

中央人民政府燃料工業部

義講班習講氣電

第三冊

中央人民政府燃料工業部
技術研究室編



燃料工業出版社

中央人民政府燃料工業部

義講班習講電氣

第三冊

中央人民政府燃料工業部
技術研究室編

燃料工業出版社
一九五三年三月·北京

電氣講習班講義
第三冊

中央人民政府燃料工業部
技 術 研 究 室 編

燃 料 工 業 出 版 社 出 版
(北京東長安街台基廠北口)
新 華 書 店 總 經 售

書號: 50-3·25 開本·共 151 頁·定價: 11,000 元
一九五三年三月北京第一版 (1—10,000 冊)

版 權 所 有 · 不 許 翻 印

編 輯: 廖 文 錦

校 對: 朱 雅 軒 符 坤 珍

編 者 的 話

一、本書是中央人民政府燃料工業部於一九五一年七月在北京開辦的電氣講習班第一期的講義提綱。這個班的教程和主講是蘇聯專家主持的；中國工程師配合着作些專題報告。參加學習的同學都是全國各電廠的工程人員和先進工人，共計六十餘人。

二、講義的內容主要是針對目前我國電廠和電力網中存在的常易發生而以往作得不够的技術問題。

三、本書原為講授形式的資料，在原講習班共講授約兩個半月，其中包括專題報告、學員提問題和專家解答問題的時間在內。這些資料的介紹方法對於具有一般文化的參加實際工作的技術人員和工人是切合實際需要並易於接受的。

四、這個講義經過整理以後，按照內容的類別分為五冊出版：

第一冊包括同期發電機運行和檢修工作中的問題；

第二冊包括過電壓、防雷保護設備、絕緣配合等問題；絕緣試驗方法也列入本冊裏；

第三冊包括電力系統的繼電保護裝置和自動裝置等在工作中應注意的問題；

第四冊包括發電設備的保護裝置在工作中應注意的問題；

第五冊包括短路電流的計算問題。

五、本書出版時仍保留了原來講義的形式，因此，各篇中敘述有關問題時，可能為引述的必要而發生重複的地方；每篇所用的專名詞未必盡同，雖盡量修正，或恐仍有遺漏；熱烈希望讀者發現問題時，函寄我室，以便幫助我們改正。

中央人民政府燃料工業部技術研究室

一九五二年五月

目 錄

編者的話	1
電力系統運行穩定性問題	5
第一節 電力系統調整週波和負擔負荷的規則	5
第二節 保持電力系統併列運行的穩定性和減少用戶 自動撤減負荷對策的指示	10
電力系統的繼電保護裝置及自動裝置的技術原理	25
第一節 序 論	25
第二節 繼電保護裝置及自動裝置的意義	25
第三節 對繼電保護裝置的基本要求	32
第四節 儀表用變流器的動作原理	38
第五節 最廣泛使用的保護裝置的動作原理及其 重要的優缺點	75
電力系統中性點運行方式	89
第一節 概 論	89
第二節 中性點直接接地的電力系統	91
第三節 中性點經調節良好的電抗(彼得遜消弧線捲) 接地的電力系統	97
第四節 中性點接地的中間方法	102
第五節 在各種中性點接地方法中的絕緣問題	105
自動電壓調整器	110
第一節 自動電壓調整器、強行勵磁及同期發電機的 複勵法	110

第二節 關於同期發電機電壓調整器最高勵磁

計算法的問題..... 119

附 錄 一、自動電壓調整器的聯結法 126

二、電壓擺動的消除 127

三、同期調相機求測靜子電流和轉子電流的方法..... 128

四、用計算法求凸極式發電機靜子電流和

轉子電流的關係 128

五、有幾個發電機併列運行時自動電壓調整器的

運行問題..... 129

自動重合閘..... 133

接地短路保護裝置..... 145

第一節 接地電流大的電力網和接地電流小的電力網的

接地保護..... 145

第二節 接地短路保護裝置的計算及選擇方法..... 146

第三節 接地電流大的電力網所用的接地保護裝置的

構造原理..... 146

第四節 過電流接地保護裝置特性的選擇..... 150

電力系統運行穩定性問題

(本文擇譯自蘇聯電業部技術處「指導材料彙編」)

