

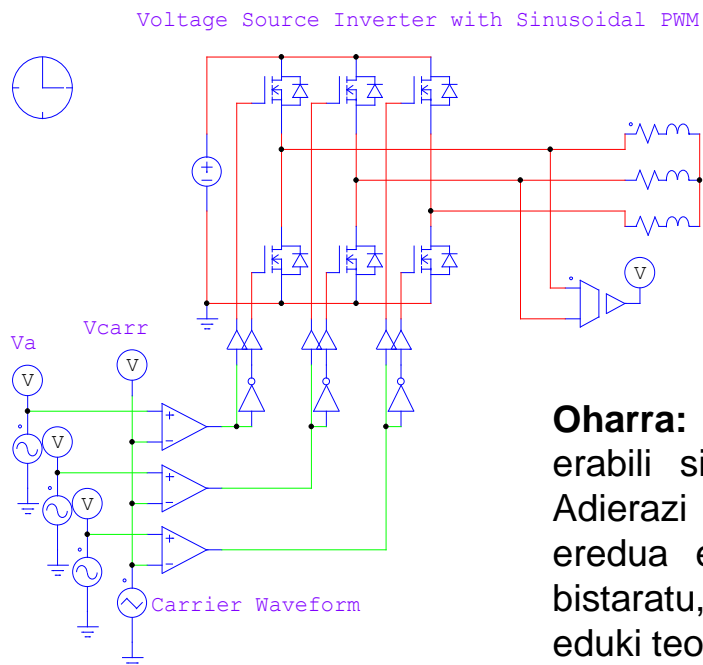
DC-AC POTENTZIAKO BIHURGAILU ELEKTRONIKO EDO INBERTSOREAK: LEHEN PROBLEMA

Patxi Alkorta, F. Javier Maseda

**SISTEMEN INGENIARITZA ETA AUTOMATIKA SAILA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA**

LEHEN PROBLEMA

- 1- 550 V-eko sarrerako tentsio zuzena, 10 kHz-eko PWM modulazio sistema, eta, 10 Ω eta 100 mH-ko zama duen ondorengo inbertsore trifasikoarentzako, kalkulatu:
- Irteeran izango duen tentsio konposatua, modulazio-indizea $m_a=0.85$ hartzen bada.
 - Korronte eta tentsioaren guztizko distortsio harmonikoaren kalkulua.
 - Tentsio eta korronteen maiztasunen espektrua.
 - Irteerako korrontea.
 - Inbertsorearen irteeran konektaturiko zama trifasikoak 660V/50Hz-eko tentsio alernoarekin elikatua izan beharko balu, zein mailatako balioa izan beharko litzateke inbertsorearen sarrerako tentsio zuzena?



- Egin problema berdina kontuan hartuz Six-step motako modulazio sistema erabiltzen dela.
- Kalkulatu inbertsorearen transistoreak eta aukeratu transistore komertzial bat.
- Aukeratu driver bat eta adierazi nola funtzionatzen duen. Adierazi nola konektatu behar den, sistemaren kontroladorearekin, eta baita inbertsorearen transistore bakoitzarekin.

Oharra: Eskuz jardunda guztiz lortu ezin diren kalkuluen kasuan, erabili simulazioko tresnak emaitza horien lorpenean laguntzeko. Adierazi zertarako erabili den PSIM, nola eta zergatik. Simulazioko ereduak ere erabili egin behar da, sistemaren parametro guztiak bistaratu, neurtu eta aldatzeko, eta horrela ikastaroan zehar ikasiriko eduki teorikoak finkatzen lagunduz.

PWM Modulazioa (soluzioa)

1- PWM Modulazioa

- a) Irteerako tentsio konposatua $m_a=0.85$ izanik

Hau da irteerako tentsio konposatua,

$$(v_{AB})_1 = \sqrt{3}m_a \frac{V_{sarrera}}{2} \sin \omega_1 t = 0.866m_a V_{sarrera} \sin \omega_1 t =$$

