



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.



国际电信联盟

CCITT

国际电报电话咨询委员会

黄皮书

卷 IX

干 扰 的 防 护

K系列建议

电 缆 护 套 和 杆 路 的 防 护

L系列建议



第七次全体会议

1980年11月10—21日 日内瓦

1984年 北京



国际电信联盟

CCITT

国际电报电话咨询委员会

黄皮书

卷 IX

干 扰 的 防 护

K系列建议

电 缆 护 套 和 杆 路 的 防 护

L系列建议



第七次全体会议

1980年11月10—21日 日内瓦

1984年 北京





国际电信联盟

CCITT

国际电报电话咨询委员会

黄皮书

卷 IX

干 扰 的 防 护

K系列建议

电 缆 护 套 和 杆 路 的 防 护

L系列建议



第七次全体会议

1980年11月10—21日 日内瓦

1984年 北京



CCITT 图 书 目 录

适用于第七次全体会议(1980年)以后

黄 皮 书

第 I 卷 全会的记录和报告

意见和决议

建议: CCITT的组织机构和工作程序(A系列); 措词的含义(B系列); 综合电信统计(C系列)。

研究组的名单和要研究的课题

第 II 卷

- II·1分册 一般收费原则——国际电信业务的收费和计算, D系列建议(第III研究组)
- II·2分册 国际电话业务——操作, 建议E.100-E.232(第II研究组)
- II·3分册 国际电话业务——网路管理——话务工程建议E.401-E543(第II研究组)
- II·4分册 电报和信息通信业务操作, F系列建议(第I研究组)

第 III 卷

- III·1分册 国际电话接续和电路的一般特性, 建议G.101-G.171(第XV、XVI研究组, CMBD)
- III·2分册 国际模拟载波系统, 传输媒介——特性, 建议G.211-G.651(第XV研究组, CMBD)
- III·3分册 数字网路——传输系统和复接设备, 建议G.701-G.941(第XVII研究组)
- III·4分册 非电话信号线路传输, 声音节目和信号传输, H和J系列建议(第XV研究组)

第 IV 卷

- IV·1分册 维护: 一般原则、国际载波系统、国际电话电路, 建议M.10-M.761(第IV研究组)
- IV·2分册 维护: 国际话频电报和传真、国际出租电路, 建议M.800-M.1235(第IV研究组)
- IV·3分册 维护: 国际声音节目和电视传输电路, N系列建议(第IV研究组)
- IV·4分册 测量设备技术规程, O系列建议(第IV研究组)

第 V 卷 电话传输质量, P系列建议(第XII研究组)

第 VI 卷

- VI·1分册 电话交换和信号的一般建议, 海上业务的接口, 建议Q.1-Q.118 bis(第XI研究组)
- VI·2分册 四号和五号信号系列技术规程, 建议Q.120-Q.180(第XI研究组)
- VI·3分册 六号信号系统技术规程, 建议Q.251-Q.300(第XI研究组)
- VI·4分册 R1和R2信号系统技术规程, 建议Q.310-Q.490(第XI研究组)
- VI·5分册 国内国际应用的数字转接局, 信号系统的交互工作, 建议Q.501-Q.685(第XI研究组)
- VI·6分册 七号信号系统技术规程, 建议Q.701-Q.741(第XI研究组)
- VI·7分册 功能规格和描述语言(SDL), 人机语言(MML), 建议Z.101-Z.104和Z.311-Z.341(第XI研究组)
- VI·8分册 CCITT高级语言(CHILL), 建议Z.200(第XI研究组)

第 VII 卷

- VII·1分册 电报传输和交换, R和U系列建议(第IX研究组)
- VII·2分册 电报和信息通信业务终端设备, S和T系列建议(第VII研究组)

第 VIII 卷

- VIII·1分册 电话网上的数据通信, V系列建议(第XVII研究组)
- VIII·2分册 数据通信网: 服务和设施、终端设备和接口, 建议X.1-X.29(第VIII研究组)
- VIII·3分册 数据通信网: 传输、信号和交换; 网路问题; 维护; 管理部门的安排, 建议X.40-X.180(第VIII研究组)

第 IX 卷 干扰的防护, K系列建议(第V研究组); 电缆护套和杆路的防护, L建议(第VI研究组)

第 X 卷

- X·1分册 术语和定义
- X·2分册 黄皮书索引

黄皮书第Ⅸ卷目录

第Ⅰ部分：K系列建议 干扰的防护

建议号	页数
K.1	电缆中音频电话线的接地 3
K.2	邻近电力线路对增音机远供系统干扰的防护 3
K.3	注入配电网的音频信号发生的干扰 4
K.4	对信号的干扰 4
K.5	电力配电线路与通信线路合用电杆 4
K.6	交越时的防护措施 5
K.7	音响冲击保护装置 6
K.8	通信与电力装置在土壤中的间距 7
K.9	通信人员和设备对邻近电力牵引线产生的高地电位影响的防护 8
K.10	通信装置的不平衡 9
K.11	过电压防护 10
K.12	通信装置保护用气体放电保安器的技术要求规范 14
K.13	塑料绝缘导线电缆的感应电压 26
K.14	塑料护套中金属屏蔽层的制备 27
K.15	远供系统和线路增音机对雷电和邻近电力线路引起的干扰的防护 28
K.16	电力线路对同轴通信系统远供增音机磁感应影响的简化计算方法 31
K.17	为检验外界干扰防护装置在固体器件远供增音机上的试验 51
K.18	通信线路中无线电台广播感应电压的计算和降低干扰的方法 57
K.19	通信电缆与电力电缆同沟、同隧道使用 71

第Ⅱ部分：L系列建议

电缆护套和杆路的防护

L.1	防止腐蚀的保护 75
L.2	木杆的浸渍 75
L.3	电缆的铠装 75
L.4	电缆铝护套 77
L.5	除铅和铝以外其它金属做成的电缆护套 80
L.6	电缆气压维护的方法 81
L.7	联合阴极保护的应用 81
L.8	交流电流引起的腐蚀 82

注 意

1981~1984年研究期内，每个研究组受委托研究的课题，见有关研究组的文稿 No.1。

国际电报电话咨询委员会注释

本卷所用的“主管部门”一词，系表示通信主管部门和认可的私营机构的简写。

第 I 部 分

K 系 列 建 议

干 扰 的 防 护

(在本系列建议中,《关于通信线路防止电力线路有害影响的导则》经常被引用。这本手册最初在1963年以活页形式出版,1965,1974和1978年进行了修改。)

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

干扰的防护*

建议K.1(新德里, 1960年)

电缆中音频电话线的接地

引言

目前的技术水平, 在电缆制造中已能将各种回路在音频时对护套的电容做得非常平衡。

在回路对地无不平衡连接的情况下, 这种电容平衡是足够的。

另一方面, 每一个接地即使表面上是平衡的, 每一个这样接地的回路可能都含有电感和电阻的不平衡。

电缆导线间的介质绝缘强度明显地低于导线与护套间的绝缘强度。因此, 当电缆受到严重感应时, 这些导线上的某些接地将使隔离导线的介质发生击穿的危险。

当加感电缆遭受高感应电动势时, 由于存在接地, 将产生电流, 在某些情况下, 其值可超过避免加感线圈磁特性劣化的极限值。

基于上述原因, 国际电报电话咨询委员会作出以下一致的建议:

除变压器的线路绕组在电缆的一端或两端用低阻连接线固定地接到护套上以外, 音频回路的任何一点不应该再做接地。

总的来说, 与电缆内的长途线路用金属连接的装置(电话或电报)上的任何一点, 希望不做任何接地。

然而, 由于特殊原因, 如果与音频回路直接连接的装置必须接地, 应采取以下预防措施:

a) 采取不影响回路对地和对邻近回路平衡的接地方式。

b) 电缆中所有其它导线与接地回路的导线之间的击穿电压, 必须明显的高于邻近电力线路在这些导线与接地回路导线间所感应的最高电压。

c) 与电缆相接的装置为电报装置时, 也有必要遵守国际电报电话咨询委员会关于电话与电报共存条件的建议(H系列建议)。

建议K.2(新德里, 1960年)

邻近电力线路对增音机远供系统干扰的防护

为了避免邻近的电力线路通过磁感应或阻性耦合而干扰增音机的远供, 国际电报电话咨询委员会建议: 在设计增音机远供系统时, 应尽可能使流通远供电流的环路(包括与它相连接的单元)对护套和地保持平衡。

* 亦见国际电报电话咨询委员会手册《关于通信线路防止电力线路有害影响的导则》, 国际电信联盟, 日内瓦, 1963年, 1965年, 1974年, 1978年。在本系列建议中, 该手册简称为《导则》。当引用《导则》某个指定段落时, 用方括号内的参考文献号码表示。

建议K.3(新德里, 1960年)

注入配电网的音频信号发生的干扰

当电力部门因遥控系统运行的需要, 将音频信号注入配电网时, 这种信号会对邻近的通信线路发生干扰。要完成这种干扰的计算, 可应用《导则》中的公式, 并找出这些音频信号的等效干扰电压和电流值。

建议K.4(日内瓦, 1964年)

对信号的干扰

为了降低邻近的交流或直流电力线路对通信线路(架空明线, 架空电缆或地下电缆, 或综合线路)上的直流信号或交流信号的主要频率产生干扰, 在有可能出现或已发现存在这种干扰的情况下, 应该进行研究, 采取一种或几种下述的方法:

— 使用改进的通信系统:

a) 这种系统的信号回路在所有情况下, 甚至在交换机工作期间, 始终保持对地平衡(见[1]);

b) 这种系统除对地平衡外, 还避免了由直接或间接接地而引起的纵向电流在该系统所产生的干扰;

— 选择电话交换局接地的位置, 特别是使它们尽可能远离电牵引线以及电力系统的接地电极;

— 采取降低感应电流的措施(使用屏蔽系数小的电话电缆, 在单相牵引线路上安装吸流变压器等)以便仍可使用现有的信号系统;

— 通信回路使用中和变压器或有源中和变压器系统, 以补偿感应电压产生的电流;

— 采用对干扰电流频率呈现高阻抗的调谐电路。

注—《关于通信线路防止电力线路有害影响的导则》曾提到, 通信线路感应电压的极限值为60伏。这个极限值只涉及人身的安全, 不应该把它作为对信号系统保证无干扰的极限值。正如文献[2]所指出的, 很低的电压就可使不平衡信号系统产生这种干扰。

参 考 文 献

[1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Chapter XVI, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.

[2] *Ibid.*, Chapter V, Section 3.

建议K.5(日内瓦, 1964年)

电力配电线路与通信线路合用电杆

对于希望采用架空明线或架空电缆通信线路与电力线路合用同一个支撑物的主管部门, 当其国家法律与规程允许这样架设时, 建议作如下的一般考虑:

1) 主管部门与电业当局由于合用电杆会取得经济和美观上的好处。

2) 尽管采用了合适的联合架设方式, 但与普通架设方式相比, 在通信线路上操作的人员和与它相连的通信设备遭受危险的可能性有所增加, 要求对在这种线路上工作的人员进行专门的训练, 特别是当电力线路为高压线路时更应该这样做。

3) 应当遵守《导则》中有关危险, 干扰及人身安全的规定(见[1])。

4) 合用电杆时, 为了明确责任, 主管部门与电业当局之间最好签订专门的正式协议。

5) 如果在短段线路上(1公里左右)合用电杆, 在大多数情况下, 用若干简单的保护措施就足以保证静电

和电磁感应干扰在容许范围内。

参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Chapters IV, V and XX, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.

