



Inhoudsopgave

12	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 12, Deel A (1-50).....	12-6
12.1	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?	12-6
12.2	Enkele opmerkingen.....	12-7
12.3	Formularium	12-8
12.3.1	Zenders algemeen.....	12-8
12.3.2	Spraakmodulatie (telefonie).....	12-8
12.3.3	Amplitudemodulatie (AM)	12-8
12.3.4	PEP berekenen	12-8
12.3.5	Vermogensverdeling tussen draaggolf en zijbanden bij AM	12-9
12.3.6	Van AM naar dubbel- en enkelzijband.....	12-10
12.3.7	Modulatoren/mixers.....	12-11
12.3.8	Morse-telegrafie (CW)	12-12
12.3.9	Frequentiemodulatie (FM).....	12-13
12.3.10	Fasemodulatie (PM).....	12-14
12.3.11	Digitale modulaties: bitsnelheid en symboolsnelheid	12-15
12.3.12	Frequency shift keying (FSK)	12-16
12.3.13	Phase Shift Keying (2-PSK).....	12-16
12.3.14	Quadrature Phase Shift Keying (Q-PSK of 4-PSK).....	12-17
12.3.15	8-PSK.....	12-18
12.3.16	Quadrature Amplitude Modulation (QAM).	12-18
12.4	Opgaven.....	12-20
12.4.1	Opgave 12-1.....	12-21
12.4.2	Opgave 12-2.....	12-22
12.4.3	Opgave 12-3.....	12-23
12.4.4	Opgave 12-4.....	12-24
12.4.5	Opgave 12-5.....	12-25
12.4.6	Opgave 12-6.....	12-26
12.4.7	Opgave 12-7.....	12-27
12.4.8	Opgave 12-8.....	12-28



12.4.9	Opgave 12-9.....	12-29
12.4.10	Opgave 12-10.....	12-30
12.4.11	Opgave 12-11.....	12-31
12.4.12	Opgave 12-12.....	12-32
12.4.13	Opgave 12-13.....	12-33
12.4.14	Opgave 12-14.....	12-34
12.4.15	Opgave 12-15.....	12-35
12.4.16	Opgave 12-16.....	12-36
12.4.17	Opgave 12-17.....	12-37
12.4.18	Opgave 12-18.....	12-38
12.4.19	Opgave 12-19.....	12-39
12.4.20	Opgave 12-20.....	12-40
12.4.21	Opgave 12-21.....	12-41
12.4.22	Opgave 12-22.....	12-42
12.4.23	Opgave 12-23.....	12-43
12.4.24	Opgave 12-24.....	12-44
12.4.25	Opgave 12-25.....	12-45
12.4.26	Opgave 12-26.....	12-46
12.4.27	Opgave 12-27.....	12-47
12.4.28	Opgave 12-28.....	12-48
12.4.29	Opgave 12-29.....	12-49
12.4.30	Opgave 12-30.....	12-50
12.4.31	Opgave 12-31.....	12-51
12.4.32	Opgave 12-32.....	12-52
12.4.33	Opgave 12-33.....	12-53
12.4.34	Opgave 12-34.....	12-54
12.4.35	Opgave 12-35.....	12-55
12.4.36	Opgave 12-36.....	12-56
12.4.37	Opgave 12-37.....	12-57
12.4.38	Opgave 12-38.....	12-58
12.4.39	Opgave 12-39.....	12-59



12.4.40	Opgave 12-40	12-60
12.4.41	Opgave 12-41	12-61
12.4.42	Opgave 12-42	12-62
12.4.43	Opgave 12-43	12-63
12.4.44	Opgave 12-44	12-64
12.4.45	Opgave 12-45	12-65
12.4.46	Opgave 12-46	12-66
12.4.47	Opgave 12-47	12-67
12.4.48	Opgave 12-48	12-68
12.4.49	Opgave 12-49	12-69
12.4.50	Opgave 12-50	12-70
12.5	Uitwerkingen	12-71
12.5.1	Uitwerking van Opgave 12-1	12-72
12.5.2	Uitwerking van Opgave 12-2	12-73
12.5.3	Uitwerking van Opgave 12-3	12-74
12.5.4	Uitwerking van Opgave 12-4	12-75
12.5.5	Uitwerking van Opgave 12-5	12-76
12.5.6	Uitwerking van Opgave 12-6	12-77
12.5.7	Uitwerking van Opgave 12-7	12-78
12.5.8	Uitwerking van Opgave 12-8	12-79
12.5.9	Uitwerking van Opgave 12-9	12-80
12.5.10	Uitwerking van Opgave 12-10	12-81
12.5.11	Uitwerking van Opgave 12-11	12-82
12.5.12	Uitwerking van Opgave 12-12	12-83
12.5.13	Uitwerking van Opgave 12-13	12-84
12.5.14	Uitwerking van Opgave 12-14	12-85
12.5.15	Uitwerking van Opgave 12-15	12-86
12.5.16	Uitwerking van Opgave 12-16	12-87
12.5.17	Uitwerking van Opgave 12-17	12-88
12.5.18	Uitwerking van Opgave 12-18	12-89
12.5.19	Uitwerking van Opgave 12-19	12-90



12.5.20	Uitwerking van Opgave 12-20.....	12-91
12.5.21	Uitwerking van Opgave 12-21.....	12-92
12.5.22	Uitwerking van Opgave 12-22.....	12-93
12.5.23	Uitwerking van Opgave 12-23.....	12-94
12.5.24	Uitwerking van Opgave 12-24.....	12-95
12.5.25	Uitwerking van Opgave 12-25.....	12-96
12.5.26	Uitwerking van Opgave 12-26.....	12-97
12.5.27	Uitwerking van Opgave 12-27.....	12-98
12.5.28	Uitwerking van Opgave 12-28.....	12-99
12.5.29	Uitwerking van Opgave 12-29.....	12-100
12.5.30	Uitwerking van Opgave 12-30.....	12-101
12.5.31	Uitwerking van Opgave 12-31.....	12-102
12.5.32	Uitwerking van Opgave 12-32.....	12-103
12.5.33	Uitwerking van Opgave 12-33.....	12-104
12.5.34	Uitwerking van Opgave 12-34.....	12-105
12.5.35	Uitwerking van Opgave 12-35.....	12-106
12.5.36	Uitwerking van Opgave 12-36.....	12-107
12.5.37	Uitwerking van Opgave 12-37.....	12-108
12.5.38	Uitwerking van Opgave 12-38.....	12-109
12.5.39	Uitwerking van Opgave 12-39.....	12-110
12.5.40	Uitwerking van Opgave 12-40.....	12-111
12.5.41	Uitwerking van Opgave 12-41.....	12-112
12.5.42	Uitwerking van Opgave 12-42.....	12-113
12.5.43	Uitwerking van Opgave 12-43.....	12-114
12.5.44	Uitwerking van Opgave 12-44.....	12-115
12.5.45	Uitwerking van Opgave 12-45.....	12-116
12.5.46	Uitwerking van Opgave 12-46.....	12-117
12.5.47	Uitwerking van Opgave 12-47.....	12-118
12.5.48	Uitwerking van Opgave 12-48.....	12-120
12.5.49	Uitwerking van Opgave 12-49.....	12-121
12.5.50	Uitwerking van Opgave 12-50.....	12-122





12 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 12, Deel A (1-50)

12.1 Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?

De voornaamste functie van deze bundel is dat je de kennis die je in cursushoofdstuk 12 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is daarom een vorm van examentraining.

Het is niet de bedoeling, maar ook niet verboden, om te proberen het examen te halen door je enkel te trainen met examenvragen. Er bestaan mensen die op die manier het examen hebben gehaald. Bedenk dat sinds begin 2000 ongeveer 1400 examenvragen zijn gesteld. Die weg is daarom tijdrovend en de slagingskans niet groot. Bedenk ook dat examenvragen die op elkaar lijken, vaak niet precies gelijk zijn en dat de antwoorden op meerkeuzevragen niet altijd in dezelfde volgorde staan of precies gelijk zijn aan hun voorgangers. Of snappen sommigen de stof geleidelijk aan toch als ze maar heel veel examenvragen maken? Wie het weet, mag het zeggen.

Wel verwachten de schrijvers dat de opgedane kennis door het bestuderen en maken van de vragen scherper in je hoofd wordt geprent dan zonder examentraining. Want training is het natuurlijk wel.

We moeten hierbij opmerken dat in 2020 de examenopgaven niet langer na afloop van het examen door examenkandidaten mogen worden meegenomen, omdat Agentschap Telecom zich niet in staat acht, in voldoende mate nieuwe examenopgaven te produceren. Verwacht dus voorlopig geen aanvulling op deze bundel.

Advies: maak in elk geval eerst de opgaven die in de tekst van het eigenlijke leerhoofdstuk staan, loop daarna de verkorte versie nog een keer door om te zien of alles bekend is en begin pas daarna aan de examenvragen in deze bundel.

De opgaven zitten in twee paragrafen. De eerste geeft alleen de opgaven. Zo kun je die maken zonder ongewild het antwoord toch te zien. Een gele pijl in een blauw veld aan het eind van elke opgave brengt je naar de uitwerking van de opgave waarmee je bezig bent. Deze:

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

De uitwerking begint met de opgave en het goede antwoord **vetgedrukt**. Daarna volgt de eigenlijke uitwerking, soms gevolgd door een of meer opmerkingen. De uitwerking hoeft niet de enig juiste te zijn. Het is niet ongebruikelijk dat je via een andere weg ook tot een goed antwoord komt. Leg dan beide antwoorden naast elkaar en vergelijk.



Bij sommige opgaven begint de uitwerking met een korte analyse. Tenslotte is de eerste vraag die een examenkandidaat zich bij elke examenvraag moet stellen er één van “hoe zit dit precies in elkaar?”. Kort gezegd: begrijp wat je doet.

Aan het eind van een uitwerking kun je via een rode pijl in een blauw veld terug naar de opgave.

Dat is deze:



Terug naar de opgave

Via eenzelfde pijl, maar dan groen, kom je vanaf de uitwerking bij de volgende opgave.

Dat is deze:

Naar de volgende opgave



De cursusredactie beveelt elke cursist aan, de opgaven te maken langs de route van de pijlen. Dan weet je zeker dat je niets overslaat. Noteer het nummer van de laatst bekeken opgave als je stopt om wat anders te doen. Via de inhoudsopgave kun je er met één muisklik weer naartoe. Voor wie alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 12.5.

12.2 Enkele opmerkingen

Wegens het grote aantal beschikbare examenopgaven is de bundel bij hoofdstuk 12 gesplitst in de delen A tot en met D. De delen A-C bevatten elk 50 opgaven Dit is deel A. Deel D bevat 25 opgaven.

Bij elke opgave is vermeld, in welk examen de opgave voorkomt. Voorbeeld: F-examen mei 2011 (1). De opgave is dan onderdeel geweest van het eerste examen in mei 2011. Gaat het om het tweede examen, dan staat er (2) in plaats van (1). Als er in een maand maar één examen is geweest, is er geen aanduiding (1) of (2). Soms staat er in plaats daarvan een volledige datum. Vóór het jaar 2008, waren er maar twee examens per jaar, het voorjaars- en najaarsexamen.

Het kan zijn dat een opgave jarenlang niet meer is gebruikt en plotseling, bijvoorbeeld na 10 jaar of nog meer, weer opduikt. Denk dus niet dat een opgave die 15 jaar geleden voor het laatst in een examen zat, nu niet meer zal voorkomen. Maar een opgave die vaak voorkomt, zal een grotere kans hebben om weer op te duiken dan één die maar één of twee keer is voorgekomen.

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is in alle hoofdstukken in deze cursus met een bijbehorende bundel examenvraagstukken een overzicht van



vergelijkingen (“formules”) en begrippen met sterk samengevatte uitleg. We raden aan, dit eerst door te nemen.

12.3 Formularium

12.3.1 Zenders algemeen

Een zender omvat meestal een LF-deel, een modulatie-deel en een eindversterker, waarna het geproduceerde signaal naar de antenne gaat. Er zijn analoge en digitale modulatievormen.

De analoge modulatievormen waarin wordt geëxamineerd, zijn

- Morsetelegrafie (CW)
- Amplitudemodulatie (AM) en de daarvan afgeleide vormen:
 - Dubbelzijband (DZB, DSB in het Engels)
 - Enkelzijband (EZB, SSB in het Engels), te onderscheiden in
 - Bovenste zijband (BSB, USB in het Engels)
 - Onderste zijband (OZB, LSB in het Engels)
- Frequentiemodulatie (FM)
- Fasemodulatie (PM)

12.3.2 Spraakmodulatie (telefonie)

Uit te zenden spraak wordt bij amateurzenders beperkt tot het frequentie-deel dat het meest bijdraagt aan verstaanbaarheid. Dat is het frequentiegebied van 300 tot 2700 Hz. 300 tot 3000 Hz komt ook voor. In examenopgaven levert dat verschil geen moeilijkheden op. Er zijn verschillende modulatievormen. We beginnen met amplitudemodulatie (AM)

12.3.3 Amplitudemodulatie (AM)

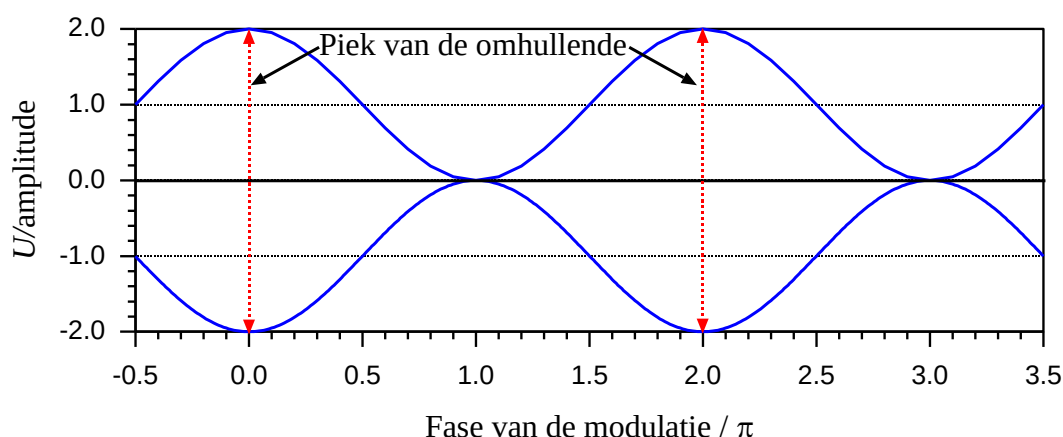
Amplitudemodulatie in de amateurwereld is voornamelijk telefonie. AM ontstaat als product van een in amplitude en frequentie constante hoogfrequente draaggolf en een in amplitude en frequentie variërend laagfrequent signaal.

Modulatiediepte M is de verhouding van de amplitudes van draaggolf en audio die in het signaal zijn verwerkt. Bij modulatie diepte $M=100\%$ zijn ze even groot. $M>100\%$ kan niet.

De *omhullende* geeft de vorm van het modulerend signaal twee keer. Eén keer boven de nullijn en één keer gespiegeld eronder.

12.3.4 PEP berekenen

PEP, afkorting van *Peak Envelope Power* is het vermogen van 1 periode van het signaal op het maximum van de omhullende. Onderstaande figuur komt uit de cursustekst. Hij geeft de vorm van de omhullende in tweevoud. Eén keer boven en één keer onder de nullijn.



Figuur 12.3-1. Omhullende van 100% gemoduleerd AM-sigtaal met 1 constante LF-frequentie.

De figuur toont de omhullende bij modulatie-index $M = 1 = 100\%$ en modulatie van de draaggolf met één constante audiofrequentie. De amplitude van de omhullende is 2x de amplitude van de draaggolf en 2x de amplitude van het modulerende LF- (audio-)signaal. Daarom is PEP in dit geval 4x het draaggolfvermogen, want vermogen is evenredig met het kwadraat van effectieve spanning van de draaggolf.

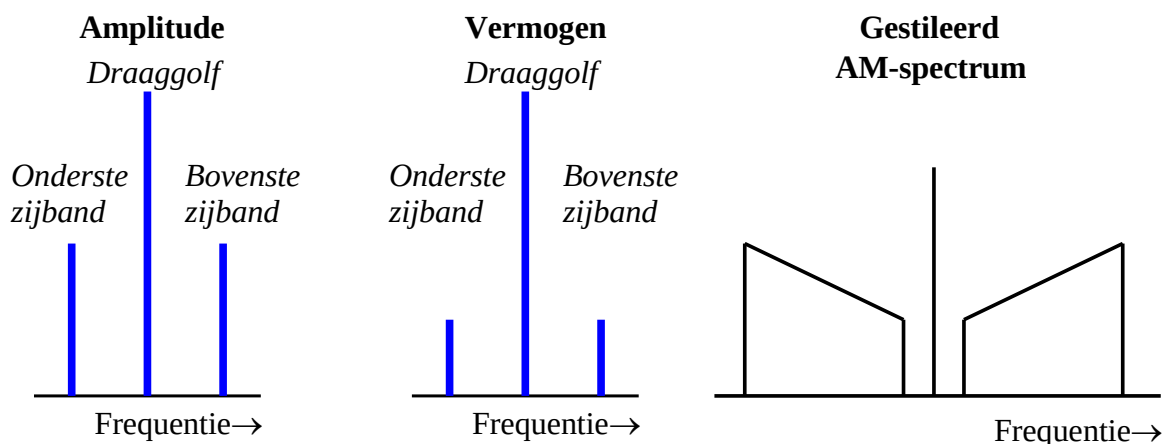
PEP berekenen bij AM gaat zo:

1. Zoek het hoogste punt van de omhullende. In de figuur is dat op de bovenpunt van de rode gestippelde pijl
2. Bepaal de amplitude U_{max} op dat punt. Dat is de afstand in V vanaf het punt tot de nullijn.
3. De effectieve waarde U_{eff} van een denkbeeldige sinus met amplitude U_{max} bereken je op de gebruikelijke manier: $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$, maar lees eerst de volgende twee punten; dat scheelt werk.
4. De spanning staat over een weerstand R die ergens in de examenopgave gegeven is.
5. PEP is vermogen P , dus het kwadraat van spanning gedeeld door R : $P = \frac{U_{eff}^2}{R}$.
Dat is hetzelfde als $P = \frac{U_{max}^2}{2R}$. Zo kom je meteen van het wortelteken af, want die wordt meegekwaadrateerd naar het getal 2.

Is de golfvorm onregelmatig, zoek dan het hoogste punt. De rest gaat volgens het recept hierboven.

12.3.5 Vermogensverdeling tussen draaggolf en zijbanden bij AM

Een AM-sigtaal bevat geen harmonischen van de draaggolf. Wel de draaggolffrequentie met som van en verschil tussen draaggolffrequentie en modulerende frequentie. Dat ziet eruit als in Figuur 12.3-2 links.



Figuur 12.3-2. AM-spectrum. Links 1 modulerende frequentie amplitude. Midden: 1 modulerende frequentie, vermogen. Rechts: gestileerd met spraakmodulatie.

