

高等學校教學用書

短路電流實驗指導

苏联 斯·阿·烏里揚諾夫編

張 鍾 俊譯

燃料工業出版社

序 言

「短路電流」課程中的實驗課，是在1948—1949學年內首次列入教學計劃的。從提高學生對該課的成績來看，實驗課的列入是恰當的，因為它可以使學生對所學的內容具有明確的概念，並易於熟悉這些內容，同時又提高學生對課程內容的興趣。

由於這門課程中實驗工作的佈置，須儘可能地接近實際情況，因之在佈置時曾遇到很大的困難。要在實驗室中複製一個與實際電力系統中完全相似的短路過程，需要化很大的精力來設計和製造特殊的設備。

因之，首要的問題是在實驗室中恰當地進行這樣的實驗，即進行可以明顯地說明某些理論部份、可以進行某些研究、熟悉在模型上的計算、以及其他不需要化費很大財力物力就可進行的實驗。

實驗進一步發展的方向為：包括更多的問題，對這些問題進行全面性的說明及實驗上的研究。例如，對任意種短路的複合序網是不難在簡單的模型上複製出來的，因而可以簡捷地決定電流和電壓的所有對稱分量；但對這種短路，這並不能直接得到三相系統中應用儀表所觀察到的結果。因之，在上述情形中，必須同時表明電流和電壓的實際值以及它們的各個對稱分量；而這些對稱分量可以用適當的對稱分量濾過器來分出。

本實驗指導中共有五個實驗；對電力系的學生來講，這幾個實驗都是必需的。在準備實驗時，可以參閱該課講授筆記和烏里揚諾夫著「電力系統短路」一書。

每一實驗包括下列五節：

I. 實驗目的；II. 實驗說明；III. 實驗步驟；IV. 實驗題材；V. 報告要求，

由於實驗設備套數不够，各組學生不能按同一次序進行實驗。每組學生實驗的次序由指導者加以規定。

參加實驗的設計、裝置和試做工作的，有技術科學碩士 H. И. 索柯洛夫副教授、技術科學碩士 M. H. 奧阿洛維奇助教、B. A. 波列伏依助教 IO. A. 繆羅淑娃助教、И. B. 波列娃姬助教、B. И. 密德魏傑夫助教及研究生 E. Ф. 娜姬施柯娃。在建立實驗5時，H. И. 索柯洛夫副教授曾貢獻許多創造性的和發明性的工作。

全部實驗是在 C. A. 烏里揚諾夫副教授的領導下及直接參與下進行的。

目 錄

序言.....	1
實驗1. 直流計算台.....	3
實驗2. 短路時自動電壓調整器的影響.....	11
實驗3. 單相短路.....	20
實驗4. 不對稱短路.....	29
實驗5. 短路的暫態過程.....	35

實驗 1. 直流計算台

I. 實 驗 目 的

複雜網絡短路電流的計算是非常繁複而需要細心工作的。因之，爲了在實用上簡化計算起見，須應用特製的計算模型，以便有關量（例如網絡對短路點的組合阻抗）的計算工作，可以按某一比例係數用直接量度的方法來代替。

短路電流計算中所採用的假設，決定了對計算模型的要求以及它們在技術上構成的可能性。例如，當網絡中元件的電阻略去並不計發電機電勢間的相位差時（通常短路電流實用計算中就採用這些假設），計算模型就可應用直流電源，而網絡元件的感抗則可在這一模型上用電阻來表明。很多計算短路電流用的模型，就是依據這一原理而製成的。

直流計算台是上述的一種模型，在蘇聯廣泛地採用。這計算台是由 Д.А. 高羅德斯基教授首先建議和創造的。雖然這種計算台的構造簡單，但它創造性的構造，保證了它的通用性，可在它上面組成任意的網絡。應該指出，這計算台也可用來進行電力網運行情況的某些計算（例如在研究閉式電纜網運行情況的研究時等）。

本實驗的目的是熟悉高羅德斯基教授式直流計算台的構造，並學會應用這一計算台來進行短路電流的簡單計算。

II. 實 驗 說 明

直流計算台（圖 1）的主要元件如下：電阻器板（ $A_1 \sim A_5$ 板， $B_1 \sim B_5$ 板和 $C_1 \sim C_5$ 板），具有聯接軟綫的換接—量度板（ $D_1 \sim D_5$ 板），具有一組分流器的毫安計（M 板），具有一組附加電阻的毫安計（N 板）和接到直流電源並具有雙重調節（粗調節和細調節）的電位計。

