

Tentamen i ETEF10 Kraftelektronik 2016-01-14, kl 08:00-13:00, Sal E413

Lunds Universitet, Campus Helsingborg

Tillåtna hjälpmedel: Räknedosa, linjal, bifogad formelsamling

Tentamen består av totalt 6 uppgifter om 10 poäng vardera. För godkänt resultat på tentamen krävs 30p, för betyget fyra krävs 40p och för betyget fem krävs 50p.

Observera att samtliga beräkningar måste redovisas för att erhålla poäng på respektive deluppgift

1. Likriktare och uppspänningsomvandlare

- Rita en trefasig diodlikriktare som ansluts till en nedspänningsomvandlare via ett induktivt och kapacitivt mellanled (L_{dc} och C_{dc} i din figur). Rita även in ett LC-filter (L och C i din figur) som ansluts på nedspänningsomvandlaren utgång och en resistiv last (R_{load}) ansluten parallellt med filterkondensatorn C . (1 p)
- Härled ett uttryck för att beräkna mellanledningsspänningens medelvärde V_{dc} ur det matande nätets RMS-spänning U_{LL} . Hur hög blir V_{dc} om $U_{LL}=400V$. (3 p)
- Härled ett uttryck för att beräkna transistorens duty-cycle ($\delta_T=t_T/\tau=t_T/T_{sw}=t_T \cdot f_{sw}$) ur mellanledningsspänningen V_{dc} och spänningen över filterkondensatorn (C) V_o som betraktas som konstant. Hur hög ska duty-cyceln vara om $V_o=100V$? Antag att omvandlaren arbetar i ansluten drift. (sätt $V_{dc}=400V$ om du saknar svar på deluppgift b.) (3 p)
- Härled ett uttryck för att bestämma strömriplet i induktorn dvs Δi_L . Hur högt blir strömriplet i detta fall om $L=2mH$ och switch-frekvensen är $f_{sw} = 50$ kHz? (2 p)
- Hur ska en thyristorlikriktare styras för att fungera som växelriktare? (1 p)

2. Fyrkvadrant DC-DC omvandlare

Du ska bygga en fyrkvadrant DC-DC-omvandlare (utan likriktare) och har bestämt dig för att använda två IGBT-moduler av typ SEMIKRON SKM200GB125D (se bifogad datablad) som du anser vara tillräckliga för din applikation där mellanledningsspänningen är $V_{dc}=300V$ och lastströmmen $I_{Load}=I_o=50A$. Du har bestämt att IGBT:ernas gate-motstånd ska ha värdet $R_G=10\Omega$ och dina gate-drivers ska ha matningsspänningar så att $V_{GE}=\pm 15V$. Switch-frekvensen för transistorhalvbryggorna är $f_{sw}=5$ kHz.

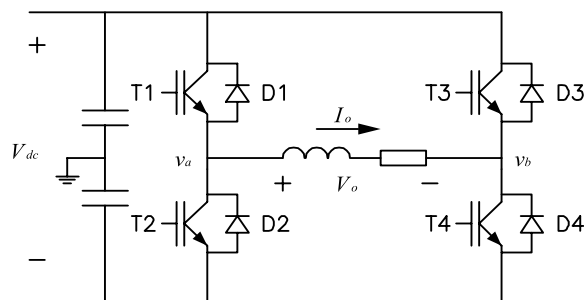


Fig 1: Fyrkvadrantomvandlare.

- Fyrkvadrantomvandlaren i Fig 1 drivs så att både dess utspänning (V_o) och dess utström (I_o) är negativ. Omvandlarens utspänning motsvarar $0.5V_{dc}$. Skissa spänningarna v_a och v_b i förhållande till jord. Skissa även utspänning och ström ut från omvandlaren. Ange spänningsnivåer samt tid i figuren. (2 p)

- b. Beräkna led- och switch-förluster för en IGBT och en frihjulsdiod genom att använda uppgifterna i databladet. Var noga med att ange i vilken figur/tabell du hittar data som du använder för respektive beräkning. Antag att duty-cyckeln för de transistorerna som verkligen leder ström är 0.9. (5 p)
- c. Gör en kylardimensionering dvs bestäm vilken termisk resistans R_{thja} kylflänsen måste ha. Antag att maximalt tillåten kiseltemperatur i applikationen är $T_{j,max}=125^{\circ}\text{C}$ och att omgivningstemperaturen kan vara så hög som $T_{amb}=40^{\circ}\text{C}$. (3 p)

3 Flyback-omvandlaren

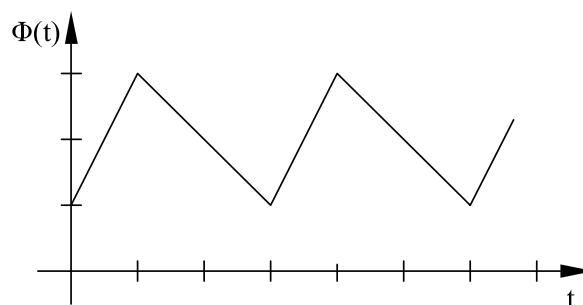
En flyback-omvandlare med galvanisk separation har mellanledningsspänningen $V_{dc}=48\text{V}$ och omsättningen för transformatorn är $N1/N2=2$ ($N1$ =primärsida, $N2$ =sekundärsida). Switch-frekvensen är $f_{sw}=100\text{ kHz}$, dvs switch-periodtiden är $\tau=T_{sw}=1/f_{sw}=10\mu\text{s}$.