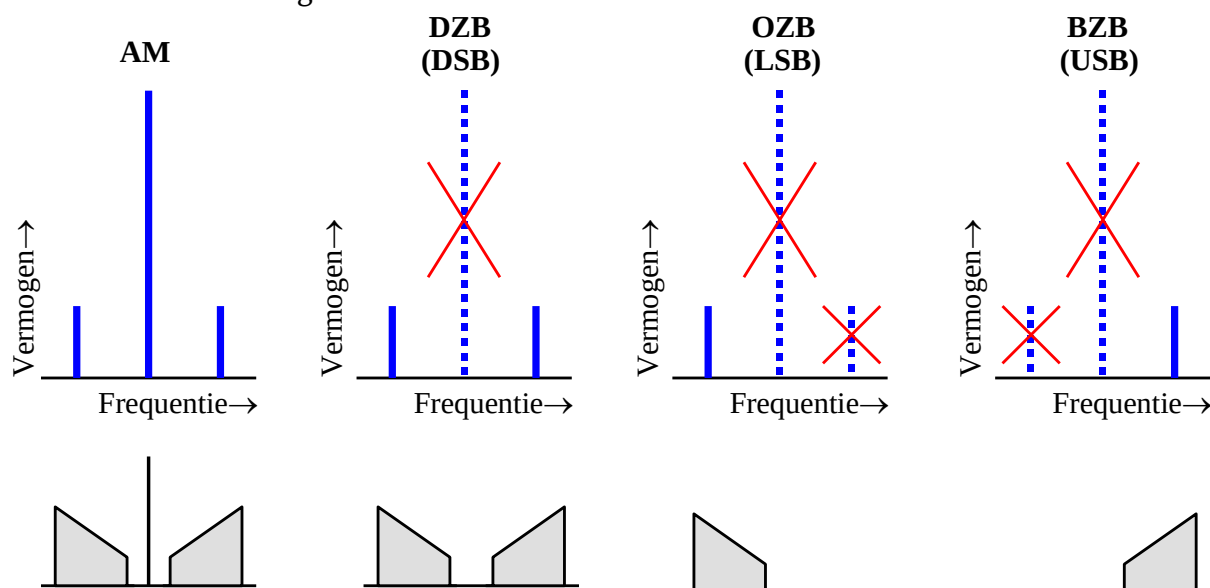
De amplitudes van de zijbanden zijn half zo groot als die van de draaggolf. Ze geven spanning weer. Het vermogen (midden) is evenredig met het kwadraat van de spanning. Elke zijband bevat daarom niet de helft, maar $\frac{1}{4}$ van het draaggolfvermogen. Rechts in de figuur een gestileerde manier om het spectrum van een met spraak gemoduleerd AM-signaal weer te geven. De hoogten van beide zijbandgrafieken lopen op met toenemend frequentieverschil met de draaggolf. Het “gat” tussen zijbanden en draaggolf is de 0-300 Hz die niet wordt meegemoduleerd.

De zijbanden bevatten samen half zoveel vermogen als de draaggolf. Bevat bijvoorbeeld de draaggolf 100 W, dan zit in elke zijband 25 W, samen 50 W. Het totale signaal bevat in dit voorbeeld 150 W. De informatie zit in de zijbanden, dus in 50 van de 150 W.

12.3.6 Van AM naar dubbel- en enkelzijband

In het voorbeeld zit de informatie in 50 van de 150 W. Die 50 W zit in 2 gespiegelde, maar verder identieke zijbanden met gelijke informatie-inhoud. Trek je conclusie over de

efficiëntie van AM. Figuur 12.3-3 laat zien wat daaraan te doen is.



Figuur 12.3-3. Van AM naar EZB met gestileerde spectra. AM zonder draaggolf wordt DZB. DZB zonder bovenste zijband wordt OZB (LSB, lower sideband) en DSB zonder onderste zijband wordt BZB (USB, Upper sideband).

Links boven het vermogensspectrum van AM. Verwijder de draaggolf en je houdt twee zijbanden over. Dat is DZB, dubbelzijband. Engels: DSB, double sideband. Van de 150 W blijft 50 W over zonder informatieverlies, maar wel in twee banden met elk 25 W.

Volgende stap: verwijder één van de twee zijbanden. Van 50 W naar 25 W zonder informatieverlies. Winst in bandbreedte: van 6 kHz naar 2,7 of 2,4 kHz. Minder dan de helft, want de “lege” 300 Hz tussen positie draaggolf en modulatie zit niet meer in de weg. Houd de laagste zijband over en het wordt OZB (onderste zijband) of LSB (lower sideband). Laat de hoogste zijband staan en het wordt BZB (bovenste zijband) of USB (upper sideband). De verzamelnaam voor OZB en BZB is EZB (enkelzijband). Voor USB en LSB is dat SSB (Single Sideband). Van 50 naar 25 W, een meer dan gehalveerde bandbreedte zonder informatieverlies. Gerekend vanaf AM: dezelfde hoeveelheid informatie in 1/6 van het vermogen bij een meer dan gehalveerde bandbreedte.

PEP is ook voor DZB en EZB te berekenen. De werkwijze is dezelfde als voor AM.

12.3.7 Modulatoren/mixers

AM

Een AM-modulator is nooit lineair. In een lineaire schakeling worden signalen opgeteld. Om AM te krijgen moeten ze worden vermenigvuldigd. De simpelste manier van AM-moduleren is via een kromme diode-, transistor-, buis- of FET-karakteristiek. Ook de oorspronkelijke frequenties komen daar weer uit, plus hun som- en verschilfrequenties.

DZB

Bij een enkel gebalanceerde modulator (mixer) verdwijnt één van de oorspronkelijke frequenties. In de praktijk is dat de draaggolffrequentie. De spraakfrequenties verdwijnen vanzelf in het eerste HF-filter. Zo ontstaat DZB. Het kan ook met een dubbel gebalanceerde mixer (DBM). Dan is de modulerende frequentie ook meteen weg.

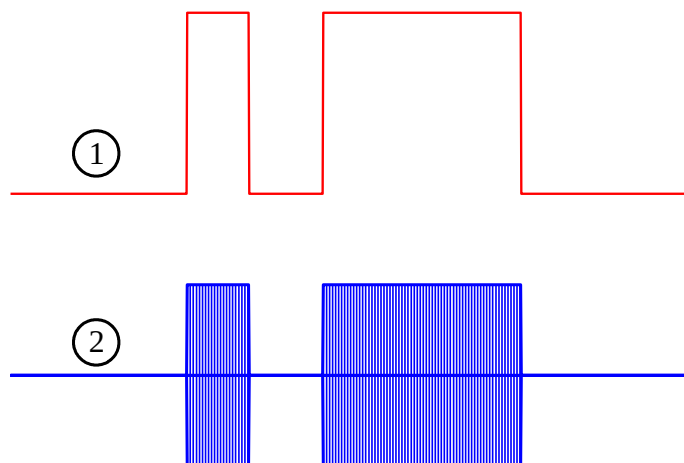
Bij een dubbel gebalanceerde modulator of mixer (DBM) blijven alleen de zijbanden over en verdwijnen alle oorspronkelijke frequenties. Vooral nuttig als twee hoogfrequente signalen moeten worden gemengd. Je houdt alleen de som- en verschilfrequentie over.

EZB

Als van DZB één van de twee zijbanden wordt verwijderd met een kristalfilter, ontstaat EZB, enkelzijband.

12.3.8 Morse-telegrafie (CW)

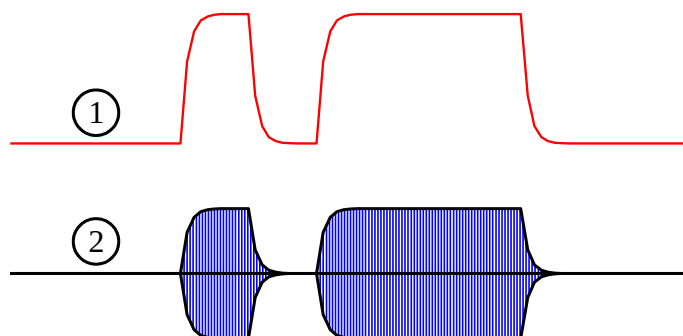
De basis van CW (afkorting van “Continuous Wave”) is afwisselende aan- en afwezigheid van een draaggolf (Figuur 12.3-4).



Figuur 12.3-4. Signaalgewijze bij morse-telegrafie (CW). (1): bron (seinsleutel); (2) gemoduleerd signaal.

Die wordt bewerkstelligd met een seinsleutel, vanouds een met de hand te bedienen schakelaar. CW is veel smalbandiger dan EZB. De scherpe overgangen tussen wel en geen draaggolf geven echter harmonischen die als sleutel”clicks” storing kunnen veroorzaken, ook op andere frequenties dan de gebruikte.

De scherpe overgangen moeten worden gedempt om storing door sleutelclicks te voorkomen. Daarvoor wordt een laagdoorlaatfilter gebruikt. Het resultaat ziet er ongeveer uit als in Figuur 12.3-5.



Figuur 12.3-5. Signaolvorm bij CW met filtering. (1) bron; (2) gemoduleerd signaal.

12.3.9 Frequentiemodulatie (FM)

Bij FM zit de informatie niet in de amplitude van het gemoduleerde signaal, maar in de frequentie. De frequentie varieert met de momentele waarde van het te moduleren signaal. De amplitude van een FM-sigitaal is daardoor constant. Kenmerkende grootheden zijn:

De frequentiezwaai of kortweg “zwaai” Δf . Dat is het verschil tussen de draaggolffrequentie f_d en de maximale frequentie f_{max} :

$$\Delta f = f_{max} - f_d$$

Als f_{max} en f_{min} even ver van f_d liggen, is de modulatie symmetrisch. Dan geldt ook

$$\Delta f = f_d - f_{min}$$

De modulatie-index m (niet te verwarren met de modulatieindex M bij AM) is de verhouding van de zwaai en de hoogste modulerende frequentie f_i :

$$m = \frac{\Delta f}{f_i}$$

Bij een frequentiezwaai van 3 kHz en een modulerende frequentie van 1 kHz is $m=3$. Is de hoogste modulerende frequentie 3 kHz, dan is $m=1$.

De bandbreedte B van een FM-sigitaal hangt af van m en f_i . Als m niet groter is dan ongeveer 1 is, geldt bij benadering:

$$B \approx 2f_i(1 + m)$$

Wie dat uitrekent voor een hoogste modulerende frequentie van 3 kHz en een zwaai van eveneens 3 kHz vindt $B \approx 12$ kHz. Dat is meer dan bij EZB of zelfs AM. Oorzaak: bij FM zijn er vele zijbanden op afstanden van hele veelvoud van de hoogste modulerende frequentie. Voor $m=1$ zijn dat er 2 aan weerskanten van de draaggolffrequentie, in totaal



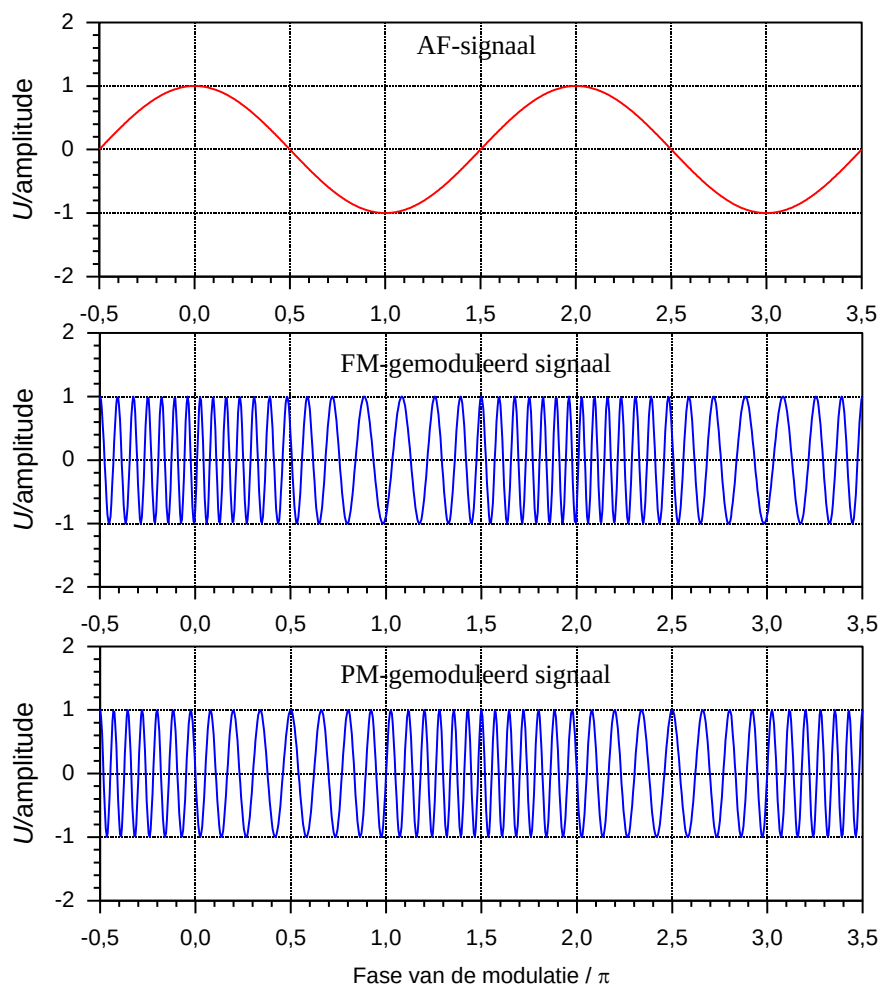
dus 4. Eigenlijk is het aantal zijbanden oneindig, maar bij FM geldt dat alleen de zijbanden worden geteld die 99% van het uitgezonden vermogen. Dat komt neer op -20 dB.

FM-modulatie komt tot stand in een spanninggestuurde oscillator. Veranderende stuurspanning (spraak bijvoorbeeld) geeft veranderende frequentie.

In tegenstelling tot AM en daarvan afgeleide modulatievormen kan een frequentie voor FM ook tot stand komen door frequentievermenigvuldiging. Het meest gebruikelijk is moduleren in de oscillator door het LF-signaal via een varicap de oscillatiefrequentie te laten beïnvloeden. Daarna kan door vervorming van het signaal frequentievermenigvuldiging tot stand komen. Bedenk dat als een frequentie met een getal wordt vermenigvuldigd, de frequentiezwaai en daarmee ook de bandbreedte met datzelfde getal wordt vermenigvuldigd.

12.3.10 Fasemodulatie (PM)

Het verschil tussen PM en FM is dat de frequentie niet afhangt van de momentele waarde van het modulerende signaal, maar van de snelheid waarmee de momentele waarde van dat signaal verandert. Figuur 12.3-6 laat het zien.



Figuur 12.3-6. Boven: AF-sigitaal. Midden: het AF-sigitaal FM gemoduleerd. Onder: AF-sigitaal, PM gemoduleerd.

12.3.11 Digitale modulaties: bitsnelheid en symboolsnelheid

Voor we met modulatievormen beginnen eerst iets over de transportsnelheid van digitale data. Daarvoor bestaan twee eenheden. Dat zijn bits per seconde (bps) en symboolsnelheid baud (Bd). Als elk bit afzonderlijk wordt verstuurd, zijn Bd en bps gelijk.

1 Mbps is dan hetzelfde als 1 MBd, 1 miljoen bits per seconde.

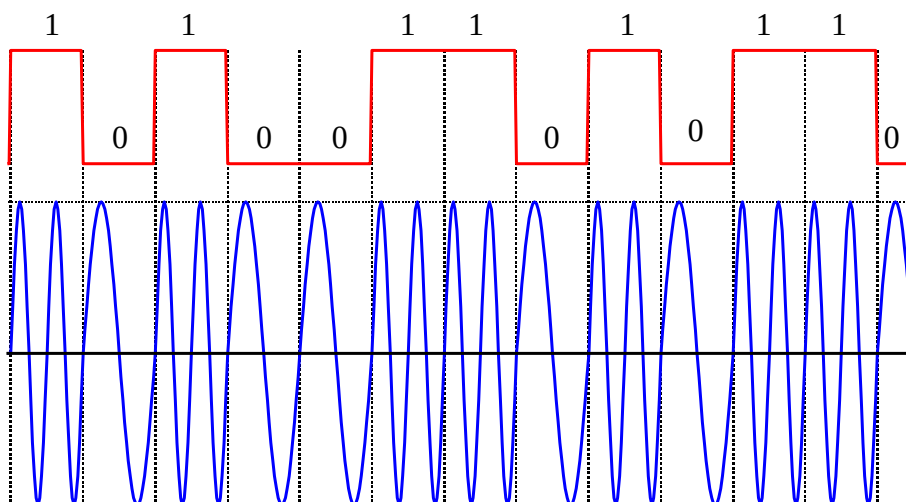
Als de 1 miljoen bits per seconde worden verstuurd in pakketjes van 2, dan is de bitsnelheid nog steeds 1 Mbps, maar de symboolsnelheid 0,5 MBd. De 2 bits in 1 pakketje worden gezien als 1 symbool.

Zitten er 4 bits in een symbool, dan moet het aantal bps door 4 worden gedeeld voor de symboolsnelheid. Dan is dus 1 Mbps = 250 kBd.

In plaats van de term *symboolsnelheid* wordt ook *tekensnelheid* gebruikt.

12.3.12 Frequency shift keying (FSK)

FSK is digitale FM. Het ziet eruit als in Figuur 12.3-7.



Figuur 12.3-7. FSK-modulatie. Digitaal signaal (rood) boven. Gemoduleerd signaal (blauw) onder. Frequentieverschillen zijn overdreven voorgesteld terwille van de duidelijkheid.

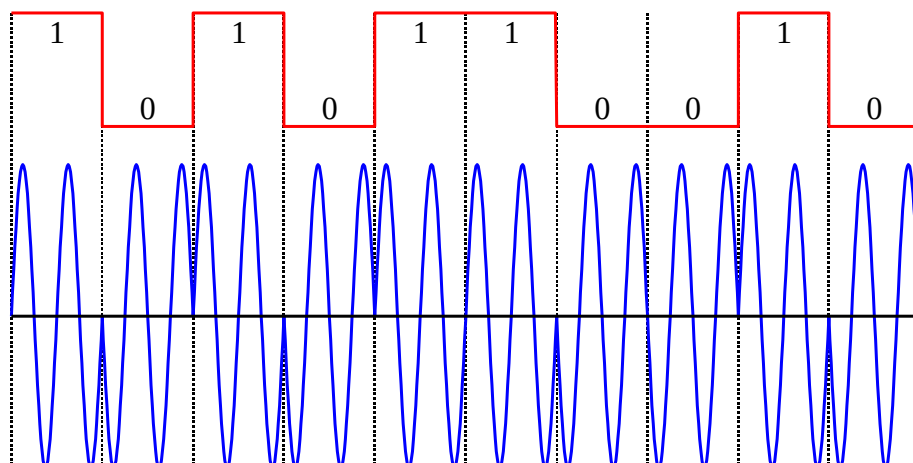
De modulatie is vaak CW, maar kan ook een andere vorm van digitale codering zijn. Voordeel: de draaggolf wordt niet onderbroken zodat er vrijwel geen sleutelclicks zijn. Voor de bandbreedte B geldt bij benadering

$$B \approx 2(1,6f_s + \Delta f)$$

Daarin is f_s de tekensnelheid. 100 Bd en een zwaai van 1 kHz leidt tot een bandbreedte van $2(160 \text{ Hz} + 1000 \text{ Hz}) = 2320 \text{ Hz}$.

