

235239

电话交换机馈电桥的不平衡

苏联 Л. Я. 艾杰尔曼著

敏生译 朱一鸣校

人民邮电出版社

中国科学院

图书馆藏



前 言

通話系統內的噪声及干扰^①是市內電話網電話傳輸質量降低的主要原因之一，它們在很大程度上是由于通話回路的不平衡所引起的。在多數情況下，由于通話回路的不平衡而產生的干擾是保證正常電話通信的嚴重障礙。

不少蘇聯和外國作者的著作談到關於降低通話回路內不平衡的問題。可是在多數的參考文獻中所研究的通話回路的不平衡主要是針對綫路不平衡的各種問題。

交換機的不平衡問題，即交換機饋電橋的不平衡問題雖然有很大的迫切性，但是在文獻中對這個問題的闡述是十分不夠的。在少數專門或部分地闡述這一問題的論文中提出了許多相互矛盾的定義、分析、計算及測量方法，由于未曾考慮到饋電橋繼電器各繞組間的电感耦合，以致引出許多未經實踐驗證的和互相矛盾的基本原始數據、條件、簡化計算公式、關係和建議。

在國際電話諮詢委員會和國際電報電話諮詢委員會^②的文件中，這些問題也未得到應有的反映；饋電橋不平衡本身的定義、測量方法、在這些文件中曾先後規定了三次（在1931，1934，及1951年）。國際電話諮詢委員會在不同時期通過的几

① 这里所指的主要是由于不平衡，而不是由于其他的原因所引起的通話路路的干擾。这时，術語“干擾”所指的就不只是各種干擾噪声，而且有串話以及串過來的各種蜂音信號。

② 翻譯出版者注：本書內多處引用了國際電信聯盟的組織機構國際電話諮詢委員以及國際電報電話諮詢委員會的建議、規定等。為了便於讀者參考，了解其技術內容，我們沒有加以刪節。但目前，國際電信聯盟及其所屬各專業機構，在美帝國主義的挾持下，非法剝奪了我國在國際電信聯盟的合法權利，繼續容納蔣介石集團殘余分子竊據中國的席位。因此，該會的建議、規定等對我國是沒有任何約束力的。

个建議的原則上的差別，使这些問題更加不明确。

自动电话交换机的技术要求中規定必須考虑除了拨号以外的整个建立接續过程中的通話导綫的平衡，而上述种种情况就使得建立质量完善的国产步进制自动电话交换机更为复杂化。可是当驗收交换机时所进行的測量表明，尽管采用具有几个平衡地繞在同一鉄心上的繞組的最完善的 $P\pi H$ 继电器作为信号和饋电继电器，ATC-47 饋电桥的不平衡度在許多情况下还是超过参考文献中所建議的标准(0.11%)几十倍。[参考文献 1]。

在莫斯科 ATC-47 的维护实践表明，即使当电綫綫路处于良好状态时，不平衡度仍是如此之高，以致在通話回路内引起了不能允許的干扰。这种干扰的杂音計电压超过由于綫路干扰而在电话机端子上允許产生的干扰值(1毫伏)[参考文献 2]很多倍。

ATC-47 的制成和它进一步改进的工作可以令人信服地指出，沒有有效的測量分析計算和减小交换机不平衡度的方法，就不可能形成高质量的自动电话交换机系統和在生产的条件下对继电器和机鍵的平衡实行正确的技术檢驗。

当研究新的自动电话交换机程式时，交换机不平衡的問題具有特殊的意义，尤其对于不采用帶有滑动接点的机鍵的长途电话交换机更具有特殊意义，因为在这些自动电话交换机内的由饋电桥不平衡所引起的干扰較之話机端子上的其他綫路干扰更为严重。