由圖可見，A 板、B 板及 C 板上每一鉛直排列的插口組，組成了十進制的電阻匝，其中的電阻器可以分成三組：

由 1 至 22 歐，每級相差 0.1 歐；

由 1 至 211 歐，每級相差 1 歐；

由 10 至 2110 歐，每級相差 10 歐。

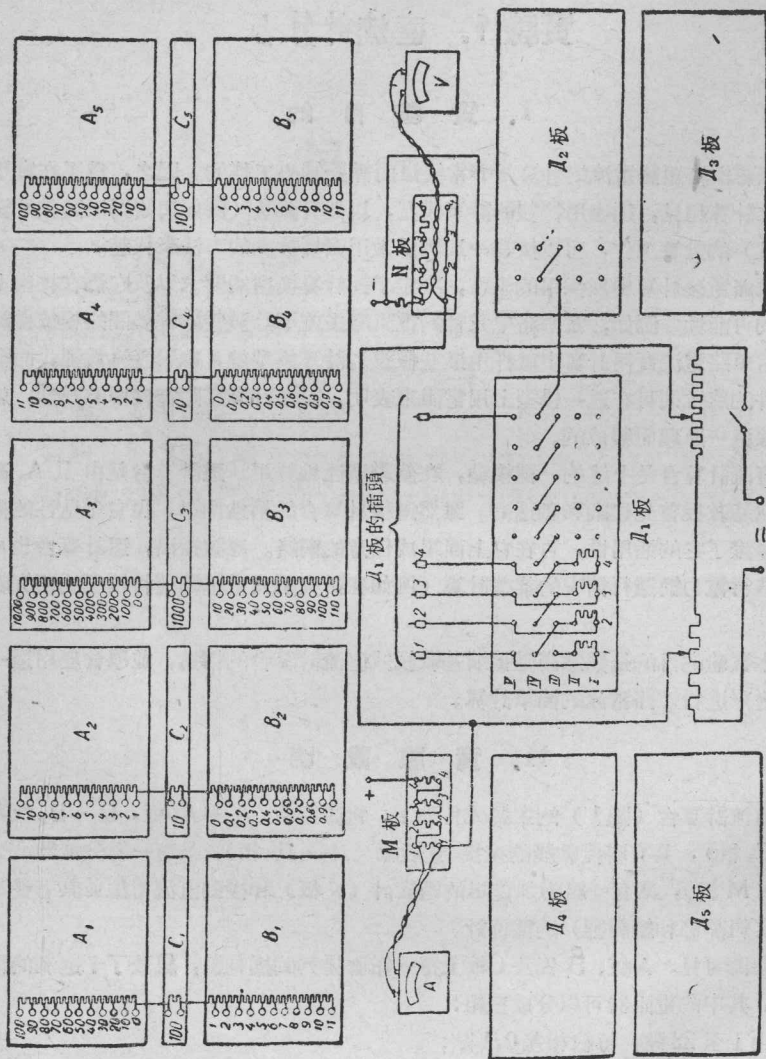


圖1 直流計算台結綫圖

接到 C 板插口上的電阻器的兩端，可以用叉形插頭來短接，因而把電阻匣的總電阻減少 10 歐、100 歐或 1000 歐。

換接-量度板 ($\Pi_1 \sim \Pi_5$ 板) 由五個水平排列 (I—V) 的插口組所組成。插口可以在換接-量度板的後面聯接起來，如圖 1 所示。在水平組的每一插口中，接有聯接軟綫的一端，而軟綫的另一端上則裝有插頭。換接-量度板上鉛直排列插口組的號碼，與接到水平組插口上聯接軟綫的相同。

水平排列的插口組 III 和 IV 是換接-量度板的本體。可以在該處用短接的叉形插頭把規定網絡的所有結點聯接起來。不難由圖 1 看到，插到換接-量度板任一鉛直組 III—IV 插口中的叉形插頭，把這一鉛直組與號碼較大的旁邊鉛直組相聯。因之，如果要把軟綫 1 和 2 相聯，祇須把叉形插頭插在鉛直組 1 的 III—IV 插口中。再如果要把軟綫 3 與軟綫 1 和 2 的公共結點相聯，那末就須把另一個叉形插頭插在鉛直組 2 的 III—IV 插口中。餘類推。因之，對每一個結點，在接到這一結點軟綫號碼差 1 的鉛直組的插口 III—IV 中，應該沒有叉形插頭。祇有這樣才可保證換接-量度板上相隣結點並未聯在一起。

