



資歷架構
Qualifications
Framework

機電業

電機工程《能力標準說明》 為本教材套

低壓裝置安裝及保養維修
(行業認知)(三級)

第一版

目錄

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知、實務技能、專業處理）（三級） 教材套指引概要	3 - 19 頁
低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引	20 - 28 頁
能力單元「EMELDE314A 評估直流及單相交流電路的表現」	
● 教學指引	29 - 33 頁
● 教學資料範例	34 - 60 頁
• 附件 A-01 能力單元說明	35 頁
• 附件 A-02 教材範例樣本	38 - 60 頁
● 評核指引	61 - 67 頁
• 附件 A-03 評核試題範例樣本	63 - 67 頁
能力單元「EMELDE315A 評估三相交流電路的表現」	
● 教學指引	68 - 72 頁
● 教學資料範例	73 - 97 頁
• 附件 B-01 能力單元說明	74 - 75 頁
• 附件 B-02 教材範例樣本	78 - 97 頁
● 評核指引	98 - 104 頁
• 附件 B-03 評核試題範例樣本	101 - 104 頁
能力單元「EMCUOR301A 運用尋找故障技巧，找出故障根源」	
● 教學指引	105 - 109 頁
● 教學資料範例	110 - 129 頁
• 附件 C-01 能力單元說明	111 頁
• 附件 C-02 教材範例樣本	114 - 129 頁
● 評核指引	130 - 136 頁
• 附件 C-03 評核試題範例樣本（筆試）	133 - 135 頁
• 附件 C-04 評核試題範例樣本（口試）	136 頁
能力單元「EMCUQM306A 記錄機電工程質素問題」	
● 教學指引	137 - 141 頁
● 教學資料範例	142 - 169 頁
• 附件 D-01 能力單元說明	143 頁
• 附件 D-02 教材範例樣本	146 - 169 頁
● 評核指引	170 - 175 頁
• 附件 D-03 評核試題範例樣本	173 - 175 頁

低壓裝置安裝及保養維修

（行業認知、實務技能、專業處理）（三級）教材套

指引概要

1A. 教學概念及用途

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知、實務技能、專業處理）（三級）教材套分成 3 個範疇，各包括多項能力單元：

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）：

- 評估直流及單相交流電路的表現（EMELDE314A）（9 學分）
- 評估三相交流電路的表現（EMELDE315A）（6 學分）
- 運用尋找故障技巧，找出故障根源（EMCUOR301A）（3 學分）
- 記錄機電工程質素問題（EMCUQM306A）（3 學分）

低壓裝置安裝及保養維修（實務技能）：

- 設計基本的低壓電力供應系統（EMELDE321A）（6 學分）
- 繪畫簡單低壓電力系統的供電規劃單線圖（EMELDE208A）（3 學分）
- 根據圖則內容，進行低壓電力系統及連帶裝置的安裝（EMELIN310A）（3 學分）
- 檢查、驗收及調試的低壓電力系統（EMELIT306A）（6 學分）
- 應用電氣裝置及佈線圖則及資料，進行機電安裝及測試工作（EMCUIN306A）（4 學分）
- 設計特定的電機控制及起動電路（EMELDE320A）（9 學分）
- 安裝特定設計的電機控制及起動電路（EMELIN308A）（9 學分）
- 選擇常用材料，進行機電工程工作（EMCUDE318A）（3 學分）
- 維修電機設備系統的控制及起動電路（EMELOR306A）（9 學分）
- 維修發電機控制、保護及顯示裝置（EMCUMA206A）（4 學分）

低壓裝置安裝及保養維修（專業處理）：

- 設計基本的低壓電力供應系統（EMELDE321A）（6 學分）
- 設計特定的電機控制及起動電路（EMELDE320A）（9 學分）
- 安裝特定設計的電機控制及起動電路（EMELIN308A）（9 學分）
- 執行簡單低壓電力系統及連帶裝置的運行、維修及保養（EMELOR207A）（6 學分）
- 根據圖則內容，進行低壓電力系統及連帶裝置的安裝（EMELIN310A）（3 學分）
- 檢查、驗收及調試的低壓電力系統（EMELIT306A）（6 學分）
- 維修電機設備系統的控制及起動電路（EMELOR306A）（9 學分）
- 維修柴油引擎及發電機的控制及保護設備之故障（EMCUOR309A）（9 學分）
- 調查一般工業意外（EMCUSH305A）（3 學分）

教材套為有意規劃相關機電業培訓的人士或團體（即教材套的「使用者」），就上述 3 個範疇內的各項能力單元，提供培訓課程的設計、規劃等的建議。

本教材套為資歷架構第 3 級，為已具備低壓電力裝置工作知識及工藝水平的人士而設，例如已從事相關工作 3 年或以上、或曾修讀相關的資歷架構第 2 級課程的人士。此課程幫助上述人士鞏固並提升已有的行業知識、工藝水平、以及專業處理的知識。

1B. 教材套的對象

本教材套的對象是有意規劃相關機電業培訓的人士或團體，包括培訓機構（例如學校）及僱主（例如私人公司及企業）。使用者如有意規劃資歷架構第 3 級的相關機電業培訓，即可參考本教材套。

使用者在詳閱本教材套後，應能有效地理解各能力單元課程之教學要求、條件、內容等等要點，從而減省課程發展的成本，且能確保課程質素。

1C. 能力單元、範疇的組合

使用者在參考本教材套時，可按自身需要及資源，在上述的能力單元中，以不同方式組合成不同的課程。以下是可能的模式：

a. 抽取部份能力單元作為獨立課程

使用者可以選擇只抽取一個能力單元，並設計成獨立的課程，例如以能力單元「記錄機電工程質素問題（EMCUQM306A）（3 學分）」為獨立課程，重點教授及相關課題的知識，以提升學員（或員工）關於工程記錄、質素管理等課題。

使用者亦可抽取一個以上的能力單元，組合為獨立課程，例如以「設計基本的低壓電力供應系統（EMELDE321A）（6 學分）」及「根據圖則內容，進行低壓電力系統及連帶裝置的安裝（EMELIN310A）（3 學分）」，整合為一個以實務技能為教授重點的課程。

如抽取一個以上的能力單元，應注意各能力單元的課題是否有所關聯，以及是否連貫。

b. 以整個範疇設計成課程

使用者可以按照教材套的規劃，以整個範疇設計成課程，例如將「專業處理」內的所有能力單元整合為一個課程。

c. 包含整個教材套範疇的課程

使用者如有需要而又具備充足資源的話，當然亦可以開辦一個包含上述 3 個範疇內所有能力單元的課程；然而由學分甚多，整個課程的長度、所需的資源亦將成正比。

d. 在各範疇內抽取不同能力單元，整合成課程

使用者可在 3 個範疇中，各自抽取適合的能力單元，並整合為一個課程，例如「行業認知」的「運用尋找故障技巧，找出故障根源（EMCUOR301A）（3 學分）」，加上「實務技能」的「檢查、驗收及調試的低壓電力系統（EMELIT306A）（6 學分）」，以及「專業處理」的「執行簡單低壓電力系統及連帶裝置的運行、維修及保養（EMELOR207A）（6 學分）」，組成一個以維修保養為重點的課程。

同樣，使用者應注意各能力單元的課題是否有所關聯，以及是否連貫。

2. 建議教學對象

如前所述，本教材套為資歷架構第 3 級，為已具備低壓電力裝置工作知識及工藝水平的人士而設，故本指引建議其教學對象之條件如下：

- 年滿 18 歲或以上；及以下其中一項：
 - 曾從事機電相關行業 3 年或以上，或；
 - 已修畢機電相關的資歷架構 2 級或上課程（例如以下範疇課程：電路理論、電學原理、電力器具實務安裝、電氣佈線、工程科學、電機設計及控制、電機安裝、電力技工基礎訓練等等）；或
 - 「過往資歷認可第二級」機電業相關範疇的資歷
- 使用者亦可視需要，加上其他教學對象的條件，例如相關的基礎專業資格等。

*上述條件為參考之用，培訓機構可視實際情況，在合理情況下調整教學對象之條件

*本指引假設教學對象現已從事機電行業，故未有要求進行色覺測試，惟從事電力裝置工作者應具有正常色覺。如培訓機構認為有需要，應自行加上「通過色覺測試」作為其中一項收生條件

*18 歲的年齡條件為建議，以配合業內公開考試（例如建造業議會的中級工藝測試）。如培訓機構認為此條件並不合適，可自行調整，惟應留意相關的法例規定，如《僱用青年（工業）規例》及《僱用兒童規例》等。

使用者應該注意，以上述教學對象的條件而言，曾從事機電相關行業 3 年或以上或具備過往資歷認可第二級資歷的學員，已經有相關應用機電的經驗；相反，只是已修畢機電相關的資歷架構 2 級或上課程的學員可能缺乏應用機電的經驗，而兩類學員的學術背景可能存在差異，特別是對數理方面的認識差異較大。這兩批學員在學習進度上可能存在一定的差異。

使用者如在同一培訓課程中設定此等收生條件，本教材套建議同一班別的學員應該具備相似的人學條件。換言之，如使用者的資源許可，應該盡可能安排不同程度的學員入讀不同班別，以便統一各學員的學習進度。如使用者將條件不同的學員置於同一班別之中，則必須特別留意各學員的學習進度，適時為條件或進度較差的學員提供協助（例如額外的培訓時數、更多的自學材料等等）；以確保所有學員能參與課程的教學活動。

3. 建議工種面向及工作內容

教材套並不限定教學對象在修畢教材套所設計的培訓課程後所能從事的工種，使用者可審視自身和教學對象的需求，設定合適的工種作為培訓的目標之一。就本教材套內所包含之能力單元而言，以下工種或職位皆是可能的面向及其工作內容：

工種面向	工作內容
電工 / 電氣打磨裝配工	<ul style="list-style-type: none"> ● 安裝、測試、保養和維修電力裝置，包括依據規例及規格敷設電線；裝配、組合、設置、安裝、保養及修理各類電氣裝置及設備（製冷/空調/通風設備的電力控制、低壓掣櫃及控制板除外） ● 符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出電氣安裝及檢測完工證明書
機電業技術員	<ul style="list-style-type: none"> ● 單獨或在資深工程師的指導下，執行技術性工作，從事設計、發展、製造、安裝、測試、調試、及修理電機設備及系統 ● 符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出電氣安裝及檢測完工證明書
機電維修員	<ul style="list-style-type: none"> ● 單獨或在資深工程師的指導下，執行技術性工作，從事安裝、測試、調試、操作、日常保養及修理電機設備及系統 ● 符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出電氣安裝及檢測完工證明書
機電工程科文 / 管工 / 監督員	<ul style="list-style-type: none"> ● 執行監督職務，如策劃及分配工作予工人及受訓者 ● 監督有關設備及系統的製造、查驗、品質控制、安裝、測試、調試、操作、保養及修理 ● 組織及督導若干組或若干隊技工或其他工人 ● 符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出電氣安裝及檢測完工證明書
電氣佈線工 / 控制板裝配工 / 電纜接駁技工	<ul style="list-style-type: none"> ● 控制板裝配、電纜接駁、電氣佈線及電氣裝配等 ● 符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出電氣安裝及檢測完工證明書

以上工種面向及工作內容只屬參考，使用者應在設計課程時自行設定培訓的工種面向。

4. 建議教學目標

使用者在按自身條件設定課程的工種面向及工作內容後，可設定課程的教學目標，例如：

- 讓學員明白機電工程的專業知識，能執行低壓電力裝置的裝配、檢查、維修及保養的實務技術，並能達到相關專業守則的要求，以勝任機電工程技術人員的職位。

或：

- 以培訓機電維修員為目標，使學員能夠單獨或在有資歷工程師的指導下，執行技術性工作，從事安裝、測試、調試、操作、日常保養及修理電機設備及系統；並且掌握機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件。

或：

- 培訓學員成為機電工程科文 / 管工 / 監督員，能夠執行監督職務，如策劃及分配工作予工人及受訓者；以及監督有關設備及系統的製造、查驗、品質控制、安裝、測試、調試、操作、保養及修理。

等等。

使用者在設定切合自身條件的教學目標後，即為課程的整體設計定立方向。

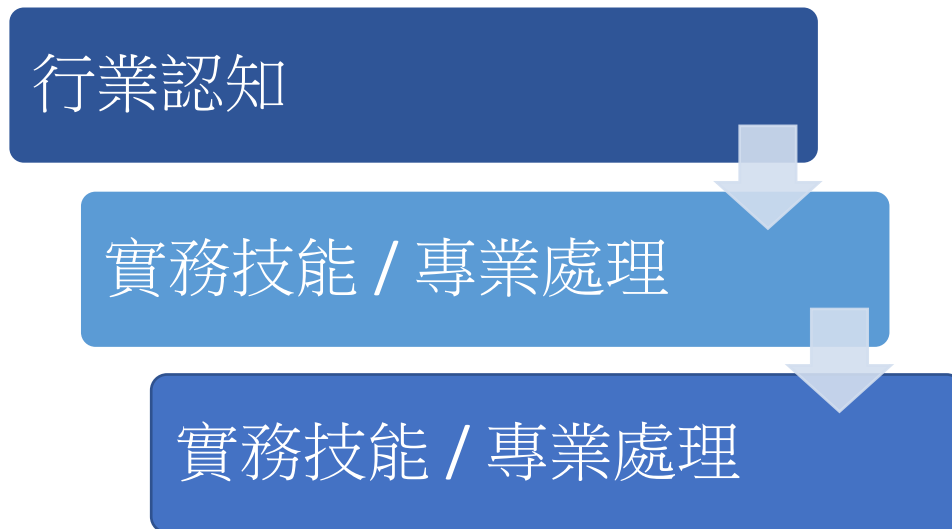
5. 建議預定學習成效

使用者在依據教材套設計課程時，如打算採用多於一個能力單元，應自行設定綜合的預定學習成效 (Programme Intended Learning Outcomes, PILOs)，同時配合前述的工種面向及工作內容，為整個課程訂立確切的目標。以下為 3 個範疇綜合預定學習成效的建議例子，使用者可作參考，並按照自身的條件和教學對象作出調整或重新設定：

「行業認知」 綜合預定學習成效	讓學員在完成培訓後，能夠獨自完成以下工作內容： <ul style="list-style-type: none">● 運用基本電路理論，為電力工程的要求作出分析● 就電力工程的分析作出記錄及提出報告，並符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件● 根據上的分析及報告要求，進行記錄，以協助更高級工程技術人員監控電力工程質素
「實務技能」 綜合預定學習成效	讓學員在完成培訓後，能夠就低壓電力供應系統、電機控制及起動電路、後備發電機等常見電力設備獨自完成以下工作內容： <ul style="list-style-type: none">● 設計、規劃及繪畫接線安裝及圖則● 按照設計及圖則進行安裝● 進行驗收測試、故障檢查、維修● 在過程中選用正確的物料
「專業處理」 綜合預定學習成效	讓學員在完成培訓後，能夠就低壓電力供應系統、電機控制及起動電路、後備發電機等常見電力設備，以符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件，獨自完成以下工作內容： <ul style="list-style-type: none">● 檢視其設計、規劃及繪畫接線安裝及圖則是否符合專業要求● 檢視其安裝工作方法及過程是否符合專業要求● 檢視其驗收測試、故障檢查、維修等工作方法及過程是否符合專業要求● 檢視上述工作過程中的安全準則，並且能夠為此進行記錄及報告

6. 教學順序

教材套建議 3 個範疇之教學順序如下：



上述順序之理念為，學員應先掌握必要知識及電路理論；然後視乎使用者的培訓需要，選擇是先加強學員的實務能力，還是先加強學員對專業處理守則的了解。使用者如採用不同範疇的能力單元，應視自身需要，決定合適的教學順序，以使整個課程在教學上能循序漸進。

7. 各教材套的關連及組合建議

「實務技能」及「專業處理」教材套的能力單元互有重疊，包括以下的能力單元：

- 設計基本的低壓電力供應系統（EMELDE321A）（6 學分）
- 設計特定的電機控制及起動電路（EMELDE320A）（9 學分）
- 安裝特定設計的電機控制及起動電路（EMELIN308A）（9 學分）
- 根據圖則內容，進行低壓電力系統及連帶裝置的安裝（EMELIN310A）（3 學分）
- 檢查、驗收及調試低壓電力系統（EMELIT306A）（6 學分）
- 維修電機設備系統的控制及起動電路（EMELOR306A）（9 學分）

使用者在使用這兩個教材套時，應留意「實務技能」及「專業處理」的分別：「實務技能」以教授工藝方法為主；而「專業處理」則以教授機電業的相關專業守則、法例要求、或其他相關的規範等等的專業知識。

因此，即使兩個教材套有上述的能力單元重疊之處，但在教學面向及內容上應該有所分別——「實務技能」的教學面向重視工藝方法，內容如能力單元所述；「專業技能」則應該重視能力單元的內容如何為到機電業的相關專業守則、法例要求、或其他相關的規範等等的專業處理規則所規定。

以下列表是一個例子，展示「實務技能」及「專業處理」教材套裡面的重疊能力單元在使用上會有什麼分別：

	「實務技能」教材套的情況	「專業處理」教材套的情況
預定培訓工種面向	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 電工 / 電氣打磨裝配工 ◇ 機電業技術員 ◇ 機電維修員 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 機電工程科文 / 管工 / 監督員
簡略的預定學習成效	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 設計、安裝、檢查、維修電力設備 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 協助監督電力設備工程，使之合符專業標準（包括設計、安裝、檢查、維修等工程）
教學對象	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 已具備相關理論知識的人員 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 已具備相關理論知識及基礎實務技能的人員
導師資歷要求	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 實務資歷較為重要 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 實務資歷及督導資歷同樣重要

教學內容	◇ 較多實務練習	◇ 較多關於法例要求、專業標準、行業守則的教授 ◇ 實務練習主要目的是使學員明白上述專業要求，而非實際安裝維修等技巧
評核內容	◇ 關於設計、安裝、檢查、維修電力設備的實務技能	◇ 關於判斷電力工程是否符合專業標準（包括設計、安裝、檢查、維修等工程）的能力

上述列表僅為參考，使用者如果會同時使用「實務技能」及「專業處理」教材套裡面的重疊能力單元，應該自行設計兩者在培訓上的分別，以適合自身需要。

不過，使用者必需注意，如若單獨使用部份能力單元而並不採用整個範疇的教材套，使用者必然只能達成整個範疇的部份教學目標及學習成效，因而未能涵蓋低壓電力裝置的「行業認知」、「實務技能」、「專業處理」的整體工種面向、工作內容等目標及成效。

以下是主要的考慮因素：

1. 使用者希望培訓的工種面向以及預定的教學目標的涵蓋範圍大小：
如若希望培訓計劃能夠涵蓋某個工種的全部職能內容培訓，則可能盡量選用較多的能力單元比較理想；如若只希望強化某個工種的某項職能，則可視使用者的培訓需要選取能力單元
2. 使用者的培訓對象的背景及資歷程度高低：
如若培訓對象是行業資歷尚淺的人士（例如入職培訓），則培訓的內容可能需要盡量全面，可能選用較多的能力單元比較理想；如若培訓對象已具備一定的行業資歷，則可視使用者的培訓需要選取能力單元
3. 使用者願意及能夠投放的培訓資源及時間多寡：
如若使用者具備充足的資源及時間，設計全面、包含多個能力單元的培訓計劃當然是比較理想；如若使用者並未具備如此的條件，則需要選取特定的能力單元作出重點培訓

使用者在抽取能力單元時始終必需注意，所抽取的能力單元組合應能配合個別工種的實際能力要求。下頁所列的是部份可能的例子，以及該等組合方式的可能原因：

考慮因素 1 的兩種假設情況：

情況一	
培訓的工種面向	機電工程科文 / 管工 / 監督員
預定的教學目標	<p>培訓學員成為機電工程科文 / 管工 / 監督員，能夠執行監督職務，如策劃及分配工作予工人及受訓者；以及監督有關設備及系統的製造、查驗、品質控制、安裝、測試、調試、操作、保養及修理。</p> <p>（即希望培訓計劃能夠涵蓋機電工程科文 / 管工 / 監督員的全部職能內容）</p>
建議選取的能力單元	<ul style="list-style-type: none"> ● 「行業認知」教材套內的所有能力單元 ● 「實務技能」教材套內的所有能力單元 ● 「專業處理」教材套所有能力單元
原因	<p>機電工程科文 / 管工 / 監督員應該同時具備一般機電工程人員的所有知識及技能。</p> <p>「行業認知」及「實務技能」教材套的所有能力單元皆為機電工程人員所應該具備的基本知識及技能，如若希望進行全面培訓的話，有必要涵蓋所有的能力單元。</p> <p>由於機電工程科文 / 管工 / 監督員處於監督或協助監督的職位之上，如若想得到全面的培訓，「專業處理」教材套內的所有能力單元亦應該包含在內。即使該等能力單元與「實務技能」教材套的能力單元有所重疊，使用者亦應該依然採用，但在培訓時注重「專業處理」的面向。</p>

情況二	
培訓的工種面向	電動機維修員
預定的教學目標	<p>以培訓「電動機維修員」為目標，使學員能夠單獨或在有資歷工程師的指導下，執行技術性工作，從事測試、調試、操作、日常保養及修理電動機設備及系統；並且掌握機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件。</p> <p>（即只希望培訓計劃能夠涵蓋「機電維修員」的部份職能內容）</p>
建議選取的能力	<ul style="list-style-type: none"> ● 「行業認知」教材套內的所有能力單元

單元	<ul style="list-style-type: none">● 「實務技能」教材套內的以下能力單元：<ul style="list-style-type: none">◇ 檢查、驗收及調試的低壓電力系統（EMELIT306A）（6 學分）◇ 設計特定的電機控制及起動電路（EMELDE320A）（9 學分）◇ 安裝特定設計的電機控制及起動電路（EMELIN308A）（9 學分）◇ 選擇常用材料，進行機電工程工作（EMCUDE318A）（3 學分）◇ 維修發電機控制、保護及顯示裝置（EMCUMA206A）（4 學分）● 「專業處理」教材套的以下能力單元：<ul style="list-style-type: none">◇ 執行簡單低壓電力系統及連帶裝置的運行、維修及保養（EMELOR207A）（6 學分）◇ 維修柴油引擎及發電機的控制及保護設備之故障（EMCUOR309A）（9 學分）◇ 調查一般工業意外（EMCUSH305A）（3 學分）
原因	<p>「電動機維修員」的職能不一定要求具備「低壓裝置安裝及保養維修（三級）」內的全部知識及技能，然而依然需要掌握機電工程的理論知識，因此「行業認知」教材套的所有能力單元有必要涵蓋。</p> <p>至於「實務技能」教材套，使用者則可以只挑選關於電動機的能力單元。</p> <p>由於「電動機維修員」不必然處於監督的職位之上，因此「專業處理」教材套內與「實務技能」教材套重疊的能力單元並不一定需要涵蓋。然而，為了使培訓計劃更全面，「專業處理」教材套內的上述能力單元理應涵蓋。</p>

考慮因素 2 的兩種假設情況：

情況一	
培訓的工種面向	電工 / 電氣打磨裝配工
預定的教學對象	只滿足最低限度的條件，有重新培訓的必要
建議選取的能力單元	<ul style="list-style-type: none"> ● 「行業認知」教材套內的所有能力單元 ● 「實務技能」教材套內的所有能力單元 ● 「專業處理」教材套的以下能力單元： <ul style="list-style-type: none"> ◇ 執行簡單低壓電力系統及連帶裝置的運行、維修及保養（EMELOR207A）（6 學分） ◇ 維修柴油引擎及發電機的控制及保護設備之故障（EMCUOR309A）（9 學分） ◇ 調查一般工業意外（EMCUSH305A）（3 學分）
原因	<p>「行業認知」及「實務技能」教材套的所有能力單元皆為電工 / 電氣打磨裝配工的基本知識及技能，如若學員資歷不足，希望進行全面培訓的話，有必要涵蓋所有的能力單元。</p> <p>由於電工 / 電氣打磨裝配工不必然處於監督的職位之上，加上本身資歷就不足的學員並不應該在完成培訓後就立即擔任監督的職位；因此「專業處理」教材套內與「實務技能」教材套重疊的能力單元並不一定需要涵蓋。然而，為了使培訓計劃更全面，「專業處理」教材套內的其餘能力單元理應涵蓋，以便與學員灌輸專業標準的要求。</p>

情況二	
培訓的工種面向	機電業技術員
預定的教學對象	教學對象是某機電工程公司的新聘任員工；已具備一定的行業資歷，包括行業的知識及實務工作經驗，然而尚未熟習新公司的專業標準
建議選取的能力單元	<ul style="list-style-type: none"> ● 「專業處理」教材套的所有能力單元
原因	教學對象已具一定的知識和實務資歷，不必重覆培訓，但對於新公司處理機電工程的專業標準未必熟悉，因此使用者應該使用「專業處理」教材套的所有能力單元，加入自身的專業標準，設計培訓計劃

	予新員工，使之掌握新公司的專業處理方法及標準。
--	-------------------------

考慮因素 3 的兩種假設情況：

<u>情況一</u>	
培訓的工種面向	機電維修員
使用者的情況、資源	假設使用者是一所大型機電工程培訓機構，希望開辦資歷架構第 3 級的低壓裝置安裝及保養維修培訓課程予只具備最低限度資歷的行內從業員進修。使用者具備豐富的資源，具打算開辦長時數的兼讀制課程。
預定的教學目標	以培訓機電維修員為目標，使學員能夠單獨或在有資歷工程師的指導下，執行技術性工作，從事安裝、測試、調試、操作、日常保養及修理電機設備及系統；並且掌握機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件。 (即希望培訓計劃能夠涵蓋機電維修員的全部職能內容)
預定的教學對象	只滿足最低限度的條件，有提供完整培訓的必要
建議選取的能力單元	<ul style="list-style-type: none"> ● 「行業認知」教材套內的所有能力單元 ● 「實務技能」教材套內的所有能力單元 ● 「專業處理」教材套所有能力單元
原因	<p>機電維修員即使專注於維修工作，但依然必須具備一般機電工程人員的所有知識及技能。</p> <p>「行業認知」及「實務技能」教材套的所有能力單元皆為機電工程人員所應該具備的基本知識及技能，如若希望進行全面培訓的話，有必要涵蓋所有的能力單元。</p> <p>雖然機電維修員並不必然處於監督或協助監督的職位之上，而且資歷程度較低的學員即使在完成培訓後亦未必能立即勝任監督或管理的職位；但正因為學員的資歷不足，有必要將「專業處理」教材套內內的所有能力單元包含在內，盡可能鞏固學員對機電工程的專業要求，建立良好的專業處理手法及態度</p>

情況二	
培訓的工種面向	電氣佈線工
使用者的情況、資源	假設使用者是一所小型機電工程培訓機構，希望開辦電氣佈線工程的短期兼讀制課程，為已具備一定資歷的業內人士提供進修培訓
預定的教學目標	<p>使已具備一定行業資歷的學員能夠單獨或在有資歷工程師的指導下，執行電氣佈線工作；並且掌握機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件</p> <p>（即只希望培訓計劃能夠涵蓋電氣佈線工的職能內容，而且假設學員已具備一定的知識及實務資歷）</p>
預定的教學對象	已具備一定的行業資歷（包括行業知識及實務技能），然而對於電氣配線工作有加強訓練需要的人員
建議選取的能力單元	<p>「實務技能」教材套內的以下能力單元：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✧ 設計基本的低壓電力供應系統（EMELDE321A）（6 學分） ✧ 繪畫簡單低壓電力系統的供電規劃單線圖（EMELDE208A）（3 學分） ✧ 根據圖則內容，進行低壓電力系統及連帶裝置的安裝（EMELIN310A）（3 學分） ✧ 應用電氣裝置及佈線圖則及資料，進行機電安裝及測試工作（EMCUIN306A）（4 學分） ✧ 選擇常用材料，進行機電工作（EMCUDE318A）（3 學分）
原因	<p>由於使用者並不打算設計長時數的課程，而且教學對象已具備一定的資歷，因此「行業認知」教材套內的能力單元不一定需要再次教授。同樣，由於時數設計上不允許加入太多教學內容，且電氣佈線工不一定具備監督職能，加上教學對象已經對行內的專業標準有一定掌握，因此「專業處理」教材套內的能力單元不一定需要涵蓋。</p> <p>由於電氣佈線只屬機電工程內的一項工作分類，因此使用者只需選取「實務技能」教材套內相關的能力單元即可，而且可以在上述能力單元之中，略去部份教學內容，只專注於電氣佈線的內容。</p>

8. 教材套內容及使用說明

本指引內依「行業認知」、「實務技能」、「專業處理」3個範疇及其各能力單元之別，細分為多份指引：

- 該範疇之綜合教學指引 1 份
- 每一個能力單元皆具備「教學指引」、「教學資料範例」、「評核指引」各 1 份

「教學指引」包括以下內容：

- 教學目標
- 建議教學對象
- 導師資歷建議
- 教學模式
- 教學地點及設備要求
- 教學物資清單

「教學資料範例」包括以下內容：

- 能力單元說明
- 參考資料建議
- 教材範例

「評核指引」包括以下內容：

- 評核模式
- 試題範例

使用者宜先閱讀此「指引概要」，理解本指引之目的及整體教學設計，然後參閱 3 大範疇之綜合指引，理解各個範疇之教學設計及內容；最後才參閱所需之能力單元教學及評核指引，理解各能力單元之課程設計及應備條件。

使用者如欲開辦上述課程，應在閱覽本指引時，對比其中之教學條件及要求，與培訓機構自身之條件和資源，以便設計出適合其實際情況而又符合本指引之要求的課程。

9. 編撰團隊

本指引由機電工程協會（香港）有限公司之「資歷架構《能力標準說明》為本教材套——低壓裝置安裝及保養維修（行業認知、實務技能、專業處理）（三級）」編撰團隊所編撰，其成員包括：

- 聶國標工程師
- 何錦華先生
- 李潤鴻工程師
- 郭家偉先生

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

綜合指引

1. 教學概念及大綱

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）包含以下 4 個能力單元：

- 評估直流及單相交流電路的表現（EMELDE314A）（9 學分）
- 評估三相交流電路的表現（EMELDE315A）（6 學分）
- 運用尋找故障技巧，找出故障根源（EMCUOR301A）（3 學分）
- 記錄機電工程質素問題（EMCUQM306A）（3 學分）

4 項能力單元可結合成一系列之課程，供現已從事低壓電力裝置工作之人士修讀，提升低壓電力裝置工作之專業知識。

各個能力單元雖能設計成獨立課程，具有一定彈性；但使用者亦可以上述 4 項能力單元為基礎去開辦課程，亦即將 4 項能力單元設計為一個包含 4 個主題的課程，以提供較為全面及完整的教學內容。

4 項能力單元的教學大綱建議如下，使用者如若抽取部份能力單元使用，應該注意各能力單元的教學綱要，使之依然符合「行業認知」的範疇：

能力單元	教學綱要
評估直流及單相交流電路的表現 (EMELDE314A) (9 學分)	<ul style="list-style-type: none">● 分辨直流電與交流電● 明瞭及能夠解釋交流電波形的詞彙包括：週期、頻率、振幅、峰值、峰到峰值、瞬時值、平均值
評估三相交流電路的表現 (EMELDE315A) (6 學分)	<ul style="list-style-type: none">● 明瞭及能夠解釋均方根值、波形因數、峰值因數、角度、弧度、角速度，並計算相關的數據應用於電機工程場合中● 明瞭及能夠解應用交流電的波型及相量圖相加的方法，為交流電路中的數據進行分析
用尋找故障技巧，找出故障根源	<ul style="list-style-type: none">● 明瞭及能夠解描述純電阻、純電感、純電容等交流電路的電壓、電流、相位及電功率損耗特性

<p>(EMCUOR301A) (3 學分)</p>	<ul style="list-style-type: none">● 根據交流電路數據，繪畫電阻、電感、電容組合而成不同類型的串、並聯交流電路之電路圖、波形圖及相量圖、阻抗三角形圖、電流三角形圖及功率三角形圖；
<p>記錄機電工程質素 問題 (EMCUQM306A) (3 學分)</p>	<ul style="list-style-type: none">● 利用所學之交流電路的詞彙包括：感抗、容抗、電抗、總阻抗、有功電流、無功電流、電流、有功功率、無功功率、視在功率、功率因數、超前、滯後、相角差，記錄工程工程質素● 明白改良功率因數的重要性、方法及計算相關的數據，應用於電機工程場合中

指引重點：

各能力單元可獨立成科；亦可合併為一整合課程。

2. 預期學習成效

在「低壓裝置安裝及保養維修（行業認知、實務技能、專業處理）教材套指引概要」中，「行業認知」部份的綜合預期學習成效建議如下：

讓學員在完成培訓後，能夠獨自完成以下工作內容：

- 運用基本電路理論，為電力工程的要求作出分析
- 就電力工程的分析作出記錄及提出報告，並符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件
- 根據上的分析及報告要求，進行記錄，以協助更高級工程技術人員監控電力工程質素

使用者如單獨採用「行業認知」部份設計課程，則可自行調整預期學習成效。由於「行業認知」部份包含 4 個能力單元，建議使用者可將預期學習成效整理類如下表所示的設計，以釐清各單元所預期達到的學習成效：

能力單元	<u>預期學習成效一</u> 運用基本電路理論，為電力工程的要求作出分析	<u>預期學習成效二</u> 就電力工程的分析作出記錄及提出報告，並符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件	<u>預期學習成效三</u> 根據上的分析及報告要求，進行記錄，以協助更高級工程技術人員監控電力工程質素
評估直流及單相交流電路的表現 (EMELDE314A)	✓	✓	
評估三相交流電路的表現 (EMELDE315A)	✓	✓	
運用尋找故障技巧，找出故障根源 (EMCUOR301A)	✓	✓	
記錄機電工程質素		✓	✓

問題 (EMCUQM306A)			
--------------------	--	--	--

3. 建議教學對象

本教材套為資歷架構第3級，為已具備低壓電力裝置工作知識及工藝水平的人士而設，故本指引建議其教學對象之條件如下：

- 年滿18歲或以上；及以下其中一項：
 - 曾從事機電相關行業3年或以上，或；
 - 已修畢機電相關的資歷架構2級或上課程（例如以下範疇課程：電路理論、電學原理、電力器具實務安裝、電氣佈線、工程科學、電機設計及控制、電機安裝、電力技工基礎訓練等等）；或
 - 「過往資歷認可第二級」機電業相關範疇的資歷
- 使用者亦可視需要，加上其他教學對象的條件，例如相關的基礎專業資格等。

*上述條件為參考之用，培訓機構可視實際情況，在合理情況下調整教學對象之條件

*本指引假設教學對象現已從事機電行業，故未有要求進行色覺測試，惟從事電力裝置工作者應具有正常色覺。如培訓機構認為有需要，應自行加上「通過色覺測試」作為其中一項收生條件

*18歲的年齡條件為建議，以配合業內公開考試（例如建造業議會的中級工藝測試）。如培訓機構認為此條件並不合適，可自行調整，惟應留意相關的法例規定，如《僱用青年（工業）規例》及《僱用兒童規例》等。

使用者應該注意，以上述教學對象的條件而言，曾從事機電相關行業3年或以上或具備過往資歷認可第二級資歷的學員，已經有相關應用機電的經驗；相反，只是已修畢機電相關的資歷架構2級或上課程的學員可能缺乏應用機電的經驗，而兩類學員的學術背景可能存在差異，特別是對數理方面的認識差異較大。這兩批學員在學習進度上可能存在一定的差異。

使用者如在同一培訓課程中設定此等收生條件，本教材套建議同一班別的學員應該具備相似的人學條件。換言之，如使用者的資源許可，應該盡可能安排不同程度的學員入讀不同班別，以便統一各學員的學習進度。如使用者將條件不同的學員置於同一班別之中，則必須特別留意各學員的學習進度，適時為條件或進度較差的學員提供協助（例如額外的培訓時數、更多的自學材料等等）；以確保所有學員能參與課程的教學活動。

4. 導師資歷建議

本範疇內之各能力單元課程偏重技術知識層面，本指引建議其導師資歷如下：

- 電機工程高級文憑或以上、或相關學科之同等或以上學歷；及
- 具 8 年相關工作經驗，其中應包括教學或相關督導經驗

或：

- 持機電工程署認可之 B 級電力工程註冊人員資格或以上；及
- 具 10 年或以上的相關工作經驗，其中應包括教學或相關督導經驗

*上述條件為參考之用，使用者可視實際情況，在合理情範圍調整導師資歷

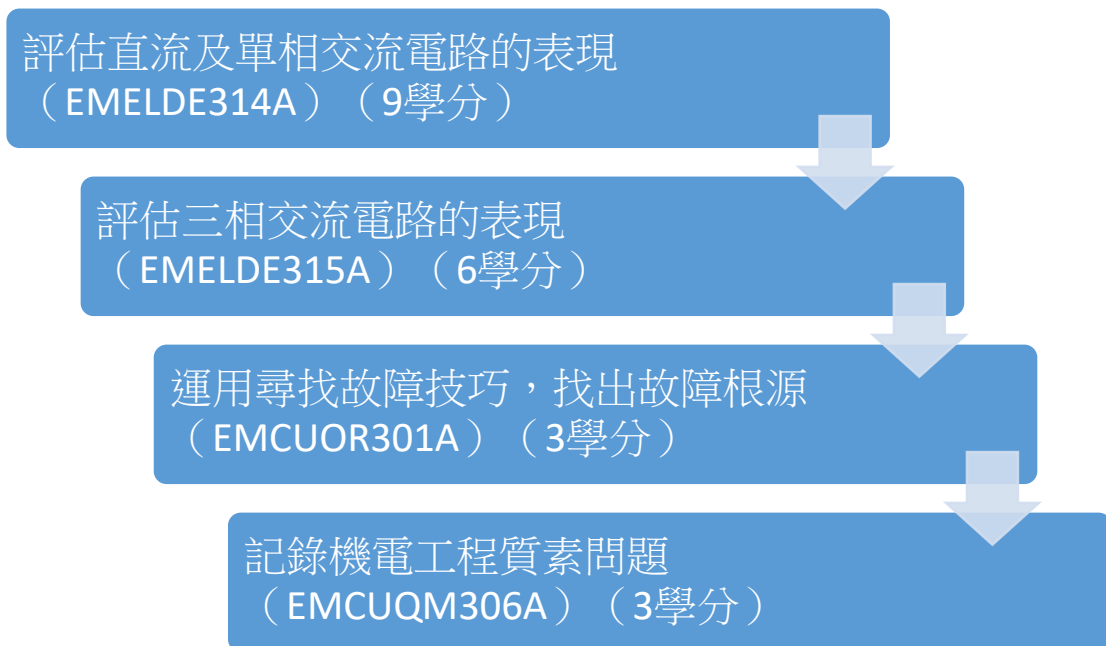
*如使用者欲調整導師資歷的要求，應盡量確保導師持有相關學科的高級文憑或以上的學歷、或由機電工程署認可之相關電力工程註冊人員資格；並確保導師具備一定的工作及教學或督導經驗，以保證導師對教學內容的知識水平均具有足夠的程度。

