國立臺北科技大學 104 學年第二學期

電機系博士班資格考試試題範本說明

一. 本系博士班資格考試試題為 A4 格式之版面。

二. 提供之試題範本自第 1 頁起提供 A4 格式之版面共 4 頁，若有不足請自行加頁。

三. 本範本以 Office 之 Word 文書應用軟體製作，命題委員至少須輸入之資料共四項，各項簡要說明如下：(前三項請依範本上之原字型與字型大小輸入，*前一項已代為執行合併列印套稿，請確認組別名稱與考試科目*。謝謝您！)

(一)【考試科目名稱】 ⟹ [依所附檔案內考試科目名稱完整輸入取代]

(一) ⟹ [請依試題題數輸入取代並增加必要之配分與各項特殊規定]

注意事項：

1. 本試題共【5】題，配分共 100 分。
2. 請按順序標明題號作答，不必抄題。
3. 全部答案均須答在試卷答案欄內，否則不予計分。
4. 考試時間:一小時。

(三)

試題本文 ⟹ [請輸入題號與試題內容並完成排版與列印]

範本版面說明

試題本文之外方格線，係以單格表格並以隱藏格線方式設計，請在格線內命題，不要超出格線外；若有圖片，亦請於列印後黏貼於規劃版面內。謝謝！

四. 命題版面達 A4 共 2 頁(含)以上時，請修改範本第 1 頁之 第一頁　共一頁 為 第一頁　共一頁；若頁數更多，請類推修改增加之。

五. 本範本檔案及考試科目名稱檔案，將由本系以隨身碟提供命題委員，請命題委員在規劃版面內命題，並以 A4 紙張列印出試題繳交，隨身碟亦請交給本系。本系將直接列印後隨即製版，不再作其他處理，若有圖片請自行黏貼於妥當之版面位置。

國 立 臺 北 科 技 大 學

104 學年第二學期電機系博士班資格考試

永磁同步電動機之理論與控制 試題

注意事項：

1. 本試題共【5】題，配分共 100 分。
2. 請按順序標明題號作答，不必抄題。
3. 全部答案均須答在試卷答案欄內，否則不予計分。
4. 考試時間:二小時。
5. 不准使用任何形式之計算器。

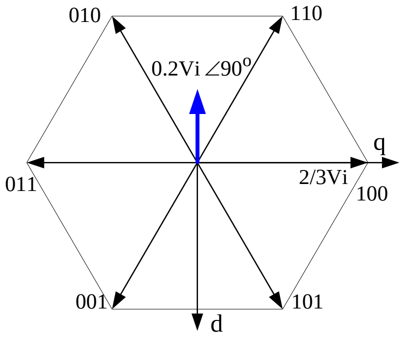
(1) *(20%)* A **rotor reference frame** voltage vector can be expressed in complex vector form as:

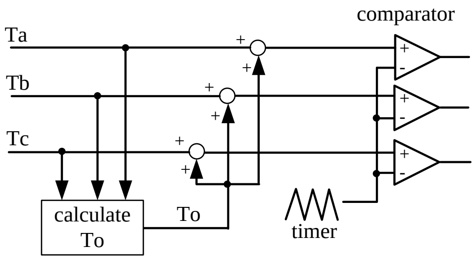
$$v_{qds}^{r} = V \cdot e^{-j30^{o}}$$

If the angle of the rotor frame is θ_r = 120^{o}, find the three-phase voltage for this vector: v_a, v_b, and v_c?

(2) *(20%)* A 4-pole, IPM-PMSM motor is driven by an external motor at a fix speed ω_o. The terminals of the motor are open. What is the **peak line-line** voltage between any of the two motor terminals? (expressed with motor parameters)

(3) (*20%*) The power supply of a DC-AC PWM inverter is V_i. The triangle timer counts up and down between 0 and 6000. If SPWM is used, and it is desired to output a voltage vector of $0.2Vi\angle 90^o$, calculate timer signals Ta, Tb, and Tc that will produce this voltage?