換接-量度板上軟綫的插頭（接到水平組 V 的插口中的），是用來與電阻匣相聯的。當每一對軟綫的插頭，插入了電阻匣上適當的插口中後，就可按某一選定的比例，在換接-量度板上代表某一元件的感抗。與接到換接-量度板上每一電阻匣串聯的兩根軟綫和兩個量度分流器的電阻，應該在校驗電阻匣時考慮進去，因而無須進行任何修正。在任一電阻匣上組合電阻時，必須把一根軟綫的插頭插在 A 板上適當的插口中，而把另一根軟綫的插頭插在 B 板上適當的插口中。如果這一電阻匣 C 板上的插口中，這時已插有叉形插頭，那末在這一電阻匣上組合的電阻值，就由 A 板和 B 板上插口（插有軟綫插頭的）旁邊數字之和所決定。如果這一電阻匣 C 板的插口中並未插有叉形插頭，那末對上述求得之和，還須加上 C 板上標出的電阻值。

標有 L+1 號和 L-1 號的軟綫，是用來把電源接到組成的網絡上的。接到 M 板插口中的毫安計，用以量度出網絡所有的總電流，而接到 N 板插口中的毫伏計，則用以量度電位計上可調部份兩端間的電壓。

由直流計算台上的結綫圖，可以明顯地看出它的構造和各部份間的相互聯系。實驗室兩座計算台（第 1 號直流計算台和第 1-A 號直流計算台）所差別的，祇是聯接軟綫條數的不同（一台上有 150 條而另一台上則有 125 條）和外貌的略異。

由於這樣構造的直流計算台祇具有一個電位計，因之對這些計算台上組成的網絡，祇能同時接入一個電勢。在普遍的情形中，當網絡中含有電勢不等的許多

發電機時，網絡中的電流就須應用重疊定理來求得，即依次地考慮每一電勢的作用（令其他電源的電勢都等於零）。無疑地，這樣的解決問題需要很多的時間，但比起用通常的解析方法計算起來，對複雜的網絡而言，還是比較省時的。當所有發電機的電勢都相等時（例如在短路的起始瞬間），對被研究的網絡的短路電流值，可以在計算台上（按某一比例）直接量得。同樣地，祇應用一個電勢，可以在這一計算台上量得：這網絡對任意短路點的組合阻抗值、網絡的輸入阻抗值和轉移阻抗值、短路時電流的故障分量（參閱烏里揚諾夫，「電力系統短路」第二章）。

為了在計算台上直接量出網絡中任一點處的電壓值，必須應用一個具有很高內電阻的毫伏計，才可在它接入網絡時實際上不致影響網絡中的電流值和電流分佈。對這一計算台上應用的毫伏計，這一要求是不能滿足的。但當網絡的所有電阻已知時，就可在量出各支中的電流後，毫無困難地算出網絡各點的電壓。

直流計算台的應用，並不限於網絡運行情況和三相短路運行情況的研究。它也可用來作任意種不對稱短路的計算，因為不對稱短路是可以由複合序網來表明的（參閱實驗4）。

III. 實驗步驟

下面討論當規定的網絡中某一點發生三相短路時，應用直流計算台來近似地決定其中的起始次暫態電流的實驗步驟。在這種情況下（參閱烏里揚諾夫，「電力系統短路」第36節），網絡中的負荷可以不計，而所有發電機的電勢，可以當做與發生短路前短路點的電壓相等，即當做等於該電壓級的平均額定電壓。對取 $U_0 = U_{cp}$ 的標么制，這電壓就等於1。

在進行實驗時，必須先熟悉計算用網絡及其等效網絡，其中元件的阻抗可以用基準條件下的標么值來表明，或用歸算到某一電壓級的歐姆值來表明。

應該進一步進行的實驗步驟如下：

- 1) 規定等效網絡在計算台上表明時的比例係數 m_x （即 $R = m_x x$ ）。

附註 m_x 值最好取一整數（例如10、100等），並必須考慮到，每一元件的電阻祇能落在1至2110歐的範圍內。應該指出，當網絡中元件的電阻太小時，電阻匣插口與聯接軟綫插頭間的接觸電阻可能有影響，而當網絡元件的電阻太大時，可能使應用的毫安計的靈敏度變成不夠。因之，電阻的比例係數 m_x 應該選擇一個方便而恰當的數值。

- 2) 畫出等效網絡圖，並在這圖上每一元件旁，註明當它在計算台上組成時所用的電阻值。

- 3) 在等效網絡（見上節）各元件端註上號碼。先從2開始，在所有發電機的

始端，依數字次序註上號碼；然後在形成網絡每一結點的各支路的各端點上，依次註上號碼。對匯集在一個結點的各支路端必須註上連續的號碼。

4) 在換接一量度板上，挑出網絡的所有結點。為此，須把叉形插頭按網絡上所註出的號碼，插在Ⅱ板同號碼鉛直組的插口 III—IV 中（除了每一結點的最後一個號碼外）。在這一號碼鉛直組的插口 III—III 中，不應插進叉形插頭。

