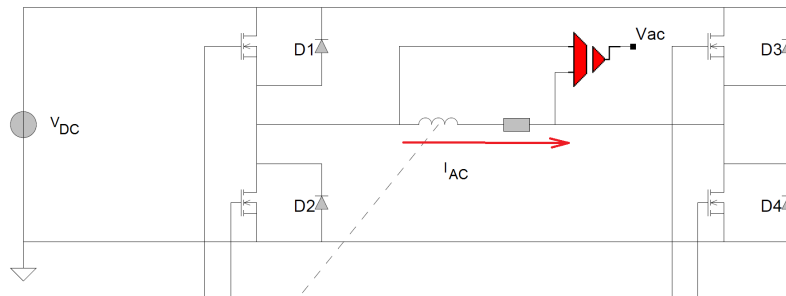


Vraag 1, (2 punten)

Een enkelfase inverter moet een sinusvormige stroom maken.
De DC spanning van de inverter is 48 volt.



De uitgangsfrequentie is 50Hz .

De RL-last is een serieschakeling van een weerstand $R = 10\Omega$ en $L = 100\text{mH}$.

De schakelfrequentie is 20kHz en de modulatie index van de bipolaire PWM is gelijk aan $m = 0.5$.

Je mag de doorlaatverliezen en schakelverliezen van de halfgeleiders verwaarlozen.

$$R = 10\Omega \quad L = 100\text{mH} \quad V_{DC} = 48\text{volt} \quad F_s = 20\text{kHz} \quad m = 0.5$$

Bereken de RMS waarde van de sinusvormige stroom door de RL-last?

$$\text{Antwoord: } Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} = \sqrt{100 + 31.4^2} = \sqrt{1085.95} = 32.95$$

$$\hat{I} = m * V_{dc}/Z = 0.5 * 48/32.95 = 0.728$$

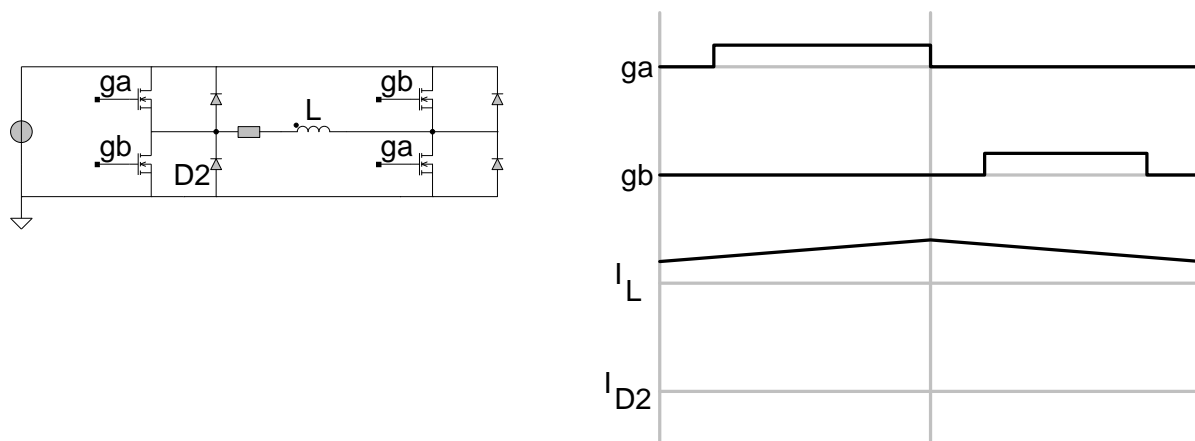
$$I_{RMS} = \hat{I}/\sqrt{2} = 0.515$$

Vraag 2, (2 punten)