建议K.6(日内瓦, 1964年)

交越时的防护措施

引言

架空通信线路与电力线路交越时, 对人身和设备会产生危险。

许多国家主管部门制订了各种交越方案而成为国家规定。这些规定有时很不一致, 使这些方案的有效性稍有差别。

考虑到各个国家现已达到的技术水平和所取得的经验, 国际电报电话咨询委员会似有可能发出一个看来是最有效的交越方案建议。在此基础上, 相关国家可以起草或修订它们的规程。

因此, 当架空通信线路与电力线路交越时, 建议采用下述两种方法中的一种, 即将交越处的架空通信线路改成地下电缆, 或是保留架空。

1 通信线路改成地下电缆

这种方法不总是被推荐的, 因为当电力线路的一根导线断裂时, 地下电缆就可能处在高地电位的区域内。这时, 如果电缆有裸露的金属护套, 就会产生危险。电力线的电压越高、电缆长度越短、土壤电阻率越高, 危险性就越大。电缆附近的杆塔发生接地故障时, 也会产生这种危险。

如果环境条件需将架空通信线路改成电缆时, 必须在交越处采取特殊防护措施。例如:

- 在电缆金属护套周围加绝缘护层。
- 采用全塑护套电缆。

2 通信线路保留架空

一般不建议使用保护线或支架将架空通信线路与电力线路隔开的方法。

在任何情况下, 不论环境条件如何, 与通信导线之间的最小垂直距离必须符合国家规程。

此外, 可以引用许多种方法来减少这种危险:

- 2.1 在交越处使用公共支撑物。如有必要, 通信线路的绝缘子应具有高击穿电压。
- 2.2 使导线绝缘。最好是使通信导线绝缘, 如果这样的绝缘能正确地适合各种现存条件的话。
- 2.3 加强交越处电力线路的结构强度, 以使其断裂的危险减至最小。

3 应用§§2.1、2.2和2.3中各种交越方案的条件

这些方案的使用主要取决于电力线路的电压。由于所提出的问题的特殊性, 所考虑的电压范围与国际电工委员会(IEC)标准没有关系。

3.1 电压为600伏或低于600伏的系统使用§2.1和/或§2.2的方案。

3.2 电压为60千伏或60千伏以上的系统（特别是[1]所指的“高可靠性”系统）。

如有必要，使用§2.3的方案。

3.3 中等电压的系统

对于电压在600伏至60千伏范围的系统，由于电压及线路的机械特性和所用的施工方式的不同，不可能作出确切的建议。

虽然在某些特殊场合需与有关单位密切合作进行严格的审查，但上面所述的方案中可能有一个或多个是可行的。

参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Preliminary Chapter, § 3.2.3, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.

建议K.7(日内瓦, 1964年)

音响冲击保护装置

在不利环境下，受话器的两端会发生突发电压脉冲，从而产生危及人耳和神经系统的强大声压。当电话线路的两根导线上所接的雷电保安器不能同时动作时，最可能发生这种电压，导致电话中有补偿电流流过。因此，在不能允许的高感应电压引起音响冲击时，特别是在装有真空雷电保安器的线路上，国际电报电话咨询委员会建议使用音响冲击保护装置（见[1]）。

由两个并联但极性相反的整流器或其它半导体元件组成的装置，已证明是消除受话器中突发电压脉冲及其对人耳危害的一种有效而便宜的装置。在这种情况下，两个整流器直接跨接在受话器上。

为了符合其它设备的设计要求，能快速检验保护装置防止音响冲击的性能，并避免对电话传输质量产生过大的影响，建议这些装置应具有下列特性：

- 1) 希望设计的音响冲击保护装置所占的空间小（例如，可以放在话务员或用户受话器的盒子内）。
- 2) 装置必须制作良好，在使用时所遇到的温度和湿度条件下，电气特性不应该发生重大的变化。
- 3) 装置的设计必须与经常配合使用的受话器的特性相适应，以使运行时不致过热。
- 4) 当线路过电压的保护装置动作时（如充气保安器受冲击且动作时），受话器膜片所引起的声压幅值应不超过120分贝（在1000赫下，相对于 2×10^{-4} 微巴）。

注——试验已经指出，假如只涉及脉冲和不连续的过电压，上述类型保护装置所具有的特性可以容易的满足这个条件。

5) 对于某些用于特种电话机的保护装置，当相关的电话机的线路端子施加各种电压电平时，以800赫正弦波测量应达到的衰减极限值见表1/K.7。线路阻抗假定为600欧。为了进行这种测量，受话器用阻值相当于该受话器800赫阻抗（模值）的纯电阻来代替，然后，根据该电阻跨接和不跨接保护装置时两端的电压之比得到衰减值，以传输单位表示。

应该使用能指示均方根值（或检波平均值）的仪表，完成这一测量。

对任一新型装置进行试验时，希望在200赫与4000赫之间进行类似的测量，以保证平均介入损耗在同一数量级内。

表 1/K.7

线路端子处的电压电平 (参考电平0.775伏)分贝	衰 减 分 贝
-17.4	<0.43
-8.7	<0.43
0	≤1.7
+8.7	>5.2
+17.4	>10.4
+26.1	>15.6

6) 在主管部门找到适合于他们自己电话机的且满足上述5)的要求的保护装置后, 希望能确定保护装置交货时验收试验的标准, 可自行测量安装在模拟受话器和电话机相连回路的电阻之间的保护装置样品的介入损耗, 并引用这个测量结果作为在所用电阻之间测量介入损耗的标准值。

7) 应当注意, 如第4)点所述, 保护装置工作时和装置非线性特性产生的谐波会助长声压。然而, 只要能满足上述5)的条件, 就不会出现谐波引起的危害影响。

参 考 文 献

- [1] CCITT *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Chapter 1/6, p. 16, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.

建议 K.8(马德普拉塔, 1968年)

通信与电力装置在土壤中的间距

通信电缆附近土壤中可能出现的电压值取决于若干因素。例如: 电力系统电压、故障电流大小、土壤电阻率、电力系统设备和通信设备的布局以及其他局部条件。因此, 要提出有关最小间距通用规则的建议是不可能的。原则上, 一旦条件指出有过电压的可能性时, 电力系统对通信设备的影响就应当通过试验来确定。然而, 在许多情况下, 这样的试验需要大量的工作, 不值得去这样做。经验表明, 如果通信装置与塔基间的最小容许隔距为10米, 则不会发生问题。这里假设了大地电阻率不是过高(在数百欧·米的数量级), 而且没有其它已知或可疑的能使这个隔距成为不够的条件存在。这种已知的或可疑的条件可能要使隔距增加, 在瑞典, 在非常恶劣的土壤条件下所使用的隔距最远已达50米。

另一方面, 在某些国家的特定条件下, 可能存在不需要10米, 只需2米甚至更小隔距的环境(见附录A)。

如果局部情况不允许采用必需的隔距, 在可能存在过电压的土壤区域内, 通信电缆护套可加以合适的绝缘, 例如放置在管道中或提供绝缘外护层。

附 录 A

(K.8建议的附录)

国际大电网会议(CIGRE, 1964~1968)提供的资料

图 A-1/K.8表示巴黎地区的一个实际例子。在那里, 通信电缆与225千伏高压电力电缆同沟敷设4911米, 三条单相电力电缆放在一根两端仔细接地的钢管中, 而通信电缆(7个四心组, 铅护套)则放在预制轻钢筋混凝土管道中。

对几个不同数值的短路电流在整个通信回路（4911米）上所产生的感应电动势进行了测量，其值如下：

短 路 电 流 (安)	100	200	400
感应电动势 (伏/安)	0.055	0.046	0.036

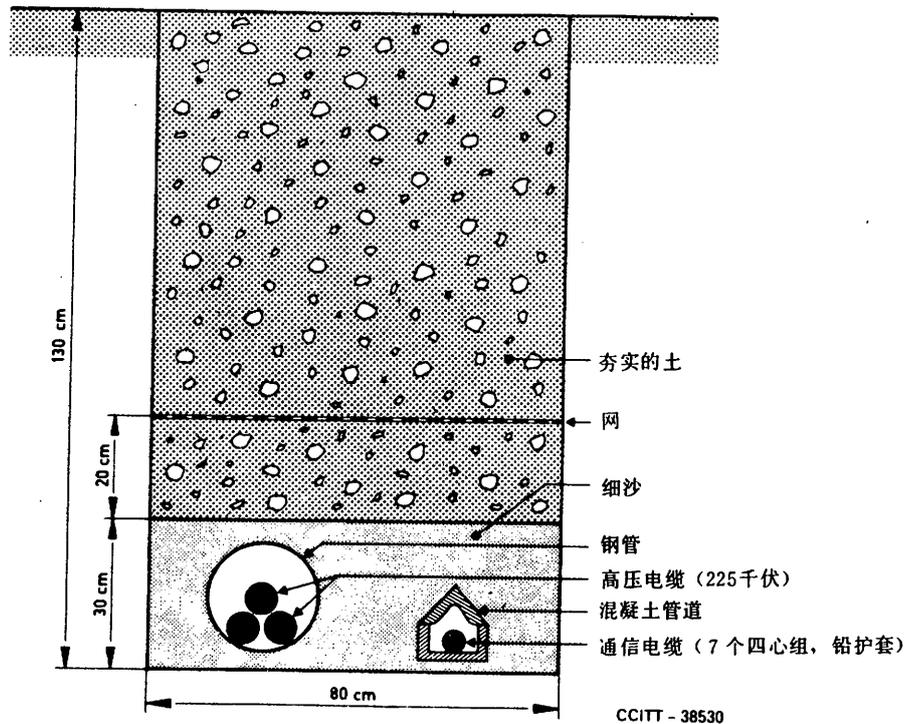


图 A-1/K.8 电力电缆与通信电缆同沟

建议 K.9(马德普拉塔, 1968年)

通信人员和设备对邻近电力牵引线产生的高地电位影响的防护

1 概述

从技术上讲，人员和设备对电气铁道的防护措施可随许多因素变化。其主要因素有：

- 大地电阻率。
- 电气线路设备（轨道电路）。

尽管它对于铁道安全装置是必要的，但它可能会妨碍靠近铁道的金属构件与铁轨进行系统的连接。

— 所需的保护装置特性。对于交流电力牵引系统，保护装置的特性在一定程度上可能受吸流变压器的存在（或不存在）的影响。

— 接触网的绝缘等级。它也可能影响保护装置的特性，特别是在相当低的低压电力系统中，例如1500伏直流线路。

— 拟推荐的在过电压情况下连接金属构件与铁轨，但不形成永久性连接的方法（一种方法是经由火花间隙连接）。

2 交流电力牵引线

建议将邻近的金属构件（例如，离线路一定距离内的全部金属构件）与铁轨连接，如果没有使这种连接不可能实现的安全装置的话。

如果这些构件不能与铁轨连接，则建议将它们与电阻足够低的接地电极相接。

3 直流电力牵引线

保护措施还应考虑避免电解腐蚀的危险。这种措施可能是仅在金属构件与地间有足够绝缘时才与铁轨相连或通过火花间隙将它们链接，或者在金属构件上装有适当绝缘的接触系统或线路的工作电压足够低时，可既不与铁轨又不与大地相接。

4 通信电缆

在新安装的设备中，在有必要避免电缆与金属构件相接触的地方，建议邻近铁道的电缆在变电站的入口或金属桥上应有塑料外护层，这种外护层要有尽可能高的绝缘强度。

另一方面，如果金属护套电缆已经存在，将电缆护套与铁轨连接可能是一种好的办法（至少在大车站）。

5 电力牵引线附近的通信装置应满足的条件

保护这种装置的主要措施如下：

- 将它们安放在危险区域外；
- 屏蔽；
- 用绝缘部件代替金属部件，尤其是电缆护套或外护层或者增音机箱体。

注——以上建议只是根据技术上的考虑提出的，还必须对每种情况仔细权衡。因此，每一个主管部门在实施时应遵守本国的法律和规程。

建议K.10(马德普拉塔，1968年)

通信装置的不平衡

为了使通信装置与相连接的线路保持适当的平衡，建议通信装置平衡的最低允许值应为40分贝(300~600赫)和46分贝(600~3400赫)。这是一般的最低值，而且不排除在国际电报电话咨询委员会的其它建议中为特殊需要而引用较高最低值的可能性¹⁾。

应该用图1/K.10所示的试验电路测量通信装置的不平衡。

在音频范围内，应该应用以下规范： $Z_L = Z/4$ （见Q.45建议）[1]。

参 考 文 献

- [1] CCITT Recommendation *Transmission characteristics of an international exchange*, Vol. VI, Fascicle VI.1, Rec. Q.45.
- [2] CCITT – Question 13/V, Contribution COM V-No. 1 for the Study Period 1981-1984, Geneva, 1981.