5) 挑出網絡所有元件的電阻。為此，須把與網絡每一元件端點號碼相同的軟綫插頭，插在電阻匣上適當的插口中。必須注意，接到一個元件兩端的兩根軟綫插頭，應插在 A 板和 B 板的同一鉛直組插口內：一個插頭在 A 板的適當插口中，而另一個插頭則在 B 板的適當插口中。這一電阻匣的 C 板上，可能沒有插進叉形插頭，也可能插有叉形插頭（視所挑出的電阻值而定）。

附註 插頭必須很緊地插在插口中。在必要時，可以輕輕地把插頭上的彈簧片向外略拉。

6) 對組成的網絡供電。為此，把軟綫端註有 L+1 號的插頭，插在Ⅱ板 1 號鉛直組的插口 IV 中（這樣一來，這插頭已接到網絡的發電機結點上），而軟綫端註有 L-1 號的插頭，則插在與短路點同號碼鉛直組的插口 III 中。

7) 在 M 板的插口 I—I 中接入毫安計，並在 N 板的插口 I—I 中接入毫伏計。

8) 預先把電位計上的兩個滑動觸頭放在電位計的中心處，接進電源。

附註 在電源接進後，不得在組成的網絡中進行任何換接。

9) 慢慢地把電位計上的滑動觸頭向外移動，直到儀表的讀數可以很方便地讀出（即讀數並不太小）。記錄下這些儀表的讀數；然後將電源切除。

附註 1. 在記錄儀表的讀數前，須注意網絡中並無斷綫。這可以把毫安計輪流地接在Ⅱ板上與用到的聯接軟綫同號碼鉛直組的插口 I—II 中來檢驗。

2. 當毫伏計的讀數太小而同時毫安計的讀數太大時，兩個儀表須換接到 M 板和 N 板的插口 2—2、3—3、或 4—4 中。通常兩個儀表須換接到 M 板和 N 板相同號碼的插口中。在換接儀表時，可以不將電源切除。

10) 由得到的儀表讀數，用下列公式計算出網絡對短路點的組合電抗：

$$x_z = \frac{1}{m_x} \left(m_{\pi} \frac{v}{i} - 1 \right),$$

式中 v ——毫伏計的讀數（偏轉格數）；

i ——毫安計的讀數（偏轉格數）；

m_x ——網絡元件電抗選定的比例係數；

m_{π} ——與儀表和軟綫參數及附加電阻有關的比例係數。當兩個儀表接在 M

板和N板相同號碼的插口中時，這係數恰好等於10。

必須指出，在上式括弧中1的減去，是用以考慮到電源接到網絡時所用聯接綫電阻以及M板上分流器電阻的影響。這些電阻之和恰好做成1歐。

11) 網絡中的電流分佈，用百分數來表明最為方便。這時短路處的電流作為100%。為此把毫安計接在M板的插口I—I中，接入電源，調節電位計到毫安計的讀數為100格。再把這一毫安計軟綫端的插頭，輪流地插到II板上網絡中用到的鉛直組的插口I—II中，量出網絡每一支路中的電流。顯然地，這時毫安計的讀數，指出了網絡支路中電流對短路處電流的百分數。在網絡圖上註出量得的結果，並用箭號表明這些電流的方向。

附註 1.由於量度結果並不十分準確，求得的電流分佈須略加修正才可平衡。

2.如果在量度時，儀表的指針反向偏轉，那末須把接到儀表的導綫端對掉位置，並當做該支路中的電流反向。通常採用短路處電流的方向，作為正的電流方向。

12) 在計算台上做完實驗後，將網絡拆開。為此，須切除電源，拔去換接—量度板及電阻匣上插口中的所有插頭，並拔去M板和N板上電源及儀表聯接軟綫上的插頭。

附註 網絡須小心地拆開，不得拉着軟綫來拔去插頭。

茲舉一例以說明在直流計算台上進行實驗的步驟。設在圖2所示的網絡中，在點K處發生了三相短路，試決定短路處的起始次暫態電流及這些電流在110千伏電力網中的分佈。

把所有元件的電抗用標么值來表明，取基準功率 $W_6 = 500$ 兆伏安，取對應電壓級的平均額定電壓 U_{op} 作為基準電壓 U_6 。圖3示註上了各元件電抗標么值的等效網絡圖。在這一圖中，串聯着的電抗用電抗 $x_1 = 5.7$ 和 $x_2 = 4.8$ 來代表。設 $m_x = 10$ ，就可得到圖4所示的等效網絡，其中每一元件的端點上，已註上了號

