

苏联电站部技术司

变压器运行规程

刘学明 郝常驥译

电力工业出版社

序

本規程的規定适用于苏联国产的及进口的变压器，也同样适用于消弧綫卷、油浸式电抗器及自耦变压器。

本規程頒佈后，以前頒發的“电力变压器运行規程”(1940及1946年版)、“变压器过負荷規程”(1942年版)和“变压器經濟运行規程”(ЭО-62, 1939年版)即行失效。

技术司

目 录

序	
第一章 变压器的允許运行方式	3
第二章 变压器在正常条件下的运行	9
第三章 变压器的異常运行及事故	13
第四章 变压器的并列运行	15
第五章 变压器的試驗	17
第六章 变压器設備在运行上的基本要求	22
第七章 变压器的修理和变压器在大修和安裝后的驗收	25
第八章 变压器油的运行	32
附录一 变压器的干燥	36
附录二 变压器油的运行	45
附录三 双綫卷变压器在全部換用备用綫卷的大修中 所需的絕緣材料	50
附录四 变压器在投入运行前絕緣湿度評定及不經干 燥投入运行所需条件的規程	51
附录五 运行中关于变压器干燥必要性的判定	67

苏联电站部技术司副司长、电气总专家

И.А. 守罗米亚特尼柯夫

1954年9月8日批准

第一章 变压器的允许运行方式

额定运行方式

1. 额定运行方式系指变压器的运行方式符合制造厂的铭牌数据。在此种运行方式下，变压器可以长期运行而不受限制。

额定运行方式下的允许发热

2. 变压器在周围空气温度为 35°C 的情况下，长时期带额定负荷运行时的温度，作为上层油的最大允许温度。

此温度不应超过 95°C 。

电压变动时的允许运行方式

3. 升压变压器和降压变压器的外加一次电压可以升高，其升高的电压值不得大于该分接头的相应电压的 5%。

不论分接头在任何位置，也不论加于一次绕卷的电压为任何数值(但不大于该分接头电压的 + 5%)，变压器的二次绕卷可以按其额定电流带负荷。

允许过负荷

4. 苏联国产的和进口的各种变压器，按照其运行条件(这些条件决定于变压器的备用容量、负荷曲线及冷却介质

的温度), 可允许有事故过负荷和正常过负荷。

5. 运行中的若干变压器中有一台损坏时, 其余变压器允许事故过负荷 (不论损坏前的负荷、冷却介质的温度及安装地点如何)。

事故过负荷的允许值, 应遵照表 1 的规定。

允许的事故过负荷

表 1

负荷与额定负荷的比值	1.5	1.6	1.75	2.0	2.4	3.0
允许的持续时间	2 小时	30 分钟	15 分钟	7.5 分钟	3.5 分钟	1.5 分钟

6. 正常过负荷 (经常性过负荷) 系根据昼夜负荷曲线 (负荷能力曲线) 及变压器在夏季轻负荷的情况而决定。

1) 负荷能力曲线。如变压器昼夜负荷曲线的负荷率 (填充率) $K_n \leq 1$, 则按照曲线 (图 1) 对已给定的 K_n 值, 依据

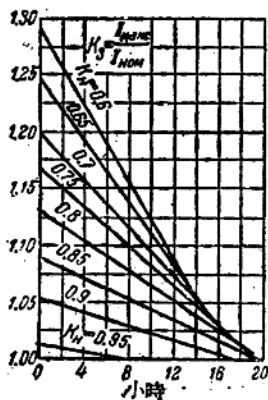


图 1 变压器的负荷能力曲线

所要求的持续时间 n (以小时为单位), 求出最大负荷对额定负荷的

容许倍数 $K_s = \frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{ном}}}$ 。

註: 由负荷曲线所限定的面积与以横坐标 T 及相当于曲线最大值的纵坐标为两边所成的矩形面积之比, 也即平均负荷与最大负荷之比, 叫作在一定时间间隔 T 内的负荷曲线的负荷率 (填充率) K_n 。

昼夜负荷曲线的填充率等于:

$$K_n = \frac{\sum It}{24 I_{\text{макс}}} = \frac{I_{\text{cp}}}{I_{\text{макс}}}$$

式中 $\sum It$ ——负荷曲线所限定的面积;

$I_{\text{макс}}$ ——一昼夜的最大负荷电流;

