



higher education & training

Department:
Higher Education and Training
REPUBLIC OF SOUTH AFRICA

NASIONALE SERTIFIKAAT

BEHEERSTELSELS N6

(8080016)

13 Augustus 2021 (X-vraestel)

09:00–12:00

BENODIGDHEDE: 3-siklus semi-logaritmiëse grafiekpapier

Hierdie vraestel bestaan uit 7 bladsye, 1 Nichols-grafiek, 1 diagramblad,
'n formuleblad van 2 bladsye, en 'n Laplace-transformasietabel van 3 bladsye.

306Q1G2113

DEPARTEMENT VAN HOËR ONDERWYS EN OPLEIDING
REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA
NASIONALE SERTIFIKAAT
BEHEERSTELSELS N6
TYD: 3 UUR
PUNTE: 100

INSTRUKSIES EN INLIGTING

1. Beantwoord al die vrae.
 2. Lees al die vrae aandagtig deur.
 3. Nommer die antwoorde volgens die nommeringstelsel wat in hierdie vraestel gebruik is.
 4. Begin elke vraag op 'n nuwe bladsy.
 5. Gebruik slegs 'n swart of blou pen.
 6. Plaas die 3-siklus semi-logaritmiese grafiekpapier met die voltooide Bode-plot in die ANTWOORDBOEK voordat jy dit indien.
 7. Skryf netjies en leesbaar.
-

VRAAG 1

Gee EEN term vir elk van die volgende stellings oor beheerstelsels deur slegs die term langs die vraagnommer (1.1–1.10) in die ANTWOORDBOEK neer te skryf.

- 1.1 'n Rangskikking van fisiese komponente wat in 'n stroombaan gekoppel is om die stelsel te manipuleer, reguleer, beheer of stuur.
- 1.2 'n Funksie van tyd wat 'n waarde van nul het vir tyd tot gelyk aan nul, en wat 'n konstante waarde van een het vir enige tyd groter as nul.
- 1.3 'n Ongewenste insetsein wat die waarde van die beheerde uitset beïnvloed.
- 1.4 Die som van die impulsweergawe ('transient response') en die bestendigetoestandrespons ('steady-state response') in 'n lineêre konstante differensiaalvergelyking.
- 1.5 Die wiskundige vergelyking wat elemente van 'n stelsel bevat wat van die invoer na die uitvoer oorgedra moet word, met die veronderstelling dat alle aanvanklike toestande nul is.
- 1.6 'n Funksie van tyd waarvan die amplitude nul is, waar $t = a$, buiten waar $t = b$.
- 1.7 Die verhouding van desibels tussen die beheerde uitset en die verwysingsingang ('reference input') van 'n stelsel.
- 1.8 Die frekwensie wat geproduseer word wanneer twee komplementêre energiebergingskomponente van 'n stelsel 'n ossillasie tussen hulle veroorsaak.
- 1.9 Die verhouding tussen die werklike hoeveelheid demping ('damping') en die kritieke hoeveelheid demping ('damping').
- 1.10 'n Stadige variasie van die uitsetspanning of -stroom ('output voltage or current') van die versterker as die insetsein op 'n konstante vlak gehou word.

(10 × 1)

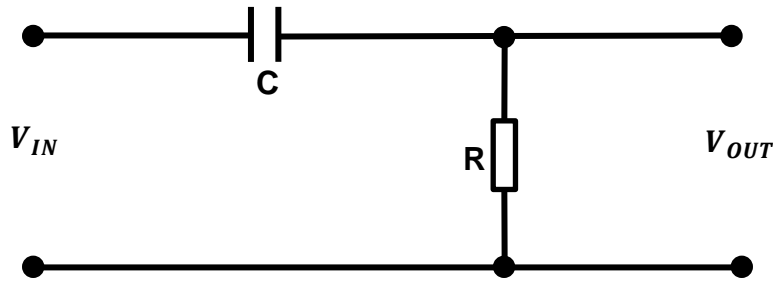
[10]

