

电工技術問答

第一輯

水利电力出版社

出版者的話

为了推動电業部門職工學習技術和業務，~~「電業工人」~~報曾經用了不少的篇幅組織技術問答。幾年來，全國各地電廠、線路工段、建設工區以及其他電業部門同志們，提出了很多工作中碰到的技術問題，都經有關專業單位或人員作了比較詳盡的解答。這些問題來自現場，都是工人實際工作中碰到的困難。因而這些問題解答不僅解決了提問者工作中的困難，同時也有助於廣大工人技術水平的提高；這些問題解答不但在當時受到工人的歡迎，即使是現在，仍有不少單位的工人和工作人員需要學習這方面的知識，例如絕緣電阻的測定、變壓器的接線等方面的問題就經常被提出。在過去，這些問題解答是零散發表的，不是查找起來不方便，就是已經不太容易找到了。為了進一步滿足工人同志們學習與工作的需要，我們特將這些技術問答彙集起來，用單行本出版。其中電氣和線路方面的問題編成「電工技術問答」分輯，鍋爐、汽機和化學方面的問題編成「熱工技術問答」分輯。

「電工技術問答」第一輯，收集了電氣和線路方面的題目 47 個，由董振亞同志編選，周慶昌同志審校，並承「電業工人」報協助提供材料，使這本書能早日和讀者見面。

目 錄

一、發电机、勵磁机和電動机	1
二、變压器	13
三、電力線路	26
四、其他电气設備	29
五、其他問題	36

一、發電機、勵磁機和電動機

1. 問：在夏季裏，我廠發電機空氣冷却器內部的銅管時常有出汗現象（即銅管上結有水珠），應如何解決？

答：發電機空氣冷却器銅管出汗，主要原因是發電機的密閉通風破壞。這是因為，汽輪機衛帶的蒸汽，影響汽機室的濕度很大，這種濕空氣進入發電機的空氣冷却器，遇到銅管冷壁，就凝結成水珠。這種水珠被冷却空氣帶進發電機的內部，就會影響發電機線圈的絕緣，可能造成嚴重的事故。為了防止這類事故的發生，應該將空氣冷却器密閉好，根據設備的具體情況，在空氣冷却器和外界相通的地方裝置空氣衛帶，補充空氣應加裝濾風器，濾風器的空氣入口應接到汽機室外面，這是解決問題的根本上辦法。如果銅管上只有少量水珠時，也可以用減少冷却水量或將冷却水稍微加熱的方法，即將從冷却器出來的溫水再送回冷却器。

發電機空氣冷却器銅管出汗的另外一個原因是冷却水的溫度過低（例如採用深井水作冷却水時），遇到這種情況，可以減少冷却水量，或將冷却水稍微加熱，以及用補給乾燥熱空氣等方法糾正。

（北京電業管理局生產技術處答）

2. 問：發電機短路比怎樣試驗？

答：使同期發電機在無負荷及同期速率下運轉，調節勵磁電流，而使發電機的端電壓為額定值，記下此時之勵磁電流 I_{no} 。

使同期發電機三相短路，並在同期速率下運轉，漸漸增加勵磁電流，而使短路電流為額定值，記下此時之勵磁電流 $I_{0.6}$ 。

於是便可以求出短路比 $= \frac{I_{50}}{I_{0.6}}$ 。

(鄭維敏答)

3. 問：發電機的温度計有哪幾種型式？

答：發電機常用的温度計有以下兩種：

一、水銀或酒精溫度計——靜止狀態下作試驗時。可把這類溫度計放在需要測定的部分，如端線捲接頭、鐵心表面、熱空氣出口處等（在端線捲接頭測定時最好用酒精溫度計）。在運轉情況下，最簡便的方法是在熱空氣出口處，放置一個水銀溫度計（最好是銅管式的）。

二、電阻或熱電偶式的檢溫計——這些檢溫器可附裝在已製成電機中的那些可能達到的，同時又是預計最高溫度的地方，例如裝在製成電機的端線捲接頭部分，或裝入槽中，以及裝入鐵心的個別矽鋼片間（距鐵心表面不少於5公厘）。