I_{cp} ——晝夜平均負荷电流。

有时，負荷曲綫并不知道。在这种情况下，为确定允許过負荷，可利用表 2 及表 3，而不再用变压器負荷能力曲綫（圖 1）。

按照此二表，变压器当原帶負荷低于額定容量时允許短時間內經常过負荷，此过負荷依变压器在接帶新增負荷前的上層油的温昇 $\tau_{\text{ш}}$ 而定。在这种情况下，当过負荷終了时，变压器各个部分的温昇不应超过标准所規定的允許極限值。

当負荷的最大值超过变压器的額定容量而等于按圖 1 曲綫所求得的負荷能力时，不允許按表 2 及表 3 过負荷。

应当指出，按表 2 及表 3 得出的允許过負荷，比按圖 1

自然油冷却或强力空气(通風)冷却变压器
的过負荷允許持續時間

表 2

負荷与額定負荷的比值	在接帶新增負荷前的上層油的温昇 $\tau_{\text{ш}}$						
	18°	21°	50°	56°	42°	48°	54°
	持續時間 (小时-分)						
1.0	連續运行						
1.05	5-50	5-25	4-50	4-00	3-00	1-30	--
1.10	3-50	3-25	2-50	2-10	1-25	0-10	--
1.15	2-50	2-25	1-50	1-20	0-35	--	--
1.20	2-05	1-40	1-15	0-45	--	--	--
1.25	1-35	1-15	0-50	0-25	--	--	--
1.30	1-10	0-50	0-30	--	--	--	--
1.35	0-55	0-35	0-15	--	--	--	--
1.40	0-40	0-25	--	--	--	--	--
1.45	0-25	0-10	--	--	--	--	--
1.50	0-15	--	--	--	--	--	--

得出的过負荷为小。

·强力通風停止时变压器負荷的允許持續時間 表3

負荷与額 定負荷的 比值	在强力通風停止时刻上層油的温昇 τ_M						
	18°	24°	30°	36°	42°	48°	54°
	持續時間(小时-分)						
0.70	連續运行						
0.75	12-20	11-40	10-55	10-00	8-40	7-00	4-00
0.80	7-40	7-00	6-20	5-25	4-20	3-00	0-50
0.85	5-30	5-00	4-20	3-35	2-40	1-30	—
0.90	4-20	3-50	3-15	2-35	1-45	0-45	—
0.95	3-25	2-55	2-25	1-45	1-05	0-15	—
1.00	2-45	2-20	1-50	1-20	0-40	—	—
1.05	2-15	1-50	1-25	0-55	0-20	—	—
1.10	1-50	1-25	1-00	0-35	0-06	—	—
1.15	1-30	1-10	0-45	0-20	—	—	—
1.20	1-10	0-50	0-30	0-08	—	—	—
1.25	0-50	0-35	0-15	—	—	—	—
1.30	0-35	0-20	—	—	—	—	—

2)利用夏季輕負荷情况来使冬季过負荷。如果夏季(六、七、八月)的典型(平均)負荷曲綫的最大值小于变压器額定容量,則夏季的輕負荷較額定容量每低1%,在冬季諸月(十一、十二、一、二月)允許变压器过負荷1%,但不得超过15%。

7.上述6中1)和2)兩項办法可同时应用以决定过負荷数值,但总共过負荷的数值不应超过30%。

8.本規程中所有关于过負荷数据的規定,系指一切自然油冷却及强力空气(通風)冷却的电力变压器而言。

9.与發电机組合运行的变压器,其过負荷数值由發电机

的允許过負荷来决定。

人工冷却的变压器的允許运行方式

10. 苏联国产的强力空气(通風)冷却的变压器, 如所帶負荷等于或小于額定值的 70%, 則可在停止通風的情况下运行。

11. 苏联国产的强力空气(通風)冷却的变压器, 如其油温不超过 55°C , 可在停止通風的条件下, 帶 70—100% 的額定負荷运行。当負荷超过額定值的 100% 时, 不論油温如何, 变压器应即在使用通風的条件下运行。

12. 人工水冷却的变压器, 不論負荷大小, 均應經常帶冷却裝置运行。

短路的允許持續時間

13. 按照苏联国家标准 ГОСТ 401-41, 当稳定短路电流值不超过綫卷額定电流的 25 倍时, 变压器应經得住在二次綫卷出綫端所發生的突然短路, 而無損伤和殘留变形的現象。

