電力系統分析詳解

A・R 伯根 原著
喬榮治 譯著

曉園出版社
世界图书出版公司

电力系统分析详解

A. R. 伯根　原著

乔荣治　译著

*

晓园出版社出版社

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售

*

1994 年 4 月第　一　版　　开本：850×1168 1/32

1994 年 4 月第一次印刷　　印张：6.75

印数：0001－550　　字数：16.2 万字

ISBN 7－5062－1748－1/TK・7

定价：10.90 元（W_{B}9311/3）

前　　言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

電力系統分析詳解

（目　錄）

第 二 章　基本原理

2.1. 圖 2.1 中，$v(t)=\sqrt{2}\times 120\cos(\omega t+30^\circ)$，$i(t)=\sqrt{2}\times 10\cos(\omega t-30^\circ)$。

(a) 試求輸入網路的 $p(t)$，S，P 與 Q。

(b) 試找出一個簡單的（兩個元件）串聯電路，具有前述的端點操作情形。

解 (a) $v(t)=120\sqrt{2}\cos(wt+30^\circ)$

$i(t)=10\sqrt{2}\cos(wt-30^\circ)$

$\therefore V=120\,c^{j(30^\circ)}$

$I=10\,e^{j(-30^\circ)}$

$S=VI^*$

$=120\,e^{j(30^\circ)}\cdot 10e^{j(30^\circ)}$

$=1200\,e^{j(60^\circ)}$

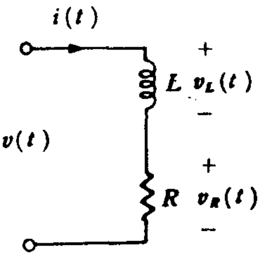
$=1200(\cos 60^\circ+j\sin 60^\circ)$

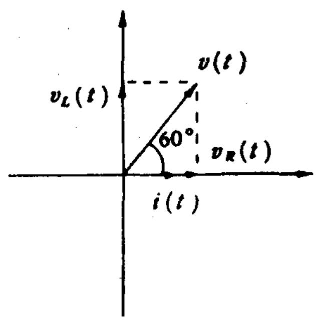
$=600+600\sqrt{3}\,j$

$P=600$

$Q=600\sqrt{3}$

(b)





2.2. $|V|=100$ 伏特時，輸入網路N的瞬間功率的極大值爲 1,707 瓦特，極小值爲－293 瓦特。

(a) 試找出一個和N等效的串聯RL電路。

(b) 試求輸入N的$S=P+jQ$。

(c) 求出輸入L的最大瞬間功率並和Q比較。

解 $|V|=100$

$VI^*_{max}=1707$

$VI^*_{min}=-293$

$1707-(-293)=2000$

$\therefore$ 振幅 $= 1000 = Q$

$S = P + jQ$

$= Z|I|^2 = (R + jwL)|I|^2$

$Q = |V||I| \sin\phi$

$|I| \sin\phi = 10$

2.3. 某一 1ϕ 負載以 0.7 功率因數滯後吸取5百萬瓦。試決定並聯的電容器需要供給多少的無效功率才會使得此並聯組合的功率因數提高至 0.9 。

解　$\cos\phi = 0.7$

$\cos\phi' = 0.9$

$500 \times \sin\phi = 357.07$

$500 \times \cos\phi = 350$

$350 + j(357.07 + x)$

$\dfrac{357.07 + x}{350} = \tan\phi'$

$= 0.4843$

$x = -187.565$ (萬瓦)

$\therefore$ 提供 1875650 瓦

2.4. 某一 3ϕ 負載從 440 伏特線上以PF 0.707 滯後吸取 200 仟瓦。有一提供50仟瓦的 3ϕ 電容器組與其並聯。試求出其合成功率因數與進入此並聯組合的電流值。