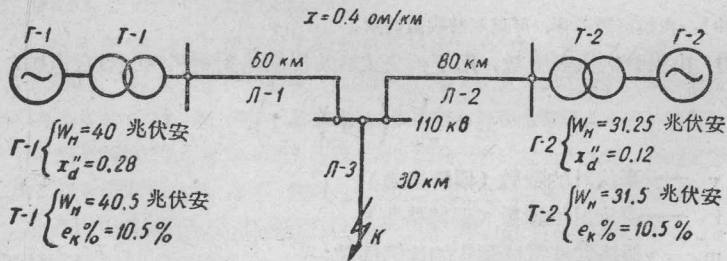


圖2 例題中電力系統的結綫圖

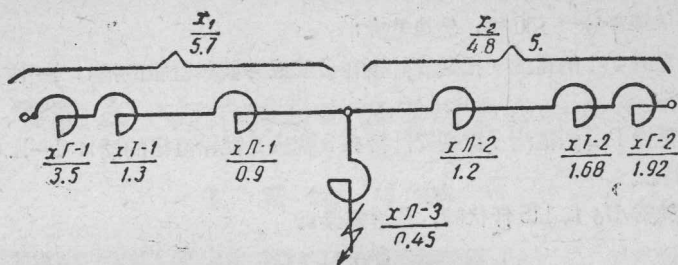


圖3 電力系統的等效網絡

碼。按各元件端的號碼在換接—量度板上的相應插口中，插進叉形插頭（如圖5所示），並標出軟綫 L+1 端和 L-1 端插頭應該插入的插口。然後將2號和4號鉛直組軟綫上的插頭，分別插到A板上標明着50歐及B板上（同一電阻匣上）標明着7歐的插口中。顯然地，這一電阻匣C板上的一對插口，應該用叉形插頭來短接，否則所得到的電阻將不是57歐而是157歐了。相似地，將3號和5號鉛直組軟綫上的插頭接在48歐電阻的兩邊，將6號和7號鉛直組軟綫上的插頭接到4.5歐電阻的兩邊。

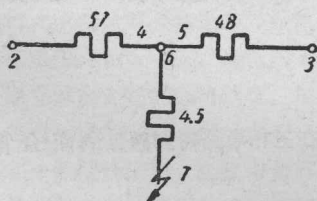


圖4 準備在計算台上組成的
等效網絡

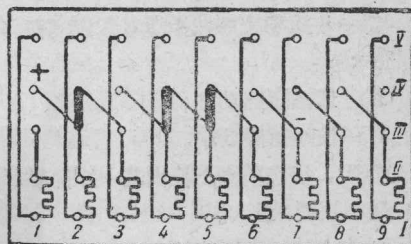


圖5 圖4網絡在計算台換接—量度板上的
聯接情況

接進電源，調節電位計使N板上毫伏計的讀數達100格，即 $v=100$ 格。這時插在M板上與N板上插口相同號碼插口中的毫安計，指出 $i=32$ 格的讀數。因之，網絡對短路點的組合電抗為：