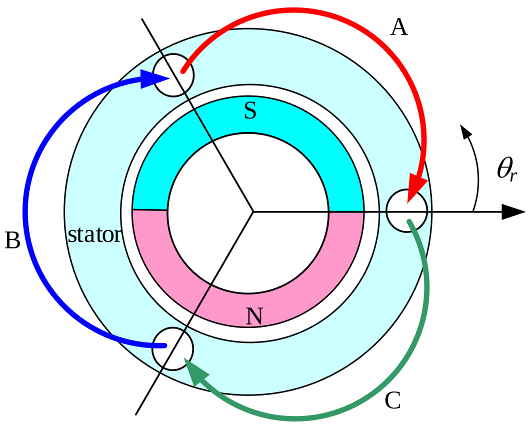


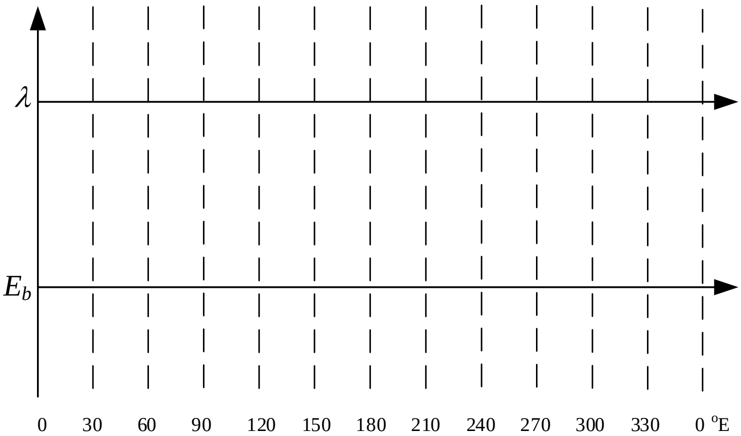


(4) *(20%)* Consider an idealized 3-phase 2-pole, 3-slot BLDC motor shown below. The motor position shown in the figure is defined as 0^oE. Answer the following questions.

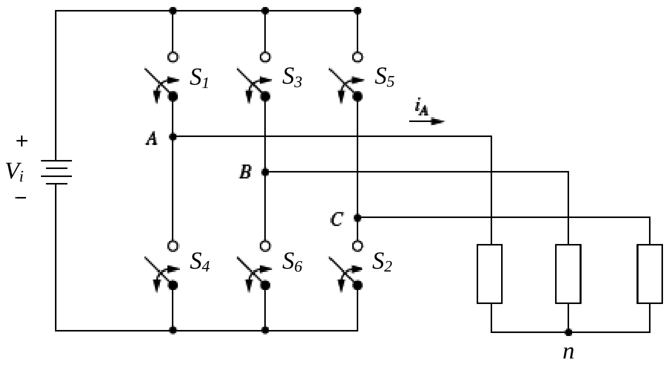
(a) Draw the idealized **flux linkage** and **back-EMF** waveforms vs. θ_r (^{o}E) for all phases?

(b) If three Hall-effect sensors are used for commutation, denoted as Ha, Hb, and Hc, where are the best locations (angles ^{o}M) for these sensors?





(5) (*20%*) Following figure shows a three-phase DC-AC Inverter, input power source is V_i and n is the neutral point. If switches S4, S6, and S5 are closed (turn on), what is the motor phase voltage V_{An}, V_{Bn}, V_{Cn} = ?



Reference: (参考方程式)

(a) Complex vector transformation:

$$\boldsymbol{f}_{qd}^{s} = f_q - \boldsymbol{j}\, f_d = \boldsymbol{f}_{abc} = \frac{2}{3}\left(f_a + \boldsymbol{a}\cdot f_b + \boldsymbol{a}^2\cdot f_c\right), \quad \text{where } \boldsymbol{a} = e^{j120^o}$$

(b) Three-phase and stationary dq frame conversion:

$$f_{as} = f_{qs}$$
$$f_{bs} = -\frac{1}{2} f_{qs} - \frac{\sqrt{3}}{2} f_{ds}\ ,$$
$$f_{cs} = -f_{as} - f_{bs}$$

$$f_{qs} = f_{as}$$
$$f_{ds} = -\frac{1}{\sqrt{3}} f_{as} - \frac{2}{\sqrt{3}} f_{bs}$$

(c) Stationary dq frame and rotor dq frame conversion:

$$\boldsymbol{f}_{qd}^{r} = e^{-j\theta_r}\ \boldsymbol{f}_{qd}^{s}\ , \qquad \boldsymbol{f}_{qd}^{s} = e^{j\theta_r}\ \boldsymbol{f}_{qd}^{r}$$

$$e^{j\theta} = \cos(\theta) + j\sin(\theta)$$

$$\begin{bmatrix} f_{qs}^r \\ f_{ds}^r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & -\sin\theta_r \\ \sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{qs}^s \\ f_{ds}^s \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} f_{qs}^s \\ f_{ds}^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \sin\theta_r \\ -\sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{qs}^r \\ f_{ds}^r \end{bmatrix}$$

(d) IPM-PMSM motor equations:

Rotor frame: $\begin{cases} v_{qs}^r = \left(r_s + L_{qs}p\right) i_{qs}^r + \omega_r L_{ds}\cdot i_{ds}^r + \omega_r \lambda_m \\ v_{ds}^r = \left(r_s + L_{ds}p\right) i_{ds}^r - \omega_r L_{qs}\cdot i_{qs}^r \end{cases}$

$$T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\left[\lambda_m i_{qs}^r + \left(L_{ds} - L_{qs}\right) i_{qs}^r i_{ds}^r\right] \qquad T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\left[\lambda_m I_s \cos\beta + \left(\frac{L_{qs} - L_{ds}}{2}\right) I_s^{\,2}\sin(2\beta)\right]$$

For SPM-PMSM, $L_{qs} = L_{ds} = L_s$