VRAAG 2

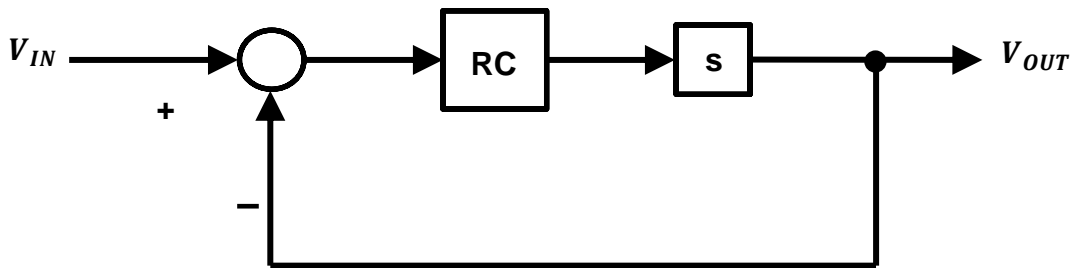
2.1 FIGUUR 1(a) toon 'n eerste-orde RC differensieerder-kringdiagram. FIGUUR 1(b) toon die resultante blokdiagram vir hierdie stelsel.

Vind die oordragfunksie vir hierdie stelsel deur gebruik te maak van blokdiagram algebra-reduksie.

Let: $\tau = RC$



FIGUUR 1(a)



FIGUUR 1(b)

(5)

2.2 Druk die gegewe Laplace-funksie uit in terme van die in terme van die ekwivalent se domein:

$$F(t) = 4 \sin 3t$$

(2)

2.3 Druk die gegewe Laplace-funksie uit in terme van die ekwivalente tydfunksie:

$$F(s) = \frac{32}{S(S + 2)(S + 4)}$$

(3)

[10]

VRAAG 3

- 3.1 Plot 'n punt-vir-punt Bode-diagram vir die volgende data op die 3-siklus semi-logaritmiëse grafiekpapier wat verskaf is:

ω (rad/sec)	0,1	0,5	1	5	10	50	100
Wins (dB)	40	30	20	5	-4	-26	-35
\emptyset (Grade)	-90°	-95°	-105°	-125°	-140°	-155°	-170°

(5)

- 3.2 Bepaal die volgende uit die grafiek:

- 3.2.1 Die faseruifrekwensie ('phase crossover frequency')
- 3.2.2 Die winsruifrekwensie ('gain crossover frequency')
- 3.2.3 Die frekwensie by die maksimum topwaarde ('peak value')
- 3.2.4 Die fasegrens ('phase margin')
- 3.2.5 Die winsmarge

(5 × 1)

(5)

[10]**VRAAG 4**

Die Nichols-grafiek (aangeheg) illustreer 'n gesloteluswins ('closed-loop gain') versus faseplot.

- 4.1 Gebruik die Nichols-grafiek om die volgende te bepaal:

- 4.1.1 Die winsmarge (1)
- 4.1.2 Die fasegrens (1)
- 4.1.3 Die winsruifrekwensie (1)
- 4.1.4 Die faseruifrekwensie (1)
- 4.1.5 Die ongedempte natuurlike resonansiefrekwensie ('undamped natural resonant frequency') (1)
- 4.1.6 Die topfrekwensierespons ('peak frequency response') (1)
- 4.1.7 Die topgrootte en fase ('peak magnitude and phase') (2)
- 4.1.8 Die geslotelus-bandwydte ('closed-loop bandwidth') (1)

- 4.2 Is die stelsel stabiel of onstabiel?

(1)

[10]

VRAAG 5

DIAGRAMBLAD 1 (aangeheg) illustreer 'n wortellokusplot ('root locus plot') van die geslotelusstelsel ('closed-loop system') waar die versterker se wins varieer van nul tot oneindigheid.

Gebruik die wortellokusplot om die volgende te bepaal:

- | | | |
|-----|--|-------------|
| 5.1 | Die gesloteluspole ('closed-loop poles') | (2) |
| 5.2 | Die winskonstante (K_o) by punt 'D' | (3) |
| 5.3 | Die gedempte resonansiefrekwensie (ω_d) by punt 'D' | (1) |
| 5.4 | Die ongedempte resonansiefrekwensie (ω_n) by punt 'D' | (1) |
| 5.5 | Die dempingsfaktore (ζ) by punt 'D' | (2) |
| 5.6 | Die frekwensie waarby die stelsel onstabiel raak | (1) |
| | | [10] |