當電機製造時，檢溫計可以埋置在那些在電機製成以後即不能達到的地方，例如槽內線捲中。檢溫計應沿電機周圍均勻地分佈着，並埋在線捲在槽中沿軸心方向的各點，例如中間和兩端，通常在線捲中至少要埋六個檢溫計。檢溫計在槽中埋入的位置，和電機槽中線圈的構造有關，如槽中有一個線圈，檢溫計應安在槽底，在線圈絕緣外表面與槽絕緣的內表面之間；如槽中有兩個線圈，檢溫計應安在槽中兩個絕緣線圈之間；如槽中有兩個以上線圈，檢溫計應安在

線圈絕緣之間的那些預計有最高溫度的地方。

檢溫計的接線法与电压表(或电桥)測量电压(或电阻)的方法相同。

(鄭維敏答)

1. 問：我們的發电机是三線三相制的。为了經常掌握三線負荷的平衡，运行人員就每小時把配電盤上的相位開關扭動六次。这样做对發电机和配電盤有沒有損害？是不是会縮短開關的寿命？經常的操作应当怎样？

答：你廠的發电机的容量和电压我們都不知道，只好提出一般性的意見供你們參考：

一、一般小型發电机配電盤上都裝有电压表、电流表和電力表來指示运行的情况，这些电压表和电流表是經過儀表變壓器和變流器連接的，經常只指示三相中一相的情况。所以值班人員在抄記錄時，須操作旋轉開關或插頭板，去了解其他二相的情况。

二、操作电压和电流切换開關，對於發电机的寿命不但沒有影响，相反，發現三相不平衡加以改正，对發电机的运行是有好处的。这种操作是值班人員抄記錄時正常的操作，不会影响設備的寿命。但是为了保証安全發送电，这些配電盤上的設備也应按照「电業檢修規程」的規定，每年進行一次大檢修，並應注意到變流器在不接电流表時(即从一相切换到另一相時)，次級应自動短路的特点。

三、运行人員每小時操作六次，可能不必要，可以結合規定抄記錄的次數進行操作。

(前中南燃料工業管理總局电業室答)

6. 問：我廠發電機的電壓，平時只能達到 180 伏左右，燈光不亮。許多用戶就用 110 伏的燈泡，我們禁止使用也不能解決問題，應當怎麼辦？

答：你廠因為發電機電壓不夠定額（220 伏），或者因為線路上電壓降落，以致用戶使用 110 伏的燈泡，這種現象是不正常的。單純地禁止用戶使用 110 伏燈泡是不可能解決根本問題的，听任用戶使用 110 伏的燈泡也不是解決問題的办法，這樣燈泡很容易燒壞。應該設法把電壓調整到額定的標準，建議採用以下方法：

研究發電機不能發額定電壓的原因。發電機不能發額定電壓的原因最普通的是轉數不夠、勵磁電流供給不足和發電機負荷過重。檢查時可先使發電機不帶負荷空轉至額定轉數，並調節勵磁使發電機發出額定電壓，然後逐漸增加負荷（可用控制線路的負荷，或用水抵抗增加負荷），測量發電機轉數（可用轉數表測量），並調整勵磁。此時注意電壓的變化，如發電機達到滿負荷時，發電機轉數正常，發電機電壓仍能維持額定，則表示發電機本身很正常；如轉數正常而電壓不能維持額定值，則表示勵磁有問題（可能是勵磁容量小或運行時未注意勵磁隨負荷變化而調整）；如發電機轉數降低，則應設法恢復在滿負荷時發電機的正常轉數。

通過試驗，可以確定發電機電壓不足的原因究竟是發電機本身不正常，還是運行方法不當（如未注意轉數，未注意調整勵磁）。如確定是運行方法不當，則應設法改進運行。

造成電壓不足的另一原因，是線路上的電壓降落。可

以在負荷穩定時(如這一電廠只供給照明用電,可能有負荷很穩定的時候),測量一下發電機的電壓、線路電流和線路末端的電壓,看線路上電壓降落多少。如線路上降落電壓過多,則末端燈光不亮。一般在線路上電壓降落不能超過10%,否則,就應當設法改善線路。