- a. Antag att flyback-omvandlaren arbetar i ansluten drift. Härled ett uttryck för att bestämma omvandlarens utspänning V_{out} som funktion av mellanledningsspänningen V_{dc} , transformatorns omsättning $N1/N2$ och transistorens duty-cycle $\delta_T=t_T/\tau$. Vilken duty-cycle ger en utspänning $V_{out}=12\text{ V}$? (3 p)
- b. Skissa spänningen över transformatorns primärlindning som funktion av tid. Ange spänningens högsta respektive lägsta värde samt tid. (1 p)
- c. Hur hög spänning måste transistorn kunna blockera? (1 p)
- d. Bestäm minsta värdet på transformatorns självinduktans (sett från primärsidan) som säkerställer att omvandlaren arbetar i ansluten drift när lastströmmen är 1 A. (3 p)
- e. Härled ett uttryck för att beräkna utspänningsripplet vid ansluten drift. Beräkna kapacitansen hos utgångskondensatorn C_{out} som ger ett spänningsrippel motsvarande 1% av utspänningens medelvärde vid drift enligt ovan. (2 p)

4 Diverse

Det bifogade schemat visar en omvandlare.

- a. Vilken typ av omvandlare är det? (1 p)
- b. Konstruktionen innehåller ett antal snubbrar. Identifiera samtliga snubbrar. Ange beteckning på komponenterna som ingår i respektive snubber? Ange varför respektive snubber behövs. (4 p)
- c. Transistordrivkretsar innehåller ofta överströmsskydd. Hur fungerar detta? (1 p)
- d. Nedanstående kurvformer återger flödet i en induktans. Skissa spänningen över samt strömmen genom induktansen. Motivera svaret med lämpliga ekvationer. (3 p)



- e. Varför är det ofta olämpligt att mäta en switchad ström med strömtransformator? (1 p)

5. Snubbrar

En nedspänningsomvandlare baserad på MOSFET-teknologi med nominell mellanledningsspänning $V_{dc}=100V$ switchas med en switch-frekvens $f_{sw}=50$ kHz. När MOSFET:en är i ledtillstånd (dvs under t_T) stiger drain-strömmen från 4A till 24A.

- Skissa drain-source-spänningen (v_{DS}) och drain-strömmen (i_D) för ett MOSFET-tillslag ($t_{on}=t_{ri}+t_{fv}=100+100ns$) och ett MOSFET-frånslag ($t_{off}=t_{rv}+t_{fi}=100+100ns$). Beräkna motsvarande effektförlust vid tillslags och frånslags. (3 p)
- Du placerar en RCD-snubber av upp-och-urladdningstyp över enbart MOSFET:en. Rita nedspänningsomvandlaren med denna snubber. Härled ett uttryck för att välja snubberkapacitansen C_s så att drain-source-spänningen v_{DS} stiger på samma tid som drain-strömmen i_D faller vid frånslag (dvs $t_{fi}=100ns$). Beräkna ett värde på C_s . (3 p)
- Beräkna effektförlusten i transistorn vid frånslag då snubbern från uppgift b används. (2 p)
- Beräkna effektförlusten i snubberresistansen. (2 p)

6. Forward-omvandlaren

- Rita kretsschema för en isolerad forward-omvandlare med LC utgångsfilter. (1 p)
- Transformatorn har omsättningen $N1:N2:N3=1:2:1$ där index 1 anger den matande sidan, index 2 lastsidan och index 3 demagnetiseringslindningen. Mellanledningsspänningen (dvs inspänningen) är $V_{dc}=24V$. Transistorns switch-frekvens är $f_{sw}=100kHz$. Primärsidans (index 1) självinduktans är $L'_m = 200 \mu H$. Härled ett uttryck för att beräkna transistorns duty-cycle $\delta_T=t_T/\tau=t_T/T_{sw}=t_T f_{sw}$ som funktion av $N1$, $N2$, $N3$, V_{dc} och V_o . Vilken duty-cycle ger en utspänning på 12V. Antag att omvandlaren arbetar i ansluten drift. (2 p)
- Härled ett uttryck för att beräkna maximal duty-cycle ($\delta_{T,max}$). Beräkna maximal duty-cycle. (2 p)
- Bestäm induktansen hos induktorn L i utgångsfiltret så att gränsen mellan ansluten och icke-ansluten drift inträffar vid en lastström på 1 A när utspänningen är 12 V. (2 p)
- Rita strömmen i transformatorns primärlindning, sekundärlindning samt demagnetiseringslindning för ett driftsfall enligt deluppgift d. Ange strömnivåer samt tid i figuren. (3 p)