VRAAG 6

- | | | |
|-----|---|-------------|
| 6.1 | Noem VYF eienskappe van 'n ideale operasionele versterker. | (5) |
| 6.2 | Noem die funksie van 'n fotoëlektriese oordraer ('photoelectric transducer.') | (2) |
| 6.3 | Noem die funksie van 'n tago-generator in beheerstelsels. | (2) |
| 6.4 | Wat meet tago-generators? | (1) |
| | | [10] |

VRAAG 7

- | | | |
|-----|---|-------------|
| 7.1 | Noem TWEE voordele van die gebruik van gelykgerigte wisselstroom om gelykstroombmotors se spoedbeheerders te beheer. | (2) |
| 7.2 | Verduidelik die werkbeginsel van 'n elektroniese selfbalanserende potensiometer wat gebruik word om 'n geweertoring ('gun turret') te beheer. | (6) |
| 7.3 | Noem TWEE soorte fotoëlektriese oordraers. | (2) |
| | | [10] |

VRAAG 8

- | | | |
|-----|--|-------------|
| 8.1 | Noem SES voordele van die gebruik van vloeistofkrag ('fluid power'). | (6) |
| 8.2 | Verduidelik die werkbeginsel van 'n eksterne reguittandrat ('external spur gear') hidrouliese pomp | (4) |
| | | [10] |

VRAAG 9

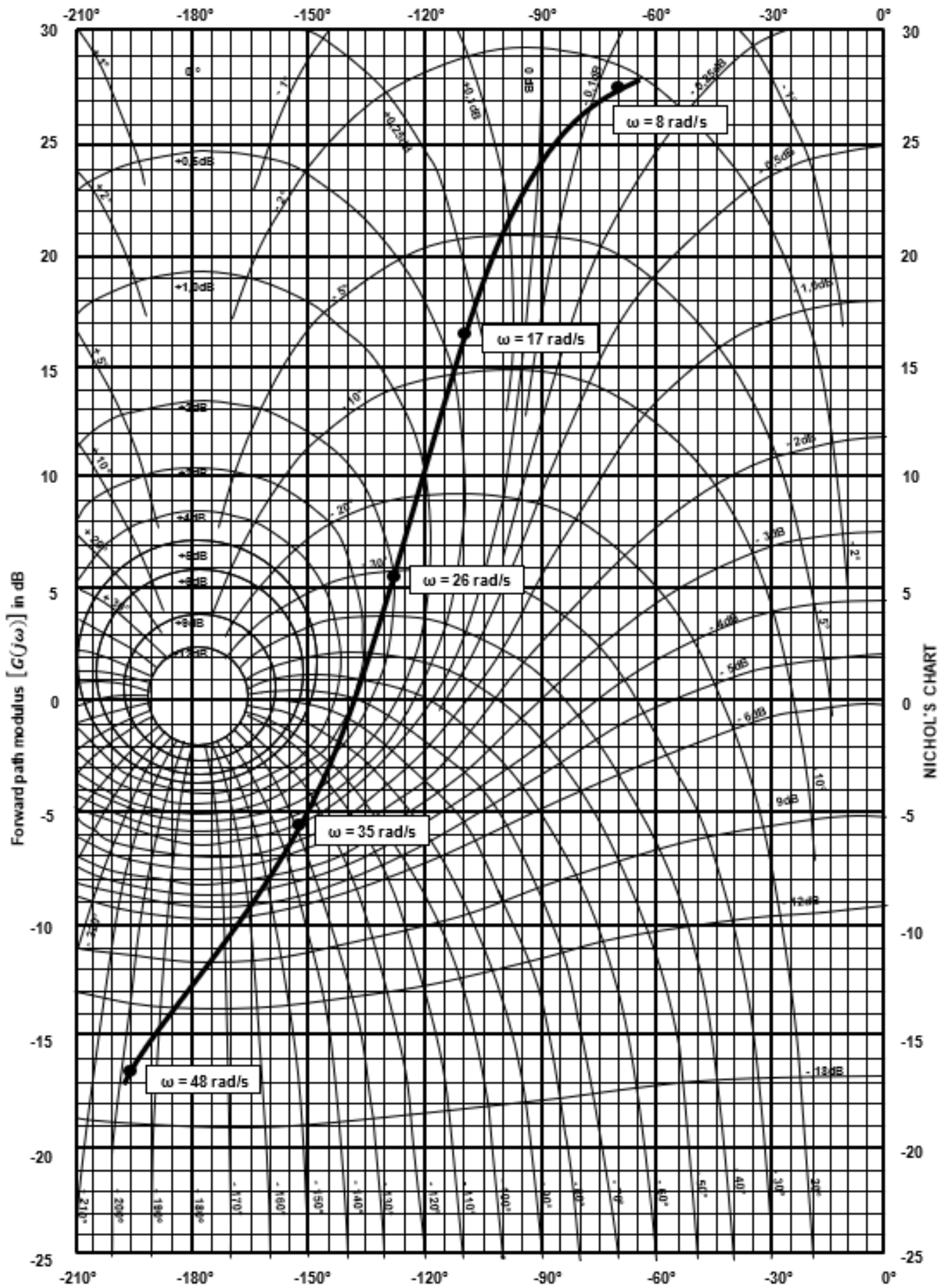
- 9.1 Noem die DRIE kaskade-verbinde beheerterme van 'n pneumatiese beheerder. (3)
- 9.2 Definieer die term *integrale beheeraksie*. (2)
- 9.3 Noem TWEE nadele van die gebruik van 'n eweredige pneumatiese beheerder ('proportional pneumatic controller'). (2)
- 9.4 Verduidelik die term '*bestendige toestand* (*'steady state'*) met betrekking tot integrale beheer. (3)
- [10]**