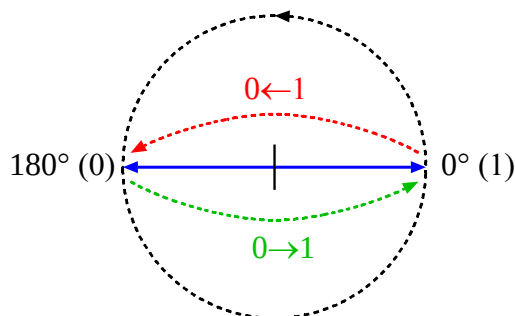
12.3.13 Phase Shift Keying (2-PSK)

Pij PSK geeft een faseverandering de verandering van een één of meer bits aan. De faseverandering is abrupt. De 2 in 2-PSK geeft aan dat er maar 2 waarden zijn. 1 bit dus. De faseverandering is bij elke waardeverandering 180° . Bitsnelheid is tekensnelheid. 2-PSK ziet eruit als in Figuur 12.3-8



Figuur 12.3-8. Voorbeeld van BPSK. Een 1 begint op 0° en een 0 op 180° (π). Het aantal sinusperiodes per bit is meestal groter dan in de tekening.

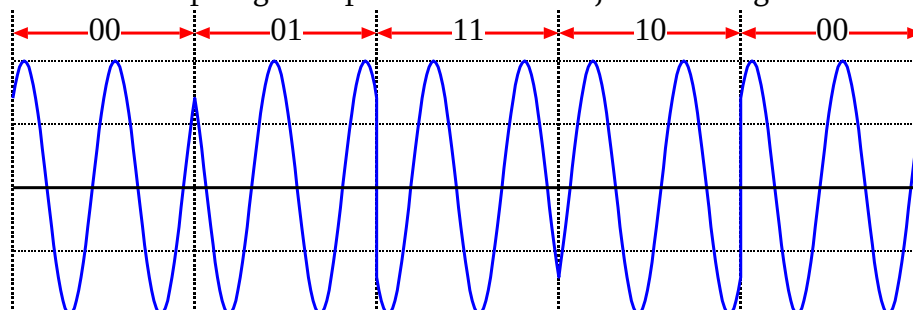
Bij 2-PSK is de bitsnelheid gelijk aan de teken- of symbolnelheid. In vectordiagram:



Figuur 12.3-9. BPSK of 2PSK in vectorvorm met fasesprongen $1 \rightarrow 0$ (rode stippellijn) en $0 \rightarrow 1$ (groene stippellijn).

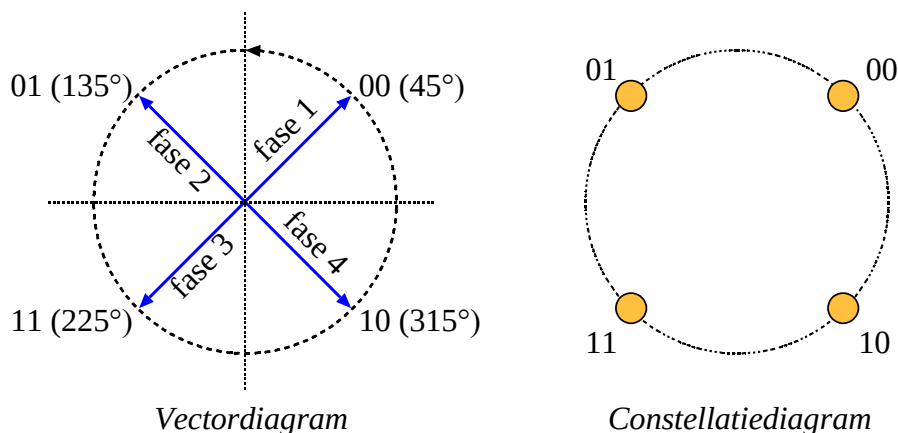
12.3.14 Quadrature Phase Shift Keying (Q-PSK of 4-PSK)

4-PSK kent 4 fasesprongen in plaats van 2. Die zijn elk 90° . Figuur 12.3-10 laat ze zien.



Figuur 12.3-10. De bitcombinaties 00, 01, 10, en 11 van QPSK. Let op de fasesprongen.

Het vectordiagram en het constellatiediagram staan in Figuur 12.3-11.

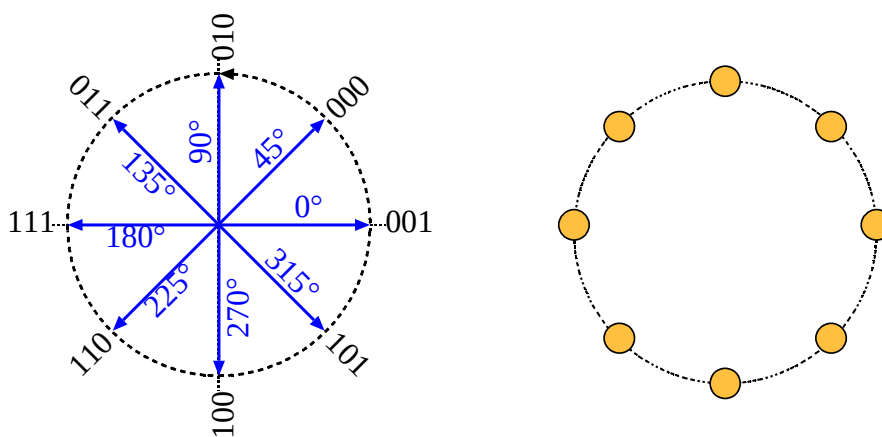


Figuur 12.3-11. 4PSK (QPSK) in vectorvorm (links) en als constellatiediagram (rechts).

Elke fasepositie betreft 2 bits en dekt daarom de getallen 00-11 (decimaal: 0-3). De tekensnelheid (symboolsnelheid) is daarom de helft van de bitsnelheid.

12.3.15 8-PSK

8-PSK kent 8 vectorposities met faseverschillen van 45°. Figuur 12.3-12 toont vector- en constellatiediagram.

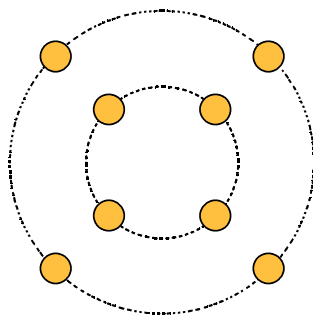


Figuur 12.3-12. Vectordiagram (links) en constellatiediagram (rechts) van 8-PSK.

Elke vectorpositie (fase) staat voor 3 bits (000 t/m 111). De tekensnelheid (symboolsnelheid) is daarom 1/3 van de bitsnelheid (of bitsnelheid is 3x tekensnelheid).

12.3.16 Quadrature Amplitude Modulation (QAM).

QAM is een mengvorm van digitale amplitude- en fasemodulatie. 8-QAM is een mengvorm van 4-PSK en 2 amplitudes. 4-PSK kent 4 verschillende fasetoestanden (2 bits), gecombineerd met 2 amplitudes, totaal 3 bits. We geven alleen het constellatiediagram (Figuur 12.3-13).



Figuur 12.3-13. Constellatiediagram van 8-QAM.

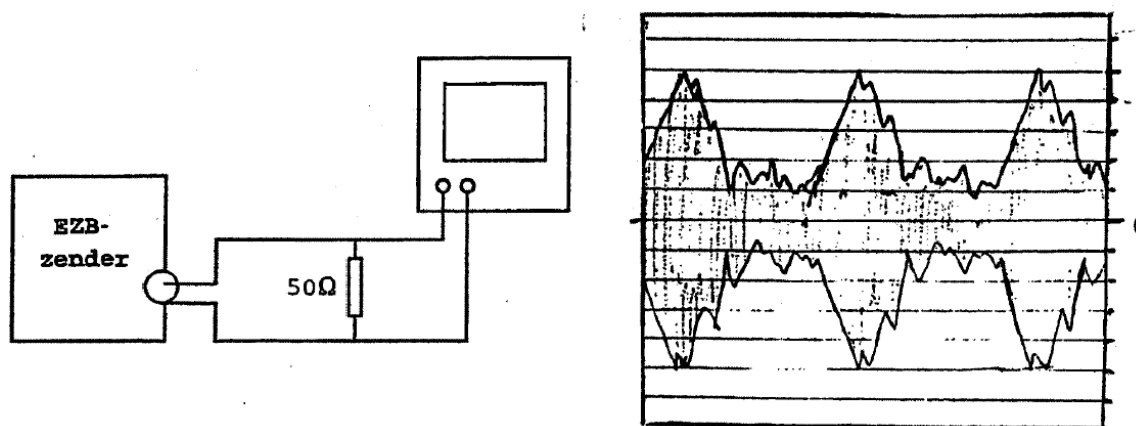
De vier binnenste geven de vier mogelijkheden met kleine amplitude, de buitenste vier die met grote amplitude. Samen 8 mogelijkheden of 3 bits, zoals al opgemerkt. Ook hier is de bitsnelheid 3x de teken- of symboolsnelheid.



12.4 Opgaven

12.4.1 Opgave 12-1

Een EZB-zender is belast met een kunstantenne en wordt met spraak gemoduleerd. De ingang van een oscilloscoop is aangesloten op deze dummyload. De ingangsgevoeligheid van deze oscilloscoop is 20 V / schaaldeel.



De Peak Envelope Power (PEP) bedraagt

- A. 200 W
- B. 50 W
- C. 400 W
- D. 100 W

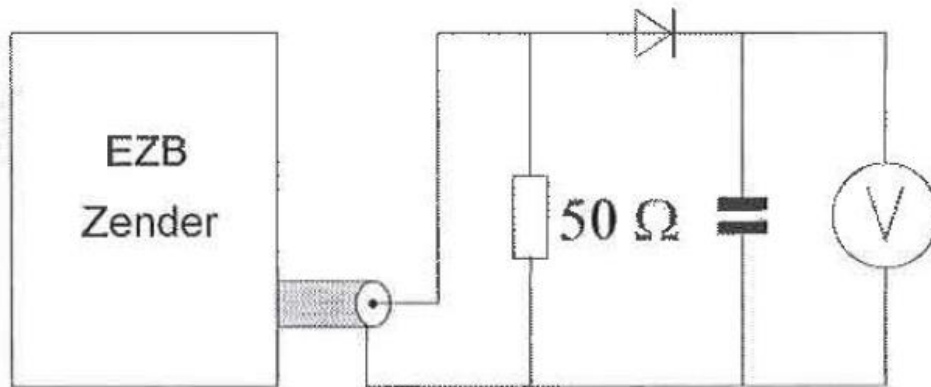
(F-examen najaar 2000, februari 2009, mei 2009 (1), maart 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.2 Opgave 12-2

Een EZB-zender wordt gestuurd met een dubbeltoon (1100 en 1900 Hz van gelijke amplitude). De meter wijst 71 V aan.



De Peak Envelope Power (PEP) bedraagt:

- A. 50 W
- B. 71 W
- C. 100 W
- D. 150 W

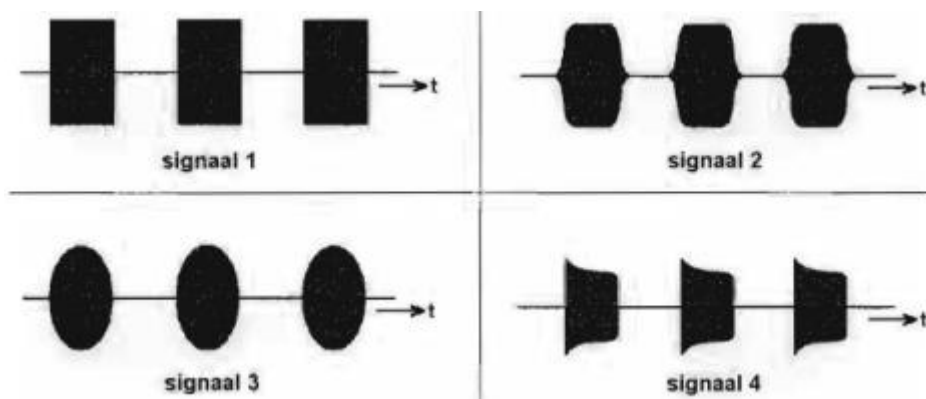
(F-examen najaar 2003, november 2008 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.3 Opgave 12-3

Het uitgezonden signaal van een morse-telagrafie-zender wordt op een oscilloscoop zichtbaar gemaakt.



Het signaal met de minste sleutelklik is weergegeven in

- A. signaal 3
- B. signaal 1
- C. signaal 4
- D. signaal 2

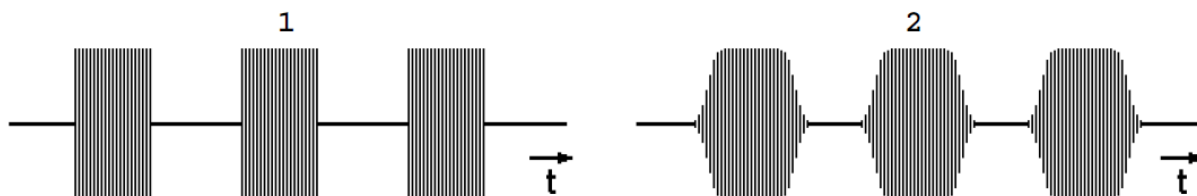
(F-examen mei 2011 (3), november 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.4 Opgave 12-4

Van twee telegrafiezenders zijn hieronder de hoogfrequent uitgangssignalen weergegeven.



Wat is juist?

- A. Signaal 1 heeft een grotere bandbreedte dan signaal 2
- B. Signaal 1 heeft een kleinere bandbreedte dan signaal 2
- C. Signaal 1 heeft dezelfde bandbreedte als signaal 2
- D. Er kan geen conclusie over het verschil in bandbreedte worden getrokken

(F-examen najaar 2005)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.5 Opgave 12-5

Een HF-draaggolf wordt amplitude gemoduleerd met spraak. Constant blijft:

- A. De frequentie van de HF-draaggolf
- B. De frequentie van het modulerende signaal
- C. De amplitude van de HF-draaggolf
- D. De amplitude van de HF-draaggolf en de frequentie van het modulerende signaal

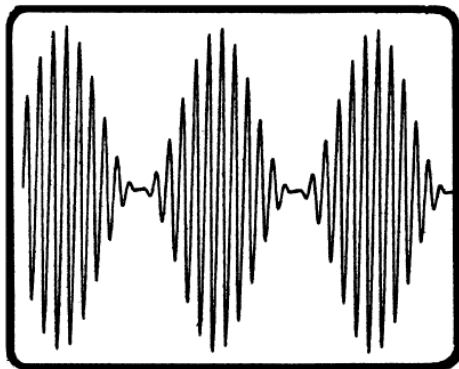
(F-examen voorjaar 2000)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.6 Opgave 12-6

Een oscilloscoop, aangesloten op de antenne-aansluiting van een zender, vertoont het volgende beeld:



Dit duidt op een

- A. FM-zender gemoduleerd met één toon
- B. FM-zender met sterke tweede harmonische
- C. AM-zender gemoduleerd met één toon
- D. EZB-zender gemoduleerd met één toon

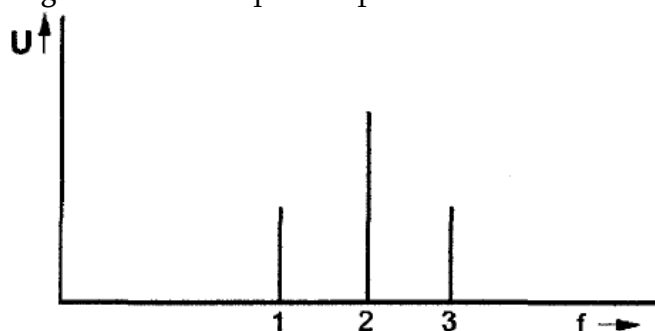
(F-examen voorjaar 2004)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.7 Opgave 12-7

Gegeven is het frequentiespectrum van een met een toon gemoduleerde AM-zender.



De met “2” aangeduide lijn stelt voor:

- A. Lage zijband
- B. Draaggolf
- C. Hoge zijband
- D. Toon

(F-examen voorjaar 2003, november 2010 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

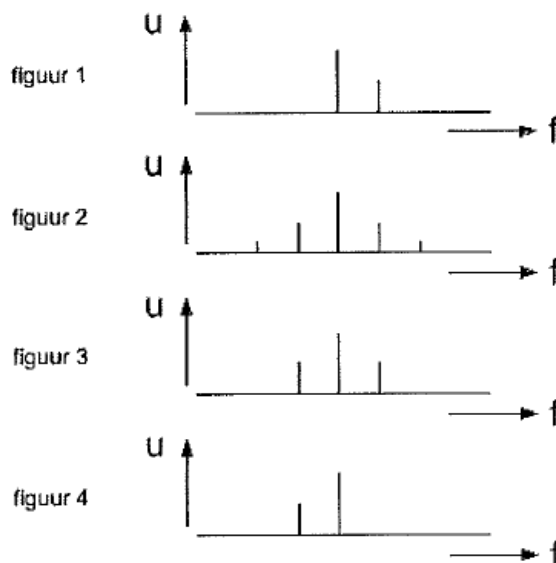


12.4.8 Opgave 12-8

Een draaggolf is 100% in amplitude gemoduleerd met een laagfrequent sinusvormig signaal.

De in het uitgezonden signaal aanwezige hoogfrequentcomponenten zijn aangegeven in:

- A. Figuur 1
- B. Figuur 2
- C. Figuur 4
- D. Figuur 3



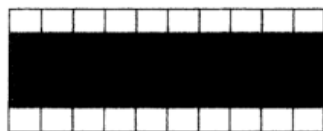
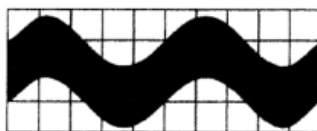
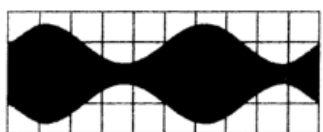
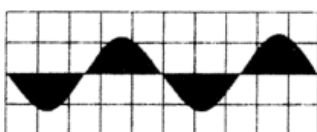
(F-examen najaar 2004, september 2009 (2), april 2011, November 2014 (2), mei 2016 (1), maart 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.9 Opgave 12-9

De draaggolf van een AM-zender wordt met één toon gemoduleerd. Het uitgangssignaal wordt op een oscilloscoop zichtbaar gemaakt. De oscilloscoop is gesynchroniseerd met het toonsignaal.