$$x_{\Sigma} = \frac{1}{10} \left(10 \times \frac{100}{32} - 1 \right) = 3.03.$$

請注意，用解析法來算出的組合電抗值為 $x_{\Sigma}=3.05$ 。因之，用計算台所得的結果，祇具有不到1%的誤差。

下面進行電流分佈的實驗。把毫安計接在M板的插口I—I中。調節電位計使

毫安計的讀數達到 100 格，然後量度：

發電機 Г-1 的電流（把毫安計接在 2 號或 4 號鉛直組的插口 I—II 中），得 $i_1=46\%$ ；

發電機 Г-2 的電流（把毫安計接在 3 號或 5 號鉛直組的插口 I—II 中），得 $i_2=54\%$ 。

由於當 U_6 為 115 仟伏時，基準電流為

$$I_6 = \frac{500}{\sqrt{3} \times 115} = 2.5 \text{ 仟安；}$$

所以待求的電流為：

在短路處，
$$I_k = \frac{2.5}{3.03} = 0.825 \text{ 仟安；}$$

在綫路 Л-1 中，
$$I = 0.46 \times 0.825 = 0.38 \text{ 仟安；}$$

在綫路 Л-2 中，
$$I = 0.54 \times 0.825 = 0.445 \text{ 仟安。}$$

IV. 實 驗 題 材

每一小組學生應按指導者指定的網絡，在直流計算台上決定出三相短路起始瞬間的：

a) 最大短路功率；

б) 最小短路功率，

換句話說，須在網絡上找出某一短路點，網絡在三相短路時對該點的組合電阻

a) 最小及 б) 最大。

並在上述兩種短路情形中，決定網絡中的電流分佈。

V. 報 告 要 求

在報告中應包括下列各項：

1) 準備在計算台上組成的等效網絡。在這一網絡上須註明所有元件的電抗及所用聯接軟綫的號碼。

2) 在決定網絡組合電抗時所得到的測定結果。從這些結果計算出網絡組合電抗及待求的短路功率。

3) 求出網絡中的電流分佈。在等效網絡圖中分別示出兩種短路情形中電流的分佈情況，並用箭頭示出電流的方向。

附註 等效網絡圖的尺寸，以約佔諸標準報告紙（210×300公厘）幅面者為度。

實驗 2. 短路時自動電壓調整器的影響

I. 實驗目的

蘇聯發電廠中大部份發電機裝置着自動電壓調整器 (APH)，它們對短路過程的影響頗大 (參閱烏里揚諾夫, [電力系統短路] 第四章)。當發生短路而電壓降低時, 自動電壓調整器即開始動作, 增加發電機的勵磁, 因而增大了短路電流和系統各點的剩餘電壓。由於勵磁系統的電路是具有電感的, 勵磁電流祇能逐漸地增加而趨近於它的極限值, 所以在短路過程中, 自動電壓調整器的作用是逐漸出現的, 在進入穩態運行時具有最大的效果。相反地, 在短路開始瞬間, 由於轉子繞組的磁鏈不變, 自動電壓調整器一般並不發生影響。

我們知道 (參閱烏里揚諾夫, [電力系統短路] 第三章), 裝置着自動電壓調整器的發電機, 在短路穩態時, 可能在極限勵磁電流情況下運行, 也可能在勵磁電流小於極限勵磁電流、但發電機端電壓保持正常的情況下運行; 究竟在哪一種情況下運行, 須視發電機參數和外接電路的條件而定。換句話說, 對這一發電機, 可能在極限勵磁情況下或在端電壓正常情況下運行。當祇有一個發電機運行時, 我們不難立即決定它的運行情況。為此祇須把外接電抗與它的臨界電抗作一比較。不論對發電機的哪一種運行情況, 短路電流的計算都是很簡單的。

在一般的情形中, 網絡中含有好幾個發電機, 它們共同供給着短路電流。這時穩態短路電流的解析計算, 祇能用逐次接近法來進行, 即對每一發電機先估算出它最可能的運行情況, 然後再檢驗這樣估計的運行情況的正確性。這樣的計算需要相當多的時間和工作量。

本實驗的目的, 是指出怎樣利用一些不複雜的設備, 來對含有裝置着自動電壓調整器的發電機的電力網, 用模型的方法進行三相短路穩態運行的計算, 而有關的電流和電壓值 (按某一比例係數), 可以直接在這模型上測得。同時很明顯地闡明各個因素 (例如, 短路點的距離、勵磁電流極限值、接入的負荷、各發電機的總負荷等) 對短路時各電流值和電壓值的影響, 並將它們與沒有自動電壓調整器時的各值作一比較。此外, 在這一實驗中, 也可決定三相短路起始時的電流值和電壓值, 以便可以與短路穩態運行時的對應各值作一比較。

應該指出, 短路起始次暫態電流對穩態電流之比 $\beta'' = \frac{I''}{I_\infty}$, 在一定程度

上，是可以用來決定短路電流對時間變化的過程的。在實用上計算短路電流的熱效應時，可以應用這一比值來決定短路電流的假想時間。當發電機沒有自動電壓調整器時，這一比值在短路點處總是大大於 1，而在短路距離很遠時趨近於 1。因之，在這種情形下，比值 β'' 的大小單值地表明短路距離的遠近。當發電機裝置着自動電壓調整器時，比值 β'' 與短路距離的關係就要更加複雜了。這可比較圖 6 所示的兩條曲線來看到。在具有自動電壓調整器的情形中，在任意短路距離時， β'' 值要比沒有自動電壓調整器較小：在某一短路距離 $x < x_{kp}$ 時等於 1，在 $x = x_{kp}$ 時抵達它的最小值；而當 x 再繼續增大時，又趨近於 1。所以，當發電機具有自動電壓調整器時，對每一個小於 1 的 β'' 值，有兩個可能的短路距離，一個在 $x < x_{kp}$ 處，一個在 $x > x_{kp}$ 處。由此可知，對每一個小於 1 的 β'' 值，採用一個電流對時間的平均變化律決定出來的假想時間，準確度是不高的，但對實用的目的

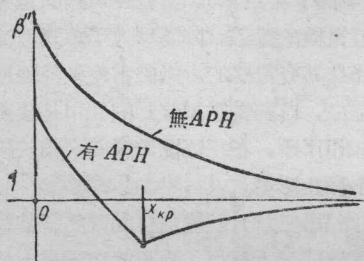


圖 6 表明 β'' 與短路距離 x 間關係的曲線 而言，這還是可用的。

在決定三相短路時電流和電壓的起始值及穩態值的本實驗中，可以按系統結綫圖整體來進行，也可以按它的各個環節來進行，並可以對各種可能的方案及變化進行比較。這些問題應加以適當的注意。