如果改善發電機的電壓到額定電壓,並維持線路電壓降下不超過10%,就可免去用戶使用110伏燈泡的現象。

如發電機確有問題,只能發180伏,而目前將發電機電壓提高到220伏確有困難,同時線路電壓下降過大,而改善線路因投資問題又有困難時,建議用下列方法,使用戶得到較高的電壓:

一、在發電機出口側裝180/220伏變壓器。

二、如線路降壓過大,在線路適當地點裝昇壓器(即單捲變壓器或自動電壓調整器)。如在線路某點電壓已降至200伏以下,就可在該廠裝一台200/220伏昇壓器。

但這只是不得已的辦法,最好還是從恢復發電機額定電壓,改善線路電壓下降着手,目前用戶使用110伏燈泡的情況是應該改善的。

(溫克昌答)

6. 問: 發電機滑環磨損,為什麼負環比正環要厲害?

答: 因為負環和炭刷之間的接觸電阻大,因此,發的熱也就大些,這樣,當保持同樣的炭刷壓力時,負環就會比正環磨損得快。這種情況一般只發生在銅質滑環,如果滑環是鐵的,這種情況就不顯著。現在把銅滑環的磨損情況解釋如下:

銅滑環在空氣中因為氧化作用，表面上有一層氧化銅薄膜，在負環上電流方向是由銅到氧化銅，而在正電環上是由氧化薄膜到銅。根據氧化銅整流器的原理來看，從銅到氧化銅的電阻要比從氧化銅到銅大，因此，負環磨損就比正環快。

(岑立慶答)

7. 問：勵磁機如果有串聯磁場，就可以減少極性變反和電樞反應的不穩定現象，為什麼？

答：當勵磁機負荷很輕，而且運行點在飽和曲線上斜度很大的部分時，此時如果發電機的負荷突增，根據楞次定律，轉子電路中就會感應出相反方向的電勢，產生相反方向的電流。這種電流在勵磁機裏就發生電樞反應，可能將勵磁機磁場完全抵銷，甚至能使極性反轉，引起不穩定現象。假如我們在勵磁機上串聯少數磁場線捲，則可以補償一部分電樞反應。這是因為，在勵磁機上串聯激磁線捲，是與並聯線捲相補地連接的。這樣雖然並聯線捲在空負荷時產生額定端電壓，但串聯線捲卻能補償在一定負荷下的電樞反應和電樞的內電阻電壓降，減少因此而產生的不穩定現象。

(岑立慶答)

8. 問：勵磁機磁場變反對供電有無影響？在沒有各種直流表計時有什麼現象？在有交直流電壓電流表時其指示如何？用什麼辦法來補救？需要多長時間？

答：在勵磁機磁場變反時，如果沒有勵磁機電流和電壓表時，一般不容易發現什麼現象，因為這時各交流表計都是正常的。如果有勵磁電流表和電壓表時，則此時表針都

指向相反方向而達針擋。

勵磁機磁場變反後雖然照樣可以供电，但在併列运行的電力系統裏，勵磁機的極性變反是有些影响的：當激磁突減時，發電機必須吸收很大的超前電流來維持它的激磁，而在極性變反的瞬間，發電機一定首先脫調，然後再重新同期。在這過程中，必定有很大的同期電流，因而會引起巨大騷動。

勵磁機磁場變反後，只能在發電機停機時進行勵磁機的逆勵磁，在運轉時不應停機或解列。逆勵磁時由外部直流電源（例如用蓄電池）重行勵磁，直流電源向勵磁機勵磁端子作臨時連接亦應加入可變電阻器，連接時極性應與勵磁機正盤上的記號相符，使用的直流電壓不應超過勵磁機的額定勵磁電壓。如果勵磁機引出線無（+）、（-）符號時，可從勵磁機電流表或電壓表上接線判斷磁場線捲的正負符號。逆勵磁所需時間不會很久，接上去一會兒就可以了。