指引重點：

可視乎資源狀況調整導師資歷，但必須確保導師具備足夠的相關知識，例如持有相關學科之高級文憑學歷、相關電力工程註冊人員資格、工作經驗等。

5. 教學順序

若如上述所假定的教學對象條件，則學員應已具備低壓電力裝置工作的基本知識及工藝水平，亦已具備一定的相關工作經驗，本指引建議 4 項能力單元之教學順序如下：



學員應先重溫及加強基礎的電路理論知識，然後學習運用此等知識，分析電機工程中所遇到的故障問題，最後學習如何為此等過程進行記錄。

各能力單元的內容可能有重複之處，例如上述的 4 個能力單元皆可能包括教授基礎電路理論及分析；使用者在設計課程時，可整合各能力單元的內容，以切合自身的需要。另一方面，內容重複未必有不妥之處，必需視乎使用者的課程設計理念而定：如使用者認為預定的教學對象可能需要反復教授同一課題才能達到教學成效；或認為某一課題極為重要，應當強調，則重複教授就有合理之處。

指引重點：

先知識，後應用；亦要視需要整合各單元的內容。

6. 評核方式

設若使用者打算如上述所言，將 4 項能力單元組織成一有系統之課程，則整個課程的評核方式可制定如下：

- 為檢視教學進度，每一能力單元課程均設期中考試（持續評核），各單元課程之持續評核方式可參閱該等單元之教學及評核指引
- 在 4 項能力單元課程授課完畢後，設一綜合期末考試

各項評核項目可結合 4 項能力單元的教學內容，互相呼應，整體地考核學員之預期學習成效。使用者應自行設計適合自身需要及教學對象的評核項目，以下是部份可行的例子：

- 口試（例如模擬一工程項目的小組討論或面見，要求學員參與，設定評分標準）
- 筆試考核（設定筆試題目，考核學員的相關知識）
- 其他（例如實務演示、視像記錄等）

上述例子可混合使用。無論採用何種評核方式，使用者應考慮 4 項能力單元的教學內容多為技術知識，且顧及其資歷架構第 3 級之水平；在設計評核方式時，應切合這些面向，包括能有效地測試學員對相關電路理論的知識、故障根源分析、工程記錄等能力。

以下是以筆試作為考核方式之一時的設計例子：

- 考核模式：筆試
- 筆試內容：問答題、多項選擇題、數學運算題目等
- 試題數量：視乎使用者使用哪種題目而定
- 使用者可準備試題庫，預先編撰足夠數量之試題，確保每次筆試時，題目不至過份重複；建議試題庫之題目數量應為實際考試題目數量之 4 倍

各能力單元的「評核指引」將包含上述筆試方式的試題範例，使用者可用作參考。

設若使用者打算將某能力單元設計成獨立課程，則評核模式及內容可參閱各能力單元課程之「評核指引」。

設計評核方式時，應留意評核項目必需切合預期學習成效，確保兩者能充份配

對。以本指引所建議的預期學習成效及筆試的評核方式而言，兩者的配對如下：

能力單元	<u>預期學習成效一</u> 運用基本電路理論，為電力工程的要求作出分析	<u>預期學習成效二</u> 就電力工程的分析作出記錄及提出報告，並符合機電工程署核準的電業工程人員可簽署及發出之電氣安裝及檢測完工證明書所要求的條件	<u>預期學習成效三</u> 根據上的分析及報告要求，進行記錄，以協助更高級工程技術人員監控電力工程質素
評核項目一 （例如：持續評估—筆試）	✓	✓	
評核項目二 （例如：期末考試—小組討論）		✓	✓
…… （如有更多評核項目，可繼續延伸下去）			

指引重點：

評核方式可根據使用自身所需、教學對象的條件、資歷級別第 3 級、行業知識面向、預期學習成效等等條件去作出設計。

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMELDE314A

「評估直流及單相交流電路的表現」

教學指引

1. 預期學習成效

依據本單元之能力單元指引，本單元課程之預期學習成效應為讓學員：

- 能夠運用基本電路理論，評估交直流電路的表現

上述乃本能力單元的預期學習成效，如使用者在設計課程時會整合「行業知識」內的所有能力單元，則除本能力單元的預期學習成效外，亦應設定「行業知識」的綜合預定學習成效，相關指引可見《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的相關部份。

使用者亦可視自身需要，調整預期學習成效。

2. 建議教學對象

由於本能力單元對教學對象並無特別前設，因此本指引建議教學對象同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第3部份所列之要求。

3. 導師資歷建議

導師資歷同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第4部份。

4. 教學模式及時數

由於此能力單元以講解基本電路理論為授課重心，學員理應花費較多時間進行自學及溫習，以鞏固知識。另外，由於本能力單元不涉及實務練習，師生比例較有彈性，一位導師理應可較實務課程教授更多學生。綜合上述所言，本指引建議教學模式如下：

- 建議教學模式為：課堂面授
- 能力單元總學習時數為：90 小時
- 課堂面授與學員自學時間的比例建議為：1:2
- 建議面授時數為：30 小時
- 建議自學時數為：60 小時
- 建議評核時數：3 小時（包含於面授時數之內）
- 建議師生比例上限為：1:30

如依照上述設計，此能力單元的學習時數將如下：

建議學習時數			總學習時數	資歷學分
面授時數	自學時數	評核時數 (包含於面授時數之內)		
30	60	3	90	9

上述模式為建議；使用者可就收生條件、導師資歷、導師意見等各項因素，調整各項比例至切合實際情況之合理水平。

除上述的建議安排外，使用者亦可視自身條件及需要，調整教學模式。例如使用者如為公司或晚間培訓機構，則可考慮將課程設計為非全日制，雖然整體培訓日數可能會延長，卻能方便教學對象修讀課程。設若使用者能安排全日制上課，而教學對象亦能配合，則可考慮設計全日制課程，有助縮短整體課程日數。

使用者亦可視教學對象的條件及背景，調整教學時數的分配。例如若學員的程度較為初級，則可考慮增加面授時數，並減少自學時數；若學員程度較高，則可考慮減少面授時數，增加自學時數。

指引重點：

課堂面授及實習、面授與自學時數比例、教學模式等可視乎需要調整。

5. 教學地點及設備要求

本能力單元偏重理論知識，授課模式主要為面授講學，不涉及實務練習，因此本指引建議教學地點及設備之基本要求如下：

- 配備一般講課設備（如白板及粗體筆、投影機、投影螢幕、電腦、擴音系統、椅子、桌子等）之課室
- 課室面積以能容納所有師生而不至擠迫為佳；建議人均空間應達 1.1 平方米或以上
-

指引重點：

課室應配備基本講課設備，並足以提供師生舒適的空間。

6. 面授及自學時數安排

使用者應自行設計及決定每一節課堂或培訓時段的時數，以此安排面授時數、自學時數、以及每個時段內所教授的課題。以下是一個課時安排的例子：

	課堂或培訓時段	面授時數	自學時數
	第 1 節	3	6
	第 2 節	3	6
	第 3 節	3	6
	第 4 節	3	6
	第 5 節	3	6
	第 6 節	3	6
	第 7 節	3	6
	第 8 節	3	6
	第 9 節	3	6
	第 10 節	3	6
總計		30	60

7. 學習活動、自學活動安排

學習活動指使用者應該在課堂面授時段進行的教學活動。

由於使用者來自不同背景，培訓的目的及設計不可能相同，因此本指引不會規定學習活動內容，使用者需自行設計適合的學習活動。以下是一些建議及例子：

一般而言，可行的學習活動包括但不限於：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 導師使用實物示範演練
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員在導師指導下使用實物練習
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

無論使用者是培訓機構或是行內企業，皆可考慮設計上述學習活動。以下在設計本能力單元的學習活動時可參考的活動例子：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

自學活動應該限於學員能夠獨自於家中安全進行的學習活動。

使用者應自行設計自學活動的安排，如有需要亦應為自學活動編製教材。以下是自學活動的例子：

- 溫習教學筆記
- 閱覽補充資料、參考資料
- 於指定網站瀏覽補充資料、參考資料
- 一些簡單習作，例如工作紙、不納入評核計分的問題集；形式可參考「評核指引」及試題樣本

以本能力單元而言，自學活動建議（但不限於）如下：

- 溫習教學筆記
- 閱覽於「教學資料範例」所列的參考資料
- 閱覽機電工程署於網上刊登及出版的相關刊物
- 供電商於網上刊登及出版的相關刊物
- 參考「評核指引」及試題樣本製作的問題習作

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMELDE314A

「評估直流及單相交流電路的表現」

教學資料範例

1. 能力單元說明

本能力單元之授課範圍理應如資歷架構秘書處所編撰之「EMELDE314A 評估直流及單相交流電路的表現」能力單元說明內所定；請參閱下頁的能力單元說明（附件 A-01）。

能力單元說明雖然劃定了教學範圍，但使用者亦可視乎自身需要進行一定的調整。例如若使用者是公司，希望以教材套為藍本設計在職培訓現職的員工，則可調整教學範圍至適合其公司自身的面向，包括所採用的工程規格、圖則、術語、裝置名稱、分工結構、員工的溝通方式等等，使設計更切合其公司的工作需求。設若使用者是教學組織，並未有特定某一確切職位的在職培訓，則可制定較為廣闊的教學範圍，不必重點針對某一系統的知識。

本能力單元之教學順序可跟從其能力單元說明之順序，但如使用者認為有需要，亦可更改順序至合適的狀況。

附件 A-01

「EMELDE314A 評估直流及單相交流電路的表現」能力單元說明

1. 名稱	評估直流及單相交流電路的表現
2. 編號	EMELDE314A
3. 應用範圍	用於電力工程有關的工程工作上，能運用基本電路理論，評估直流及單相交流電路的表現，應用於一般機電工程，如：尋找電纜故障，選擇電纜等。
4. 級別	3
5. 學分	9
6. 能力	<p style="text-align: center;"><u>表現要求</u></p> <p>6.1 明白基本電路理論 ◆ 明白基本交直流電路理論，包括：歐姆定律、基爾霍夫定律、疊加定理、戴維南定理、諾爾頓定理及角／星變換技巧</p> <p>6.2 運用常用電學定理和電路變換技巧，評估直流及單相交流電路的表現 ◆ 運用常用電學定理和電路變換技巧，評估直流及單相交流電路的表現，包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電壓、電流、電路阻抗和功率 • 電壓及電流相量間的相角、功率因數 • 繪畫相量圖 • 電壓與電流間的相位差對功率的影響
7. 評核指引	<p>此能力單元的綜合成效要求為：</p> <p>(i) 能夠運用基本電路理論，評估交直流電路的表現。</p>
8. 備註	

2. 教學材料

依據本指引之教學設計，本單元之面授課堂時數與學員自學時數之比例為 1：2，學員會有較多時間進行自學。因此，除教學筆記外，培訓機構亦可加入其他教學材料，讓教材更為豐富，以下是該等材料的可能例子：

- 示範錄像
- 模擬的工作圖則
- 相關的規例及工作守則
- 網上的公開資料
- 實物教具或其圖片

以下所列之參考資料乃為教學一方所設，其程度之深及範圍之廣未必切合本能力單元所需，培訓機構若要以下列資料為基礎編撰教材，應配合教學對象之條件及本能力單元之涵蓋範圍作出調整，並需留意版權問題。部分參考資料可能未有中文譯本，培訓機構如以該等資料為基礎編撰教材，應將其內容轉譯為中文，以切合教學對象之程度。

本能力單元之建議參考資料如下：

1. 《電力（線路）規例工作守則》（必須為最新版本），可於機電工程署網站免費下載，此指引編寫時之最新版本為 2015 年版
2. 《低壓電氣裝置指南（第三版）》。2009。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
3. 《Introduction to Electrical Engineering》1995 J. David Irwin, David V. Kerns ISBN0023599308
4. 《基本電學（電工原理）（5 版）》。程林、理查曼。鼎文書局
5. 《香港電工工地手冊》。2016。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
6. 《電工法規（修訂二版）》。黃國軒、陳美汀。全華科技圖書股份有限公司
7. 《電力裝置實用手冊——第三版》。2007。陳樹輝。萬里機構
8. 《最新電力測量儀器用法圖解（第一冊）》。成發電機機械工程公司

9. 《最新實用電工手冊》。2000。邵海忠。化學工業出版社
10. 《電動機控制》。陳文耀。復文書局

上述參考資料並未盡錄，使用者可使自身需要及資源，採用其他合適的參考資料。

3. 教學筆記範例

下頁是一份教學筆記範例（附件 A-02）的樣本，使用者在編撰教材時可作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的教材。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

4. 教材內容與應用

本指引建議教學內容應該盡量配合預定培訓工種的工作內容，本能力單元的教材在內容上亦應該能配合應用於預定培訓工種的工作內容，以本能力單元的教學內容而言，以下是其中一種應用方式的例子：

- ◆ 使電工 / 電氣打磨裝配工 / 電氣佈線工 / 控制板裝配工 / 電纜接駁技工 / 機電業技術員 / 機電維修員 / 機電工程科文 / 管工 / 監督員 / 機電工程科文 / 管工等工種人員，在進行工程工作時，能運用基本電路理論，評估直流及單相交流電路的表現，應用於一般機電設計、發展、製造、安裝、測試、調試，如：尋找電纜故障，選擇電纜等。

使用者應該設計適合自身需要的應用方式，但以本能力單元而言，以下關鍵課題必需涵蓋：

- ◇ 歐姆定律
- ◇ 基爾霍夫定律
- ◇ 疊加定理
- ◇ 戴維南定理
- ◇ 諾爾頓定理及角／星變換技巧

附件 A-02

能力單元 EMELDE314A 「評估直流及單相交流電路的表現」

教學筆記範例樣本

1. 基本交直流電路理論

歐姆定律 (Ohm's Law)

歐姆定律是因德國物理學家格奧爾格·歐姆命名。

定義：當金屬導電時，金屬兩端的電位差(電壓)和通過的電流強度成正比。

此電壓和電流的比值稱為金屬的電阻。

1. 對同一導體而言(電阻是定值)，電壓和電流成正比，電壓和電流的比值是定值。此定值就是電阻。圖形是通過原點的斜直線。
2. 對不同的電阻而言，若通過的電流相等【電阻串聯時】，電壓和電阻大小成正比。
3. 對不同的電阻而言，若電阻的電壓相等【電阻並聯時】，電流和電阻大小成反比。
4. 一般的金屬導體，在定溫下電壓和電流成正比，即電阻是定值。符合歐姆定律，稱之為歐姆式導體。
5. 有些物體的電阻會因照光、加熱、加壓而改變，電壓和電流不成正比，即電阻不是定值，稱之為非歐姆式導體。例如：半導體，電燈。

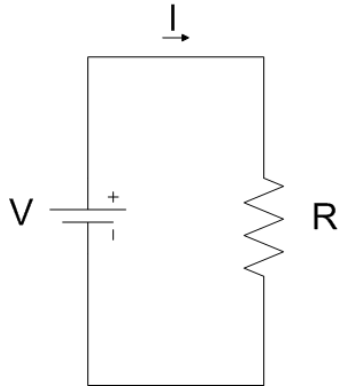
歐姆定律： $V = IR$



$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (\rho : \text{電阻率}, L: \text{導體長度}, A: \text{導體截面面積})$$

電阻為一個物體的性質。

電阻率為一個材料的性質。



歐姆定律描述，通過一裝置的電流始終會正比於該裝置兩端的電位差。當一導體遵守歐姆定律時，此時，導體的電阻與導體兩端電位差大小和極性無關。

歐姆定律的本質是在於 V 與 I 是線性關係。 R 與 V 無關。一個導電材料符合歐姆定律，此時，導體材料的電阻率與所加的電場大小與方向無關。歐姆定律指出，裝置兩端的電位差與通過該裝置的電流成正比。

不論電流、電壓為何，電阻定義為電壓除以電流。在歐姆定律中，電阻與電流、電壓無關。並不是每一種元件都遵守歐姆定律。歐姆定律是經過多次實驗而推斷的法則，只有在理想狀況下，才會成立。凡是遵守歐姆定律的元件或電路都稱為「歐姆元件」或「歐姆電路」或「歐姆式導體」，其電阻與電流、電壓無關；不遵守歐姆定律的元件或電路稱為「非歐姆元件」或「非歐姆電路」或「非歐姆式導體」，其電阻可能會與電流、電壓有關。

電路分析

在電路學裏，電阻器（歐姆電阻器）是一種電路元件，其電阻與電壓、電流無關。電阻器可以按照歐姆定律阻抗電荷的通過。每一個電阻器都有其設計製成的電阻 R 。更嚴格地說，電阻器是在某操作域內遵守歐姆定律的電路元件；歐姆定律和唯一電阻值足夠描述這元件在相關操作域的行為。

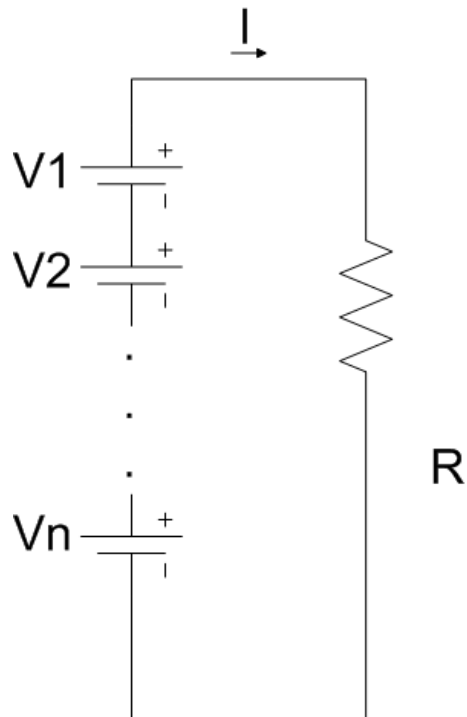
電阻：自由電子在導線中流動的難易程度。

影響電阻的變因：導線材料性質。導電性愈佳的金屬，電阻愈小。
導線的截面積大小。截面積愈大（愈粗），電阻愈小。
導線的長度。導線愈長，電阻愈大。

直流電路：

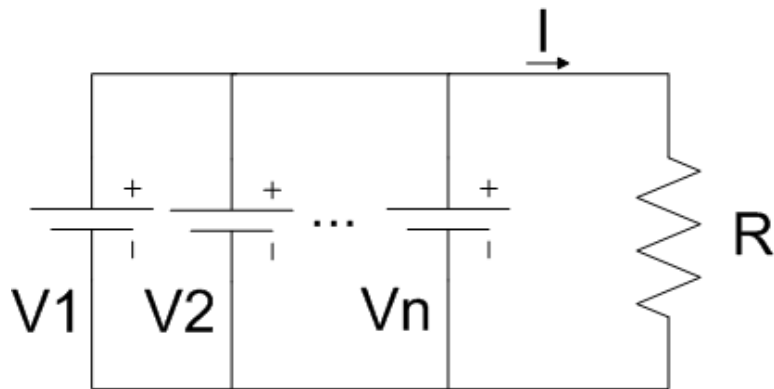
一、電源：

1. 串聯 $V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$



串聯

2. 並聯 $V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$



並聯

二、串聯電路：

串聯時，通過的電流相等，電壓和電阻大小成正比。

三、並聯電路：

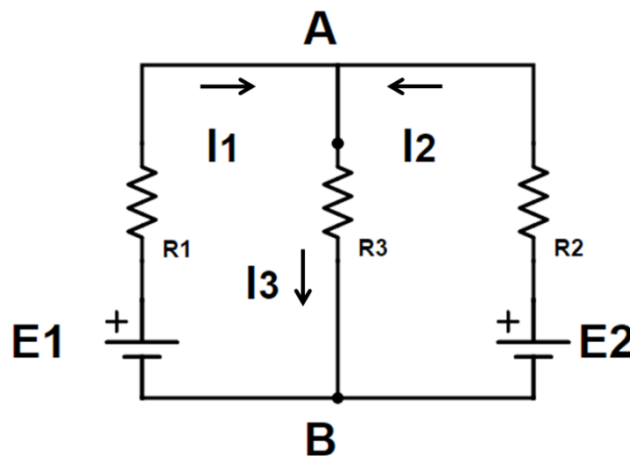
並聯時，電壓相等，電流和電阻大小成反比。

基爾霍夫定律 (Kirchhoff's Current Law & Kirchhoff's Voltage Law)

節點法則(Kirchhoff's junction rule)

- 在任意一個節點上，電流的總和必須為零這一規則所描述的現象是電量守恆迴路法則(Kirchhoff's loop rule)
- 對任意一個迴路而言，迴路中各個電器元件二端的電位差總和必須為零這一規則所描述的現象為能量守恆

對於比較複雜的電路，如下圖所示電路，則需用**基爾霍夫定律**分析、計算。**基爾霍夫定律**包括兩部份：**基爾霍夫電流定律**和**基爾霍夫電壓定律**。



複雜電路例子

電流與電壓的正方(Positive direction)按照慣例，電流的方向總是以正電荷的移動方向為準。因此電流是從高電位點流向低電位點，並規定一段電路它壓的正方向是從高電位點指向低電位點。

在簡單電路中，這種電流和電壓的實際方向能夠很容易地根據電源的極性判斷出來。但是在複雜電路中，各段電路中電流和電壓的實際方向往往很難預向確定下來。為此，根據計算與分析電路的需要，引入了電流與電壓正方向的概念。正方向又稱假定正方向或參考方向(Reference direction)。

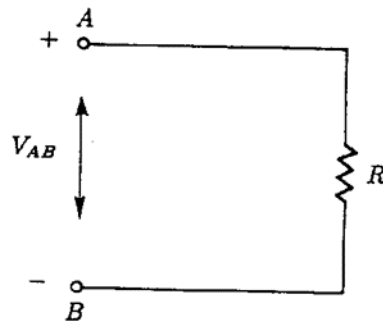
在一段電路中，在電流兩個可能的實際方向中，任意選擇一個做為標準(參考)。當電流的實際方向與該正方向一致時，是正值，相反時，就是負值。在下圖中，實線箭頭是選定的正方向，虛線箭頭表示的是該段電路中電流的實際方向。

其中左圖表示的是電流實際方向與正方向一致， I 是正值。右圖 5b 表示的是兩者相反的情況，電流 I 是負值。因此，在規定了電流的正方向之後，電流是一個代數量，可為正值或負值。正方向與該代數量結合，就可以確定電流的實際方向。



同樣，當一段電路電壓的實際方向難以確定時，也要任意選定該段電路電壓的正方向。例如在下圖中，規定 A 點是高電位點，標以 "+" 號，B 點相對於 A 點是低電位點，標以 "-" 號

即假定這一段電路電壓的正方向是從 A 點指向 B 點。當電壓的實際方向與假定正方向一致時，是正值。相反時，就是負值。這表明，在引入了正方向這一概念後，電壓也是代數量。



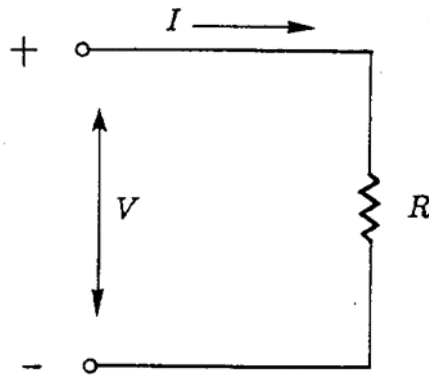
電壓的正方向

電壓的正方向可以用三種方法表示：

用 "+" "-" 號表示假定的高電位端及低電位端。

用箭頭指向表示，它由假定的高電位端指向低電位端。

用雙下標字母表示，如 V_{AB} 表示 A 是假定的高電位點，B 是假定的低電位點。電流和電壓的正方向可根據需要任意選取。但是為了分析，計算的方便，一般情況下，總是採用關聯的(associated)正方向。如下圖所表示的，在同一段電路中，電流的正方向與電壓正方向一致，即電流的正方向是從電壓正方向表示的高電位點流向低電位點。



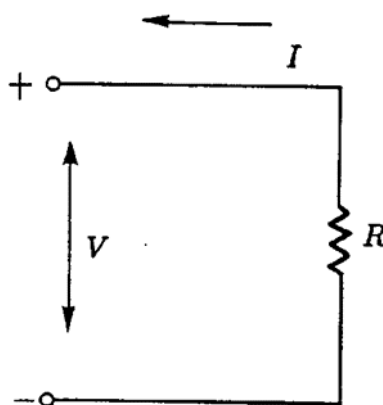
關聯正方向

歐姆定律在關聯正方向之下，表示式是

$$I = \frac{V}{R}$$

若電流、電壓的正方向不關聯一致，則歐姆定律的表示式便是

$$I = -\frac{V}{R}$$

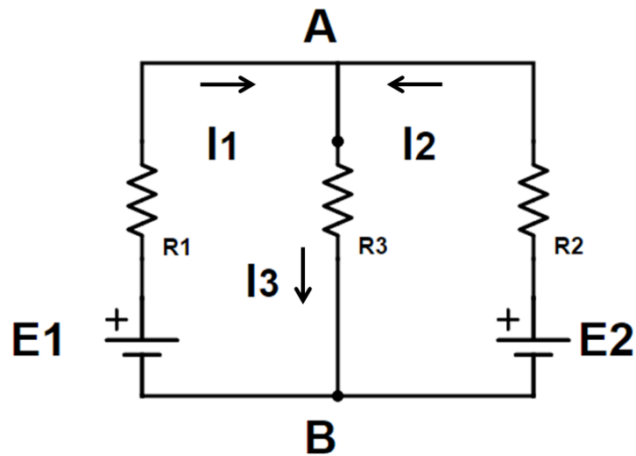


關聯負方向

基爾霍夫電流定律(可簡寫為 KCL)

基爾霍夫電流定律是有關節點電流的定律。

任何一段連接有電路元件的不分支電路稱為支路。下圖中， $A-R_1-E_1-B$ 、 $A-R_3-B$ 及 $A-R_2-E_2-B$ 都是支路。電路中，三條或三條以上支路的交點稱為節點。在圖 7 中， A 和 B 是節點。



基爾霍夫電路定律的內容

基爾霍夫電流定律的內容是:任何瞬時，流入任一節點的電流總和等於流出該節點的電流總和。例如對於上圖電路中的 A 節點有

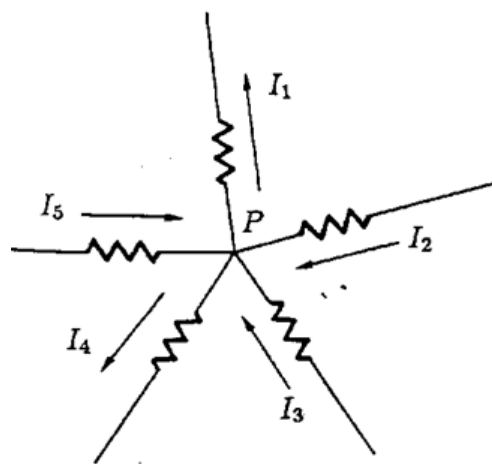
$$I_1 + I_2 = I_3$$

將上式改寫一下，可得

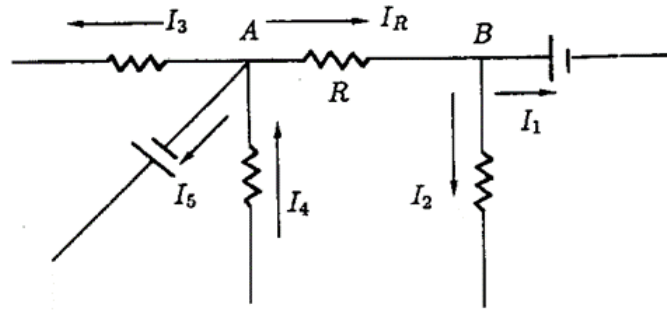
$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

這是基爾霍夫電流定律的另一種表示形式:任何瞬時:流經任一節點的電流代數和等於零。用普遍適用的數學式表示為

$$\sum I = 0$$



基爾霍夫電流定律



基爾霍夫電路例子

實際上，對於封閉面內的 a、b、c 三個節點列 KCL 方程，就能夠得到上面的結論。

基爾霍夫電壓定律（Kirchhoff's Voltage Law，簡寫 KVL）

基爾霍夫電壓定律是用來確定一個迴路內各部分電壓之間關係的定律。

所謂迴路就是由支路組成的封閉路徑。例如圖 7 電路中 A—R₃—B—E₁—R₁—A、A—R₂—E₂—B—R₃—A 及 A—R₂—E₂—B—E₁—R₁—A 都是迴路。其中，前二個迴路是單孔迴路—其間沒有支路穿過，又稱為網孔(又稱為網目，Mesh)。第三個迴路中間有 A—R₃—B 支路穿過，不是網孔。

基爾霍夫電壓定律的內容

1. 在一個迴路內，電源的電動勢 E 表示電位升，各段電阻的電壓 IR 表示電位降，即沿電流方向，電位是逐點降低的。基爾霍夫電壓定律的內容是：在任何瞬時，沿任一迴路繞行一周，電動勢的代數和等於電壓降的代數和。用數學式表示為

$$\sum E = \sum IR$$

基爾霍夫電壓定律的正確性是基於電位的單值性原理，即電路中的每一點都有確定的電位數值。可以設想，一單位正電荷從電路的某點出發，沿任一迴路繞行一週。繞行中有時獲得電位能(電位升—從電源負極到正極)。有時失去電位能(沿電流 I 方向通過電阻 R，產生電位降 IR)。

但繞行一週回到原出發點時，單位正電荷仍具有出發時原來的電位能(電位)。即繞行一週時，電位升的總和等於電位降的總和。可以認為，基爾霍夫電壓定律

是能量守恆定律在電路中的體現。

以下圖中 $b-e-c-f-b$ 迴路為例。相對於確定的參考點，各點電位分別是 V_b 、 V_c 、 V_f 。若從 b 點出發，按順時針方面繞行一週，返回 b 點，電位變化的情況是

從 b 點到 e 點電位變化 $V_{be}=V_b-V_e=E_2$

從 e 點到 c 點電位變化 $V_{ec}=V_e-V_c=-I_2R_2$

從 c 點到 f 點電位變化 $V_{cf}=V_c-V_f=I_1R_1$

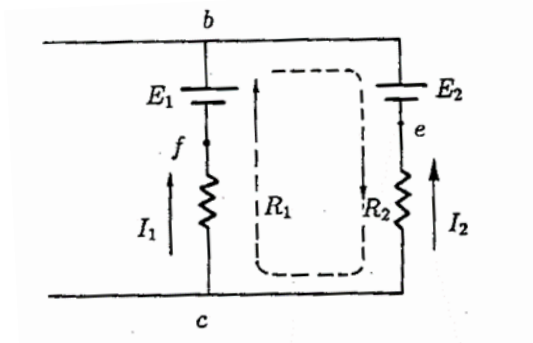
從 f 點到 b 點電位變化 $V_{fb}=V_f-V_b=-E_1$

根據電位的單值性原理，應該有

$$V_{be} + V_{ec} + V_{cf} + V_{fb} = 0$$

代入各段電位變化一電壓的表示式，可得

$$E_1 - E_2 = -I_2R_2 + I_1R_1$$



基爾霍夫電壓定律

重疊定理

重疊定理：線性非時變電路中若有數個獨立電源運作時，可分別計算個別獨立電源之響應後再相加，此稱為重疊定理。

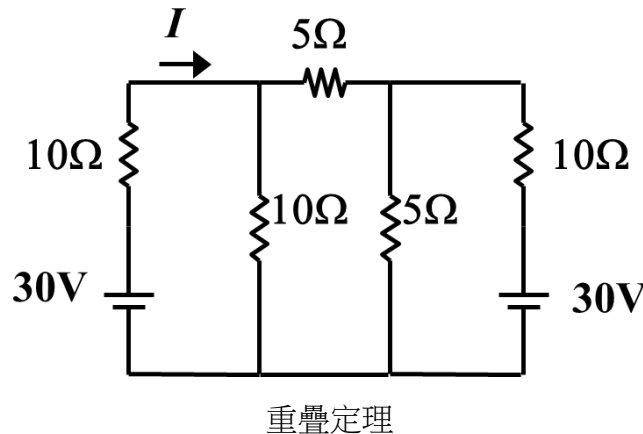
計算步驟如下：

1. 選定某一獨立電源而令其他獨立電源為零(獨立電壓源以短路取代、獨立電流源以開路取代)。
2. 相依電源保持原狀不得簡化。
3. 計算其個別之響應。
4. 回復至步驟 1，重複計算其他所有獨立電源之響應。

5. 將所有獨立電源之響應相加以得實際電路之響應

當直流網路中使用節點電壓法和迴路電流法時其節點數或網目數超過 3 個以上時，此時可以考慮用重疊定理來解析。

在電壓源與電流源同時作用線性網路中，任一支路的電流等於每個電源單獨作用於此網路，流經該支路電流的代數和(同方向相加，反方向相減)。

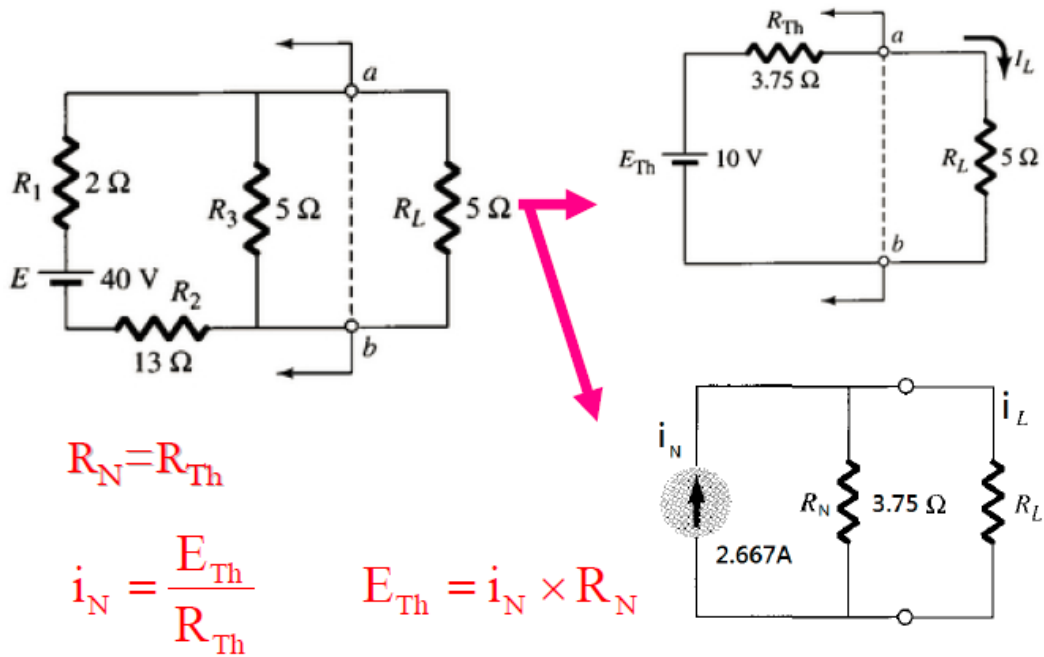


1. 先保留一個電源，移走其他電源，也就是將被移走電源中之電壓源短路，電流源開路。
2. 求出該電源對元件作用的電壓或電流，並標示電壓極性或電流方向。
3. 更換另一個電源，重覆步驟 1 及 2 來處理。
4. 各電源單獨作用的效應算出後，求其代數和。

戴維南定理 (Thevenin's theorem)

戴維南定理又稱等效電壓源定律，是由法國科學家 Thevenin 於 1883 年提出的一個電學定理。一個接於兩點間，含有獨立電壓源、獨立電流源及電阻的線性電路，就其外部型態而言，在電性上可以用一個獨立電壓源 E_{TH} （戴維南等效電壓）和一個串聯的電阻 R_{TH} （戴維南等效電阻）組合來等效。

任何複雜的線性網路，對其負載兩端而言，均可將網路簡化成一等效電壓（ E_{TH} ）與一等效電阻（ R_{TH} ），如下圖所示。該等效電壓即為此網路在負載兩端所測得的開路電壓，又稱為戴維南等效電壓（ E_{TH} ）；該等效電阻即為當網路中電壓源被短路、電流源被斷路後，於負載兩端點間所測得的電阻，故又稱為戴維南等效電阻（ R_{TH} ）。