**beeld 1****beeld 2****beeld 3****beeld 4**

Het juiste beeld is:

- A. Beeld 3
- B. Beeld 1
- C. Beeld 2
- D. Beeld 4

(F-examen voorjaar 2007, mei 2011 (3), september 2012, mei 2017 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.10 Opgave 12-10

De modulatiemethode voor spraak met de kleinste bandbreedte is

- A. Enkelzijband modulatie
- B. Frequentiemodulatie
- C. Fasemodulatie
- D. Dubbelzijband modulatie

(F-examen december 2008, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.11 Opgave 12-11

De juiste volgorde van toenemende bandbreedte is

- A. CW, FM-telefonie, EZB-telefonie
- B. CW, EZB-telefonie, FM-telefonie
- C. FM-telefonie, EZB-telefonie, CW
- D. EZB-telefonie, FM-telefonie, CW

(F-examen najaar 2000, juli 2009, november 2013 (1), maart 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.12 Opgave 12-12

Bij een 100% met één toon gemoduleerd AM-zendsignaal heeft iedere zijband een amplitude gelijk aan

- A. 12,5% van de draaggolf
- B. 25% van de draaggolf
- C. 50% van de draaggolf
- D. 78% van de draaggolf

(F-examen najaar 2006, mei 2017 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.13 Opgave 12-13

Het frequentie-spectrum van een HF-signaal dat 50% amplitude-gemoduleerd is met een constante LF-sinustrilling vertoont

- A. Een draaggolf en twee zijbanden
- B. Eén zijband zonder draaggolf
- C. Twee zijbanden zonder draaggolf
- D. Een draaggolf en één zijband

(F-examen mei 2017 (2), maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.14 Opgave 12-14

Een met spraak in amplitude gemoduleerd HF-signaal (A3E) heeft als eigenschap

- A. De bandbreedte is onafhankelijk van de frequentie van het modulerend signaal
- B. De frequentie van de draaggolf is constant
- C. De fase van de draaggolf varieert in het ritme van de modulatie
- D. Alle zijband componenten hebben gelijke amplitude

(F-examen najaar 2001, november 2008 (1), januari 2010)

Opmerking: A3E is een code voor modulatiesoort. Die codes worden pas in hoofdstuk 18 behandeld. A3E kan nu worden genegeerd.

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.15 Opgave 12-15

Een AM-gemoduleerd HF-signaal heeft een bandbreedte van 10 kHz. De hoogste frequentie welke in het modulerende LF -signaal voorkomt, is

- A. 10 kHz
- B. 2,5 kHz
- C. 5 kHz
- D. 20 kHz

(F-examen september 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.16 Opgave 12-16

In een enkelzijband zender kiest men bij voorkeur voor een balansmodulator, omdat hiermee:

- A. Minder harmonischen ontstaan
- B. De draaggolf wordt onderdrukt
- C. Modulatie-oversturing van de eindtrap wordt voorkomen
- D. Het zendvermogen (P.E.P.) van het uitgezonden signaal wordt verminderd

(F-examen mei najaar 2007, december 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.17 Opgave 12-17

In een EZB-zender wordt een zijbandfilter toegepast. Dit filter is geplaatst tussen

- A. De balansmodulator en de daaropvolgende versterkertrap van de zender
- B. De draaggolf generator en de balansmodulator
- C. De microfoonversterker en de balansmodulator
- D. De microfoon en de microfoonversterker

(F-examen najaar 2005, september 2014 (2), mei 2016 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**12.4.18 Opgave 12-18**

In een EZB –amateur zender wordt de modulatie verkregen door middel van een balansmodulator. Daarachter is een zijband doorlaatfilter geschakeld. De gangbare bandbreedte van dit filter voor goed verstaanbare spraak bedraagt:

- A. 2400 Hz
- B. 1200 Hz
- C. 4800 Hz
- D. 9600 Hz

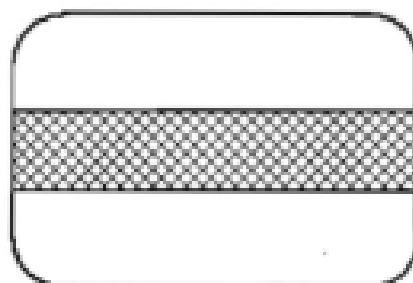
(F-examen voorjaar 2005, april 2010, september 2013 (2), mei 2016 (1), september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.19 Opgave 12-19

Een oscilloscoop, aangesloten op de antenne-aansluiting van een zender welke gemoduleerd is met spraak, vertoont het getoonde beeld. De zender is:

- A. Een FM-zender
- B. Een EZB-zender met onderdrukte draaggolf
- C. Een EZB-zender met volle draaggolf
- D. Een AM-zender



Tijdbasisfrequentie = 50 Hz

(F-examen najaar 2000, september 2013 (1), september 2015, september 2016, maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.20 Opgave 12-20

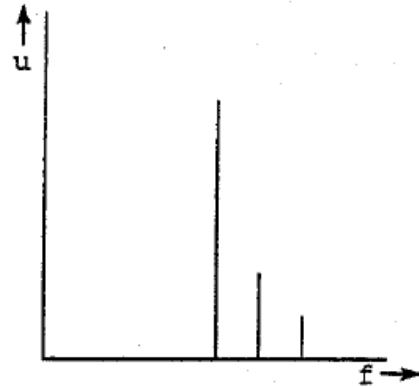
Een zender wordt gelijktijdig gemoduleerd met twee sinusvormige signalen.

Indien het spectrum van het uitgangssignaal het getekende beeld vertoont, is er sprake van:

- A. Dubbelzijbandmodulatie
- B. Enkelzijbandmodulatie met volle draaggolf
- C. Fasemodulatie
- D. Frequentiemodulatie

(F-examen najaar 2001)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.21 Opgave 12-21

Met een oscilloscoop en een 2-toon testsignaal kan van een EZB-zender worden bepaald:

- A. De lineariteit
- B. De modulatiediepte
- C. De frequentie-deviatie
- D. De faseverschuiving van de draaggolf

(F-examen april 2011, november 2013, september 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.22 Opgave 12-22**

De amplitude-lineariteit van een EZB-zender wordt getest met behulp van een oscilloscoop, gekoppeld met de zenderuitgang. De gebruikelijke methode is om de zender te moduleren met:

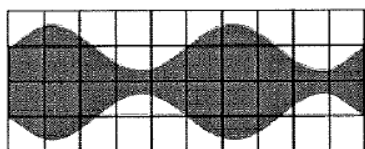
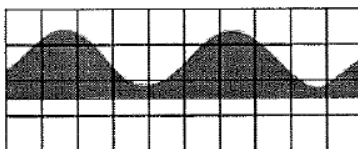
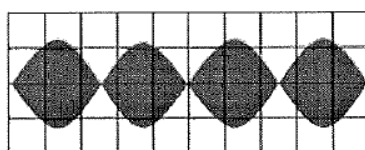
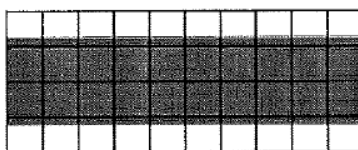
- A. Eén LF-blokgolf
- B. Eén sinusvormig LF-signaal
- C. Twee sinusvormige LF-signalen
- D. Normale spraaksignalen

(F-examen september 2009 (2), augustus 2013, November 2017, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.23 Opgave 12-23

Een ideale enkelzijbandzender wordt met twee even sterke audiosignalen van respectievelijk 800 en 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop.

**beeld 1****beeld 2****beeld 3****beeld 4**

Het juiste beeld is

- A. Beeld 4
- B. Beeld 3
- C. Beeld 2
- D. Beeld 1

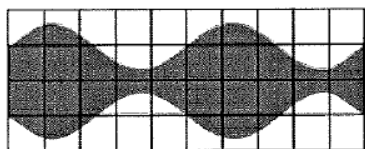
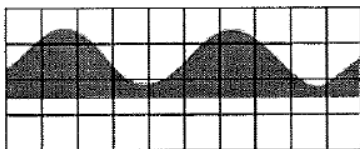
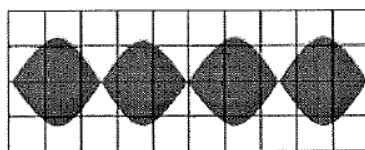
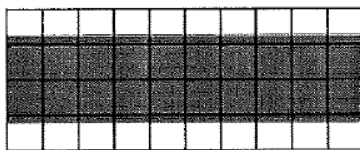
(F-examen oktober 2008 (1), december 2008, augustus 2009, november 2010, augustus 2013, september 2018, september 2019, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.24 Opgave 12-24

Een ideale enkelzijbandzender wordt met een sinusvormige toon van 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt op een oscilloscoop zichtbaar gemaakt.

**beeld 1****beeld 2****beeld 3****beeld 4**

Het juiste beeld is

- A. Beeld 2
- B. Beeld 1
- C. Beeld 4
- D. Beeld 3

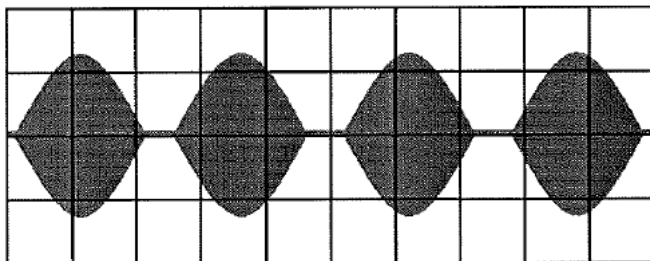
(F-examen januari 2009, juni 2009, november 2010 (1), maart 2011 (1), november 2013 (1), september 2015, september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.25 Opgave 12-25

Een enkelzijbandzender wordt met twee even sterke sinusvormige audiosignalen van respectievelijk 800 en 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop.



Dit beeld geeft aan dat een van de zendertrappen

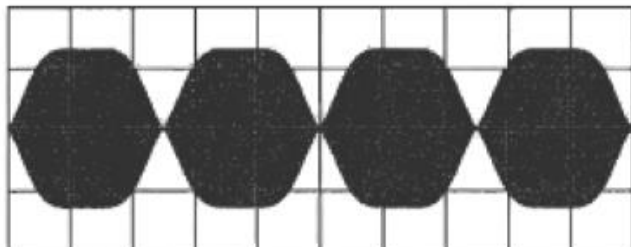
- A. Te weinig uitgestuurd wordt
- B. Overstuurd wordt
- C. Veel harmonischen produceert
- D. Niet lineair is

(F-examen september 2009 (1 en 2), februari 2010 (1), mei 2010 (1), september 2010 (2), november 2010 (1), mei 2013 (2), maart 2015, mei 2018 (1), november 2018, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.26 Opgave 12-26

Een enkelzijbandzender wordt met twee even sterke sinusvormige audiosignalen van respectievelijk 800 en 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop.



Dit beeld geeft aan dat een van de zendertrappen

- A. Overstuurd wordt
- B. Goed werkt
- C. Veel harmonischen produceert
- D. Niet stabiel is

(F-examen november 2009, januari 2010, januari 2011, mei 2011 (2), mei 2012 (1), november 2017, maart 2018, mei 2019 (2), november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.27 Opgave 12-27

Voor een optimale verstaanbaarheid van spraak dient via een telefoniezender een frequentieband overgebracht te worden die ligt tussen:

- A. 300 en 3000 Hz
- B. 1000 en 2000 Hz
- C. 100 en 1000 Hz
- D. 2000 en 4000 Hz

(F-examen mei 2009 (1), april 2010, september 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.28 Opgave 12-28**

Een EZB-zender met onderdrukte draaggolf wordt gemoduleerd met spraak waaruit alle frequenties beneden 500 Hz en boven 2500 Hz zijn weggefilterd. De bandbreedte van deze zender is:

- A. 500 Hz
- B. 2000 Hz
- C. 2500 Hz
- D. 5000 Hz

(F-examen najaar 2001, mei 2010 (2), september 2011 (1), januari 2017, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.29 Opgave 12-29

Het zendvermogen van een 2 meter FM-telefoniezender is:

- A. Afhankelijk van de amplitude en de frequentie van het modulerend signaal
- B. Afhankelijk van de amplitude van het modulerend signaal
- C. Onafhankelijk van de amplitude van het modulerend signaal
- D. Afhankelijk van de frequentie van het modulerend signaal

(F-examen najaar 2000, januari 2009, november 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.30 Opgave 12-30

De bandbreedte van een FM-signaal:

- A. Is onafhankelijk van het modulerende signaal
- B. Is alleen afhankelijk van de frequentie van het modulerende signaal
- C. Is alleen afhankelijk van de amplitude van het modulerende signaal
- D. Is afhankelijk van de amplitude en de frequentie van het modulerende signaal

(F-examen najaar 2005)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.31 Opgave 12-31

De bandbreedte van een FM-signaal:

- A. Is altijd kleiner dan de bandbreedte van een AM-signaal
- B. Is gelijk aan 2 maal de bandbreedte van het modulerende signaal
- C. Is onafhankelijk van het modulerende signaal
- D. Hangt af van de toegepaste modulatie-index

(F-examen voorjaar 2005)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.32 Opgave 12-32

Tijdens het moduleren van een FM-telefoniezender met een toon van constante amplitude varieert

- A. De frequentie en de amplitude van het uitgezonden signaal
- B. De amplitude van het uitgezonden signaal
- C. De frequentie van het uitgezonden signaal
- D. De frequentiezwaaai van het uitgezonden signaal

(F-examen voorjaar 2005, maart 2010, september 2013 (1), mei 2019 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.33 Opgave 12-33

Een FM-zender wordt gemoduleerd met een toon van 2500 Hz. De frequentiezwaaai is 10 kHz.

De modulatie-index is:

- A. 4
- B. 40
- C. 0,25
- D. 25

(F-examen voorjaar 2000, mei 2009 (2), mei 2016 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.34 Opgave 12-34

De frequentiezwaai van een FM-zender wordt vergroot van 2 kHz naar 3 kHz.

Het zendvermogen van de zender:

- A. Wordt $\frac{2}{3}$ maal de vroegere waarde
- B. Blijft gelijk
- C. Wordt $\frac{9}{4}$ maal de vroegere waarde
- D. Wordt $\frac{3}{2}$ maal de vroegere waarde

(F-examen najaar 2005, januari 2010, maart 2012, maart 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.35 Opgave 12-35

De frequentiezwaai van een fase-gemoduleerd (PM) signaal wordt bepaald door

- A. De amplitude en de frequentie van het modulerende signaal
- B. De frequentie van de draaggolf en de frequentie van het modulerende signaal
- C. Alleen de frequentie van het modulerende signaal
- D. Alleen de amplitude van het modulerende signaal

(F-examen najaar 2001, maart 2009 (2), juni 2009, juli 2010, augustus 2010, september 2010 (2), september 2011 (1), mei 2013 (2), september 2013 (2), september 2014 (2), januari 2018, maart 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.36 Opgave 12-36

De frequentiezwaai van een frequentiegemoduleerde zender is voornamelijk afhankelijk van

- A. De frequentie van het audiosignaal
- B. De verhouding van de amplitude en de frequentie van het audiosignaal
- C. De hoogste frequentie van het audiosignaal
- D. De amplitude van het audiosignaal

(F-examen voorjaar 2001, september 2010, november 2014 (2), mei 2015 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.37 Opgave 12-37

De frequentiezwaai van een FM-gemoduleerde draaggolf wordt groter als de

- A. Frequentie van het modulerende signaal afneemt
- B. Amplitude van het modulerende signaal afneemt
- C. Frequentie van het modulerende signaal toeneemt
- D. Amplitude van het modulerende signaal toeneemt

(F-examen oktober 2008 (1), februari 2010 (1), augustus 2010, september 2010 (1), november 2010 (1), mei 2014 (2), maart 2019, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.38 Opgave 12-38

Indien een FM-zender een te grote frequentiezwaaai vertoont, kan dit worden verholpen door:

- A. De amplitude van de modulerende spanning te verkleinen
- B. De voedingsspanning van de zender te stabiliseren
- C. De frequentie van de modulatie te verlagen
- D. De voedingsspanning van de zender te verlagen

(F-examen mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.39 Opgave 12-39

Een 2-meter FM-zender wordt gemoduleerd met spraak. De zwaai is 3 kHz. De bandbreedte van het HF-sigitaal is ongeveer

- A. 1 kHz
- B. 6 kHz
- C. 12 kHz
- D. 3 kHz

(F-examen september 2009 (2), mei 2018 (1), mei 2019 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.40 Opgave 12-40

Een voordeel van frequentiemodulatie vergeleken met enkelzijbandmodulatie is:

- A. Er is ruimte voor meer zenders per 100 kHz spectrum
- B. De bandbreedte van de ontvanger kan kleiner zijn
- C. In de ontvanger kan een productdetector worden toegepast
- D. De eindtrap van de zender kan in klasse C worden ingesteld

(F-examen maart 2009 (2), augustus 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.41 Opgave 12-41

Een FM-zender geeft een draaggolfvermogen af van 10 watt en is belast met een gloeilamp van 15 watt. De zender wordt met spraak gemoduleerd. Deze lamp zal:

- A. Niet gloeien
- B. In het spraakritme feller gloeien
- C. Constant gloeien
- D. Alleen tijdens het spreken gloeien

(F-examen april 2011, mei 2017 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.42 Opgave 12-42

Een met spraak in frequentie gemoduleerd signaal heeft de volgende eigenschap:

- A. Het aantal zijbandcomponenten is onafhankelijk van de modulatie
- B. De bandbreedte is onafhankelijk van de modulatie
- C. De frequentie wordt gevarieerd door de modulatie
- D. Alle zijbandcomponenten hebben gelijke amplitude

(F-examen februari 2011, maart 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.43 Opgave 12-43

Een 2-meter FM-zender wordt gemoduleerd met een 1000 Hz-toon waarvan de amplitude constant is. De frequentiezwaai bedraagt 3 KHz.