$$= 0.886 \cdot 0.85 \cdot 550 \sin \omega_1 t = 404.86 \sin \omega_1 t$$

$$(V_{AB})_{1,rms} = \frac{404.86}{\sqrt{2}} = 286.28V$$

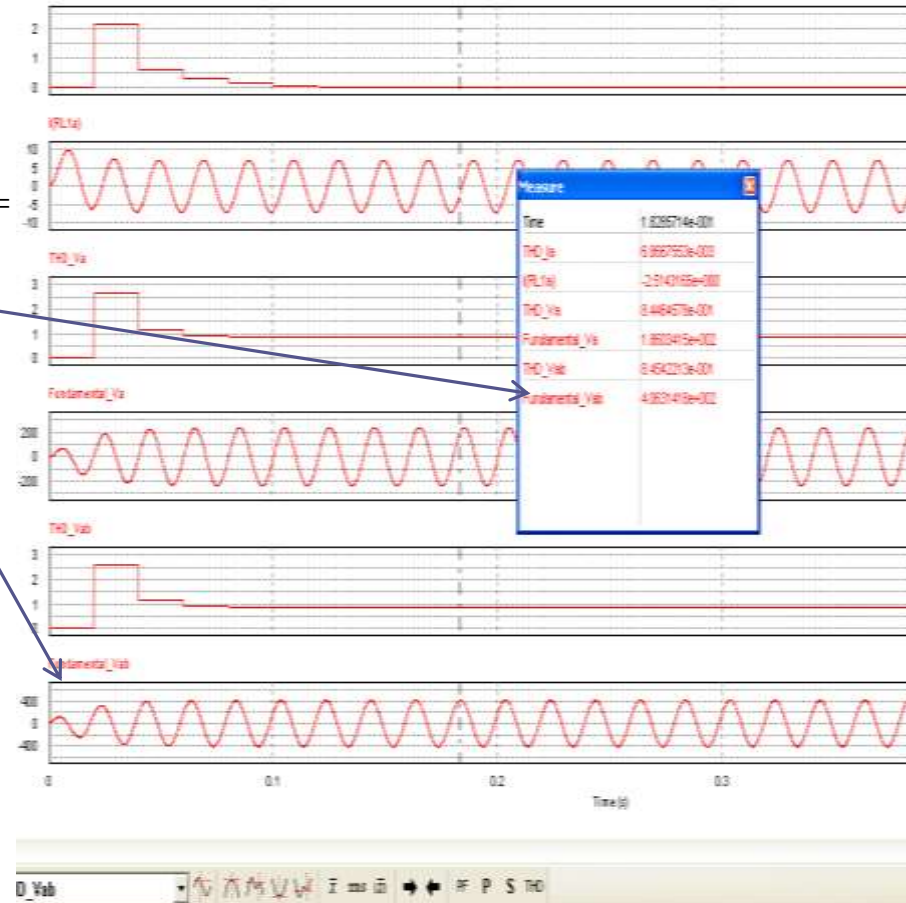
- a) Korronteen eta tentsioen distortsioa kalkulatzeko, PSIM erabiliko dugu.

Korronteen eta tentsioen distortsioak,

$$THD_{korrontea} = 0.00686$$

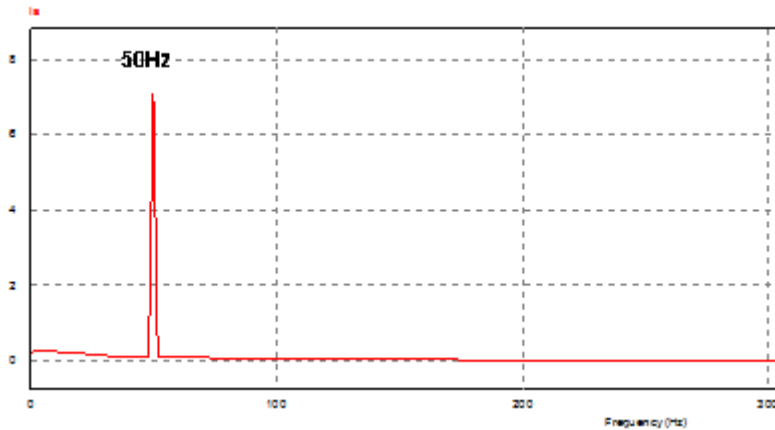
$$THD_{tentsioa} = 0.845$$

Ikus daitekeen bezala, korronteen distortsioa minimoa da, eta tentsioarena nabarmena. Horren arrazoa: zamaren inдукtancia handia da eta horrek korrontea iragazten du.