（岑立慶答）

9. 問：勵磁消失是怎麼一回事，怎樣處理？

答：發電機勵磁機失掉勵磁多半是由於磁場線路發生故障，以及勵磁機本身故障，或磁場開關誤動作掉閘而產生的。勵磁消失後的現象是失掉勵磁的發電機靜子電流急遽增加並擺動很大，力率指示進相，電壓稍下降，負荷稍降低，勵磁電壓有擺動，勵磁電流表指示等於或接近於零，與系統併列的發電機過電流，母線電壓降低等等。處理的方法如下：

一、對於許可在無勵磁方式下运行的發電機（汽輪發

电机其轉子是鐵成体的)，必須在事前作出計算和特殊試驗。这种型式的發電机，允許在失掉勵磁時不立即解列而維持运行 30 分鐘。如果在这時間內能將勵磁回路缺點消除，或能切換到备用勵磁机上時，可不必切斷發電机，逐漸昇高勵磁，再使發電机同期。如無勵磁运行超过 30 分鐘，則須將發電机切斷。

二、如系統容量限制不能供給發電机在無勵磁状态运行時，則須將該發電机切斷。

三、水輪和綑線式及組合式轉子的發電机失去勵磁時，应立即將發電机从電網上切開。

10. 問：我廠發生过一次勵磁机冒火花的停电檢查事故。經過情形是这样的：起先發現一个电刷上冒火花，把电刷拆下檢查，很光滑沒有不正常現象，又重新裝上，裝上後火花又逐漸增多，其他同極性的电刷都跟着射火花（副極电刷完好）。檢查各回路都沒有發現什麼毛病，电流也無变化。這時便考慮到恐怕是勵磁線包和电盤回路电阻箱等隱蔽处有毛病，便決定停机檢查。檢查中發現勵磁机和电阻箱內部灰塵堆積一时厚，先用 500 伏搖表測量勵磁線包銅線与外壳的絕緣为 $0.7 M\Omega$ ，將灰土用刷子清除後，絕緣为 $0.6 M\Omega$ ，安裝後即發電，火花沒有了。我廠本來是四星期進行一次定期檢修，發生事故的時間已超过規定檢修期四星期，延遲檢修的原因是當時連續下雨二十多天，附近的河漲水，因为水患未除，上級不許可停电，這時期气候很潮濕。这样的事件是責任事故还是自然事故？

答：从以上所述情况來看，是由於勵磁机內部積灰，使

整流子表面不清潔，引起電刷發生火花。你廠規定每四星期檢修一次，本來不應該積聚這樣多的塵土，可能是清掃不徹底或工作環境不清潔的緣故。這次事故是責任事故，至於應該屬於領導人員的責任或工作人員的責任，應根據具體情況決定。

11. 問：同期電動機 250 匹馬力，電壓 3300 伏，勵磁電壓 90 伏，電流 29 安為定額，平日操作勵磁電壓仍為 90 伏，電流為 14 安，這樣所用電力為 40 瓩，後因領導說要節約用電，將勵磁電流改成 24 安，在這種情況下，該機所需電力為 65 瓩，這是節約用電嗎？

答：關於這個問題，提的不很清楚，只能就同期電動機運行情況和勵磁電流的關係談一下：

同期電動機所需的電力，要根據它所帶動的機械負荷而決定，與勵磁電流無關。在一定機械負荷下，增減同期電動機的勵磁電流，只能變更它的力率，除了影響電動機本身所需的電力耗損外，並不能變更它供給機械負荷所需的有効電力，因此對所需的總電力影響是不大的。

在機械負荷，端電壓和週率不變時，勵磁電流與靜子電流的關係可用圖 1 中的 V 形曲線表示。一般來說，同期電動機銘牌上的額定勵磁電流是在額定瓩出力，力率 $\cos \phi$ 為 1 時的勵磁電流。圖 1 中曲線 I、II 和 III 表示在不同負荷時同期