Hierbij ontstaan:

- A. Meer dan 2 zijbandfrequenties
- B. Een zijbandfrequentie
- C. Twee zijbandfrequenties
- D. Geen zijbandfrequenties

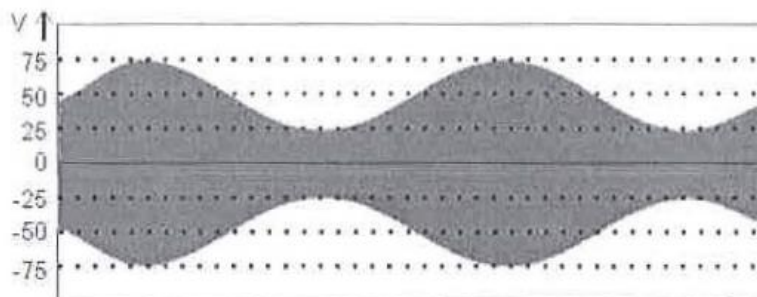
(F-examen januari 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.44 Opgave 12-44

De Peak Envelope Power (PEP) van deze gemoduleerde HF-spanning over een $75\ \Omega$ belastingsweerstand is:

- A. 37,5 W
- B. 16,6 W
- C. 75 W
- D. 50 W



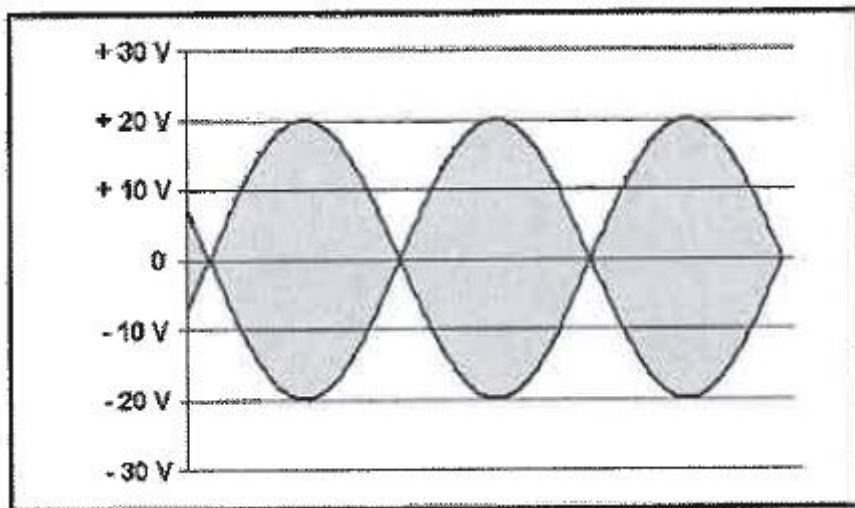
(F-examen april 2008, juli 2008, november 2009, mei 2010 (1), augustis 2011, september 2013 (2), november 2013 (1), september 2017, mei 2019 (2), september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.45 Opgave 12-45

De uitgang van een amateurzender is afgesloten met $50\ \Omega$. Op een oscilloscoop zien we het onderstaande beeld.



De Peak Envelope Power (PEP) is:

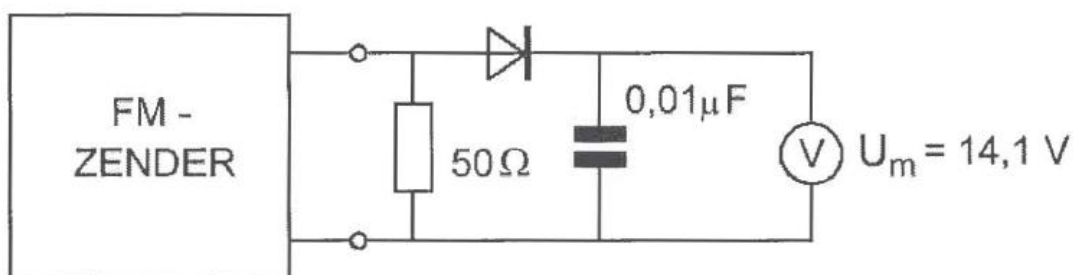
- A. 16 W
- B. 2 W
- C. 8 W
- D. 4 W

(F-examen oktober 2009, mei 2010 (1), mei 2011 (1), september 2011 (2), maart 2014, maart 2015, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.46 Opgave 12-46



Het uitgangsvermogen van de zender is:

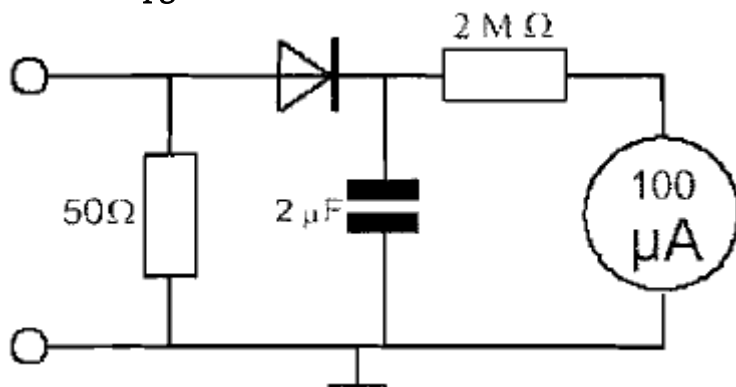
- A. 400 mW
- B. 4 W
- C. 200 mW
- D. 2 W

(F-examen juli 2009, november 2011, augustus 2013, september 2019, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.47 Opgave 12-47



Met de schakeling wordt de Peak Envelope Power (PEP) van een enkelzijbandzender gemeten. De condensator moet een waarde van ongeveer 2 μF hebben om:

- A. De effectieve waarde van de HF wisselspanning te meten
- B. De aanwijzing onafhankelijk te maken van de golfvorm van de omhullende
- C. Uitstraling van harmonischen door de meter te voorkomen
- D. De aanwijzing de snelle veranderingen van de modulatie te laten volgen

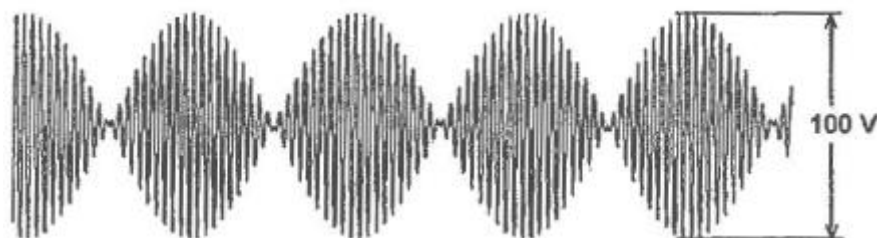
(F-examen juli 2011, mei 2017 (1), mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.48 Opgave 12-48

Een zender voor enkelzijband telefonie is aangesloten op een kunstmatige belasting (dummyload) met een weerstand van 50 ohm. De zender wordt gemoduleerd met een dubbeltoonsignaal. Een op de uitgang van de zender aangesloten oscilloscoop vertoont het in de figuur aangegeven beeld.



De Peak Envelope Power (PEP) van de zender bedraagt:

- A. 100 W
- B. 25 W
- C. 50 W
- D. 200 W

(F-examen juli 2010, mei 2011 (2), november 2011, mei 2012 (1), mei 2013 (2), mei 2015 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.49 Opgave 12-49**

Een amplitudegemoduleerde zender wordt met een laagfrequente toon 100% gemoduleerd. De Peak Envelope Power (PEP) is 200 watt. Het draaggolfvermogen is dan:

- A. 25 W
- B. 100 W
- C. 200 W
- D. 50 W

(F-examen oktober 2008 (1), maart 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.50 Opgave 12-50**

Een hoogfrequent draaggolf wordt 100% in amplitude gemoduleerd met een sinusvormig signaal. Tijdens de vermogensmaxima van het gemoduleerde signaal is het hoogfrequentvermogen

- A. Gelijk aan het draaggolfvermogen
- B. Tweemaal zo groot als het draaggolfvermogen
- C. Viermaal zo groot als het draaggolfvermogen
- D. De helft van het draaggolfvermogen

(F-examen mei 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

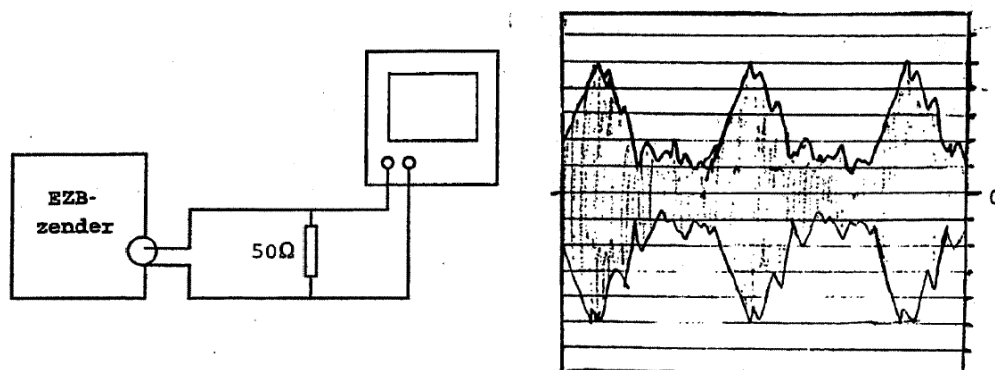




12.5 Uitwerkingen

12.5.1 Uitwerking van Opgave 12-1

Een EZB-zender is belast met een kunstantenne en wordt met spraak gemoduleerd. De ingang van een oscilloscoop is aangesloten op deze dummyload. De ingangsgevoeligheid van deze oscilloscoop is 20 V / schaaldeel.



De Peak Envelope Power (PEP) bedraagt

- A. 200 W
- B. 50 W
- C. 400 W
- D. 100 W

Uitwerking

De termen *kunstantenne* en *dummyload* betekenen hetzelfde: Een weerstand zonder zelfinductie of capaciteit, gebruikt om het uitgangsvermogen van een zender te meten.

PEP is het vermogen P van een volle sinusperiode van de draaggolf die met maximum en minimum de omhullende net raakt tijdens de piek van diezelfde omhullende.

De onregelmatige golfvorm heeft zijn maximum op 5 schaaldelen boven de nullijn. De amplitude van de draaggolfsinus is daar dan ook 5 maal 20 V is 100 V. De effectieve waarde van die draaggolfsinus is dan $100\text{V}/\sqrt{2} = 70,7\text{ V}$. Deze staat over een weerstand van 50 ohm. Het vermogen P is dan

$$P = PEP = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{5000\text{ W}}{50} = 100\text{ W}$$

Dat wordt antwoord D.

Opmerking

Het kan iets eenvoudiger als $100\text{V}/\sqrt{2}$ blijft staan. Dan is $P = PEP = \frac{100^2\text{ W}}{(2 * 50)} = \frac{10000\text{ W}}{100} = 100\text{ W}$. Zelfde uitkomst, één rekenoperatie minder.



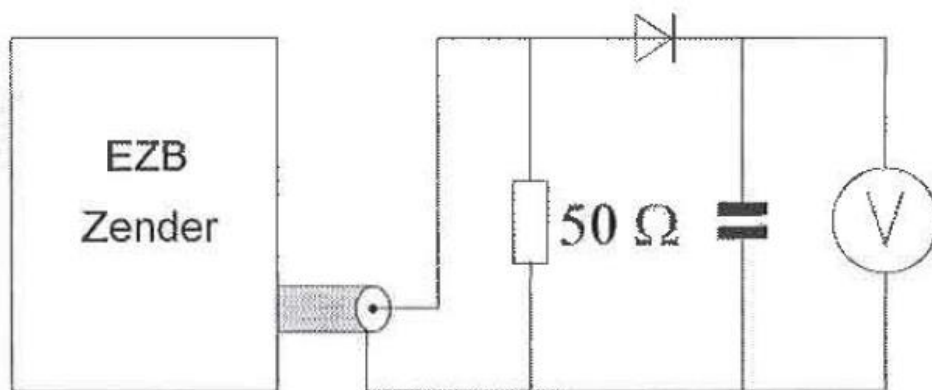
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.2 Uitwerking van Opgave 12-2

Een EZB-zender wordt gestuurd met een dubbeltoon (1100 en 1900 Hz van gelijke amplitude). De meter wijst 71 V aan.



De Peak Envelope Power (PEP) bedraagt:

- A. 50 W
- B. 71 W
- C. 100 W
- D. 150 W

Uitwerking

De diode geeft enkelfasige gelijkrichting. De “ideale” meter belast de diode niet, waardoor de maximale spanning over de weerstand van 50 Ω ook over de condensator (en de meter) staat (je mag ook zeggen dat de meterweerstand oneindig is). Als er 71 V over de meter staat, is de effectieve spanning $71 \text{ V} / \sqrt{2} \approx 50 \text{ V}$. Die spanning staat ook over de weerstand van 50 Ω . Daarmee is de PEP gelijk aan $50^2 \text{ W} / 50 = 50 \text{ W}$. Dat is antwoord A.

Opmerkingen

Die 1100 en 1900 Hz zijn overbodige gegevens.

Dit vraagstuk lijkt nogal op Opgave 12-1.



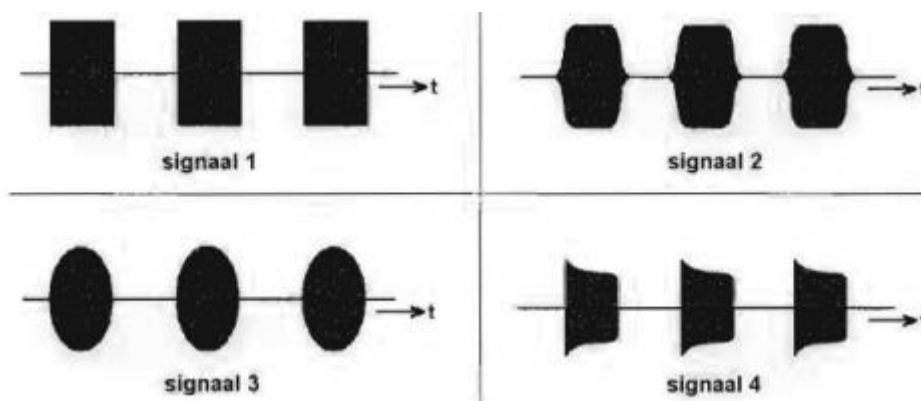
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.3 Uitwerking van Opgave 12-3

Het uitgezonden signaal van een morse-telagrafiezender wordt op een oscilloscoop zichtbaar gemaakt.



Het signaal met de minste sleutelklik is weergegeven in

- A. signaal 3
- B. signaal 1
- C. signaal 4
- D. **signaal 2**

Uitwerking

Een signaal met sleutelclicks herken je door de scherpe overgangen. Die veroorzaken de kliks. De scherpe overgangen betreffen zowel het opkomen van het signaal als het uitdoven. Signaal 2 heeft afgeronde overgangen bij het opkomen, het vlak worden en het uitdoven. Signaal 3 ziet er ook heel afgerond uit, maar begint en eindigt steil. Dat is de instinker van de vier. Het goede antwoord is daarom signaal 2, antwoord D.



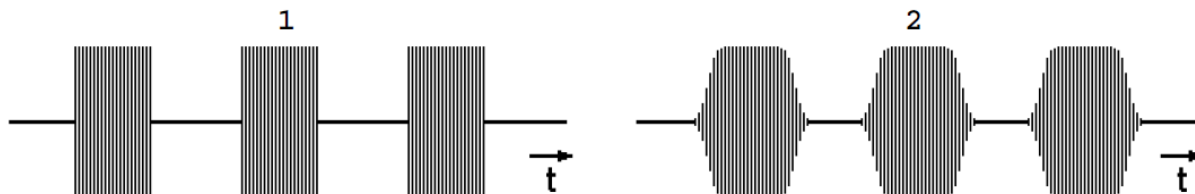
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.4 Uitwerking van Opgave 12-4

Van twee telegrafiezenders zijn hieronder de hoogfrequent uitgangssignalen weergegeven.



Wat is juist?

- A. Signaal 1 heeft een grotere bandbreedte dan signaal 2
- B. Signaal 1 heeft een kleinere bandbreedte dan signaal 2
- C. Signaal 1 heeft dezelfde bandbreedte als signaal 2
- D. Er kan geen conclusie over het verschil in bandbreedte worden getrokken

Uitwerking

In signaal 1 komt het teken plotseling op en verdwijnt even plotseling, terwijl in signaal 2 de overgangen meer vloeiend zijn. Scherpe overgangen betekenen relatief veel harmonischen, vloeiende veel minder. Dan is er maar één conclusie mogelijk: de bandbreedte van signaal 1 met scherpe overgangen is groter dan die van signaal 2, dat vloeiende overgangen heeft. Antwoord A is daarom het juiste.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.5 Uitwerking van Opgave 12-5

Een HF-draaggolf wordt amplitude gemoduleerd met spraak. Constant blijft:

- A. De frequentie van de HF-draaggolf. Zie uitwerking
- B. De frequentie van het modulerende signaal
- C. De amplitude van de HF-draaggolf. Zie uitwerking
- D. De amplitude van de HF-draaggolf en de frequentie van het modulerende signaal

Uitwerking

Eigenschap van AM is dat de frequentie van de HF-draaggolf door modulatie niet verandert. Als de modulatie spraak is, verandert de frequentie van de spraak voortdurend, net als de amplitude. Dat is het “officiële” antwoord.

Maar..... de amplitude van de draaggolf blijft ook constant, zoals het een AM-draaggolf betaamt.

Opmerking

Deze opgave is alleen in het voorjaarsexamen 2000 voorgekomen. Het dubbele goede antwoord zal vermoedelijk de reden zijn geweest, waarom de vraag sindsdien niet meer in deze vorm is gesteld.



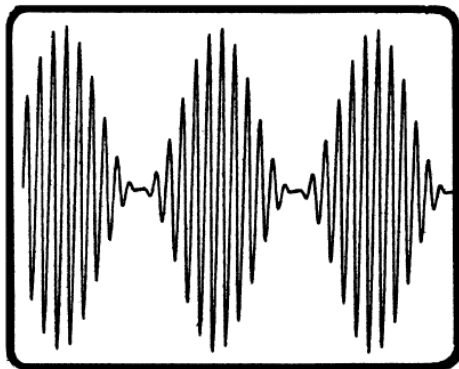
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.6 Uitwerking van Opgave 12-6

Een oscilloscoop, aangesloten op de antenne-aansluiting van een zender, vertoont het volgende beeld:



Dit duidt op een

- A. FM-zender gemoduleerd met één toon
- B. FM-zender met sterke tweede harmonische
- C. AM-zender gemoduleerd met één toon**
- D. EZB-zender gemoduleerd met één toon

Uitwerking

Bij deze amplitudevariatie kunnen we FM-zenders uitsluiten, want een FM-sigitaal heeft bij uitzending een constante amplitude. Resteren de antwoorden C en D. Een EZB.zender die is gemoduleerd met een enkele toon geeft eveneens een sigitaal met constante amplitude, zolang de amplitude van die toon constant is. Dan blijft antwoord C over en inderdaad wordt AM, gemoduleerd met één toon in de cursus zo gepresenteerd.



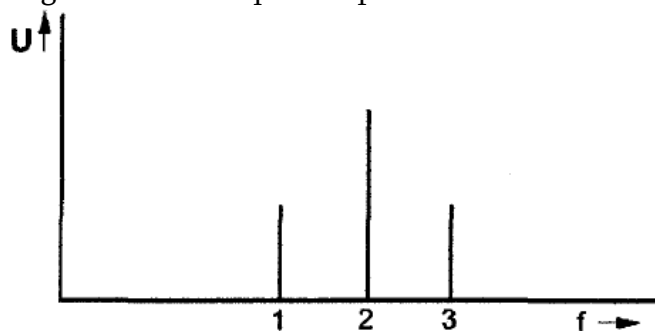
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.7 Uitwerking van Opgave 12-7

Gegeven is het frequentiespectrum van een met een toon gemoduleerde AM-zender.