本书研究了許多关于交换机不平衡的問題，这些問題无论对于研究和生产不同制式自动电话交换机或者维护这些交换机來說，都是极为重要的問題。

本书特別注意饋电桥的不平衡度同单局制电话网通話回路內存在的各种元件和条件之間的一般規律和关系。

目 录

前言

第一章 交换机不平衡的定义和测量方法	1
1.1. 主要概念及定义	1
1.2. 交换机不平衡的影响	6
1.3. 对交换机不平衡度定义的主要要求	13
1.4. 用两个相同的电动势或电压的方法及单发生器的方法测量交换机的不平衡	14
1.5. 交换机不平衡的计算和实际测量方法	17
第二章 市内电话交换机馈电桥的概述及分类	21
2.1. 关于将馈电桥看作多端网络的基本概念	21
2.2. 馈电桥按照话机送话器供电方式的分类	22
2.3. 最简单的馈电桥	23
2.4. 简单的和复杂的馈电桥	24
2.5. 平衡的几何原理	27
2.6. 馈电桥的分类	28
第三章 关于单局制电话网A类馈电桥不平衡的基本知识	30
3.1. 近似计算的符号和某些公式	30
3.2. 简单电桥不平衡度的计算公式	32
3.3. 分析最简单馈电桥不平衡公式的主要结果	37
A_b 值与受话器的阻抗 Z_a 的关系	37
A_b 值与测量电路的负荷阻抗的关系	40
A_b 值与电桥横向元件的阻抗的关系	45
A_b 值的极限值	50
3.4. 分析双电桥不平衡公式的主要结果	52
A_b 值与分隔电容器电容值偏差的关系	52
A_b 值与电桥以及被测电路的参数关系	55

第四章 关于单局制电话网内具有电感耦合横向元件的现代自动

电话交换机馈电桥不平衡的基本知識56

- 4.1. 对从参考文献中所得知的 B 类馈电桥不平衡的计算方法的初步意見56
- 4.2. 某些符号和一般的公式58
- 4.3. 直接计算电感耦合繞組的参数时用的馈电桥不平衡的公式59
- 4.4. 不改变电路结构和电路元件数量的电感耦合的去耦方法63
- 4.5. 研究 B 类最简单馈电桥不平衡的主要結果67
 - 在单綫传送电流的方式中最简单馈电桥的替换电路67
 - 在不同传送电流方式中的继电器 «平衡繞組» 的等效阻抗的測量方法72
 - 在不同的传送电流方式中測量 PПH 型继电器的 «平衡繞組» 參数的主要結果75
 - B 类最简单电桥 A_c 值的計算公式77
 - A_c 值同受話器阻抗 Z_a 的关系79
 - 具有分层繞組的最简单馈电桥的 A_c 值同測量电路負荷阻抗的关系79
 - B 类最简单电桥的 A_c 值同继电器繞組的繞法及結構的关系81
- 4.6. 关于 B 类双电桥的不平衡的基本知識85
 - B 类双馈电桥的替换电路85
 - B 类双电桥 A_c 值的計算公式90
 - B 类双电桥的 A_c 值同分隔电容器容量偏差的关系91
 - 具有分組繞組的继电器繞組的 B 类双电桥的 A_c 值同电路負荷阻抗的关系92
 - 具有分层繞組的继电器繞組的 B 类双电桥的 A_c 值与电路的負荷阻抗的关系93

第五章 交换机不平衡度的标准95

- 5.1. 关于确定交换机不平衡度标准的方法的主要依据95
- 5.2. 电话机端子上容許的由交换机不平衡引起的干扰电压值97

5.3. 市内电话网纵向干扰电动势 (电压) 的测量方法	98
5.4. 测量纵向干扰电压的主要结果	101
5.5. 交换机不平衡度的标准	103
第六章 电话交换机饋电桥的平衡方法	104
6.1. 前言	104
6.2. 现有的双电桥平衡方法的应用范围	105
6.3. 饋电桥的强制平衡方法	107
前言	107
用降低电桥等效横向元件阻抗的方法平衡饋电桥的可能性	108
具有低直流电阻繞組的塞流繞圈中点接地的方法	113
当塞流繞圈經附加分隔电容器接至通話导綫上时塞流繞圈的中 点接地方法	121
变压器中点接地的方法	121
在通話导綫上串联接入平衡塞流繞圈的繞組的方法	124
6.4. 饋电桥的間接强制平衡方法	125
6.5. 用改接分隔电容器或减小分隔电容器电容量偏差的方法 进行平衡饋电桥的可能性	128
6.6. 主要結論	128
参考文献	129