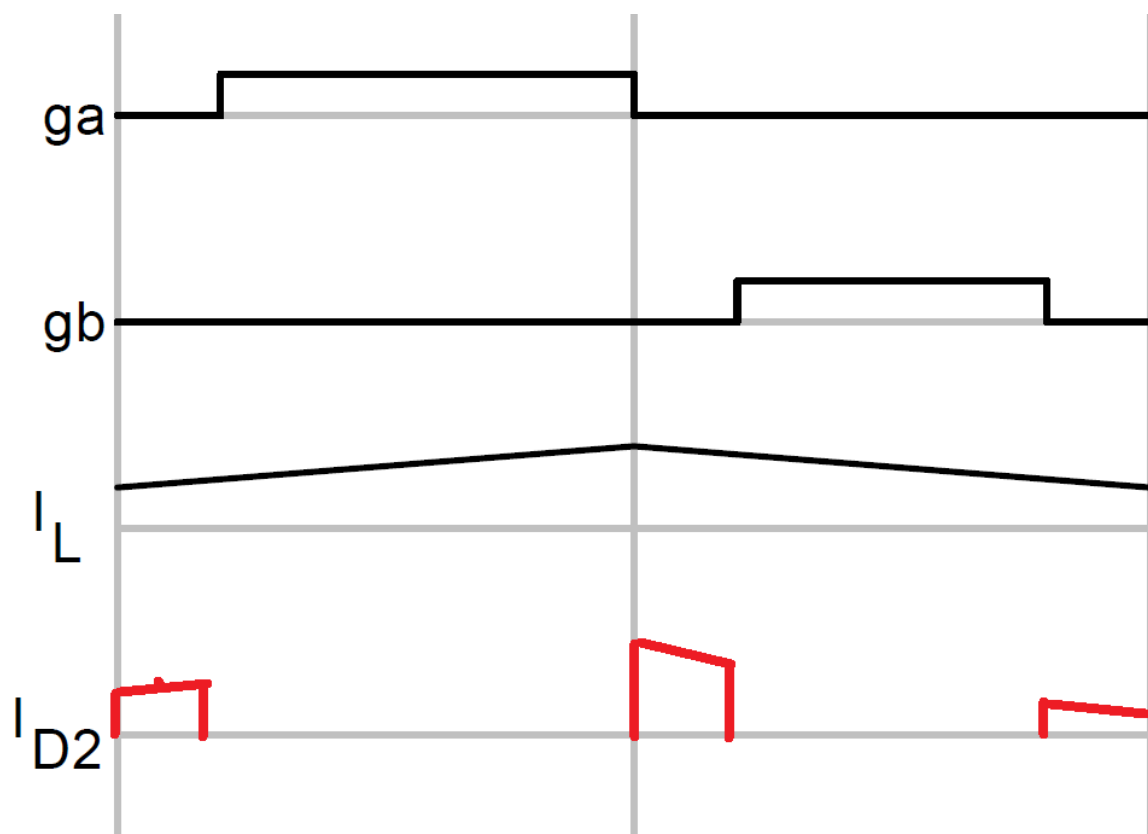
Gegeven zijn de gate signalen ga en gb en de stroom I_L door de spoel.

In het schema loopt de positieve spoelstroom van links naar rechts, dus bij de dot de spoel in!

Teken in de grafiek de stroom I_{D2} door de vrijloop diode D2?

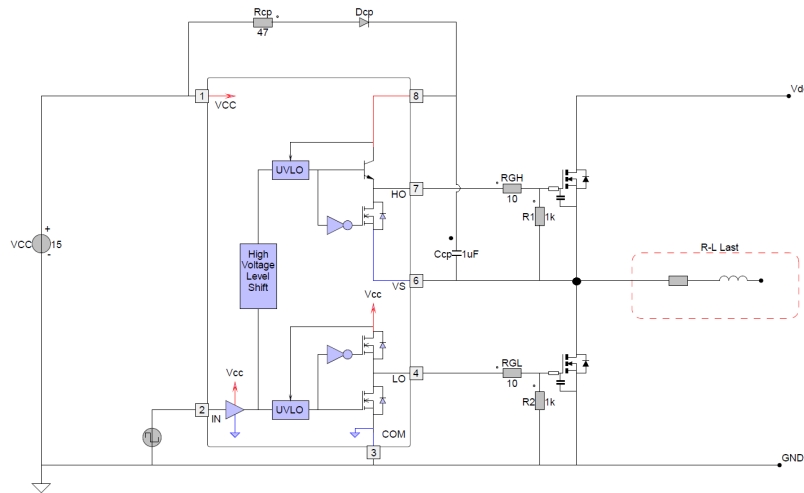


Teken het antwoord in de figuur:



Vraag 3, (2 punten)

In onderstaande schakeling zit een condensator C_{cp} , een diode C_{Dp} en een weerstand R_{cp} , verbonden met de voeding V_{cc} . Ook is de condensator verbonden met pin [6] en met pin [8] van de gatedriver.



De High-side Mosfet en de low-side Mosfet worden met een schakelfrequentie van $45kHz$ met een duty cycle van 25% geschakeld.

Wat is de functie van de diode D_{cp}

Antwoord:

Zodra de low side mosfet uitgaat, zwipt de spanning op pin [8] omhoog en kan hoger worden dan V_{cc} . De diode zorgt ervoor dat de condensator niet leeg loopt in V_{cc} .