14. 短路电流通过的持續時間, 以秒为單位, 不应超过下列数值: $t = \frac{900}{k^2}$,

式中 k ——稳定短路电流的倍数。

在表 4 中, 按照不同的短路电压, 列出稳定短路电流的倍数及短路电流通过的持續時間。

15. 苏联国产的三綫卷变压器的每对綫卷間的短路电压值, 換算到变压器的額定容量后, 等于 6%、10.5% 和 17%。在等值电路內, 中間綫卷(按排列位置而言)單个的漏抗电压值等于零。

当中間綫卷(按排列位置而言)为电源側(一次綫卷), 而

其余两个綫卷短路，或当其余两个綫卷为电源侧，而把这一中间綫卷短路，那末，中间綫卷与其余两个綫卷間的短路电压，换算到变压器的額定容量后，等于：

$$0 + \frac{10.5 \times 6}{10.5 + 6} \approx 4\%$$

也就是說，在这种情况下，稳定短路电流的倍数为 25。

变压器短路的允許持續時間与短路电压值的关系 表 4

短路电压， %	稳定短路电 流的倍数， k	短路电流通过 的允許持續时 間， 秒	短路电压， %	稳定短路电 流的倍数， k	短路电流通过 的允許持續时 間， 秒
4.0	25	1.45	7.0	14.3	4.4
5.0	20	2.25	7.5	13.3	5.1
5.5	18	2.8	8.0	12.5	5.7
6.5	15.5	3.75	10.5	9.5	10.0

16. 当中間綫卷（按排列位置而言）的容量等于变压器額定容量的 67% 时，稳定短路电流將增至 38 倍。此时，如电網中的电抗不能保証將稳定电流值限制在 25 倍額定电流以內，則在沒有限流电抗器时，禁止采用中間綫卷（按排列位置而言）容量为 67% 的三綫卷变压器。

17. 当热量無法散出时，全部热量將促使綫卷銅温增高；这一事实在維持几秒鐘的短路情况下是正确的。綫卷的温升，于是等于：

$$\tau = \frac{i_s^2 k^2 t}{150} \text{ } ^\circ\text{C},$$

式中 i_s —— 变压器綫卷的电流密度，安/平方公厘。

当短路电流通过的允许持续时间 $t = \frac{900}{k^2}$ 时，变压器绕卷的温升(附加过热)，以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位，等于：

$$\tau = \frac{i_s^2 k^2 t}{150} = 6i_s^2,$$

因为 $k^2 = \frac{900}{t}$ 。

对于绕卷电流密度约为 3—4 安/平方公厘的国产变压器，则

$$\tau = 6(3-4)^2 = 54-96^{\circ}\text{C}.$$

第二章 变压器在正常条件下的运行

绕卷绝缘电阻

18. 应该知道每台变压器在投入运行前(通常在于干燥后)和在运行过程中所测出的绕卷的绝缘电阻，并应和测量绝缘电阻时的油温指示值一起填入履历卡片内。

绕卷的绝缘电阻没有规定标准。

绝缘电阻应以 1000—2500 伏的摇表测量。

判断绝缘状况可否允许运行的主要标准，是将运行过程中所测出的绝缘电阻值和变压器在加入运行前所测出的原始值作比较；此等测量须在相同的温度、相同的电压及相同的测量时间下(15 秒和 60 秒)进行。

19. 当绝缘电阻急剧下降(至 1/2 及 1/2 以下)时，须查明其下降的原因。此时，应对变压器绝缘补充进行 $\text{tg}\delta$ 、电容和 $\frac{R_{00''}}{R_{10''}}$ 的测量，以及进行包括体积电阻和 $\text{tg}\delta$ 的测量在内的油的详细试验。