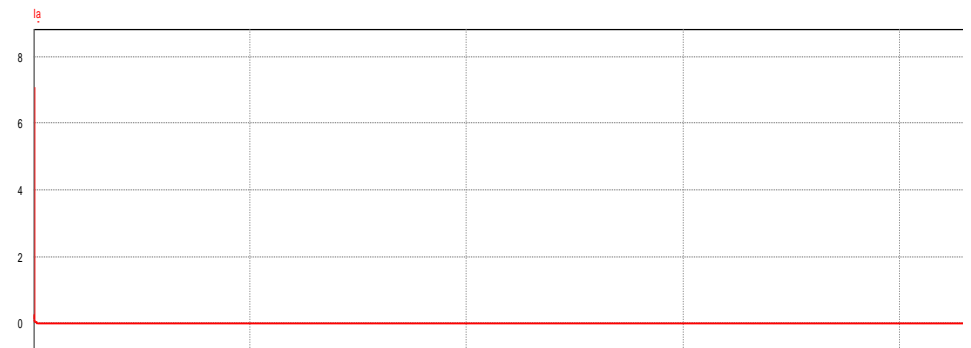


PWM Modulazioa (soluzioa)

c) Zamaren faseetako korronteen eta tentsioen maiztasun-espektra.

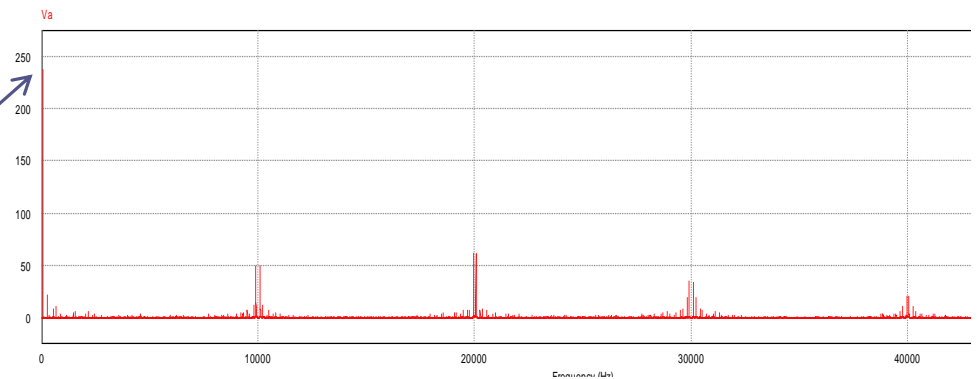


Hona hemen zamaren korrontearen maiztasun-espektra



Zamaren korrontearen 50 Hz-ko oinarrizko partaidean ardazturiko maiztasun-espektra

$$(V_a)_1 = \frac{404.86}{\sqrt{3}} = 233.746V$$



Zamaren tentsio sinplearen maiztasun-espektra. Konturatu distortsio harmonikoa 10 kHz-ko garraiatzaile triangeluarrarekin hasten dela.

PWM Modulazioa (soluzioa)

d) Irteerako korronea

Irteerako korentea lortzeko lehenengo irteerako inpedantzia kalkulatu behar da,

$$Z = \sqrt{10^2 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.1)^2} = 32.97 \Omega$$