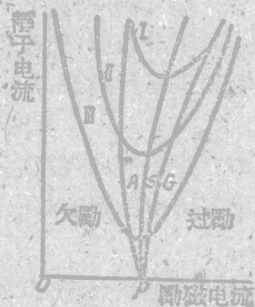


圖 1

电动机靜子电流与勵磁电流的關係，曲線 A 、 S 、 G 为等力率曲線，曲線 S 代表 $\cos \varphi = 1$ ，曲線 A 代表 $\cos \varphi = 0.8$ 滯後，曲線 G 代表 $\cos \varphi = 0.8$ 超前。在曲線 S 的左面，勵磁电流小於額定勵磁电流，我們称它为欠勵；在曲線 S 的右面，勵磁电流大於額定勵磁电流，我們称它为过勵。在欠勵時同期電動机的力率为滯後；在过勵時力率为超前。

一般工廠中，大多數电动机都是感应电动机，它們的力率都是滯後的，一般來說額定力率是 0.8 滯後或更低些，在輕負荷运行時力率尤其低。在力率滯後的情況下运行是極不經濟的，因为在这种情况下，电动机損失大，效率低，虽然負荷輕，但所需的电流却很大，需要由電網來供給無功負荷，这样線路損失增加，电压損失加大，電網上往往需增加額外的補償設備或發電容量來供給所需的無功負荷。所以从整个電網的經濟运行上來看，这样的用电是極不經濟的。

如果工廠中有同期电动机，則可以用过勵同期电动机的方法，使同期电动机运行於超前的力率，以供給感应电动机一部分無功負荷，改善整个工廠的力率，減低整个工廠所需的無功負荷，使線損減少，电压損失改善。这对整个電網的經濟运行是有很大好处的，換句話說，也就是節約了电力。

所以增加同期电动机的勵磁电流以改善工廠的力率，是節約用电的方法之一。

(吳競昌答)

12. 問：我廠規定电动机的外皮温度達到 55°C 時，就要停止運轉。在夏季裏，車間温度總在 35°C 到 40°C 左

右。因此，电动机工作4—5小时，它的外皮温度就昇到了 55°C ，就得停下来冷却。为了解决这一问题，打算更换较大的电动机。这样做是不是合理？

·答：你廠在电动机外皮温度为 55°C 时就停用电动机，並因为这样而想更换大容量电动机是不恰当的。建議按下述方法決定：

一、在电动机冷状态下（停运12小时以上）測量靜子線捲的直流电阻 R_1 ；在电动机最大負荷下連續运转6小时以上，等各部分温度穩定後，測量当时進入电动机的冷風温度 T_1 ，外皮温度 T_2 ，鉄心温度（由出風口插入溫度計，使溫度計的酒精球碰到鉄心而測量） T_3 ，电动机的出口熱風温度 T_4 ，並且記錄下來。切斷电源後，即速測量电动机靜子線捲的直流电阻 R_5 。

如果達到以下要求（如不能測 T_3 ，可少一条件）：

T_2 小於 100°C ，且 $T_2 - T_1$ 小於 65°C ，

$T_5 = (235 + T_1) R_5 / R_1 - 235 =$ 靜子線捲温度，且 T_5 小於 100°C ， $T_5 - T_1$ 小於 65°C 。

則此時測得的外皮温度 T_2 和進出風温差 $(T_4 - T_1)$ ，可以作为今後監視該电动机运转的容許温度。如能够用上述方法測鉄心温度 T_3 ，則在运转中可以經常測量，在 T_3 小於 100°C 以及 T_3 与進入电动机的風温差小於 65°C 時，則該电动机可以長期运转。

以上是根據苏联規程中一般电动机的运转規格，結合我國一般測溫条件提出的。如該电动机製造廠有出廠試驗時的規格，則应按製造廠規定辦理。

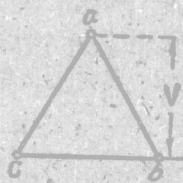
二、为降低电动机進風温度，防止夏季过熱，可將电动机進風口改造，使之与一个約为电动机体积二倍的風室相通(風室可为电动机基礎台的一部分)，室外(或屋頂外)的空气經風道(面積約为电动机垂直於軸的截面積的二倍)引至風室，在室外的通風口，应有百葉窗防雨；冬季時風道應該停用，使進入电动机的風温不低 5°C 。电动机的出風口可敞露於室内。

(徐則民答)

