Består af to dipolarmer forlænget med en ”overligger”. Fødeimpedansen er 300Ω .

Kvartbølgeantenne

Er en dipolantenne, hvor den ene dipol arm er rejst lodret, og den anden arm erstattes af en spejlende flade tværs gennem dipolen. Det kaldes også en ground-plane eller isotropisk antenne. Fødeimpedansen er på ca. 36Ω .

Ved lave HF-frekvenser kan jordoverfladen anvendes som spejl, ellers monteres 3-4 vandrette tråde, som er en kvart bølgelængde hver.

Flerbåndsantenner

Halvbølgedipol antenner vil have være i resonans på ulige harmoniske af grundfrekvensen. Antennen kan derfor bruges på flere frekvensbånd.

Flerbåndsantenner kan også være udført med spærrefiltre monteret på dipolarmene. Det kan eks. være en kondensator og en spole monteret parallelt. Ved laveste frekvens har filtrene lav impedans, og hele antennen er aktiv. Ved den frekvens, hvor filteret er i resonans $X_c = X_L$, udgør filteret en stor modstand, og kun den inderste del af dipolarmen er aktiv.

Yagiantenne

En dipolantenne med reflektor bagved samt en eller flere direktorer foran kaldes en yagiantenne. Reflektoren skal være 5 % længere end dipolen og direktorerne skal være ca. 3 % kortere. Jo flere direktorer des mere retningsbestemt bliver antennen.

En yagi's forstærkning i forhold til en dipol måles i dB og angives normalt som dBd . Forstærkningen i forhold til en ground-plane (isotropisk) antenne angives normalt som dB_i .

6.2 Transmissionslinjer

Opbygningen af antennekabler (transmissionslinjer, feedere) kan være symmetrisk (balanceret) eller usymmetrisk (ubalanceret).

Ved udstråling fra antennekablet, tabes noget af sendeeffekten. Den består derfor af to parallelle ledere, hvor HF signalet transmitteres i modfase så felterne ophæves på afstand af kablet.

Eksempler er *twin-lead kabel* og *coaxialkabel*. I et coaxialkabel er HF feltet inden i kablet, og der er ikke nogen krav til montage. Et twin-lead kabel skal hænge frit, da feltet befinder sig i luften mellem de to ledere.

I et coaxialkabel er det normalt den ohmske modstand i kablet, der giver anledning til det største tab af effekt.

Karakteristisk impedans

Lige når man tilslutter en HF-spændingskilde til enden af et langt antennekabel, dvs. før bølgefronten har nået udgangen af kablet, vil forholdet mellem spændingen over kabelindgangen og strømmen ind i kabeludgangen angive kablets karakteristiske impedans Z_0 som måles i Ω .

Den karakteristiske impedans er bestemt af kablets afstand mellem lederne, ledertykkelse, materialer osv. Twin-lead kabler har typisk en karakterisk impedans på 150 Ω eller 300 Ω . Indenfor coaxialkabler er den karakteristiske impedans normalt på 50 Ω til amatørradio, 60 Ω og 75 Ω til TV kabler, og 93 Ω til computere.

Standbølgeforhold

Hvis kablet er belastet med en modstand R_B af samme størrelse som den karakteristiske impedans, vil HF-spændingen være ens over hele kablet.

Hvis $R_B \neq Z_0$ vil der være et spændingsmaksimum ved belastningen og et spændingsminimum en kvart bølgelængde derfra. Dette gentager sig for hver halve bølgelængde. Forholdet mellem største og mindste spænding kaldes standbølgeforholdet.

$$SWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} \quad (45)$$

Alternativt kan man beregne det med formlerne nedenfor. Man vælger den formel, som giver en værdi ≥ 1 :

$$SWR = \frac{R_B}{Z_0} \quad (46)$$

$$SWR = \frac{Z_0}{R_B} \quad (47)$$

Det ses, at $SWR = 1$ hvis $R_B = Z_0$, og SWR bliver uendelig stor, hvis kablet er ubelastet ($R_B = \infty$), eller hvis kablet er kortsluttet ($R_B = 0$).