II. 實驗說明

這實驗可在實驗室內兩座實驗台（第 2 號和第 2-A 號實驗台）上進行，兩者所不同的祇是每台所複製的電力系統結綫圖的不同。每組學生祇須在一座實驗台上進行實驗。

第 2 號實驗台

圖 7 示這一實驗台上的電力系統結綫圖，其中有兩個發電廠 A（火力的）和 B（水力的），分別由變壓器與 110 仟伏電力網相聯，並由變壓器 T-4 與一個無限大功率的電力系統相聯，即與一個聯接點處電壓值保持不變的電源相聯。在發電廠 B 發電機母綫各段、在發電廠 A 的 110 仟伏母綫上、在降壓變電所 B 和 Г 的母綫上，接有負荷。電力系統各元件的參數如下：

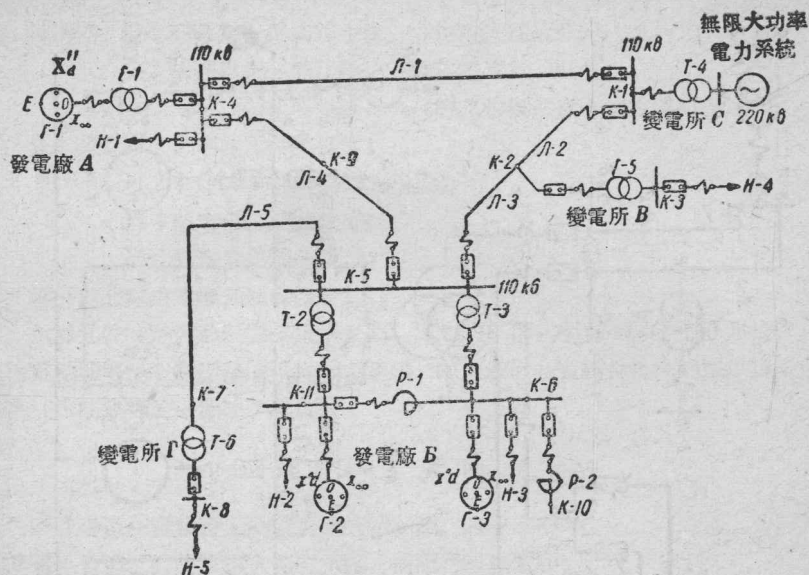


圖 7 第 2 號實驗台上電力系統的結綫圖

發電機：在發電廠 A 中，Г-1 的容量為 94 兆伏安， $x_d''=0.13$ ， $x_\infty=1.4$ ， $I_{in}=4$ ；

在發電廠 B 中，Г-2 和 Г-3 的容量各為 25 兆伏安，

$$x_d''=0.27, x_\infty=1.0, I_{in}=3.$$

變壓器：在發電廠 A 中，T-1 的容量為 95 兆伏安， $e_k=10.5\%$ ；

在發電廠 B 中，T-2 和 T-3 的容量各為 10 兆伏安， $e_k=10.5\%$ ；

在變電所 C 中，T-4 的容量為 40 兆伏安， $e_k=12\%$ ；

在變電所 B 中，T-5 的容量為 30 兆伏安， $e_k=10.5\%$ ，

在變電所 Г 中，T-6 的容量為 20 兆伏安， $e_k=10.5\%$ 。

綫路：Л-1 的長度為 40 公里；

Л-2 的長度為 50 公里；

Л-3 的長度為 20 公里；

Л-4 的長度為 60 公里；

Л-5 的長度為 30 公里。

每一綫路單位長度的電抗為 $x=0.4$ 歐/公里。

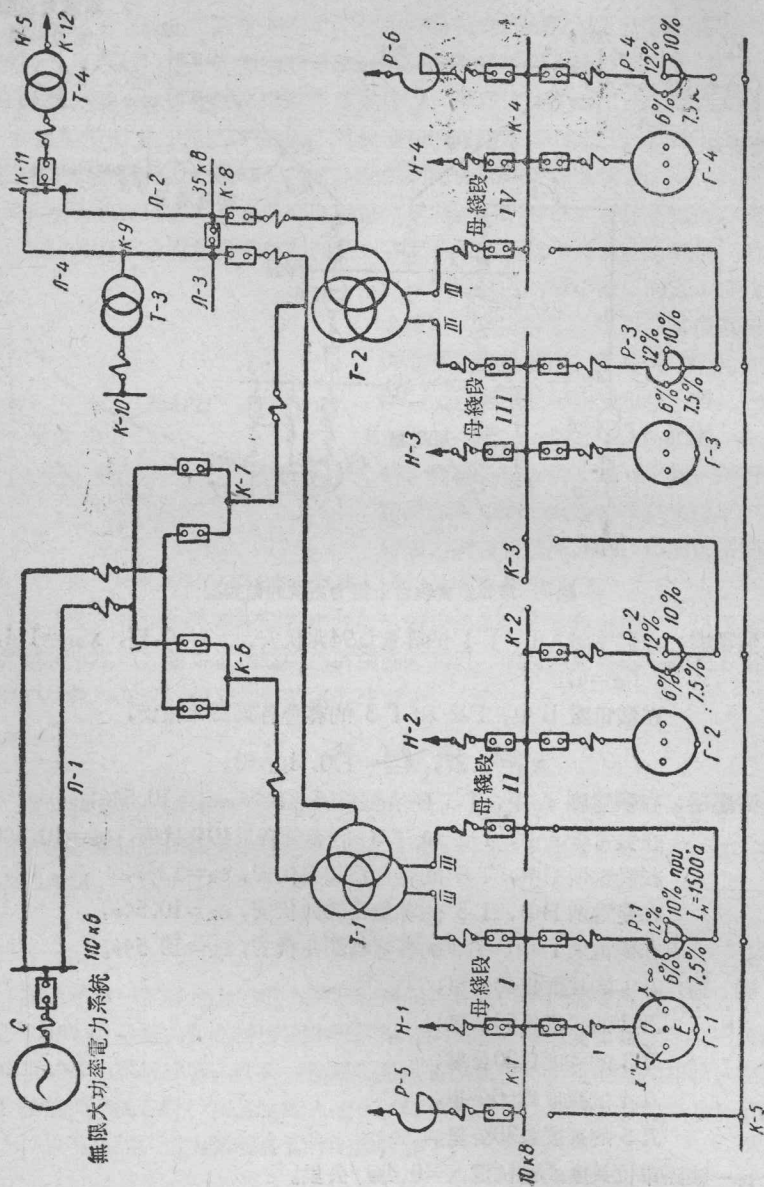


圖8 第2-A號實驗台上電力系統的結綫圖

電抗器：P-1 的額定電壓為10仟伏，額定電流為750 安， $x=10\%$ ；