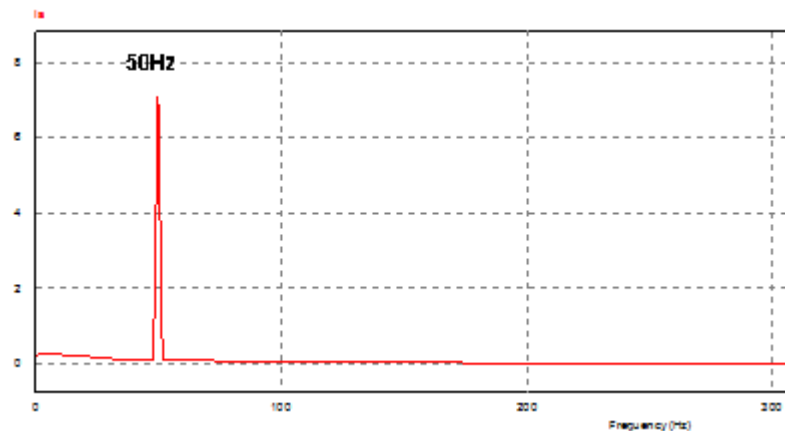
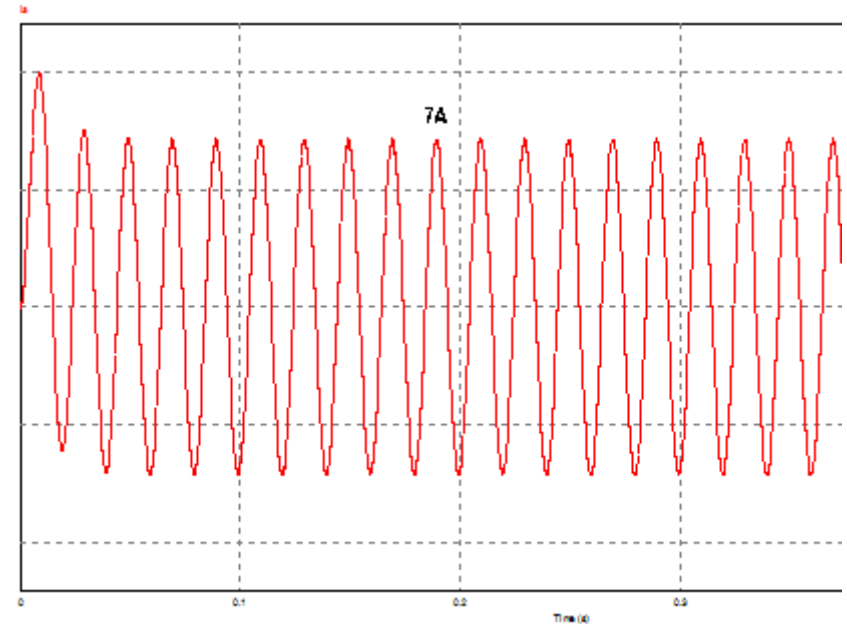
$$V_a = \frac{404.86}{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}} = 165.28 V$$

$$I_a = \frac{V_a}{Z} = 5 A$$

ondoren simulazioaren emaitzak ikus daitezke: 5 A korrone efikazaren puntako balioa 7 A da, eta bere oinarritzko partaidea 50 Hz-koa da

$$v_a(t) = \frac{404.86}{\sqrt{3}} \sin(\omega t) = 233.746 \sin(\omega t)$$

$$i_a(t) = \frac{v_a}{Z} = \frac{233.746}{32.97} \sin(\omega t) = 7 \sin(\omega t)$$



PWM Modulazioa (soluzioa)

- e) 660V/50Hz-ko irteera izan behar bada, korrante zuzeneko tentsioaren maila eskatzen da. Sarrerako tentsioaren balioa horrela kalkulatzen da,

$$(v_{AB})_{punta} = \sqrt{3}m_a \frac{V_{sarrera}}{2}$$

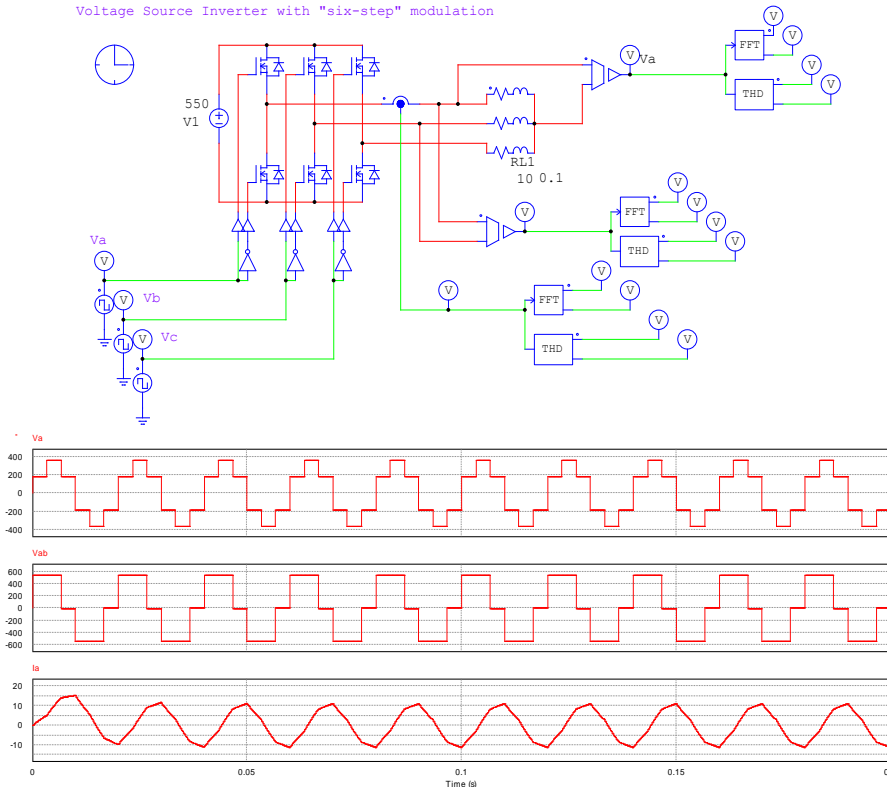
$$\sqrt{2} \cdot 660 = \sqrt{3} \cdot 0.85 \cdot \frac{V_{sarrera}}{2} \Rightarrow$$