第一章 交换机不平衡的定义 和測量方法

1.1. 主要概念及定义

通話回路或通話系統的不平衡是電話通信产生干扰和降低電話通信质量的原因之一。

按照其本身的組成部分来看，通話回路包含有綫路的和交换机的两种不平衡。

綫路不平衡即電話回路对地的不平衡，是指一根通話导綫对地的各种电气参数与同一通話回路中另一根导綫对地的各相应电气参数，彼此各不相等。

交换机不平衡，也即交换机饋电桥的不平衡，是表示接在饋电桥的各通話导綫同局内电池間元件的复阻抗的不相等。因为局内电池正极已經接地，所以饋电桥的不平衡同时也可以用饋电桥对地的不平衡来表示。

大家都知道，局内电池對話音电流的电阻 极其微小。因此，当研究交换机的不平衡时，上述电阻可以忽略不計，通常在饋电桥的等效电路中也就不表示出来。

1931年国际電話諮詢委员会第Ⅳ届全会首次提出電話回路的分布不平衡即綫路不平衡与終端電話电路的集中的、局部的（即交换机的）不平衡之間的区别[参考文献3]。按照这届會議的建議，交换机的不平衡度^①可由作用在接收器（受話器）

① 在书中采用的术语“局部不平衡”，“集中不平衡”和“电路不平衡”，以及“电路的不平衡”通常是指通話系統中交换机部分的不平衡即饋电桥的不平衡而言，而不是机鍵或交换机全部电路的不平衡。因此，这里和在其它的著作中一样，我們仅采用术语：“交换机不平衡”和“（交换机）饋电桥不平衡”。

上的干扰电压 U_n 与接在每条导线中的相同的纵向电动势 E 的比值确定 (图 1.1), 即:

$$A_c = \frac{U_n}{E} \quad (1.1)$$

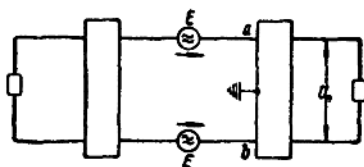


图 1.1 按照国际电话諮詢委员会第VIII届全会的建議确定交换机不平衡度方法的簡图

1934年国际电话諮詢委员会第Ⅷ届全会 [参考文献 4] 把与市内电话接續的全部电路有关的不平衡度定义改变为: 将频率与纵向电动势的频率相同的电动势

E' 平衡地接至回路的导线上, 使在接收器的两个端子上产生一个干扰电压 U_n (其数值正好与由于两个纵向电动势 E 的作用而激励的干扰电压相等), 而不平衡度 A_c 即为:

$$A_c^{(1)} = \delta_f = \frac{E'}{E} \quad (1.2)$$

由于电动势 E' 的接入方法的不同, 在参考文献中对于不平衡度的后一个定义有一些互不相同的解释 [参考文献 5—7]。在某些著作 [参考文献 8] 中, 等效电动势 E' 并联在回路上 (图 1.2 a), 而在国际电话諮詢委员会的文件的其他翻译资料 [参考文献 9, 10] 中, 为了确定不平衡而在回路的两导线上接入与电动势 E 的频率相等的两个电动势 $\frac{E'}{2}$, 如图 1.2 b 及 c 所示。

这些定义的差别是由参考文献 4 的卷Ⅱ和卷Ⅴ的主要电路所引起的。这些电路说明了借助于三线圈变压器测量此种不平衡的可行方法, 三线圈变压器的两个次级线圈的 «阻抗很小, 且对初级线圈完全平衡» (图 1.3)。这时, 测出初级线圈中两种状态的电流后, 就可从比值 $A_c^{(1)} = \delta_f = \frac{E'}{E} = \frac{2 i'}{i}$ 确定不