解　$\phi = 45^\circ$

$200 \times \cos 45° = 100\sqrt{2}$ （200 仟瓦）

$200 \times \sin 45° = 100\sqrt{2}$

$\therefore P + jQ = 100\sqrt{2} + (100\sqrt{2} - 50)j$

$\therefore \phi' = \tan^{-1}\dfrac{100\sqrt{2} - 50}{100\sqrt{2}} = 32.88°$

$PF = \cos\phi' = 0.84$ （滯後）

$S = \sqrt{(100\sqrt{2})^2 + (100\sqrt{2} - 50)^2}\, e^{j\phi'}$

$= 168.4\, e^{j\phi'}$

$168.4 = 440\,|I|$ （$|S| = |V|\,|I|$）

$\therefore |I| = 0.383$

∴電流爲 383 安培

2.5. 一 1ϕ 負載從 416 伏特線上以 PF 0.9 滯後吸取 10 仟瓦。

(a) 試求 $S = P + jQ$。

(b) 試求 $|Y|$。

(c) 假設 $\angle I = 0$，試求 $p(t)$。

解 $\phi = \cos^{-1} 0.9 = 25.84°$

$10 \times 10^3 \times \sin(25.84°) = 4.36 \times 10^3$

$10 \times 10^3 \times 0.9 = 9 \times 10^3$

(a) $\therefore P = 9$ 仟瓦

$Q = 4.36$ 仟瓦

(b) $P = |V|\,|I|\cos\phi$

$9 \times 10^3 = 416\,|I| \times 0.9$

$|I| = 24.04$（安培）

(c) 又 $I = 0$

$\measuredangle V = 25.84°$

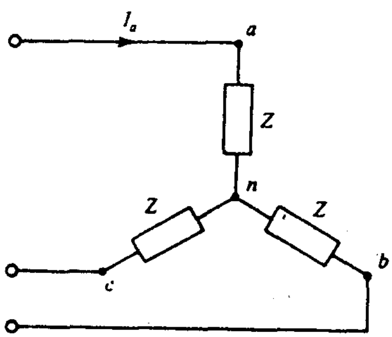
$P(t) = |V|\,|I|\,[\cos(\measuredangle V - \measuredangle I) + \cos(2wt + \measuredangle V + \measuredangle I)]$

$= 10 \times 10^3\,[0.9 + \cos(2wt + 25.84°)]$

$= 9 \times 10^3 + 10 \times 10^3 \cos(2wt + 25.84°)$

$\therefore P(t) = 9 + 10\cos(2wt + 25.84°)$ 仟瓦

2.6. 圖 P 2.6 之平衡系統中，假設



圖P2.6

$$Z = 10 \angle -15°$$
$$V_{ca} = 208 \angle -120°$$

試求 V_{ab}，V_{bc}，V_{an}，V_{bn}，V_{cn}，I_a，I_b，I_c 與 $S_{3\phi}$。

解 $V_{ca} = 208 \measuredangle -120°$

a 領先 c 120°

$\therefore b$ 領先 a 120°

$\therefore V_{ab} = 208 \measuredangle +120°$

$V_{bc} = 208 \measuredangle 0°$

$$\measuredangle V_{an} = \measuredangle V_{ab} - 30^\circ$$
$$= 90^\circ$$

$$\therefore V_{an} = 120 \measuredangle 90^\circ \qquad \left(\frac{208}{\sqrt{3}} = 120 \right)$$

$$V_{bn} = 120 \measuredangle -30^\circ$$

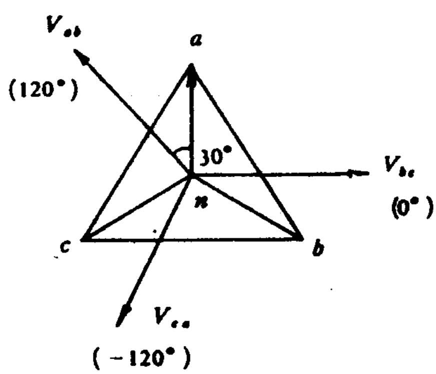
$$V_{cn} = 120 \measuredangle 210^\circ \text{ 或 } 120 \measuredangle -150^\circ$$

$$I_a = \frac{V_{an}}{Z} = \frac{120 \measuredangle 90^\circ}{10 \measuredangle -15^\circ}$$
$$= 12 \measuredangle 105^\circ$$

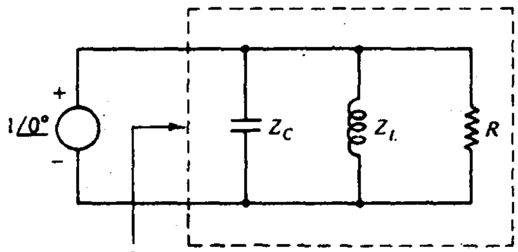
$$I_b = \frac{V_{bn}}{Z} = 12 \measuredangle -15^\circ$$

$$I_C = 12 \measuredangle 225^\circ$$

$$S_{3\phi} = 3\, V_a I_a^*$$
$$= 3 \times 120 \times 12 \measuredangle (90^\circ + 105^\circ)$$
$$= 4320 \measuredangle 195^\circ \text{（單位自定）}$$