戴維南定理

含相依電源電路分析技巧為：

步驟一：先在電路圖找出相依電源控制參數位置。

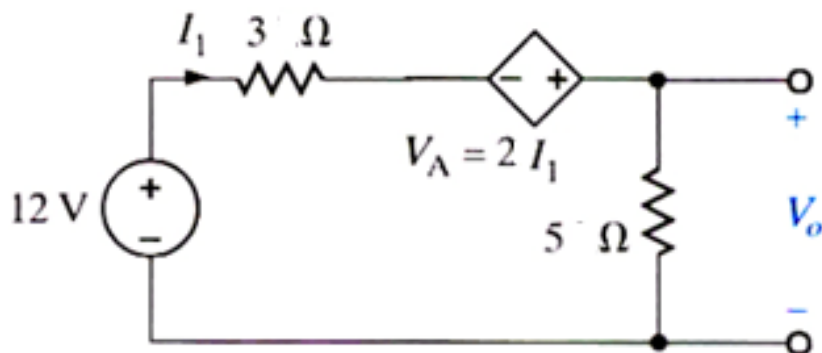
步驟二：列出所有電路方程式。

步驟三：優先解出控制方程式或控制參數。

步驟四：依電路需求解未知數。

換言之，含相依電源電路通常無法直接計算出答案，一定要利用列方程式技巧求解。

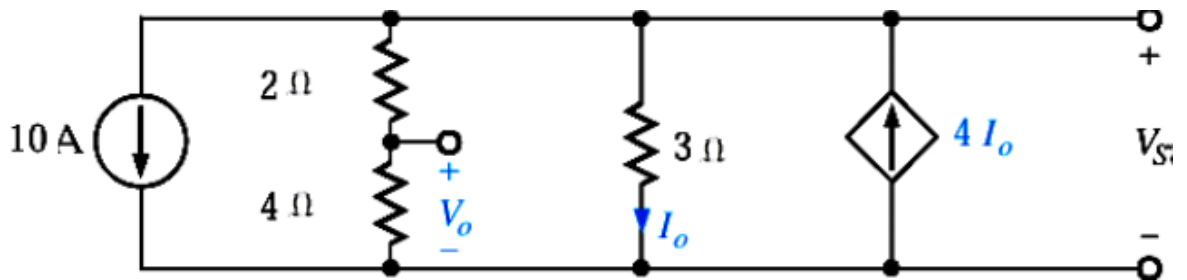
例一：



戴維南定理

解： $V_A = 2I_1$
可列順時針 KVL 方程式為
 $-12 + 3I_1 + V_A + 5I_1 = 0$
代入 $V_A = 2I_1$ ，得
 $-12 + 3I_1 - 2I_1 + 5I_1 = 0$
故 $I_1 = 2\text{ A}$
 $V_0 = 5I_1 = 10\text{ V}$

例二：



戴維南定理

解： $I_0 = \frac{V_S}{3}$
可列流出上方節點 KCL 方程式為
$$10 + \frac{V_S}{6} + I_0 - 4I_0 = 0$$

代入 $I_0 = \frac{V_S}{3}$ ，
$$V_0 = \frac{4}{2 + 4} V_S$$

$$V_0 = 8\text{ V}$$

諾爾頓定理（Norton's theorem）

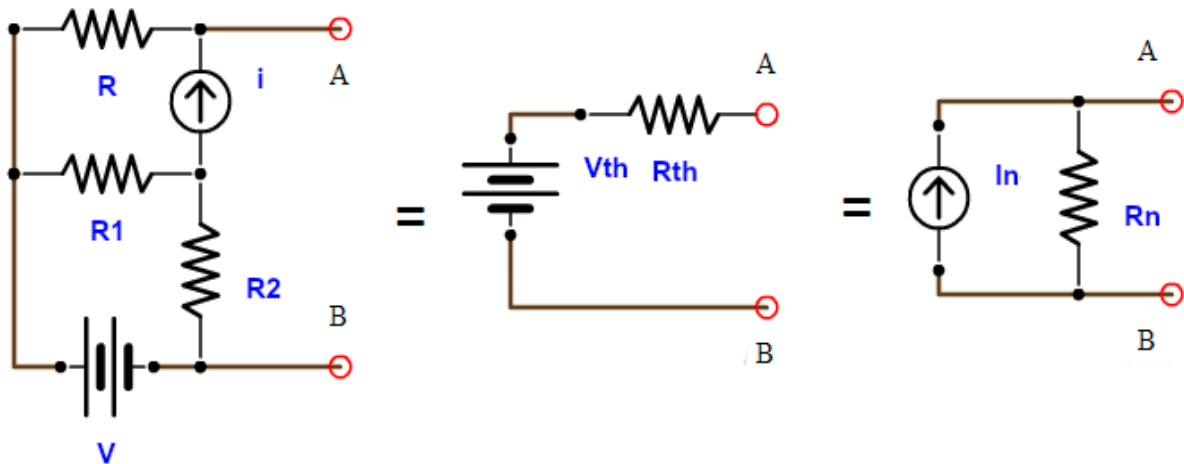
諾頓定理類似戴維南定理，即對於任何複雜的線性網路，均可用一等效電流源（ I_N ）及一等效電阻（ R_N ）相並聯而成，如下圖所示。該等效電流源即為待求元件兩端間的短路電流（ I_N ）；該等效電阻即為待求元件兩端間所求的開路電阻（ R_N ）。

諾頓定理是戴維南定理的一個延伸，於 1926 年由 Hause-Siemens 研究員漢斯·費迪南·梅耶爾及貝爾實驗室工程師愛德華·羅里·諾頓分別提出。

- 一個接於兩點間，含有獨立電壓源、獨立電流源及電阻的線性電路，就其外部型態而言，在電性上可以用一個獨立電流源（ I_N ）（諾頓等效電流）和一個並聯的電阻（ R_N ）（戴維南等效電阻）組合來等效。

戴維南與諾頓電路之關係

戴維南等效電路可視為一電壓源，瞭解諾頓等效電路可視為一電流源。而電壓源與電流源是可互換的，因此戴維南等效電路與諾頓等效電路是可彼此互換的，如圖所示。



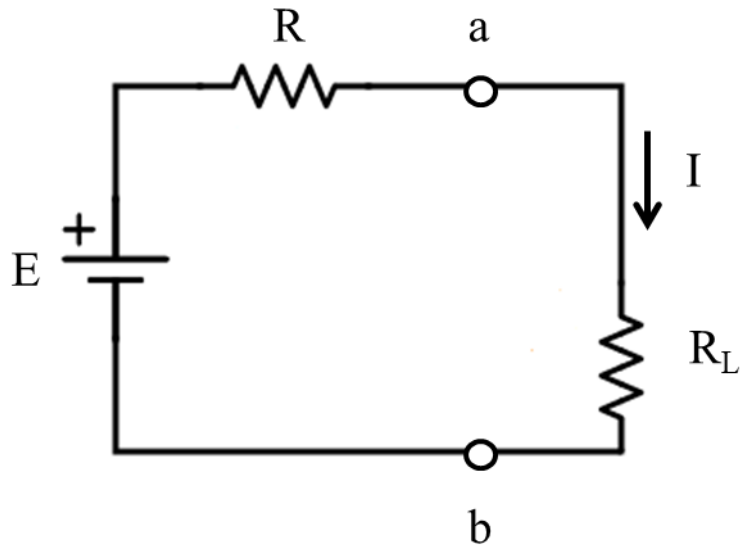
戴維南定理

$$I_N = \frac{E_{TH}}{R_{TH}} \quad R_N = R_{TH}$$
$$E_{TH} = I_N \times R_N \quad R_{TH} = R_N$$

最大功率轉移

由戴維南與諾頓定理瞭解，任何一個複雜的網路，都可以用一個等效電阻串聯（並聯）一個等效電壓（電流）。當在考慮網路外接負載時，理想上，期望負載（ R_L ）能完全獲得電源的功率，但實際上，電壓源或電流源的輸出功率必

須有一部份消耗在內阻（ R ）上，如下圖所示。因此，「最大功率轉移」即是在探討如何使負載（ R_L ）從電源中獲得最大的功率。



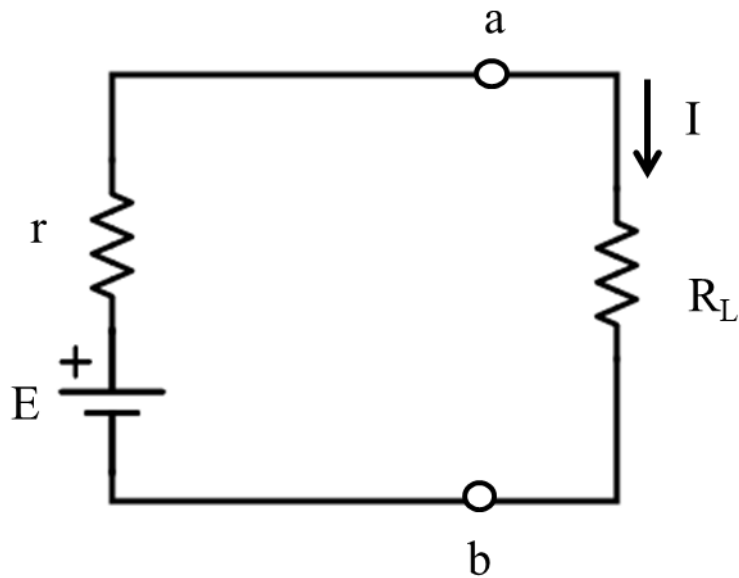
戴維南電路外接負載的情況

由上圖電路可瞭解：

$$I = \frac{E}{R + R_L}$$
$$P_L = I^2 R_L = \left(\frac{E}{R + R_L}\right)^2 R_L$$

1. 對於實際電壓源（下圖）而言，當負載電阻等於電源裝置的內電阻時，負載自電源獲得的功率最大。即當 $r = R_L$ 時， R_L 可獲得最大功率為

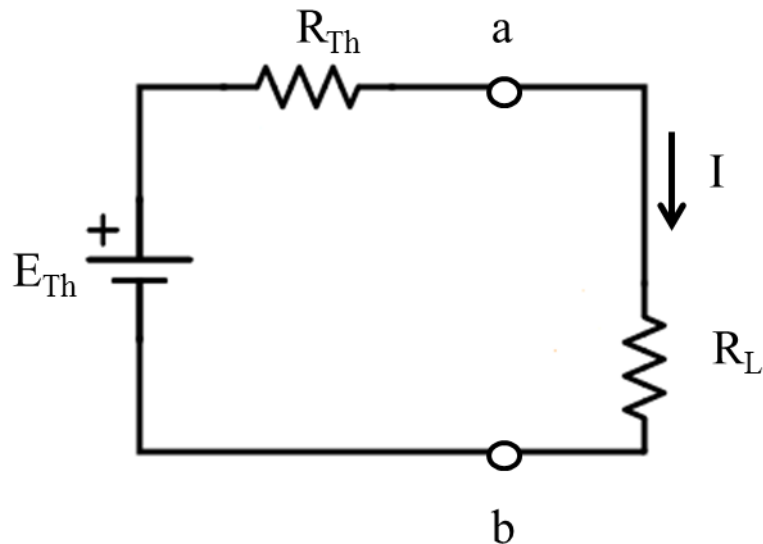
$$P_{Lmax} = \left(\frac{E}{r + R_L}\right)^2 R_L = \frac{E^2}{4r} = \frac{E^2}{4R_L}$$



實際電壓源的最大功率轉移

2. 對於複雜的網路（下圖）而言，當負載電阻等於網路的戴維南等效電阻時，負載自網路獲得的功率最大。即當 $R_{TH} = R_L$ 時， R_L 可獲得最大功率為

$$P_{Lmax} = \left(\frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L} \right)^2 R_L = \frac{E_{TH}^2}{4R_{TH}} = \frac{E_{TH}^2}{4R_L}$$

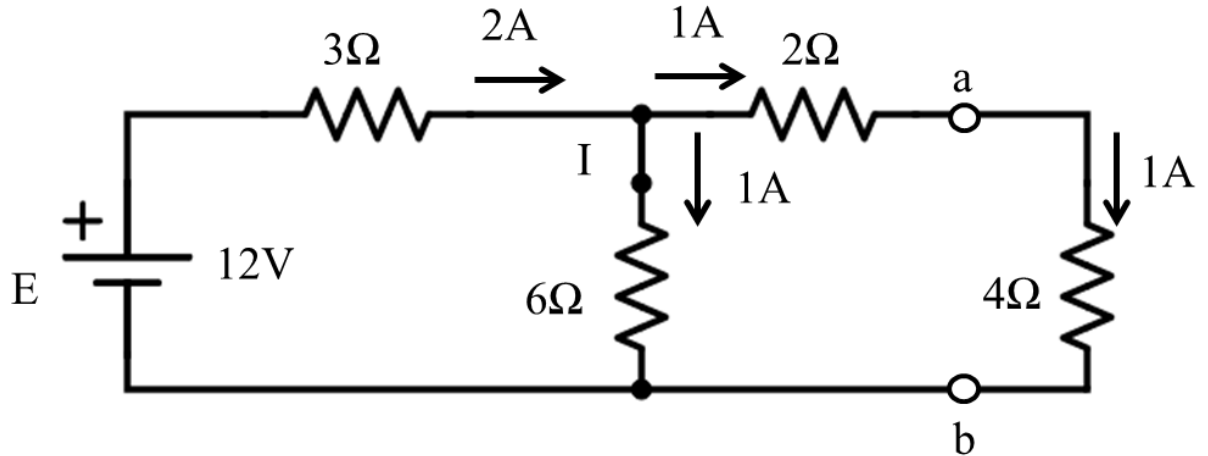


複雜網路的最大功率轉移

3. 欲求複雜網路中電源所提供的功率時，不可用戴維南等效電路計算，其說明如下：

實際電源提供之功率:

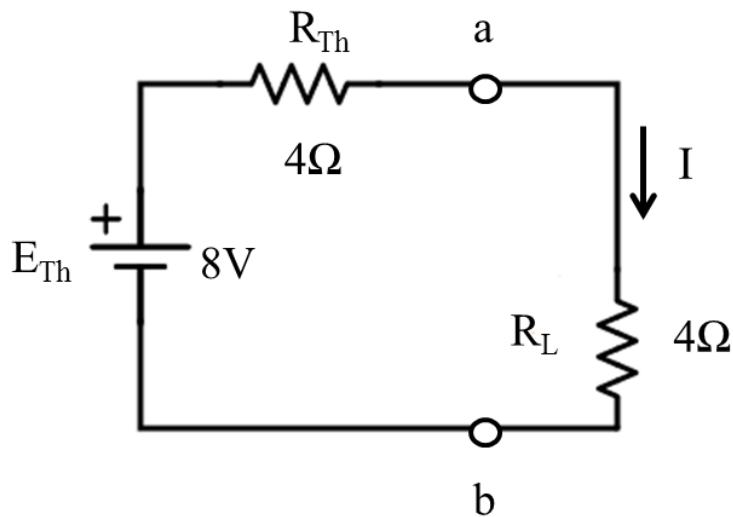
$$P = 12 \times 2 = 24W$$



複雜網路

戴維南等效電路計算功率：

$P = 8 \times 1 = 8W$ 無法求得實際電源所提供之功率



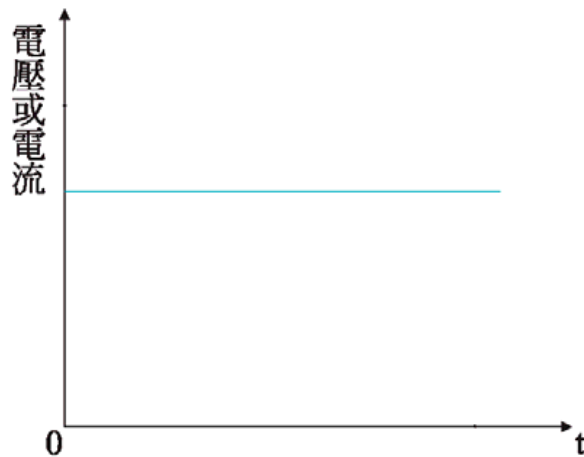
戴維南等效電路

常用電學定理和電路變換技巧

電壓、電流、電路阻抗和功率

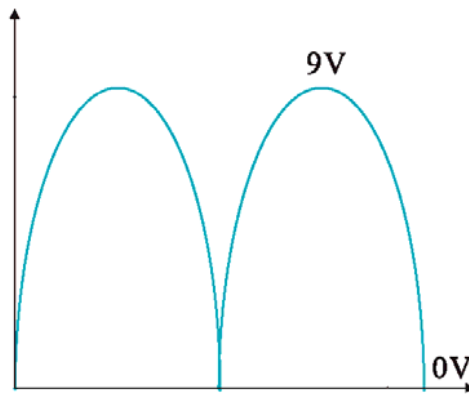
直流電流只往單一方向來傳送。一個穩態或理想條件下的直流，其電壓或電流

在理論上不隨時間來改變，如下圖所示。



直流電流

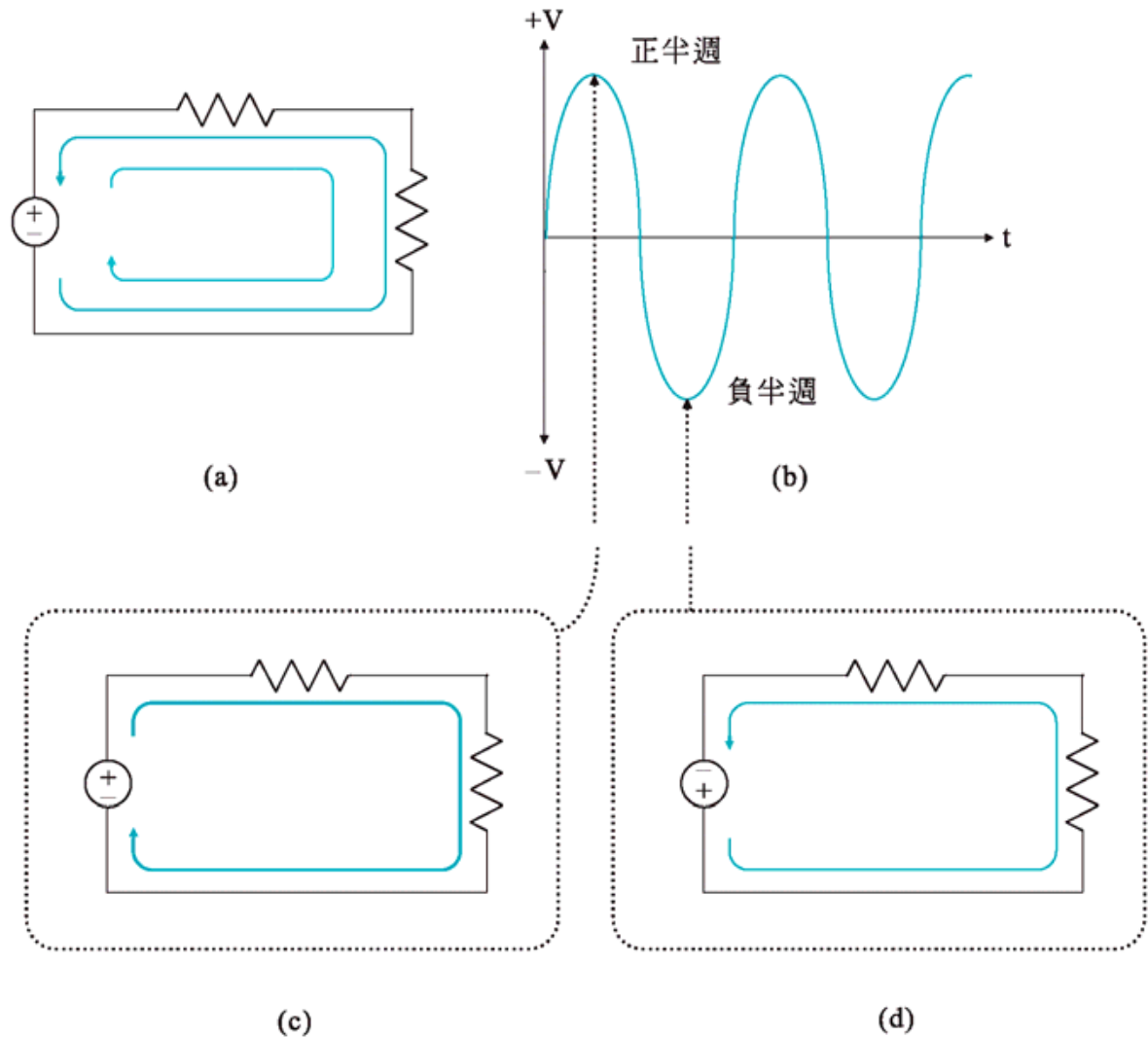
但在某些應用裡需要用到如下圖所示的波形，此一波形稱為脈波直流，當使用到此一波形時在某一時段裡，電源供應器，提供了一個從零往最大值來增加的電壓，到達最大值之後，又往零來減少。



直流電流

減少到零後又再度往最大值來增加，如此反覆來進行，雖然其值一直在改變，但其電流的流向不變，只在單一方向來流動，一般的電池充電器就是以此方式來工作。

交流電是一種大小及方向均隨時間來變的電，在某一瞬間裡因電壓的關係，電流往某一方向來流動，而在另一瞬間電壓的極性改變，而使電流往相反的方向來流動，如下圖 a 所示，而下圖 b 為常用的交流電波形，圖 c 及圖 d 表示電流流向隨電壓極性來改變的關係。



交流電

在直流電路裡當有一電壓跨於電阻器的兩端時，將產生一流過電阻器的電流，此一電壓與電流的比值稱為電阻。此一關係也存在於交流電路裡，也就是指任何一電路元件當有一交流電壓跨於其間時，將會產生一交流電流。

如同直流的情形一樣，此一交流電壓與交流電流也存在有一比例關係，但因交流電壓及交流電流都具有複數的形態，因此它們的比值也是以複數的形態存在。

此一以複數形態來存在的比值稱為複數電阻，但一般稱之為阻抗)。因此對任何一電路而言，其阻抗， Z ，被定義為跨於此一電路的相量電壓(V)與流過於其間的相量電流 I 之比值，亦即

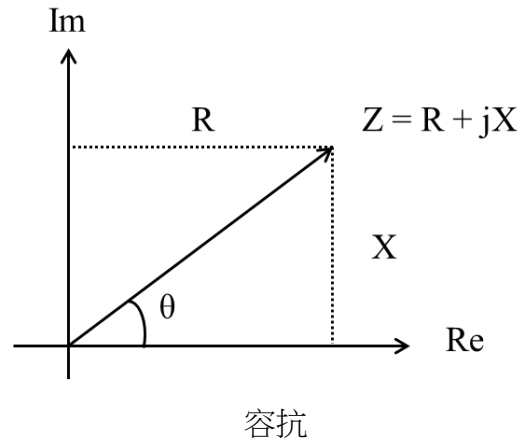
$$Z=V/I [\Omega]$$

阻抗一詞可以說是電阻與電抗之組合，也就是指阻抗是由實數的交流電阻 $R(\omega)$ 以及虛數的電抗 $X(\omega)$ 所組成，即

$$Z(\omega) = R(\omega) + jX(\omega) [\Omega]$$

阻抗及電抗如同電阻一樣單位為歐姆 $[\Omega]$ 。

電抗是儲能元件受頻率影響所形成類似電阻的電路元件。電感器所形成的電抗稱為感抗，電容器所形成的電抗稱為容抗。



在直流電路裡只有電阻的存在，當電流流過其間時，它會消耗功率。但在交流電路裡除了電阻以外，還有電抗的存在，電抗通常是由儲能元件所形成，在阻抗裡它是一虛數項，此一虛數項所代表的意義是指這些元件在電路裡並不是真正的消耗功率。因此在討論交流電路的功率時首先要知道有多少功率是真正消耗掉，而又有多少並不是真正被消耗。

對一以正弦波來激發的線性交流電路而言，所有的電壓及電流均為具有相同頻率的正弦波，而所差者是幅度及相角，這些電流及電壓一般可以表示為：

$$v(t) = V_p \cos(\omega t + \vartheta_v) = V \cos(\omega t + \vartheta_v)$$

$$i(t) = I_p \cos(\omega t + \vartheta_i) = I \cos(\omega t + \vartheta_i)$$

其中 V_p 及 I_p 表示正弦電壓及電流的峰值， V 及 I 表示正弦電壓及電流的有效值，而 θ_v 及 θ_i 分別表示它們的相角。當電路裡存在有電流及電壓時，它必定會產生功率，此一功率 $p(t)$ 可以表示為

$$\begin{aligned} p(t) &= v(t)i(t) = V_p I_p \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i) \\ &= \frac{V_p I_p}{2} \cos \theta + \frac{V_p I_p}{2} \cos(2\omega t + \theta + \theta_i) \end{aligned}$$

其中 $\theta = \theta_v - \theta_i$ 表示電壓與電流之間的相角差。假若在考慮電路的工作時以電流來作為參考軸，則

$\theta_i = 0$ ，此時 $p(t)$ 式可以改寫為：

$$= \frac{V_p I_p}{2} \cos \theta + \frac{V_p I_p}{2} \cos(2\omega t + \theta)$$

若以有效值來表示，則

$$\begin{aligned} p(t) &= VI \cos \vartheta + VI \cos(2\omega t + \vartheta) \\ &= P(1 + \cos 2\omega t) + Q \sin 2\omega t \end{aligned}$$

此一功率稱為瞬間功率。瞬間功率包含兩部分。其中第一項，即 $VI \cos \vartheta$ 與時間無關，保持為一定值，此一部分稱為平均功率，第二項 $VI \cos(2\omega t + \vartheta)$ ，隨時間作正弦變化，但它的頻率為電源頻率的兩倍。其中

$$P = VI \cos \vartheta$$

$$Q = VI \sin \vartheta$$

若對 $p(t)$ 式取其平均值，可發現其結果將等於 P ，此 P 即前述的平均功率，同時它也等於電路實際所消耗的功率，此一功率也稱為是實功率，一般消費者就是依據此一功率來支付電費，其單位如直流功率一樣為瓦(W)。

實功率與電壓電流乘積的比值為相角的餘弦，此一相角的餘弦稱為功率因數(PF)，即

$$PF = \cos \theta = \frac{P}{VI} = \frac{P}{S}$$

一交流電路其功率因數等於實功率被有效電流及有效電壓的乘積來除所得到的結果，此一有效電流及有效電壓的乘積稱為視功率，以 S 來表示，其單位為伏安(VA)。

當電流與電壓同相，亦即 $\theta = 0^\circ$ 時，視功率等於實功率，同時功率因數為 1。
當電流與電壓不同相，亦即 $\theta \neq 0^\circ$ 時功率因數少於 1，亦即實功率少於視功率。
當 $\theta = \pm 90^\circ$ 時，將無任何平均功率傳送到負載。

Q 稱為無功功率，其單位為乏(VAR)。

無功功率在 $\theta = 0^\circ$ 時並不存在，但在 $\theta = \pm 90^\circ$ 時其值為最大。

在一電路裡若視功率 S 為一定，當 $\theta = 0^\circ$ 時，所有視功率全部轉變為實功率，無功功率為零，但隨著 θ 角度絕對值的增加，實功率將隨之減少，而無功功率

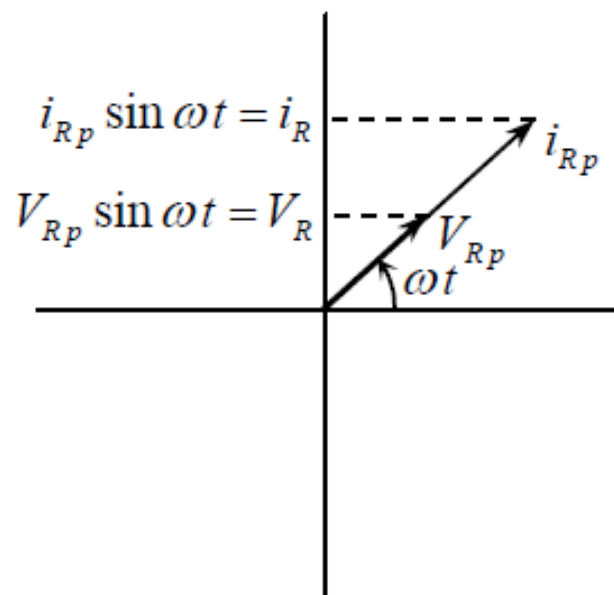
將增加，到 $\theta = \pm 90^\circ$ 時實功率完全不存在，所有視功率將全部轉變為無功功率。

對一電阻器而言，因其電流與電壓是同相，所以其實功率與視功率相等，且 $PF=1$ 。

電壓及電流相量間的相角、功率因數

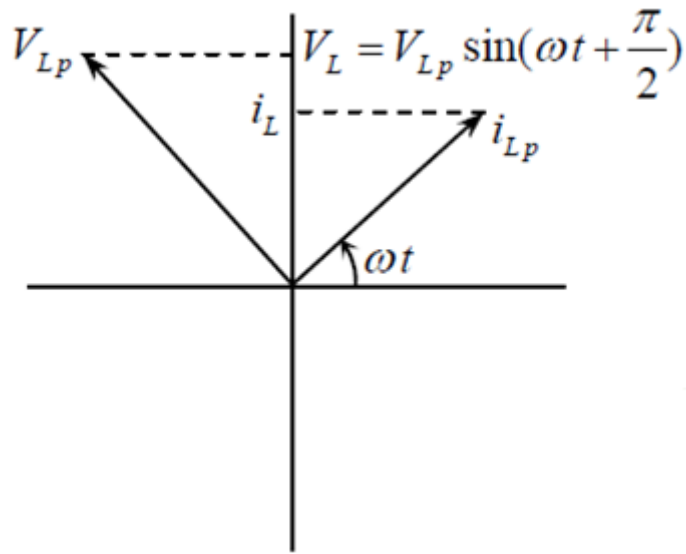
繪畫相量圖

前面我們分析 RLC 串聯或並聯的電路，運用三角函數的方式，其實另有一種很方便好用的方式，就是相量 (phasor) 圖解法，以電阻器來說，如下圖所示，其電壓與電流同步，相角相同，因此代表電壓峰值 V_{Rp} 的箭矢，與代表電流峰值 i_{Rp} 的箭矢，落在同一角度，兩者同時以角速度 ω 逆時針繞轉，其箭頭在縱軸上的投影可代表瞬時的電流 i_R 或電壓 v_R ，(當然也可規定投影至橫軸來代表)。



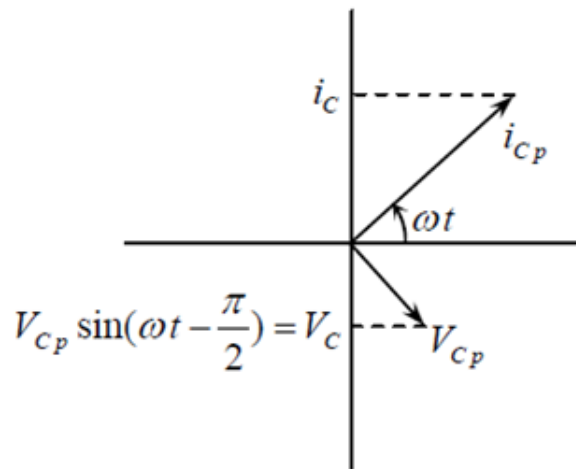
電阻器的相量圖

而對電感器來說，如下圖所示，其電壓超前電流 $1/4$ 周期，因此代表電壓峰值 V_{Lp} 的箭矢，比代表電流峰值 i_{Lp} 的箭矢，超前了 90° 的角度。



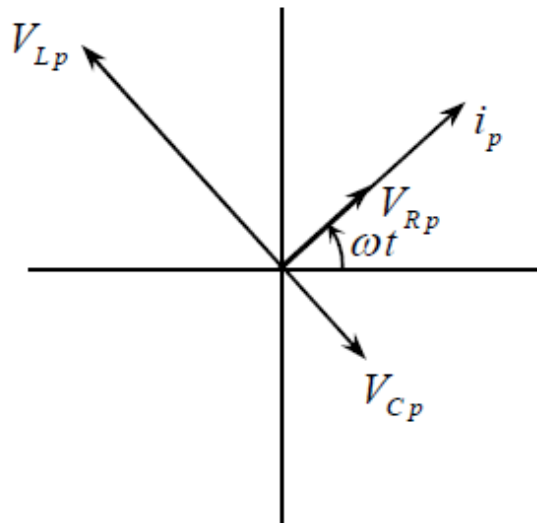
電感器的相量圖

至於電容器，如下圖所示，其電壓落後電流 $1/4$ 周期，因此代表電壓峰值 V_{Cp} 的箭矢，比代表電流峰值 i_{Cp} 的箭矢，落後了 90° 的角度，

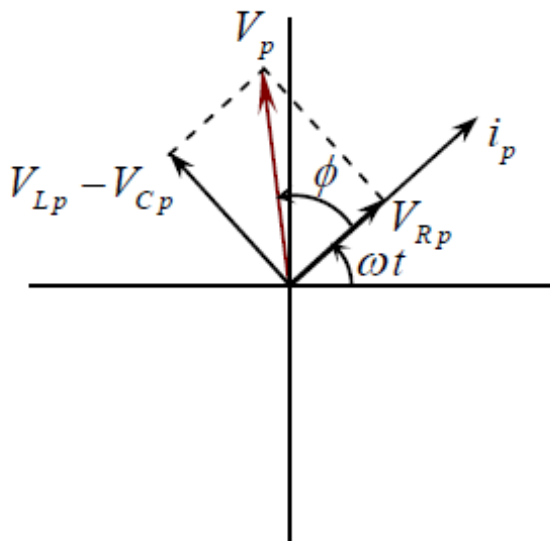


電容器的相量圖

將以上基本概念運用到 RLC 串聯電路的時候，由於整串的電流相同，因此以共通的電流相量 i_p (代表電流振幅) 當基準，畫出來的相量圖如下圖，



RLC 串聯電路的相量圖



RLC 串聯電路的總電壓相量圖

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMELDE314A

「評估直流及單相交流電路的表現」

評核指引

1. 評核方式

如前所述，使用者可自行設計適合自身需要及教學對象的評核項目，以下是部份可行的例子：

- 口試（例如模擬一工程項目的小組討論或面見，要求學員參與，設定評分標準）
- 筆試考核（設定筆試題目，考核學員的相關知識）
- 其他（例如實務演示、視像記錄等）

上述例子可混合使用。無論採用何種評核方式，使用者必需考慮本能力單元的教學內容多為技術知識，且顧及其資歷架構 3 級之水平；在設計評核方式時，應切合這些面向，包括能有效地測試學員對基本電路理論的理解及運算。以此為邏輯，筆試會是較為合適的評核方式。

以下是以筆試作為評核模式的示範例子：

- 評核模式為：筆試

2. 評核方式設計範例

為檢視學員之學習進度是否有所增長，進而檢視教學成果，本指引建議在整個教學過程中，設兩次筆試評核，一次為期中考試（即持續評核）；另一次為期末考試。持續評核筆試之模式建議如下：

- 筆試內容為：電學數學運算題
- 題目數量為：5 - 10 題或以上
- 使用者應準備試題庫，預先編撰足夠數量之試題，確保每次筆試時，題目不至過份重複；建議試題庫之題目數量應為實際考試題目數量之 4 倍

無論評核模式如何，試題內容應配合教學進度。此外，試題內容亦理應配合教

學內容及本能力單元所涵蓋之知識範圍。

另外，為確保評核質素，使用者應定時檢討試題內容，視乎需要更新試題，以確保所考核之內容為該領域之最新知識，貼近業界現況；本指引建議培訓機構至少每一年進行一次試題檢討。

3. 評核項目與預定學習成效

設計評核方式時，應留意評核項目必需切合預期學習成效，確保兩者能充份配對。以本能力單元的預期學習成效及筆試的評核方式而言，兩者的配對如下：

評核項目	<u>預期學習成效一</u> 能夠運用基本電路理論，評估交直流電路的表現	<u>預期學習成效二</u> (如使用者自訂其他預期學習成效)
評核項目一 (例如：持續評估——筆試)	✓	
評核項目二 (例如：期末考試——筆試)	✓	✓
…… (如有更多評核項目，可繼續延伸下去)		✓

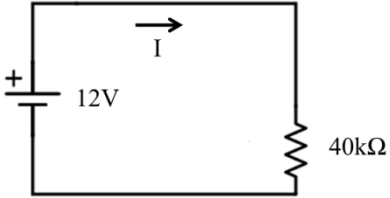
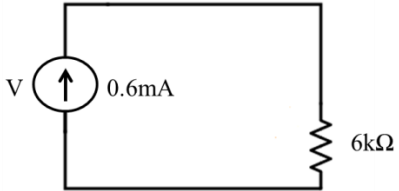
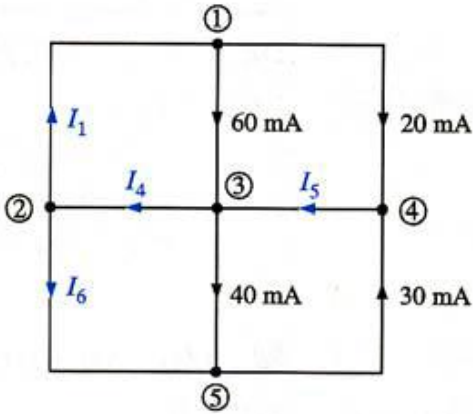
4. 評核試題範例

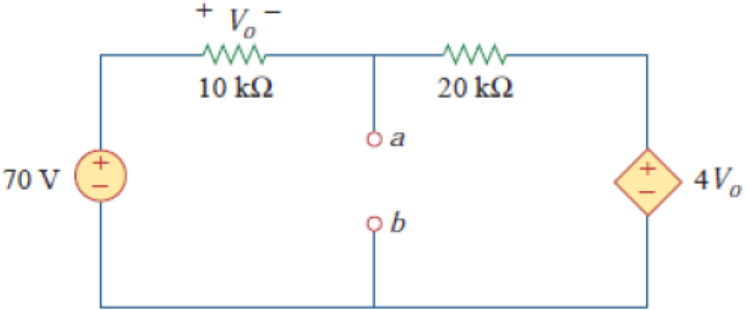
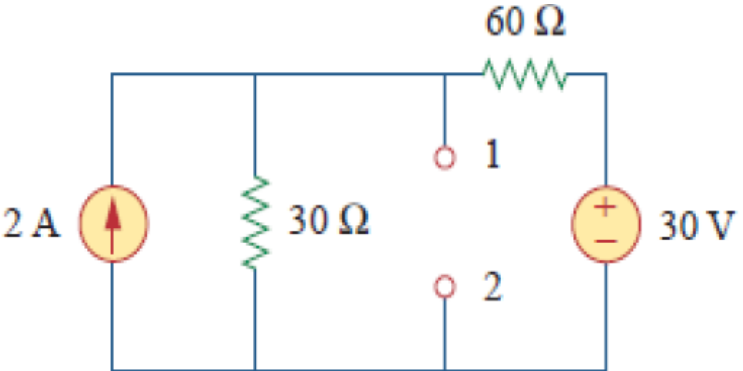
下頁是本指引所建議的評核方式（筆試）的試題範例樣本（附件 A-03），使用者可用作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的評核內容。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