第一節 電力系統調整週波和負擔負荷的規則*

一、週波的調整

(1)保證在電力系統運行方式下維持正常週波的總的調整工作，由電力系統值班調度員擔任。

直接調整週波的工作，由調度員指定的發電廠擔任。

(2)電力系統週波數應當保持於50週波，其變動的範圍不得超過 ± 0.5 週波。

(3)如果電力系統週波數降低至49.5週波以下，調度員應即設法在一小時內恢復正常週波數。

(4)如果因為事故或其他原因使週波降低至49週波以下時，調度員應保證在15分鐘以內升高週波數。

二、調度負荷曲線

(5)調度日負荷曲線是發電廠運行技術的任務，這種任務須考慮到發電廠的實際情況和以正常週波數保證負擔用戶的負荷，並保證在有備用能力的條件下執行設備修理計劃。

製訂調度日負荷曲線時，應當根據已經批准的月發電計劃表；所以調度日負荷曲線應當保證發電廠和電力系統能完成月發電計劃。

調度日負荷曲線是必須無條件完成的任務。

* 此規則係蘇聯電業部制訂，非我國正式頒發者，只供參考之用。——編者

未完成調度負荷曲線任務的發電廠每一次均須迅速調查研究未完成的原因，並須設法保證將來完成任務。

三、電力系統負荷的平衡和對用戶負荷的限制

(6)電力不足的電力系統，對每個用戶規定用電負荷的限制數量。在電力系統正常運行的條件下，對用戶的供電應根據這些限制數量來進行。

(7)來月（或季）負擔電力系統用戶負荷的計劃，應在電業局生產技術科參加之下，由電力系統調度科運行股編製。

如果有些發電廠減少正常的季的實際出力，或由於設備狀態不良而減少其出力，當編製負荷平衡表時，生產技術科應當考慮到這種情況，並以它作為根據。

負荷平衡表應根據批准的負荷曲線，並須考慮到因為小修和大修需要停止運行的容量、備用容量以及廠用電所需容量和線路損失。

小修和大修停止運行的容量，應由生產技術科計劃。

發電廠廠用電負荷，應按照前期最大負荷時間的統計數字，並考慮下期的工作條件，以及考慮減少廠用電的既定方法來訂計劃。

線路損失應根據前期損失數量分析的結果，及現在由於變更運行方式後需要的修正來計劃。

(8)限制用電負荷分配計劃，應根據電力系統的可能出力由營業科編製。

負荷（包括限制用電負荷在內）平衡表的起草工作，由營業科按照規定格式擬定。

上述負荷平衡表須由電業局局長和電力系統總工程師簽字批准。

聯合電力系統負荷與用電負荷平衡表，應根據蘇聯電業部的指

示編製，各電力系統的平衡表由聯合電力系統總局全權代表簽字批准。

向總局提出負荷平衡表的日期由蘇聯電業部規定。

(9)監督用戶遵守限制用電負荷的責任，應由營業科擔任。

四、事故限制順序計劃表和事故切斷順序計劃表及它的執行

(10)當發生事故時，為使電力系統恢復和維持它的週波數，保持設備的完整性和電力系統的穩定性，有必要迅速降低負荷時，調度員按照事故切斷順序計劃表切斷用戶饋電線。

事故切斷順序計劃表要預計短時間的切斷饋電線。將每一饋電線最大停電時間列於表內。饋電線在規定時間內應當合閘；如果有必要保持電力系統低負荷時，須按照事故限制順序計劃表執行停電。

每一電力系統都應訂出事故限制順序計劃表和事故切斷順序計劃表。這些計劃表要經常放在調度所內。

(11)電業局為保持電力系統在正常週波數下工作，在發電廠減低季節實際出力時，或因設備有預想不到的事故狀態而需要降低電力系統可能出力時，應按照事故限制順序計劃表進行限制用戶用電負荷。

以上所指的限制，應預先通知用戶然後實行。但為避免個別用戶全部切斷，必須立即加以限制者例外。

(12)事故限制順序計劃表在主任調度員參加下由營業科編製，經電業局局長簽字後再呈送蘇聯電業部批准。如果急需實行限制順序計劃時，可由電業局局長批准，在接到電業部批准的計劃以前作為臨時的計劃，這臨時計劃，有同樣效力。

聯合電力系統內的每一電業局每次減負荷數，由蘇聯電業部規定。

(13)事故限制順序計劃範圍和事故切斷順序計劃範圍應為電力系統所有用戶容量的30—40%。

每一計劃表順序限制次數不應小於3—4次。

限制用戶用電順序的規定，須考慮到每個用戶的重要性。

事故限制順序和停電最大時間的規定，也須考慮到用戶的重要性，並從保持設備完整性的觀點出發，考慮到短時間停電是否容許，是否會影響技術過程需要的時間以及造成不幸事件發生的危險。

事故切斷要少，時間要短。根據用戶生產出品的性質，確定用戶的重要性。如果這些用戶可以短時間切斷時，這些用戶是可以列入事故切斷順序計劃表作為切斷順序的根據。

經批准的事故限制順序計劃表和事故切斷順序計劃表應交給中央調度所，並由營業科經過企業總工程師轉給地區調度所、變電所和營業科現地工作人員。

(14)由於週波低於正常週波，被迫減少發電廠的可能出力時，根據保持正常週波的規定，調度所應及早（在最大負荷到來以前）編製電力系統的電力平衡表，其中按照事故限制順序計劃表規定對用戶限制用電數量和時間。

