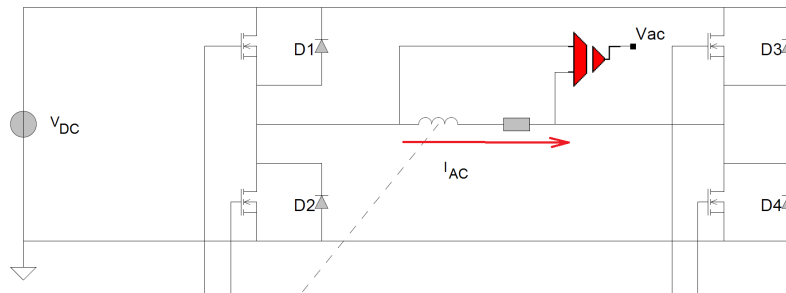


## Vraag 1, (2 punten)

In een éénfase inverter moet een sinusvormige stroom met een RMS waarde van 1 Ampere door de AC last gaan.



De uitgangsfrequentie is  $50Hz$ .

De last is een serieschakeling van een weerstand  $R = 20\Omega$  en  $L = 100mH$ .

De schakelfrequentie is  $35kHz$  en de modulatie index van de bipolaire PWM is gelijk aan  $m = 1$ .

Je mag de doorlaatverliezen en schakelverliezen van de halfgeleiders verwaarlozen.

Bereken de minimal DC spanning die voor een stroom van 1 ampere RMS nodig is?

$$R = 20\Omega \quad L = 100mH \quad I_{AC} = \hat{I} \cdot \sin(1\pi \cdot 50) \quad Fs = 35kHz \quad m = 1 \quad I_{RMS} = 1A$$

$$\text{Antwoord: } Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} = \sqrt{400 + 31.4^2} = \sqrt{1385.95} = 37.2$$

$$V_{rms} = Z \cdot I_{rms} = 37.2 \cdot 1 = 37.2$$

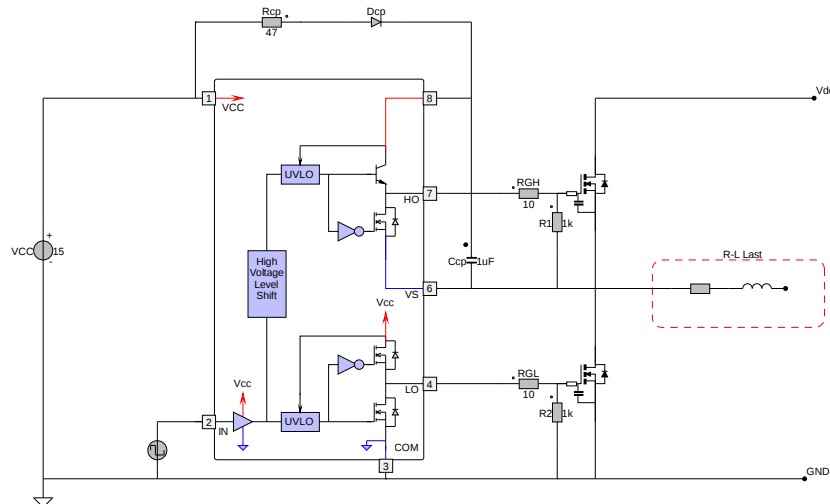
$$\hat{V} = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 52.67$$

$$V_{dc} = \hat{V} = 52.67V$$

## Vraag 2, (2 punten)

In onderstaande schakeling zit een condensator  $C_{cp}$ , verbonden met de uitgang van de inverter. Ook is hij 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  $20kHz$  met een dutycycle van 50% geschakeld.

Waarom zitten de condensator  $C_{cp}$ , Diode  $D_{cp}$  en weerstand  $R_{cp}$  in deze schakeling en is niet gewoon pin [8] met pin [1] doorverbonden?



Antwoord:

De schakeling zorgt ervoor dat deze een constant voedingsspanning voor de gate driver voor de bovenste mosfet heeft.

De spanning op de condensator wordt iedere keer tot maximaal  $V_{cc}$  opgeladen als de onderste mosfet in geleiding is.

Als de onderste mosfet uit geleiding is en de spanning tussen de twee mosfets op pin 6 aan het zweven is, dan staat de spanning over de condensator via de gate weerstand  $R_{gH}$  over de Gate-Source aansluiting van de bovenste mosfet, zodat deze aan blijft staan.