2.7. 試求出圖P 2.7 中送至負載的合成複數功率。假設



圖P2.7

$$Z_C = -j0.2$$

$$Z_L = j0.1$$

$$R = 10$$

解 $Z = Z_C \parallel Z_L \parallel R$

$Z_C = -0.2j$

$Z_L = 0.1j$

$R = 10$

$$\therefore Z = \frac{1}{\dfrac{1}{-0.2j}+\dfrac{1}{0.1j}+\dfrac{1}{10}} = \frac{1}{5j-10j+0.1}$$

$$= \frac{1}{0.1-5j} = \frac{0.1+5j}{25.01}$$

$$S = VI^* = V\left(\frac{V}{Z}\right)^* = \frac{|V|^2}{Z^*} = |V|^2\left(\frac{1}{Z}\right)^*$$

$$= 1^2 \cdot (0.1+5j) = 0.1+5j$$

2.8.　試求出圖P2.8中系統的 I_a，I_b 與 I_c，如果

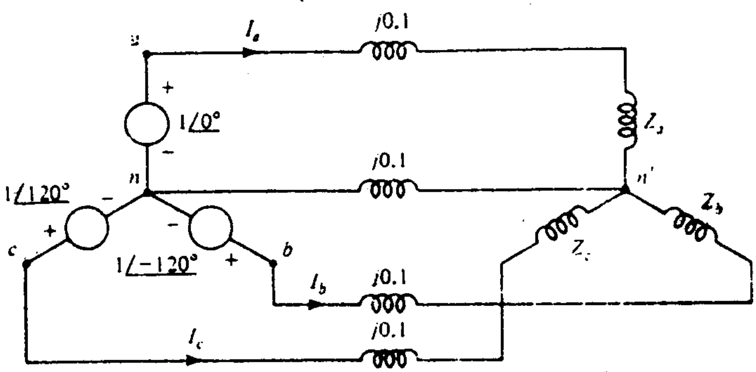


圖 P2.8

(a) $Z_a = Z_b = j1.0$, $Z_c = j0.9$

(b) $Z_a = Z_b = Z_c = j1.0$

提示：在(b)中利用單相分析。

解 (a) $Y_a = -j = Y_b$ $\qquad E_{an} = 1 \angle 0°$

$Y_c = \dfrac{-10}{9} j$ $\qquad E_{bn} = 1 \angle -120°$

$\qquad E_{cn} = 1 \angle 120°$

$I_a = Y'_a\,(E_{an} - V_{n'n})$ $\qquad Y'_a = -\dfrac{10}{11} j$

$I_b = Y'_b\,(E_{bn} - V_{n'n})$ $\qquad Y'_b = -\dfrac{10}{11} j$

$I_C = Y'_C\,(E_{cn} - V_{n'n})$ $\qquad Y'_C = -j$

$I_{nn'} = -Y_n V_{n'n}$

$\qquad = +10\,j\,V_{n'n}$

$I_a + I_b + I_c + I_{nn'} = 0$

$$Y'_a E_{an} + Y'_b E_{bn} + Y'_c E_{cn} + V_{n'n}\left(10\,j + \frac{10}{11} j + \frac{10}{11} j + j\right) = 0$$

$$-\frac{10}{11}j\ (1\angle 0^\circ)-\frac{10}{11}j\ (-0.5-0.866j)-j\ (-0.5+0.866j)$$

$$+V_{nn'}\ (12.82j)=0$$

$$0.0455j+0.0787+V_{nn'}\ (12.82j)=0$$

$$\therefore V_{nn'}=\frac{0.0787+0.0455j}{12.82j}$$

$$=(3.55-6.14j)\times 10^{-3}$$

$$\therefore I_a=-\frac{10}{11}j\ (1-3.55\times 10^{-3}+6.14j\times 10^{-3})$$

$$=-0.906j+5.582\times 10^{-3}$$

$$=0.906\angle -89.65^\circ$$

$$I_b=-\frac{10}{11}j\ (-0.5-0.866j-3.55\times 10^{-3}+6.14j\times 10^{-3})$$

$$=0.4578j-0.782$$

$$=0.906\angle -30.35^\circ$$

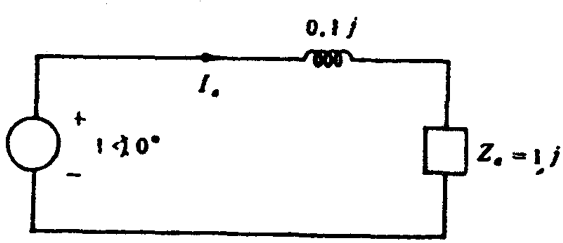
$$I_c=-j\ (-0.5+0.866j-3.55\times 10^{-3}+6.14j\times 10^{-3})$$