1) 特别是参见Q.45建议[1]，也可见13/V课题[2]的进一步研究结果。

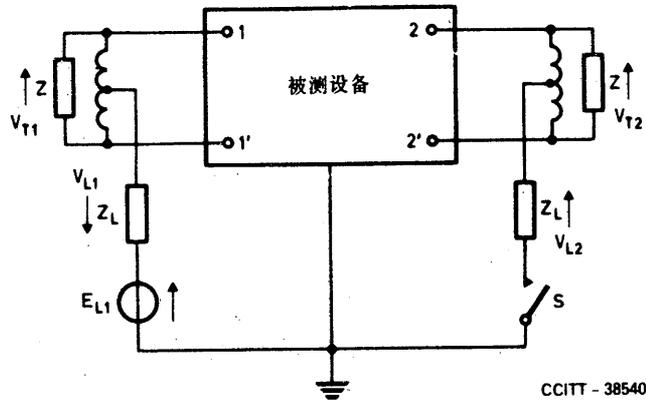


图 1/K.10 试验电路

建议 K.11

过电压防护

本建议叙述了通信线路上出现过电压的途径，避免或降低这些过电压的方法和用于保护线路及其终端设备的保护装置。更进一步的资料可从[1]和《导则》中得到。

1 过电压来源

由于下述原因，线路会产生过电压：

1.1 直接雷击

这种雷击会引起几千安的电流，沿导线或电缆流动，持续若干微秒。物理的损坏可能发生，而且几千伏的过电压冲击会对线路和终端设备的介质施加应力。

1.2 邻近雷击

云对地或云对云流动的雷电流，在雷击点附近的架空或地下线路中引起过电压。在高大地电阻率地区，受影响的面积可能很大。

1.3 电力线路（包括电牵引系统）故障电流引起感应

电力系统中的接地故障产生很大的不平衡电流，沿着电力线路流动，在近平行的通信线路上感应出过电压。过电压幅值可高至几千伏，持续时间为200~2000毫秒（偶尔有更长的），由电力线路所用的故障切除系统而定。

1.4 与电力线路接触

当电力和通信线路受到当地自然灾害，如暴风雨、着火的破坏时，或在没有采用正常的分隔和绝缘保护措施的情况下，电力线路与通信线路可发生接触。在正常配电电压为240伏的地区，对地过电压很少超过交流240伏，均方根值，而且在发现故障前的一段时间内仍会继续存在。在使用较高的配电电压，如2千伏的地区，如果发生故障，电力线路的保护设施通常能保证在短时间内（1秒或更短）将电压切除。过电压可产生过大的电流，沿线路流向交换局的接地，造成设备损坏和人身危险。

1.5 地电位升高

电力系统接地故障在土壤中产生电流，使故障点或电源接地电极附近的电位升高（亦见K.9建议）。这些地电位会通过两个途径影响通信设施：

- a) 如果土壤中的信号接地电极相对于远地的电位有低如5伏的升高，就会使通信信号系统误动。电力系统中长期未查出而遗留的较小故障可能会引起这样的电压。
- b) 较高的地电位能使影响区域内工作的人员产生危险，或在极端情况下，足以击穿通信电缆的绝缘，引起大范围的损坏。

2 避免过电压的方法

2.1 借助附近的接地金属构件，如电力线路或电牵引系统，能在一定程度上屏蔽通信线路的雷电影响。高绝缘强度的电缆受雷电损坏的可能性很小，但会把冲击传到通信网的其它更脆弱部分上去。电缆护套，电缆导管或防雷线等有效的金属屏蔽，使雷电冲击和电力线路感应的影晌减少。在雷电冲击危险大的地区，常常使用多层屏蔽及高绝缘强度的特种电缆。将所有金属体焊接在一起对保护是有用的。

2.2 电力线路引起的感应，可通过协调电力与通信线路的路由而减到最小。在电力系统上装设地线和限流器，可降低感应源的感应等级。

2.3 如果电力和通信线路采用了适当的结构、隔距和绝缘标准，发生接触的可能就会减少。于是出现了要考虑经济的问题，但是，只要采取适当的安全措施，就可从同沟、同杆和同管道的合用中得到好处（见K.5和K.6建议）。使用高标准结构，避免与高压电力线接触特别重要，因为这种接触一旦发生，要避免由此而产生的严重后果是相当困难的。

3 保护的必要性

尽管使用了前面所叙述的避免过电压的措施，但过电压仍有可能产生，这取决于当地的条件。

3.1 在高大地电阻率雷区的线路，更易遭到雷电冲击，而且在当地雷暴日等级高时可能经常产生高的过电压。

3.2 即使采用了切实可行的所有避免过电压的措施，由电力或牵引线路故障引起的感应过电压仍有可能超过《导则》所允许的等级。

3.3 过电压不仅威胁沿线路的导线或绝缘，而且还可能损坏线路终端的敏感设备。当通信线路长时间与电力线路发生接触时，可能发生着火的危险。通信人员和用户可能需要对电冲击进行保护。

3.4 选择保护时，应对过电压的概率和它的大致影响进行权衡。在考虑可接受的最低业务标准时，应一并考虑若使用特殊保护方法后可能获得的商业利益。

4 保护装置类型

4.1 在某些条件下，通信线路将对设备起一些保护作用，例如：

- 导线可能熔断，切断过电流；
- 导线绝缘可能击穿，降低了过电压；
- 连接装置中的空气间隙可能击穿，降低了过电压。

这种保护补充了保护装置提供的保护作用，而且如果过电压的危险很小，这种保护本身就可能已经足够。

4.2 碳或金属电极的空气间隙保安器

通常接在线路的每条导线与地之间，在800~1600伏范围内起保护作用。它们的价格便宜，但如果频繁动作，则需要维护。

4.3 充气保安器

通常接在线路的每条导线与地之间，三电极放电器，则接在一对线与地之间。可以对它们的特性规定一些精确的限制值，以满足系统的要求。动作电压可以为90伏或更高。这种保安器是小型的，而且在经常动作的情况下也不用管它。

关于充气保安器完整的叙述及规范见K.12建议。

4.4 半导体保护装置

使用方式与碳电极保安器或充气保安器相同，能保护设备所受过电压值低至1伏。这种保护装置较精密，且快速动作，但有可能被过大的电流损坏。

4.5 熔丝

熔丝串接在线路的每根导线中，电流过大时熔断。简单的熔丝是一根均匀的可熔金属丝。慢动作熔丝包括一根大电流流过时迅速熔化的均匀金属丝和一个带弹簧的可熔部件，在较低的电流延续通过时，逐渐熔化直至熔断。典型动作电流等级，大电流为2安级，延续的较低的电流为250毫安级。熔丝动作后不应维持电弧。熔丝对雷电冲击不能起保护作用，在一般的雷电冲击地区，有必要设置高额定值（直至20安）的熔丝，以避免熔丝损坏引起故障。但这种熔丝不可能对电力线接触给以适当的保护。熔丝也可以是杂音和中断故障的根源。

4.6 热线圈

热线圈串接在线路的每根导线中，可以使线路断开、接地，或者既断开又接地。热线圈设有某种可熔部件，当电流流过时动作，典型值为500毫安，持续200秒左右。

5 保护装置的安装位置

5.1 当地下电缆和用户设备需要防雷电冲击时，过电压保安器通常安装在线路架空部分的两端。但在高绝缘设施和低绝缘设施的交接处最好也安装保安器。防雷用过电压保安器的接线应尽可能短。

5.2 为了保护导线的绝缘，将所有金属护套、屏蔽层等联接在一起，并在导线与此金属结合体之间接入过电压保安器是有益的。在高土壤电阻率地区，这种技术特别实用，因为它可避免为保安器接地而设置昂贵的电极系统。

5.3 用于降低通信线路上由于电力线路故障电流感应所引起的高电压的保安器，要装在受影响段落两端的全部导线上。

5.4 保护交换设备的过电压保安器，应安装在总配线架上。现代电子设备易受冲击的影响，甚至在冲击幅值相当低时也是这样。因此，设备本身要安装附加保护。重要的是，应对线路的各种保护部件进行协调，以达到满意的结果，而且使它们的动作特性与设备及有关线路的耐压性能相适应。

5.5 对可能与电力线路接触的通信线路来说，保留其被连接的线路，例如不在线路上串接熔丝，并依靠通信接地降低总配线架的电压，使工作人员的安全得到更好的保障。若使用熔丝或热线圈或两者均使用时，通常安装在总配线架上。两者同时安装时，熔丝装在热线圈的线路一侧。

6 残余影响

采用保护以后，应该考虑下列可能的后果：

6.1 残余电压

应考虑：

- a) 保护装置未能感受的电压，因为它低于保护装置的動作电压；
- b) 在装置动作之前已通过的瞬变；
- c) 装置动作后仍维持的残余；
- d) 装置动作所产生的瞬变。

6.2 横向电压

同一线对两根导线上的保护装置可能不同时动作，便产生一个横向脉冲。在某些情况下，特别是被保护设备的阻抗如果很低，一个保护装置动作会阻止另一个保护装置的动作。因此，只要线路上存在纵向电压，横向电压就会继续存在。

6.3 协调的困难

为了保护敏感设备，有时有必要使用几种保护装置，如快动作的小电流装置(如半导体)和稍慢动作的大电流装置(如气体放电管)。在这种情况下，必须采用步骤，以保证在过电压持续期间，小电流装置不会阻止大电流装置动作，假如发生这种情况，小电流装置可能被损坏。

6.4 对电路正常工作的影响

保护装置的動作电压与线路正常工作期间的最高电压之间应留有足够的间隔。

6.5 变态影响

保护装置可能保护线路的一部分，而牺牲另一部分。例如，如果总配线架的熔丝因线路与电力线路接触而熔断，使通信接地被断开，线路的电压可能上升至电力线路的全部电压。

6.6 电路利用率

保护装置动作时，被保护电路的业务可能会临时或持久地中断。

6.7 缺陷的不利影响

使用保护装置后，由于装置的不可靠性，可能会发生一些维护上的问题。也可能妨碍线路和设备的某些测试。

参 考 文 献

- [1] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva, 1974, 1978.

建议 K.12 (日内瓦, 1972年)

通信装置保护用气体放电保安器的技术要求规范

引言

防止通信线路遭受外界影响（大气放电，接近电力线路和装置）愈来愈显得重要。一方面，固体器件的引入增加了通信装置的敏感性；另一方面，电力装置必然的扩展，增加了由此产生的危险性。

因此，电话主管部门和通信系统的其它使用部门需使用非常可靠而且信得过的高质量保护设备。

雷电保安器是最常用的保护装置之一。

本规范包括通信装置保护用气体放电保安器需满足的基本要求。

本规范包括气体放电保安器的性能和可靠性。

气体放电保安器的性能要求可按照用途而改变，容差可能在或大或小的极限范围内变化，而可靠性则是实质性的因素。无论使用哪种气体放电保安器，都必须具有非常高的可靠性。

1 概述

1.1 气体放电保安器（有时称为稀有气体避雷器）用于架空或地下通信线路，以限制由于大气放电或电力装置的影响（磁感应，与配电线路接触）所引起的过电压，以避免对下列各种产生危险：

- a) 通信线路和与此相连接的设备；
- b) 与线路或通信装置的部件接触的人身。

以下用保安器这一术语代替气体放电保安器。

1.2 这些保安器中的密闭气体介质发生弧光放电时，使存在过电压的设备中的部件间或与接地系统之间构成导电通路，从而限制了电压，并提供一个电位均衡的连接，引起残余电压（其值相应于该保安器的残余电压）。

过电压一旦超过保安器的击穿电压引起弧光放电，在保安器两端出现很低的残余电压，于是起到了限制过电压的作用。

1.3 保安器的耐用性是由放电电流值和这一电流流通的时间来表征的（电流值应小于引起机械破坏的某一限值）。

1.4 当过电压保安器通过该保安器的额定放电电流时，它的电特性在经过重复放电之后必须保持在规定的容差范围之内。

2 应用范围

2.1 本技术要求适用于限制通信装置过电压的保安器。在这种保安器中，密闭的气体介质中有一个或多个放电间隙。

2.2 本技术要求不宜用于电力系统中为限制持续电流而与压敏电阻器串接的保安器。

2.3 本规范中的一般条款适用于通信系统中的所有保安器，但是应承认，对于与降低放电电流用的阻抗一起使用的保安器，本规范中的某些数值可能需要修改，这些必须由用户各自规定。