De met “2” aangeduide lijn stelt voor:

- A. Lage zijband
- B. Draaggolf**
- C. Hoge zijband
- D. Toon

Uitwerking

De zijbanden zijn de lijnen 1 en 3. Nummer 2 is de draaggolf. Antwoord B wint.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

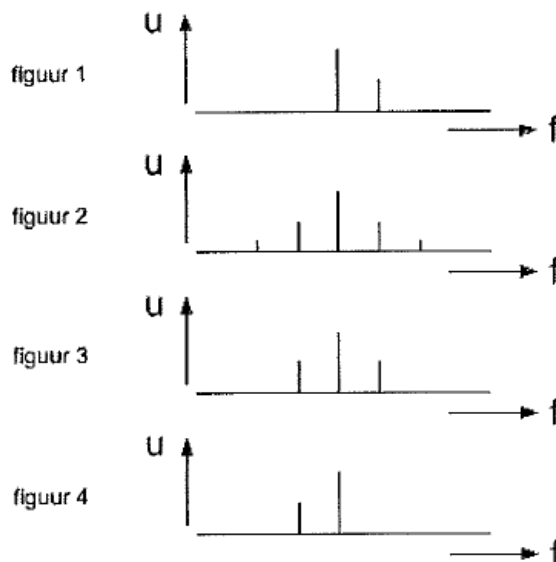


12.5.8 Uitwerking van Opgave 12-8

Een draaggolf is 100% in amplitude gemoduleerd met een laagfrequent sinusvormig signaal.

De in het uitgezonden signaal aanwezige hoogfrequentcomponenten zijn aangegeven in:

- A. Figuur 1
- B. Figuur 2
- C. Figuur 4
- D. **Figuur 3**



Uitwerking

Een 100% amplitude gemoduleerd signaal is te herkennen aan een draaggolf met aan weerskanten een half zo hoge zijband op frequentie-afstanden, gelijk aan de frequentie van het modulerende laagfrequente signaal. Het enige plaatje dat daaraan voldoet, is figuur 3. Dat is antwoord D.



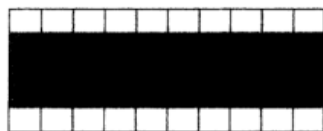
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

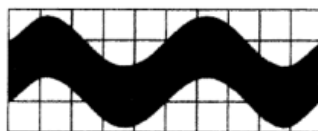


12.5.9 Uitwerking van Opgave 12-9

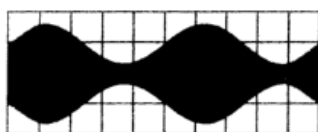
De draaggolf van een AM-zender wordt met één toon gemoduleerd. Het uitgangssignaal wordt op een oscilloscoop zichtbaar gemaakt. De oscilloscoop is gesynchroniseerd met het toonsignaal.



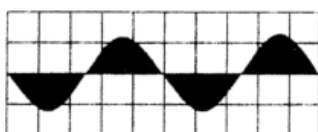
beeld 1



beeld 2



beeld 3



beeld 4

Het juiste beeld is:

- A. Beeld 3
- B. Beeld 1
- C. Beeld 2
- D. Beeld 4

Uitwerking

Beeld 3 geeft de afbeelding van een AM-sigitaal met één modulerende LF-toon. Beeld 1 zou een FM-sigitaal kunnen zijn, met één toon gemoduleerde EZB (SSB) of een ongemoduleerde AM-draaggolf, maar te zien is dat niet. De andere twee beelden zijn onzin (uit de duim van de maker van de vraag gezogen). Het juiste antwoord is dan ook A.

Opmerking

De synchronisatie van de oscilloscoop met het toonsigitaal zorgt ervoor dat het gemoduleerde sigitaal op het scherm gelijk op loopt met het toonsigitaal, zodat het beeld van het AM-sigitaal voor het oog stilstaat.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



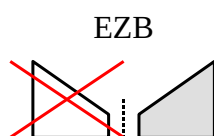
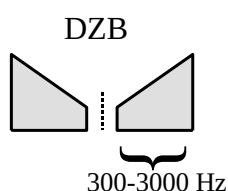
12.5.10 Uitwerking van Opgave 12-10

De modulatiemethode voor spraak met de kleinste bandbreedte is

- A. Enkelzijband modulatie
- B. Frequentiemodulatie
- C. Fasemodulatie
- D. Dubbelzijband modulatie

Uitwerking

Van het spraakspectrum wordt ongeveer 300 tot 3000 kHz gemoduleerd. De modulatiesoorten frequentiemodulatie (FM) en fasemodulatie (PM) zijn met minimaal 10-12 kHz de breedste. De antwoorden B en C vallen daarmee af. Dubbel- en enkelzijband



(DZB en EZB) blijven over. De figuur laat de gestileerde spectra van beide zien. Bij DZB blijven twee zijbanden van elk 3000 Hz – 300 Hz = 2700 Hz over. Inclusief 2x 300 Hz is 600 Hz tussenruimte komt DZB dan op 6000 Hz.

Bij EZB is één van beide zijbanden verdwenen en dus ook de 2x 300 Hz tussenruimte. EZB gebruikt dan een bandje van 6000Hz-2700 Hz -2*300 Hz = 2700 Hz breed. De winnaar in de competitie voor de kleinste bandbreedte is daarmee EZB, antwoord A.

Opmerking

De totale bandbreedte-ranglijst is CW (circa 0,2 kHz), EZB = SSB (2,7 kHz), AM en DZB = DSB (6 kHz), FM en PM (12 of zelfs 15 kHz).



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.11 Uitwerking van Opgave 12-11

De juiste volgorde van toenemende bandbreedte is

- A. CW, FM-telefonie, EZB-telefonie
- B. CW, EZB-telefonie, FM-telefonie**
- C. FM-telefonie, EZB-telefonie, CW
- D. EZB-telefonie, FM-telefonie, CW

Uitwerking

In de opmerking na de uitwerking van Opgave 12-10 staat een ranglijst van smalbandig naar breedbandig. Die luidt: CW (circa 0,2 kHz), EZB = SSB (2,7 kHz), AM en DZB = DSB (6 kHz), FM en PM (12 of zelfs 15 kHz).

Daarmee is de opgave snel te beantwoorden. Antwoord B is juist.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



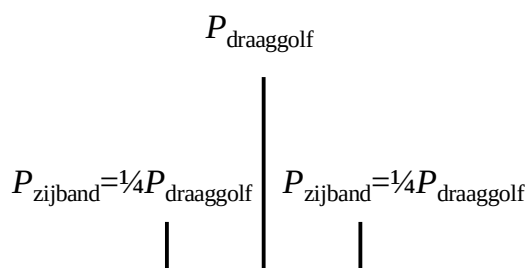
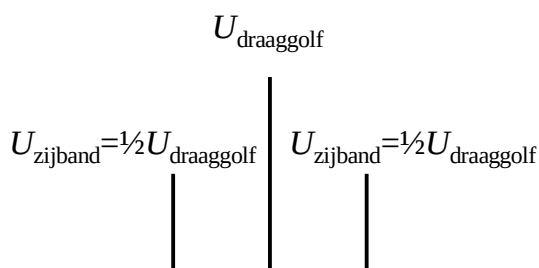
12.5.12 Uitwerking van Opgave 12-12

Bij een 100% met één toon gemoduleerd AM-zendsignaal heeft iedere zijband een amplitude gelijk aan

- A. 12,5% van de draaggolf
- B. 25% van de draaggolf
- C. **50% van de draaggolf**
- D. 78% van de draaggolf

Uitwerking

Bij 100% modulatie diepte hebben beide zijbanden een amplitude van 50% van die van de draaggolf (linkerkant afbeelding). Dat betekent dat antwoord C het goede antwoord is.



Opmerking

Zou het om vermogen gaan, dan zit in elke zijband een kwart van het draaggolfvermogen (rechterkant afbeelding). Dat komt doordat vermogen P evenredig is met U^2 , het kwadraat van de spanning.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.13 Uitwerking van Opgave 12-13**

Het frequentie-spectrum van een HF-signaal dat 50% amplitude-gemoduleerd is met een constante LF-sinustrilling vertoont

- A. Een draaggolf en twee zijbanden
- B. Eén zijband zonder draaggolf
- C. Twee zijbanden zonder draaggolf
- D. Een draaggolf en één zijband

Uitwerking

Amplitudemodulatie heeft bij elke modulatiediepte van meer dan 0% een draaggolf en twee zijbanden. Antwoord A.

Opmerkingen

De 50% modulatiediepte in de opgave kan alleen maar dienen om de 0% te vermijden, waarbij er geen zijbanden zijn omdat er geen modulerend signaal is.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)



12.5.14 Uitwerking van Opgave 12-14

Een met spraak in amplitude gemoduleerd HF-sigitaal (A3E) heeft als eigenschap

- A. De bandbreedte is onafhankelijk van de frequentie van het modulerend sigitaal
- B. De frequentie van de draaggolf is constant**
- C. De fase van de draaggolf varieert in het ritme van de modulatie
- D. Alle zijband componenten hebben gelijke amplitude

Uitwerking

Bij AM is de draaggolffrequentie constant en zit de LF-informatie in de amplitude van de gemoduleerde draaggolf. De draaggolffrequentie is de afstemfrequentie. De frequentie van het modulerend sigitaal bepaalt de bandbreedte.

Zowel de frequentie als de fase van de draaggolf zijn bij AM constant. De amplitude van de zijbanden wordt bepaald door de (variërende) sigitaalsterkte van het modulerende LF-sigitaal.

Dan blijft er één juiste bewering over en dat is antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.15 Uitwerking van Opgave 12-15**

Een AM-gemoduleerd HF-signaal heeft een bandbreedte van 10 kHz. De hoogste frequentie welke in het modulerende LF -signaal voorkomt, is

- A. 10 kHz
- B. 2,5 kHz
- C. **5 kHz**
- D. 20 kHz

Uitwerking

De bandbreedte van een AM-signaal is gelijk aan 2x de hoogste modulerende frequentie, want aan weerskanten van de draaggolffrequentie zit een zijband ter breedte van het hoogste modulerende LF-signaal. De hoogste modulerende frequentie is dan de helft van de bandbreedte van het HF-signaal, dat is $10 \text{ kHz} / 2 = 5 \text{ kHz}$. Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.16 Uitwerking van Opgave 12-16

In een enkelzijband zender kiest men bij voorkeur voor een balansmodulator, omdat hiermee:

- A. Minder harmonischen ontstaan
- B. De draaggolf wordt onderdrukt**
- C. Modulatie-oversturing van de eindtrap wordt voorkomen
- D. Het zendvermogen (P.E.P.) van het uitgezonden signaal wordt verminderd

Uitwerking

In een EZB-zender wordt een balansmodulator gebruikt om de draaggolf te onderdrukken. Rechttoe-rechtaan: antwoord B. De rest is onzin.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.17 Uitwerking van Opgave 12-17

In een EZB-zender wordt een zijbandfilter toegepast. Dit filter is geplaatst tussen

- A. De balansmodulator en de daaropvolgende versterkertrap van de zender
- B. De draaggolf generator en de balansmodulator
- C. De microfoonversterker en de balansmodulator
- D. De microfoon en de microfoonversterker

Uitwerking

Een zijbandfilter komt direct na de balansmodulator, waarin de draaggolf wordt onderdrukt.. De daaropvolgende bewerking is het verwijderen van één van de twee zijbanden. Dat gebeurt in het zijbandfilter dat voorafgaat aan de eerste versterkertrap van de zender. Antwoord A is daarom juist.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.18 Uitwerking van Opgave 12-18**

In een EZB –amateur zender wordt de modulatie verkregen door middel van een balansmodulator. Daarachter is een zijband doorlaatfilter geschakeld. De gangbare bandbreedte van dit filter voor goed verstaanbare spraak bedraagt:

- A. 2400 Hz
- B. 1200 Hz
- C. 4800 Hz
- D. 9600 Hz

Uitwerking

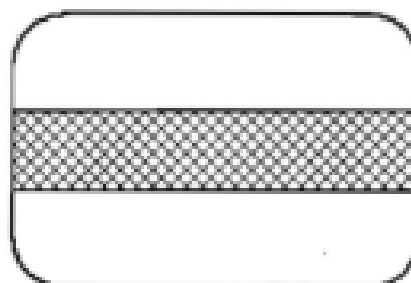
Bij EZB is het frequentiegebied tussen 300 en 2700 Hz gebruikelijk. $2700 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz} = 2400 \text{ Hz}$ gebruikelijk. $3000 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz} = 2700 \text{ Hz}$ kom je ook tegen, maar die staat niet in het rijtje. Dat wordt dan antwoord A.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

12.5.19 Uitwerking van Opgave 12-19

Een oscilloscoop, aangesloten op de antenne-aansluiting van een zender welke gemoduleerd is met spraak, vertoont het getoonde beeld. De zender is:

- A. Een FM-zender
- B. Een EZB-zender met onderdrukte draaggolf
- C. Een EZB-zender met volle draaggolf
- D. Een AM-zender



Tijdbasisfrequentie = 50 Hz

Uitwerking

Omdat de frequentie van de tijdbasis van de oscilloscoop 50 Hz is, is de sinusvorm van het signaal niet te zien, maar vertoont het zich op het scherm als een lichtende band. Die laatste is hier donker getekend. De amplitude van het signaal in de band is constant, terwijl in EZB of AM gemoduleerde spraak zou leiden tot een variërende amplitude.

Dit kan dus eigenlijk alleen maar FM of PM zijn, maar kijk toch even bij de opmerking. PM staat niet bij de antwoorden, dus wordt het FM, antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

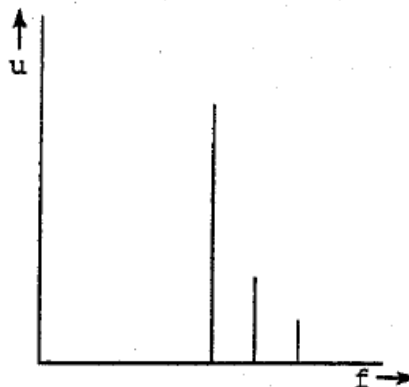


12.5.20 Uitwerking van Opgave 12-20

Een zender wordt gelijktijdig gemoduleerd met twee sinusvormige signalen.

Indien het spectrum van het uitgangssignaal het getekende beeld vertoont, is er sprake van:

- A. Dubbelzijbandmodulatie
- B. Enkelzijbandmodulatie met volle draaggolf**
- C. Fasemodulatie
- D. Frequentiemodulatie



Uitwerking

Als dit een DZB-signaal zou zijn, dan zou er in het getekende spectrum symmetrie moeten zijn in de frequenties. Die is er niet. Hetzelfde geldt voor fase- en frequentiemodulatie. Dat wijst op antwoord B, maar het is altijd goed, dat te controleren. Er moet dan een draaggolf te zien zijn met de grootste amplitude en twee amplitudes van minder dan de helft van de draaggolfamplitude voor de twee modulerende frequenties. Die zijn er inderdaad: een hoge “spijker” met rechts daarvan twee lagere spijkertjes, beide minder dan de helft van de hoogte van de grote spijker. Conclusie: antwoord B klopt inderdaad.

Opmerking

Bedenk zelf waarom je dit type modulatie in de praktijk nauwelijks zult aantreffen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



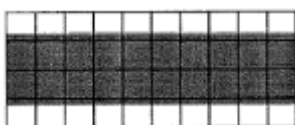
12.5.21 Uitwerking van Opgave 12-21

Met een oscilloscoop en een 2-toon testsignaal kan van een EZB-zender worden bepaald:

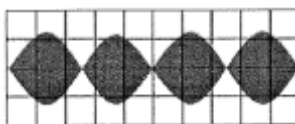
- A. De lineariteit
- B. De modulatie diepte
- C. De frequentie-deviatie
- D. De faseverschuiving van de draaggolf

Uitwerking

Als de draaggolf onderdrukt is, zoals bij normale EZB, is er geen signaal zonder modulatie. Bij modulatie met één toon ziet dat er op een oscilloscoop zo uit:

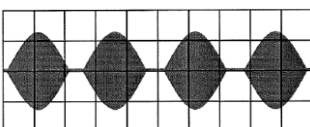


Bij modulatie met twee tonen hoort dat er zo uit te zien



Dit lijkt op een DSB-signaal zoals in de cursus is te zien. De oorzaak is dezelfde: bij twee verschillende frequenties in één signaal verandert het onderlinge verschil in fase, zodat de amplitude wisselt tussen 0 en de som van beide amplitudes.

Als de zaak niet-lineair is, kan het beeld hieronder ontstaan:



Hier wordt het onderste deel van 2 frequenties onderdrukt, bijvoorbeeld doordat een versterker in klasse C staat.

Modulatie diepte is bij EZB niet aan de orde, frequentie-deviatie evenmin en faseverschuiving van de draaggolf ook niet. Kortom: antwoord A is goed.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.22 Uitwerking van Opgave 12-22**

De amplitude-lineariteit van een EZB-zender wordt getest met behulp van een oscilloscoop, gekoppeld met de zenderuitgang. De gebruikelijke methode is om de zender te moduleren met:

- A. Eén LF-blokgolf
- B. Eén sinusvormig LF-signaal
- C. Twee sinusvormige LF-signalen**
- D. Normale spraaksignalen

Uitwerking

(Zie ook Uitwerking van Opgave 12-21)

De amplitude-lineariteit van een EZB-zender wordt meestal getest door middel van een met twee tonen van gelijke amplitude gemoduleerd EZB-signaal. Antwoord C dus.

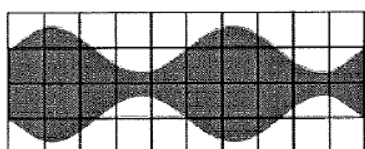
Opmerking

Bij de Uitwerking van Opgave 12-21 op de vorige pagina wordt hier nader op ingegaan.

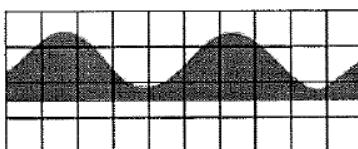
[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

12.5.23 Uitwerking van Opgave 12-23

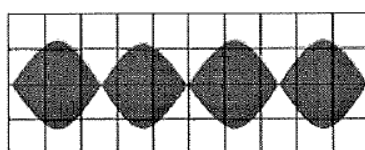
Een ideale enkelzijbandzender wordt met twee even sterke audiosignalen van respectievelijk 800 en 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop.



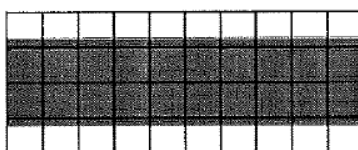
beeld 1



beeld 2



beeld 3



beeld 4

Het juiste beeld is

- A. Beeld 4
- B. Beeld 3**
- C. Beeld 2
- D. Beeld 1

Uitwerking

Beeld 1 is AM met minder dan 100% modulatie. Beeld 2 is het enkelfasig gelijkgerichte beeld 1. Beeld 3 kennen we van de uitwerking van Opgave 12-21, waar net als in deze opgave twee audiofrequenties op een EZB-sigitaal waren gemoduleerd. Voor we conclusies trekken, eerst beeld 4: dat kan een FM- of PM-sigitaal zijn, maar ook EZB gemoduleerd met één audiofrequentie.