Kvartbølgetransformator

Man kan bruge et kabel, der er en kvart bølgelængde langt, som impedanstransformator ud fra formlen.

$$Z_0 = \sqrt{R_1 R_B} \quad (48)$$

Hvor Z_0 er den beregnede karakteristiske impedans for kvartbølgekablet, R_B er belastningsmodstanden dvs. impedansen på antennen og R_1 er impedansen på antennekablet, som antennen skal tilsluttes.

Balun

Hvis en balanceret antenne (eks. dipolantenne) skal tilsluttes et ubalanceret kabel (eks. coaxialkabel), vil HF-effekten også løbe på kablets yderside og måske skabe forstyrrelser.

En balun er et omsætningsled, der i sin simpleste form blot er en vikling af coaxialkablet til en spole helt oppe ved antennen. Kablets yderside vil virke som en spole, og HF-strømmene kan ikke længere løbe på ydersiden. Spolevirkningen kan forøges ved at vikle omkring en ferritring.

7 Udbredelsesforhold

Den udstrålede energi spredes over et større areal, efterhånden som afstanden til antennen vokser. En modtagerantenne vil derfor modtage mindre energi, når denne er længere væk fra senderantennen. Grænsen for, hvornår et signal kan modtages, afgøres af hvornår signalet drukner i baggrundsstøjen (signal-støj forholdet).

7.1 Atmosfærens opbygning

<i>Atmosfære lag</i>	<i>Højde [km]</i>	
Ionosfære F_2	> 150	
Ionosfære F_1	> 150	
Ionosfære E	95 - 150	
Ionosfære D	75 - 90	
Mesopause	<i>grænse</i>	
Mesosfære	50 - 80/85	
Stratopause	<i>grænse</i>	
Stratosfære	7/17 - 50	
Tropopause	<i>grænse</i>	
Troposfære	0 - 7/17	(polerne/ækvator)

7.2 HF

Jordbølger

Radiobølger udbreder sig som udgangspunkt i rette linjer, dog kan signalet afbøjes i jordens atmosfære. Radiohorisonten vil ligge længere væk fra den optiske horisont jo lavere frekvens og jo bedre elektrisk ledningsevne jordoverfladen har. På 80-meter båndet er afstanden af størrelsesorden 80 km, på 10-meter båndet er den 20 km.

Ionosfærebølger (rumbølger)

Radiosignaler op til en øvre frekvens f_c vil reflekteres vinkelret af den øvre del af ionosfæren (F_1 eller F_2).

For signaler med en skrå indfaldsvinkel til ionosfæren vil højere frekvenser blive reflekteret. Længden på den døde zone, inden signalet rammer jorden igen kaldes *skipdistancen*.

De laveste HF bånd reflekteres bedst om natten, hvor D og E lagene er væk.

De højeste HF bånd har bedst mulighed for lange forbindelser om dagen, hvor D og E lagene er kraftigt ioniseret. Under solpletmaksimum kan højere frekvenser reflekteres, typisk benævnt *nordlysreflektion* eller *aurora*.

7.3 VHF & UHF

Ved frekvenser over 50 MHz optræder ionosfære reflektion sjældent, så her bruges kun jordbølgen, der udbreder sig gennem troposfæren. Radiohorisonten ligger ca. 30 % længere ude end den optiske horisont.

Der er dog en del muligheder for at opnå lange forbindelser. Ved temperaturinversion forlænges rækkevidden væsentligt. Hvis ionosfære E laget ioniseres meget, kan VHF signaler midlertidigt reflekteres (sporadisk E, få minutter til timer). Spor efter meteorer kan midlertidigt medføre VHF reflektion (meteorscatter, maksimum i få sekunder). Månen kan anvendes til reflektion af UHF bølger.