3 定义

3.1 击穿

保安器击穿是指各个放电间隙发生电击穿。

3.2 直流击穿电压

保安器因缓慢增加的直流电压而击穿时的电压。它是用来表明某一保安器适用范围的一个量。这一电压包括在使用期间进行的检验。

3.3 保安器的标称直流击穿电压

该电压由制造厂规定，用来标志保安器（型号标志），并指出在被保护装置的工作条件下的应用范围，直流击穿电压的容差也与标称直流击穿电压有关。

3.4 保安器的交流击穿电压

当15~62赫的正弦电压缓慢增加，引起保安器击穿时电压的均方根值。

它主要用来表明与交流配电线路直接接触或遭受磁感应的情况下，保安器的使用范围。

3.5 保安器的冲击击穿电压

保安器的冲击击穿电压，是从施加给定波形的冲击起直至开始有电流流通的这段时间内，保安器端子间出现的最高电压。

3.6 保安器的击穿电压—时间曲线

保安器的击穿电压-时间曲线是指冲击击穿电压与击穿时间的关系曲线。

3.7 交流放电电流

流过保安器的近似正弦交流电流的均方根值。

3.8 标称交流放电电流

在限定时间内允许流过的频率为15~62赫的交流电流设计值。

3.9 冲击放电电流

保安器击穿后流过保安器的冲击电流峰值。

3.10 标称冲击放电电流

保安器额定的符合电流-时间曲线定义的冲击电流峰值。

3.11 破坏特性

表明放电电流值与直到保安器遭受机械破坏（破裂，电极短路）时放电电流流动时间的关系，此特性可从几个保安器的测量结果取其平均值得到。

对冲击放电电流，上述时间周期为1微秒至数毫秒；对交流放电电流，时间周期为0.1秒及以上。

3.12 残余电压

放电电流流过期间，保安器端子间呈现的瞬间电压。

残余电压是一个与放电类型有关的量，因此要区分辉光放电时的残余电压和弧光放电时的残余电压。

3.13 辉光电流

保安器击穿后，其电极被辉光所包围时流过的电流。

3.14 弧光电流

保安器击穿后，其间隙被电弧所连通时流过的电流。

3.15 电压-放电电流曲线

对于频率为15~62赫的交流电流而言，电压——放电电流曲线表示放电电流流过期间，电压与电流瞬时值之间的关系。

3.16 横向电压

含有几个间隙的保安器的横向电压，系指有放电电流流过期间，接在通信回路两根导线上的两个间隙的残余电压之差值。

4 总要求

4.1 设计和评价保安器，应当注意在正常工作期间或发生事故时，对人身和周围环境无危害。

为此，应注意考虑由于过载而引起的不能允许的发热和损坏问题，以及避免放射性物质预电离而造成的辐射。

保安器的机械结构，特别是金属与外壳间的密封是最重要的，一般来说，这种密封应该有足够大的横截面，以使在大电流放电时，外壳和密封不会粉碎或破裂。对保安器的引线特别需要这样做。

另外，保安器的结构也应该在经机械冲击后不致改变保安器的电特性。

4.2 选择保安器动作电压的原则：

4.2.1 适合于被保护装置绝缘的绝缘强度；

4.2.2 考虑有关人身对短时间过电压防护的规程；

4.2.3 适当地高于设备的最高工作电压，以避免对工作状态下的回路产生干扰。

4.3 保安器的绝缘电阻和电容应不影响通信回路的功能。

4.4 冲击消失后，保安器不能因线路电压而继续保持动作。

5 表征保安器电特性的项目和数值

各类保安器的电特性有以下项目和数值：

5.1 击穿电压与时间（从端子间施加电压的一瞬间到放电电流开始流过的瞬间）的函数关系

$U_a = f(t)$ 特性。附录 I 为此特性的一个例子。这些击穿电压包括：

5.1.1 标称直流击穿电压；

5.1.2 在§7所规定的标准冲击电压时的冲击击穿电压；

5.2 放电电流载流容量与放电延续时间的函数关系

载流容量用以下各项表示：

5.2.1 在限定时间内流动的标称交流放电电流；

5.2.2 在§7所规定的标准波形冲击时的标称冲击放电电流；

5.2.3 破坏特性 ($I_d = f(t)$ 特性。附录 II 为此特性的一个例子)。

5.3 残余电压与放电电流的函数关系 ($U_r = f(I_d)$ 特性，附录 III 为此特性的一个例子)。

这些残余电压用以下各项表示：

5.3.1 辉光放电范围内的最大残余电压；

5.3.2 弧光放电时的残余电压；

5.3.3 辉光放电残余电压变成弧光放电残余电压时的最大辉光放电电流。

5.4 根据所限制的过电压类型，为表征保安器所用的特性

5.4.1 对于电力频率（15~62赫）的过电压，采用§§5.1.1，5.2.1和5.3.3所列举的标称值。
一些标准型号保安器的特性列于表1/K.12。

5.4.2 对于大气放电产生的过电压，采用§§5.1.1和5.2.2所列举的值。
一些标准型号保安器的特性列于表2/K.12。

表 1/K.12

标准型号 代 号	特 性		
	标称直流击穿电压 (见§5.1.1)	标称交流放电电流，均方根值 (见§5.2.1)	最大辉光放电电流 (见§5.3.3)
1	考虑§4.2的条款，选择标称值	5安	<0.5~1.5安
2		20安	
3		50安	

表 2/K.12

标准型号 代 号	特 性		
	标称直流击穿电压 (见§5.1.1)	标称冲击放电电流 (见§5.2.2)	冲击击穿电压 (见§5.1.2)
4	考虑§4.2的条款, 选择标称值	2.5千安	上限见表3/K.12和4/K.12
5		10 千安	
6		20 千安	

5.4.3 对于电力装置(电力频率)和大气放电在同一通信装置所产生的过电压,综合使用相应于标准型号1和4(标准型号1-4),2和5(标准型号2-5)及3和6(标准型号3-6)的值。

5.5 标称值的容差极限

5.5.1 直流击穿电压容差的上限和下限,是根据§4.2所列举的要求来确定的。甚至在重复地流过其值为表1/K.12和表2/K.12分别列出的放电电流后,仍应遵守这些极限。

5.5.2 对于其它有关标称值来说,只需根据问题的特性说明上限或下限。

5.5.3 这些极限已考虑了环境影响和所处的条件(室温,极性,光)。

注——这些极限在§8原型试验中作了规定。

6 关于试验的一般资料

6.1 试验包括:

6.1.1 用于确定某种保安器电气特性和机械特性的原型试验(列于§8中)。

6.1.2 如§9所列举的验收试验,即保安器交货时的取样试验。

6.2 电气特性应当用统计方法进行评定,因为在气体介质中放电的物理过程属于统计变量。每一种试验应在几个样品上进行。

6.3 对于在同一放电外壳内有几个放电间隙的保安器,要分别对每个间隙进行电气特性试验。

6.4 机械特性的试验包括尺寸检验,配件连接或连接保安器的接触片的耐久性检验。如果放电器准备装在非常潮湿的环境中,希望对腐蚀电阻进行检验。

6.5 如果用户提出要求,保安器可能要做热冲击试验。

7 标准试验电压和电流

7.1 冲击击穿电压试验(见§5.1.2)采用峰值为5千伏,波形为5/65微秒的冲击电压(按照[1]中的波形定义)。

该冲击电压也可用在5微秒内线性地升高至5千伏的电压来代替(冲击波波头电压的视在陡度为1千伏/微秒)。

图1/K.12表示视在波头陡度为1千伏/微秒的电压冲击试验装置。

冲击电压试验装置必须考虑冲击的瞬变现象，如测量设备的截止频率，测试引线的匹配终接等。

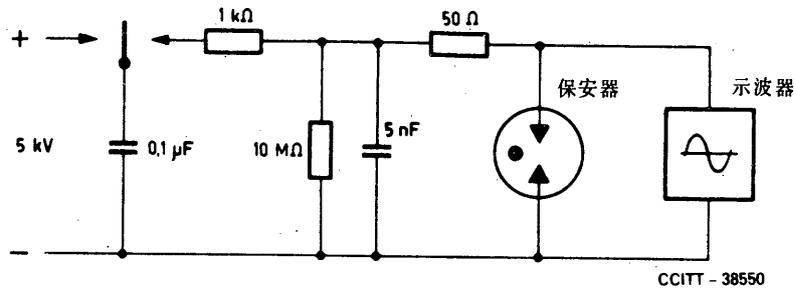


图 1/K.12 产生波头视在陡度为 1 千伏/微秒的电压冲击的试验电路

7.2 进行冲击电流载流容量试验（见§5.2.2），应采用波形为 8/20 微秒（按照[1]中的波形定义）峰值如表 2/K.12 所列的冲击电流。

7.3 用于直流击穿电压试验的电压应是一个缓慢增加的，其最大增加率为 10 千伏/秒的电压。

8 原型试验

8.1 击穿电压

8.1.1 直流击穿电压

用于进行§8.2.1和8.2.2试验的所有样品，在做这些试验之前，应先进行四次试验（每种极性两次），并按表 3/K.12 进行评定。

表 3/K.12

与试验有关的章节	直 流 击 穿 电 压		落入容差范围内的测量值的百分数 (见§6.2)
	直流电压的标称值 (见§5.1.1)	直流电压的极限，在 1 千伏/微秒时 (见§5.5.1)	
§8.1.1	考虑§4.2的条款，选择标称值	± 20% ^{a)}	95% ^{b)}
§8.2.1			80% ^{b)}
§8.2.2			

a) 此容差可以按本建议§4.2所述要求进行修改；

b) 在给定的试验批量中，这些容差以外的每个保安器在试验时仍然必须击穿。

8.1.2 冲击击穿电压

对已按§8.1.1进行过试验并合格的 20 个保护器，用§7.1列出的冲击电压来测量冲击击穿电压。每个保安器测量 10 次（每个方向 5 次），并按表 4/K.12 进行评定。

8.1.3 如果外壳是透光的，应先将保安器在黑暗处储存足够长的时间（根据有关保安器的类型确定）后再在黑暗中进行这些试验。在连续测量时，中间应允许有几秒钟的间隔。

表 4/K.12

与试验有关的章节	冲击击穿电压		落入容差范围内的测量值的百分数 (见§6.2)
	标称值 (见§5.1.1)	上限 在1千伏/微秒时 (见§5.5.2)	
§8.1.2	<150伏	<1千伏	80% ^{a)}
	150伏~500伏	1千伏~2千伏	
	500伏~1500伏	2千伏~3千伏	

a) 在给定的试验批量中, 这些容差以外的每个保安器在试验时仍然必须击穿。

8.2 放电电流

8.2.1 交流放电电流

对已按§8.1.1进行过试验并合格的20个保安器, 用标称交流放电电流(容差极限在±10%以内)按以下步骤进行试验: 对每一个保安器施加电流10次, 每次1秒钟, 间隔3分钟。待冷却后, 测量直流击穿电压, 并按表3/K.12对测量结果进行评定。

如果用户考虑有必要对大气放电进行防护, 还应按§8.1.2进行测量, 并按表4/K.12对测量结果进行评定。

8.2.2 冲击放电电流

对已按§8.1.1和§8.1.2进行过试验并合格的另外20个保安器, 用标称冲击放电电流(在[1]所引用的容差极限内)按如下步骤进行试验: 对每一个保安器施加冲击10次(每种极性5次)间隔3分钟。待冷却后测量直流击穿电压和冲击击穿电压, 并按表3/K.12和表4/K.12对测量结果进行评定。

8.2.3 破坏特性

生产厂应提出每种型号保安器的破坏曲线, 并附测量值的离差。如果用户希望生产厂检验破坏曲线, 只需用三个保安器对曲线的某一点进行试验, 就已足够。当保安器本身在交流电流破坏试验中受到破坏, 将会由于短路而失效。

8.3 电压-放电电流曲线

对已按§8.1.1进行试验并合格的另外三个保安器, 应进行§§5.3.1, 5.3.2和5.3.3所提到的测量(如图2/K.12所示)。为此, 应采用电力频率交流电流, 施加3秒钟, 施加电压的均方根值应在标称直流击穿电压的2~3倍之间, 而且电流值要限制到表1/K.12中辉光放电电流的两倍左右。