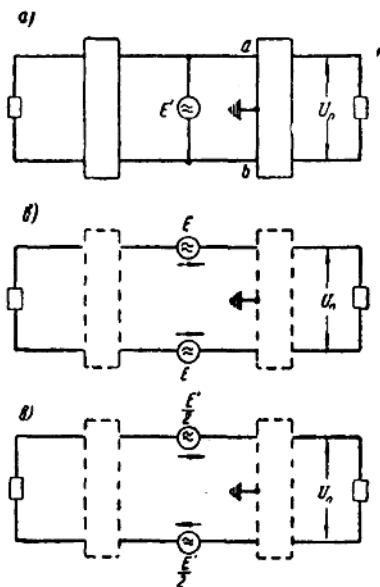


图 1.2 按照国际电话諮詢委员会第X届全会的建議确定交换机不平衡度方法的簡图: a) 当电动势 E' 并联在回路上, b) 及 c) 当接入两个串联的电动势 E 或 $-\frac{E'}{2}$

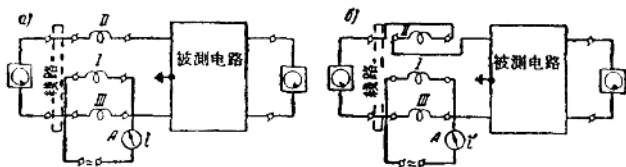


图 1.3 X届国际电话諮詢委员会第X届全会所建議的測量交换机不平衡度的电路

平衡度。

在 1951 年 10 月国际电话諮詢委员会第卅届全会通过了新的建議。按照此建議，当在給定的频率和一定的工作条件下，終端設備对地的不平衡可以用两个互相无关的值〔考尔(Колле)方法〕來說明，这些值是：

1. 复阻抗的外部不匹配 (Δ)——定义为：在两輸入端的每个端子与地之間測得两个复阻抗的代数差值之半（測量时另一輸入端子絕緣）。此值用欧姆表示。

2. 内部不平衡的绝对值 (τ)——定义为：当流过設備的每个輸入端子上的电流为 $\frac{I}{2}$ 时，在設備的接收器端子上的电压 V 与进入設備并流入地的总电流 I 的代数比值。此值可表示为毫伏/毫安或欧姆。

Δ 及 τ 值被称为一次特性^①，可以按照图 1.4 所繪的原理图进行測量。測量时应采取措施使流经設備的直流电流符合工作条件。

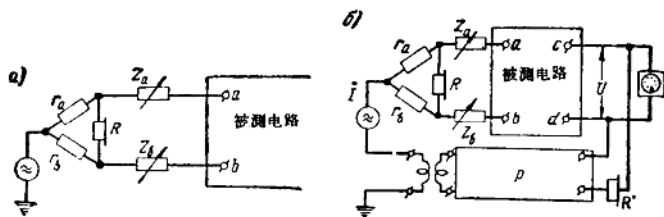


图 1.4 測量电路
a) 測 Δ 值, b) 測 τ 值

① 除了一次特性以外，国际电话諮詢委员会还提出了用比較普通的測量方法确定的二次特性。因为二次特性与确定电话机端子上的干扰电压对电话回路其它元件参数間的关系无关，这里我們不詳細敘述二次特性。关于它的敘述詳見参考文献15。

图 1.4a 电路中的 r_a 及 r_b 表示具有相等复阻抗的电桥的二臂，而 Z_a 和 Z_b 表示可以调整的使电桥达到平衡的复阻抗。这时的条件是

$$\Delta = \frac{Z_a - Z_b}{2} \quad (1.3)$$

内部不平衡的绝对值按图 1.4b 的电路确定。调节此电路中的阻抗 Z_a 及 Z_b 可以使经由端子 a 及 b 进入的电流达到相等。而 P 则表示交流电位计，电位计的可调节部分经过零指示器（耳机）接到电话设备的端子上。当耳机 R' 中的声音达到最小时

$$\tau = \frac{V}{I} \quad (1.4)$$

在国际电话諮詢委员会的建議中，虽然指出应利用上述一次特性中的一个，但未指出应偏重于这些一次特性中的哪一个。

这样，国际电话諮詢委员会在不同时期内所通过的建議在交换机不平衡的定义、测量方法、甚至表示它的单位方面都互有原則上的区别。因此，在参考文献中还没有一个被一致采用的电话交换机饋电桥不平衡的定义和测量方法。可以视为特征的是几乎所有研究人員皆采用国际电话諮詢委员会第八届全会的定义，而国际电话諮詢委员会第X届全会的定义在许多研究工作中未被采用。国际电话諮詢委员会第XII届全会所建議[参考文献 18, 19]的交换机不平衡的定义也未被实际应用。