Endelig kan man anvende repeatere (se senere afsnit) eller satelliter som relæstation.

8 Måling

8.1 Måleinstrumenter

Senderens frekvens måles med en *frekvenstæller*, *absorptionsmeter* eller *dykmeter*.

Et *absorptionsmeter* er en parallelkreds, hvor resonansfrekvensen kan justeres med en drejekondensator. Et følsomt diodevoltmeter er tilkoblet. Kobles meterets afstemningskreds løst til eks. senderens afstemningskredse, vil meteret absorbere energi, når resonanserne stemmer overens. Det kan aflæses på diodevoltmeteret.

Et *dykmeter* er en oscillator, hvor afstemningskredsen let kan kobles til en ydre resonanskreds. HF-spændingen over oscillatoren måles. Når resonanserne stemmer overens, opnås et fald i HF-spændingen. Dykmeteret kan anvendes til resonansmåling på afstemte kredse, antenner, kabler. Kobles spændingen fra oscillatoren, virker dykmeteret som absorptionsfrekvensmeter.

Senderens effekt måles med et HF-Wattmeter. Det monteres ofte permanent mellem PA-trin og antenne.

Med det drejespoleinstrument måles jævnstrøm. Med en passende stor formodstand kan det også måle jævnspænding. Ved måling af strøm og spænding er skalaen lineær.

En *Wheatstone* målebro kan bruges til meget præcise målinger af modstand. Den består af to spændingsdelere med tre kendte modstandsværdier og ukendt værdi, samt voltmeter mellem midten af de to spændingsdelere.

Formen af indhyldningskurven på et HF-signal kan observeres på et tilstrækkeligt hurtigt oscilloskop.

9 Forstyrrelser og immunitet

Radioamatører skal i muligt omfang sikre, at andre radiotjenester og elektronisk udstyr ikke forstyrres. De skal uopholdeligt afhjælpe enhver fejl eller mangel, som kan medføre forstyrrelser. Radioamatører nyder ikke selv lovmæssig beskyttelse mod forstyrrelser udefra.

Harmoniske er multiplikationer af frekvenser, der forekommer i senderen. Harmoniske kan opstå i enhver diodestrækning eller andet ulineært element.

Parasit svingninger er uønskede svingninger fra sendertrinnet, der ikke har noget simpelt matematisk forhold til senderens frekvenser. Årsagen er normalt en ekstra, uønsket oscillation fra en oscillator eller forstærker.

9.1 Afhjælpning af forstyrrelser på senderen

Senderen skal designes, så signalet kun passerer ud via antennestikket og kun på den ønskede frekvens. Den skal indbygges i et HF-tæt kabinet, og alle ledninger ind og ud skal afkobles effektivt:

- En HF antenneudgang beskyttes typisk med et lavpasfilter.
- En VHF/UHF antenneudgang beskyttes typisk med et båndpasfilter (sugekreds).
- Netledningen beskyttes med et netfilter, typisk ved at netledningen omvikles en ferritstav i hele sin længde eller føres igennem et ferritrør.
- En forstærker eller et senderudgangstrin, der går i selvsving på en højere frekvens end arbejdsfrekvensen, afhjælpes med små modstande og ferritperler på HF-varme steder.
- Parasitsvingninger afhjælpes ved at tilføje flere komponenter til kredsløbet for at undertrykke svingningen uden at forstyrre kredsløbets primære funktion. Typisk tilføjes en VHF stopper (spole) eller en lille modstand (stopper) tæt på den aktive komponent i kredsløbet.

9.2 Afhjælpning ved det forstyrrede apparat

I første omgang kan man prøve at flytte antennen eller måske skrue lidt ned for sendestyrken.

Alle ledninger virker potentielt som antenner og vil kunne lede HF-signaler ind i udstyret. Uden afskærmning kan også printbaner virke som antenner.