P-2 的額定電壓為10仟伏，額定電流為200 安，

$x=3\%$ 或 4% 或 5% （視叉形插頭插入的位置而異）。

負荷：H-1 的容量為60兆伏安；

H-2 和 H-3 的容量為15兆伏安；

H-4 的容量為25兆伏安；

H-5 的容量為20兆伏安；

每一負荷電抗的標么值為 $x=1.2$ 。

所有元件的電抗都用標么值來表明，所取的基準功率為 $W_6 = 100$ 兆伏安，基準電壓則等於各電壓級的平均額定電壓。並用裝置在實驗台後面的電阻綫圈來代表（100 歐等於一個標么單位）。

第 2-A 號 實 驗 台

圖 8 示這一實驗台上的電力系統結綫圖。其中有一個具有 4 台發電機的巨大火力發電廠，由兩台變壓器和一條雙回路的 110 仟伏綫路與一個無限大功率的電力系統相聯，即與一個聯接點處電壓值保持不變的電源相聯。由這些變壓器的 35 仟伏繞組，供電給具有兩個降壓變電所的小型電力網。這些變壓器的發電機電壓繞組，都分繞成爲平行的兩組。圖 9 示這種三繞組變壓器的等效網絡。把叉形插頭插入插口 III—III 中，就可將分繞繞組的兩個平行支連接起來。在發電廠的發電機電壓邊，可以實現各種不同的結綫圖，例如，把所有的發電機接在一起，把母綫分成 2 段或 4 段經變壓器相聯，把母綫經電抗器分段，環形結綫圖，星形結綫圖等。電力系統各元件的參數如下。

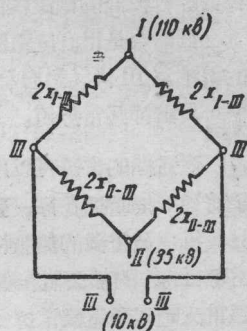


圖 9 三繞組變壓器的等效網絡，其中 10 仟伏繞組分繞爲二個並行的繞組

發電機： $\Gamma-1$ 、 $\Gamma-2$ 、 $\Gamma-3$ 和 $\Gamma-4$ 的容量各為55兆伏安，額定電壓為10.5仟伏，額定電流為3仟安， $x'_d=0.12$ ， $x_\infty=1.5$ ， $I_{\text{TH}}=4$ 。

變壓器：T-1 和 T-2 的容量各為60兆伏安， $e_{kI-II}=17\%$ ， $e_{kII-III}=7\%$ ， $e_{kI-III}=10\%$ ；

T-3 的容量為5.6 兆伏安， $e_k=7.5\%$ ；

T-4 的容量為30兆伏安， $e_k=8\%$ 。