Vanwege de diode kan de  $C_{cp}$  niet via  $V_{cc}$  ontladen.

De weerstand  $R_{cp}$  zorgt ervoor dat er geen hoge piekstroom is als  $C_{cp}$  wordt opgeladen.

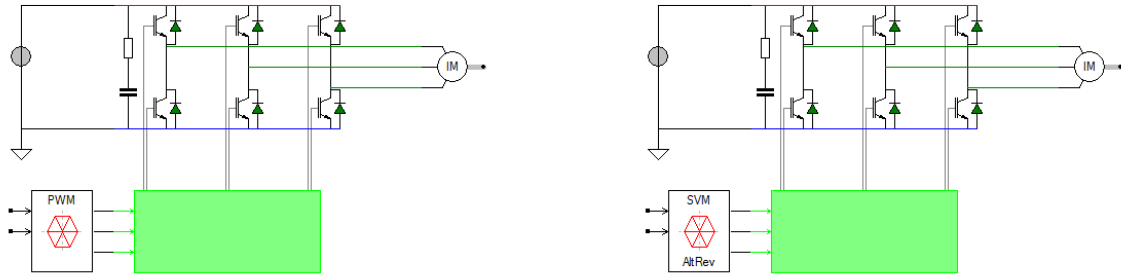
### Vraag 3, (2 punten)

De uitgangsstroom van een driefasen inverter wordt met behulp van PWM gemoduleerd. De RMS waarde van de uitgangsstroom is  $I_{RMS} = 2$  Ampere voor een sinusvormige stroom met een frequentie van  $50\text{Hz}$ .

De belasting bestaande uit een serieschakeling van  $R = 10\Omega$  en  $L = 10\text{mH}$  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 het uitgangsvermogen bij svm in verhouding tot het uitgangsvermogen bij pwm?

Hoe groot is  $P_{SVM}/P_{PWM}$ ?

$$R = 10\Omega \quad L = 10\text{mH} \quad PWM \rightarrow SVM \quad I_{AC} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot \sin(2\pi \cdot f) \quad m = 1$$

Antwoord:

Spanning wordt nu 15procent hoger

dus ook de stroom wordt  $I = V/Z$  daardoor 15 percent hoger

$$1.15 \cdot 2 = 2.3\text{ Arms}$$

Het vermogen neemt dus met 15percent \* 15 percent extra toe

$$P = 1.15 \cdot 1.15 = 1.3225 \text{ keer groter}$$

oftewel je hebt iets meer dan 32.5 percent meer vermogen bij dezelfde DC link spanning

### Vraag 4, (2 punten)

In een driefasen inverter zitten 6 IGBT's. De schakelverliezen per IGBT zijn in de datasheet gegeven als  $E_{on} = 3.5mWs$  en  $E_{off} = 6.5mWs$ .

De schakelfrequentie is  $F_s = 25kHz$

De doorlaatverliezen kan je verwaarlozen.



Bereken het totale verliesvermogen ten gevolge van het schakelen van alle 6 de IGBT's tezamen?

Per IGBT:  $E_{on} = 3.5mWs$        $E_{off} = 6.5mWs$        $F_s = 25kHz$        $P_{doorlaat} = 0$

Antwoord:

$$P_{sw} = 6 \cdot F_s (E_{on} + E_{off}) = 6 \cdot 25k(3.5m + 6.5m) = 1500Watt$$

### Vraag 5, (2 punten)



Voor de IGBT's in een driefasen inverter zijn de verliezen per IGBT gemeten als  $35Watt$ .  
De totale thermische weerstand van de IGBT is volgens de datasheet  $R_{JC}^{th} = 0.2K/W$ .  
De thermische weerstand van de isolatie en koelpasta tussen de IGBT en het koellichaam is  $R_{iso}^{th} = 0.05K/W$ .  
De constante temperatuur van de luchtstroom om te koelen is  $55^{\circ}C$   
De IGBT mag niet heter worden dan  $125^{\circ}C$ .

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

$$\begin{array}{lll} P_{verlies} = 35Watt & R_{JC}^{th} = 0.2K/W & R_{iso}^{th} = 0.05K/W \\ T_{luchtstroom} = 55^{\circ}C & T_{IGBT} \leq 125^{\circ}C & \end{array}$$

Antwoord:

$$35 * (0.2 + 0.05 + R_{th}) = 125 - 55 \Rightarrow 70/35 - 0.25 = 1.75$$