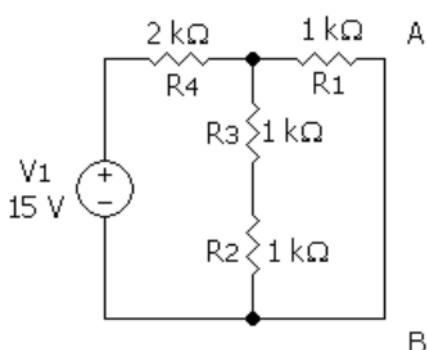
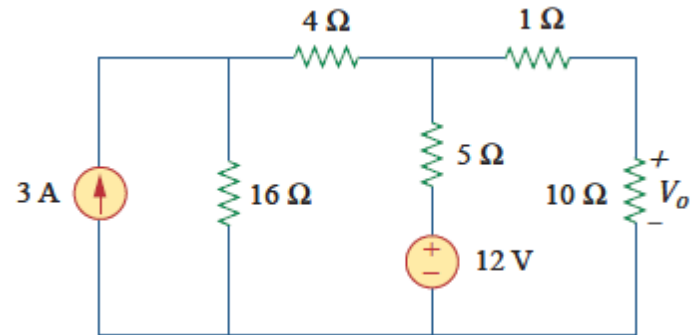
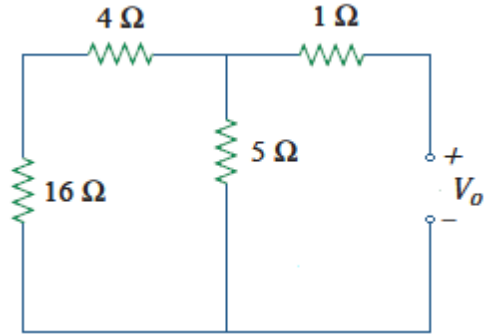
附件 A-03

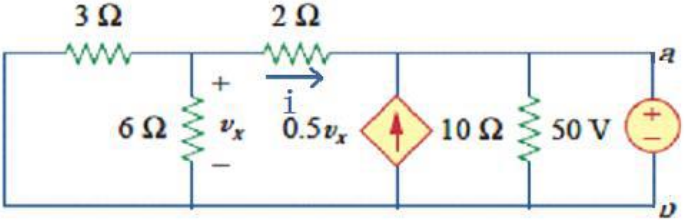
能力單元 EMELDE314A 「評估直流及單相交流電路的表現」

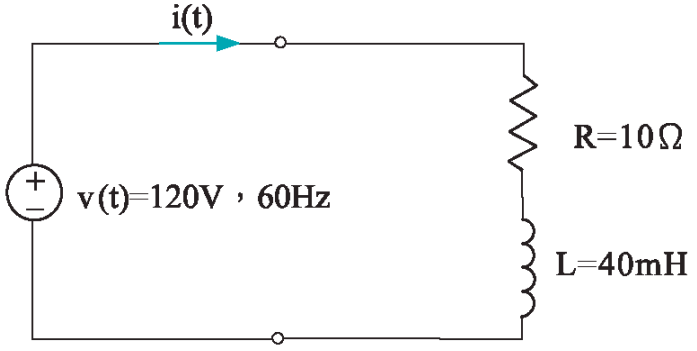
評核試題範例樣本

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分50%或以上為合格）
Q1	<p>從下圖(a)中，求功率及電流 I，從下圖(b)中，求功率及電壓 V。 (5 分)</p> <p>(a) </p> <p>(b) </p>	<p>(a)解</p> $p = \frac{v^2}{R} = \frac{12^2}{40k} = 3.6 \text{ mW}$ $i = \frac{v}{R} = \frac{12}{40k} = 0.3 \text{ mA}$ <p>(b)解</p> $p = i^2 R = 0.6^2 \times 6k = 2.16 \text{ mW}$ $v = iR = 0.6 \times 6k = 3.6 \text{ V}$	<p>(a)</p> <p>公式正確 (0.5)</p> <p>解題步驟正確 (1)</p> <p>數值答案正確 (1)</p> <p>(b)</p> <p>公式正確 (0.5)</p> <p>解題步驟正確 (1)</p> <p>數值答案正確 (1)</p>
Q2	<p>從下圖中，求 I_1、I_4、I_5、I_6 (5 分)</p> 	<p>解:</p> <p>由節點 1 可得 $60 + 20 = I_1$，$I_1 = 80 \text{ mA}$</p> <p>由節點 4 可得 $20 + 30 = I_5$，$I_5 = 50 \text{ mA}$</p> <p>由節點 5 可得 $40 + I_6 = 30$，$I_6 = -10 \text{ mA}$</p> <p>由節點 3 可得 $60 + I_5 = I_4 + 40$，$I_4 = 70 \text{ mA}$</p>	<p>公式正確 (1)</p> <p>解題步驟正確 (2)</p> <p>數值答案正確 (2)</p>

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分50%或以上為合格）
Q3	<p>從下圖中，求 V_{ab} (5 分)</p> 	<p>解:</p> $V_o + 2V_o(20\text{K Ohms}) + 4V_o = 70\text{V}$ $V_o = 10\text{V}$ $V_{ab} = 70\text{V} - V_o$ $= 2V_o + 4V_o$ $= 60\text{V}$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>
Q4	<p>從下圖中，求 V_{12} (5 分)</p> 	<p>解:</p> $V_{\text{sigma}} = 60\text{V} - 30\text{V} = 30\text{V}$ $R_{\text{sigma}} = 30\text{ Ohm} + 60\text{ Ohm} = 90\text{ Ohm}$ $I_{\text{sigma}} = V_{\text{sigma}}/R_{\text{sigma}} = 1/3\text{ A}$ $V_{12} = I_{\text{sigma}} \times 60 + 30\text{V}$ $= 1/3 \times 60 + 30\text{V} = 50\text{V}$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分50%或以上為合格）
Q5	<p>求 I_{AB} 及戴維南等效電阻 R_{th} (5 分)</p> 	<p>解:</p> $R_{2,3} = R_2 + R_3 = 2 \Omega$ $R_{2,3,1} = R_{2,3} \parallel R_1 = 2/3 \Omega$ $R_{\sigma} = R_{1,2,3,4} = R_{2,3,1} + R_4 = 8/3 \Omega$ $I_{\sigma} = V_1 / R_{\sigma} = 45/8 \text{ A}$ $I_{AB} = I_{\sigma} * (R_2 + R_3) / (R_1 + R_2 + R_3) = 15/4 \text{ A}$ $R_{th} = V_{AB} / I_{AB} = 2 \Omega$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>
Q6	<p>求戴維南等效電阻 R_{th} (5 分)</p> 	 <p>解:</p> $R_1 = 16 \Omega + 4 \Omega = 20 \Omega$ $R_2 = R_1 \parallel 5 \Omega$ $= 20 \Omega \parallel 5 \Omega$ $= 4 \Omega$ $R_{\sigma} = R_2 + 1 \text{ Ohm} = 5 \Omega$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分50%或以上為合格）
Q7	<p>求戴維南等效電阻 R_{th} (5 分)</p> 	<p>Vth: $(2i + 0.5 V_x) * 10 + 2i = V_x$ $(V_x/6 + i) * 3 + V_x = 50$ $V_x = 100V, i = -33.3A$ $V_{th} = (0.5 V_x + i) = 166.67 V$</p> <p>Rth: $\frac{V_x}{6} + \frac{V_x}{3} + i = 0$ $V_x - 2i = 50$ $i = -12.5A, V_x = 25V$ $I_{ab} = -i - 0.5V_x + 5$ $= 5A$</p> <p>Rth = 50V/ lab = 10 Ω</p>	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>
Q8	<p>有一負載跨於其上的電壓為 $10\cos(120\pi t + 12^\circ)V$ 及流過其間的電流為 $2.5\cos(120\pi t - 37^\circ)A$，試求此一負載的電抗為多少？(5 分)</p>	<p>[解]：由正弦波與相量的轉變關係可知負載電壓及負載電流可以分別表示為：</p> $V = 10\angle 12^\circ V$ $I = 2.5\angle -37^\circ A$ <p>因此負載的阻抗為：</p> $Z = \frac{V}{I} = \frac{10\angle 12^\circ}{2.5\angle -37^\circ} = 4\angle 49^\circ \Omega$ $= 2.62 + j3.02\Omega$ <p>故電抗為 3.02Ω 並具有電感性。</p>	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分50%或以上為合格）
Q9	<p>試求 RL 串聯電路的功率因數、平均功率以及無功功率。(5 分)</p> 	<p>電路的阻抗為</p> $Z = 10 + j120\pi \times 0.04$ $= 10 + j15.1$ $= 18.1 \angle 56.4^\circ [\Omega]$ <p>電流:</p> $I = \frac{V}{Z} = \frac{120 \angle 0^\circ}{18.1 \angle 56.4^\circ} = 6.63 \angle -56.4^\circ A$ <p>功率因數</p> $PF = \cos \theta = \cos 56.4^\circ = 0.553$ <p>平均功率</p> $P = VI \cos \theta = 120 \times 6.63 \cos 56.4^\circ$ $= 440 W$ <p>無功功率</p> $Q = VI \sin \theta = 120 \times 6.63 \sin 56.4^\circ$ $= 663 VA$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMELDE315A

「評估三相交流電路的表現」

教學指引

1. 預期學習成效

依據本單元之能力單元指引，本單元課程之預期學習成效應為讓學員：

- 能運用基本交流電路理論，評估三相平衡電力系統之各種表現
- 能運用基本交流電路理論，評估三相不平衡電力系統之各種表現

上述乃本能力單元的預期學習成效，如使用者在設計課程時會整合「行業知識」內的所有能力單元，則除本能力單元的預期學習成效外，亦應設定「行業知識」的綜合預定學習成效，相關指引可見《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的相關部份。

使用者亦可視自身需要，調整預期學習成效。

2. 建議教學對象

由於本能力單元對教學對象並無特別前設，因此本指引建議教學對象同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第3部份所列之要求。

3. 導師資歷建議

導師資歷同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第4部份。

4. 教學模式及時數

由於此能力單元以講解基本電路理論為授課重心，學員理應花費較多時間進行自學及溫習，以鞏固知識。另外，由於本能力單元不涉及實務練習，師生比例較有彈性，一位導師理應可較實務課程教授更多學生。綜合上述所言，本指引建議教學模式如下：

- 建議教學模式為：課堂面授
- 能力單元總學習時數為：60 小時
- 課堂面授與學員自學時間的比例建議為：1:2
- 建議面授時數為：20 小時
- 建議自學時數為：40 小時
- 建議評核時數：2 小時（包含於面授時數之內）
- 建議師生比例上限為：1:30

如依照上述設計，此能力單元的學習時數將如下：

建議學習時數			總學習時數	資歷學分
面授時數	自學時數	評核時數 (包含於面授時數之內)		
20	40	2	60	6

上述模式為建議；使用者可就收生條件、導師資歷、導師意見等各項因素，調整各項比例至切合實際情況之合理水平。

除上述的建議安排外，使用者亦可視自身條件及需要，調整教學模式。例如使用者如為公司或晚間培訓機構，則可考慮將課程設計為非全日制，雖然整體培訓日數可能會延長，卻能方便教學對象修讀課程。設若使用者能安排全日制上課，而教學對象亦能配合，則可考慮設計全日制課程，有助縮短整體課程日數。

使用者亦可視教學對象的條件及背景，調整教學時數的分配。例如若學員的程度較為初級，則可考慮增加面授時數，並減少自學時數；若學員程度較高，則可考慮減少面授時數，增加自學時數。

指引重點：

課堂面授及實習、面授與自學時數比例、教學模式等可視乎需要調整。

5. 教學地點及設備要求

本能力單元偏重理論知識，授課模式主要為面授講學，不涉及實務練習，因此本指引建議教學地點及設備之基本要求如下：

- 配備一般講課設備（如白板及粗體筆、投影機、投影螢幕、電腦、擴音系統、椅子、桌子等）之課室
- 課室面積以能容納所有師生而不至擠迫為佳；建議人均空間應達 1.1 平方米或以上
-

指引重點：

課室應配備基本講課設備，並足以提供師生舒適的空間。

6. 面授及自學時數安排

使用者應自行設計及決定每一節課堂或培訓時段的時數，以此安排面授時數、自學時數、以及每個時段內所教授的課題。以下是一個課時安排的例子：

	課堂或培訓時段	面授時數	自學時數
	第 1 節	3	6
	第 2 節	3	6
	第 3 節	3	6
	第 4 節	3	6
	第 5 節	3	6
	第 6 節	3	6
	第 7 節	2	4
總計		20	40

7. 學習活動、自學活動安排

學習活動指使用者應該在課堂面授時段進行的教學活動。

由於使用者來自不同背景，培訓的目的及設計不可能相同，因此本指引不會規定學習活動內容，使用者需自行設計適合的學習活動。以下是一些建議及例子：

一般而言，可行的學習活動包括但不限於：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 導師使用實物示範演練
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員在導師指導下使用實物練習
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

無論使用者是培訓機構或是行內企業，皆可考慮設計上述學習活動。以下在設計本能力單元的學習活動時可參考的活動例子：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

自學活動應該限於學員能夠獨自於家中安全進行的學習活動。

使用者應自行設計自學活動的安排，如有需要亦應為自學活動編製教材。以下是自學活動的例子：

- 溫習教學筆記
- 閱覽補充資料、參考資料
- 於指定網站瀏覽補充資料、參考資料
- 一些簡單習作，例如工作紙、不納入評核計分的問題集；形式可參考「評核指引」及試題樣本

以本能力單元而言，自學活動建議（但不限於）如下：

- 溫習教學筆記
- 閱覽於「教學資料範例」所列的參考資料
- 閱覽機電工程署於網上刊登及出版的相關刊物
- 供電商於網上刊登及出版的相關刊物
- 參考「評核指引」及試題樣本製作的問題習作

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMELDE315A

「評估三相交流電路的表現」

教學資料範例

1. 能力單元說明

本能力單元之授課範圍理應如資歷架構秘書處所編撰之「EMELDE315A 評估三相交流電路的表現」能力單元說明內所定；請參閱下頁的能力單元說明（附件 B-01）。

能力單元說明雖然劃定了教學範圍，但使用者亦可視乎自身需要進行一定的調整。例如若使用者是公司，希望以教材套為藍本設計在職培訓現職的員工，則可調整教學範圍至適合其公司自身的面向，包括所採用的工程規格、圖則、術語、裝置名稱、分工結構、員工的溝通方式等等，使設計更切合其公司的工作需求。設若使用者是教學組織，並未有特定某一確切職位的在職培訓，則可制定較為廣闊的教學範圍，不必重點針對某一系統的知識。

本能力單元之教學順序可跟從其能力單元說明之順序，但如使用者認為有需要，亦可更改順序至合適的狀況。

附件 B-01

「EMELDE315A 評估三相交流電路的表現」能力單元說明

1. 名稱	評估三相交流電路的表現
2. 編號	EMELDE315A
3. 應用範圍	用於電力工程有關的工程工作上，能運用基本交流電路理論，評估三相交流電路的表現，應用於一般機電工程，如：評估三相電路負載情況、電流分佈等。
4. 級別	3
5. 學分	6
6. 能力	<p style="text-align: center;"><u>表現要求</u></p> <p>6.1 明白基本交流電路理論 ◆ 明白基本交直流電路理論，包括：三相三線平衡負載交流電路及三相四線不平衡負載電路的電壓、電流、電路阻抗，功率及功率因數等</p> <p>6.2 評估三相交流電路的表現 ◆ 能運用基本交流電路理論，評估三相交流電路的表現，包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 三相三線星形及角形接駁負載的線電壓與相電壓的關係及線電流與相電流的關係及繪畫相關相量圖 • 三相三線星形及角形接駁平衡負載電路（每相負載不超過兩個電氣元件）的電壓、電流、電路阻抗、功率和功率因數等數據及繪畫相關相量圖 • 三相四線星形接駁不平衡負載電路（每相負載不超過兩個電氣元件）的電壓、電流、電路阻抗和功率等數據及繪畫相關相量圖

7. 評核指引	此能力單元的綜合成效要求為： (i) 能運用基本交流電路理論，評估三相平衡電力系統的各種表現；及 (ii) 能運用基本交流電路理論，評估三相不平衡電力系統的各種表現。
8. 備註	

2. 教學材料

依據本指引之教學設計，本單元之面授課堂時數與學員自學時數之比例為 1：2，學員會有較多時間進行自學。因此，除教學筆記外，培訓機構亦可加入其他教學材料，讓教材更為豐富，以下是該等材料的可能例子：

- 示範錄像
- 模擬的工作圖則
- 相關的規例及工作守則
- 網上的公開資料
- 實物教具或其圖片

以下所列之參考資料乃為教學一方所設，其程度之深及範圍之廣未必切合本能力單元所需，培訓機構若要以下列資料為基礎編撰教材，應配合教學對象之條件及本能力單元之涵蓋範圍作出調整，並需留意版權問題。部分參考資料可能未有中文譯本，培訓機構如以該等資料為基礎編撰教材，應將其內容轉譯為中文，以切合教學對象之程度。

本能力單元之建議參考資料如下：

1. 《電力（線路）規例工作守則》（必須為最新版本），可於機電工程署網站免費下載，此指引編寫時之最新版本為 2015 年版
2. 《低壓電氣裝置指南（第三版）》。2009。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
3. 《Introduction to Electrical Engineering》1995 J. David Irwin, David V. Kerns ISBN0023599308
4. 《基本電學（電工原理）（5 版）》。程林、理查曼。鼎文書局
5. 《香港電工工地手冊》。2016。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
6. 《電工法規（修訂二版）》。黃國軒、陳美汀。全華科技圖書股份有限公司
7. 《電力裝置實用手冊——第三版》。2007。陳樹輝。萬里機構
8. 《最新電力測量儀器用法圖解（第一冊）》。成發電機機械工程公司

9. 《最新實用電工手冊》。2000。邵海忠。化學工業出版社
10. 《電動機控制》。陳文耀。復文書局

上述參考資料並未盡錄，使用者可使自身需要及資源，採用其他合適的參考資料。

3. 教學筆記範例

下頁是一份教學筆記範例（附件 B-02）的樣本，使用者在編撰教材時可作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的教材。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

4. 教材內容與應用

本指引建議教學內容應該盡量配合預定培訓工種的工作內容，本能力單元的教材在內容上亦應該能配合應用於預定培訓工種的工作內容，以本能力單元的教學內容而言，以下是其中一種應用方式的例子：

- ◆ 使電工 / 電氣打磨裝配工 / 電氣佈線工 / 控制板裝配工 / 電纜接駁技工 / 機電業技術員 / 機電維修員 / 機電工程科文 / 管工 / 監督員 / 機電工程科文 / 管工等工種人員，在進行工程工作時，能運用基本交流電路理論，評估三相交流電路的表現，應用於一般機電設計、發展、製造、安裝、測試、調試工程，如：評估三相電路負載情況、電流分佈等。

使用者應該設計適合自身需要的應用方式，但以本能力單元而言，以下關鍵課題必需涵蓋：

- ◇ 三相三線平衡負載交流電路
- ◇ 三相四線不平衡負載電路的電壓
- ◇ 電流
- ◇ 電路阻抗
- ◇ 功率及功率因數

附件 B-02

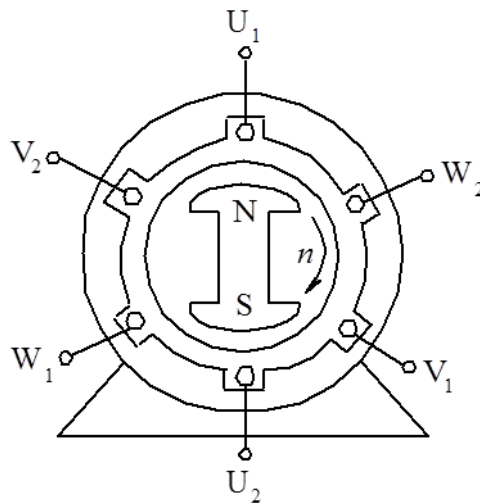
能力單元 EMELDE315A 「估三相交流電路的表現」

教學筆記範例樣本

基本交流電路理論

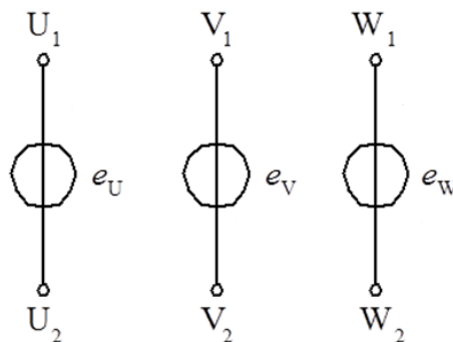
對稱三相電動勢的產生

- 對稱三相電動勢定義：對稱三相電動勢，指的是幅值相等、頻率相同、相位互差 120° 的三個電動勢。
- 對稱三相電動勢產生：對稱三相電動勢一般是由三相交流發電機產生的。如下圖所示是三相交流發電機的結構示意圖。



三相交流發電機的結構示意圖

當轉子磁極以角頻率 ω 勻速旋轉時，定子每相繞組的導體就切割磁力線，在三相繞組中產生隨時間按正弦規律變化的感應電動勢，這三個感應電動勢的幅值相等、頻率相同、相位互差 120° ，相當於三個獨立的交流電壓源，如下圖所示。



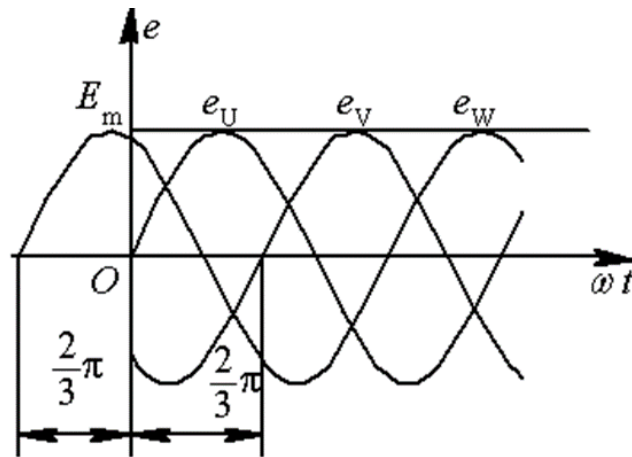
三個獨立的交流電壓源

這三個電動勢即為對稱三相電動勢。規定對稱三相電動勢的方向是從繞組的末端指向始端。三相對稱電動勢的瞬時值運算式為：

$$e_U = E_m \sin \omega t$$

$$e_V = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

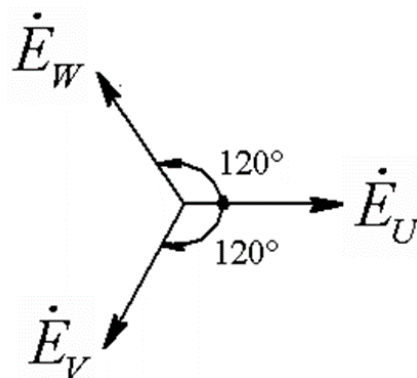
$$e_W = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$



波形圖

三相交流電依次達到正最大值（或相應零值）的順序稱為相序（phase sequence）。上述對稱三相電動勢的相序是 $U \rightarrow V \rightarrow W$ 。把 $U \rightarrow V \rightarrow W$ 的相序稱為順相序（positive sequence），通常都是採用順相序。

在三相繞組中，把哪一個繞組當作 U 相繞組是無關緊要的，但 U 相繞組確定後，電動勢比 E_U 滯後 120° 的繞組就是 V 相，電動勢比 E_U 滯後 240° （超前 120° ）的那個繞組則為 W 相



相量圖

相量運算式為：

$$\dot{E}_U = E \angle 0^\circ$$

$$\dot{E}_V = E \angle -120^\circ$$

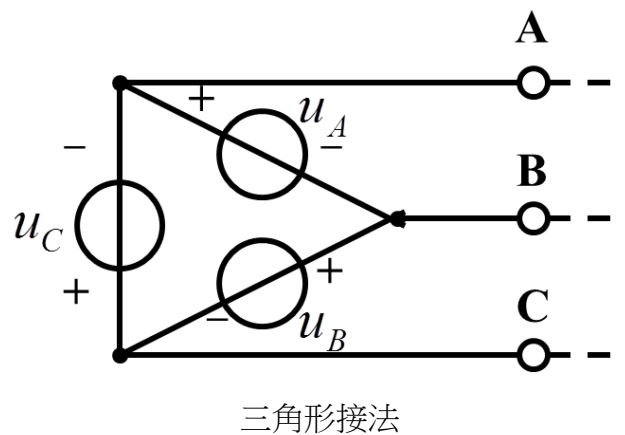
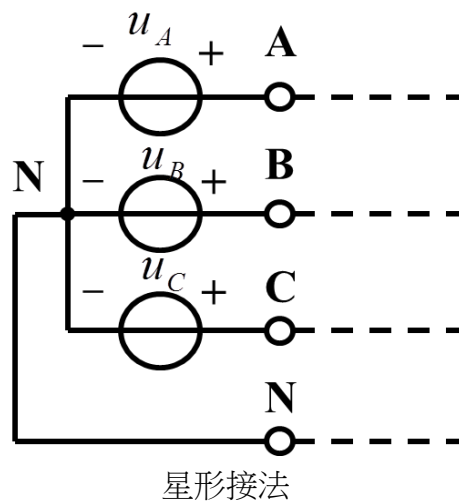
$$\dot{E}_W = E \angle -240^\circ$$

很明顯，根據 KVL，對稱三相電動勢的瞬時值或相量之和為零

$$\left. \begin{aligned} e_U + e_V + e_W &= 0 \\ \dot{E}_U + \dot{E}_V + \dot{E}_W &= 0 \end{aligned} \right\}$$

對稱三相電源

對稱三相電源是由 3 個等幅值、同頻率、初相依次相差 120° 的正弦電壓源連接成星形或三角形組成的電源。



星形接法中，電壓源的參考方向是以中點處為負；三角形接法中，電壓源的連接是順次相接形成一個回路，如果接錯，將可能形成很大的環形電流。

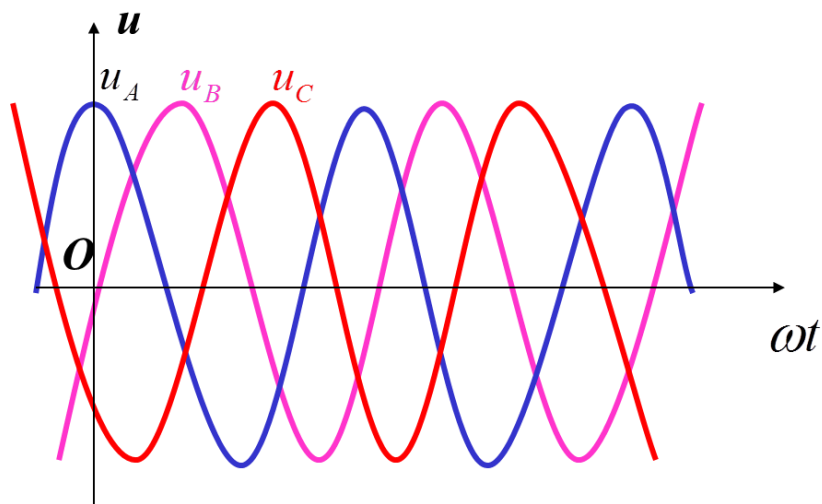
三個電源依次稱為 A 相、B 相和 C 相，它們的電壓為：

$$u_A = \sqrt{2}U \cos(\omega t)$$

$$u_B = \sqrt{2}U \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_C = \sqrt{2}U \cos(\omega t + 120^\circ)$$

$$u_A + u_B + u_C = 0$$



電壓的相序波形圖

三相電壓的相序

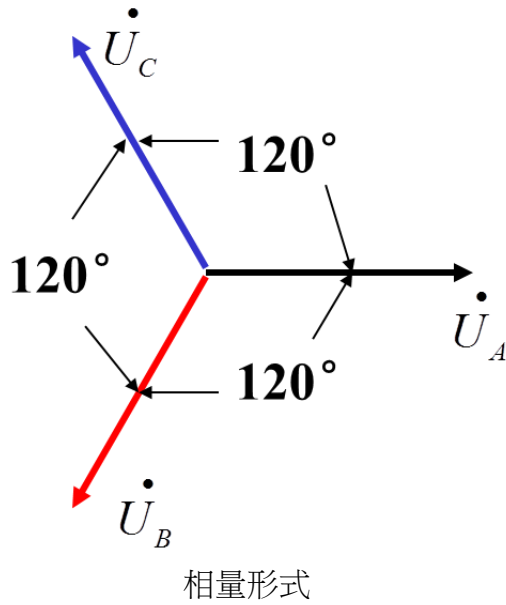
上述三相電壓的相序（次序）A、B、C 稱為正序或順序。與此相反，如 B 相超前 A 相 120° ，C 相超前 B 相 120° ，這種相序稱為反序或逆序。電力系統一般採用正序。

$$\dot{U}_A = U \angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_B = U \angle -120^\circ = \alpha^2 \dot{U}_A$$

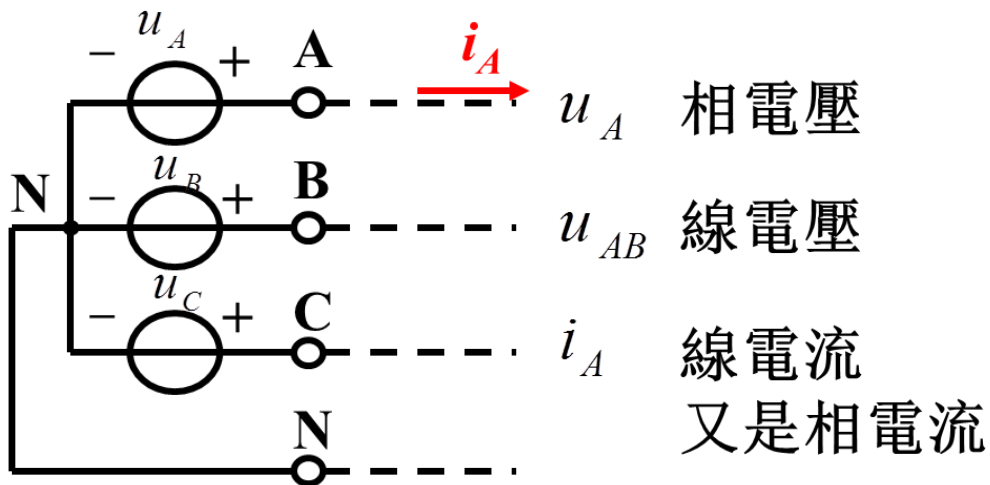
$$\dot{U}_C = U \angle 120^\circ = \alpha \dot{U}_A$$

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$$

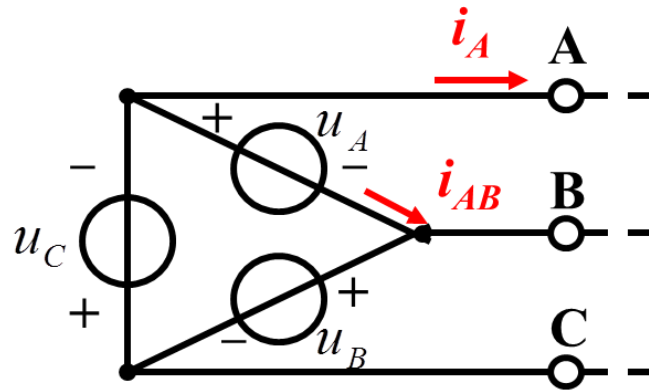


三相電路的基本概念

- 1、端線：從 3 個電壓源正極性端子 A、B、C 向外引出的導線。
- 2、中線：從中（性）點 N 引出的導線。
- 3、線電壓：端線之間的電壓。
- 4、線電流：端線中的電流。
- 5、相電壓：電源每一相的電壓，或負載阻抗的電壓。
- 6、相電流：各相電源中的電流或負載阻抗的電流。



三相星形電路的基本概念



u_A 相電壓
又是線電壓

i_A 線電流

i_{AB} 相電流

三相三角形電路的基本概念

電源和負載的連接

1、負載的連接方式

負載也可以連接成星形或三角形。

當三相阻抗相等時，就稱為對稱三相負載。

2、三相電路

從對稱三相電源的3個端子引出具有相同阻抗的3條端線（或輸電線），把一些對稱三相負載連接在端線上就形成了對稱三相電路。

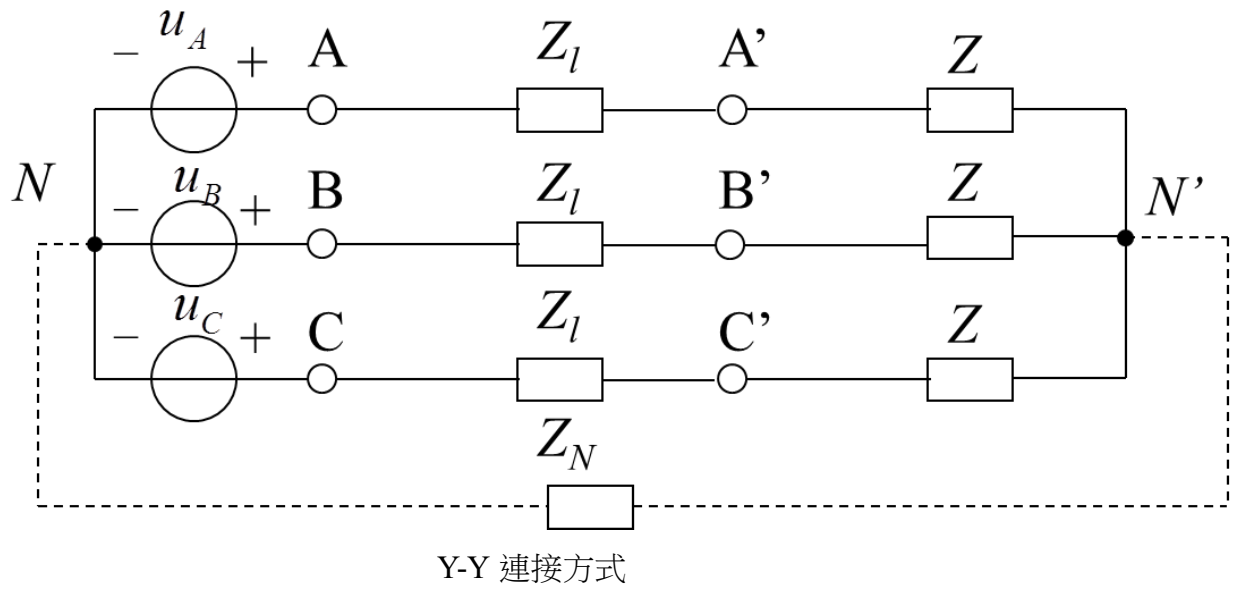
實際三相電路中，三相電源是對稱的，3條端線阻抗是相等的，但負載則不一定是對稱的。

3、三相電路的連接方式

三相電源為星形電源，負載為星形負載，稱為Y-Y連接方式；

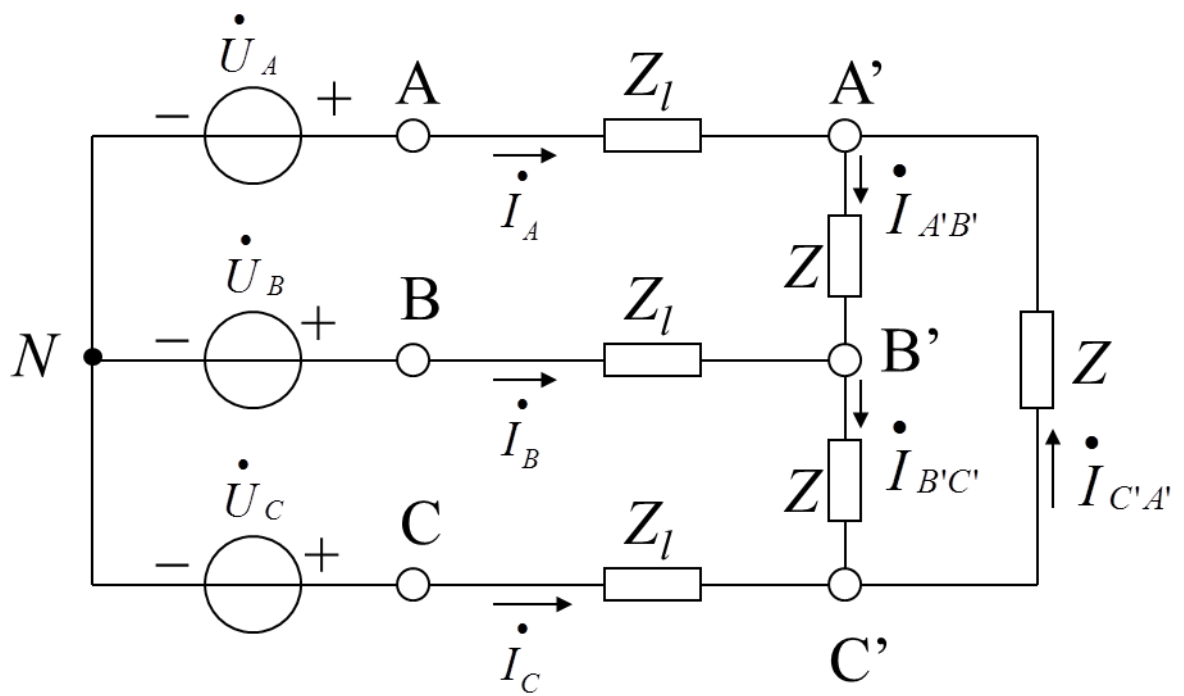
三相電源為星形電源，負載為三角形負載，稱為Y- Δ 連接方式；

此外還有 Δ -Y連接方式和 Δ - Δ 連接方式。



Z 是端線的阻抗。

有中線時，稱為三相四線制，也稱為 Y_0 接法

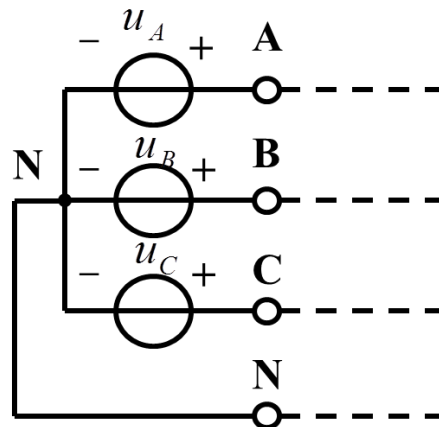


線電壓(電流)與相電壓(電流)的關係

三相電源的線電壓和相電壓、線電流和相電流之間的關係都與連接方式有關。對於三相負載也是如此。

線電壓與相電壓的關係

1、星形連接



星形連接

對於對稱星形電源，依次設其線電壓為

$$\dot{U}_{AB} \quad \dot{U}_{BC} \quad \dot{U}_{CA}$$

相電壓為

$$\dot{U}_A \quad \dot{U}_B \quad \dot{U}_C \quad (\text{或} \dot{U}_{AN} \quad \dot{U}_{BN} \quad \dot{U}_{CN})$$