应当使用附有照相机的示波器来记录结果。接通电流之前应打开照相机快门, 并在整个3秒钟内始终打开。

8.3.1 辉光放电时的残余电压一般大于60伏, 最大值应不超过直流击穿电压的1.3倍。

8.3.2 弧光放电时产生的残余电压应小于25伏。

8.3.3 辉光放电时产生的最大放电电流(从辉光放电过渡到弧光放电时)应不超过表1/K.12中的数值。这些数值的上限应从示波图上取得(亦见附录Ⅲ)。

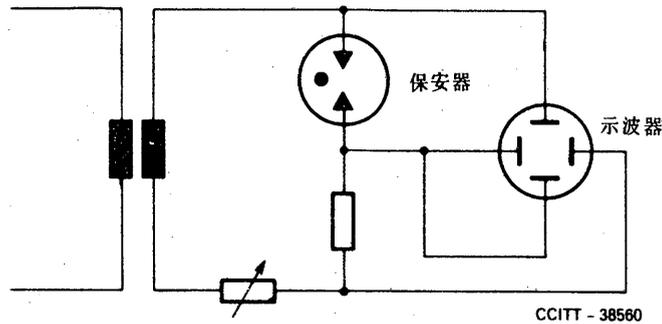


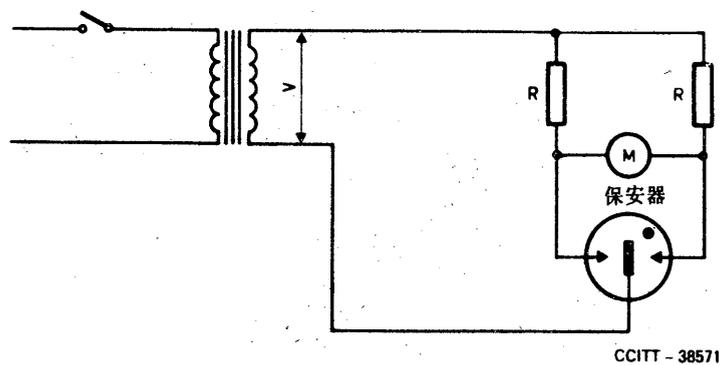
图 2/K.12 §5.3.1, 5.3.2和§5.3.3所述特性的试验电路

8.4 三极和更多极保安器的横向电压

应在接到同一回路两根导线的一对电极与公共接地极间进行以下的测量。
试验应在已按§8.1.1和8.1.2进行过试验并合格的10个保安器上进行。

8.4.1 交流条件下的横向电压

横向电压的平均值应在两个放电间隙同时流过交流放电电流时进行测量。测量可按图3/K.12所示的电路进行。施加电压的均方根值应在标称直流击穿电压的两倍至三倍之间，电阻器R的数值应能使电流峰值约为最大辉光电流（从辉光放电过渡至弧光放电，见§8.3.3）的两倍。放电延续时间应不超过3秒。



注：电压表M的内阻应不小于20千欧，满刻度偏转为100伏左右。电压表应为动圈整流式仪表，其读数按平均值刻度。如果电压表的读数是按正弦波均方根值刻度的，则应将读数乘以0.9得到平均值。

图 3/K.12 三电极保安器特性试验电路(见§8.4.1, 交流电流放电期间的横向电压)

平均横向电压的最大值，在所测试的十个保安器中，有九个不超过45伏。

8.4.2 冲击条件下的横向电压

横向电压的持续时间，应在两个放电间隙同时施加冲击波头视在陡度为1千伏/微秒的冲击电压时测量。测量可按图4/K.12所示的电路进行。第一个间隙击穿与第二个间隙击穿的时间差，在被测试的十个保安器中，应有九个不超过0.2微秒。

8.5 绝缘电阻

测量绝缘电阻时，要先把保安器在潮湿空气中（室温下，相对湿度83%左右，例如覆盖在氯化钾饱和溶液

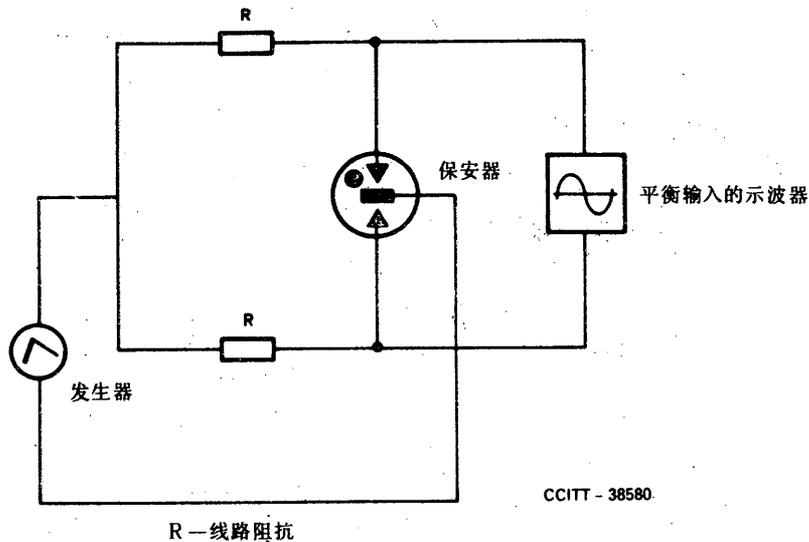


图 4/K.12 三电极保安器特性试验电路(见§8.4.2, 冲击放电期间的横向电压)

上的饱和空气) 放置24个小时,再用电压低于保安器直流击穿电压的合适的设备进行测量。经过§8.2.1和8.2.2的试验后, 绝缘电阻应不低于 10^8 欧。绝缘电阻的测量应使用经过那些试验的同一个保安器。

8.6 电容

应测量三个保安器的自电容。自电容应小于10微微法。

8.7 放射量

由用于预电离间隙的放射性物质引起的漏泄放射量, 必须在生产厂和用户所在国家颁发的有关放射防护规程规定的极限值之内。这一条款适用于个别保安器和成批的保安器(例如, 为发送、储存等目的而装于纸板箱内的保安器)。

如果生产厂已指出了放射性物质的种类及数量, 以及漏泄放射量, 就不必再进行原型试验。

8.8 机械特性

机械特性试验可按照§4.1, §6.4和§6.5的一般说明进行。

9 验收试验

进行验收试验的保安器数量取决于各自的批量。

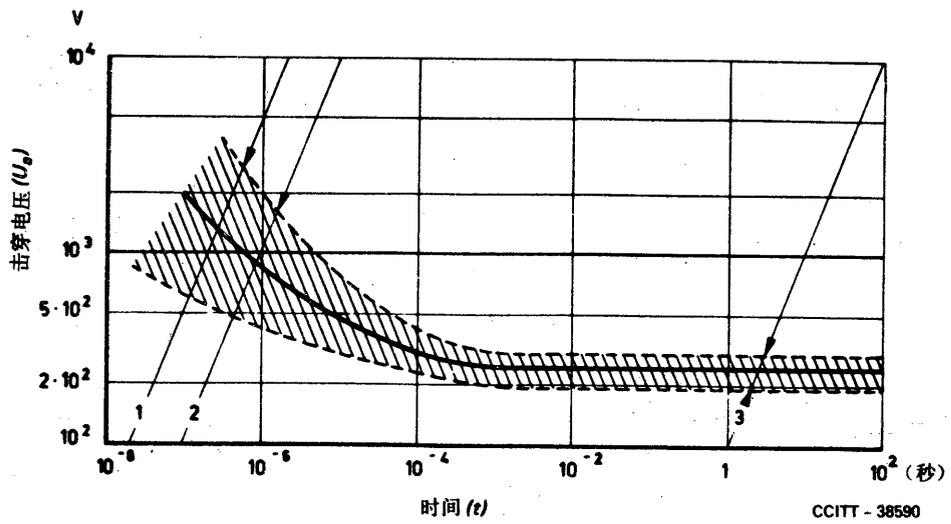
验收试验数的参考值如下:

批 量 数	验收试验数
少于1000个保安器	至少 20 个
1000~10000个保安器	至少 50 个
10000~50000个保安器	至少100个

验收试验包括对每一样品做两次直流击穿电压测量, 并按表3/K.12和表4/K.12进行评定。

附 录 I

击穿特性 $U_a = f(t)$ (见§5.1)

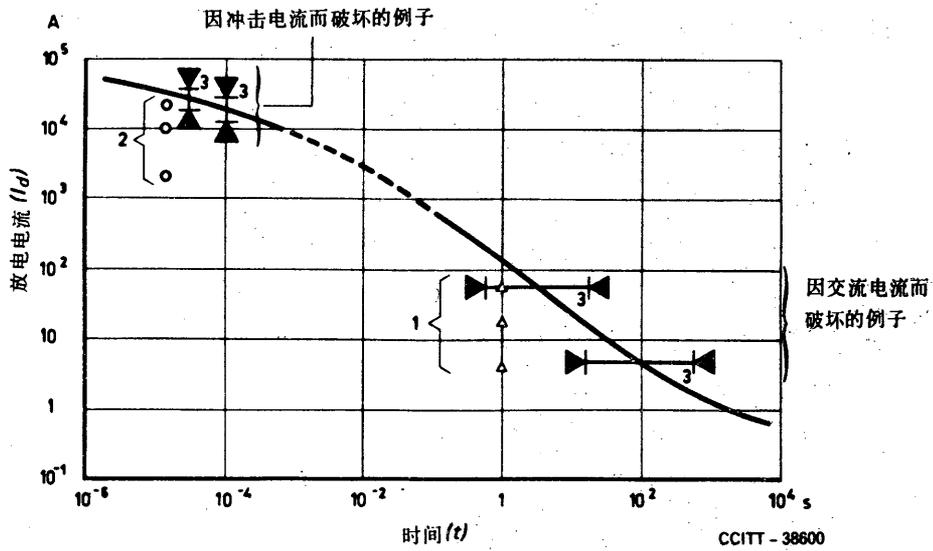


1. 按§ 8.1.2 试验时上限的例子, 采用 5 千伏/微秒;
2. 按§ 8.1.2 试验时上限的例子, 采用 1 千伏/微秒;
3. 按§ 8.1.1 试验时容差的例子, 采用 100 伏/秒。

图 I-1/K.12

附录 II

按照 §5.2.1 和 §5.2.2 的放电电流及按照 §5.2.3 的破坏曲线 $I_d = f(t)$



载流容量

△1. 按 § 8.2.1 进行的交流放电电流试验

○2. 按 § 8.2.2 进行的冲击电流试验

破坏

3. 按 § 8.2.3 进行机械破坏试验时



因冲击电流而破坏的电流边界

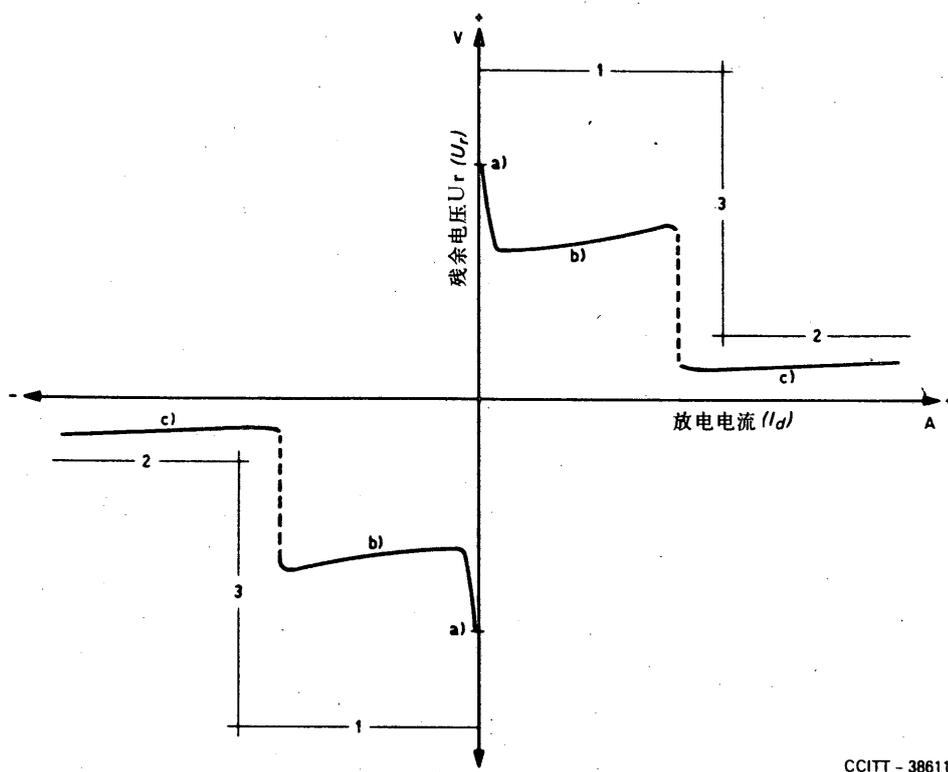


因交流电流而破坏的时间边界

图 II-1/K.12

附录 III

电压-放电电流曲线 $U_r = f(I_d)$ (见§5.3)



CCITT - 38611

- (a) 击穿电压
- (b) 辉光放电时的残余电压, 见§ 5.3.1
- (c) 弧光放电时的残余电压, 见§ 5.3.2

上限

1. 按§ 8.3.1 进行的试验
2. 按§ 8.3.2 进行的试验
3. 按§ 8.3.3 进行的试验

图 III-1/K.12

参考文献

- [1] IEC publication No. 60/1962.