VRAAG 10

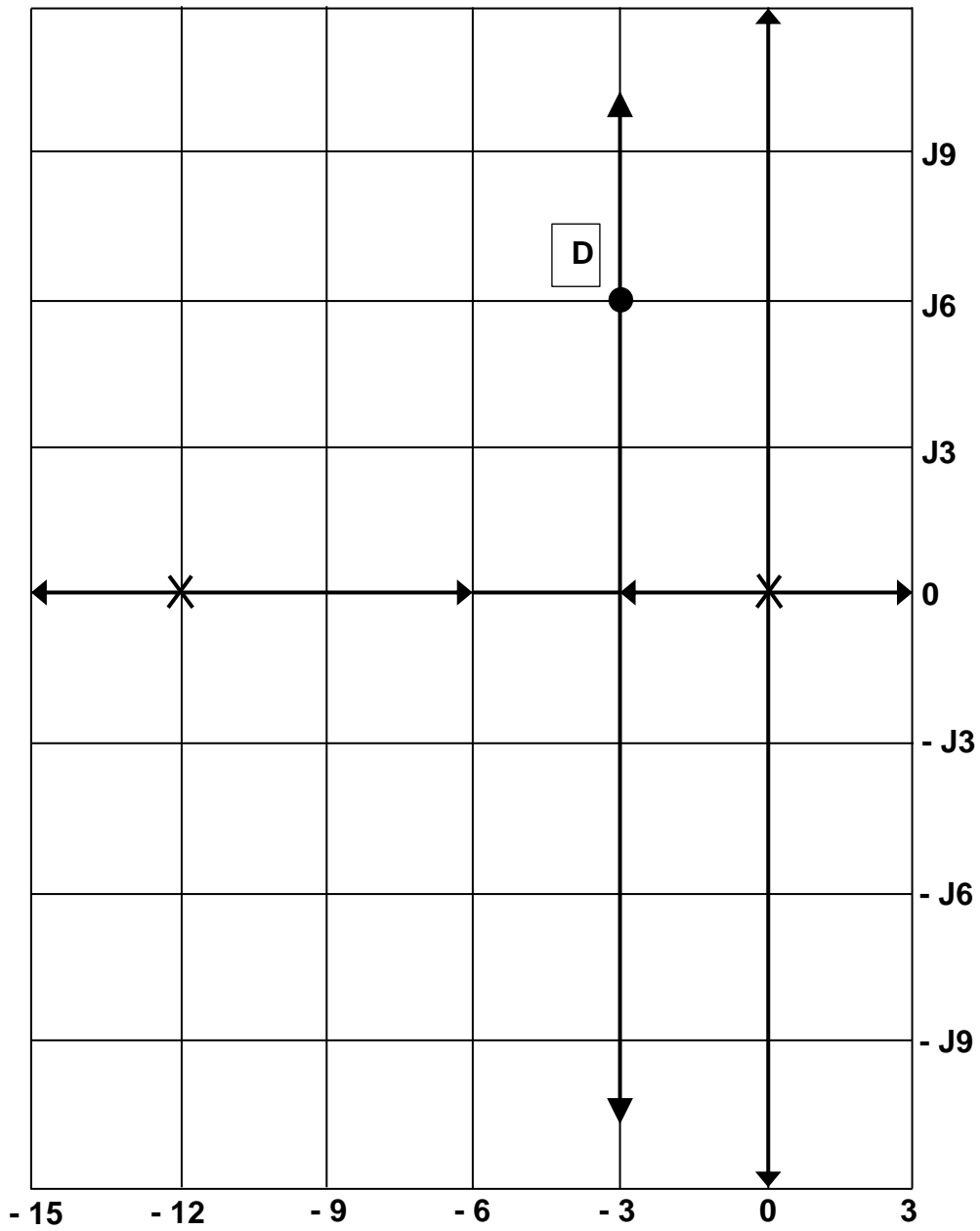
- 10.1 Wanneer jy Lissajous-figure gebruik om die faseverskil tussen twee sinusvormige seine ('sinusoidal signals') te vergelyk, kan die vertoning daarvan op die skerm van 'n ossilloskoop drie vorme aanneem.
Noem die DRIE vorme. (3)
- 10.2 Noem die funksie van 'n puls-generator. (2)
- 10.3 Noem DRIE basiese prosedures wat gevolg moet word wanneer 'n stelselresponstoets ('system response test') uitgevoer word. (3)
- 10.4 Noem die TWEE groepe waarin analoogmeters geklassifiseer kan word. (2)
- [10]**