$$=0.5036j+0.872$$

$$=1.007\angle 30.01^\circ$$

(b) $Z_a=Z_b=Z_c=1j$

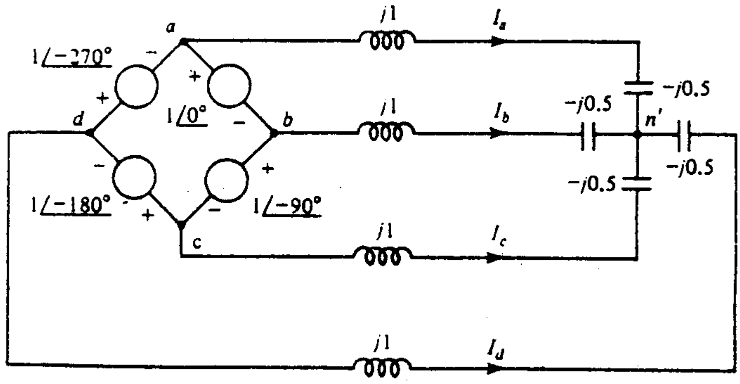
$\therefore$ 平衡三相



$$I_a=\frac{1}{1.1j}=-0.9091j=I_b=I_c$$

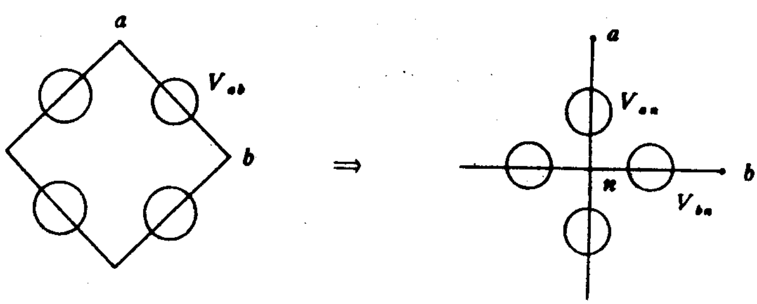
2.9. 圖P2.9的系統是平衡4ϕ的。試利用單相分析求出I_a，I_b，I_c與I_d。

註：我們需要從電壓組中找出一"星形"等效電路。

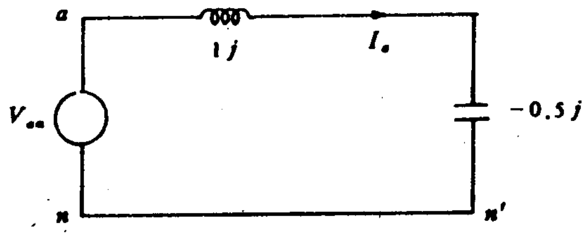


圖P2.9

解



$$V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$$
$$= (1 - e^{-90° j}) V_{an}$$
$$= 2 V_{an}$$
$$\therefore V_{an} = \frac{1}{2} V_{ab} = \frac{1}{2} \angle 0°$$



$$\therefore I_a = I_b = I_c = I_d = \frac{0.5}{(1-0.5)j} = -j = 1\angle -90°$$

2.10. 圖 P2.10 的平衡系統中。假設

$$C = 10^{-3}\,F$$
$$R = 1\,\Omega$$
$$|V_{ab}| = 240\text{ V}$$
$$\omega = 2\pi\cdot 60$$