塑料绝缘导线电缆的感应电压

根据[1],当通信电缆附近的电力线路发生故障,电缆内所有回路均终接有变压器时,电缆导线的允许感应纵向电压应不超过检验电缆绝缘强度时所用电压的60%,这个电压用于检验电缆导线与护套间的击穿强度,其要求由各自的规范规定。对于纸绝缘导线,允许感应纵向电压一般为1200伏(均方根值)即2000伏的60%。这种电压的发生频度和允许持续时间在《导则》中未作规定。为了使这种电压不危害线路维护人员,必须遵守[2]所提出的工作人员安全预防规则。

塑料绝缘电缆的绝缘强度可以比纸绝缘电缆高得多,而且在电缆敷设期间受机械应力之后仍能保持这个绝缘强度。因此,电缆受到比该电缆的击穿电压足够低的感应纵电动势时,导线与金属护套的绝缘不会被击穿。如果感应电压保持在由各自规范所给定的电缆绝缘强度试验电压的60%以下,就能保证有足够的边界;当然,这一电压与击穿电压有关。

只要花费很少的额外费用,套管和接头的绝缘强度就可以做成和导线与金属护套间的绝缘一样,尽管变压器和终端设备在其绝缘强度不能达到有关的条件的情况下,必须适当地保护。

如果感应纵电动势的来源是《导则》中定义的高可靠性电力线路,则在通信电缆发生短时间持续的电压时,工作人员在同一瞬间与线路接触的概率很小。在邻近电力线路可能感应出高电压的电话线路上操作的维护人员,若已采取安全预防措施,则只有很轻微的危险。

如果冲击电压已由安装在回路两端的雷电保安器动作而不能到达通信设备,上述条件也可应用于回路终端没有终接变压器的电缆。

基于这些理由,国际电报电话咨询委员会一致认为:

1 生产一种导线间和导线与金属护套间用高击穿强度塑料绝缘的通信电缆是可能的。当邻近电力线路发生故障时,这种电缆的感应纵电动势允许值应不超过检验绝缘强度时在导线与护套间所施加的试验电压的60%(该试验电压由各自的电缆规范规定,与击穿电压有关),但必须符合下列条件:

- a) 这种电缆中,回路两端和分支点都终接有变压器或装有雷电保安器;
- b) 与这种电缆相连的设备,接头和电缆头的绝缘强度至少等于导线与电缆金属护套间的绝缘强度,以上a)所述的变压器,当它们的绝缘强度不能满足所需条件时,必须加装雷电保安器;
- c) 引起感应的电力线路必须满足[3]中关于高可靠性电力线路的条件;
- d) 在通信电缆上工作的人员必须采取[2]中所列举的安全预防措施。

2 当这种电缆的回路直接接到通信设备,即没有接入变压器或雷电保安器,同时又满足以上§1.c)所规定的条件时,最大允许感应纵电动势应是650伏。

参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Chapter IV, Section 2, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.
- [2] *Ibid.*, Chapter XX.
- [3] *Ibid.*, Preliminary Chapter, § 3.2.3.

建议K.14(日内瓦, 1972年)

塑料护套中金属屏蔽层的制备

金属护套使电缆具有静电屏蔽和不同程度的磁屏蔽性能。塑料护套本质上没有屏蔽性能。有些塑料护套电缆,例如纸绝缘缆心塑料护套电缆,附有一金属屏蔽层作为挡水层。这种金属屏蔽层,一般为铝带纵包形式,其屏蔽特性与同等纵向导电率的非铁金属护套一样。但是,金属带必须在终端与电话交换局接地电极系统接在一起,而且(或)象金属电缆护套那样,与沿途方便的接地点相连接。此外,接头处的金属带用电阻很小的连接线将其延续也是很重要的。虽然金属带的屏蔽作用在50赫时可能不大,但在引起杂音干扰的频率时,屏蔽作用可相当可观。电缆屏蔽层也能降低电力线路的开关瞬变高频分量引起的感应和雷电冲击引起的感应瞬变;随着热容量很小的小型化通信设备的增加,这种瞬变感应电压的影响显得更为突出。

基于上述考虑和塑料护套电缆的使用经验

国际电报电话咨询委员会建议:

- 1 因为无屏蔽层的塑料护套用户配线电缆能满足交换机至用户的配线要求,可用于无交流电气化铁道的地区。然而,在电气化铁道附近,特别是在机车中有硅可控整流器控制设备的电气化铁道附近,必须始终考虑可能出现的杂音干扰的危险。此外,也要考虑工作频带与塑料护套电缆回路相同的无线电发射机可能引起的干扰。
- 2 主干电缆和中继电缆,应含有铝带挡水层形式的屏蔽层。在无严重磁感应的地区,当电缆屏蔽层的电导约为缆心直径相等的铅护套电缆电导的一半时,已完全能满足要求。
- 3 如果塑料护套电缆屏蔽层的电导与常规铅护套电缆相等,在出现感应的时候,这种塑料护套电缆可用于与铅护套电缆完全相同的环境中。
- 4 如果按以上§§2和3所述的屏蔽层的作用仍不足以将邻近电力线路或电气化铁道引起的主要频率磁感应和谐波限制在允许值之内,则可按下述方法改善屏蔽系数:
 - 4.1 如有必要,用重叠绕包钢带增加金属护套的电感;
 - 4.2 在屏蔽层内附加金属带或金属线,增加现有屏蔽层的电导。在装有硅可控整流器控制装置的电气化铁道附近存在杂音干扰的电缆,改善屏蔽作用也是必要的。
- 5 屏蔽层必须与通信中心的接地电极系统相连接。用户电缆的远端应该接在合适的接地点上。用电阻很小的连线通过电缆接头延续电缆的屏蔽层,这一点也相当重要。
- 6 随着电气装置数量的增加和由于采用新技术而引起的谐波等级的增加,可以预料,干扰的影响将变得更坏,因此,上述改善塑料护套电缆屏蔽作用的方法是非常有用的。
- 7 如果电缆必须埋设在有大气放电危险的区域内,提请注意金属屏蔽和电缆防雷结构的重要性以及将屏蔽与其它构件进行连接的重要性(见[1]中引用的文献)。

参 考 文 献

- [1] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, Chapter 4, § 2.1, ITU, Geneva, 1974, 1978.

远供系统和线路增音机对雷电和邻近电力线路引起的干扰的防护

初步建议

为了降低外界电源对增音机远供的干扰, 国际电报电话咨询委员会建议: 只要可能, 增音机供电系统的安排应当使供电电流所流通的回路(包括连接于其上的各个单元)对护套和对地都保持平衡, 而且供电电流所流通的回路对纵向电流不提供低阻抗的通道。

引言

通信设备中具有只能承受中等过电压的部件, 特别是半导体元件(晶体管等), 需要对可能在两端发生的过电压采取保护措施。因为即使过电压仅稍稍超过工作电压, 仍能干扰这些部件的功能甚至损坏它们。

此外, 配备有增音机的回路的功能会被电力线路所感应的电动势所干扰, 取决于这些电力线路是如何工作的; 甚至在电力线路没有故障时, 也会产生干扰。

直接与通信线路的导线相连接的设备的部件, 特别是半导体部件可能被损坏, 因为这些导线, 不论在电缆内还是架空明线上, 都会遭受外界电源的过电压, 例如由电力线或大气放电引起的磁感应。

在通信线路上每隔一定距离介入的增音机就属于这类设备, 因为远供是经由用作传输的电缆或架空线的导线, 过电压会到达半导体部件的端子上而把它们损坏, 除非有保护措施或适当的电路设计以限制各敏感点的过电压到允许的数值或完全排除这种过电压。

所要求的保护措施部份地取决于下列诸点:

- 可能发生的电动势的数值;
- 线路的组成, 特别在应用电缆线对时;
- 同轴对的外导体对电缆金属护套所作的安排(浮动电位或接地);
- 供电的类型(直流或交流)。

如果在用作供电的导线上产生的过电压是由于邻近的电力线路引起的磁感应, 人们能先用《导则》指出的计算方法估算它们的数值。需要进一步的计算以找出需要什么保护措施。

如果过电压是由于大气放电, 它们的数值只能粗略地计算。所以, 所提供的保护必须在有关的设备内按最现实的可能条件进行试验。

下面所推荐的措施是符合上述要求的。但这些并不完善, 因为技术仍在发展之中; 然而, 它们将对这种系统的制造者与使用者保证一个高度的保护。

1 计算方法

1.1 《导则》[1]从原理上阐明了怎样计算在远供电路内所感应的纵向电动势, 这个计算方法同样适用于电力线路正常工作和有故障时两种情况。

1.2 同轴对上感应的电压与电流的进一步计算, 是以§1.1所述的资料计算出来的纵向电动势为根据的。这种计算, 最好参考K.16建议(亦见参考文献[2])。

1.3 为了估计随着大气放电而可能在远供电路内产生的电压与电流(短脉冲的峰值), 应当参考[3]中的手册(亦见参考文献[4])。

2 过电压的极限值

2.1 电磁感应产生的纵向电压

当材料（电缆、导线、设备）承受更高电压的能力有疑问时，原则上必须不超过[5]所指出的感应纵向电压的限制值。然而，如果已对导线及与之相连的设备的绝缘强度进行过检验，证明没有击穿的危险，那末可以允许高一些的限制值。（见[6]）

如果远供设备将导线永久地提高到一个相对于电缆金属护套或地的高电位，必须牢记感应电压是叠加于供电电压上的（见[7]）。

2.2 大气放电产生的过电压

冲击电压的极限值主要取决于导线以及连接于导线上的设备的绝缘强度，除非采取了附加的措施（例如在系统内）把过电压限制在击穿电压的数值以下。含有半导体部件的设备端子上的允许极限值取决于这些部件的特性。

3 保护措施

3.1 对过电压的保护

保护措施的设计，应当对不论什么来源的过电压（磁感应，大气放电等）都能起作用。

3.1.1 电缆内导线的保护

如果超过了§§2.1及2.2所指出的极限值，应当施加适当的保护措施。例如，在安装新设备时，可以增加绝缘的绝缘强度，也可使用改进了屏蔽系数的电缆。还可以用雷电保安器或其他电压限制装置来限制电压，在后者的情况下，必须小心保证一旦过电压已经消失雷电保安器就要停止工作，使供电导线恢复正常工作。也可采取其他的保护措施。

在综合电缆内其中有一些线对被用来供电，最好协调所有导线的保护措施，作为一个整体来排除对电缆的有害影响。

3.1.2 增音机的保护

增音机的输入及输出端以及远供回路上都要有保护。

建议在制造时把保护装置装在使用固体器件的增音机内，以阻止有破坏性的过电压幅度到达敏感元件的端子上，例如半导体元件。

采用雷电保安器来限制过电压时，必须牢记某些幅度小于动作电压的过电压仍然足以损坏设备中的一些元件，例如元件的半导体结，晶体管等。所以，最好用其他保护元件与雷电保安器联用，以提供内部保护，诸如齐纳二极管及滤波器（设备内可能已经有这种滤波器）。在设备内的这些部件的组合提供了保护，是设备的构成部分。这样，无论何处来的或多大的过电压都逐级降低到足够低的数值，不致产生任何损伤。