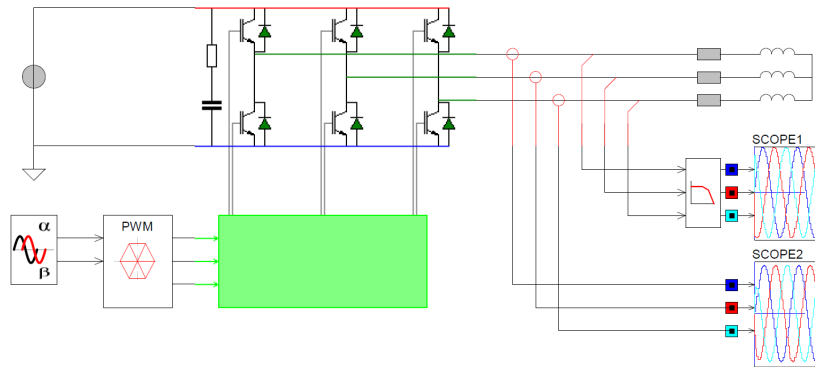
Vraag 4, (2 punten)

De uitgangsstroom van een driefasen inverter wordt met behulp van PWM gemoduleerd. De RMS waarde van de uitgangsstroom is $I_{RMS} = 2.5$ Ampere voor een sinusvormige stroom met een frequentie van $50Hz$.

De belasting bestaande uit een serieschakeling van $R = 80\Omega$ en $L = 50mH$ is in ster geschakeld.

De DC link spanning blijft constant.

De modulatie index is al maximaal.



In plaats van PWM wordt nu Space Vector Modulatie SVM toegepast, hoe groot wordt nu de uitgangsstroom?

$$R = 80\Omega \quad L = 50mH \quad PWM \rightarrow SVM \quad I_{AC} = \sqrt{2} \cdot 2.5 \cdot \sin(2\pi \cdot f) \quad m = \text{maximaal}$$

Antwoord: $1.15 \cdot 2.5 = 2.875A^{RMS}$

Vraag 5, (2 punten)

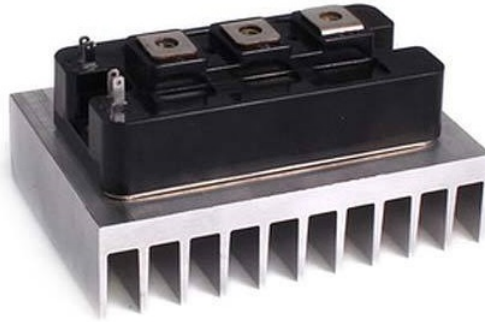
Voor de IGBT's in een driefasen inverter zijn de verliezen per IGBT gemeten als 45Watt .

De totale thermische weerstand van de IGBT is volgens de datasheet $R_{JC}^{th} = 0.3\text{K/W}$.

De thermische weerstand van de isolatie en koelpasta tussen de IGBT en het koellichaam is $R_{iso}^{th} = 0.05\text{K/W}$.

De constante temperatuur van de luchtstroom om te koelen is 35°C

De IGBT mag niet heter worden dan 125°C .



Bereken de maximale thermische weerstand van het toe te passen koellichaam?

$$\begin{array}{lll} P_{verlies} = 45\text{Watt} & R_{JC}^{th} = 0.3\text{K/W} & R_{iso}^{th} = 0.05\text{K/W} \\ T_{luchtstroom} = 35^\circ\text{C} & T_{IGBT} < 125^\circ\text{C} & \end{array}$$

Antwoord(1 koellichaam per IGBT):

$$\begin{aligned} 45 * (0.3 + 0.05 + R_{th}) &= 125 - 35 \\ 90/45 - 0.35 &= 1.65[\text{K/W}] \end{aligned}$$

Antwoord(1 koellichaam per 6 IGBTs):

Per IGBT is er een verlies van 45Watt .

Dit verlies gaat dus door 1 IGBT met een $R_{th,JunctionCase} = 0.3[\text{K/W}]$

Dit verlies gaat ook door de isolatie met een $R_{iso}^{th} = 0.05\text{K/W}$.

ΔT_{igbt} per IGBT met de isolatie is dus $(0.3 + 0.05) \cdot 45 = 0.35 \cdot 45 = 15.75^\circ\text{C}$.

Als de IGBTs niet heter dan 125 graden Celsius mogen worden, mag het koellichaam niet heter worden dan $125 - 15.75 = 109.25^\circ\text{C}$.

Er zijn 6 IGBTs, dus het totale verliesvermogen is $6 \cdot 45 = 270\text{ Watt}$.

In totaal is er 270 Watt verlies welke door het koellichaam moet gaan die niet heter mag worden dan 109.25°C .

$\Delta T_{koellichaam}$ van het koellichaam is dus $109.25 - 35 = 74.25^\circ\text{C}$

De thermische weerstand moet dus lager zijn dan:

$$R_{thKoellichaam} = \frac{\Delta T_{koellichaam}}{\text{totale-verliesvermogen}} = \frac{74.25}{6 \cdot 45} = \frac{74.25}{270} = 0.275[\text{K/W}]$$

Controle:

$$T_{igbt} = 45 \cdot (0.3 + 0.05) + (6 \cdot 45) \cdot 0.275 + 35 = 15.75 + 74.25 + 35 = 125^\circ\text{C}.$$