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B = (1 - \alpha^2) \dot{U}_A = \sqrt{3} \dot{U}_A \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C = (1 - \alpha^2) \dot{U}_B = \sqrt{3} \dot{U}_B \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A = (1 - \alpha^2) \dot{U}_C = \sqrt{3} \dot{U}_C \angle 30^\circ$$

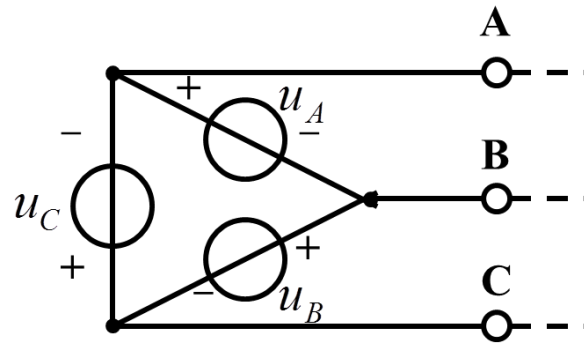
若 $U_A=220V$,則 $U_{AB}=380V$

電壓相量圖

線電壓與對稱相電壓

之間的關係可以用圖示電壓正三角形說明相電壓對稱時，線電壓也一定依序對稱。線電壓是相電壓的 $\sqrt{3}$ 倍，依次超前相應相電壓的相位為 30° ，實際計算時，只要算出一相就可以依序寫出其餘兩相。

2、三角形電源



三角形連接

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A \quad \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B \quad \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C$$

3、對稱星形負載和三角形負載

以上有關線電壓和相電壓的關係同樣適用。

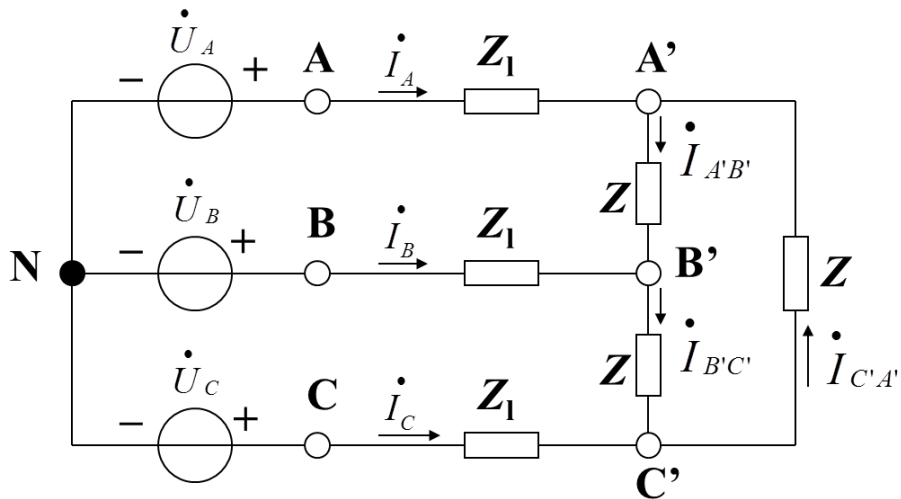
二、對稱三相負載中線電流和相電流的關係

1、負載星形連接

線電流顯然等於相電流

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{NA}, \dots$$

2、負載三角形連接



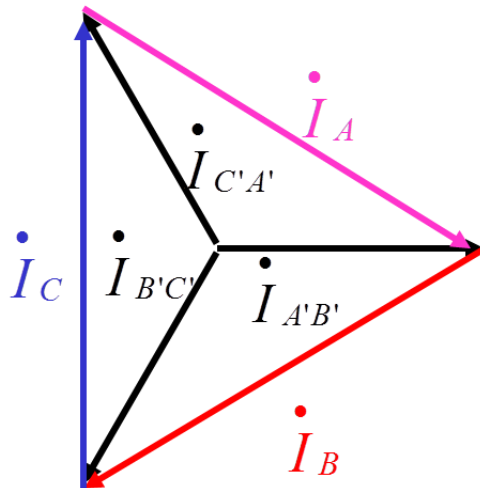
負載三角形連接

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A'B'} - \dot{I}_{C'A'}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B'C'} - \dot{I}_{A'B'}$$

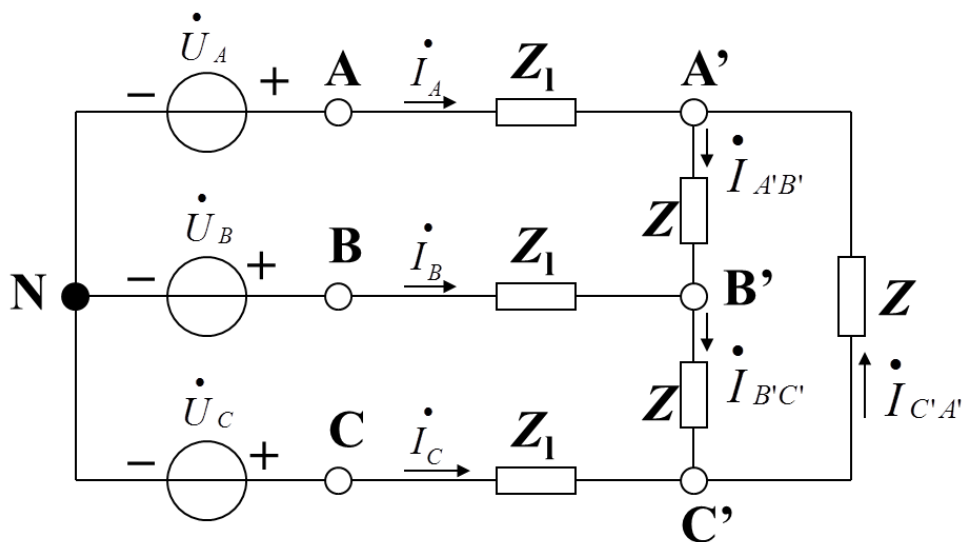
$$\dot{I}_C = \dot{I}_{C'A'} - \dot{I}_{B'C'}$$

電流相量圖



電流相量圖

線電流與對稱的三角形負載相電流之間的關係可以用圖示電流正三角形說明，相電流對稱時，線電流也一定對稱，線電流是相電流的 $\sqrt{3}$ 倍，依次滯後相應相電流的相位為 30° 。實際計算時，從下圖中，只要算出一相就可以依序寫出其餘兩相。



負載三角形連接

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A'B'} - \dot{I}_{C'A'} = (1 - \alpha^2) \dot{I}_{A'B'} = \sqrt{3} \dot{I}_{A'B'} \angle -30^\circ$$

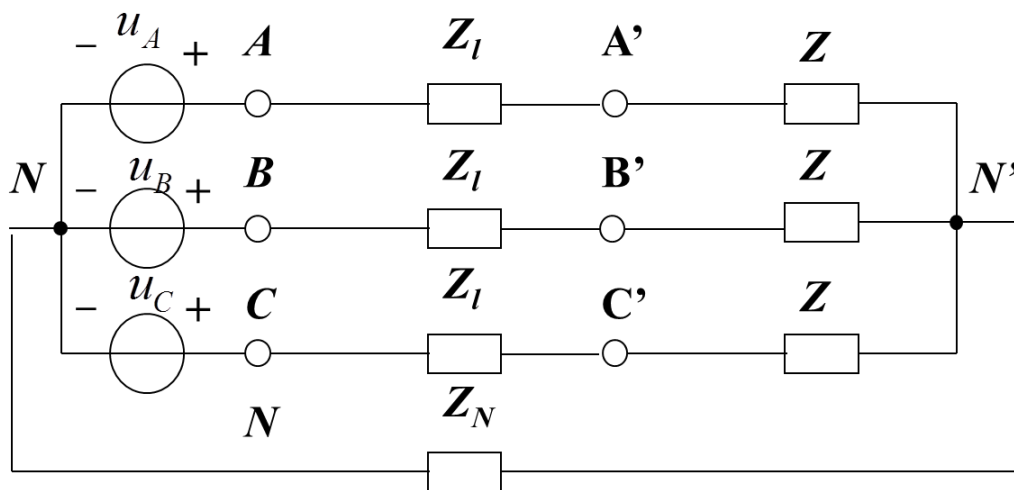
$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B'C'} - \dot{I}_{A'B'} = (1 - \alpha^2) \dot{I}_{B'C'} = \sqrt{3} \dot{I}_{B'C'} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{C'A'} - \dot{I}_{B'C'} = (1 - \alpha^2) \dot{I}_{C'A'} = \sqrt{3} \dot{I}_{C'A'} \angle -30^\circ$$

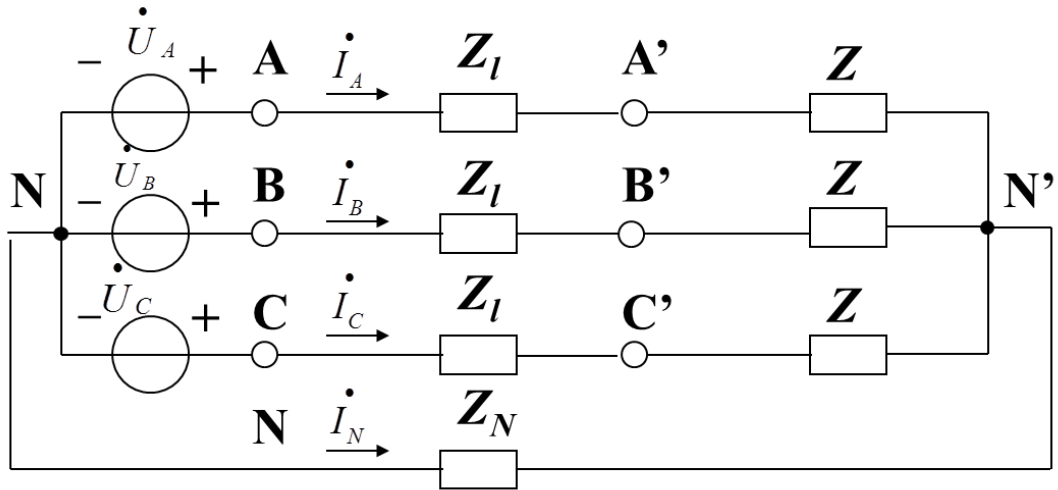
對稱三相電路的計算

三相電路實際上是正弦電流電路的一種特殊類型。因此，前面對正弦電流電路的分析方法對三相電路完全適用。根據三相電路的一些特點，可以簡化對稱三相電路分析計算。

一、對稱三相四線制電路



對稱三相四線制電路



對稱三相四線制電路電流

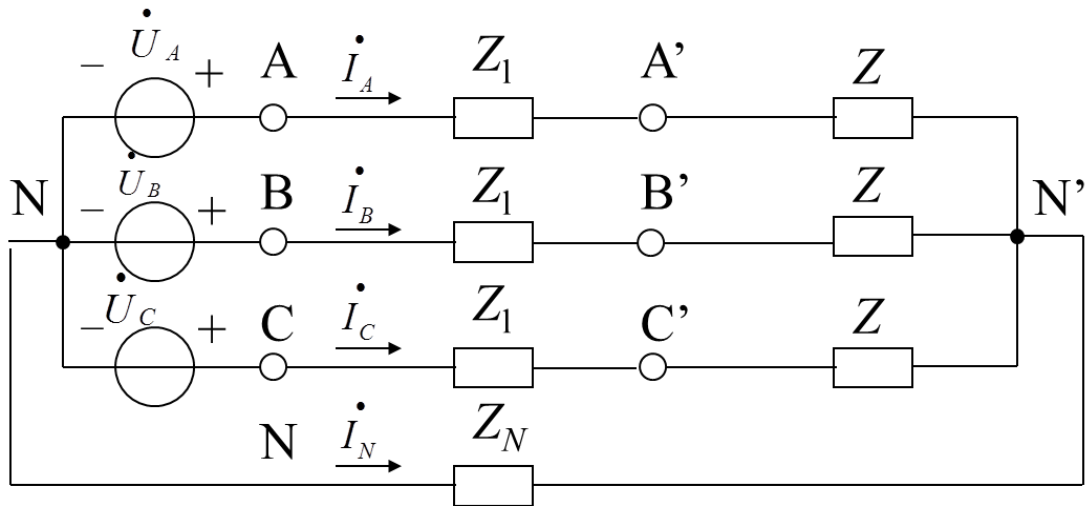
以N為參考結點

$$\left(\frac{1}{Z_N} + \frac{3}{Z + Z_l}\right)\dot{U}_{N'N} = \frac{1}{Z_l + Z}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C)$$

由於 $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ 所以 $\dot{U}_{N'N} = 0$

$$\dot{I}_A = ? \quad \dot{U}_{N'N} = -(Z + Z_l)\dot{I}_A + \dot{U}_A \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z + Z_l} = \alpha^2 \dot{I}_A$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_{N'N}}{Z + Z_l} = \frac{\dot{U}_A}{Z + Z_l} \quad \text{同理:} \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z + Z_l} = \alpha \dot{I}_A$$



對稱三相四線制電路電流

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_{N'N}}{Z + Z_l} = \frac{\dot{U}_A}{Z + Z_l} \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z + Z_l} = \alpha^2 \dot{I}_A \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z + Z_l} = \alpha \dot{I}_A$$

中線的電流為

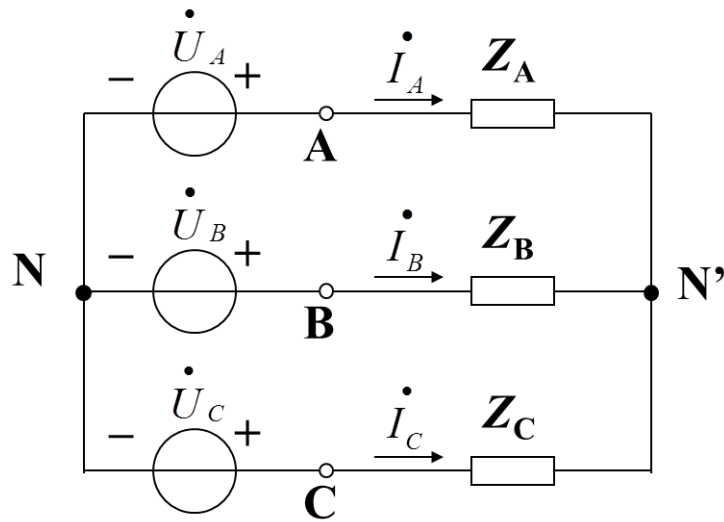
$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \cancel{\dot{I}_B} + \dot{I}_C = 0 \quad \dot{I}_N = -(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C) = 0$$

所以在對 Y-Y 三相電路中，中線如同開路

不對稱三相電路的概念

在三相電路中，只要有一部分不對稱就稱為不對稱三相電路。例如，對稱三相電路的某一條端線斷開，或某一相負載發生短路或開路，它就失去了對稱性，成為不對稱的三相電路。

三相三線制

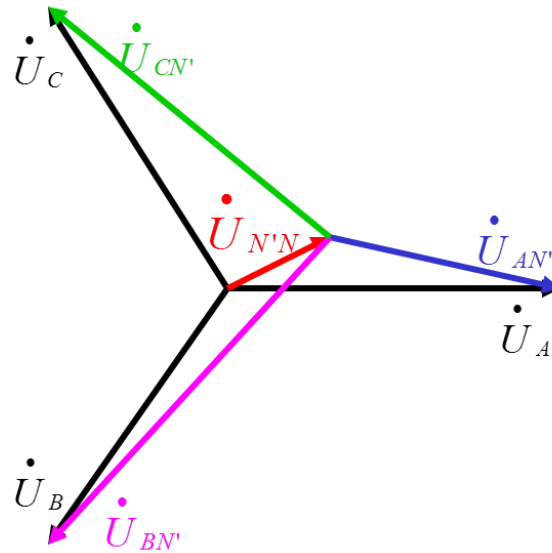


不對稱三相電路

$$\dot{U}_{N'N} = \frac{\dot{U}_A Y_A + \dot{U}_B Y_B + \dot{U}_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C}$$

由於負載不對稱，一般情況下即 N' 點和 N 點電位不同

$$\dot{U}_{N'N} \neq 0$$



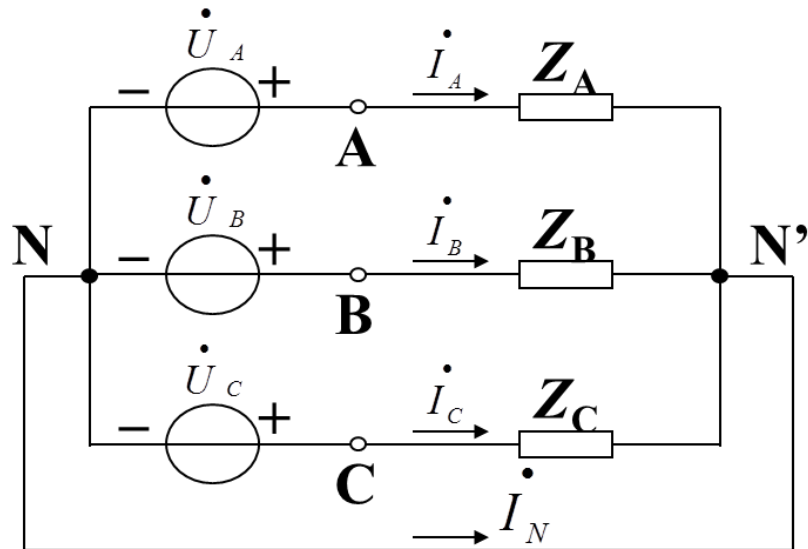
不對稱電壓相量圖

從相量關係可以看出，N' 點和 N 點不重合，這一現象稱為中點位移。

在電源對稱的情況下，可以根據中點位移的情況判斷負載端不對稱的程度。當中點位移較大時，會造成負載端的電壓嚴重的不對稱，從而可能使負載的工作不正常。

另一方面，如果負載變動時，由於各相的工作相互關聯，因此彼此都互有影響。

三相四線制



如果 $Z_N \approx 0$ ，則可強使

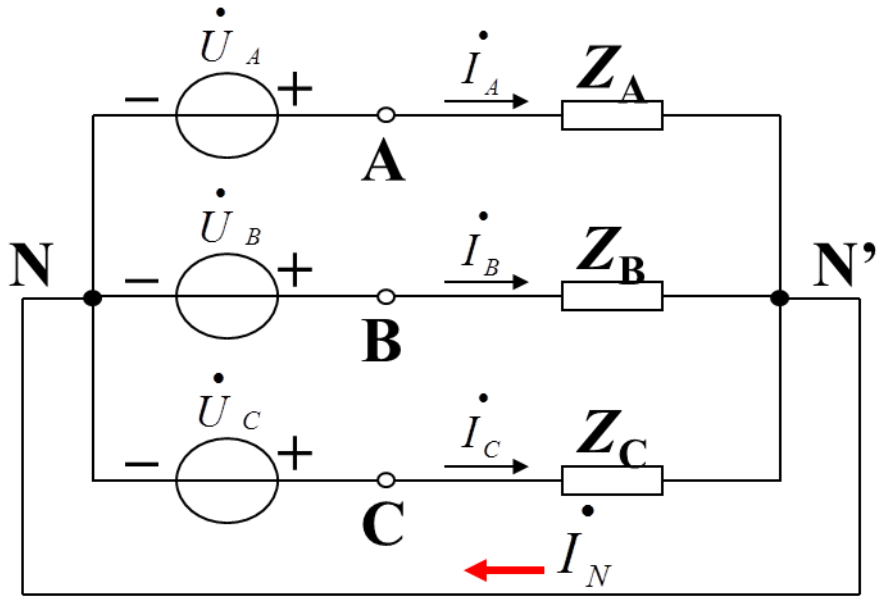
$$\dot{U}_{N'N} = 0$$

儘管電路是不對稱，但在這個條件下，可使各相保持獨立性，各相的工作互不影響，因而各相可以分別獨立計算。

這就克服了無中線時引起的缺點。因此，在負載不對稱的情況下中線的存在是非常重要的。

由於相電流的不對稱，中線電流一般不為零

$$\dot{I}_N \neq \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad \dot{I}_N = -(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C)$$



由於相電流的不對稱，中線電流一般不為零，

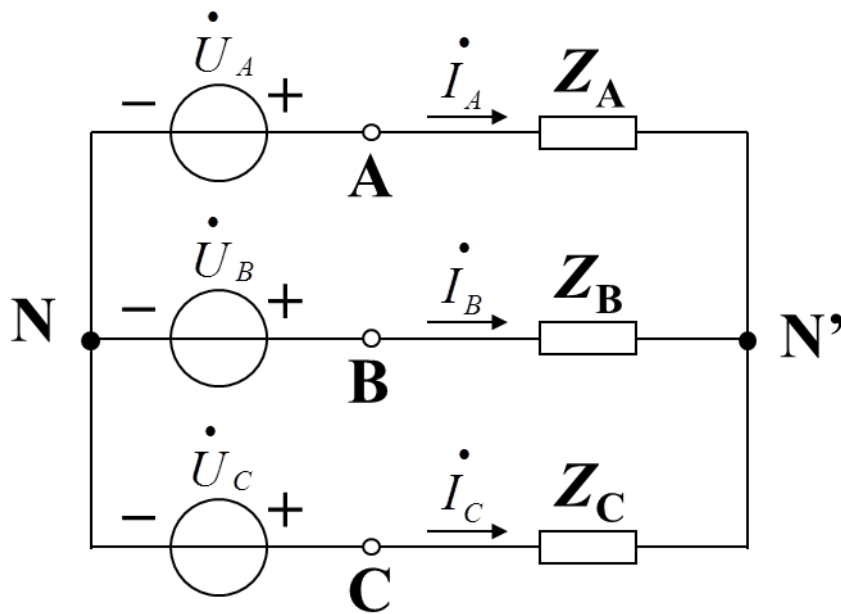
$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$$

三相電路的功率

一、複功率

在三相電路中，三相負載吸收的複功率等於各相複功率之和。

$$\bar{S} = \bar{S}_A + \bar{S}_B + \bar{S}_C$$



$$\bar{S} = \bar{S}_A + \bar{S}_B + \bar{S}_C$$

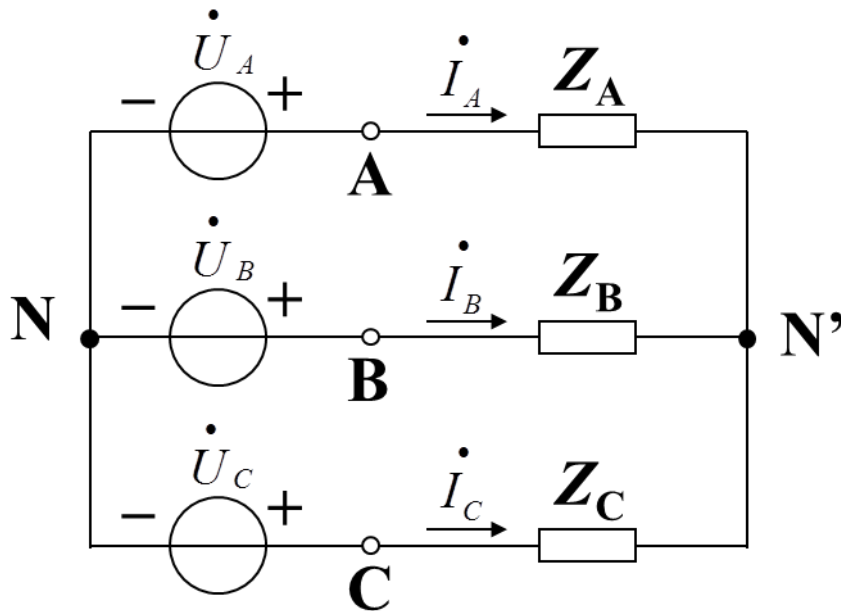
$$\bar{S} = \dot{U}_{AN'} \dot{I}_A^* + \dot{U}_{BN'} \dot{I}_B^* + \dot{U}_{CN'} \dot{I}_C^*$$

在對稱的三相電路中，顯然有

$$\bar{S}_A = \bar{S}_B = \bar{S}_C$$

$$\bar{S} = 3\bar{S}_A$$

對稱三相電路的暫態功率



$$p = p_A + p_B + p_C$$

$$= 3U_{AN} I_A \cos\phi$$

此式表明,對稱三相電路的暫態功率是一個常量，其值等於平均功率。
這是對稱三相電路的一個優越的性能。習慣上把這一性能稱為暫態功率平衡。

三相有功功率

不論三相負載是否對稱，三相電路的有功功率等於各相的有功功率之和，即：

$$P = P_U + P_V + P_W$$

如果負載作星形連接，則有：

$$P = U_U I_U \cos \Phi_U + U_V I_V \cos \Phi_V + U_W I_W \cos \Phi_W$$

（ Φ_U 、 Φ_V 、 Φ_W 分別是各相負載相電壓與相電流的相位差）

在對稱三相電路中，各相負載的有功功率相等，所以總的有功功率是一相有功功率的三倍。即

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi$$

又因為對稱三相負載作星形連接時，

$$U_p = U_l / \sqrt{3} ,$$

$$I_p = I_l$$

所以：

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi = 3 \times \frac{1}{\sqrt{3}} U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$$

如果負載作三角形連接，則有：

$$P = U_{UV} I_U \cos \Phi_{UV} + U_{VW} I_V \cos \Phi_{VW} + U_{WU} I_W \cos \Phi_{WU}$$

在對稱三相電路中有：

$$P = 3U_l I_p \cos \Phi$$

又因為對稱三相負載作三角形連接時，

$$I_p = I_l / \sqrt{3}$$

所以

$$P = 3U_l \frac{I_l}{\sqrt{3}} \cos \varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$$

觀察星形連接和三角形連接有功功率的表示式有：

$$P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$$

因此，只要是在對稱電路中，無論負載是作星形連接還是作三角形連接，三相電路的總有功功率均可由上述公式計算。這個公式在計算三相電路功率時具有普遍的實用意義。因為三相電路中線電壓和線電流的數值比較容易測量出來，實際的三相電氣設備銘牌標出的額定電壓和額定電流通常都是線電壓和線電流的額定值。

三相電路的無功功率

三相電路的無功功率等於各相負載無功功率之和，即：

$$Q = Q_U + Q_V + Q_W$$

負載作星形連接時有：

$$Q = U_U I_U \sin \Phi_U + U_V I_V \sin \Phi_V + U_W I_W \sin \Phi_W$$

負載作三角形連接時有

$$Q = U_{UV} I_{UV} \sin \Phi_{UV} + U_{VW} I_{VW} \sin \Phi_{VW} + U_{WU} I_{WU} \sin \Phi_{WU}$$

在對稱電路中有：

$$P = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi$$

三相電路的視在功率 (Apparent Power)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

注意：在不對稱三相電路中，視在功率不等於各相負載的視在功率之和，即 $S \neq S_U + S_V + S_W$ ；複功率等於各相複功率之和。

三相電路的功率因數：

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

在對稱電路中，三相電路的功率因數就是一相負載的功率因數，其視在功率為：

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} U_l I_l$$

例：三相電阻爐每相電阻 $R=8.68 \Omega$ ，求：

(1) 三相電阻爐作星形連接，接在 $U_l=380 \text{ V}$ 的三相電源上，電阻爐從電網吸收的功率；

(2) 三相電阻爐作三角形連接，接在 $U_l=380 \text{ V}$ 的三相電源上，求電阻爐從電網吸收的功率。

解：

(1) 三相電阻爐作星形連接，則線電流：

$$I_l = I_p = \frac{U_p}{R} = \frac{U_l / \sqrt{3}}{R} = \frac{380 / \sqrt{3}}{8.68} = 25.3A$$

$$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 25.3 \times 1 = 16.7kW$$

(2) 三相電阻爐作三角形連接時，相電流：

$$I_p = \frac{U_l}{R} = \frac{380}{8.68} = 43.8A$$

則線電流：

$$I_l = \sqrt{3}I_p = \sqrt{3} \times 43.8 = 75.9A$$

吸收功率：

$$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 75.9 = 50kW$$

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMELDE315A

「評估三相交流電路的表現」

評核指引

1. 評核方式

如前所述，使用者可自行設計適合自身需要及教學對象的評核項目，以下是部份可行的例子：

- 口試（例如模擬一工程項目的小組討論或面見，要求學員參與，設定評分標準）
- 筆試考核（設定筆試題目，考核學員的相關知識）
- 其他（例如實務演示、視像記錄等）

上述例子可混合使用。無論採用何種評核方式，使用者必需考慮本能力單元的教學內容多為技術知識，且顧及其資歷架構 3 級之水平；在設計評核方式時，應切合這些面向，包括能有效地測試學員對基本電路理論的理解及運算。以此為邏輯，筆試會是較為合適的評核方式。

以下是以筆試作為評核模式的示範例子：

- 評核模式為：筆試

2. 評核方式設計範例

為檢視學員之學習進度是否有所增長，進而檢視教學成果，本指引建議在整個教學過程中，設兩次筆試評核，一次為期中考試（即持續評核）；另一次為期末考試。持續評核筆試之模式建議如下：

- 筆試內容為：電學數學運算題
- 題目數量為：5 - 10 題或以上
- 使用者應準備試題庫，預先編撰足夠數量之試題，確保每次筆試時，題目不至過份重複；建議試題庫之題目數量應為實際考試題目數量之 4 倍

無論評核模式如何，試題內容應配合教學進度。此外，試題內容亦理應配合教學內容及本能力單元所涵蓋之知識範圍。

另外，為確保評核質素，使用者應定時檢討試題內容，視乎需要更新試題，以確保所考核之內容為該領域之最新知識，貼近業界現況；本指引建議培訓機構至少每一年進行一次試題檢討。

3. 評核項目與預定學習成效

設計評核方式時，應留意評核項目必需切合預期學習成效，確保兩者能充份配對。以本能力單元的預期學習成效及筆試的評核方式而言，兩者的配對如下：

評核項目	<u>預期學習成效一</u> 能運用基本交流電路理論，評估三相平衡電力系統의各種表現	<u>預期學習成效二</u> 能運用基本交流電路理論，評估三相不平衡電力系統의各種表現
評核項目一 (例如：持續評估——筆試)	✓	
評核項目二 (例如：期末考試——筆試)	✓	✓
..... (如有更多評核項目，可繼續延伸下去)		✓

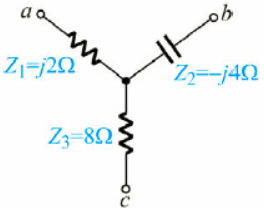
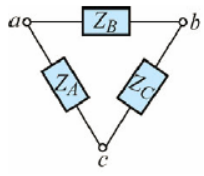
4. 評核試題範例

下頁是本指引所建議的評核方式（筆試）的試題範例樣本（附件 B-03），使用者可用作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的評核內容。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

附件 B-03

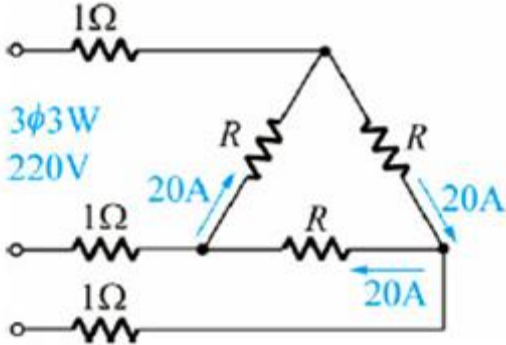
能力單元 EMELDE315A 「評估三相交流電路的表現」

評核試題範例樣本

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分 50%或以上為合格）
Q1	<p>某三相平衡電路之總實功率 P 為 1000W，線間電壓為 380V，功率因數 0.8，則三相視在功率為多少伏安? (5 分)</p>	<p>解</p> $S = \frac{P}{\cos\theta}$ $= \frac{1000}{0.8}$ $= 1250 \text{ VA}$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>
Q2	<p>如下圖(2a)星形網路所示，若圖 2b 為其三角形等效電路，求 Z_A (5 分)</p>  <p>圖(2a)</p>  <p>圖(2b)</p>	<p>解:</p> $Z_A = \frac{j2(-j4) + (-j4)8 + 8(j2)}{-j4}$ $= \frac{8 - 16j}{-j4}$ $= \frac{8 - 16j}{-j4} \times \frac{j4}{j4}$ $= \frac{2 - 4j}{-j} \times \frac{j}{j}$ $= 4 + 2j \Omega$	<p>公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)</p>

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分 50%或以上為合格）
Q3	某一平衡三相星形接發電機，若相電壓為 220V，其線電壓為? (5 分)	解: $V_L = \sqrt{3}V_P$ $V_L = \sqrt{3} \times 220$ $V_L = 381 \text{ V}$	公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)
Q4	某一平衡三相三角形接負載，若線電壓為 200V，相阻抗為 $20 \angle 30^\circ \Omega$ ，則相電流為? (5 分)	解: $I_P = \frac{V_P}{Z_P}$ $I_P = \frac{V_L}{Z_P} = \frac{200}{20}$ $I_P = 10 \text{ A}$	公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)
Q5	某一平衡三相三角形接負載，若線電壓為 200V，相阻抗為 $20 \angle 30^\circ \Omega$ ，三相有效總功率為? (5 分)	解: $P = I_P^2 \times R_P$ $P = I_P^2 \times Z_P \cos \theta$ $P = 10^2 \times 20 \cos 30^\circ$ $P = 1000\sqrt{3} \text{ W}$	公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)
Q6	有平衡三相三角形接之負載，若每相阻抗為 $4+j3\Omega$ ，接於線電壓 220V 的三相平衡電源上，相電壓及線電流為? (5 分)	解: $V_P = V_L = 220\text{V}$ $I_L = \sqrt{3}I_P$ $I_L = \sqrt{3} \times \frac{V_P}{Z_P}$ $I_L = \sqrt{3} \times \frac{220}{\sqrt{3^2 + 4^2}}$ $I_L = 44\sqrt{3}\text{A}$	公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分 50%或以上為合格）
Q7	10kVA/220W 三相電動機，其功率因為 0.5 則平均功率為? (5 分)	解: $P = S_n \times \cos \theta$ $P = 10 \times 10^3 \times 0.5$ $P = 5000 \text{ W}$	公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)
Q8	有一三相三角形連接平衡負載，接於平衡三相電源，已知每相負載阻坑為 $11 \angle 60^\circ$ ，電源線電壓有效值為 220V，求此負載消耗的總有效功率為多少? (5 分)	解: $P_T = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta$ 三角形連接: $V_L = V_P, I_L = \sqrt{3}I_P$ $I_L = \sqrt{3} \times \frac{V_P}{Z}$ $I_L = \sqrt{3} \times \frac{220}{11} = 20\sqrt{3} \text{ A}$ 所以 $P_T = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta$ $P_T = \sqrt{3} \times 220 \times \sqrt{3} \times 20 \times \cos 60^\circ$ $P_T = \sqrt{3} \times 220 \times \sqrt{3} \times 20 \times 0.5$ $P_T = 6600 \text{ W}$	公式正確 (1) 解題步驟正確 (2) 數值答案正確 (2)

編號	試題	答案	評分準則（建議每一題以得分 50%或以上為合格）
Q9	<p>從下圖中，</p>  <p>求</p> <p>(1) 電源供給之總平均功率、</p> <p>(2) 總路損失功率及</p> <p>(3) 負載消耗功率</p> <p>(5 分)</p>	<p>解:</p> $I_p = 20A$ $I_L = 20\sqrt{3}A$ <p>(1) 總平均功率</p> $P_T = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta$ $P_T = \sqrt{3} \times 220 \times \sqrt{3} \times 20 \times 1$ $P_T = 13200 \text{ W}$ <p>(2) 總路損失功率</p> $P_{loss} = 3 \times (20\sqrt{3})^2 \times 1$ $P_{loss} = 3600 \text{ W}$ <p>(3) 負載消耗功率</p> $P_{load} = P_T - P_{loss}$ $P_{load} = 13200 - 3600$ $P_{load} = 9600 \text{ W}$	<p>公式正確 (1)</p> <p>解題步驟正確 (2)</p> <p>數值答案正確 (2)</p>