- Antennetilslutninger beskyttes med lavpas eller højpasfilter alt efter om modtagerens frekvensområde ligger under eller over senderens. Nogen gange kan uønsket HF fjernes med en galvanisk adskildelse vha. en antennetransformator.
- Ved VHF/UHF vil filtre ikke have nok virkning pga. den lille frekvensafstand. Her bruges normalt sugesekrets udført som en kvartbølgestub.
- Netledningen beskyttes med et netfilter som på senderen.
- Alle LF ind- og udgange beskyttes med eks. *HF-drosler*, der er ledning omsluttet af ferritrør eller ledning vilket om en ferritstav. HF-drosler skal anbringes tæt på apparatet.

En *spærrekreds* spærrer for et forstyrrende signal.

En *sugesekrets* kortslutter et forstyrrende signal til stel. Et eksempel er en kvartbølge stub monteret på et t-stykke ved antennestikket. Det er et stykke coaxialkabel med fysisk samme længde som en kvart bølgelængde, der er afskåret i den ene ende. Set fra t-stykket vil et coaxialkabel på en kvart bølgelængde ses som kortsluttet, hvis det er åbent (og omvendt). Bemærk at udbredelseshastigheden ν i fast polyethene er 78 % af C og i skum polyethene er 66 % af C .

10 Betjeningsregler & procedurer

10.1 Forkortelser & koder

Fonetisk alfabet

Alpha

Bravo

Charlie
Delta
Echo
Foxtrot
Golf
Hotel
India
Juliet
Kilo
Lima
Mike
November
Oscar
Papa
Quebec
Romeo
Sierra
Tango
Uniform
Victor
Whiskey
X-ray
Yankee
Zulu
Ægir
Ødis / Øresund
Åse

Q-koden

<i>Q-kode</i>	<i>Spørgsmål & Svar</i>
QRK	Hvorledes er forståeligheden af mine signaler? Forståeligheden af dine signaler er ..
QRM	Forstyrres min udsendelse? Din udsendelse forstyrres med ..
QRN	Generes du af atmosfærisk støj? Jeg generes af atmosfærisk støj
QRO	Skal jeg øge sendeeffekten? Forøg sendeeffekten
QRP	Skal jeg nedsætte sendeeffekten? Nedsæt sendeeffekten
QRS	Skal jeg sende langsommere? Send langsommere
QRT	Skal standse sendingen? Stand sendingen
QRV	Er du klar? Jeg er klar
QRX	Hvornår kalder du mig igen? Jeg kalder dig igen kl. .. på ... kHz (eller MHz)
QRZ	Hvem kalder mig?

	Du kaldes af ..
QSB	Varierer styrken af mine signaler (fading)? Styrken af dine signaler varierer
QSL	Kan du give mig kvittering? Jeg giver dig kvittering
QSO	Kan du korrespondere direkte med .. ? Jeg kan korrespondere direkte med ..
QSY	Skal jeg skifte til en anden frekvens? Skift til en anden frekvens
QTH	Hvad er din position (i længde og bredde eller anden angivelse)? Min position er

Operationelle forkortelser

<i>Kode</i>	<i>Betydning</i>
AR	Slut på transmission
BK	Break in, bryde
CQ	Opkald til alle
CW	Telegrafi
DE	Her er ..
K	Kom, opfordring til sending
MSG	Meddelelse, melding
PSE	Please
R	Roger (modtaget, forstået)
RS(T)	Læsbarhed, signalstyrke (tonerapport)
RX	Modtager
TX	Sender
UR	Din
VA	Arbejdets ophør
73	Hilsen
88	Kys

Nødsignaler

Nødsignal telegrafi: ... — — — ... (SOS)
Nødsignal telefoni: MAYDAY

Kaldesignaler

Nogle udenlandske præfix

<i>Præfix</i>	<i>Land</i>
OZ	Danmark
OY	Færøerne
OX	Grønland
DL,DJ,DK	Tyskland
SM	Sverige
LA	Norge
OH	Finland

Ved ophold i udlandet benyttes landets præfix først (eks. LA/OZ2EKS).