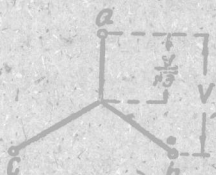
13. 問：电动机星形接線的电压高，还是三角接線的电压高？

答：一、如果外施的电压一定，电动机原來是三角形接線，改接成星形後，線圈所受的电压減低到全电压的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 。因为線圈所受的电压小了，所以电流也小了，馬達的出力也小了。因而除非是在起動的時候，为了限制起動电流才可以这样做。在运轉時不允許改接線，因为这样会影响电动机的工作性能和出力。

二、如果外施电压一定，电动机原來是星形接線，則改成三角接線後，線圈所受电压必然增加到 $\sqrt{3}$ 倍。出力虽然增大了，但線圈的絕緣可能受不了这电压；同时由於电流的过大，也会造成線圈絕緣的熱损坏，甚至將線圈燒断。因而對於这



(一) 三角接線情形



(二) 星形接線情形

圖 2

種接線的更改，應做過詳細試驗才行。

三、如果外施電壓可以變更，則同一電動機，星形接線較三角接線可以承受較大的電壓，即可以加大到 $\sqrt{3}$ 倍。

根據上面的分析，在起動電動機時，為了減低起動電流，可以先將電動機轉向星形接線，等電動機接近額定轉速後，再轉向原來的三角形接線，作正常的運轉。

(王祖堯答)

二、變壓器

14. 問：燃料工業出版社出版的《變壓器運行及維護規程》第一章第三條談到與夏季低負荷相關的過負荷，看條文的意思是說：夏季（6、7、8）三個月沒有用足變壓器容量，則冬季（11、12、1、2月）可過負荷。好像說夏季沒有用足的，冬季可來一個補償。夏季與冬季相隔很久，怎麼可拿有餘來補不足呢？是否有其他意義？

答：大部分變壓器，夏季負荷比冬季負荷低得多，而且夏季變壓器的絕緣老舊量小於自然老舊量。因此，可以利用負荷的年變動，即在冬季增大變壓器因最大負荷時間長短而不同的過負荷容許倍數。所以在夏季6、7、8三個月，晝夜最大負荷的平均值若小於變壓器額定容量時，其值每低於百分之十，在冬季可過負荷百分之十，但不應超過百分之十五。

(前燃料工業部生產技術司答)

15. 問：關於變壓器全負荷、半負荷和無負荷運行，它

的力率對於變壓器的特性(力率)比率數值相差多少? 如全負荷運行是 $10 \text{ KVA} \times 95\% = 9.5 \text{ KVA}$, 在半負荷、無負荷運行時, 它的力率是多少, 損失多少瓦特, 20 KVA 和 30 KVA 的變壓器各損失電力多少?

答: 對於性質不變的負荷來說, 當一次側所加電壓不變時, 二次側所帶負荷愈小, 則力率愈低, 但這並不是直線的比例關係; 半負荷時的力率一定比全負荷時的額定力率小。

當變壓器無負荷運行時, 二次側開路, 一次側只有勵磁電流, 此時變壓器的力率非常小, 幾乎接近於零。

每一個變壓器在各種負荷下的力率, 和負荷的性質、製造廠規定的額定數值與實際運行條件有關。提出的問題中缺乏很多條件, 無法答出在各種負荷下的力率值, 因此, 只能作像上面說的那樣比較原則的解答。

另外, 變壓器的損失, 決定於銅損和鐵損, 也就是說和效率有關。一般銅損佔輸入功率的 $0.5\text{—}3.7\%$ (容量愈大, 銅損愈小); 鐵損則為銅損的 $\frac{2}{5}\text{—}\frac{1}{4}$ (在額定的電流下)。你所問的 20 KVA 和 30 KVA 的變壓器損失電力多少, 要看銅損、鐵損大小才能決定, 而銅損、鐵損要由試驗得出或原設計確定。

(郝常驥答)

16. 問: 20 和 10 仟伏安兩台變壓器, 並列起來所用的容量超過小的容量, 是否能行?

答: 要解答這個問題, 首先要明瞭變壓器並列運行的條件。兩台容量不同變壓器並列運行時, 如果要使每台變