規定的限制須通知地區調度所（或變電所）和營業科，以便實行。

當編製上指之電力平衡表時，須將備用容量預計出來。可是，在電力不足條件下，調度員在操作上可以利用電力系統內的備用容量作為某一些用戶的用電和進行不能停止的修理工作的用電之用。

(15)營業科應規定具體辦法，保證用戶遵守給他規定的限制。值班調度員在必要時進行補助的操作上的監視，如果用戶不按照調

度員的要求進行限制用電，必要時，調度員在三次警告用戶以後，有權切斷用戶的饋電線強迫限制他的用電（短時間切斷亦不許可的饋電線例外）。饋電線的合閘，應當考慮到在技術過程上容許停電的時間來進行。

(16)每次執行事故限制計劃，電業局局長或總工程師應按規定日期用電話或電報將限制的原因、範圍和為恢復電力系統電力所採取的辦法，報告蘇聯電業部和電業管理總局。

(17)調度員每次執行事故限制計劃或事故切斷計劃，須記錄在調度報表內並詳細說明採取這種辦法的原因。

關於事故限制和事故切斷的情況及其原因和採取的辦法，應由電業局在電力系統運行日報中填寫，向電業管理總局和蘇聯電業部提出，並不拘格式地記入電力系統運行的月報表、季報表和年報表中。

五、週波調整的責任和監查

(18)保持電力系統的正常週波合乎本規則的規定的監查工作，由電業局技術保安處担任。

(19)週波降下低於規定之值時，認為是電力系統的事故。這些事故的統計，根據特定規程進行。

週波降下超過容許時間，應該由值班調度員和主任調度員負責。

用戶不遵守給他規定的限制，以致未完成減負荷的任務，由營業科負責。

如以切斷饋電線的辦法來減輕電力系統的負荷（不進行限制）應認為是調度員的工作不合格。

(20)電業局調度科、生產技術科和營業科，應規定電力系統和

用戶運行方式，以保證電力系統在正常週波下運行，在各個的工作部分中都負有一定的責任。

(21)有權限制或切斷用戶用電的人，須負責正確執行本規則的規定。

根據本規則，為保持正常週波數而進行對用戶用電加以限制或切斷的責任，由發生事故中的過失人或造成其他原因致使電力系統必須減負荷的過失人負責。

六、提高電力系統可能出力的對策

(22)為使電力系統最大地提高可能出力，電業局生產技術科應每季製訂關於提高發電廠的出力、減少發電廠和變電所的自用電的對策。調度科應製訂減少線路損失的對策，由電力系統總工程師批准。

在經常工作過程中，生產技術科和調度科對於所製訂的對策應進行技術討論，並監視這些對策的執行。

同樣的，營業科應製訂關於用戶用電節約的對策，並使其付諸實行。

第二節 保持電力系統併列運行的穩定性和 減少用戶自動撤減負荷對策的指示

分析電力系統運行的結果告訴我們：不實行以下對策的電力系統，有因破壞靜態穩定性而發生事故的可能，或當電壓特別降下時，用戶自動撤減負荷太大。這些對策是：

(1)採用自動調整發電機勵磁的方法（安裝自動電壓調整器、補償式勵磁設備、強行勵磁設備）；

(2)縮短電力系統內繼電保護裝置的動作時間和適當地調整用

戶繼電保護裝置：

(3) 使用按週波自動撤減負荷裝置，以便在事故時，可以自動撤減負荷；

(4) 長距離線路自動撤減負荷；

(5) 遵守電力系統容許的運行方式。

運行經驗告訴我們，這些對策是有效的。由於實行這些對策，很多電業局因為破壞靜態穩定性而發生事故的次數大為減少，有些電力系統完全沒有這些事故了。

為了預防發生和擴大類似的事故，蘇聯電業部應向電業管理局總工程師作出以下的指示：

一、採用自動調整勵磁的方法

提高電力系統運行可靠性最有效的方法之一是自動調整發電機的勵磁。自動調整勵磁可以提高發電廠併列運行的穩定性，預防由於電壓不穩定而發生的事故，保證在短路後迅速地恢復電壓和提高有時限性的電流繼電保護裝置動作的精確性。