变压器绝缘状况的最后评定须根据全部试验数据及以前

运行中的数据的綜合分析。

变压器負荷和油溫的監視

20. 在經常有值班人員的設備上，仪表指示每小时記錄一次，在过負荷运行情况下，每 30 分鐘記錄一次；而在經常無值班人員的設備上，則在每次定期檢查时記錄。

溫度(油溫)計的指示，在每次檢查設備时記錄。

对于安裝在变电塔(TII)中的容量在 560 千伏安以下的变压器，每三个月記錄仪表指示一次或用鉗形电流表測定負荷一次。

变压器在最大負荷期間应檢驗其三相負荷是否平衡。

变压器的監視

21. 經常有值班人員时，变压器按下列期限进行檢查：

1) 发电厂和变电所的主变压器及发电厂厂用电主变压器，每晝夜至少一次；

2) 发电厂和变电所的其他变压器，每三晝夜至少一次。

上述檢查每週內应在夜間进行一次。

經常無值班人員时，变压器按下列期限进行檢查：

1) 变压器容量在 3200 千伏安及以上者，每十天至少一次；

2) 变压器容量在 560 千伏安以上至 3200 千伏安以下者，每月至少一次；

3) 变压器容量在 560 千伏安以下者，每三个月一次。

在周圍空气溫度急剧降低时，須在檢驗所有室外变压器的油面高度之后，进行額外的檢查。

安裝在发电厂和变电所的变压器，应由負运行全責的人

員(技師、技術員、工程師等)每十天至少進行一次週期性檢查。瓦斯繼電器發出信號時，必須對變壓器進行檢查。

變壓器的合閘、拉閘和切換分接頭的操作

22. 大修和小修後，值班人員應仔細檢查變壓器設備，並應以一下子投入電網的方法進行試合閘。

23. 不是正在檢修中的所有變壓器，均應作好隨時投入運行的準備。

24. “油-水”冷卻的變壓器，在投入運行時，應先起動油泵，然後起動水泵。

25. 變壓器接入電壓和切除電壓的操作順序，應由現場運行規程規定。操作時，必須遵守下列各點：

1) 變壓器接入電壓須從裝有保護裝置的一側進行；

2) 當變壓器容量不超過下列數值時，允許用隔離開關接通和切斷變壓器的無負荷電流：

電壓為 10 千伏及以下	320 千伏安
電壓為 22 千伏及以下	560 千伏安
電壓為 35 千伏及以下	1000 千伏安
電壓為 110 千伏及以下	3200 千伏安

切斷電壓為 22 千伏及其以上的變壓器的無負荷電流所用的隔離開關，必須是有機械傳動裝置的三相聯動式隔離開關，並應裝設在室外。根據試驗結果或運行經驗，經過地區電業局(РЭ)或電業管理局(ЭК)總工程師的批准，允許和上列規定有所不同。

26. 沒有帶負荷調壓裝置的變壓器，只許在切除所有繞卷上的電壓以後，值班人員才能進行分接頭的切換。

分接頭切換以後，須用搖表、微歐表或測量用電橋檢查

回路是否完整。

有关切换变压器分接头的所有操作，应記入操作日記簿和履歷卡片內。

27. 和發电机組合运行的各种容量和各种电压的变压器，在安裝完畢或在換綫卷大修后接入電網时，在發电厂內采用由零起昇压的方式。其他一切变压器，不論裝置在何處，均在全电压下一下子合入電網。此时，在电源側应接有避开磁化湧流的速动作保护装置（速动作过电流保护装置、熔断保險器等）。

28. 变压器在大修或事故檢修后，以及更換新油后，可接入电压并帶上負荷，而無需为排出空气泡使油靜置。

值班人員对瓦斯保护裝置的管理

29. 当以备用相替換工作相时，值班人員須用切换联接片將新投入运行那一相的瓦斯保护装置接入跳閘和信号回路，而將脫离运行那一相的瓦斯保护装置的操作电源切断。

30. 变压器由运行改为备用时，瓦斯保护装置仍应保持接通状态。

31. 变压器在运行中添油或瀘油时，瓦斯保护装置应只和信号回路接通。添油时，应不使空气进入变压器。

注入变压器的油的温度应等于或低于綫卷温度，以免綫卷受潮。

32. 当油面計表示油面有異常昇高現象时，为查明油面昇高的原因，在未取下瓦斯繼电器跳閘回路的联接片以前，禁止打开塞子、清理呼吸管孔眼和进行其他工作。

第三章 變壓器的異常運行及事故

檢查中發現的不正常現象

33. 值班人員發現變壓器運行中有任何不正常現象時，如漏油、油枕內油面高度不夠、發熱程度比平常運行時為高、音響不正常等等，必須立即向電氣分場主任或變電所所長報告，並應採取一切措施予以消除。經過情形應記入缺陷記錄簿和檢查日誌內。