Beeld 3, antwoord B blijft dus over. De vorm ontstaat doordat de twee frequenties in de zijband 200 Hz verschillen. Hun faseverschil verandert daardoor voortdurend, waardoor er een maximale amplitude ontstaat als ze in fase zijn en één van 0 als ze precies in tegenfase zijn.

Opmerking

Beeld 4 kan ook bij een AM-sigitaal als in beeld 1 ontstaan als de scoop niet goed is getriggerd (*gesynchroniseerd* heet dat ook wel, zie Opgave 12-9).



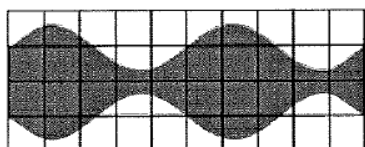
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

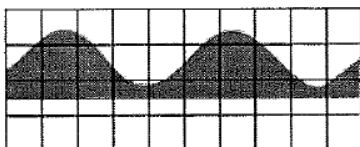


12.5.24 Uitwerking van Opgave 12-24

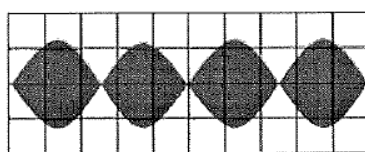
Een ideale enkelzijbandzender wordt met een sinusvormige toon van 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt op een oscilloscoop zichtbaar gemaakt.



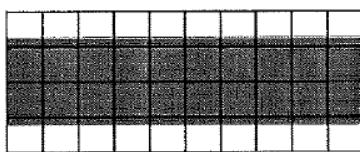
beeld 1



beeld 2



beeld 3



beeld 4

Het juiste beeld is

- A. Beeld 2
- B. Beeld 1
- C. **Beeld 4**
- D. Beeld 3

Uitwerking

EZB-modulatie met één sinusvormige toon betekent een constante amplitude van het EZB-sigitaal (zie ook de uitwerking van Opgave 12-23 met dezelfde plaatjes). Dat is beeld 4, dus antwoord C.



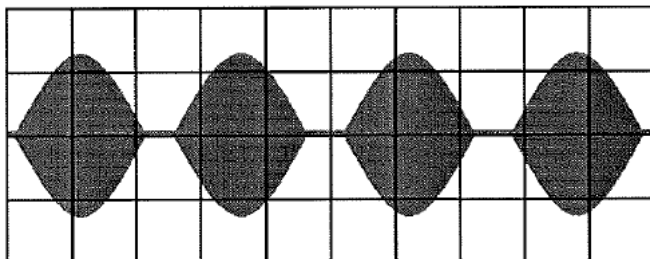
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.25 Uitwerking van Opgave 12-25

Een enkelzijbandzender wordt met twee even sterke sinusvormige audiosignalen van respectievelijk 800 en 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop.



Dit beeld geeft aan dat een van de zendertrappen

- A. Te weinig uitgestuurd wordt
- B. Overstuurd wordt
- C. Veel harmonischen produceert
- D. Niet lineair is

Uitwerking

Dit signaal is ergens door een niet-lineair deel van de zender gegaan, want er ontbreekt bij de nullijn een deel. Dat is te zien aan de rechte horizontale stukjes tussen de signaal"bobbels".



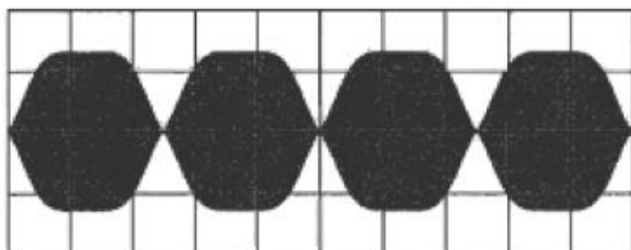
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.26 Uitwerking van Opgave 12-26

Een enkelzijbandzender wordt met twee even sterke sinusvormige audiosignalen van respectievelijk 800 en 1000 Hz uitgestuurd. Het uitgangssignaal wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop.



Dit beeld geeft aan dat een van de zendertrappen

- A. Overstuurd wordt
- B. Goed werkt
- C. Veel harmonischen produceert
- D. Niet stabiel is

Uitwerking

Het plaatje laat duidelijk zien dat het signaal aan de bovenkant is afgeplat. Dat betekent dat ergens in de schakeling het signaal sterker is geweest dan een versterkertrap kon verwerken. Dat is een lange omschrijving van de term “overstuurd worden”. Antwoord A is deze keer het goede antwoord.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

**12.5.27 Uitwerking van Opgave 12-27**

Voor een optimale verstaanbaarheid van spraak dient via een telefoniezender een frequentieband overgebracht te worden die ligt tussen:

- A. 300 en 3000 Hz
- B. 1000 en 2000 Hz
- C. 100 en 1000 Hz
- D. 2000 en 4000 Hz

Uitwerking

Het frequentiespectrum van verstaanbare spraak loopt van 300 tot 3000 Hz. Hogere en lagere tonen (frequenties) zijn er wel, maar die dragen weinig bij aan de verstaanbaarheid. Daarom worden ze in een telefoniezender niet mee uitgezonden.

Opmerkingen

Verwar het onderwerp van deze vraag niet met de bandbreedte van een uitgezonden signaal. Bij DZB en AM zou dat uitdraaien op een bandbreedte van 6 kHz, maar daarin ligt nog steeds de frequentieband voor spraak van 300-3000 Hz besloten in het gemoduleerde signaal.

Soms ook gaat men uit van een frequentieband van 300-2700 Hz voor spraak. 300-3000 Hz klinkt wat helderder.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

**12.5.28 Uitwerking van Opgave 12-28**

Een EZB-zender met onderdrukte draaggolf wordt gemoduleerd met spraak waaruit alle frequenties beneden 500 Hz en boven 2500 Hz zijn weggefilterd. De bandbreedte van deze zender is:

- A. 500 Hz
- B. 2000 Hz**
- C. 2500 Hz
- D. 5000 Hz

Uitwerking

De bandbreedte wordt bepaald door het verschil tussen hoogste en laagste frequentie.
 $2500 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz} = 2000 \text{ Hz}$. Antwoord B.

Opmerking

De definitie van bandbreedte is de frequentie-afstand tussen de -3 dB-punten. Zeker bij kristalfilters is de doorlaat vaak zo steil, dat buiten de -3 dB-punten vrijwel alles is weggefilterd. De ene bandbreedte is dus de andere niet als het gaat om wat er buiten de -3 dB-punten ligt.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)



12.5.29 Uitwerking van Opgave 12-29

Het zendvermogen van een 2 meter FM-telefoniezender is:

- A. Afhankelijk van de amplitude en de frequentie van het modulerend signaal
- B. Afhankelijk van de amplitude van het modulerend signaal
- C. Onafhankelijk van de amplitude van het modulerend signaal**
- D. Afhankelijk van de frequentie van het modulerend signaal

Uitwerking

De modulatiesoort waarbij het zendvermogen losstaat van de amplitude, is FM of PM. Hier wordt naar FM gevraagd. Antwoord C is goed.

Opmerkingen

Bij AM en daarvan afgeleide modulatiesoorten DZB en EZB is het zendvermogen wel afhankelijk van de amplitude van het modulerende signaal.

Het zendvermogen bij FM is ook onafhankelijk van de frequentie van het modulerende signaal, maar daarnaar wordt niet gevraagd. Wie zijn/haar zaakjes onvoldoende kent, zal misschien in de verleiding komen, te denken dat bij FM het zendvermogen afhankelijk is van de modulerende frequentie, maar dat is niet zo.

“2 meter” is overbodige informatie. Antwoord C geldt voor alle telefonie in FM en de andere antwoorden zijn daarvoor alle drie onjuist.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.30 Uitwerking van Opgave 12-30

De bandbreedte van een FM-signaal:

- A. Is onafhankelijk van het modulerende signaal
- B. Is alleen afhankelijk van de frequentie van het modulerende signaal
- C. Is alleen afhankelijk van de amplitude van het modulerende signaal
- D. Is afhankelijk van de amplitude en de frequentie van het modulerende signaal**

Uitwerking

De bandbreedte van een FM-signaal hangt af van de modulatie-index m die op zijn beurt weer afhangt van de frequentiezwaai Δf , de draaggolffrequentie f_d en de modulerende frequentie f_i . Voor de frequentiezwaai Δf en symmetrische modulatie geldt:

$$\Delta f = f_{\max} - f_d \text{ en } \Delta f = f_d - f_{\min}$$

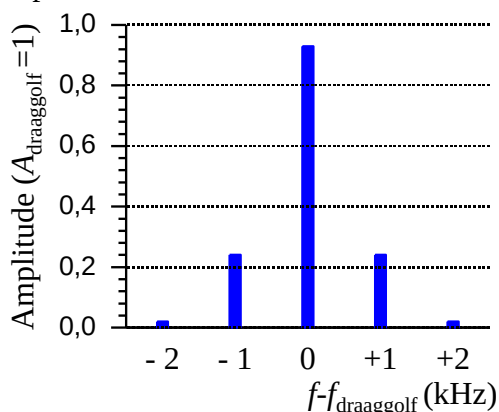
Daarin is $f_{\max}$ de hoogste en $f_{\min}$ de laagste frequentie in het FM-gemoduleerde signaal. Hoe groter de amplitude van het modulerende signaal, des te groter de zwaai en des te groter de bandbreedte.

Nu de afhankelijkheid van de modulerende frequentie f_i . Die laatste zit verwerkt in de modulatie-index m volgens

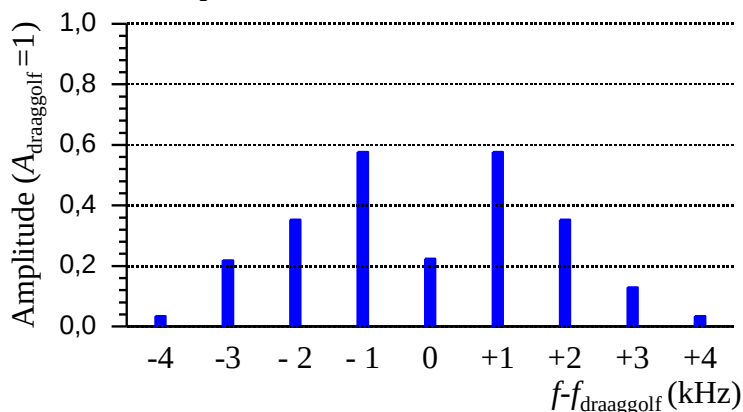
$$m = \frac{\Delta f}{f_i}$$

De figuren hieronder uit cursushoofdstuk 12 met $m=0,5$ en $m=2$ laten zien dat er een relatie is tussen m en bandbreedte:

Spectrum FM, modulatie 1 kHz, $m=0,5$



Spectrum FM, modulatie 1 kHz, $m=2$



Er is dus ook een verband tussen m en bandbreedte en daarmee tussen modulatiefrequentie en bandbreedte. Conclusie: antwoord D is het enig juiste antwoord.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.31 Uitwerking van Opgave 12-31**

De bandbreedte van een FM-signaal:

- A. Is altijd kleiner dan de bandbreedte van een AM-signaal
- B. Is gelijk aan 2 maal de bandbreedte van het modulerende signaal
- C. Is onafhankelijk van het modulerende signaal
- D. **Hangt af van de toegepaste modulatie-index**

Uitwerking

Bij de uitwerking van Opgave 12-30 hebben we gezien dat de bandbreedte mede afhangt van de modulatie-index. Dat is de enige bewering in het lijstje hierboven die zinnig is. Antwoord D dus.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

**12.5.32 Uitwerking van Opgave 12-32**

Tijdens het moduleren van een FM-telefoniezender met een toon van constante amplitude varieert

- A. De frequentie en de amplitude van het uitgezonden signaal
- B. De amplitude van het uitgezonden signaal
- C. De frequentie van het uitgezonden signaal**
- D. De frequentiezwaai van het uitgezonden signaal

Uitwerking

Bij FM-modulatie varieert alleen de frequentie, nooit de amplitude. Omdat de gemoduleerde toon constant van amplitude is, varieert de zwaai ook niet. Dit laatste sluit antwoord D uit. Dan is antwoord C het goede antwoord.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

**12.5.33 Uitwerking van Opgave 12-33**

Een FM-zender wordt gemoduleerd met een toon van 2500 Hz. De frequentiezwaai is 10 kHz.

De modulatie-index is:

- A. 4
- B. 40
- C. 0,25
- D. 25

Uitwerking

De modulatie-index m wordt gevonden met de vergelijking

$$m = \frac{\Delta f}{f_i}$$

Daarin is Δf de zwaai en f_i de modulerende frequentie (de “i” is van “informatie”).

Dan vinden we

$$m = \frac{10 \text{ kHz}}{2,5 \text{ kHz}} = 4$$

Dat is antwoord A (en die $m=4$ geeft in FM een heleboel zijbanden).



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.34 Uitwerking van Opgave 12-34**

De frequentiezwaai van een FM-zender wordt vergroot van 2 kHz naar 3 kHz.

Het zendvermogen van de zender:

- A. Wordt $\frac{2}{3}$ maal de vroegere waarde
- B. Blijft gelijk**
- C. Wordt $\frac{9}{4}$ maal de vroegere waarde
- D. Wordt $\frac{3}{2}$ maal de vroegere waarde

Uitwerking

Frequentiezwaai heeft bij FM geen verband met het zendvermogen. Anders gezegd: die twee zijn onafhankelijk van elkaar.

Dan is er maar één antwoord mogelijk: D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.35 Uitwerking van Opgave 12-35

De frequentiezwaai van een fase-gemoduleerd (PM) signaal wordt bepaald door

- A. De **amplitude en de frequentie van het modulerende signaal**
- B. De frequentie van de draaggolf en de frequentie van het modulerende signaal
- C. Alleen de frequentie van het modulerende signaal
- D. Alleen de amplitude van het modulerende signaal

Uitwerking

Hier mag PM niet op dezelfde manier worden bekeken als FM, want

- Bij een FM-signaal hangt de frequentie af van de momentele waarde van het modulerende signaal. Daarmee hangt de zwaai uitsluitend af van de **amplitude** van het modulerende signaal
- Bij een PM-signaal hangt de frequentie af van de **snelheid waarmee** de momentele waarde van het modulerende signaal verandert. Die snelheid is afhankelijk van zowel amplitude als frequentie.

Voorbeeld. De momentele waarde van een sinus van 1000 Hz en een amplitude van 1 V verandert 10 x zo snel als die van een sinus van 100 Hz met dezelfde amplitude. Een sinus met een amplitude van 10 V verandert gemiddeld 10 x zo snel van momentele waarde als een sinus met een amplitude van 1 V en gelijke frequentie.

Daardoor wordt

- de zwaai van een FM signaal alleen bepaald door de amplitude van het modulerende signaal
- de zwaai van een PM-signaal zowel bepaald door de amplitude als door de frequentie van het modulerende signaal.

Dit draait uit op antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.36 Uitwerking van Opgave 12-36**

De frequentiezwaai van een frequentiegemoduleerde zender is voornamelijk afhankelijk van

- A. De frequentie van het audiosignaal
- B. De verhouding van de amplitude en de frequentie van het audiosignaal
- C. De hoogste frequentie van het audiosignaal
- D. De amplitude van het audiosignaal**

Uitwerking

De amplitude van het modulerende signaal is bepalend voor de frequentiezwaai. De frequentie van het modulerende signaal heeft niets met de grootte van de zwaai van doen, maar wel met de snelheid waarmee het gemoduleerde signaal van frequentie verandert binnen de zwaai.

Dat wordt dus antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.37 Uitwerking van Opgave 12-37

De frequentiezwaai van een FM-gemoduleerde draaggolf wordt groter als de

- A. Frequentie van het modulerende signaal afneemt
- B. Amplitude van het modulerende signaal afneemt
- C. Frequentie van het modulerende signaal toeneemt
- D. Amplitude van het modulerende signaal toeneemt**

Uitwerking

De zwaai van een FM-signaal heeft niets te maken met de frequentie van het modulerend signaal. Die bepaalt alleen, hoe snel de frequentie verandert. De zwaai bepaalt de maximale verandering, niet de snelheid van verandering. De zwaai wordt bepaald door de amplitude van het modulerende signaal. Zonder signaal (=signaal met amplitude = 0) is de zwaai 0. Met signaal groter dan 0. Dan ligt het voor de hand dat de zwaai groter is, naarmate ook de amplitude van het modulerende signaal groter is. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.38 Uitwerking van Opgave 12-38**

Indien een FM-zender een te grote frequentiezwaai vertoont, kan dit worden verholpen door:

- A. De amplitude van de modulerende spanning te verkleinen
- B. De voedingsspanning van de zender te stabiliseren
- C. De frequentie van de modulatie te verlagen
- D. De voedingsspanning van de zender te verlagen

Uitwerking

Het antwoord op deze examenvraag is eigenlijk al te vinden bij de uitwerking van Opgave 12-36. De amplitude van het modulerende signaal bepaalt de zwaai. Als je die amplitude verkleint, neemt ook de zwaai af. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.39 Uitwerking van Opgave 12-39**

Een 2-meter FM-zender wordt gemoduleerd met spraak. De zwaai is 3 kHz. De bandbreedte van het HF-sigitaal is ongeveer

- A. 1 kHz
- B. 6 kHz
- C. 12 kHz
- D. 3 kHz

Uitwerking

In Hoofdstuk 12 zagen we dat de bandbreedte van een FM-sigitaal een stukje lastiger is dan die van een EZB-sigitaal. Bij het FM-sigitaal werd een benaderende vergelijking gegeven om de bandbreedte B te vinden bij een zwaai Δf en een modulerende frequentie f_i voor een modulatie-index m van 1 of lager. Die luidt:

$$B \approx 2(f_i + \Delta f)$$

We controleren eerst de modulatie-index:

$$m = \frac{\Delta f}{f_i}$$

Invullen met $\Delta f = 3$ kHz en $f_i = 3$ kHz (de hoogste door te geven spraakfrequentie) levert $m=1$, dus op het randje van bruikbaarheid van de vergelijking voor B .

Dan vullen we de vergelijking voor B in:

$$B \approx 2(f_i + \Delta f) = 2(3 \text{ kHz} + 3 \text{ kHz}) = 2(6 \text{ kHz}) = 12 \text{ kHz}$$

Dat komt neer op antwoord C.

Opmerkingen

In dit geval lukt het ook zonder rekenen, al is de redenering minder betrouwbaar dan een berekening. We weten dat de bandbreedte van FM eigenlijk altijd groter is dan die van AM of EZB. Bij spraakmodulatie zou de bandbreedte van EZB hooguit 3 kHz zijn en van AM hooguit 6 kHz. Dat betekent dat antwoord A (1 kHz) vrijwel zeker onzin is en dat antwoord C met 12 kHz als enige overblijft.