E. B. 基塔也夫(Китаев)教授提出的，也就是与国际电话諮詢委员会第XII届全会的建議相适应的定义最为精确[参考文献 16, 18]。基塔也夫建議以接在电桥非綫路侧，且阻抗为 Z_a 的话机端子上的干扰电压 U_n 与产生此干扰电压的电动势 E 的

比值来表示饋电桥电路不平衡的程度(图 1.5)。从这电路可以看出, 这电路与图 1.1 的电路的区别在于图中仅有一部話机

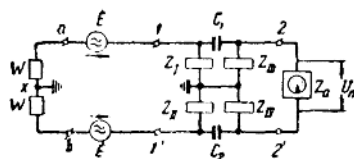


图 1.5 文献中采用的确定 A_0 值的原理图

并用阻抗 W 代替綫路。阻抗 W 是在綫路平衡时, 在点 1 或 1' 与地間的綫路側測得。

采用图 1.5 电路的其他作者对于阻抗的解释, 沒有一致的观点, 而把它看作不同的欧姆电阻。因此, 各种研究的結果彼此不符, 而有时則互相矛盾。

1.2. 交换机不平衡的影响

在說明交换机不平衡定义应该滿足哪些主要要求之前, 我們先研究交换机不平衡干扰作用的条件。交换机不平衡的最简单的情况是具有横向元件阻抗 Z_1 及 Z_2 的非分隔饋电桥(图 1.6 a)。不难相信, 不論此两阻抗有何差别, 接在所研究电路的两个相同的纵向电动势 E 都不能在話机 (Z_a) 上产生干扰。

只有当电路中有两个接地点时(图 1.6 b), 桥路不平衡才能使受話器內出現干扰。在这种情况下, 通过两个不相等的阻抗 Z_1 及 Z_2 的电流在 a, b 两点間产生电位差, 由于此电位差

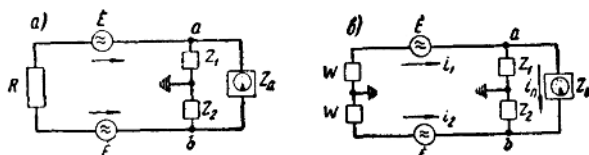


图 1.6 a) 当阻抗 Z_1, Z_2 有任何不同时也沒有干扰; b) 当回路內有第二个接地点时在受話器內出現干扰

的作用而产生干扰电流 i_n 。当电桥严格平衡时，即 $Z_1 = Z_2$ 时，干扰电压就等于零。

这样，无论是建立接續的过程中，还是两个用户通話时，饋电桥只有当連接到将第二个接地点引入通話回路的綫路时，饋电桥的不平衡才能呈现出干扰作用。因此，在測定饋电桥的不平衡时，須按照国际电话諮詢委员会第Ⅳ届及第Ⅹ届全会的建議，当測量时，需将第二个接地点經過負荷阻抗接入电路。这些阻抗应等效为在 a 或 b 点与地之間測得的电话电路对地的輸入阻抗，如图 1.7 所示。該图中平衡用戶綫路的每条綫图解为对地具有部分电容的集中常数鏈的形式。

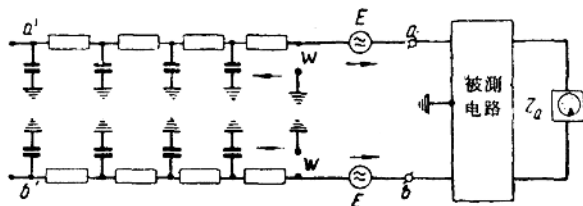


图 1.7 說明負荷阻抗 Z 的本质的电路

應該注意到，交換机的不平衡根据影响到主叫用戶还是被叫用戶而具有作用的方向性。这里，从研究共电交換机通話电路的簡图（图 1.8 a）是不难相信的，在此图内用戶綫路可以用图表示为具有集中参数的四端网络的形式①。