$$V_{sarrera} = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 660}{\sqrt{3} \cdot 0.85} = 1267.97V$$

Six-step modulazioa (soluzioa)

2- Egin problema bera modulazio sistema Six-step motakoa dela kontuan izanik.

Voltage Source Inverter with "six-step" modulation



Tentsio konposaturaren Fourier-en seriea:

$$V_{AB}(t) = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot V_{sarrera}}{\pi} \left[\sin \omega t - \frac{1}{5} \sin 5 \omega t - \frac{1}{7} \sin 7 \omega t + \frac{1}{11} \sin 11 \omega t \dots \right]$$

a) Irteerako tentsio konposatua.

$$(V_{AB})_1 = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\pi} V_{sarrera} \sin \omega t = 606.46 \sin \omega t$$

$$(V_{AB})_{1,rms} = \frac{606.46}{\sqrt{2}} = 428.83V$$

$$V_{ABrms_linea} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_{sarrera} = 449V$$

$$(V_{AB})_{rms_distortioa} = \sqrt{V_{ABrms_linea}^2 - (V_{AB})_{1,rms}^2} = 133V$$

$$THD_{tentsioa} = \frac{(V_{AB})_{rms_distortioa}}{(V_{AB})_{1,rms}} = \frac{133}{428.83} = 0.31$$

Uhin formak
hurrengo
orrialdean

b) PWM modulazioan bezala, korronteak tentsio baino distortsio harmoniko gutxiago izango du, eta kalkulu integrala erabili daitekeen arren, bere balioa lortzeko PSIM erabiliko da.

$$Z = \sqrt{10^2 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.1)^2} = 32.97\Omega$$

$$V_a = \frac{606.46}{\sqrt{3}} = 247.58V$$

$$I_a = \frac{V_a}{Z} = 7.5A$$

Six-step modulazioa (soluzioa)