Tilføjelse til kaldesignaler

<i>Tilføjelse</i>	<i>Situation</i>
/p	Portabel (forsynet af eget batteri)
/m	Mobil (forsynet af køretøjets batteri)
/a	Alternativ adresse (forsynet af 230 Volt)

Ved brug af portabel eller mobil sender på hjemmeadressen skal tilføjelsen ikke bruges.

10.2 Stationsbetjening

Trafikafvikling

Kaldesignal skal oplyses ved start og afslutning af hver QSO samt mindst hver 10. minut.

Rapportering , læselighed

- R1 Ulæselig
- R2 Nærmest ulæselig, enkelte ord kan opfattes
- R3 Læses med nogen vanskelighed
- R4 Læses næsten uden besvær
- R5 Læses fuldstændig uden besvær

Rapportering, signalstyrke

- S1 Signalerne kan næppe anes
- S2 Meget svage signaler
- S3 Svage signaler
- S4 Nogenlunde god styrke
- S5 Ret god styrke
- S6 God styrke
- S7 Ret kraftige signaler
- S8 Kraftige signaler
- S9 Overordnet kraftige signaler

Hvis signalstyrken varierer, kaldes dette *fading*.

Repeatere

En repeater modtager et VHF signal på en frekvens og retransmitterer dette på en anden frekvens. Repeatere har typisk gode antenneforhold, så med en repeater kan man øge rækkevidden betydeligt.

Repeateren åbnes dvs. senderen startes med en 1750 Hz tone i et sekund. *Repeateren falder ud* dvs. repeaterens sender afbrydes igen efter manglende aktivitet i typisk et minut. Nogle repeatere holdes åbne med en pilottone på 385,5 Hz, som moduleres sammen med talesignalet.

Afstanden mellem input og output frekvens for en repeater er:

<i>Bånd</i>	<i>Frekvensafstand</i>
2 m	600 kHz
70 cm	1,6 MHz
23 cm	6 MHz

Simplex QSO

Ved en simplex QSO bruges samme frekvens til at sende og modtage. Det anses ikke for god tone at bryde ind i en bestående QSO.

Regler for phone QSO

- Tal tydeligt og langsomt, og brug et naturligt talesprog.
- Undgå klicheer og kraftudtryk, og vær taktfuld.
- Brug korte udsendelser og anfør kaldesignalet med rimelige intervaller.
- Svar på stillede spørgsmål og giv ærlige rapporter.
- Brug ikke Q-kode eller andre forkortelser, med mindre der er tale om sprogproblemer.

10.3 Love & bestemmelser

ITU bestemmelser

De overordnede rammer for den danske frekvensplanlægning besluttes på internationale radiokonferencer (WRC'er) i regi af den Internationale Telekommunikations Union (ITU)

CEPT bestemmelser

CEPT er det europæiske post- og telesamarbejde på myndighedsområdet.

Anbefaling T/R 61-01 beskriver hvilke regler der gælder for kortvarig operation i andre CEPT lande uden erhvervelse af midlertidig tilladelse fra CEPT landet. En række ikke-CEPT lande har tilsluttet sig T/R 61-01.

Brug af amatørradio i udlandet er kun tilladt for personer med kategori A licens.

Danske love og bestemmelser

Der er ikke lovkrav om at føre logbog i Danmark, men det vil være hensigtsmæssigt eks. ved klager over forstyrrelser.

Udstedelse af et kaldesignal er betinget af, at anvendelsen af radiofrekvenserne er knyttet til en dansk adresse.

Som udgangspunkt er alle radiosignaler underlagt tavshedspligt. Ikke engang deres eksistens må røbes til uvedkommende. Radiokommunikation, der er beregnet til almindelig brug for offentligheden er dog undtaget fra tavshedspligten eks.:

- Udsendelser fra amatørradio, privatradio, radiofoni eller fjernsynsstationer.
- Udsendelser beregnet for enhver, eks. nødsignaler, tidssignaler, navigationssignaler.