同時，自動調整勵磁可以減輕工作人員為了保持發電廠母線上所需電壓水準的操作。

根據以上所述用自動調整勵磁方法，所有電力系統的發電機、同期調相機和同期電動機，均須安裝電壓調整器、補償式勵磁設備和強行勵磁設備。

當沒有自動電壓調整器或補償式勵磁設備，以及有電壓調整器而其動作遲緩並無補助速動部分時，應安裝強行勵磁設備。

在同期電動機上，除容量大者外，應限制安裝強行勵磁設備，最好安裝補償式勵磁設備。

安裝自動調整勵磁設備，必須根據以下各項進行：

(1) 電壓調整器和補償式勵磁設備結線系統，照規矩應當是能給以最大的勵磁者。在結線系統內亦應保有分流電阻器和手動調整裝置。

轉子帶綁線的發電機，供給轉子的極限電流應限制為規格電流的1.05—1.1倍。

(2) 電壓調整器和補償式勵磁設備，應使電壓在運行電壓自最小至最大的範圍內都能調整。

(3) 在規程內，關於有電壓調整器的發電機運行方式的調整，和當發生事故時，發電機負荷超過規格值時減負荷的方法，應對發電廠運行人員給以指示。

(4) 在規程內應明確指示：隨着電壓調整器的故障會發生那些現象；怎樣區分由於電壓調整器的故障和由於電力系統的事故而發生的發電機過負荷；當電壓調整器發生故障時，用什麼方法使發電機改用手動調整勵磁設備。

(5) 當裝設電壓調整器時，須重新研究線路和發電廠繼電保護裝置的結線系統特性和定值等，必要時須加以變更。

(6) 裝有電壓調整器的每一個發電機，應當有作用於信號的過負荷繼電器。

(7) 短路或過負荷時，不用調整器內使勵磁電流降低的電流限制器。

(8) 電壓調整器和補償式勵磁設備的調整工作，照規矩應當在電力系統的中央繼電保護裝置和自動保護裝置處領導下由發電廠試驗所進行。發電廠勵磁調整設備的運行應委任專責人員看管。

(9) 調度部門在計算許可運行方式、分析事故、計算穩定性、計算短路電流和其他等時，應當考慮到有無電壓調整器和補償式勵

磁設備和它們的規範。

(10)自動電壓調整器、補償式勵磁設備和強行勵磁設備，應當經常加入工作。

電壓調整器加入工作或被切斷時，發電廠值班人員應遵守電力系統調度員關於進行調度監視全部電力系統調整勵磁設備工作的操作許可或命令（如果未包括在發電機開停總的命令時）。

當切斷電壓調整器時，應當保持在電壓降下時起動作的強行勵磁設備的工作（調整器速動部分或獨立的有繼電器的強行勵磁設備）。

二、在有自動電壓調整器的發電機上裝設補償式勵磁設備

汽輪發電機和水輪發電機補償式勵磁設備的運行經驗告訴我們，在有自動電壓調整器的發電機上，裝設補償式勵磁設備有高度的可靠性，同時又便宜而簡單，發電廠自己就可實現。補償式勵磁設備有下列優點：

(1)增高電力系統的穩定性，保證工作可能接近自然穩定性的極限（和一般自動電壓調整器相同，在 $60—70^{\circ}$ 角度時保持工作的穩定性）。

(2)簡化自動電壓調整器的工作條件，減少調整極限和所需要的容量。

(3)穩定調整器的工作，尤其是電子式調整器，使發電機勵磁的變化無不敏感範圍。

(4)在自動電壓調整器因某種原因需要短時切斷時，它可作為很好的備用設備。

根據以上所述，蘇聯電業部向電業管理局總工程師作如下建議：

(1)電力系統內容量較大的發電機，在以前因為有自動電壓調整器而未預計裝設補償式勵磁設備者，裝設之。

電力系統全部發電機總容量的5%應有補償式勵磁設備。

(2)首先須將補償式勵磁設備裝設在沒有長距離送電線路的發電廠內。

(3)裝設補償式勵磁設備，採用硒整流器。這種整流器的工作特性較硫化銅整流器的工作特性好。當選擇整流器時，照製造工廠所指電流密度和逆電壓規格值減少20%，這樣，可以大大提高整流器的可靠性和延長其使用期限。

三、事故時發電機過負荷運行的容許時間

(1)為了預防當發生事故時擾亂電力系統的靜態穩定性，許可發電機和同期補償機在短時間過負荷運行。

(2)因事故過負荷運行容許時間，應在發電廠根據運行具體條件所編製的規程內給值班人員明確規定。

(3)規定發電廠過負荷運行容許時間，應當根據以下的數字：

靜子電流過負荷 倍	1.15	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	2	2.5	3	>3
時 間 (分)	8	6	5	4	3	2	1	0.5	0.3	0.15

轉子電流過負荷容許的倍數同上表。

(4)按照規程的指示，過負荷的時間達到了規定的時間以後，應當減少發電機的負荷。如果同時發電廠母線電壓低，為預防切斷用戶，容許發電機過負荷運行，如過負荷為規格電流的15%，則時間不得超過15分鐘；如為10%，則時間不得超過1小時。

除了這些過負荷（15%或10%）以外，在降低冷却空氣溫度時，容許發電機長時間的增高負荷。但發電機靜子全部電流在15分