34. 如果發現的異常現象非停用變壓器不能消除，則應按現場條件，決定變壓器停止運行或着手檢修，同時並換用備用變壓器。

變壓器不允許的過負荷

35. 變壓器過負荷超過許可數值時，值班人員須按現場規程有關規定減輕變壓器的負荷。

油溫的異常變化

36. 當發現油溫升高或油停止循環的信號時，值班人員必須查明異狀的原因，並採取措施予以消除。

37. 裝有凝結狀油的變壓器可以接帶負荷。此時，必須注意油溫情況，因為油缺乏循環會引起上層油的不允許的發熱。

瓦斯保護裝置的動作

38. 當油面因溫度降低而緩緩下降時，應將瓦斯保護裝

置改为只作用于信号，并应向变压器内添油。添油以后，再把瓦斯保护装置跳闸回路重新接通。

如果变压器油面迅速下降是由于大量漏油而引起，则禁止将瓦斯保护装置改为只作用于信号。此时，必须采取措施制止漏油，然后方可将瓦斯保护装置改为只作用于信号，同时向变压器内添油。

39. 当瓦斯保护装置的信号动作时，值班人员须随即将指示信号复归，并且在有备用变压器的情况下，立即使备用变压器投入运行，同时将运行中的变压器切断。然后，应对变压器进行检查，查明在瓦斯继电器中有无气体。如果瓦斯继电器内的气体是无色的且系不可燃的，则变压器仍可运行；若气体是可燃的，则变压器应立即进行检查。

在没有备用变压器的情况下，值班人员应该不停用变压器，而对瓦斯继电器进行检查，取出气体试样，并检验其可燃性。

如果气体是可燃的，值班人员应按现场规程有关的规定停用变压器。

40. 当瓦斯保护装置因残留空气逸出而使信号动作时，值班人员应放出积存在继电器中的空气，将继电器改为只作用于信号，并将经过情形报告给电气分场主任或变电所所长。

41. 当变压器因瓦斯保护装置动作而切断时，不论事先有无信号，如果经检查证明使继电保护装置动作的不是空气，而是可燃气体的，则变压器未经检查不得再度投入运行。

变压器的自动切断

42. 变压器不是因瓦斯保护装置或差动保护装置的动

作而自动切断时，立即重新投入运行。在其他情况下，应对变压器设备进行外部检查和检验，以便查明变压器切断的原因。

43. 当变压器有内部故障的征状时，应即停用检修。

变压器或输电线路单相发生故障时

变压器的两相运行

44. 在故障输电线路上一相发生事故，以及在三相组合的变压器中只有一相发生故障或三相变压器有一相绕组断线时，为了维持向用户供电，可采用下列接线：

1) “两线一地”适用于中性点不接地、电压不超过 35 千伏的系统，当线路有一相发生故障的时候。

2) “两线一零”适用于中性点接地的系统；当线路或变压器有一相发生故障的时候。

3) “变压器两相一线路三相”当变压器接线为 Δ/Δ 时适用。

变压器着火

45. 变压器着火时，必须首先用所有的遮断器和隔离开关将变压器断开，须将备用变压器投入，动手救火并发出火警。

第四章 变压器的并列运行

46. 变压器允许并列运行的条件如下：

1) 绕组的接线组别相同；

2) 变压比在允許的範圍內相等;

3) 短路电压在允許的範圍內相等。

变压比和短路电压不同的变压器，只有在任何一台均無过負荷的情况下，方可并列运行。

当短路电压不同的变压器并列运行时，用調整分接头以改变变压比的方法，可使一些負荷得到重新分配。

47. 变压器在安裝后，以及在作完可能錯乱相别的工作（断开电纜、拆除引綫等）后，只有經過定相，方可投入并列运行。

48. 結綫組別不同的变压器，可在下列情况下并列运行（將引出綫作相应的調換以后）：

1) 在結綫組 12、4 和 8 之間；

2) 在結綫組 6、10 和 2 之間；

3) 在所有奇数結綫組之間。

下面以表 5 为例說明使結綫組 11 的变压器，和結綫組为 1 及 5 的变压器能够并列連接的方法。三相交替的順序采

Y/Δ-11 結綫組的变压器与 Y/Δ-1 和 Y/Δ-5 結綫組的变压器
的并列連接(利用調換引出綫的方法) 表 5

結 綫 組 別	高 压 側	低 压 側
Y/Δ-11	ABC	abc
Y/Δ-1	BAC ACB CBA	bac acb cba
Y/Δ-5	BAC ACB CBA	acb cba bac