c) Faseko korronea,

$$v_a(t) = \frac{606.46}{\sqrt{3}} \sin(\omega t) = 350.14 \sin(\omega t)$$

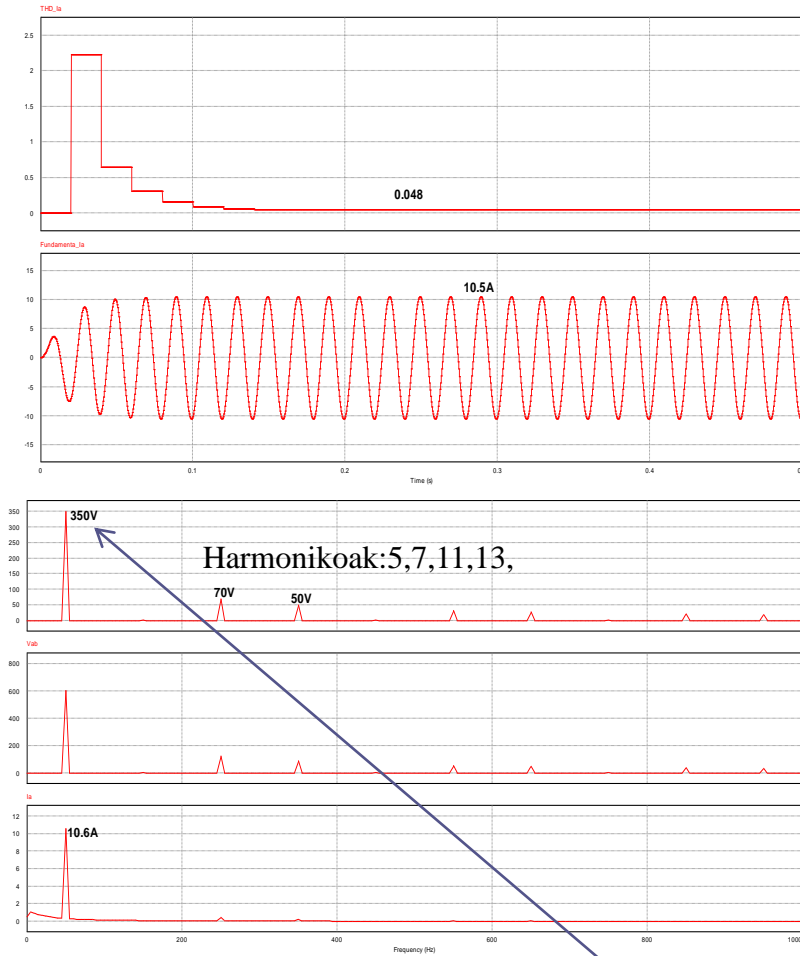
$$i_a(t) = \frac{v_a}{Z} = \frac{350.14}{32.97} \sin(\omega t) = 10.62 \sin(\omega t)$$

d) 660V/50Hz-ko irteera izan nahi bada, korronte zuzeneko tentsioaren maila ondorengo hau izan behar da

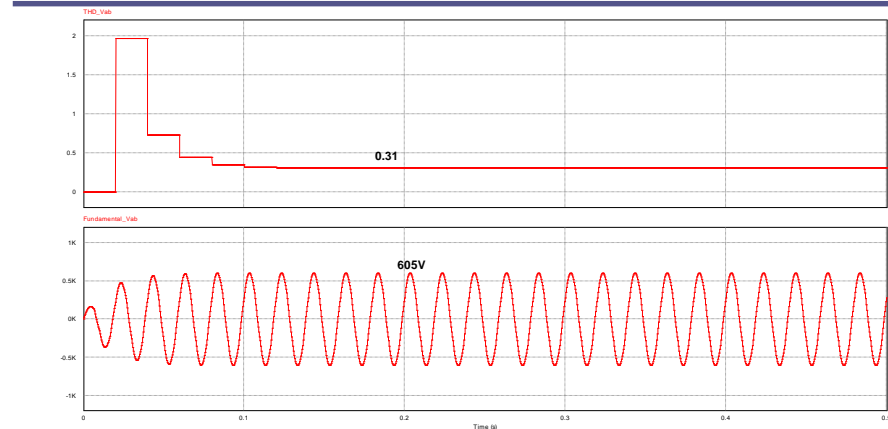
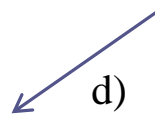
$$(v_{AB})_{punta} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\pi} V_{sarrera}$$

$$\sqrt{2} \cdot 660 = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\pi} V_{sarrera} \Rightarrow$$

$$V_{sarrera} = \frac{\pi \cdot \sqrt{2} \cdot 660}{\sqrt{3} \cdot 2} = 846.49V$$



$$(v_A)_1 = \frac{606.46}{\sqrt{3}} \sin \omega t = 349.9 \sin \omega t \quad \text{Faseko tentsio simplea}$$



Transistoreen kalkulua (soluzioa)

- 3- Kalkulatu inbertsorearen transistoreak, eta aukeratu horietako komertziala den bat. (rs-online)



Todos los productos ▾ Fabricantes ▾ Novedades

800.000 productos para todas sus necesidades

Página Principal ▾ Semiconductores ▾ Semiconductores Discretos ▾ Transistores IGBT

Transistor IGBT, IRG4PH20KDPBF, N-Canal, 11 A, 1.200 V, TO-247AC, 3-Pines

Código de 830 3750
Fabricación Internacional Rectifier
Nº de pieza: IRG4PH20KDPBF

Datos del Producto

¿Ayuda producto para comprar?