同轴对的外导体处于浮动电位时与接地时相比，增音机对电力线或牵引线引起长期感应电压的保护，可能需要较少的元件和较低的费用。另一方面，当外导体接地时，对同轴对线路上的工作人员偶然碰触内导体时可受到更好的保护，因为内导体用于供电，提高到一定的电位。由于每种系统都有它的优缺点，要根据运行要求选择。

3.2 电缆内存在长期感应干扰电压时, 保证设备满意工作的措施

当电缆导线内存在由电力线路或牵引线路引起的长期感应电压和电流时, 必须采取措施以保证增音机能正常工作。这是没有故障的电力线路产生的干扰。感应电压和电流可以用 § 1.1 中所述的计算方法来估算。

4 固体器件远供增音机的试验

4.1 概述

最好使试验条件尽可能接近于模拟真实条件。它们必须不仅模拟正常的工作条件, 而且还要模拟意外的情况, 例如一根正常时是绝缘的导线偶然与电缆金属护套或地相接触的情况。

4.2 冲击电压试验

建议在用冲击电压及电流进行试验时, 参考 K. 17 建议所提供的资料。关于波形的幅度, 增加到最大值是不够的, 必须用小于任何保护阈值电压 (例如雷电保安器的动作电压) 的幅度来进行试验。才能确定保护装置 (例如二极管) 防护低幅度高能量的过电压的有效性。

采用雷电保安器时, 必须保证它们的动作电压小于导线与设备底板之间的绝缘强度, 以免击穿。

4.3 交流电压试验

当增音机用对称线对或外导体对地或对金属电缆护套绝缘的同轴线对供电时, 最好用交流电压进行试验, 以保证对地的绝缘强度高于《导则》所容许的磁感应电压值。

为了检查雷电保安器放电时增音机以及它们的远供通路的性能, 应当把 K. 17 建议提供的资料中所述的交流电流施加到这个通路的端子上。

在可能存在长期感应电压 (例如, 由于电气铁道牵引线路的交流电流而引起) 的系统中, 当感应电压值为 [8] 中所规定的数值时, 必须在供电电流上叠加一个交流电流, 其频率和强度与供电段内产生的电流的频率 (50 赫, 60 赫, $16\frac{2}{3}$ 赫) 和强度相同。当感应电流流动时, 交流声调制必须小到第 X V 研究组第 11 课题中对路由段所建议的数值。

参 考 文 献

- [1] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Part 3, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.
- [2] KEMP, (J.), SILCOOK, (H. W.), STEWARD, (C. J.): Power frequency induction on coaxial cables with application to transistorized systems, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 2, pp. 255-266, 1965.
- [3] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva, 1974, 1978.
- [4] KEMP, (J.): Estimating voltage surges on buried coaxial cables struck by lightning, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 3, pp. 381-385, 1965.
- [5] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Chapter IV, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.
- [6] *I bid.*, Chapter IV, § 48.
- [7] *I bid.*, Chapter IV, § 53.
- [8] *I bid.*, Chapter IV, §§ 6, 7 and 35.

电力线路对同轴通信系统远供增音机磁感应影响的简化计算方法

1 摘要

参考文献[1]中概论了磁感应的各种可能情况,以及全部或局部与电力线路接近的路由上的感应电压与电流随位置变化的计算方法。本建议给出关于如何寻求一个等效电路的一般资料,该等效电路能快速估算任何接近段长度和接近位置的电缆导线的最大电压与最大电流。等效电路的集总电容和转移阻抗必须合理的选择。这里只需要两组参数,取决于接近段的长度是短于或等于,还是大于供电段长度的一半。将[1]中所给复杂公式转化为简化计算的方法在附录A中作了说明。

为了检查这个通用的等效电路的可用性,在附录B中,根据[1]进行数字计算时所用的一些接近情况,用等效电路计算了外导体处于浮动电位时,在电缆导线中所感应的电压及电流的最大值,并列入图表中。可以看到,附录B中所述的计算过程对实用来说已具有足够精确的结果。

附录C指出了同轴管的外导体在端站和增音站都作接地时,等效电路应该如何改变。

参考文献[2]叙述了一种类似的计算方法,用于计算电力线路对外导体绝缘的同轴电缆通信系统的磁感应影响。

2 等效电路的优点

上述两篇文献给出的精确公式中的参数之一,是电缆内的感应纵向电压。这些电压可用一般的方法来计算(见国际电报电话咨询委员会《导则》)。

一旦已知这个电压,根据精确公式进行精确的数字计算就能得到各种感应电压和电流。但是,只有当采用的基本参数在限定的精确度时,得出的结果才能接近于真实的数值。然而,经验证明,这个精确度是不高的,因为某些无法精确测定的参数(诸如土壤的有效导电率)起相当大的作用。

鉴于计算中作为参数的感应纵向电压的不精确性是难免的,在以后的计算中,所附加的最大误差为20%左右是容许的。因此,精确公式在所有应用情况下就能明显地简化(因为在实际情况下, $\Gamma_1 \leq 2$ 和 $\bar{\Gamma}_1 \leq 2$ 总能大致保持),而且可以对每种情况作出相应的等效电路。这里, Γ 和 $\bar{\Gamma}$ 分别为“电缆护套—外导体”回路及“外导体—内导体”回路的传播常数。

3 问题的提出

对于下列各种感应情况可以考虑下列等效电路:

- 1) 外导体接地,均匀感应;
- 2) 外导体处于浮动电位,均匀感应(见图A-1/K. 16);
- 3) 外导体接地,路由中部有一个短的部分接近段;
- 4) 外导体处于浮动电位,路由中部有一个短的部分接近段(见图A-2/K. 16)。

在实际应用中,用一个等效电路要比用四个方便得多。而且,如果根据文献[1]可以作出一个通用的不变的等效电路,甚至在供电段中遭受感应的部分接近段是任意选定的情况下也能提供关于电缆中最大电压与最大电流的足够精确的资料,这会是方便的。

如附录A所示,这样的等效电路可以借助于附录A的图A-1/K. 16和A-2/K. 16所示的电路图得到,示于图2/K. 16中。

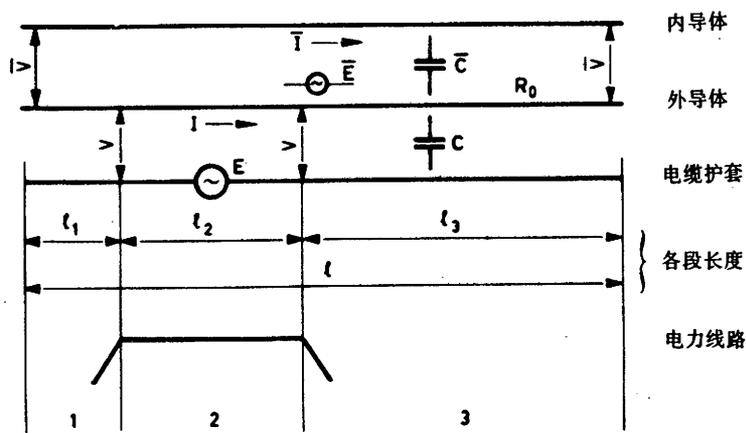
4 所用的参数与符号

假定一个外导体处于浮动电位（不与电缆护套或接地系统相连）的供电段，有一任意位置的段落与电力线路接近，在此基础上我们能绘出图1/K. 16，图中列出了惯用的和图中所用的符号。

上面没有短划的符号（ E ， C ， V ， I ）是与“电缆护套—外导体”回路有关的参数；而有短划的符号（ \bar{E} ， \bar{C} ， \bar{V} ， \bar{I} ）则是与“外导体—内导体”回路有关的参数。

5 通用等效电路

附录 A 中所述的理由使我们能够确定一个通用等效电路（图2/K. 16）。



CCITT - 38620

\bar{E} ——电缆内的感应纵向电压（伏）

\bar{E} ——同轴管内的纵向电压（伏）

l_2 ——接近段长度（公里）

l_1, l_3 ——非接近段长度（公里）

l ——供电段长度（公里） $l = l_1 + l_2 + l_3$

V, \bar{V}, I, \bar{I} ——待确定的电压和电流的最大值

C, \bar{C} ——单位长度的有效电容（法/公里）

$$C = \frac{C_{os} \cdot l_s + C'_{os}}{l_s} \quad \bar{C} = \frac{C_{io} \cdot l_s + C_f}{l_s}$$

式中： C_{os} ——外导体与电缆护套之间单位长度的电容（法/公里）

C'_{os} ——增音机处外导体与电缆护套之间的电容（如果有的话）（法）

C_{io} ——内、外导体之间单位长度的电容（法/公里）

C_f ——增音机电源分隔滤波器中供电通路与外导体之间所有电容的总和（法）

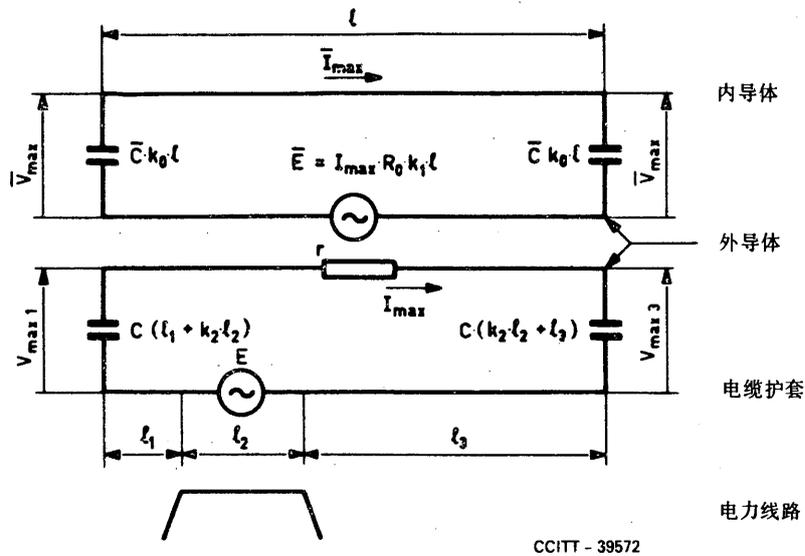
l_s ——增音段长度（公里）

Z_t ——“电缆护套—外导体”回路与“外导体—内导体”回路之间单位长度的有效转移阻抗（欧/公里）

R_0 ——外导体单位长度的电阻（欧/公里）

R_i ——内导体单位长度的电阻与相当于方向滤波器电阻按每公里计的电阻值之和

图 1/K. 16 回路示意图



CCITT - 39572

参数K之值			
	k_0	k_1	k_2
$l_2 \leq \frac{l}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
$l_2 > \frac{l}{2}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{4}$

注：电阻 r 只有在外导体接地时才考虑（见附录C）。

图 2/K.16 等效电路

对于供电段均匀地受到磁感应或在中心短段部分受到磁感应的所有长途通信系统，这个等效电路提供了图 1/K.16 中的两个回路的电压及电流的最大值，其精度约为 10%。这个电路用于其它接近情况时，必须预料，其理论值会有 20% 左右的偏差。鉴于在确定感应纵向电压时的不可靠性，而且因为这样做能迅速估计出各种状态，因此在实用中这样的偏差是可以容许的。

下面的讨论将有助于解释简化电路图：

- 1) 假定真实传输线的所有参数都是集中的，对于一段两端开路的短线，相应于 50 赫的波长，是可以这样做的。
- 2) 电路中除组成回路间的转移阻抗外，没有考虑导线电阻，而用系数 K_1 加权。 K_1 取决于接近段的长度，而且 $K_1 < 1$ 。

这就意味着图 2/K.16 所示的电路，远供段两端实际上是开路的（对 50 赫的感应电流而言）。事实上可能不是这样，特别是在供电设备中有滤波器和用来固定内导体对地电位的平衡装置的时候。这时，“内导体—外导体”回路终接一个大容量的电容器，必须加到图 2/K.16 的两端与 $\bar{C} K_0 l$ 相并联。在这种情况下，内导体的纵向电阻就不能忽略，实例见附录 C。

- 3) 电容 $C l_1$ 和 $C l_3$ 相当于接近段以外的精确的终端；而接近段的电容用系数 K_2 加权后被引入。 K_2 取决于接近段的长度，而且 $2K_2 < 1$ 。
- 4) 简化电路图可以确定“护套——外导体”回路两端所产生的不对称电压的最大值。图 3/K.16 提出一