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMCUOR301A

「運用尋找故障技巧，找出故障根源」

教學指引

1. 預期學習成效

依據本單元之能力單元指引，本單元課程之預期學習成效應為讓學員：

- 能夠有效率地擷取及分析機電工程設備故障資料及紀錄
- 能運用尋找故障技巧，有效率地找出機電工程設備故障根源

上述乃本能力單元的預期學習成效，如使用者在設計課程時會整合「行業知識」內的所有能力單元，則除本能力單元的預期學習成效外，亦應設定「行業知識」的綜合預定學習成效，相關指引可見《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的相關部份。

使用者亦可視自身需要，調整預期學習成效。

2. 建議教學對象

由於本能力單元對教學對象並無特別前設，因此本指引建議教學對象同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第3部份所列之要求。

3. 導師資歷建議

導師資歷同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第4部份。

4. 教學模式及時數

由於此能力單元以講解基本電路理論為授課重心，學員理應花費較多時間進行自學及溫習，以鞏固知識。另外，由於本能力單元不涉及實務練習，師生比例較有彈性，一位導師理應可較實務課程教授更多學生。綜合上述所言，本指引建議教學模式如下：

- 建議教學模式為：課堂面授
- 能力單元總學習時數為：30 小時
- 課堂面授與學員自學時間的比例建議為：1:2
- 建議面授時數為：10 小時
- 建議自學時數為：20 小時
- 建議評核時數：1 小時（包含於面授時數之內）
- 建議師生比例上限為：1:30

如依照上述設計，此能力單元的學習時數將如下：

建議學習時數			總學習時數	資歷學分
面授時數	自學時數	評核時數 (包含於面授時數之內)		
10	20	1	30	3

上述模式為建議；使用者可就收生條件、導師資歷、導師意見等各項因素，調整各項比例至切合實際情況之合理水平。

除上述的建議安排外，使用者亦可視自身條件及需要，調整教學模式。例如使用者如為公司或晚間培訓機構，則可考慮將課程設計為非全日制，雖然整體培訓日數可能會延長，卻能方便教學對象修讀課程。設若使用者能安排全日制上課，而教學對象亦能配合，則可考慮設計全日制課程，有助縮短整體課程日數。

使用者亦可視教學對象的條件及背景，調整教學時數的分配。例如若學員的程度較為初級，則可考慮增加面授時數，並減少自學時數；若學員程度較高，則可考慮減少面授時數，增加自學時數。

指引重點：

課堂面授及實習、面授與自學時數比例、教學模式等可視乎需要調整。

5. 教學地點及設備要求

本能力單元偏重理論知識，授課模式主要為面授講學，不涉及實務練習，因此本指引建議教學地點及設備之基本要求如下：

- 配備一般講課設備（如白板及粗體筆、投影機、投影螢幕、電腦、擴音系統、椅子、桌子等）之課室
- 課室面積以能容納所有師生而不至擠迫為佳；建議人均空間應達 1.1 平方米或以上
-

指引重點：

課室應配備基本講課設備，並足以提供師生舒適的空間。

6. 面授及自學時數安排

使用者應自行設計及決定每一節課堂或培訓時段的時數，以此安排面授時數、自學時數、以及每個時段內所教授的課題。以下是一個課時安排的例子：

	課堂或培訓時段	面授時數	自學時數
	第 1 節	3	6
	第 2 節	3	6
	第 3 節	3	6
	第 4 節	1	2
總計		10	20

7. 學習活動、自學活動安排

學習活動指使用者應該在課堂面授時段進行的教學活動。

由於使用者來自不同背景，培訓的目的及設計不可能相同，因此本指引不會規定學習活動內容，使用者需自行設計適合的學習活動。以下是一些建議及例子：

一般而言，可行的學習活動包括但不限於：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 導師使用實物示範演練
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員在導師指導下使用實物練習
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

無論使用者是培訓機構或是行內企業，皆可考慮設計上述學習活動。以下在設計本能力單元的學習活動時可參考的活動例子：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

自學活動應該限於學員能夠獨自於家中安全進行的學習活動。

使用者應自行設計自學活動的安排，如有需要亦應為自學活動編製教材。以下是自學活動的例子：

- 溫習教學筆記
- 閱覽補充資料、參考資料
- 於指定網站瀏覽補充資料、參考資料
- 一些簡單習作，例如工作紙、不納入評核計分的問題集；形式可參考「評核指引」及試題樣本

以本能力單元而言，自學活動建議（但不限於）如下：

- 溫習教學筆記
- 閱覽於「教學資料範例」所列的參考資料
- 閱覽機電工程署於網上刊登及出版的相關刊物
- 供電商於網上刊登及出版的相關刊物
- 參考「評核指引」及試題樣本製作的問題習作

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMCUOR301A

「運用尋找故障技巧，找出故障根源」

教學資料範例

1. 能力單元說明

本能力單元之授課範圍理應如資歷架構秘書處所編撰之「EMCUOR301A 運用尋找故障技巧，找出故障根源」能力單元說明內所定；請參閱下頁的能力單元說明（附件 C-01）。

能力單元說明雖然劃定了教學範圍，但使用者亦可視乎自身需要進行一定的調整。例如若使用者是公司，希望以教材套為藍本設計在職培訓現職的員工，則可調整教學範圍至適合其公司自身的面向，包括所採用的工程規格、圖則、術語、裝置名稱、分工結構、員工的溝通方式等等，使設計更切合其公司的工作需求。設若使用者是教學組織，並未有特定某一確切職位的在職培訓，則可制定較為廣闊的教學範圍，不必重點針對某一系統的知識。

能力單元說明內雖然未有註明，但使用者在設計教學內容時，應包括低壓電力裝置的開關器具、掣櫃等的故障尋找及定位方法，使學員能學習到該如何快速地找出故障的根源。

本能力單元之教學順序可跟從其能力單元說明之順序，但如使用者認為有需要，亦可更改順序至合適的狀況。

附件 C-01

「EMCUOR301A 運用尋找故障技巧，找出故障根源」能力單元說明

1. 名稱	運用尋找故障技巧，找出故障根源
2. 編號	EMCUOR301A
3. 應用範圍	分析機電工程設備故障的資料及表現紀錄，並運用尋找故障的技巧，找出機電工程設備系統的故障根源。
4. 級別	3
5. 學分	3
6. 能力	<p style="text-align: center;"><u>表現要求</u></p> <p>6.1 機電工程設備故障資料及紀錄 ◆ 明白機電工程設備故障資料及紀錄的分類及擷取技巧</p> <p>6.2 運用尋找故障技巧，找出故障根源 ◆ 懂得分析故障資料及設備表現紀錄，配合以下常見的機電設備故障統計表現，提高尋找故障效率</p> <ul style="list-style-type: none"> • 故障浴缸曲線(bathtub curve) • 類同設備的故障趨勢 <p>◆ 運用以下機電工程故障尋找技巧，提高尋找機電設備故障效率</p> <ul style="list-style-type: none"> • 中點量度法 • 注入訊號，利用訊號接收器尋找故障根源 • 利用電阻阻值比例法，計算故障位置
7. 評核指引	<p>此能力單元的綜合成效要求為：</p> <p>(i) 能夠有效率地擷取及分析機電工程設備故障資料及紀錄，並能運用尋找故障技巧，有效率地找出機電工程設備故障根源。</p>
8. 備註	此能力單元之學分值假設該人士已擁有初階機電知識。

2. 教學材料

依據本指引之教學設計，本單元之面授課堂時數與學員自學時數之比例為 1：2，學員會有較多時間進行自學。因此，除教學筆記外，培訓機構亦可加入其他教學材料，讓教材更為豐富，以下是該等材料的可能例子：

- 示範錄像
- 模擬的工作圖則
- 相關的規例及工作守則
- 網上的公開資料
- 實物教具或其圖片

以下所列之參考資料乃為教學一方所設，其程度之深及範圍之廣未必切合本能力單元所需，培訓機構若要以下列資料為基礎編撰教材，應配合教學對象之條件及本能力單元之涵蓋範圍作出調整，並需留意版權問題。部分參考資料可能未有中文譯本，培訓機構如以該等資料為基礎編撰教材，應將其內容轉譯為中文，以切合教學對象之程度。

本能力單元之建議參考資料如下：

1. 《電力（線路）規例工作守則》（必須為最新版本），可於機電工程署網站免費下載，此指引編寫時之最新版本為 2015 年版
2. 《低壓電氣裝置指南（第三版）》。2009。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
3. 《Introduction to Electrical Engineering》1995 J. David Irwin, David V. Kerns ISBN0023599308
4. 《基本電學（電工原理）（5 版）》。程林、理查曼。鼎文書局
5. 《香港電工工地手冊》。2016。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
6. 《電工法規（修訂二版）》。黃國軒、陳美汀。全華科技圖書股份有限公司
7. 《電力裝置實用手冊——第三版》。2007。陳樹輝。萬里機構
8. 《最新電力測量儀器用法圖解（第一冊）》。成發電機機械工程公司

9. 《最新實用電工手冊》。2000。邵海忠。化學工業出版社
10. 《電動機控制》。陳文耀。復文書局
11. 《機電設備故障診斷與維修》。2013。王萬友。化學工業出版社

上述參考資料並未盡錄，使用者可使自身需要及資源，採用其他合適的參考資料。

3. 教學筆記範例

下頁是一份教學筆記範例（附件 C-02）的樣本，使用者在編撰教材時可作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的教材。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

4. 教材內容與應用

本指引建議教學內容應該盡量配合預定培訓工種的工作內容，本能力單元的教材在內容上亦應該能配合應用於預定培訓工種的工作內容，以本能力單元的教學內容而言，以下是其中一種應用方式的例子：

- ◆ 使電工 / 電氣打磨裝配工 / 電氣佈線工 / 控制板裝配工 / 電纜接駁技工 / 機電業技術員 / 機電維修員 / 機電工程科文 / 管工 / 監督員 / 機電工程科文 / 管工等工種人員，在進行工程工作時，分析機電工程設備故障的資料及表現紀錄，並運用尋找故障的技巧，找出機電工程設備系統的故障根源。

使用者應該設計適合自身需要的應用方式，但以本能力單元而言，以下關鍵課題必需涵蓋：

- ◇ 故障浴缸曲線
- ◇ 電阻阻值比例法、
- ◇ 點量度法及排除故障

附件 C-02

能力單元 EMCUOR301A 「運用尋找故障技巧，找出故障根源」

教學筆記範例樣本

一、機電設備主要故障與危害

機電設備主要故障

- (1)損壞型故障：如斷裂、開裂、點蝕、燒蝕、變形、拉傷、龜裂、壓痕等。
- (2)退化型故障：老化、變質、剝落、異常磨損等。
- (3)鬆脫型故障：鬆動、脫落等。
- (4)失調型故障：壓力過高或過低、行程失調、間隙過大或過小、干涉等。
- (5)堵塞與滲漏型故障：堵塞、漏水、漏氣、滲油等。
- (6)性能衰退或功能失效型故障模式：功能失效、性能衰退、過熱等。

造成的故障危害

- (1)隱蔽性故障後果：隱蔽性故障沒有直接的影響,但它有可能導致嚴重的、經常是災難性的多重故障後果。
- (2)安全性和環境性後果：如果故障會造成人員傷亡，就具有安全性後果；如果由於故障導致企業違反了行業、地方、國家或國際的環境標準，則故障具有環境性後果。
- (3)使用性後果：如果故障影響生產（產量、產品品質、或除直接維修費用以外的運行費用），就認為具有使用性後果。
- (4) 非使用性後果：劃分到這一類裡的是明顯功能故障，它們既不影響安全也不影響生產,它只涉及直接維修費用。

二、故障原因分析及其步驟

故障分析的目的不僅在於判別故障的性質、查找故障原因，更重要的在於將故障機理識別清楚,提出有效的改進措施，以預防故障重複發生。通過故障分析,找到造成故障的真正原因，從設計、材料選擇、加工製造、裝配調整、使用與保養等方面採取措施，提高機械產品的可靠性。例如：離心泵在運轉過程中，由於機械本身的原因、工藝操作或高溫、高壓和物料腐蝕等使用條件的原因，往往會造成各種故障如揚程降低、流量不足、有異常噪音和振動等。通過對故障

情況的具體分析，找出原因，採取措施，才能使設備正常運轉，同時，也可以指導設計、加工、裝配、使用與保養，提高機械產品的可靠性。

在分析故障時，一般是從故障的現象入手，通過故障現象找出原因和故障機理。由於受現場條件的限制，觀察到或測量到的故障現象可能是系統的，如離心泵不吸水；也可能是某一部件的，如離心泵的填料過熱；也可能是某一零件的，如軸或軸套表面損壞等。因此，針對產品結構的不同層次，其故障模式有互為因果的關係。如“軸承燒壞”這一故障是它上一層次離心泵不能正常運轉的原因，又是它下一層次故障模式“軸承過熱”的結果。

故障原因分析是一門綜合性學科，涉及系統分析、結構分析、測試分析，以及有關疲勞、斷裂、磨損、腐蝕等各種學科的知識。對故障分析主要包括以下步驟：

(1)現場調查主要包括收集發生故障的時間、環境、順序等背景資料和使用條件；故障現場攝像或照相；收集和整理故障件的主要歷史資料如設計圖樣、操作規範、驗收報告、故障情況記錄和維修報告等；對故障件進行初步檢查、鑒別、保存和清洗等。

(2)分析並確定故障原因和故障機理。主要包括對故障件的無損檢驗、性能試驗、斷口的宏觀與微觀檢查等檢查與分析；必要的理論分析和計算如強度、疲勞、斷裂力學分析及計算等；初步確定故障原因和機理。

(3)分析結論。世紀星介紹當每一件故障分析工作做到一定階段或試驗工作結束時，都要對所獲得的全部資料、調查記錄、證詞和測試資料，按設計、材料、製造、使用 4 個方面是否有問題來進行集中歸納、綜合分析和判斷處理，提出一個結論明確、建議中肯的報告。一方面是為了改進工作、積累資料、交流經驗；另一方面也是為索賠和法律仲裁提供依據。

機電設備維修記錄表

設備名稱型號	檔案登記號	檢修原因	備註
檢修項目	測量資料		檢修記錄
	檢修前	檢修後	
檢修前設備狀況			
檢修後試機情況			
使用材料及配件數量			
檢修人員簽名			
複查試機人員簽名			
檢修日期	年 月 日	檢修負責人	主管

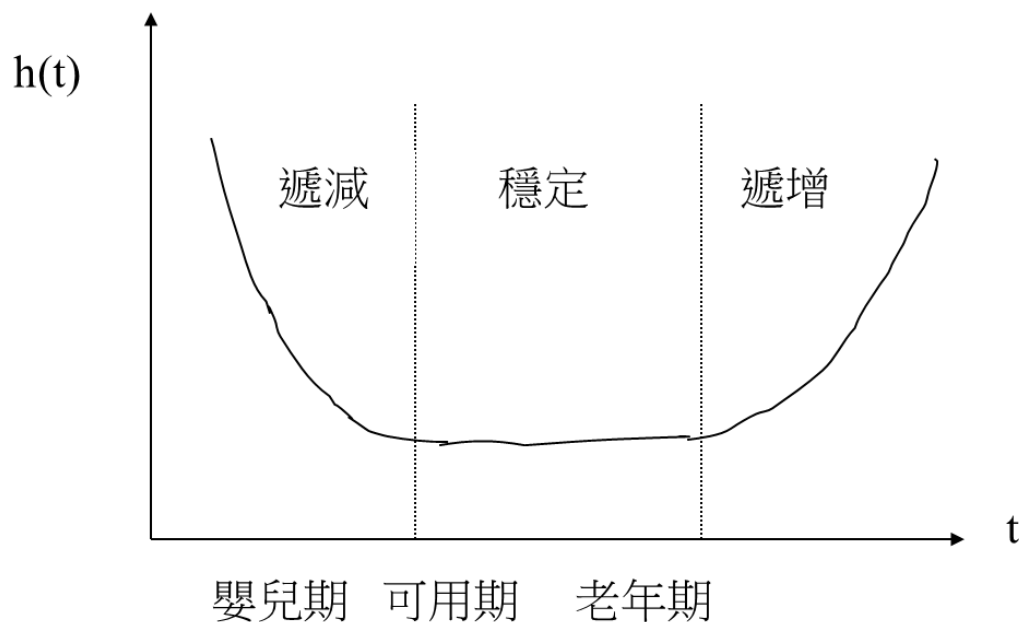
浴缸曲線常用在可靠度工程，可以描述一種由以下三部份組合的風險函數：

- 第一部份為隨時間遞減的失效率 $h(t)$ ，稱為早期失效。
- 第二部份為固定的失效率 $h(t)$ ，稱為隨機失效。
- 第三部份為超過其設計壽命後，隨時間遞增的失效率 $h(t)$ ，稱為老化失效。

浴缸曲線得名自其形狀類似浴缸的剖面，二側陡峭，中間平坦。失效率符合浴缸曲線的產品，初始失效率高，但在損壞產品找到並丟棄後，而且早期失效來源（例如安裝或是運送問題）克服，之後失效率會快速下降。在產品壽命的中期（一般會設計到用戶端後），失效率為定值，且失效率高。在產品生命週期的後期，零件漸漸老化及磨損，失效率又會開始提。許多消費性產品的生命週期相當符合浴缸曲線，例如電腦中央處理器。

浴缸曲線雖相當有用，但也不是所有的產品或是系統的風險函數都依照浴缸曲線。例如若零件在接近其損耗期之前就已更換或是減少使用。其相對日曆時間（不是使用時間）的失效率變化會比浴缸曲線的要少。

有些產品為了避免初期的失效率過高，會利用出廠前燒機的方式，先過濾掉早期失效的產品。在許多安全關鍵或是生命關鍵的產品中常會用此作法，因為這可以大幅的減少系統早期的失效。製造商會在花一定成本的情形下進行此測試，其方式會類似環境應力篩選。



第一階段

第一階段是早期失效期(**Infant Mortality**)：表明產品在開始使用時,失效率很高,但隨著產品工作時間的增加,失效率迅速降低,這一階段失效的原因大多是由於設計、原材料和製造過程中的缺陷造成的。

為了縮短這一階段的時間，產品應在投入運行前進行試運轉，以便及早發現、修正和排除故障；或通過試驗進行篩選，剔除不合格品

第二階段

第二階段是偶然失效期，也稱隨機失效期(**Random Failures**)：這一階段的特點是失效率較低，且較穩定，往往可近似看作常數，產品可靠性指標所描述的就是這個時期，這一時期是產品的良好使用階段, 偶然失效主要原因是品質缺陷、材料弱點、環境和使用不當等因素引起

第三階段

第三階段是耗損失效期(**Wearout**)：該階段的失效率隨時間的延長而急速增加, 主要由磨損、疲勞、老化和耗損等原因造成。

維修電工的職責是保證各類生產機械運動的各種類型電動機及其電氣控制系統和生產、生活照明系統的正常運行。作為一名維修電工，在工作中除了對設備及線路的合理的安裝、良好的調試和日常保養與檢查外，如何在出現故障時，能迅速查明故障原因、正確處理故障，是保證設備正常運行的重要保證。故障排除的技能對維修電工是非常重要的，其重要性表現在以下幾個方面：

- 1、設備因故障無法運行，有時會造成很大的經濟損失，會影響企業的勞動效率，所以對維修電工排除故障的技能要求很高。
- 2、對於電氣故障涉及的範圍廣、隨機性高，排除故障的技能是維修電工職業（工種）的一大特點，也對維修電工排除故障的技能提出了較高的要求。
- 3、另外，無論是從職業標準、還是技能考核中，雖然排除故障的考核帶有一定的偶然性，但因為它反映了維修電工一定的綜合技能，體現本職業（工種）的特點，所以仍然並延續著該項目的考核。並常常將故障排隊的專案設為“否定項”。即如果本項考核不合格的話，則視整個考核不合格。

在實際工作中，電氣故障出現的範圍很廣，涉及到電氣系統的每一部分，並且出現的故障是千變萬化的、隨機的。排除故障的方式方法只能根據故障的具體情況而定，沒有嚴格的固定的模式。

一、故障排除的基礎

要徹底排除故障，必須清楚故障發生的原因，要迅速查明故障原因，除不斷在工作中積累經驗外，更重要的是能從理論上分析、解釋產生故障的原因，即“知其然，還要知其所以然”，用理論指導自己的操作，靈活運用排除故障的各種方法。

1、有一定的專業理論知識。很多電氣現象，必須領先專業理論知識才能真正弄懂、弄通。維修電工與其他工種比較而言，理論性更強，有時候沒有理論的指導，很多工作根本無法進行。實際工作中，往往動腦筋的時間比動手的時間還長，一但找出故障點，修復是比較簡單的。要複習有關“自控原理”的一些基本概念，和系統工作原理，做到較好的理解和掌握。例如，白熾燈串入二極體後能大大延長燈泡的使用壽命時，就要用到溫度的變化與電阻值的關係的概念等。不具有一定的專業知識，就不能做到對某些問題的真正理解和掌握。

2、瞭解設備的運動形式，對電氣提出的要求，弄懂並熟練掌握設備的電氣工作原理，熟練掌握電氣工作原理，並比較該設備的電氣控制特點，是排除故障非常重要的基礎。熟悉掌握設備複合控制系統和電氣控制技術的主要內容，瞭解其典型性、綜合性與複雜性。真正掌握典型設備的系統排除故障的技能，遇到其他設備就能舉一反三、觸類旁通。系統出現故障時，往往牽扯到較大的範圍，不掌握該設備的電氣工作原理，就不能較好的排除故障，甚至排除不了故障。

3、瞭解各電氣元件在設備的具體位置及線路的佈局，實現電氣原理圖與實際配線的一一對應，是提高故障排除速度的基礎。做到這一點，可以對設備有一個進一步的瞭解，並且在排除故障測量時，能選擇有效的測試點，防止誤判斷，以迅速判斷、縮小故障範圍。

二、排除故障的一般方法

有了一定的理論基礎，掌握了設備的工作原理，為排除故障做好了充分的準備，操作對有效的進行分析和找出故障點，還需具備一定的手段，這就是排除故障的一般方法。

1、電阻法：通常是指利用萬用表的電阻擋，測量線路、觸點等是否通斷的一種方法，有時也用萬用表或電橋測量線圈的阻值是否符合標稱值，也用兆歐表測量相與相、相與地之間的絕緣電阻等。測量時，要注意選擇量程（一般測量通路時，選擇較低檔位）；要較表；要注意有沒有其他回路，以免引起誤判斷；更

要注意嚴禁帶電測量，這是一種常用的方法。

2、電壓法：是指利用萬用表相應的電壓擋，測量電路中電壓值的方法，通常測量時，有時測量電壓、負載的電壓（即兩表筆間一直飲食負載，也有時測量開路電壓，以判定線路是否正常。測量時要注意表的擋位，選擇合適的量程，測量直流電時，要注意正負極性。這也是一種較常用的方法。

3、電流法：即通過測量線路中的電流是否符合正常值，以判定故障原因。弱電回路，常採用將電流錶或萬用表電流擋串接在電路中進行測量，強電回路，常利用鉗形電流錶檢測。

4、替換法：在懷疑某個器件有故障、但不能確定，且有代用件時，可替換試驗，看故障是否恢復。

5、短接法：適用於低電壓、小電流回路中，將情緒適中的點用粗導線短接進行試驗的方法。但必須確定短接時不會造成短路和短接後的一但工作，不會造成危害。禁止帶電短接，一般初學者不宜採用。

6、直接檢查法：在瞭解故障原因或根據經驗經常出現故障幾率較高、再就是一些特殊故障，可以直接檢查所懷疑的故障點。

7、儀器測試法：借助各種儀器儀錶測量各種參數，如用示波器觀察波形的變化，以便分析故障的原因。多用於弱電線路中。





8、逐步排除法：如有短路現象出現時，可逐步切除部分線路以確定故障範圍和故障點。

9、調整參數法：有些線路中元器件無損壞，線路接線良好，只是由於某些物理量（如時間、位移、電流、電阻值、溫度回饋信號強弱等）調整的不合適，而使系統不能正常工作，這時應根據電氣工作原路及設備的具體情況進行調整。

10、比較、分析、判斷法：它是根據系統的工作原理、控制環節的動作程式以及它們之間的邏輯關係，結合故障現象，進行比較、分析和判斷，減少測量、檢查等環節，迅速判斷故障範圍。例如，數條線路公用一個電源，只要有一條線路正常工作，就說明其他線路的電源正常；兩地控制線路中，有一處控制正常，則說明電源、負載及公共線路一定沒有問題。通過分析、比較進行判斷，能減少檢測環節、縮小故障範圍、提高排除故障的速度。適用於部分線路故障範圍或故障點的直接判定，也應貫穿於整個故障排除的過程中。

以上幾種常用的方法，可以單獨使用，也可以混合使用，應結合具體情況靈活運用。

三、 排除故障的一般步驟

雖然排除故障沒有固定的模式，但在一般情況下，還是有一定規律的。

1、充分瞭解故障發生式的情況。（1）詳細詢問操作者；（2）通過看、聽、聞、摸等，是否發現如破裂、雜聲、異味、過熱等特殊現象；（3）在確定無危險的情況下，通電試車。通過以上的瞭解，準確的確定故障。這是分析故障的基礎，如果故障現象不明確，就會造成故障分析的偏差。

2、分析故障，確定故障範圍。根據故障的現象，結合設備的原理及控制特點進行分析，確定故障發生在什麼範圍內，是電氣故障，還是機械故障？是直流回

路，還是交流回路？是主電路，還是控制電路？還是輔助電路？是電源部分，還是負載部分？還是控制線路部分？還是參數調整不合適造成的？還是都有可能呢？等等。

3、通過檢測、分析和判斷，縮小故障範圍。排除故障的過程往往就是分析、檢測和判斷，逐步縮小故障範圍的過程。靈活的運用上述所講的“排除故障的一般方法”，逐步縮小故障範圍，直至找出故障點。

在排除的過程中，要遵循以下原則

1、先動腦、後動手。從故障現象的確定，至分析、檢測和判斷，都要保持清醒的頭腦。“運籌帷幄，決勝千里”，正確的分析，可以起到事半功倍的效果。不要以遇到故障，拿起表就測，拿起工具就拆。要養成良好的習慣，要做到每次測量均有明確的目的，即測量的結果能說明什麼。特殊故障，要特殊處理。沒有必要按部就班的檢查一遍。

2、一般情況下，以設備的動作順序為排除故障進分析、檢測的次序。以這為前提，先檢查電源，在檢查線路和負載；先檢查公共回路，再檢查各分支回路；先檢查控制回路，再檢查主回路；先檢查容易測量的部分（如果電氣箱內），再檢查不容易檢測的部分（如設備上的器件）。例如，檢查交流回路時，應先、觀察繼電器的動作情況若按步進按鈕和前進按鈕，繼電器線圈均不得電，可用電壓法或電阻法先榆前進繼電器線圈、後退繼電器連鎖點/後退按鈕、前進按鈕、自動迴圈繼電器常開點及它們的連線。確定交流回路正常後，對直流回路進行檢修，先觀察中間繼電器得電後，人定電源供電的時間繼電器線圈是否得電，以判定中間繼電器這個觸點及連線是否良好，測量時間繼電器觸點後級的直流電壓是否正常，以判定時間繼電器得出電是否良好，這些部位正常後，若故障現象仍存在的話，可用電阻法和電壓法分別測量直流回路，並處理故障點。

3、測量某一支路時，可從電源向負載方向逐步測量檢查，也可以從負載向電源方向逐步測量和檢查。比較熟練後，可以直接從線路中間某結位置進行檢測，可較迅速地縮小故障範圍，直至找出故障點。

4、進一步縮小故障範圍，找出故障點，並處理。要求對故障點的處理要合理、可靠，要根除故障，切忌“頭疼醫頭，肢疼醫肢”。如：熱繼電器跳閘，不但要時熱繼電器觸點復位，而且要超載的原因，並處理；熔體熔斷，不但要更換新的熔體，而且要查明熔體熔斷的原因，並處理。並向有關人員說明應注意的問題。

四、注意事項

1、守安全操作規程，防止設備及人身事故的發生。

- 2、學習生產技術、新知識，跟上科技的進步和發展，熟悉新設備，解決新問題。
- 3、用理論指導實踐在實踐中不斷總結積累經驗，更快、更好的解決處理故障，保證設備的正常運行。
- 4、注意基本知識、基本技能的培養，啟發引導自我養成動腦分析的良好習慣，以提高分析問題、解決問題的能力。

五、強化安全用電知識

在理論課和實習課中，雖然學生都學習了安全用電知識，但仍然有必要對其進行有針對性的安全教育。學生要面對的是比較複雜的機床線路，而且要獨立完成通電、排故障、調試等系列操作，一方面，學生會因為安全知識不足而產生恐懼感，影響實際操作，另一方面，學生又會因為專心排故障而忽視了安全，這時候的安全教育就顯得更加重要。要教育學生牢固樹立“安全第一”的思想，嚴格執行各項安全管理制度和工藝紀律，遵守一切技術要求，如通電前先要看看線路上是否有雜物，斷電後必須在開關上掛上警示牌等。要使學生牢記“粗心害死人”的教訓，既要克服“事故不可避免”的錯誤思想，又要反對為追求排故障速度和效果而忽視人身安全的錯誤做法。要把生產紀律教育貫穿於整個教學過程之中，以培養學生預防事故和職業性危害身體健康的能力，提高學生安全生產實習的自覺性。同時，要教育學生文明而有秩序地進行故障排除，使學生緊張而又有條不紊地工作，從而創造一個良好、文明、整潔的工作環境。通過一系列的安全學習，使學生掌握安全知識，提高安全認識，邁出故障排除工作的第一步。

堅持理論指導實踐原則，熟悉線路及工作原理

要很好地完成線路的故障排除工作，必須對線路有足夠的認識。要瞭解的工作原理和動作原理，要把線路劃分為若干個基本控制線路，逐步深入瞭解各個具體線路由哪些電路組成，它們互相間的聯繫等。在線路圖上對可能出現的故障現象進行分析判斷以及排除故障所要執行的工作步驟，熟悉線路對實際排除故障將會有重要的指導作用，排除故障是快是慢，完成的品質如何，都與線路的理論知識的掌握程度有直接關係。因此，要使學生自覺、正確地掌握操作技能，必須以理論指導實踐。

六、掌握排除故障方法，熟練操作技巧

做好以上兩項準備工作，理論上講學生已具備排除故障的能力，但在實習或一些技能競賽中常常會發現，許多學習成績較好、動手能力較強的學生在排除故障中所用的時間比較長，這主要是因為沒有很好地掌握有效排除故障的方法。

要做到故障排除又好、又快，就要用科學的排除故障方法，經過反復訓練，從而達到熟練程度，形成技能，而實習的目的就是要培養學生全面掌握本專業的生產基礎知識和基本操作技能與技巧。

（一）檢修前的檢查

有些學生在排除故障時一開始就忙於用儀錶測量各線路及各元件，這是一種費時費力的方法。機床線路區別於一般基本控制線路之處就在於線路複雜、元件多，因此不能毫無目的性地去檢查故障，即使故障點找到了，所花費的時間也太多。在檢修前應做好幾點工作：

看：觀察一下熔斷器內熔絲是否熔斷，線路有無斷線，各連接螺釘是否鬆動等。培養學生養成檢修前一定要觀察設備表面情況的好習慣，這對故障的排除有時會起到事半功倍的效果。

試：通電試試線路有何故障現象。

聽：聽聽電動機、控制變壓器、接觸器、繼電器在運行中聲音是否正常。

（二）確定產生故障點的可能範圍

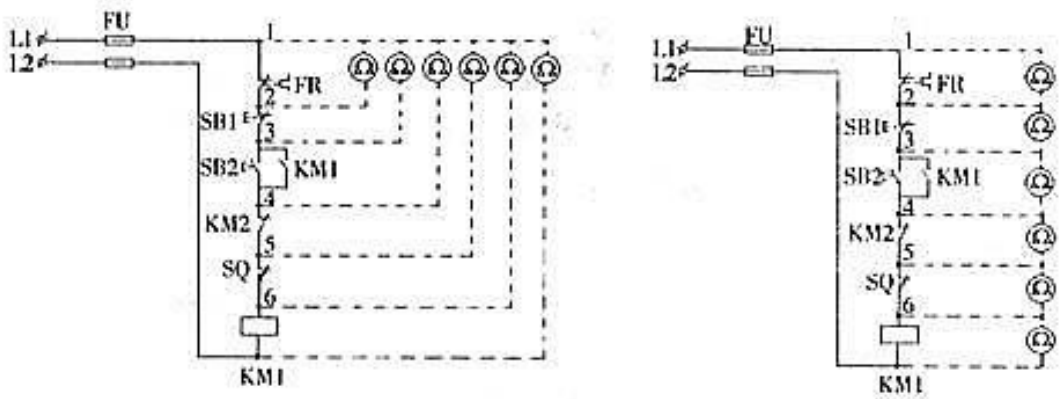
根據通電後線路故障的現象，在已熟悉的機床線路圖中找到故障發生的可能範圍。例如通電後按下啟動按鈕，電動機不轉動，首先確定故障發生的可能範圍：電源開關失靈，熔斷器熔絲熔斷，啟動按鈕、聯鎖觸頭、熱繼電器常閉觸頭接觸不良等，並有針對性地檢查這幾個地方，從而進一步找出故障發生的確切位置。這樣，有的放矢地尋找故障點，排除故障的效率會大大提高，可避免對其他無關元件及線路的檢測工作。

（三）進行外表檢查

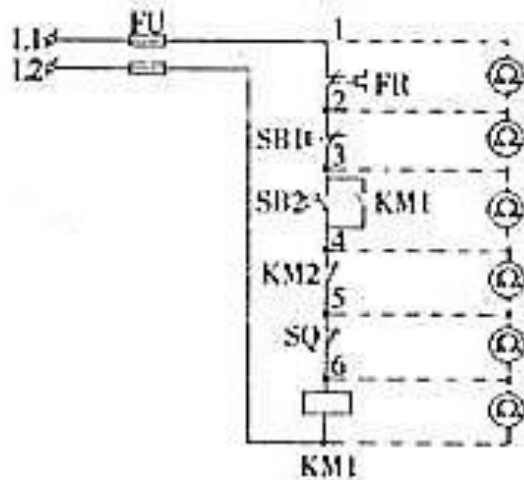
在判斷出故障可能發生的範圍後，在此範圍內對有關元件進行外表檢查。例如接線頭鬆動或脫落、觸頭脫落或接觸不良、線圈燒壞、彈簧脫落或斷裂、電氣開關的動作機構受阻失靈等，都能明顯地表明故障點所在。

（四）利用儀錶器材檢查

經外表檢查未發現故障點，則可利用儀錶器材進一步查找故障點。根據實際需要和校內電工實習的特點，我校所使用的儀錶為萬用表，這時可採用電阻測量法進行測量。電阻測量法最大的好處在於不用通電就可以快捷測量判斷，既安全又可靠。電阻測量法通常有兩種方式：



分階測量如上圖所示，按下啟動按鈕 SB2，若接觸器 KM1 不吸合，說明該電氣回路有故障。檢查時，先斷開電源，把萬用表的轉換開關置於倍率合適的電阻檔，按住 SB2，測量 1、7 兩點間電阻，如果電阻為無窮大，說明電路斷路，然後逐段分階測 1、2，1、3，1、4，1、5，1、6 各點間的電阻值。正常情況下兩點間的電阻值都是很小的，當測量到某標號時，若電阻突然增大，則說明表棒剛跨過的觸頭連接不良或斷路。



分段測量如上圖所示，檢查時先切斷電源，萬用表的電阻檔轉換到適當的檔位元，按下啟動按鈕 SB2，然後逐段測量相鄰兩標號點 1、2，2、3，3、4，4、5，5、6 的電阻。如測得兩點間電阻很大，說明該觸頭接觸不良或導線斷路。例如，測得 2、3 點間電阻很大時，說明停止按鈕 SB1 接觸不良。

（五）修復及注意事項

當找出電氣設備的故障後，就要著手進行修復、試運行、記錄等操作，然後交

付使用。必須注意如下事項：（1）在找出故障點和修復故障時應注意，不能把找出的故障點作為尋找故障的終點，還必須進一步分析、查明產生故障的根本原因。（2）在故障點的修理過程中儘量做到復原。（3）機床需要通電試運行時必須按照操作順序進行，避免出現新的故障。（4）排除故障後應及時總結經驗，做好維修記錄。

一、故障調查

當工業機械發生電氣故障後，切忌盲目隨便動手檢修。在檢修前，通過問、看、聽、摸來瞭解故障前後的操作情況和故障發生後出現的異常現象，以便根據故障現象判斷出故障發生的部位，進而準確地排除故障。

詢問操作者故障前後電路和設備的運行狀況及故障發生後的症狀，故障是經常發生還是偶爾發生；是否有響聲、冒煙、火花、異常振動等徵兆；故障發生前有無切削力過大和頻繁啟動、停止、制動等情況；有無經過保養檢修或改動線路等。

看：察看故障發生前是否有明顯的外觀徵兆，如各種信號；有指示裝置的熔斷器的情況；保護電器脫扣動作；接線脫落；觸頭燒毛或熔焊；線圈過熱燒毀等。

聽：在線路還能運行和不損壞設備的前提下，可通電試車，細聽電動機接觸器和繼電器等電器的聲音是否正常。

摸：在剛切斷電源後，儘快觸摸檢查電動機、變壓器、電磁線圈及熔斷器等，看是否有過熱現象。

二、檢查是否存在機械、液壓故障

在許多電氣設備中，電器元件的動作是由機械、液壓來推動的或與它們有著密切的聯動關係，所以在檢修電氣故障的同時，應檢查、調整和排除機械、液壓部分的故障，或與機械維修工配合完成。