試求 $|V_{a'b'}|$，$|I_b|$ 與 $S^{3\phi}_{load}$。提示：利用單相分析。

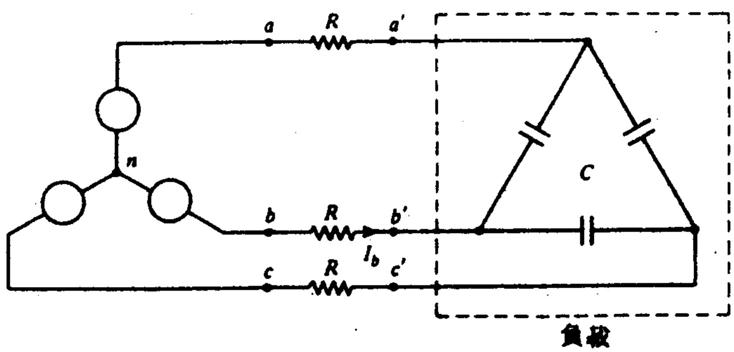
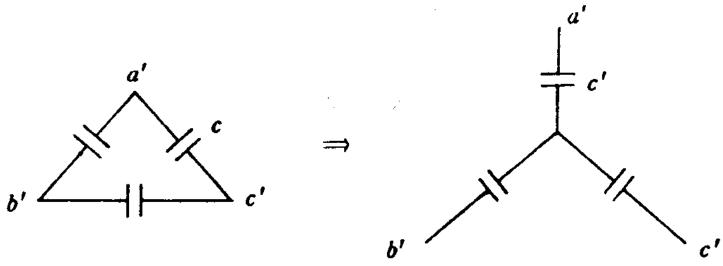
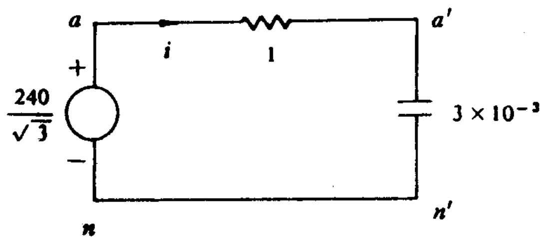


圖 P2.10

解



$$c' = 3\,c = 3 \times 10^{-3}\,(\mathrm{F})$$



$$i = \frac{\dfrac{240}{\sqrt{3}}}{1 - j\dfrac{1}{2\pi \times 60 \times 3 \times 10^{-3}}} \qquad \left(I = \frac{V}{R + \dfrac{1}{j\omega c}}\right)$$

$$= \frac{\dfrac{240}{\sqrt{3}}}{1 - 1.13j} = \frac{\dfrac{240}{\sqrt{3}}}{1.51 \angle(-48.49^\circ)}$$

$$= 91.76 \angle(\ 48.49^\circ)$$

$\therefore\ |I_b| = 91.76$ （安培）

$$|V_{a'b'}| = \sqrt{3} \times |V_{a'n'}|$$

$$= \sqrt{3} \times \left|\left(\frac{240}{\sqrt{3}} - 91.76 \times 1 \angle 48.49^\circ\right)\right|$$

$$= \sqrt{3}\ |\ 77.75 - 68.71\,j\ |$$

$$= 179.72 \ (\text{伏特})$$

$$S^{3\phi} = 3\,|V|\,|I|$$

$$= \sqrt{3} \times 91.76 \times 179.72$$

$$= 28.56 \times 10^{3} \ (\text{瓦})$$

2.11. 試就圖 P2.11 之平衡系統，求 $V_{a'n}$，$V_{b'n}$，$V_{c'n}$ 與 $V_{a'b'}$。

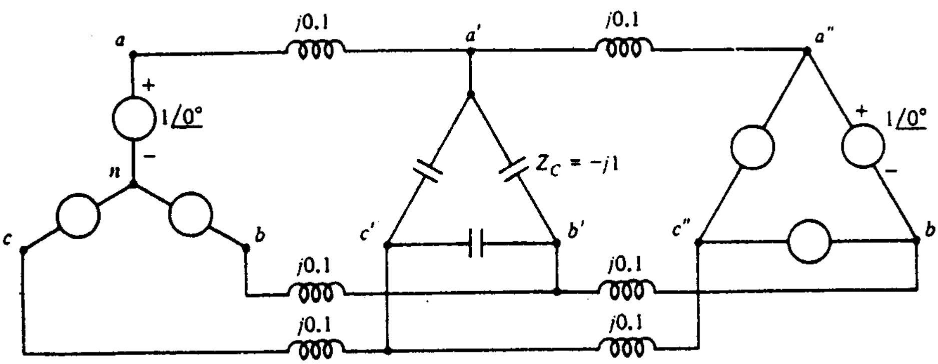


圖 P2.11

解 $Z_{c'} = -\frac{1}{3}j$

$$V_{a''n''} = \frac{1}{\sqrt{3}} e^{-\frac{\pi}{6}j}\ V_{a''b''}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} \angle(-30^{\circ})$$