Een vuistregeltje: bij smalband-FM (dat is FM op amateurfrequenties altijd) is de bandbreedte bij spraakmodulatie ongeveer 4x de te moduleren frequentie.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.40 Uitwerking van Opgave 12-40

Een voordeel van frequentiemodulatie vergeleken met enkelzijbandmodulatie is:

- A. Er is ruimte voor meer zenders per 100 kHz spectrum
- B. De bandbreedte van de ontvanger kan kleiner zijn
- C. In de ontvanger kan een productdetector worden toegepast
- D. De eindtrap van de zender kan in klasse C worden ingesteld**

Uitwerking

FM is breedbandiger dan EZB. Met die wetenschap kunnen we de antwoorden A en B tot onzin verklaren. Een productdetector pas je toe bij EZB, niet bij FM. Antwoord C kan dus ook de prullenmand in. Blijft over: antwoord D. En inderdaad, doordat bij FM de informatie in de frequentie zit en niet in de amplitude, kun je rustig het signaal in een eindtrap in klasse C “mishandelen” met hoog rendement en zonder informatieverlies, zolang er daarna maar een filter komt dat de ontstane harmonischen voldoende onderdrukt.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.41 Uitwerking van Opgave 12-41

Een FM-zender geeft een draaggolfvermogen af van 10 watt en is belast met een gloeilamp van 15 watt. De zender wordt met spraak gemoduleerd. Deze lamp zal:

- A. Niet gloeien
- B. In het spraakritme feller gloeien
- C. **Constant gloeien**
- D. Alleen tijdens het spreken gloeien

Uitwerking

Een FM-zender geeft een constant vermogen af, of er nu modulatie op het signaal zit of niet. Als hier iets gloeit, gloeit het dus constant. Van een 15 W gloeilamp mag worden verwacht dat hij bij een aangeboden vermogen van 10 W gloeit. Conclusie: antwoord C is goed. Maar kijk toch even bij de opmerking.

Opmerking

Als je een gloeidraad van een klassieke gloeilamp scherp bekijkt, is die meestal een spiraal met heel kleine windinkjes. Bij de lichtnetfrequentie van 50 Hz werkt dat prima. Maar op amateurfrequenties werkt zo'n ding als spoel en hangt het van de frequentie af of de gloeidraad al of niet gloeit. Bij hogere frequenties (144 MHz plus) is elk stuk draad een zelfinductie om rekening mee te houden.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.42 Uitwerking van Opgave 12-42

Een met spraak in frequentie gemoduleerd signaal heeft de volgende eigenschap:

- A. Het aantal zijbandcomponenten is onafhankelijk van de modulatie
- B. De bandbreedte is onafhankelijk van de modulatie
- C. De frequentie wordt gevarieerd door de modulatie**
- D. Alle zijbandcomponenten hebben gelijke amplitude

Uitwerking

De frequentie van zo'n signaal wordt gevarieerd door de modulatie. Die heet niet voor niets frequentiemodulatie (FM).

Het aantal zijbandcomponenten hangt dan wel degelijk af van de modulatie via de modulatie-index m . Datzelfde geldt voor de bandbreedte. Zijbandcomponenten hebben geen gelijke amplitude, zagen we in Hoofdstuk 12.

Dat betekent dat antwoord C goed is en de rest (uiteraard) niet.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.43 Uitwerking van Opgave 12-43

Een 2-meter FM-zender wordt gemoduleerd met een 1000 Hz-toon waarvan de amplitude constant is. De frequentiezwaai bedraagt 3 KHz.

Hierbij ontstaan:

- A. Meer dan 2 zijbandfrequenties
- B. Een zijbandfrequentie
- C. Twee zijbandfrequenties
- D. Geen zijbandfrequenties

Uitwerking

(zie ook de uitwerking van Opgave 12-39). De modulatie-index m is

$$m = \frac{\Delta f}{f_i} = \frac{3}{1} = 3$$

Bij een dergelijke waarde van m ontstaan nogal wat zijbandfrequenties; in elk geval meer dan 2. Bij $m=2$ zijn het er al 8 (Hoofdstuk 12, sub-paragraaf over FM, grafieken over m en bandbreedte). Geen twijfel mogelijk: antwoord A.



Terug naar de opgave

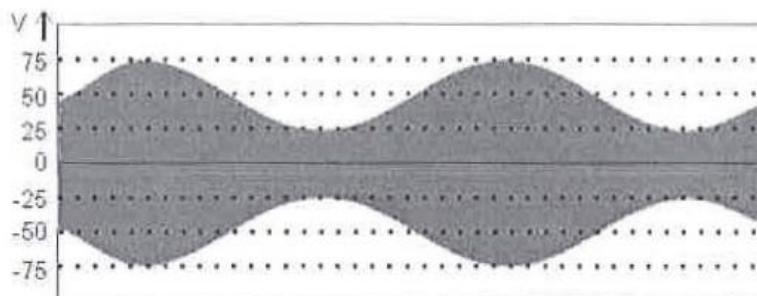
Naar de volgende opgave



12.5.44 Uitwerking van Opgave 12-44

De Peak Envelope Power (PEP) van deze gemoduleerde HF-spanning over een $75\ \Omega$ belastingsweerstand is:

- A. 37,5 W
- B. 16,6 W
- C. 75 W
- D. 50 W



Uitwerking

De amplitude van de omhullende van dit signaal is 75 V. De effectieve spanning U_{eff} van een sinus tussen hoogste en laagste waarde van de omhullende is $75V/\sqrt{2}$. Die werken we nog even niet uit; dat is gemakkelijker voor het vervolg. De spanning staat over een weerstand R van $75\ \Omega$. Dan is het vermogen P van onze sinus (=PEP) te berekenen volgens

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{(75\text{ V})^2}{2R} = \frac{(75\text{ V})^2}{150\ \Omega} = 37,5\text{ W}$$

Hier zie je het gemak van het laten staan van het wortelteken. Dat wordt gekwadrateerd en dan is het een 2. De uitkomst is 37,5 W, antwoord A.



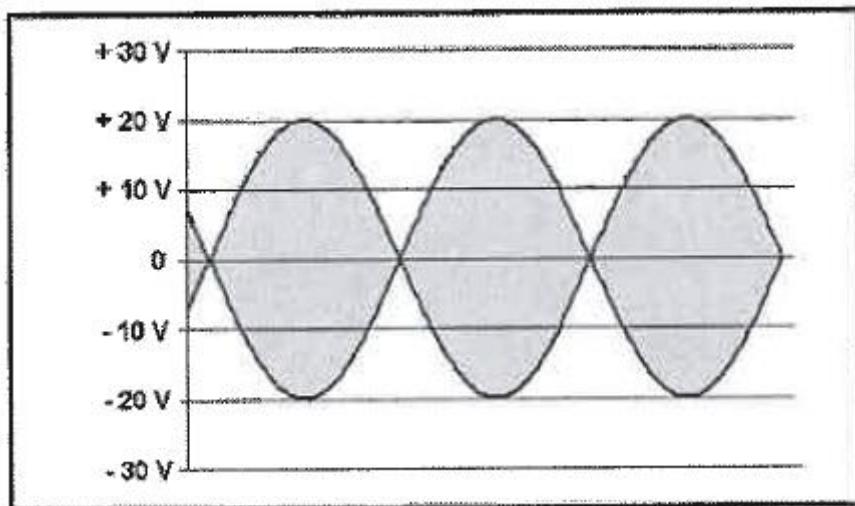
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.45 Uitwerking van Opgave 12-45

De uitgang van een amateurzender is afgesloten met $50\ \Omega$. Op een oscilloscoop zien we het onderstaande beeld.



De Peak Envelope Power (PEP) is:

- A. 16 W
- B. 2 W
- C. 8 W
- D. 4 W

Uitwerking

De amplitude U_{max} van de omhullende is 20 V. De effectieve waarde U_{eff} van een sinusgolf tussen hoogste en laagste waarde van de omhullende volgt uit

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

Dit laten we zo staan, net als bij de uitwerking van Opgave 12-44. Voor het vermogen P (=PEP) geldt:

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R}$$

En dus

$$P = \frac{U_{max}^2}{2R} = \frac{(20\text{ V})^2}{100\ \Omega} = \frac{400}{100}\text{ W} = 4\text{ W}$$

Deze keer is het dus antwoord D.

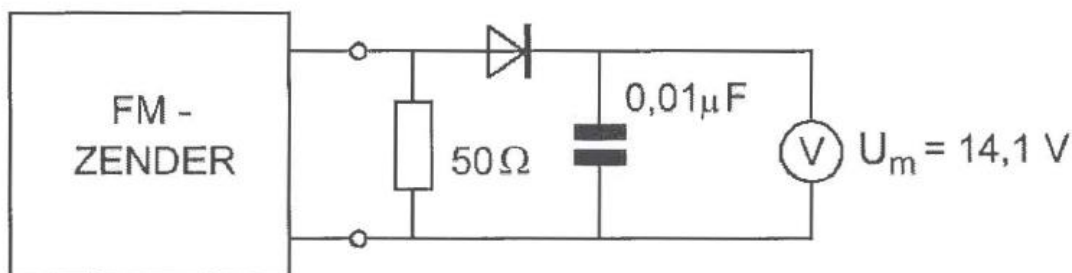


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.46 Uitwerking van Opgave 12-46



Het uitgangsvermogen van de zender is:

- A. 400 mW
- B. 4 W
- C. 200 mW
- D. 2 W

Uitwerking

De maximale spanning U_{max} over de zenderuitgang bedraagt 14,1 V, af te lezen op de voltmeter. Dan is de effectieve spanning U_{eff} gelijk aan $U_{max} / \sqrt{2} \approx 10$ V. Het vermogen is $U_{eff}^2 / 50 \Omega = 100 / 50 \text{ W} = 2 \text{ W}$. Dat is antwoord D.

Opmerking

De uitkomsten die beginnen met een 4 zijn natuurlijk bedoeld voor degenen die vergeten door $\sqrt{2}$ te delen om van U_{max} naar U_{eff} te komen en de antwoorden in mW voor wie vergeet, de spanning te kwadrateren.

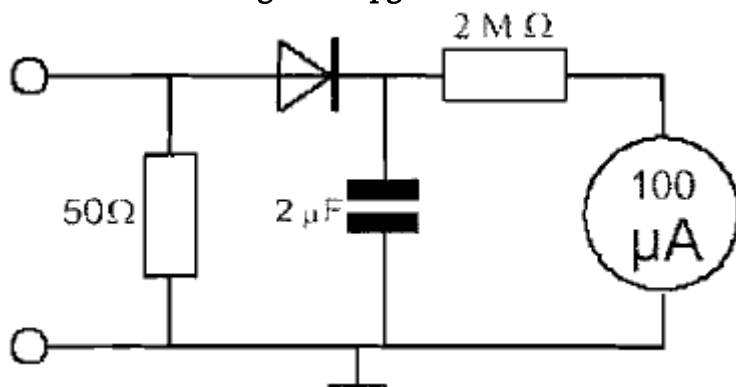


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.47 Uitwerking van Opgave 12-47



Met de schakeling wordt de Peak Envelope Power (PEP) van een enkelzijbandzender gemeten. De condensator moet een waarde van ongeveer $2 \mu\text{F}$ hebben om:

- A. De effectieve waarde van de HF wisselspanning te meten
- B. De aanwijzing onafhankelijk te maken van de golfvorm van de omhullende**
- C. Uitstraling van harmonischen door de meter te voorkomen
- D. De aanwijzing de snelle veranderingen van de modulatie te laten volgen

Uitwerking

We lopen de antwoorden na.

Antwoord A: op deze manier meet je geen effectieve spanningswaarde, maar de maximale.

Antwoord B: Bij EZB kan de uitgangsspanning een grillige vorm hebben. Met een hoge tijdconstante van 4 seconden zoals hier, houdt je de condensator ook bij wat langere tussenpozen in de modulatie op spanning. Dit zou wel eens het juiste antwoord kunnen zijn, maar we gaan voor de zekerheid door.

Antwoord C: Door de meter loopt een kleine gelijkstroom. Die heeft geen harmonischen.

Antwoord D: De condensator en de weerstand zijn juist bedoeld om snelle veranderingen te onderdrukken.

Antwoord B is hier het enige zinnige antwoord.

Opmerking

Op deze manier, met een μA -meter en een hoge serieweerstand, kun je heel goed spanningen meten. Kwestie van toepassen van de Wet van Ohm. We kunnen zo ook bepalen, bij welke PEP de meter maximale uitslag geeft of met andere woorden: wat is de hoogst mogelijke meetwaarde van deze schakeling? Daar gaat-ie:



Voor volle uitslag is 100 μA nodig. Dat vraagt 200 V over de weerstand van 2 $\text{M}\Omega$ (vervang in de wet van Ohm Ω in $\text{M}\Omega$ en je krijgt bij gebruik van volts de stroom in μA). De 200 V is de maximale waarde van de spanning over de aansluitcontacten:

$$PEP = \frac{\left(\frac{200}{\sqrt{2}}\right)^2}{50} \text{ W} = \frac{20\,000}{50} \text{ W} = 400 \text{ W}$$



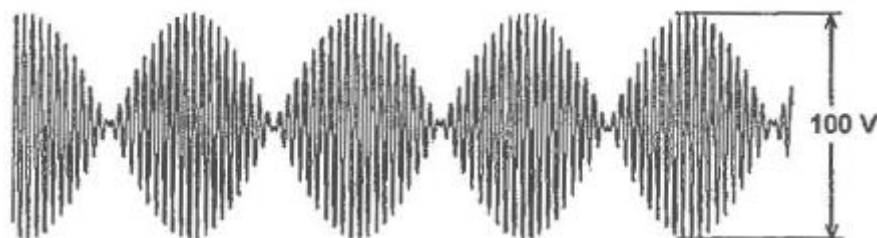
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.48 Uitwerking van Opgave 12-48

Een zender voor enkelzijband telefonie is aangesloten op een kunstmatige belasting (dummyload) met een weerstand van 50 ohm. De zender wordt gemoduleerd met een dubbeltoonsignaal. Een op de uitgang van de zender aangesloten oscilloscoop vertoont het in de figuur aangegeven beeld.



De Peak Envelope Power (PEP) van de zender bedraagt:

- A. 100 W
- B. 25 W
- C. 50 W
- D. 200 W

Uitwerking

Als de gemeten spanning 100 V is, is de amplitude de helft daarvan, dus 50 V. Dat is U_{max} .

De effectieve spanning U_{eff} is $U_{max}/\sqrt{2} = 50 \text{ V}/\sqrt{2}$. Bij een weerstand $R = 50 \Omega$ wordt het vermogen P (=PEP) berekend met $P = U_{eff}^2/R = (50 \text{ V})^2/2R = 2500/100 \text{ W} = 25 \text{ W}$.

Dat is antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.49 Uitwerking van Opgave 12-49

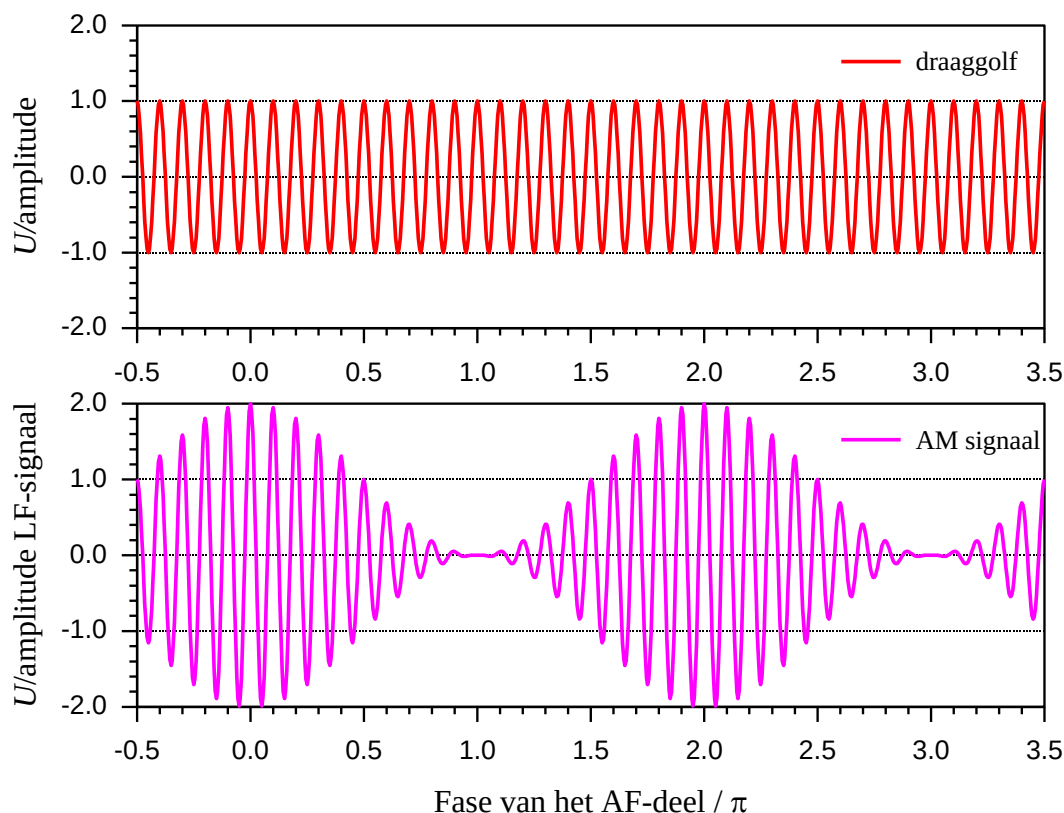
Een amplitudegemoduleerde zender wordt met een laagfrequente toon 100% gemoduleerd. De Peak Envelope Power (PEP) is 200 watt. Het draaggolfvermogen is dan:

- A. 25 W
- B. 100 W
- C. 200 W
- D. 50 W

Uitwerking

Heel kort door de bocht: het draaggolfvermogen is in deze situatie $\frac{1}{4}$ maal PEP, dat is 200 W/4 is 50 W. Antwoord D.

Iets uitvoeriger kan voor sommigen mogelijk nuttig zijn. We laten hieronder de ongemoduleerde (boven) en de 100% gemoduleerde AM (onder) uit de cursustekst zien.



De amplitude van het AM-signaal varieert tussen 0 en 2x de draaggolfamplitude. De PEP wordt berekend op de maximale amplitude van het gemoduleerde signaal (onder). 2x de amplitude van de draaggolf is 4x het vermogen, want vermogen is evenredig met het kwadraat van de spanning. Daar komt de factor 4 vandaan die in het korte antwoord is gebruikt.

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

12.5.50 Uitwerking van Opgave 12-50

Een hoogfrequent draaggolf wordt 100% in amplitude gemoduleerd met een sinusvormig signaal. Tijdens de vermogensmaxima van het gemoduleerde signaal is het hoogfrequentvermogen:

- A. Gelijk aan het draaggolfvermogen
- B. Tweemaal zo groot als het draaggolfvermogen
- C. Viermaal zo groot als het draaggolfvermogen**
- D. De helft van het draaggolfvermogen

Uitwerking

De tekst van de opgave betekent niets anders dan de vraag naar de PEP, Peak Envelope Power.

Zoals we in de uitwerking van de vorige opgave (Opgave 12-49) zagen is, de PEP bij 100% modulatie diepte gelijk aan 4x het draaggolfvermogen.

[Terug naar de opgave](#)

Meer opgaven in deel B