三、電氣故障的分析

在處理故障之前，對各部分電氣設備的構造、動作原理、調節方法及各部分電氣設備之間的聯繫，應做到全面瞭解，心中有數。機床性能方面的故障，大體可分為兩大類：一是設備不能進行規定的動作，或達不到規定的性能指標；二是設備出現了非規定的動作，或出現了不應有的現象。對於前者，應從原理上分析設備進行規定動作以及達到規定性能指標應滿足的條件，檢查這些條件是否全部滿足，查找沒有滿足的條件及原因。對於後者，則應分析產生故障動作需滿足的條件，並檢查此時出現了那些不應有的條件，從而找出誤動作的原因。總之，應從設備動作原理著手分析，首先查找故障的大範圍，然後逐級檢查，從粗到細，直到最終找到故障點，並加以

排除。對於一些故障現象,不能簡單地進行處理,應根據這些現象產生的部位,分析產生的原因,經過逐步試驗,確定問題之所在,排除故障後再通電試車。切忌貿然行事,使故障擴大,或造成人身,設備事故。

四、用邏輯分析法確定並縮小故障範圍

檢修簡單的電氣控制線路時,應根據電路圖,採用邏輯分析法,對故障現象作具體分析,劃出可疑範圍,提高維修的針對性,就可以收到准而快的效果。分析電路時先從主電路入手,瞭解工業機械各運動部件和機構採用了幾台電動機拖動,與每台電動機相關的電器元件有哪些,採用了何種控制,然後根據電動機主電路所用電路元件的文字符號、圖區號及控制要求,找到相應的控制控制電路。在此基礎上,結合故障現象和線路工作原理,進行認真的分析排查,既可迅速判定故障發生的可能範圍。當故障的可疑範圍較大時,不必按部就班地逐級進行檢查,這時可在故障範圍的中間環節進行檢查,來判斷故障究竟是發生在哪一部分,從而縮小故障範圍,提高檢修速度。

五、對故障範圍進行外觀檢查

在確定了故障發生的可能範圍後,可對範圍內的電器元件及連接導線進行外觀檢查,例如:熔斷器的熔體熔斷;行程開關的位置調整不合適;導線接頭鬆動或脫落;接觸器和繼電器的觸頭脫落或接觸不良,線圈燒壞使表層絕緣紙燒焦變色,燒化的絕緣清漆流出;彈簧脫落或斷裂;電氣開關的動作機構受阻失靈等,都能明顯地表明故障點所在。

六、用試驗法進一步縮小故障範圍

經外觀檢查未發現故障點時,可根據故障現象,結合電路圖分析故障原因,在不擴大故障範圍、不損傷電氣和機械設備的前提下,進行直接通電實驗,或除去負載通電試驗,以分清故障可能是在電氣部分還是在機械等其他部分;是在電動機上還是在控制設備上;是在主電路上還是在控制電路上如接觸器吸合電動機不動作,則故障在主電路中;如接觸器不吸合,則故障在控制電路中。一般情況下先檢查控制電路,具體做法是:操作某一隻按鈕或各種開關時,線路中有關的接觸器、繼電器將按規定的動作順序進行工作。若依次動作至某一電器元件時,發現動作不符合要求,既說明該電器元件或其相關電路有問題,再在此電路中進行逐項分析和檢查,一般便可發現故障。待控制電路的故障排除恢復正常後再接通主電路,檢查對主電路的控制效果,觀察主電路的工作情況有無異常等。

七、修復及注意事項

當找出電氣設備的故障點後,就要著手進行修復、試運轉、記錄等,然後交付使用,但必須注意以下事項：

- 1.在找出故障點和修復故障時,應注意不能把找出的故障點作為尋找故障的終點,還必須進一步分析查明產生故障的根本原因。
- 2.找出故障點後,一定要針對不同故障情況和部位相應採取正確的修復方法。
- 3.在故障點的修理工作中,一般情況下應盡量做到復原。
- 4.電氣損毀修復完畢,需要通電試運行時,應和操作者配合,避免出現新的故障。
- 5.每次排除故障後,應及時總結經驗,並做好維修記錄。記錄的內容包括:工業機械的型號、名稱、編號、故障發生的日期、故障現象、部位、損壞的電器、故障原因、修復措施及修復後的運行情況等。記錄的目的:作為檔案以備日後維修時參考,並通過對歷次故障的分析,採取相應的有效措施,防止類似事故的再次發生或對電氣設備本身的設計提出改進意見等。

電氣線路常見故障及檢修技巧

線路絕緣損壞的原因有多種原因可能導致線路絕緣損壞。如雷擊等過電壓的作用可使絕緣擊穿而受到破壞；線路使用過久，絕緣將因老化而失去原有的電氣性能和機械性能；長時間過熱；化學物質的腐蝕；機械損傷和磨損；受潮發黴；惡劣的自然條件；小動物或昆蟲的齧咬以及操作人員不慎損傷均可能使絕緣遭到破壞。

短路故障的產生原因

短路故障往往由於維護管理不良、長年失修、操作不當或設備本身品質問題造成。如：電氣線路絕緣因受潮、銳物刺傷、磨損、老化等因素而損壞；接線柱污垢較多而造成柱間放電導通；接線柱鬆弛(特別是在有頻繁振動的場所)導致兩柱接線偶爾接觸而導通；或連結處因鬆動造成接觸電阻增大而過熱，產生火花引起相間短路；金屬物掉落導致相間連結等等。這些原因都可造成相間接觸或放電接觸而短路。

短路故障的檢修技巧

檢查短路故障時，首先應斷開線路電源，用萬用表的電阻擋在線路兩端點進行測量，如果測出的數值為零，則該兩個端點之間的線路存在短路點。檢查前應瞭解被測線路的正常阻值，被測殘路中存在較大容量的電容時，應斷開電容後

進行測量，被測線路若為多路並聯時，應用“逐個排除法”找出線路中的短路支路，再從該支路中查找短路點。當出現電路似通非通時，可用兆歐表進行測量，若有短路，兆歐表指示為零。各種電子線路不要用兆歐表進行測量，以免損壞電子元件。有時線路出現燒斷熔絲現象，卻測量不出短路點，重新安裝上保險絲後，線路恢復正常。

查找到了短路故障支路，還要繼續確定故障的具體部位。短路故障點必然是回路中的降元件，如電阻、燈泡、電機繞組等負載的兩端或內部。在測量降壓元件時，首先斷開電源，用萬用表電阻檔測量降壓元件的電阻，如果電阻為零，說明短路點在此負載內部，如果電阻為某一值，說明負載內部完好，短路點在負載設備外部。

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMCUOR301A

「運用尋找故障技巧，找出故障根源」

評核指引

1. 評核方式

如前所述，使用者可自行設計適合自身需要及教學對象的評核項目，以下是部份可行的例子：

- 口試（例如模擬一工程項目的小組討論或面見，要求學員參與，設定評分標準）
- 筆試考核（設定筆試題目，考核學員的相關知識）
- 其他（例如實務演示、視像記錄等）

上述例子可混合使用。無論採用何種評核方式，使用者必需考慮本能力單元的教學內容多為技術知識，且顧及其資歷架構 3 級之水平；在設計評核方式時，應切合這些面向，包括能有效地測試學員對基本電路理論的理解及運算。以此為邏輯，筆試、口試會是較為合適的評核方式。

以下是以筆試作為評核模式的示範例子：

- 評核模式為：筆試（附件 C-03）、口試（附件 C-04）

2. 評核方式設計範例

為檢視學員之學習進度是否有所增長，進而檢視教學成果，本指引建議在整個教學過程中，設兩次筆試評核，一次為期中考試（即持續評核）；另一次為期末考試。持續評核筆試之模式建議如下：

- 筆試內容為：多項選擇題
- 題目數量為：20 - 25 題或以上
- 使用者應準備試題庫，預先編撰足夠數量之試題，確保每次筆試時，題目不至過份重複；建議試題庫之題目數量應為實際考試題目數量之 4 倍

無論評核模式如何，試題內容應配合教學進度。此外，試題內容亦理應配合教學內容及本能力單元所涵蓋之知識範圍。

另外，為確保評核質素，使用者應定時檢討試題內容，視乎需要更新試題，以確保所考核之內容為該領域之最新知識，貼近業界現況；本指引建議培訓機構至少每一年進行一次試題檢討。

3. 評核項目與預定學習成效

設計評核方式時，應留意評核項目必需切合預期學習成效，確保兩者能充份配對。以本能力單元的預期學習成效及筆試的評核方式而言，兩者的配對如下：

評核項目	<u>預期學習成效一</u> 能夠有效率地擷取及分析機電工程設備故障資料及紀錄	<u>預期學習成效二</u> 能運用尋找故障技巧，有效率地找出機電工程設備故障根源
評核項目一 (例如：持續評估——筆試)	✓	
評核項目二 (例如：期末考試——筆試)	✓	✓
…… (如有更多評核項目，可繼續延伸下去)		✓

4. 評核試題範例

下頁是本指引所建議的評核方式（筆試）的試題範例樣本（附件 C-03）以及評核方式（口試）的試題範例樣本（附件 C-04），使用者可用作參考。該等樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的評核內容。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

附件 C-03

能力單元 EMCUOR301A「運用尋找故障技巧，找出故障根源」

評核試題範例樣本（筆試）

評分準則建議：每答對一題得 1 分，視乎試卷的題目數量，以答對全部題目的 50%或以上為合格。

編號	試題	答案
1.	下列那一項不屬於非接觸式溫度感測器。 A. 紅外測溫儀 B. 光學高溫計 C. 熱電偶溫度計 D. 總輻射熱流感測器	C
2.	不屬於火焰噴塗技術修復過程的是以下哪一個。 A. 噴塗前的準備 B. 噴塗表面預處理 C. 噴塗層的測量 D. 噴塗及噴塗後處理	C
3.	以下哪一個是液壓元件中最常見的變形。 A. 應力斷裂 B. 腐蝕 C. 疲勞 D. 熱變形	C
4.	下列那一項不屬於影響微動磨損的主要因素 A. 振幅 B. 溫度 C. 材料性質 D. 氧化膜	D
5.	設備出現故障時表現出來的振動方式是以下哪一個。 A. 週期振動 B. 非週期振動 C. 寬頻振動 D. 窄帶振動	A
6.	下列那種形式不屬於磨損的五種形式之一。 A. 磨料磨損 B. 斷裂磨損 C. 粘著磨損 D. 疲勞磨損	B
7.	以下哪一個是一種危險的失效形式。 A. 斷裂 B. 磨損 C. 變形 D. 腐蝕	A

編號	試題	答案
8.	下列哪個階段的耐磨壽命最長？ A. 磨合階段 B. 穩定磨合階段 C. 劇烈磨損階段 D. 報廢階段	B
9.	設備故障診斷的目的之一是在允許的條件下充分挖掘設備潛力，延長使用壽命，減低設備的什麼費用？ A. 壽命週期 B. 修理週期 C. 能耗 D. 設備閒置	B
10.	熔斷器具有以下哪一個保護作用？ A. 過流 B. 過熱 C. 短路 D. 欠壓	C
11.	故障研究的目的？ A. 查明故障模式，追尋故障機理，探求減少故障的方法，提高機電設備的可靠程度和有效利用率 B. 對設備更進一步做好保養 C. 瞭解設備狀態 D. 以上皆非	A
12.	以下哪個不是零件磨損的一般規律及特徵？ A. 緩慢磨損 B. 磨合階段又稱跑合階段，發生在設備使用初期 C. 穩定磨損階段這一階段的磨損特徵是磨損速率小且穩定，因此該階段的持續時間較長 D. 急劇磨損階段進入此階段後，由於摩擦條件發生較大的變化，機械效率明顯下降，精度降低，若不採取相應措施有可能導致設備故障或意外事故	A
13.	13.計畫預期檢修制的主要特徵是 以下哪一個？ A. 定期檢查，定期修理 B. 定期檢查，定項修理 C. 定期檢查，按需修理 D. 按需檢查，按需修理	B
14.	以下哪一個不是機電設備中的損壞型故障主要故障？ A. 斷裂 B. 開裂 C. 點蝕 D. 鬆動	D
15.	浴缸曲線不包括以下哪一個階段？ A. 嬰兒期	B

編號	試題	答案
	<p>B. 成長期</p> <p>C. 可用期</p> <p>D. 老年期</p>	
16.	<p>浴缸曲線得名自其形狀類似以下哪一個？</p> <p>A. 左側陡峭，中間平坦</p> <p>B. 二側平坦，中間陡峭</p> <p>C. 兩側陡峭，中間平坦</p> <p>D. 右側陡峭，中間平坦</p>	C
17.	<p>以下哪一個不是排除故障的一般方法？</p> <p>A. 電阻法</p> <p>B. 電壓法</p> <p>C. 電流法</p> <p>D. 電容法</p>	D
18.	<p>檢修前不需要做以下哪一個工作？</p> <p>A. 看：觀察</p> <p>B. 嗅：嗅出氣味</p> <p>C. 試：通電試試線路</p> <p>D. 聽：聽在運行中聲音</p>	B
19.	<p>短路故障的產生原因</p> <p>A. 電氣線路絕緣因受潮、銳物刺傷、磨損、老化等因素而損壞；</p> <p>B. 接線柱污垢較多而造成柱間放電導通；</p> <p>C. 接線柱鬆弛(特別是在有頻繁振動的場所)導致兩柱接線偶爾接觸而導通；</p> <p>D. 塑膠物掉落導致相間連結</p>	D
20.	<p>以下哪一個不是電路虛連故障虛連故障的產生原因</p> <p>A. 有接線操作不規範、</p> <p>B. 器件容量較小與負載不匹配、</p> <p>C. 通電後會出現電壓偏高、</p> <p>D. 長期使用導致器件老化和觸點鬆動等。</p>	C

附件 C-04

能力單元 EMCUOR301A「運用尋找故障技巧，找出故障根源」

評核試題範例樣本（口試）

口試題目	<p>香港一般電力故障主要由以下原因所引致：</p> <ul style="list-style-type: none">■ 負荷過重■ 三相負荷不平衡引致負荷過重■ 缺乏維修 <p>請學員就以上主要原因，選擇其中一個，提出成因、後果及補救措施。(100 分)</p>
參考答案	<p>口試題目並無絕對答案，學員需要詳細回答題目及提出合理論述，唯回答應該具備以下要點：</p> <ul style="list-style-type: none">■ 電力故障的主要原因：負荷過重<ul style="list-style-type: none">• 成因：增設及更改原有的電力裝置可導致負荷過重• 後果：電力中斷及火災危險• 補救：加大公用的電力裝置■ 電力故障的主要原因：三相負荷不平衡引致負荷過重<ul style="list-style-type: none">• 成因：過多負荷接駁至一或兩個相位• 後果：電力中斷及火災危險• 補救：與其他相位分擔負荷，及 / 或加大公用的電力裝置■ 電力故障的主要原因：缺乏維修<ul style="list-style-type: none">• 成因：沒有執行維修保養• 後果：故障頻生，令根本原因更難調查• 解決方法：更換有問題的電力裝置及維修器具，使其時刻能安全及正常操作
評核標準	<p>評核員可根據以下項目就學員表現給予分數：</p> <p>說明三項電力故障的成因（每一項最多 10 分，共 30 分） 說明三項電力故障的後果（每一項最多 10 分，共 30 分） 說明三項電力故障的解決方法（每一項最多 10 分，共 30 分） 學員於說明時所展示的思路、對課題的掌握程度、溝通能力等表現（最多 10 分）</p> <p>學員得分達 50 分或以上即為合格。</p>

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMCUQM306A

「記錄機電工程質素問題」

教學指引

1. 預期學習成效

依據本單元之能力單元指引，本單元課程之預期學習成效應為讓學員：

- 能夠檢查工程每個施工工序，量化品質管理情況及問題，以提供足夠數據或資料，給管理層制定品檢報告

上述乃本能力單元的預期學習成效，如使用者在設計課程時會整合「行業知識」內的所有能力單元，則除本能力單元的預期學習成效外，亦應設定「行業知識」的綜合預定學習成效，相關指引可見《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的相關部份。

使用者亦可視自身需要，調整預期學習成效。

2. 建議教學對象

由於本能力單元對教學對象並無特別前設，因此本指引建議教學對象同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第3部份所列之要求。

3. 導師資歷建議

導師資歷同《低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套綜合指引》的第4部份。

4. 教學模式及時數

由於此能力單元以講解基本電路理論為授課重心，學員理應花費較多時間進行自學及溫習，以鞏固知識。另外，由於本能力單元不涉及實務練習，師生比例較有彈性，一位導師理應可較實務課程教授更多學生。綜合上述所言，本指引建議教學模式如下：

- 建議教學模式為：課堂面授
- 能力單元總學習時數為：30 小時
- 課堂面授與學員自學時間的比例建議為：1:2
- 建議面授時數為：10 小時
- 建議自學時數為：20 小時
- 建議評核時數：1 小時（包含於面授時數之內）
- 建議師生比例上限為：1:30

如依照上述設計，此能力單元的學習時數將如下：

建議學習時數			總學習時數	資歷學分
面授時數	自學時數	評核時數 (包含於面授時數之內)		
10	20	1	30	3

上述模式為建議；使用者可就收生條件、導師資歷、導師意見等各項因素，調整各項比例至切合實際情況之合理水平。

除上述的建議安排外，使用者亦可視自身條件及需要，調整教學模式。例如使用者如為公司或晚間培訓機構，則可考慮將課程設計為非全日制，雖然整體培訓日數可能會延長，卻能方便教學對象修讀課程。設若使用者能安排全日制上課，而教學對象亦能配合，則可考慮設計全日制課程，有助縮短整體課程日數。

使用者亦可視教學對象的條件及背景，調整教學時數的分配。例如若學員的程度較為初級，則可考慮增加面授時數，並減少自學時數；若學員程度較高，則可考慮減少面授時數，增加自學時數。

指引重點：

課堂面授及實習、面授與自學時數比例、教學模式等可視乎需要調整。

5. 教學地點及設備要求

本能力單元偏重理論知識，授課模式主要為面授講學，不涉及實務練習，因此本指引建議教學地點及設備之基本要求如下：

- 配備一般講課設備（如白板及粗體筆、投影機、投影螢幕、電腦、擴音系統、椅子、桌子等）之課室
- 課室面積以能容納所有師生而不至擠迫為佳；建議人均空間應達 1.1 平方米或以上
-

指引重點：

課室應配備基本講課設備，並足以提供師生舒適的空間。

6. 面授及自學時數安排

使用者應自行設計及決定每一節課堂或培訓時段的時數，以此安排面授時數、自學時數、以及每個時段內所教授的課題。以下是一個課時安排的例子：

	課堂或培訓時段	面授時數	自學時數
	第 1 節	3	6
	第 2 節	3	6
	第 3 節	3	6
	第 4 節	1	2
總計		10	20

7. 學習活動、自學活動安排

學習活動指使用者應該在課堂面授時段進行的教學活動。

由於使用者來自不同背景，培訓的目的及設計不可能相同，因此本指引不會規定學習活動內容，使用者需自行設計適合的學習活動。以下是一些建議及例子：

一般而言，可行的學習活動包括但不限於：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 導師使用實物示範演練
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員在導師指導下使用實物練習
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

無論使用者是培訓機構或是行內企業，皆可考慮設計上述學習活動。以下在設計本能力單元的學習活動時可參考的活動例子：

- 課堂導師講授
- 導師、學員互相進行提問解答
- 使用實例個案分析
- 設計模擬個案分析
- 展示實物進行講解
- 播放有關實務工作的影片然後作討論分析
- 學員分組進行討論然後進行匯報
- 參觀實際工作場所
- 邀請嘉賓進行專門講解

自學活動應該限於學員能夠獨自於家中安全進行的學習活動。

使用者應自行設計自學活動的安排，如有需要亦應為自學活動編製教材。以下是自學活動的例子：

- 溫習教學筆記
- 閱覽補充資料、參考資料
- 於指定網站瀏覽補充資料、參考資料
- 一些簡單習作，例如工作紙、不納入評核計分的問題集；形式可參考「評核指引」及試題樣本

以本能力單元而言，自學活動建議（但不限於）如下：

- 溫習教學筆記
- 閱覽於「教學資料範例」所列的參考資料
- 閱覽機電工程署於網上刊登及出版的相關刊物
- 供電商於網上刊登及出版的相關刊物
- 參考「評核指引」及試題樣本製作的問題習作

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMCUQM306A

「記錄機電工程質素問題」

教學資料範例

1. 能力單元說明

本能力單元之授課範圍理應如資歷架構秘書處所編撰之「EMCUQM306A 記錄機電工程質素問題」能力單元說明內所定；請參閱下頁的能力單元說明（附件 D-01）。

能力單元說明雖然劃定了教學範圍，但使用者亦可視乎自身需要進行一定的調整。例如若使用者是公司，希望以教材套為藍本設計在職培訓現職的員工，則可調整教學範圍至適合其公司自身的面向，包括所採用的工程規格、圖則、術語、裝置名稱、分工結構、員工的溝通方式等等，使設計更切合其公司的工作需求。設若使用者是教學組織，並未有特定某一確切職位的在職培訓，則可制定較為廣闊的教學範圍，不必重點針對某一系統的知識。

本能力單元之教學順序可跟從其能力單元說明之順序，但如使用者認為有需要，亦可更改順序至合適的狀況。

附件 D-01

「EMCUQM306A 記錄機電工程質素問題」能力單元說明

1. 名稱	記錄機電工程質素問題
2. 編號	EMCUQM306A
3. 應用範圍	在機電工程品質管理工作上，記錄機電工程每個施工工序的品管監控要點、工程質素情況及問題。資料用作管理層制定品質檢定報告。
4. 級別	3
5. 學分	3
6. 能力	<p style="text-align: center;"><u>表現要求</u></p> <p>6.1 機電工程品檢報告的格式及內容重點 ◆ 明白機電工程品檢報告的格式、內容重點及所需記錄</p> <p>6.2 記錄各種工程質素情況及問題 ◆ 嚴格檢查機電工程每個工序的品管監控要點，記錄各種工程質素情況及問題</p> <ul style="list-style-type: none"> • 根據品質管理計劃，執行質素保證系統，掌握檢定規格，嚴格檢查機電工程每個工序的品管監控要點，記錄各種工程質素情況及問題，例如：各工序施工質素水平、違規、出錯、疏漏、偏差、過多、過少 ◆ 量化品質管理情況及問題，以提供足夠數據或資料，給管理層制定品檢報告
7. 評核指引	<p>此能力單元的綜合成效要求為：</p> <p>(i) 能夠檢查工程每個施工工序，量化品質管理情況及問題，以提供足夠數據或資料，給管理層制定品檢報告。</p>
8. 備註	此能力單元之學分值假設該人士已擁有品質管理概念基礎。

2. 教學材料

依據本指引之教學設計，本單元之面授課堂時數與學員自學時數之比例為 1：2，學員會有較多時間進行自學。因此，除教學筆記外，培訓機構亦可加入其他教學材料，讓教材更為豐富，以下是該等材料的可能例子：

- 示範錄像
- 模擬的工作圖則
- 相關的規例及工作守則
- 網上的公開資料
- 實物教具或其圖片

以下所列之參考資料乃為教學一方所設，其程度之深及範圍之廣未必切合本能力單元所需，培訓機構若要以下列資料為基礎編撰教材，應配合教學對象之條件及本能力單元之涵蓋範圍作出調整，並需留意版權問題。部分參考資料可能未有中文譯本，培訓機構如以該等資料為基礎編撰教材，應將其內容轉譯為中文，以切合教學對象之程度。

本能力單元之建議參考資料如下：

1. 《電力（線路）規例工作守則》（必須為最新版本），可於機電工程署網站免費下載，此指引編寫時之最新版本為 2015 年版
2. 《低壓電氣裝置指南（第三版）》。2009。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
3. 《Introduction to Electrical Engineering》1995 J. David Irwin, David V. Kerns ISBN0023599308
4. 《基本電學（電工原理）（5 版）》。程林、理查曼。鼎文書局
5. 《香港電工工地手冊》。2016。王鎮輝。港九電器工程電業器材職工會
6. 《電工法規（修訂二版）》。黃國軒、陳美汀。全華科技圖書股份有限公司
7. 《電力裝置實用手冊——第三版》。2007。陳樹輝。萬里機構
8. 《最新電力測量儀器用法圖解（第一冊）》。成發電機機械工程公司

9. 《最新實用電工手冊》。2000。邵海忠。化學工業出版社
10. 《電動機控制》。陳文耀。復文書局
11. 《機電設備故障診斷與維修》。2013。王萬友。化學工業出版社
12. 《機電設備工程品質管理實務回訓教材—第二單元》。2009。行政院公共工程委員會
13. 《公共工程品質管理人員經典題庫總彙》。2014。林志憲。千華數位文化

上述參考資料並未盡錄，使用者可使自身需要及資源，採用其他合適的參考資料。

3. 教學筆記範例

下頁是一份教學筆記範例（附件 D-02）的樣本，使用者在編撰教材時可作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的教材。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

4. 教材內容與應用

本指引建議教學內容應該盡量配合預定培訓工種的工作內容，本能力單元的教材在內容上亦應該能配合應用於預定培訓工種的工作內容，以本能力單元的教學內容而言，以下是其中一種應用方式的例子：

- ◆ 使電工 / 電氣打磨裝配工 / 電氣佈線工 / 控制板裝配工 / 電纜接駁技工 / 機電業技術員 / 機電維修員 / 機電工程科文 / 管工 / 監督員 / 機電工程科文 / 管工等工種人員，在進行工程工作時，顧及機電工程品質管理，記錄機電工程每個施工工序的品管監控要點、工程質素情況及問題。

使用者應該設計適合自身需要的應用方式，但以本能力單元而言，以下關鍵課題必需涵蓋：

- ◇ 品質管理計劃
- ◇ 質素保證系統

附件 D-02

能力單元 EMCUQM306A 「記錄機電工程質素問題」 教學筆記範例樣本

機電工程項目施工品質管制

A、機電工程項目施工品質控制的策劃

機電工程項目施工品質控制的策劃是在合同環境下，為實現品質目標，確定具體的實現方法、手段和措施。本條主要知識點是：機電工程項目施工品質管制策劃的依據，機電工程項目施工品質管制策劃的方法，機電工程項目施工品質管制策劃的主要內容。

一、機電工程項目施工品質管制策劃的依據

策劃的主要依據是：招標檔、施工合同、施工標準規範、法規、施工圖紙、設備說明書、現場環境及氣候條件、以往的經驗和教訓等。

二、機電工程項目施工品質管制策劃的方法

由項目總工程師組織相關技術、品質人員，在熟悉施工合同、設計圖紙、現場條件的基礎上進行策劃，策劃的方法有按施工階段進行策劃、按品質影響因素進行策劃和按工程施工層次進行策劃三種。一般整體工程的品質控制策劃應按施工階段來進行，關鍵過程、特殊過程或對技術品質要求較高的過程，可按品質影響因素進行詳細策劃，也可以將三種方法結合起來進行。策劃的結果形成施工準備工作計畫、施工組織設計、施工方案和專題措施。

三、機電工程項目施工品質管制策劃的主要內容

（一）按施工階段進行品質管制策劃可分為事前控制、事中控制和事後控制三個方面

1· 事前控制主要包括：工程項目劃分及品質目標的分解、品質管制組織及其職責、品質控制依據的檔、施工人員計畫及資格審查、原材料半成品計畫及進場管理，確定施工工藝、方案及機具控制、核對總和試驗計畫、關鍵過程和特殊過程、品質控制點設置和施工品質記錄要求，施工圖審核、施工測量等控制。

2· 事中控制主要包括工序品質、暗敷導管工程品質、設備監造、檢測及試驗、中間產品、成品保護、分項分部工程品質驗收或評定等控制以及施工變更等控制。

3· 事後控制主要包括聯動試車、工程品質驗收、工程竣工資料驗收、工程回訪保修等。

（二）按品質影響因素進行品質管制策劃的主要內容

包括人員控制、設備材料控制、施工機具控制、施工方法控制和施工環境控制。

（三）按工程施工層次控制進行品質管制策劃的主要內容

包括對單位工程、分部工程、分項工程中每個層次的品質特性和要求進行品質管制策劃。

B、機電工程項目施工品質影響因素的預控

品質預控是通過施工技術人員和品質檢驗人員事先對工序品質影響因素進行分析，找出在施工過程中可能或容易出現的品質問題，提出相應的對策，制訂品質預控方案，採取措施預防品質問題的產生。本條主要知識點是：機電工程施工品質主要因素的預控內容和方法。

一、針對影響機電工程施工品質主要因素的預控內容

1· 對項目施工的決策者、管理者、操作者預控的主要內容：編制施工人員需求計畫，明確技能及資質要求；控制關鍵、特殊崗位人員的資格認可和持證上崗；制定檢查制度。

2· 施工機具設備預控的主要內容：編制機具計畫；進場驗收、監督、保養和維修；驗證檢測儀器、器具的精度要求和檢定或校準狀態；建立管理台賬、制定操作規程、監督使用。

3· 工程設備和材料預控的主要內容：材料計畫的準確性；供應商的營業執照、生產許可證等資質檔和廠家現場考察；設備監造；進場檢驗；搬運、儲存、防護、保管、標識及可追溯性，對不合格材料、不適用設備的處置。

4· 施工工藝方法預控的主要內容：施工組織設計、施工方案、作業指導書、檢驗試驗計畫和方法、品質控制點的編制、審批、更改、修訂和實施監督；施工順序和工藝流程，工藝參數和工藝設備；施工過程的標識及可追溯性。

5· 工程技術環境、作業環境、管理環境、周邊環境的預控主要包括：針對風、雨、溫度、濕度、粉塵、亮度、地質條件等，合理安排現場佈置和施工時間，加強品質宣傳。

C、機電工程項目施工品質檢查與檢驗的規定

機電工程項目施工品質檢查與檢驗是施工人員利用一定的方法和手段，對工序操作及其完成的項目進行實物測定、查看和檢查，並將所結果與該工序的品質特性和技術標準進行比較，判斷是否合格。本條主要知識點是：施工品質的“三檢制”，施工品質檢驗的要求。

一、機電工程施工品質自檢、互檢

一般情況下，原材料、半成品、成品的檢驗以專責檢驗人員為主，生產過程的各項作業的檢驗則以施工現場操作人員的自檢、互檢為主，專責檢驗人員巡迴抽檢為輔。

1·自檢是指由施工人員對自己的施工作業或已完成的分項工程進行自我檢驗、把關，及時消除異常因素，防止不合格品進入下道作業。自檢記錄由施工現場負責人填寫並保存。

2·互檢是指同組施工人員之間對所完成的作業或分項工程互相檢查，或是本組質檢員的抽檢，或是下道作業對上道作業的交接檢驗，是對自檢的覆核和確認。“互檢”記錄由領工員負責填寫（要求上下道工序施工負責人簽字確認）並保存。

3·專責是指品質檢驗員對分部、分項工程進行檢驗，用以彌補自檢、互檢的不足。“專檢”記錄由各相關品質檢查人員負責填寫，每週日匯總保存。

二、機電工程施工品質檢驗的要求

1·機電工程採用的設備、材料和半成品應按各專業施工品質驗收規範的規定進行檢驗。檢驗應當有書面記錄和專人簽字；未經檢驗或者檢驗不合格的，不得使用。

2·機電工程各專業工程應根據相關施工規範的要求，執行施工品質檢驗制度，嚴格工序管理，按工序進行品質核對總和最終檢驗試驗。相關專業之間應進行施工工序交接檢驗。

3·作好暗敷導管工程的品質檢查和記錄，並在暗敷導管工程隱蔽前通知建設單位和監理單位。

4·施工品質檢驗的方法、數量、檢驗結果記錄，應符合專業施工品質驗收規範的規定。

D、機電工程項目施工品質統計分析方法的應用

利用統計方法，對工程施工質量數據進行收集、整理和分析，可以更快、更好地找出產生品質問題的原因，以便採取改進的措施，提高工程施工品質。本條主要知識點是：統計調查表法及其應用，分層法及其應用，排列圖法及其應用，因果分析圖法及其應用。

一、統計調查表法及其應用

統計調查表法常用的有：分項工程施工品質分佈調查表；施工品質不合格項目調查表；施工品質不合格原因調查表；施工品質檢查評定調查表。

二、分層法及其應用

常用的分層方法有：按施工班組或施工人員分層；按施工機械設備型號分層；按施工操作方法分層；按施工材料供應單位或供應時間分層；按施工時間或施工環境分層；按檢查手段分層。對同一批資料可按不同性質分層，從不同角度分析品質問題和影響因素。

三、排列圖法及其應用

排列圖中的每個直方形都表示一個品質問題或影響因素，影響程度與各直方形的高度成正比。通常按累計頻率劃分（0%~80%）、（80%~90%）、（90%~100%）三部分，與其對應的影響因素分別為 A、B、C 三類。A 類為主要因素，B 類為次要因素，C 類為一般因素。

四、因果分析圖法及其應用

利用因果分析圖系統整理分析某個施工品質問題（結果）及其產生的原因，並編制改進措施和對策表。

E、機電工程項目施工品質問題及事故的處理

施工過程中發生的品質問題或品質事故，應重視對其調查、分析，採取措施進行處理，防範品質問題再發生和品質事故進一步擴大、惡化。本條主要知識點是：工程品質問題與品質事故的界定與現場調查，原因分析，處理的依據，處理方式以及處理後的注意事項。

一、工程品質問題與品質事故的界定與現場調查

對於直接經濟損失在規定數額以下，不影響使用功能和工程結構安全，沒有造成永久性品質缺陷，視為品質問題，可由相關的專業技術人員、質檢員和有經驗的技術工人和操作者共同分析，確定出現問題的原因，採取措施，及時糾正。

二、工程品質問題及品質事故的原因分析

引發工程品質問題及品質事故的常見原因有：

- 1· 違背施工程式：不按施工程式辦事，無施工圖施工，不經竣工驗收就交付使用等。
- 2· 違反法規行為：超低價中標；非法分包、轉包、掛靠；擅自修改設計等行為。
- 3· 管理與施工不到位：不按圖施工或未經設計單位同意擅自修改設計。

- 4· 使用不合格的材料及設備：材料及製品不合格；機電設備不合格。
- 5· 自然環境因素：焊接時下大雨並且風大。

三、工程品質事故處理的依據

- 1· 工程施工品質事故的實況資料：書面記錄、物證、照片和錄影等。
- 2· 合同文件：工程承包合同、設計委託合同、設備與器材購銷合同。
- 3· 技術檔和檔案：施工組織設計、施工方案、施工記錄、施工日誌、設備材料的品質證明資料；現場製作材料的品質證明資料等。

四、工程施工品質問題和品質事故的處理方式

- 1· 修補處理：某個檢驗批、分項或分部工程的品質未達到規範、標準或設計要求，存在一定缺陷，通過修補或更換器具、設備後可達到要求，且不影響使用功能和外觀要求。
- 2· 不作處理：某些工程品質問題雖不符合規定的要求，但經過分析、論證、法定檢測單位鑒定和設計等有關部門認可其對工程使用或結構安全影響不大的，經後續工序可以彌補的；經法定檢測單位鑒定合格的；經檢測鑒定達不到設計要求，但經原設計單位核算，仍能滿足結構安全和使用功能的，可不作專門處理。
- 3· 報廢處理：當採取上述辦法後，仍不能滿足規定的要求或標準，則必須報廢處理。

五、施工品質問題和質覺事故處理後的注意事項

- 1· 提交完整的處理報告，包括事故發生時間、地點、性質，品質事故現狀及發展變化狀況；現場觀察記錄和資料資料；事故原因分析判斷；事故涉及人員與主要責任者的情況等。
- 2· 工程品質事故的處理若需要進行設計變更的，應由原設計單位或有資質的單位提出設計變更方案。需要進行重大設計變更的，必須經原設計審批部門審定後實施。
- 3· 品質問題與事故處理完畢，必須經過品質評定合格驗收後，方可投入使用或進入下一階段施工。
- 4· 處理品質問題與事故有關的技術資料，應及時整理、歸檔。

電氣安裝工程施工品質控制與管理

圖設計環節上嚴格要求，而且需要在電氣工程施工中保證品質。因此，只有做好建築電氣安裝施工的事前、事中、事後每個環節的品質控制及監督工作，才能確保建築電氣安裝工程的品質。

一、事前控制

為保證施工品質，監理部門應協助建設單位認真審查承辦商的資質以及相關施工技術人員的證書，施工器具並做好相關記錄。提出審查意見，按照公平競爭的原則，選好施工單位。在事前就做好各個環節的把關工作，以確保施工品質。為此，應做好以下各項工作：

首先施工單位要熟悉圖紙瞭解圖紙，然後要對圖紙認真進行審核，並提出相關的疑問和建議，由設計部答覆並確認。

二、事中控制

在建築電氣施工過程中，消防、通訊、照明、線纜預埋敷設等項目的施工中，可能會存在一些不符合施工品質要求的品質問題。要提高暗敷導管工程品質，首先要加強施工管理人員對確保施工品質的重要性的認識，明確品質責任制，並與個人的經濟效益掛鉤，以此來督促施工管理人員按品質要求操作，避免因馬虎大意或為了省事而給電氣工程留下的隱患。

（一）項目經理部要落實品質責任制

實施工程項目管理需要綜合考慮多方面的管理要素，不同的項目具有不同的管理重點，企業應始終貫徹項目經理責任制是項目管理基礎的原則。落實項目經理責任制首先在於明確責任制的基本內容，項目經理受企業委託對項目進行管理，項目經理應負責並確保完成承包合同，降低目標成本，並落實品質、安全，達到各方面的要求。項目經理可將品質責任制明確到各項目組長，再由組長明確至施工技術人員，設立獎懲制度，提高工作人員的積極性，確保操作品質。