TOTAAL: 100

NICHOLS-GRAFIEK



DIAGRAMBLAD 1



BEHEERSTELSELS N6**FORMULEBLAD**

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} = 2\pi f$$

$$t_p = \frac{1}{f}$$

$$\text{Number of oscillations / Aantal oscillaties} \quad \frac{t_s}{t_p} \quad \text{or / of} \quad \frac{2\sqrt{1 - \zeta^2}}{\pi \cdot \zeta}$$

$$\text{Damping coefficient / Dempingskoëffisiënt} \quad (\alpha) = \zeta \cdot \omega_n = \frac{1}{\pi} \tau$$

$$\text{Overshoot / Oorskiet} = e^{\frac{-\zeta \pi N}{\sqrt{1 - \zeta^2}}}$$

$$\Psi = \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{1 - \zeta^2}}{-\zeta} \right] + \pi \text{ rad}$$

$$\text{Amplitude} = \varphi \left[1 + e^{\frac{-\zeta \pi N}{\sqrt{1 - \zeta^2}}} \right]$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_o}{\tau}}$$

$$\tau + \frac{t_s}{4} = \frac{1}{\zeta \cdot \omega_n}$$

$$\omega_p = \omega_n \sqrt{1 - 2\zeta^2}$$

$$\omega_b = \omega_n \sqrt{1 - 2\zeta^2 + \sqrt{2 - 4\zeta^2 + 4\zeta^4}}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{G}{1 \pm GH}$$

$$S_c = \frac{\sum P - \sum Z}{NP - NZ}$$

$$\zeta = \cos \varphi$$

$$\Psi = \frac{(2K_o + 1)180^\circ}{NP - NZ}$$

$$K_o = \frac{\Delta P_1 \cdot \Delta P_{2, \dots}}{\Delta Z_1 \cdot \Delta Z_{2, \dots}}$$

VERSTERKERS

$$V_o = -V_i \frac{R_f}{R_1}$$

$$V_o = V_i \left[1 + \frac{R_f}{R_1} \right]$$

$$V_o = -R_f \left[\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_N}{R_N} \right]$$