International trafik må ikke krypteres.

Personer med kategori D certifikat må kun anvende fabriksfremstillede radioanlæg, der overholder almindelige regler. D certifikatet må desuden kun bruges i Danmark.

Personer med kategori D eller B certifikat må anvende radiofrekvenser, sendeeffekter og udstyr for højere kategorier, hvis anvendelsen overvåges af en person, der har det respektive certifikat.

IARU-båndplaner

Båndplanerne udarbejdet af *International Amateur Radio Union* (IARU) **vejleder** om, hvordan de tildelte frekvensbånd bør bruges til eks. forskellige kommunikationstyper. Verden er inddelt i 3 regioner, Danmark tilhører region 1.

Nedenfor er en oversigt over den generelle nomenklatur, det er nok kun HF, VHF og UHF, der hører under pensum.

Generel frekvensbånd nomenklatur

LF	Low Frequency	30 - 300 kHz
MF	Medium Frequency	300 - 3000 kHz
HF	High Frequency	3 - 30 MHz
VHF	Very High Frequency	30 - 300 MHz
UHF	Ultra High Frequency	300 - 3000 MHz
SHF	Super High Frequency	3 - 30 GHz
EHF	Extreme High Frequency	30 - 300 GHz

Nedenfor er den opdaterede oversigt over radiofrekvensbånd og sendeeffekter for be-mandede radioanlæg ud fra bekendtgørelsen i december 2004. Der er en del ændringer i forhold til kursusmaterialet.

<i>Frekvensbånd</i>	<i>Bølgelængde</i>	<i>Kategori A</i>	<i>Kategori B</i>	<i>Kategori D</i>
135,7 - 137,8 kHz	2210 m	1 W	1 W	
1810 - 1850 kHz	254 m	1000 W	100 W	
1850 - 1900 kHz	253 m	10 W	10 W	
1930 - 2000 kHz	153 m	10 W	10 W	
3500 - 3800 kHz	82 m	1000 W	100 W	
7000 - 7200 kHz	42 m	1000 W	100 W	
10,10 - 10,15 MHz	30 m	1000 W	100 W	
14,00 - 14,35 MHz	21 m	1000 W	100 W	
18,068 - 18,168 MHz	17 m	1000 W	100 W	
21,00 - 21,45 MHz	14 m	1000 W	100 W	
24,89 - 24,99 MHz	12 m	1000 W	100 W	
28, - 29,7 MHz	10 m	1000 W	100 W	
50 - 52 MHz	6 m	1000 W	100 W	50 W
70,0125 - 70,0625 MHz	4 m	25 W	25 W	25 W
70,0875 - 70,1125 MHz	4 m	25 W	25 W	25 W
70,3125 - 70,3875 MHz	4 m	25 W	25 W	25 W
70,4125 - 70,4875 MHz	4 m	25 W	25 W	25 W
144 - 146 MHz	2 m	1000 W	100 W	50 W
432 - 438 MHz	70 cm	1000 W	100 W	50 W
1240 - 1300 MHz	23 cm	250 W	100 W	50 W
2300 - 2450 MHz	12 cm	250 W	100 W	
3400 - 3410 MHz	9 cm	250 W	100 W	
5650 - 5850 MHz	5 cm	250 W	100 W	
10,0 - 10,5 GHz	29 mm	250 W	100 W	
24,00 - 24,25 GHz	12 mm	250 W	100 W	
47,0 - 47,2 GHz	6 mm	250 W	100 W	
75,5 - 81,5 GHz	4 mm	250 W	100 W	
122,25 - 123,00 GHz	2,5 mm	250 W	100 W	
134 - 141 GHz	2,2 mm	250 W	100 W	
241 - 250 GHz	1,2 mm	250 W	100 W	