为了更明显起见，而对于桥路进行变换，利用已知的从阻抗三角形变为等效星形的公式，可以把通話电路表示为图 1.8 b 所繪的形式，或者表示为图 1.8 c 的桥路的形式，为了簡化起见，其中四端网络相应的各串联或并联臂的阻抗均以一個阻抗

① 由于通話回路兩导綫間的局部电容及絕緣电阻对于本問題沒有实际的意义，所以在图中它們未表示出。

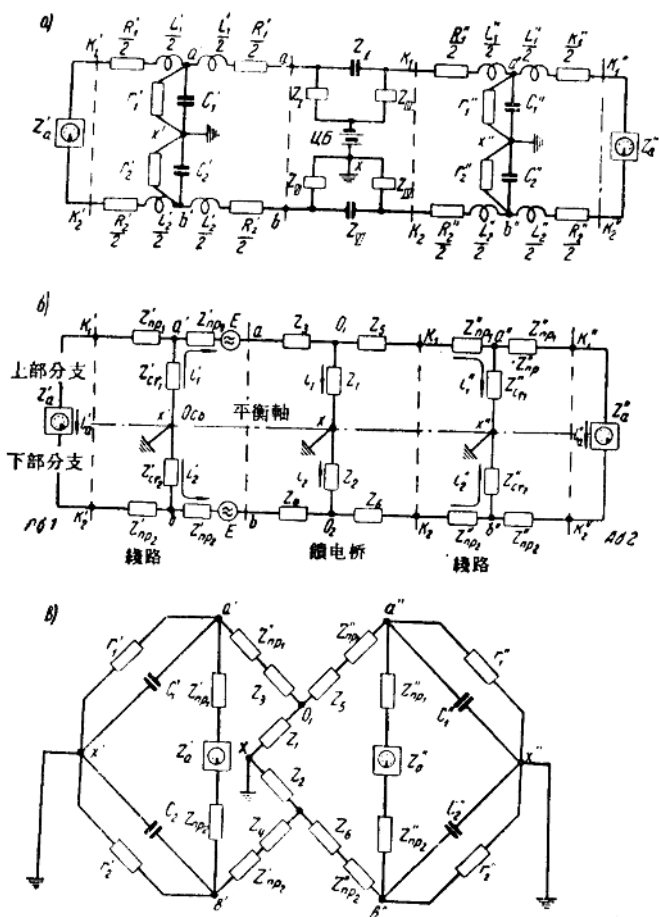


图 1.8 说明交换机不平衡作用的方向性的电路 a) 共电交换机未变换的通路回路, b) 馈电桥的阻抗已经变换, c) 将两个馈电桥的阻抗变换为桥路形式

(Z_{np} 或 Z_{cr}) 替换。从这些电路图中可知, 只有当上部分支(见图 1.8 6) 的复阻抗相应地等于下部分支的复阻抗的时候, 通话电路才能平衡。显然, 通话系统的不平衡在两个通话用户的受话器内引起噪扰, 这与产生或接入干扰纵向电动势 E 的地点无关, 因为在平衡线路的条件下当存在交换机不平衡时, 电流仍是 $i_1 \neq i_2$ 。因而由于电流不相等而在 ab 两点间产生的电位差, 在两个用户的受话器内就产生干扰。同样, 当馈电桥平衡时, 电话回路的不平衡也能引起在两个用户的受话器内出现干扰。从图 1.8 6 的电路可以知道, 只有在两个电桥内, 对于干扰频率保持严格的平衡, 才可以消除在两个通话用户的受话器内出现干扰的可能性。

从所绘的电路图可以知道, 当用户电路严格平衡时, 交换机不平衡所引起的干扰不仅与馈电桥本身的参数有关, 并且与话机的输入阻抗及用户回路参数有关。

因此, 如果不考虑电话回路不平衡与馈电桥不平衡相互完全补偿抵消这样一种实际上很少可能的个别情况, 则整个通话系统的平衡要求就相同于电话回路以及馈电桥的平衡要求。

在两个用户的受话器内出现干扰, 就稍许改变了按照国际电话諮詢委员会确定的交换机不平衡的概念, 因为当存在两个电话机时, 不平衡度就不能同时表示在一个或另一个受话器内的干扰。