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int V_i(t) dt + V_c$$

$$V_o = \frac{R_f}{R_1} [V_2 - V_1]$$

$$V_o = -RC \frac{dV_i(t)}{dt}$$

$$i_e = \frac{V_e}{R_e}$$

$$R_c = \frac{V_c}{i_c}$$

$$gmR_L = \frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot R_L$$

$$t = \frac{1}{f}$$

$$\tau = R \cdot C$$

BODE- EN NICHOLS-GRAFIEKE

$$Gain = 20 \log \left[\frac{output}{input} \right] db$$

$$Wins = 20 \log \left[\frac{uitset}{inset} \right] db$$

$$Phase = \text{Sin}^{-1} \left[\frac{phase\ shift}{input} \right] - 180^\circ$$

$$Fase = \text{Sin}^{-1} \left[\frac{faseverskuiwing}{inset} \right] - 180^\circ$$

LAPLACE TRANSFORMASIES

No	F(s)	f(t)
1.	1	$\delta(t)$
2.	$\frac{A}{s}$	$A(t)$ $\{0 \ t < 0\}$ $\{A \ t \geq 0\}$
3.	$\frac{1}{s}$	$U(t)$ $\{0 \ t < 0\}$ $\{1 \ t \geq 0\}$
4.	$\frac{A}{s^2}$	At
5.	$\frac{2A}{s^3}$	At^3
6.	$\frac{A\omega}{s^2 + \omega^2}$	$A \sin \omega t$
7.	$\frac{A_s}{s^2 + \omega^2}$	$A \cos \omega t$
8(a).	$\frac{A}{\tau s + 1}$	$\frac{A}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$
8(b).	$\frac{A}{s + a}$	Ae^{-at}
9(a).	$\frac{A}{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$	$\frac{A}{\tau_1 - \tau_2} \left[e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right]$
9(b).	$\frac{A}{(s + a)(s + b)}$	$\frac{A}{(b - a)} [e^{-at} - e^{-bt}]$
10(a).	$\frac{A}{(\tau s + 1)^2}$	$\frac{At}{\tau^2} \left[e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$
10(b).	$\frac{A}{(s + a)^2}$	Ate^{-at}
11.	$\frac{A\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{A\omega_n e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t)$
12(a).	$\frac{A}{s(\tau s + 1)}$	$A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$
12(b).	$\frac{A}{s(s + a)}$	$\frac{A}{a}(1 - e^{-at})$
13(a).	$\frac{A}{s^2(\tau s + 1)}$	$A\tau \left[e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{t}{\tau} - 1 \right]$
13(b).	$\frac{A}{s^2(s + a)}$	$\frac{A}{a^2} (e^{-at} + at - 1)$

14(a).	$\frac{A\omega}{(s^2 + \omega^2)(\tau s + 1)}$	$\frac{A\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{A}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}} \sin(\omega t - \Psi)$ where/waar $\Psi = \tan^{-1}\omega\tau \quad (0 < \Psi < \pi)$
14(b).	$\frac{A\omega}{(s^2 + \omega^2)(s + a)}$	$\frac{A\omega e^{-at}}{(\omega^2 + a^2)} + \frac{A}{\sqrt{\omega^2 + a^2}} \sin(\omega t - \Psi)$ where/waar $\Psi = \tan^{-1}\frac{\omega}{a} \quad (0 < \Psi < \pi)$
15(a).	$\frac{A}{s(\tau_1 s + a)(\tau_2 s + 1)}$	$A \left[1 + \frac{\tau_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} - \tau_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}}}{\tau_1 - \tau_2} \right]$
15(b).	$\frac{A}{s(s + a)(s + b)}$	$\frac{A}{ab} \left[1 + \frac{ae^{-bt} - be^{-at}}{b - a} \right]$
16(a).	$\frac{A}{s(\tau + a)^2}$	$A \left[1 - \frac{(\tau + t)}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$
16(b).	$\frac{A}{s(s + 1)^2}$	$\frac{A}{a^2} [1 - (1 + at)e^{-at}]$
17.	$\frac{A\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$A \left[1 + \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \sin(\omega_n t \sqrt{1 - \zeta^2} - \Psi) \right]$ where/waar $\Psi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1 - \zeta^2}}{-\zeta} \quad (0 < \Psi < \pi)$
18(a).	$\frac{A}{s^2(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$	$A \left[t - \tau_1 - \tau_2 - \frac{\tau_2^2 e^{-\frac{t}{\tau_2}} - \tau_1^2 e^{-\frac{t}{\tau_1}}}{\tau_1 - \tau_2} \right]$
18(b).	$\frac{A}{s^2(s + a)(s + b)}$	$\frac{A}{ab} \left[t - \frac{a + b}{ab} - \frac{\frac{b}{a} e^{-bt} - \frac{a}{b} e^{-at}}{b - a} \right]$
19(a).	$\frac{A}{s^2(\tau s + 1)^2}$	$A \left[t - 2\tau + (t + 2\tau)e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$
19(b).	$\frac{A}{s^2(s + a)^2}$	$\frac{A}{a^2} \left[t - \frac{2}{a} + \left(t + \frac{2}{a} \right) e^{-at} \right]$
20.	$\frac{A\omega_n^2}{s^2(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$A \left[\tau - \frac{2\zeta}{\omega_n} + \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} \sin(\omega_n t \sqrt{1 - \zeta^2} - \Psi) \right]$ where/waar $\Psi = 2\tan^{-1} \frac{\sqrt{1 - \zeta^2}}{-\zeta} \quad (0 < \Psi < \pi)$