（二）注意防治電氣安裝工程品質通病

常見的電氣工程品質通病例如：電線管(鋼管、PVC管)壁厚和敷設不符合要求；導線的接線、連接品質和相色不符合要求；配電箱的安裝、配線、接地（或接零）線截面不符合要求；開關、插座的盒和麵板的安裝、接線不符合要求；燈具、吊扇的安裝高度、接線不符合要求；電纜安裝不符合要求；上下防火區之間由於導線或橋架穿越樓板而留有空隙不符合要求；防雷接地不符合要求；總等電位及洗手間局部等電位聯結不符合要求等。

電氣工程品質通病產生的原因。從事電氣安裝的人員技術素質差，責任心不強；不完全依照設計及規範要求進行施工；電氣材料市場混亂，把關不嚴；施工企業對電氣安裝品質不夠重視。

防治電氣工程品質通病的措施。提高施工人員的技術素質，培養安裝人員的責任心；按照設計及規範要求進行施工；提高電氣安裝的設計水準；加強管理，健全品質保證體系；把好原材料進場關，控制材料品質；嚴把電氣安裝工程驗收關。

三、事後控制

（一）嚴格按照品質驗收標準對已完工程進行驗收。電氣設備安裝工程，所用材料、電器、設備、成品、半成品的銘牌、型號、規格、性能和施工工藝安裝品質，必須符合設計要求及有關專業規範、標準、電氣安裝工程中品質允許偏差，但應符合規範有關規定，一般項目品質允許偏差和檢查方法，應符合相關規定。

（二）對工程不合格品的處理。對於電氣安裝工程中存在的不合格品，應及時進行重做處理，以確保工程品質。

5M1E 分析法（人、機、料、法、環、測）

造成工程質素的波動的原因主要有 6 個因素：

- a) 人（Man）： 操作者對質量的認識、技術熟練程度、身體狀況等；
- b) 機器（Machine）： 機器設備、工夾具的精度和維護保養狀況等；
- c) 材料（Material）： 材料的成分、物理性能和化學性能等；
- d) 方法（Method）： 這裡包括加工工藝、工裝選擇、操作規程等；
- e) 測量（Measurement）： 測量時採取的方法是否標準、正確；
- f) 環境（Environment） 工作地的溫度、濕度、照明和清潔條件等；

5M1E 分析法

工序質量受 5M1E 即人、機、料、法、環、測六方面因素的影響，工作標準化

就是要尋求 5M1E 的標準化。

5M1E 各因素分析及控制措施

1、操作人員因素

凡是操作人員起主導作用的工序所生產的缺陷，一般可以由操作人員控制 造成操作誤差的主要原因有：質量意識差；操作時粗心大意；不遵守操作規程；操作技能低、技術不熟練，以及由於工作簡單重覆而產生厭煩情緒等。

防誤可控制措施：

- （1）加強“質量第一、用戶第一、下道工序是用戶”的質量意識教育，建立健全質量責任制；
- （2）編寫明確詳細的操作流程，加強工序專業培訓，頒發操作合格證；
- （3）加強檢驗工作，適當增加檢驗的頻次；
- （4）通過工種間的人員調整、工作經驗豐富化等方法，消除操作人員的厭煩情緒；

2、機器設備因素

主要控制措施有：

- （1）加強設備維護和保養，定期檢測機器設備的關鍵精度和性能項目，並建立設備關鍵部位日點檢制度，對工序質量控制點的設備進行重點控制；
- （2）採用首件檢驗，核實定位或定量裝置的調整量；
- （3）盡可能培植定位數據的自動顯示和自動記錄裝置，經減少對工人調整工作可靠性的依賴。

3、材料因素

主要控制措施有

- （1）在原材料採購合同中明確規定質量要求；
- （2）加強原材料的進廠檢驗和廠內自製零部件的工序和成品檢驗；
- （3）合理選擇供應商；

4、工藝方法的因素

工藝方法包括工藝流程的安排、工藝之間的銜接、工序加工手段的選擇（加工

環境條件的選擇、工藝裝備配置的選擇、工藝參數的選擇）和工序加工的指導文件的編製（如工藝卡、操作規程、作業指導書、工序質量分析表等），

工藝方法對工序質量的影響，主要來自兩個方面：一是指定的加工方法，選擇的工藝參數和工藝裝備等正確性和合理性，二是貫徹、執行工藝方法的嚴肅性。

工藝方法的防誤和控制措施：

（1）保證定位裝置的準確性，嚴格首件檢驗，並保證定位中心準確，防止加工特性值數據分佈中心偏離規格中心；

（2）加強技術業務培訓，使操作人員熟悉定位裝置的安裝和調整方法，儘可能配置顯示定位數據的裝置；

（3）推行控制圖管理，以便及時採取措施調整；

（4）嚴肅工藝紀律，對貫徹執行操作規程進行檢查和監督。

（5）加強工具工裝和計量器具管理，切實做好工裝模具的周期檢查和計量器具的周期校準工作。

5、測量的因素

主要控制措施包括：

（1）確定測量任務及所要求的準確度，選擇使用的、具有所需準確度和精密度能力的測試設備。

（2）定期對所有測量和試驗設備進行確認、校準和調整。

（3）規定必要的校準規程。其內容包括設備類型、編號、地點、校驗周期、校驗方法、驗收方法、驗收標準，以及發生問題時應採取的措施。

（4）保存校準記錄。

（5）發現測量和試驗設備未處於校準狀態時，立即評定以前的測量和試驗結果的有效性，並記入有關文件。

6、環境的因素

所謂環境，一般指生產現場的溫度、濕度、噪音干擾、振動、照明、室內淨化和現場污染程度等。

施工人員管理和施工設備管理記錄

工程名稱		施工許可證號		
建設單位		設計單位		
監理單位		總監理工程師		
施工單位		項目經理		
專業技術負責人		專業監理工程師		
主要工種				
姓名	工種	證件名稱	證件號碼	發證機構
現場管理制度				
品質檢驗制度				
施工圖審查情況				
施工組織設計方案		審批		
現場使用主要設備、儀器、儀錶				
名稱	型號規格	單位	數量	備註
施工單位：	監理單位：		建設單位：	
年 月 日	年 月 日		年 月 日	

圖紙會審記錄表

項目名稱 樓棟號：				
項目單項會審內容				
單項水或電	施工單位、監 理單位、建設 單位	設計單位	參加人員簽名	備註
圖紙編號	會審內容	問題答覆		
檢查意見：		驗收結果：		檢查結果：
施工： 年 月 日		建設： 年 月 日		顧問： 年 月 日

現場暗敷導管工程檢查表格

工程名稱					建設單位		
分項名稱					監理單位		
工程部位					施工單位		
施工圖名稱					施工圖編號		
系統回路編號 (層次)	材質	規格	單位	數量	接地(接 零)狀況	連接方式	固定和防 腐
檢查意見：			驗收結果：			檢查結果：	
施工：			建設：			顧問：	
年 月			年 月			年 月	
日			日			日	

低壓電力裝置的工程質素要求

（此部份引用自機電工程署之《電力（線路）規例工作守則》2015 年版「守則」）

25A 使用導管的線路裝置

(1) 安裝鋼或聚氯乙烯或塑膠導管的一般規定

(a) 導管如穿過伸縮縫，應作特別安排，以容許伸縮縫任何一邊皆可相對移動；見圖 25(1) 所顯示的例子。為保持穿過伸縮縫的電氣連續性，應另外裝設一條電路保護導線，電路保護導線的截面積應與引進導管內的最大帶電導線配合。

(b) 屋宇建築期內，所有導管終端的開口，如可能被水、濕氣或其他外來物體所侵入，應用適當的導管塞加以堵塞；紙張或碎布等類材料不應作此用途。在同樣環境下的導管線盒，亦應以同樣方式堵塞，以防止屋宇建築期內混凝土或灰泥進入盒內。

(c) 裝置在清涼地方的天花板導管出口，如可能被暖空氣流入，應塗上適當密封劑，以防止濕氣凝結。

(d) 用以支承明敷導管的線鞍，應相隔固定距離沿整條導管設置。毗連線鞍的間距不應大過表 25(1) 所示數字。

(e) 電纜應用大小適中的拉線帶或鋼線引進導管內。如使用電纜潤滑劑，則潤滑劑不應與電纜產生負面相互作用，亦不應令火焰擴張或降低電纜的防火特性。

(f) 同一電路的所有帶電導線，應引進同一導管內。

(g) 照明最終電路的中性電纜，如用單芯電纜，可在導管內直接敷設至照明點，無須經過開關盒。

(h) 每隔兩個彎位，或每隔一個彎位再加一段合共最多 10 米長的直線延伸導管，或每隔一段最多 15 米長的直線延伸導管，應設置一個適配線盒。

(i) 藏於混凝土的毗連或平行導管，彼此應相距不少於 25 毫米。

(2) 使用鋼導管的線路裝置

(a) (i) 鋼導管應利用固定聯接喉套作接頭。兩條導管相接的兩端，應放入固定聯接喉套內並用螺絲旋緊，以保持導管的機械及電氣連續性。外露螺紋應髹上防漆。

(ii) 本守則不建議使用可旋動的聯接喉套。

(b) (i) 鋼導管如終接入金屬包殼，應利用聯接喉套作連接，或如屬軟導管，用黃銅製轉接器並加上黃銅製的陽管箍做成連接。軟導管與轉接器之間的連接，應穩妥固定，如有需要，應對連接處加以保護，以防止潮濕。每段軟導管的長度必須盡量減短。如作一般用途，應不超過 1 米；如安裝在假天花內，則應不超過 2 米。

(ii) 如金屬包殼是上漆或上釉的，應裝上獨立及大小適當的保護導體，使導管的接地終端連接金屬包殼內的一個接地終端，從而保持導管與金屬包殼之間的電氣連續性。置於管箍與金屬包殼之間的一塊銅接地件，可作為導管的接地終端之用。

(c) 導管不應屈曲超過 90 度，彎位的內半徑不應小於導管外直徑的 2.5 倍。

(3) 使用聚氯乙烯或塑膠導管的線路裝置

(a) 導管彎位的內半徑最小應為導管外直徑的 4 倍。

(b) 導管彎位、導管接頭的施工方法，將導管裝上沒有凸嘴的線盒的方法，以及所使用的工具及材料，應依照導管製造商的建議。

(c) 應充分考慮到聚氯乙烯管在高溫下的膨脹。導管如直線延伸 8 米或以上，應加入伸縮聯接喉套或其他配件。所用線鞍或夾子應為滑動配合型。

(d) 用以懸吊照明器或其他器具的線盒，如有相當大量的熱產生，應使用鋼質嵌入夾的一種。用以懸吊照明器的塑膠線盒或其他器具，應能在預期的操作溫度下承受懸吊的重量。

25B 使用線槽的線路裝置

(1) 安裝鋼或聚氯乙烯或塑膠線槽的一般規定

(a) 每件線槽應用最少兩個固定點獨立支承，如屬直線延伸，線槽的支承物應相隔固定距離安裝，而最大間距應如表 25(2) 所載。如有彎位，支承物應盡量裝近彎位。

(b) 線槽上的孔應用鑽或衝孔器造成，或以環鋸鋸成。開孔後，應消除線槽上的芒刺和銳邊，以防止擦損電纜。

(c) 穿出線槽的電纜應用導管保護，但構成明敷線路系統一部分的聚氯乙烯絕緣及有護套電纜除外。如屬後者，則在線槽上被電纜穿過的孔，應裝上適當橡膠護孔環或絕緣管箍。

(2) 使用鋼線槽的線路裝置

線槽與器具的連接，應使用以裝嵌或鑄製方式造成的標準凸緣聯接套或轉接頸套。如將線槽直接與器具相連，電纜入口處應設有平滑的管箍或護孔環，而線槽蓋的回行邊緣應保持完整。

(3) 使用聚氯乙烯或塑膠線槽的線路裝置

(a) 線槽應使用專門設計的鉚釘片把蓋固定。線槽的截面積如果不超過 100 毫米 × 100 毫米，可以採用夾上的蓋。

(b) 線槽應用螺絲以常用方式固定及支承，但線槽上的孔一定要稍大，以容許膨脹時移動。螺絲頭下面應使用墊圈，而螺絲不應上盡。

25C 電纜的安裝

(1) 一般規定

(a) 在可行情況下，所有電纜應以垂直或水平方向伸延，並應全線平貼牆、柱、間壁或天花板等的表面。

(b) 電纜如越過橫樑或桁架等敷設，應全線加以穩固支承。圖 25(2)顯示懸在橫樑下的電纜的一種安裝方法。

(c) 穿過伸縮縫的電纜應繞成環狀，以免伸縮縫的任何移動對電纜產生應力。

(d) 對於沿牆壁或結構物表面伸延的電纜：

(i) 用帶扣固定的電纜，其外直徑不應超過 10 毫米。

(ii) 如電纜的直徑超過 10 毫米，可使用線鞍及線夾。

(e) (i) 電纜的線鞍及線夾應用螺絲釘固定，並應相隔固定距離全線裝設。毗連線鞍或線夾的距離不應超過表 25(3) 所列數值。

(ii) 在距離終端及彎位兩邊不超過 150 毫米的範圍內亦應裝設一個線鞍或線夾。

(f) 電纜如裝置在樓板下或假天花板內，通常應加以支承並全線穩妥裝於永久天花板或樓板上，且應預留接觸途徑，以便進行檢修。這些電纜如有可能被鐵釘、螺絲釘和類似的物件所貫穿，應設已接地的金屬護套保護，或藏入已接地的鋼導管或線槽內，並予穩固支承。

(g) 線路系統如須穿過樓板、牆壁、天花板、間壁或空心障礙物等類建築結構裝置時，因線路系統穿過而造成的孔穴，須按照 BS 476：第 20 部或等效的規定及有關裝置所規定的隔火程度(如有者) 加以封閉。

(h) 聚氯乙烯絕緣絞合銅電纜的內彎位半徑不得小於下列數值：

電纜總直徑 (D)	最小內彎位半徑	
	無裝甲電纜	裝甲電纜
不超過 10 毫米	3D	6D
超過 10 毫米但不超過 25 毫米	4D	6D
超過 25 毫米	6D	6D

- (i) 有關高壓電纜的安裝，應參照製造商的建議。
- (2) 聚氯乙烯絕緣、聚氯乙烯護套無裝甲電纜的安裝
- (a) 由地板沿牆向上伸延的電纜如須保護，應裝設金屬的線槽護蓋，其高度最少要距離完工地板水平 1.5 米。
- (b) 電纜如穿過建築結構，例如牆、柱或樓板，應如圖 25(3) 所示，拉入已裝嵌在建築結構內的聚氯乙烯或鍍鋅鐵套管之內，並以按照 BS 476：第 20 部或等效規定、具備相同抗火時間的適當物料加以密封。
- (c) 電纜如沿着或越過鋼接頭、橫樑、柱子等，應藏入鋼或硬聚氯乙烯線槽／導管內。
- (d) 穿過金屬線盒或任何其他金屬件的無裝甲電纜，應用橡膠護孔環或絕緣管箍保護。
- (e) 帶扣應：
- (i) 沿整條電纜相隔固定距離裝設，而所相隔的距離不超過表 25(3) 所載的間距；
- (ii) 在距離終端或彎位兩邊不超過 75 毫米的範圍內裝設；
- (iii) 用牆塞及釘加以穩妥固定，且須最少嵌入牆、柱、間壁或天花板表面 20 毫米深。每一釘頭應與帶扣的表面齊平，以免損害固定電纜的護套；帶扣的每一孔均應以一個釘固定。
- (f) 照明最終電路的雙芯電纜中性導線，應用藏在設有開關掣的模製線盒子內的絕緣連接器繞過開關掣。
- (3) 裝甲或金屬護套電纜的安裝
- (a) 直接埋入地下的電纜，應有裝甲或金屬護套。第 1 及第 3 類電纜應埋在不少於 450 毫米的深度，第 4 類電纜則應埋在不少於 750 毫米的深度。這些電纜均應用電纜蓋瓦保護。敷設電纜前，線坑的底部應先鋪上一層沙或幼細的泥土，深度不少於電纜的直徑。在鋪上電纜蓋瓦前，應在電纜之上鋪設另一層沙

或幼細的泥土，深度為 100 毫米，使電纜全線受到保護。

(b) 除非電纜製造商另有指示，否則垂直延伸的電纜應每隔 100 米裝設泄壓段。

(4) 軟電纜或軟電線的使用

(a) 連接可移動用具或器具的軟電纜或軟電線長度要適中，最好為 1.5 米至 2 米。

(b) 用作最終連接固定器具或用具的軟電纜或軟電線，露出的部分要盡量短。

(c) 以低壓操作的每一條非軟性電纜、軟電纜或軟電線，皆須符合相應的認可標準的規定。

(d) 如用軟電線支承或部分支承懸吊的照明器，該線所支承的最高重量不應超過下列相應數值，而且電線的拉力不得直接對線路的終端產生作用：

導線的標稱截面積 (平方毫米)	最大重量 (千克)
0.5	2
0.75	3
1.5	5

25D 電纜接頭及電纜終端

(1) 電纜接頭

沿最終電路的電纜不得有任何一類電纜接頭。應使用「環狀」接線方式，使到電纜或導線妥善地終接於接線盒或電力器具。

(2) 電纜接頭及電纜終端所用的線盒

(a) 電纜終端及接頭所用的線盒可以用鑄鐵造成，或是用塑膠外殼內藏化合物填料，而且大小要適當。

(b) 如使用熱化合物填料，在倒入填料前，應將線盒充分加熱，使填料與線盒能完全黏合。其後應容許填料冷卻並收縮後才將填料加滿。線盒內不許有氣泡形成。

(c) 如使用冷化合物填料及塑膠外殼，整個接合裝置，包括塑膠外殼、化合物填料、絕緣帶等，應來自同一個專利製造商。製造商訂明的接合方法及程序，應嚴加遵守。

(d) 如線盒以鑄鐵造成，應安裝適當的裝甲線夾及封套；如線盒為塑膠外殼，應安裝大小適中的裝甲接駁。

(3) 電纜接頭及電纜終端的一般規定

(a) 所有接頭及終端應具持續的良好導電性能及足夠的機械強度。

(b) 套圈、壓縮式連接器及因進行電纜的接合或封端工作而致裸露的線芯部分，應在接合或封端工作完成後，用絕緣帶或遇熱收縮的軟管加以絕緣。這些絕緣帶或遇熱收縮的軟管的電氣及機械特性應與已移去的原本絕緣物相同或比後者更佳，並應安穩及永久地黏附線芯等，全個接頭或終端的最外一層的輪廓應滑順。

(4) 直通式接頭

(a) 銅導線如用直通式接頭，兩條導線在包錫後應緊靠起來，並且用一個軟背套圈作焊接。進行焊接時應將鉛錫焊料倒在線芯及軟背套圈上。在任何情況下均不可用焊燈火焰直接進行焊接。

(b) 為鋁導線製造焊接接頭前，每條導線應用鋼絲或同類的研磨物加以清理，並將特製適合鋁使用的焊劑倒在芯上，使導線包錫。其後應將兩條線芯套入軟背鋁套圈內，而套圈應予閉合。

需要接合的兩條鋁芯可以對接。在塗上一層由電纜製造商推薦作這用途的溶劑之後，應將焊劑倒在套圈上，以完成焊接工作。

(c) 如用壓縮式接頭，做法是將需予接合的線芯插入一條適當類型的壓縮式接管相反的兩端。接管的大小應與導線相配。然後應用壓擠工具將接管壓向線芯。所採用的工具及工作程序應照壓縮式接頭或電纜製造商所建議。

(d) 如使用特製接合裝置，整套裝置應來自專門製作這類用途產品的同一製造商。所採用的方法及程序，應嚴格依照製造商的建議。

(5) 保護導線的接頭

(a) 保護導線應使用環狀接線方式，接放入外露非帶電金屬部分或非電氣裝置金屬部分的接地終端內。應盡量避免在保護導線上設直進式接頭。保護導線上設 T 形接頭可以接受。

(b) 線帶應以下列方法接合：

(i) 雙排鉚接方式，或

(ii) 用適當的帶夾(如使用線夾，每個帶夾最少應設 4 口螺絲或螺栓)，或

(iii) 放熱式焊接或熱焊 —— 利用粉劑氧化銅及鋁的高溫作用，但須按照製造商所建議的程序使用適當的物料及器具，或

(iv) 用大小適當的終端板。

(6) 無裝甲電纜的接頭及終端

(a) 無裝甲電纜如終接於模製線盒、照明器或其他配件上，則保護整條電纜的護套應接入模製線盒、照明器或其他配件內至少 13 毫米。

(b) 電路保護導線應終接於模製線盒的接地終端，而該線盒乃用以裝放線路附件。

(c) 電路保護導線如無須終接於附件，應繞成圈狀，引離帶電終端或任何裸露導線，並應用綠黃色聚氯乙烯套管加以絕緣和套著。

(d) 無裝甲電纜的電路保護導線的接合方式，應與帶電導線的接合方式相同。

(7) 裝甲電纜的接頭及終端

(a) 電纜的裝甲應終接於裝甲線夾，而內層護套應穿過封套。

(b) 電路保護導線的接頭，應用大小適當及與相導線相同的材料來安裝及連接，使裝甲電纜沿每一接頭保持接地連續性。

(c) 具有銅或鋁導線的聚氯乙烯絕緣裝甲電纜，應終接於有裝甲線夾的封套內。封套及內聚氯乙烯護套之間應作防水密封。封套上應有錐形內部支座以容納裝甲線夾錐及線夾螺帽。線夾螺帽應將裝甲線夾錐穩固地附着裝甲線，確保裝甲線是緊夾在裝甲線夾錐與裝甲支座之間。封套套身上的插口應有適當螺紋，方便與標準導管附件配合。應裝上一個聚氯乙烯護罩，以遮蓋封套的套身及外露裝甲線。

(d) (i) 用鋁導線的電纜，其終端封套及裝甲線夾應用鋁製成。線芯的終端應終接於一個熱包錫黃銅或銅製線耳。該線耳應弄成適當形狀，以配合導線的扇形。線芯應在包錫後，焊在線耳上。另一個做法是使用壓縮式終接法。在這情形下，應將線芯插入壓縮式鋁線耳的套管內。然後應使用壓擠工具將套管壓在線芯上。所採用的工具及工作程序應依照電纜製造商的建議。

(ii) 線耳在接駁到終端之前，應塗上抗氧化劑。抗氧化劑應適宜無限期地防止因鋁線耳與銅或黃銅終端接觸而產生的電解作用。另一個做法是使用銅／鋁雙金屬線耳。

(8) 接駁導體的終端

(a) (i) 應使用一個特別設計的銅接合夾，將總等電位接駁導體與非電力裝置的金屬部分接駁起來，並將輔助接駁導體與外露非帶電金屬部分或非電力裝置的金屬部分接駁起來。

(ii) 在安裝接合夾前，應清理所有接觸到的表面，使不會有非導電材料（例如油脂或漆料）存在。

(b) 對於鋼製的明敷導管裝置，輔助接駁導體應終接於最接近的導管或構成導管裝置必要部分的導管盒。

(c) (i) 對於鋼製的暗敷導管裝置，輔助接駁導體應終接於構成導管裝置必要部分的金屬線盒內的銅接地終端。與暗敷導管接觸的途徑，採用與電話線出口相同的安排，可以接受。

(ii) 金屬導管盒的位置應盡量接近接駁位，而輔助接駁導體的外露部分要盡量短。

(9) 高壓電纜的接頭及終端

有關高壓電纜的接頭及電纜終端，應參照製造商的建議。

表 25(1)

導管支承物間距

導管大小 (毫米)	支承物之間的最大距離 (米)					
	硬 鋼		硬塑膠／聚氯乙烯		軟 性	
	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直
不超過 16	0.75	1.0	0.75	1.0	0.3	0.5
超過 16 但不超過 25	1.75	2.0	1.5	1.75	0.4	0.6
超過 25 但不超過 40	2.0	2.25	1.75	2.0	0.6	0.8
超過 40	2.25	2.5	2.0	2.0	0.8	1.0

註：(1) 上表所列間距是假設導管所承受機械應力只源自內藏電纜、導管及配件的重量。
(2) 上列數值不適用於作支承照明器或其他器具用的導管。

表 25(2)

線槽 (鋼或塑膠或聚氯乙烯) 支承物間距

線槽的截面積 (平方毫米)	支承物之間的最大距離 (米)			
	鋼線槽		硬塑膠／聚氯乙烯線槽	
	水平	垂直	水平	垂直
超過 300 但不超過 700	0.75	1.0	0.5	0.5
超過 700 但不超過 1 500	1.25	1.5	0.5	0.5
超過 1 500 但不超過 2 500	1.75	2.0	1.25	1.25
超過 2 500 但不超過 5 000	3.0	3.0	1.5	2.0
超過 5 000	3.0	3.0	1.75	2.0

註：(1) 上表所列間距是假設線槽所承受機械應力只源自內藏電纜、線槽及配件的重量。
(2) 上列數值不適用於作支承照明器或其他器具用的線槽。

表 25(3)

裝置於可接觸位置的電纜的支承物間距

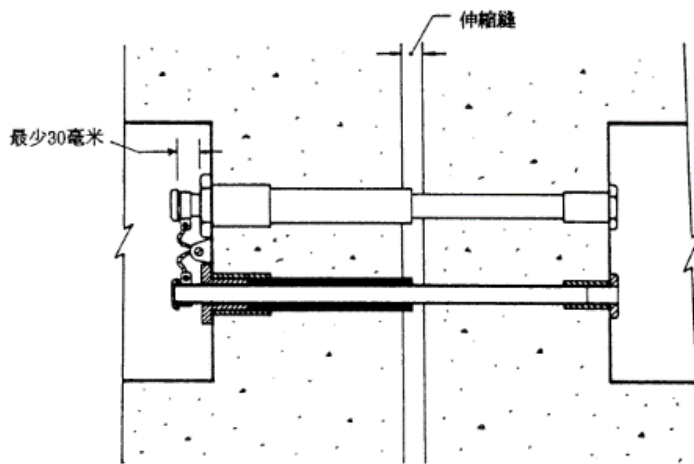
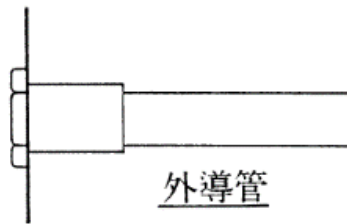
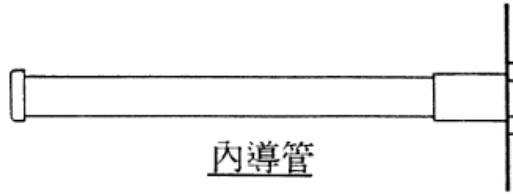
電纜總直徑 ‡ (毫米)	線夾的最大間距 (米)					
	無裝甲橡膠、聚氯 乙烯或鉛護套電纜		裝甲電纜		礦物絕緣銅護套 或鋁護套電纜	
	水平 †	垂直 †	水平 †	垂直 †	水平 †	垂直 †
不超過 9	0.25	0.4	—	—	0.3	0.5
超過 9 但不超過 15	0.3	0.4	0.35	0.45	0.4	0.6
超過 15 但不超過 20	0.35	0.45	0.4	0.55	0.6	0.8
超過 20 但不超過 40	0.4	0.55	0.45	0.6	—	—

註：電纜總直徑超過 40 毫米者，以及導體截面積在 300 平方毫米及以上的單芯電纜，應依照製造商的建議來決定電纜支承物的間距。

‡ 對於扁平的電纜，則作為主軸的尺寸。

† 上列的水平延伸電纜的間距數值，可以同時適用於延伸角度大於 30° 垂直角度的電纜。延伸角度如果小於 30° 垂直角度的電纜，則要應用垂直間距的數值。

電力（線路）規例工作守則



穿過伸縮縫的導管裝置法

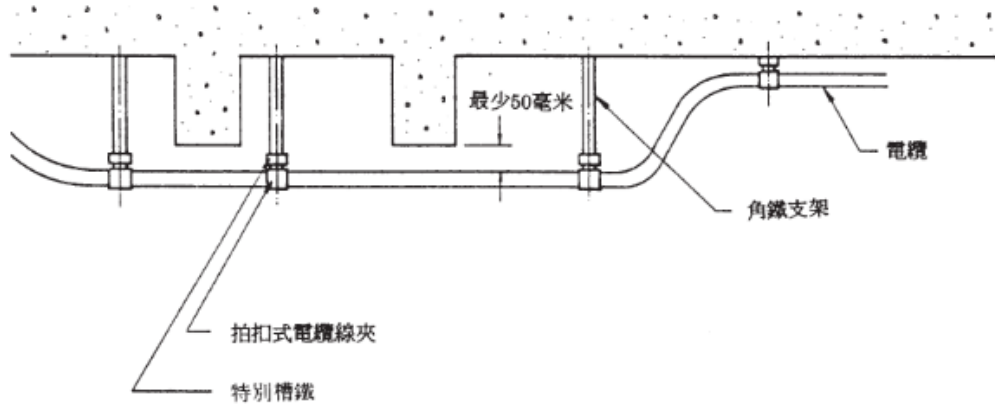
守則

25

圖

25(1)

電力（線路）規例工作守則



懸掛在橫樑下的裝甲電纜的安裝方法

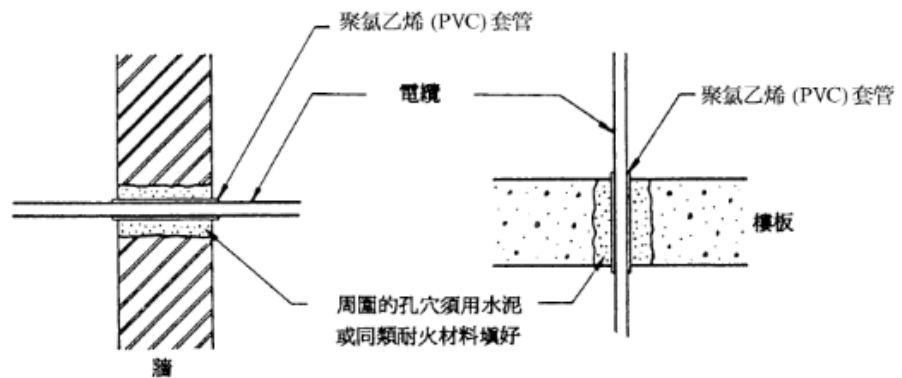
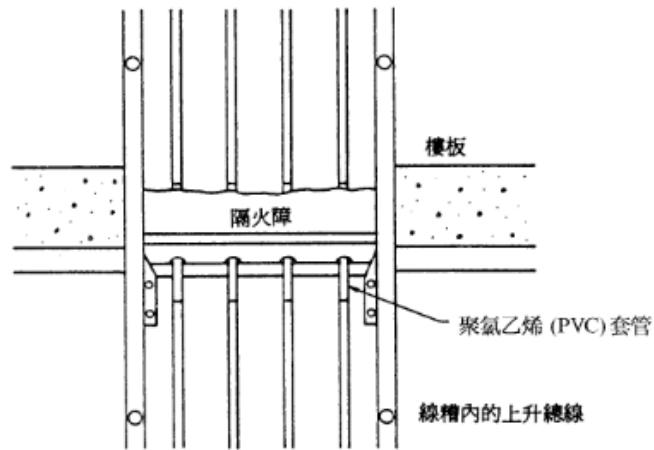
守則

25

圖

25(2)

電力（線路）規例工作守則



電纜穿過建築結構的詳圖

守則

25

圖

25(3)

低壓裝置安裝及保養維修（行業認知）（三級）教材套

能力單元 EMCUQM306A

「記錄機電工程質素問題」

評核指引

1. 評核方式

如前所述，使用者可自行設計適合自身需要及教學對象的評核項目，以下是部份可行的例子：

- 口試（例如模擬一工程項目的小組討論或面見，要求學員參與，設定評分標準）
- 筆試考核（設定筆試題目，考核學員的相關知識）
- 其他（例如實務演示、視像記錄等）

上述例子可混合使用。無論採用何種評核方式，使用者必需考慮本能力單元的教學內容多為技術知識，且顧及其資歷架構 3 級之水平；在設計評核方式時，應切合這些面向，包括能有效地測試學員對基本電路理論的理解及運算。以此為邏輯，筆試、口試會是較為合適的評核方式。

以下是以筆試作為評核模式的示範例子：

- 評核模式為：筆試

2. 評核方式設計範例

為檢視學員之學習進度是否有所增長，進而檢視教學成果，本指引建議在整個教學過程中，設兩次筆試評核，一次為期中考試（即持續評核）；另一次為期末考試。持續評核筆試之模式建議如下：

- 筆試內容為：多項選擇題
- 題目數量為：20 - 25 題或以上
- 使用者應準備試題庫，預先編撰足夠數量之試題，確保每次筆試時，題目不至過份重複；建議試題庫之題目數量應為實際考試題目數量之 4 倍

無論評核模式如何，試題內容應配合教學進度。此外，試題內容亦理應配合教學內容及本能力單元所涵蓋之知識範圍。

另外，為確保評核質素，使用者應定時檢討試題內容，視乎需要更新試題，以確保所考核之內容為該領域之最新知識，貼近業界現況；本指引建議培訓機構至少每一年進行一次試題檢討。

3. 評核項目與預定學習成效

設計評核方式時，應留意評核項目必需切合預期學習成效，確保兩者能充份配對。以本能力單元的預期學習成效及筆試的評核方式而言，兩者的配對如下：

評核項目	<u>預期學習成效一</u> 能夠檢查工程每個施工 工序，量化品質管理情 況及問題，以 提供足夠數據或資料， 給管理層制定品檢報告	<u>預期學習成效二</u> （如使用者自訂其他預 期學習成效）
評核項目一 （例如：持續評估—— 筆試）	✓	
評核項目二 （例如：期末考試—— 筆試）	✓	✓
…… （如有更多評核項目， 可繼續延伸下去）		✓

4. 評核試題範例

下頁是本指引所建議的評核方式（筆試）的試題範例樣本（附件 D-03），使用者可用作參考。該樣本只作參考之用，使用者就實際情況，自行編撰合理的評核內容。（本指引提供之樣本只作參考之用，並不涵蓋本能力單元之所有教授範圍）

附件 D-03

能力單元 EMCUQM306A「記錄機電工程質素問題」

評核試題範例樣本

評分準則建議：每答對一題得 1 分，視乎試卷的題目數量，以答對全部題目的 50%或以上為合格。

編號	問題	答案
1.	以下哪一項不是工程施工品質管制策劃的依據? A. 施工合同 B. 施工標準規範 C. 施工圖紙、設備說明書 D. 送貨單	D
2.	以下哪一項不是在工程進行中需要的工程品質控制? A. 工人質素 B. 設備監造 C. 檢測及試驗 D. 分項分部工程品質驗收	A
3.	以下哪一項不是在工程進行後需要的工程品質控制? A. 聯動測試 B. 工程品質驗收 C. 工程竣工資料驗收 D. 工程費用	D
4.	以下哪一項是工程施工品質事故的實況資料? A. 書面記錄 B. 照片 C. 錄影 D. 以上皆是	D
5.	以下哪一項不是合同文件? A. 工程承包合同 B. 計畫書 C. 設計委託合同 D. 設備與器材購銷合同。	B
6.	以下哪一項不是工程技術檔和檔案? A. 施工方案 B. 工作人員薪金 C. 施工日誌 D. 設備材料的品質證明資料	B
7.	以下哪一項是工程設備和材料預控中材料計畫的準確性的主要內容? A. 供應商的營業執照 B. 生產許可證等資質檔 C. 廠家現場考察 D. 以上皆是	D

編號	問題	答案
8.	<p>工程設備和材料預控中以下哪一項不是進場檢驗的主要內容?</p> <p>A. 搬運方法 B. 運輸公司 C. 防護 D. 保管、標識及可追溯性</p>	B
9.	<p>工程品質的檢查評定及驗收是按以下哪一項順序進行的?</p> <p>A. 分項工程、分部工程、單位工程 B. 檢驗批、分部工程、單項工程 C. 檢驗批、分項工程、分部工程、單位工程 D. 分項工程、分部工程、單位工程、建設項目</p>	C
10.	<p>施工日記（日誌）中可以不記錄的內容是?</p> <p>A. 設計變更情況 B. 參加驗收的人員 C. 進度款項支付情況 D. 歸檔資料的交接情況</p>	C
11.	<p>工程彙報材料討論與編寫，最好邀請誰人審稿?</p> <p>A. 監理 B. 業主 C. 設計 D. 上級</p>	C
12.	<p>工程材料/構配件/設備報審表中不需要的附件是以下哪一項?。</p> <p>A. 材料價格表 B. 數量清單 C. 品質證明文件 D. 自檢結果</p>	A
13.	<p>設計變更通知單應由誰人發出?</p> <p>A. 建設 B. 設計 C. 監理 D. 施工總承包</p>	B
14.	<p>下列哪一項不是工程材料/構配件/設備品質證明檔?</p> <p>A. 產品合格證 B. 檢驗報告 C. 產品生產許可證 D. 納稅證明</p>	D
15.	<p>工程上所使用的原材料、半成品和構配件，經監理工程師審查並確認其品質合格後方可進場。下列哪一項不是進場前必須有的?</p> <p>A. 產品出廠合格證 B. 技術說明書 C. 生產廠家的營業執照 D. 檢驗或試驗報告</p>	C

編號	問題	答案
16.	項目人員配備的時應將甚麼的人力資源配置安排到相應的工作上? A. 普通 B. 一般 C. 多餘 D. 合格	D
17.	提高工程施工品質，下列哪一項不是施工品質統計分析方法的應用? A. 統計調查表法及其應用 B. 分層法及其應用 C. 數列法及其應用 D. 因果分析圖法及其應用	C
18.	影響品質的因素 5M1E 中的 E 代表甚麼? A. 人員素質 B. 環境 C. 設備 D. 材料	B
19.	下列哪一項是引發工程品質問題及品質事故的常見原因? A. 違背施工程式 B. 違反法規行為 C. 使用不合格的材料及設備 D. 以上皆是	D
20.	項目在施工時，技術準備內容不包括以下哪一項？ A. 圖紙會審 B. 技術標準的確認 C. 成本預算 D. 技術交底	C