由于这个缘故, 交换机的不平衡度与对用户干扰作用的关系, 按公式(1.1)可以下列形式表示。对于第一个(主叫)用户

$$A_c = A_{c[2-1]} = \frac{U'_n}{E} = \frac{I'_n Z'_a}{E} \quad (1.5a)$$

对于第二个(被叫)用户

$$\underset{\rightarrow}{A_c} = A_{c[1-2]} = \frac{U_n''}{E} = \frac{I_n'' Z_a''}{E} \quad (1.56)$$

其中 A_c 旁的箭头及下标是表示根据所研究話机的不同，干扰纵电动势 E 的分布(图 1.8 б)，由用户 2 向用户 1，或由用户 1 向用户 2。

应根据在两个通话用户之一的受話器内造成最大干扰作用的較大 A_c 值，对不平衡度作最終的評價。实际情况表明，最大的干扰是在从建立接續到用户应答这段时间内在主叫用户的受話器内出现。这时，不仅常听到蜂音信号，无线电信号，拨号脉冲，各种喀喇声和一片低频噪声，甚至还可听到可懂串話。

当建立接續时，主叫用户受話器内的干扰看来并没有什么严重的影响。因此，如已经指出的，当研究 ATC-47 时，在除了拨号以外的所有建立接續的各阶段中，在保持平衡方面都认为满意的。

当用户在接續过程中，听到上述干扰和噪音时，通信质量低的问题已不用再说了，而且还应注意到由于交换机不平衡的存在，不仅在自己的电路中引起干扰，而且同时是干扰相邻电路的原因和根源。这是由于：在通话电路内所产生的干扰电动势不仅是由于相邻电路的电磁影响的结果，这种情况相当于两个大小相同而相位相反的电势等效电路(图 1.1; 1.8 б)；而且也是由于在各交换机的地气之間(图 1.9 б)或者在交换机地气与线路地气之間(图 1.9 а)存在可变的电位差而造成的。研究和测量表明，国内許多大电话网的干扰纵向电动势不仅是由于电气化运输所通过的杂散电流所产生的，而且是由于在不平衡的通话回路内的通话电流和蜂音电流的影响的结果。

由于交换机不平衡的存在而形成干扰纵向电动势和串話电

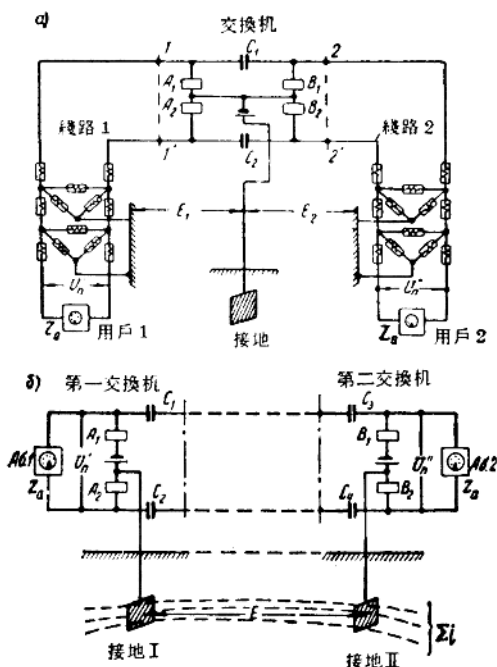


图 1.9 a) 单局制电话网交换机地气和线路地气间的电位差对于通话用户受话器内出现干扰的影响, b) 在二个话局的交换机地气间存在可变的电位差的情况下, 交换机不平衡所形成的干扰

流的现象从对图 1.10 简化等效电路的研究中是容易理解的。在所绘的等效电路中有两个各自具有简单馈电桥及不相等阻抗臂 $Z_1 \neq Z_2$ 的回路。第一个回路中在电压 U_n 的作用下, 由于电流通过不相等的阻抗 Z_1 及 Z_2 而在 O_1 及 K_1 两端子间形成电位差 E 。把 O_1 、 K_1 端子当作是带有电动势 E 的电流源端子, 可以把电路 II 看做是发电机 E 的负荷。由此我们近似地 (两个电路事实上是用相同的元件组成的得到一个其内阻与负荷阻抗