Especificaciones

¿No es lo que buscaba? Seleccione los atributos que desea y pulse en el botón de abajo.

Corriente Máxima Continua del Colector	11 A
Tensión Máxima Colector-Emissor	1.200 V
Tensión Máxima Puerta-Emissor	520V

Transistoreen korrontearen diseinuaren au-aukeraketa gai eztabaidagarria izan da beti, maiztasun handietako konmutazioaren efektuak zailak baitira kalkulatzeko. Asko erabiltzen den modu bat, faseko korronte eragingarrian oinarrituriko dimentsionamendua egitea da. Korronte handiago izango denez Six-step modulazioan, ondorengo transistoreak aukeratuko dira:

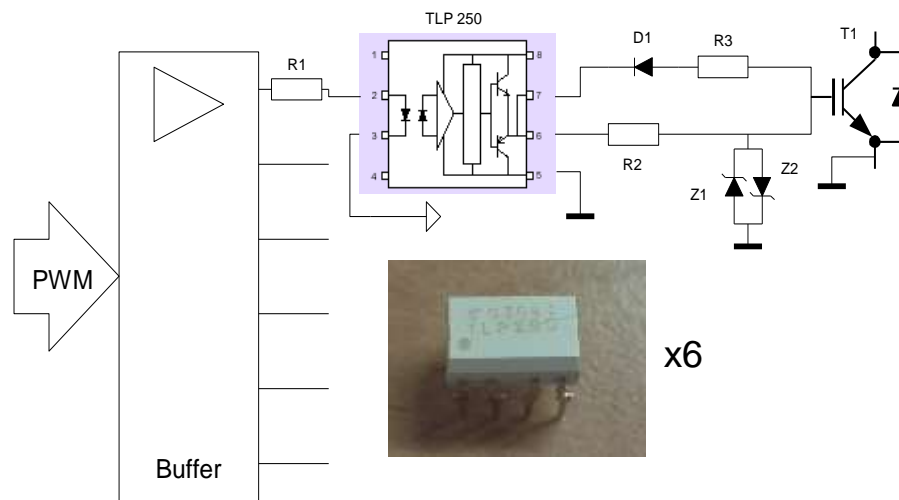
$$I_T = I_a = 7.5 \cdot 1.3 \approx 10A$$

$$V_{T(CE)_{\max}} = 550 \cdot 1.5 \approx 825A$$

Oharra: korronteentzako 1.3, eta tentsioentzako 1.5, segurtasun koefizienteak aplikatu dira.

Driverraren aukeraketa (soluzioa)

- 4- Aukeratu driver bat eta adierazi nola funtzionatzen duen; eta nola konektatuko den sistemaren kontroladorearekin eta baita inbertsorearen transistore bakoitzarekin.



Driverra TLP 250 zirkuitu integratuan oinarritzen da. Isolamendu galbanikoa hesi optikoaren bidez lortzen da. Transistoreen itzaltze denborak hobetzeko, zirkuitu diskretuak erabiltzen dira, pizte denborak eta itzaltze denborak ez baitira simetrikoak, azken hau handiena izanik. Eta azkenik, gaintentsioak ekiditeko ezabatzaile bat, adibidez Miller efektuaren ondorioz sorturikoak IGBT-etan, potentziako etengailuaren atean.

Kontroladorea TLP-aren fotodiodoarekin konektatuko litzateke, zuzenean edo Buffer baten bidez. Bere PWM irteeren ahaltsunaren eta transistoreak desarratzeko beharrezkoa den logikaren, menpekoa da.

Ondorioak (soluzioa)

- Problemak, irteerako tentsio alferno trifasikoaren maila jakin bat lortzeko behar den modulazio estrategiaren eta sarrerako tentsio zuzenaren arteko erlazioa bilatzen du.
- Modulazio mota bakoitzaren efektuak aztertzen dira, bakoitzaren distortsio harmonikoaren indizeak (THD) eta irteerako korrante eta tentsioen uhin formak, oinarri hartuz.
- Inbertsore trifasikoa osatzen duten etengailuak kalkulatzeko prozedura adierazten da eta isolamendu optikodun driver baten adibidea.