

105年專門職業及技術人員高等考試建築師、
技師、第二次食品技師考試暨普通
考試不動產經紀人、記帳士考試試題

全一張
(正面)

等 別：高等考試
類 科：電子工程技師
科 目：電磁學與電磁波

考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

一、馬克斯威爾方程式 (Maxwell's Equations) 中之法拉第定律 (Faraday's Law) 的積分表示式 (Integral Form) 如下： $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$ ，其中 $\vec{E}$ 為電場強度 (Electric Field Intensity Vector)， $d\vec{\ell}$ 為微量長度變化 (Differential Length-Change Vector)， C 為封閉路徑 (Closed Contour)， Φ_m 為垂直交鏈封閉路徑 (C) 所封閉之開面 (S : Open Surface) 的磁通量 (Magnetic Flux)， t 為時間。請用法拉第定律詳細推導證明：靜電位 (Electrostatic Potential) $V_{21} = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$ (V) 與起迄兩端點 (End Points : P_1 及 P_2) 中間之路徑選擇無關 (Path-Independent)，只與起迄兩端點之選擇有關。(10 分)

二、有一勻質介質媒介 (Homogeneous Dielectric Medium)，介質之絕對介電常數 (Absolute Permittivity) 為 ϵ ，其內體積電荷密度 (Volume Charge Density) 為 ρ 。於直流 (D.C.) 及穩態響應 (Steady-State Response) 條件下，請詳細推導證明靜電位 (Electrostatic Potential, V) 滿足以下之 Poisson's Equation： $\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon}$ 。(10 分)

三、馬克斯威爾方程式 (Maxwell's Equations) 中之磁通不減定律 (Law of Conservation of Magnetic Flux) 的微分表示式 (Differential Form) 為 $\nabla \cdot \vec{B} = 0$ ， $\vec{B}$ 為磁通密度 (Magnetic Flux Density)， $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$ ， $\vec{A}$ 為向量磁位 (Vector Magnetic Potential)；於靜磁 (Magnetostatic) 條件下，安培電路定律 (Ampère's Circuital Law) 的微分表示式為 $\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$ ， $\vec{H}$ 為磁場強度 (Magnetic Field Intensity)， $\vec{B} = \mu \vec{H}$ ， μ 為勻質導磁媒介 (Homogeneous Magnetic Medium) 之絕對導磁常數 (Absolute Permeability)， $\vec{J}$ 為於導磁媒介內流動之體積電流密度 (Volume Current Density)。於選取 Coulomb Condition： $\nabla \cdot \vec{A} = 0$ 之條件下，請詳細推導證明 Vector Poisson's Equation： $\nabla^2 \vec{A} = -\mu \vec{J}$ 。(20 分)

四、有一實際變壓器 (Real Transformer) 之一次側 (Primary Winding) 與二次側 (Secondary Winding) 的小信號交流電感 (Small-Signal A.C. Inductances) 如下： L_1 為二次側開路 (Open-Circuited) 時一次側所量測到之自感 (Self-Inductance)， L_2 為一次側開路時二次側所量測到之自感， $L_{1,SC}$ 為二次側短路 (Short-Circuited) 時一次側所量測到之電感。 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ 代表一二次側間之互感 (Mutual Inductance)，其中 k 為一二次側間之磁通耦合係數 (Coupling Coefficient of Magnetic Flux)。請根據量測到之 L_1 ， L_2 ， $L_{1,SC}$ 詳細推導 $|k|$ 之數學表示式。(10 分)

(請接背面)

105年專門職業及技術人員高等考試建築師、
技師、第二次食品技師考試暨普通 代號：01220
考試不動產經紀人、記帳士考試試題

全一張
(背面)

等 別：高等考試
類 科：電子工程技師
科 目：電磁學與電磁波

五、當一單頻弦波平面電磁波 (Time-Harmonic Plane Electromagnetic Wave) 於一無源勻質良導體 (Source-Free, Homogeneous, Good Conductor) 中傳播，導體之絕對介電常數 (Absolute Permittivity) 為 ϵ ，絕對導磁常數 (Absolute Permeability) 為 μ ，導電係數 (Conductivity) 為 σ ，單頻弦波平面電磁波之時間角速度 (Angular Velocity) 為 ω ，而且 $\frac{\sigma}{\omega\epsilon} \gg 1$ ；電波傳播常數 (Propagation Constant) 為 $\gamma = \alpha + j\beta = jk_c$ ， α 為衰減常數 (Attenuation Constant)， β 為相位常數 (Phase Constant)， $k_c = \omega\sqrt{\mu\epsilon_c}$ ，

$\epsilon_c = \epsilon + \frac{\sigma}{j\omega} = \epsilon(1 + \frac{\sigma}{j\omega\epsilon})$ 。請詳細推導證明此導體之集膚深度 (Skin Depth, δ) 為

$$\delta = \frac{1}{\alpha} = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \text{ (m)} \text{。 (10 分)}$$

六、有一有損耗之傳輸線 (Lossy Transmission Line)，其終端負載阻抗為 Z_L ，傳輸線特徵阻抗 (Characteristic Impedance) 為 Z_0 ，傳播常數 (Propagation Constant) 為 $\gamma = \alpha + j\beta$ ， α 為衰減常數 (Attenuation Constant)， $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ 為相位常數 (Phase Constant)， λ 為波長 (Wavelength)，實體長度 (Physical Length) 為 ℓ ，從負載端經由傳輸線實體長度 ℓ 後所見之輸入阻抗為 $Z_{in}(\ell)$ 。

(一) 請問輸入阻抗 $Z_{in}(\ell)$ 之數學表示式為何？ (10 分)

(二) 當負載為短路 (Short Circuit) 時，所量到輸入阻抗 $Z_{in}(\ell) = Z_{in,sc}$ ；當負載為開路 (Open Circuit) 時，所量到輸入阻抗 $Z_{in}(\ell) = Z_{in,oc}$ ；請詳細推導證明傳輸線之特徵阻抗

$$Z_0 = \sqrt{Z_{in,sc} Z_{in,oc}} \text{ (}\Omega\text{)} \text{, (5 分) 傳播常數 } \gamma = \alpha + j\beta = \frac{1}{\ell} \tanh^{-1} \sqrt{\frac{Z_{in,sc}}{Z_{in,oc}}} \text{ (m}^{-1}\text{)} \text{。 (5 分)}$$

七、電磁波波導 (Waveguide) 內可以存在不同的傳播模態 (Propagating Modes)，每一傳播模態均有一截止頻率 (Cutoff Frequency)，請問此截止頻率之物理意義 (Physical Meaning) 為何？ (10 分)

八、天線指向性 (Antenna Directivity) 與天線增益 (Antenna Gain) 之關係為何？ (10 分)