21(a).	$\frac{A\omega}{(s^2 + \omega^2)(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$	$A \left[\frac{\tau_1^2 \omega e^{\frac{-t}{\tau_1}}}{(\tau_1 - \tau_2)(1 + \omega^2 \tau_1^2)} + \frac{\tau_2^2 \omega e^{\frac{-t}{\tau_2}}}{(\tau_1 - \tau_2)(1 + \omega^2 \tau_2^2)} \right. \\ \left. + \frac{\sin(\omega t - \Psi)}{(1 + \omega^2 \tau^2)(1 + \omega^2 \tau_2^2)^{\frac{1}{2}}} \right]$ <p style="text-align: center;"><i>where/waar</i></p> $\Psi = \tan^{-1} \omega \tau_1 + \tan^{-1} \omega \tau_2$
21(b).	$\frac{A\omega}{(s^2 + \omega^2)(s + a)(s + b)}$	$A \left[\frac{\omega e^{-at}}{(b - a)(\omega^2 + a^2)} + \frac{\omega e^{-bt}}{(a - b)(\omega^2 + b^2)} \right. \\ \left. + \frac{\sin(\omega t - \Psi)}{(\omega^2 + a^2)(\omega^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}} \right]$ <p style="text-align: center;"><i>where/waar</i></p> $\Psi = \tan^{-1} \frac{\omega(a+b)}{ab - \omega^2} \quad (0 < \Psi < \pi)$
22(a).	$\frac{A\omega}{(s^2 + \omega^2)(\tau s + 1)^2}$	$\frac{A}{1 + \omega^2 \tau^2} \left[\frac{\omega t + 2\omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2} e^{\frac{-t}{\tau}} + \sin(\omega t - \Psi) \right]$ <p style="text-align: center;"><i>where/waar</i></p> $\Psi = 2 \tan^{-1} \omega \tau$
22(b).	$\frac{A\omega}{(s^2 + \omega^2)(s + a)^2}$	$\frac{A}{\omega^2 + a^2} \left[\frac{a\omega(at + 2)e^{-at}}{\omega^2 + a^2} + \sin(\omega t - \Psi) \right]$
23.	$\frac{A\omega\omega_n^2}{(s^2 + \omega^2)(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$\frac{A\omega_n^2}{[(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4\zeta^2\omega^2\omega_n^2]^{\frac{1}{2}}}$ $\left[\sin(\omega t - \Psi) + \frac{\omega e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t - \Psi_2)}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} \right]$ <p style="text-align: center;"><i>where/waar</i></p> $\Psi_1 = \tan^{-1} \left[\frac{2\zeta\omega\omega_n}{\omega_n^2 + \omega^2} \right] \quad (0 < \Psi_1 < \pi)$ <p style="text-align: center;">and/en</p> $\Psi_2 = \tan^{-1} - \frac{2\zeta\omega_n^2 \sqrt{1 - \zeta^2}}{\omega^2 - \omega_n^2(1 - 2\zeta^2)} \quad (0 < \Psi_2 < \pi)$