个适于实用的整个供电段上电压和电流分布的概念。接近段以外的电压变化很小，而中点电压为零。最大电流发生在接近段中点附近，两端的电流显然为零，因为外导体处于浮动电位时回路两端是开路的。

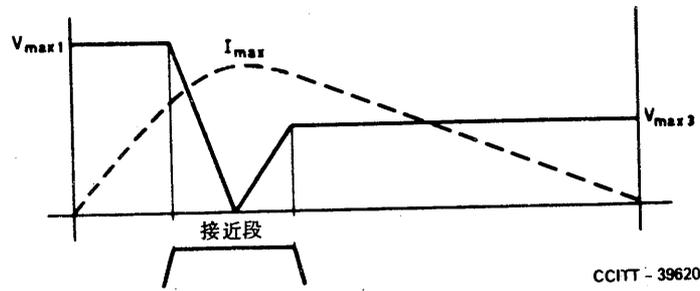


图 3/K.16 整个远供段的“护套——外导体”回路中电压与电流的分布

- 5) 另一方面，“内导体——外导体”回路内的电压和电流要对称得多。电容用系数 K_0 加权， K_0 取决于接近段的长度，而且 $2K_0 < 1$ 。
- 6) 用简化电路图可以计算“内导体——外导体”回路内的最大电压与电流，其方法与4)所述的相同。由于回路的特性不同，其数值可能比“护套——外导体”回路低得多。图4/K.16提出了一种适合于实用的整个远供段上电压与电流分布的概念。两个最大电压是对称的，而零电压和最大电流总是在远供段的中点附近，而与接近段的位置无关。

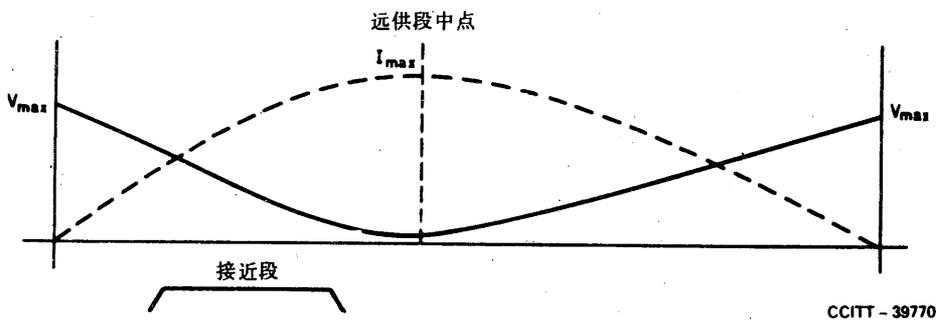


图 4/K.16 整个远供段的“内导体——外导体”回路中的电压和电流分布

附录 A

(K.16建议的附录)

通用等效电路内所用参数的可用性

A.1 普遍情况

文献[1]给出了方程组，它们包括两个所讨论回路的复数传输参数。

这些方程式可用来取得两端开路的各回路问题的全解。这些公式包含多项复数参数的双曲线函数，使它们

不便实际应用。需要采取几个使它能近似的步骤，以取得一个很简单的可用于初步计算的电路图。

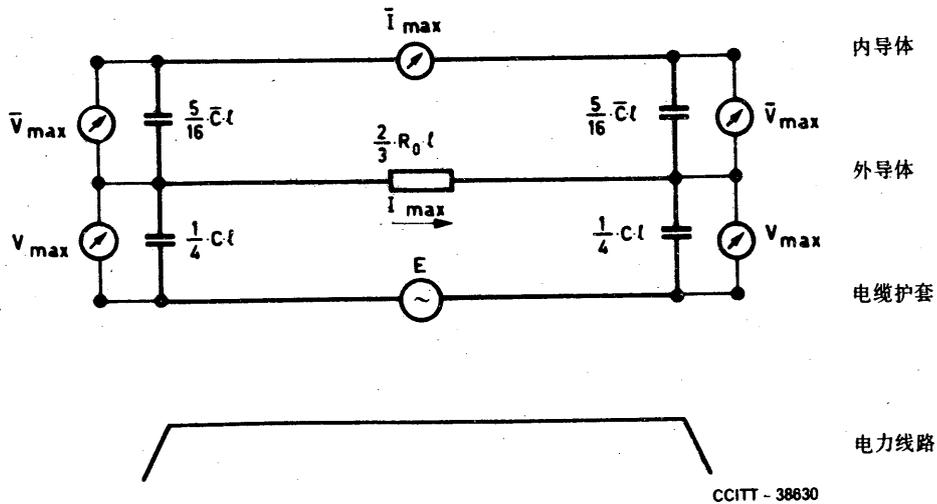
A. 2 第一步：对称接近时的精确计算

将普遍公式应用于两种对称接近情况（见图A-1/K. 16和A-2/K. 16）：在第一种情况下，接近段等于整个远供段长度，而在第二种情况下，它限于远供段中点的一个短段。根据计算所绘的曲线载于文献[1]中，也示于本建议的图B-1/K. 16。

A. 3 第二步：对称接近时的简化电路

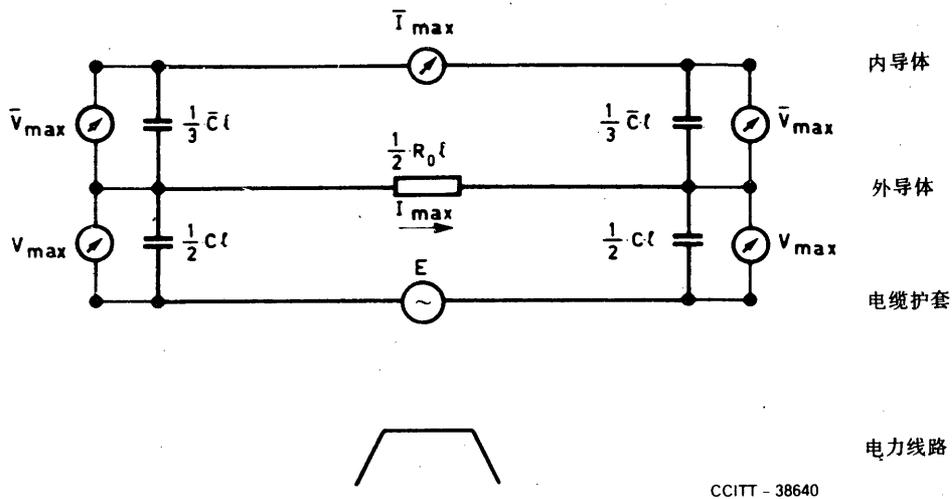
考虑电气上短长度的线路和二次传播参数的相角接近于 $\pm 45^\circ$ ，这就可以把分布元件用电容器和集总电阻来代替，如图A-1/K. 16和图A-2/K. 16所示。诸如 $\frac{5}{16}$ ， $\frac{1}{4}$ ， $\frac{1}{2}$ ， $\frac{1}{3}$ 等系数是从复数双曲线函数项的级数展开式中得到的。

图A-1/K. 16和图A-2/K. 16中的等效电路可用来计算两种对称接近情况下的最大电压和最大电流。由于这两种情况都是非常特殊的，我们应当同时考虑任何长度的不对称接近的普遍情况，这就是下一步的主题。



- E —— 电缆内感应的纵向电压（伏）
- R_0 —— 外导体电阻（欧/公里）
- l —— 供电段长度（公里）

图 A-1/K. 16 均匀受感应的供电段



CCITT - 38640

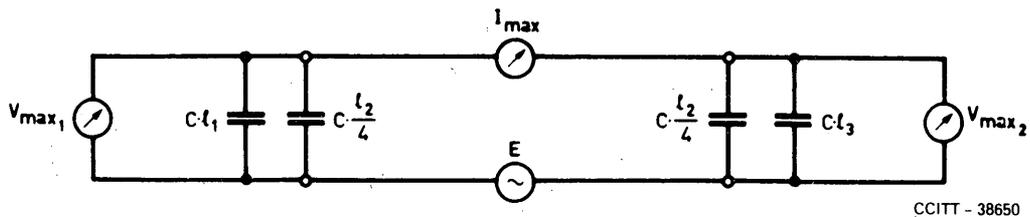
E —— 电缆感应的纵向电压 (伏)
 R_0 —— 外导体电阻 (欧/公里)
 l —— 供电段长度 (公里)
 图 A-2/K.16 供电段中央的短段受感应

A. 4 第三步：普遍情况时的简化电路

A. 4.1 “电缆护套——外导体”回路

在长度为 l_2 的接近段 2，“电缆护套——外导体”回路能按两端终接相邻非接近段 1 和 3 的线路电容的均匀受感应的双线回路来处理。

如果 2 段比 1 段和 3 段长得多 ($l_2 \gg \frac{1}{2}$)，电流和电压的分布主要取决于接近段本身，而且几乎或完全对称于接近段的中点。这时，图 A-1/K.16 中表示均匀受感应双线线路的有效电容值可介入 2 段的电路中。因此，对于 $l_2 \gg \frac{1}{2}$ ，就得到图 A-3/K.16 所示的电路图。



CCITT - 38650

图 A-3/K.16 长接近段时的“电缆护套——外导体”回路

然而，当接近段比非接近段短得多时 ($l_2 \ll \frac{1}{2}$)，电流和电压分布将主要取决于接近段两端的导纳，感应电流的最大值移向 2 段与两个非接近段中较长的一段相接的一端。当 2 段直接位于供电段的始端或末端 (即分别为 $l_1 = 0$ 或 $l_3 = 0$) 时，电流最大值的位移最大。在这个极端情况下， l_2 的情况趋近于一条一端短路的均匀受感应的双线回路。

所以，将用下面的等效电路来确定最大的感应电流（图A-4/K.16）。

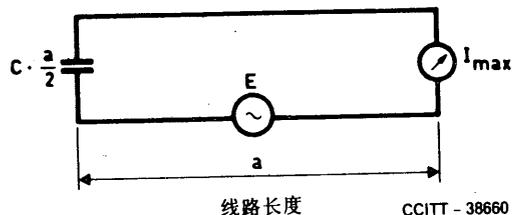


图 A-4/K.16 一端短路的线路

这个电路图是根据图A-1/K.16中电路的一半得来的，即在图A-1/K.16所示的长度为 $l=2a$ ，均匀受感应而且两端开路的线路在路由中点进行短接（这种短接并不改变各种情况）时得到的。

然而，在所考虑的极端情况下，2段的终端并不短路，而是终接了一个有限的导纳（分别为 $\omega C l_3$ 和 $\omega C l_1$ ），在部分接近的等效电路内与2段有关的有效集总电容 $C \cdot \frac{l_2}{x}$ 必须处于下列范围内：

$$\text{在延长段较短的一端： } C \cdot \frac{l_2}{4} < C \cdot \frac{l_2}{x} < C \cdot \frac{l_2}{2} ;$$

$$\text{在另一端： } C \cdot \frac{l_2}{4} > C \cdot \frac{l_2}{x} > 0 .$$

正如下面将要证明的，在每一端，假定 $x=3$ 是一种折衷的方案，它对所有位置的短接近段都能给出满意的结果。于是对 $l_2 \leq \frac{l}{2}$ 就可得到下列的电路图（图A-5/K.16）。

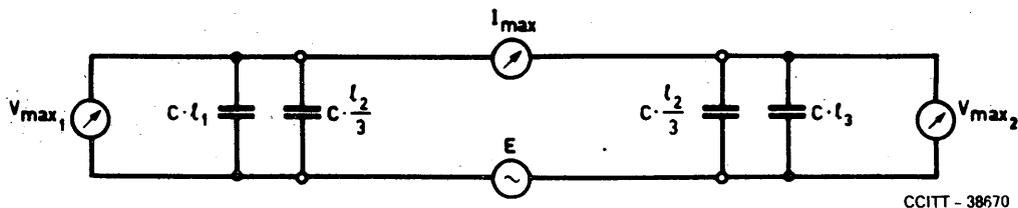


图 A-5/K.16 短接近段时的“电缆护套——外导体”回路

A. 4.2 有效转移阻抗¹⁾

“电缆护套——外导体”回路中流动的电流 I 在同轴系统外导体电阻的两端产生一纵向电压 \bar{E} 。电流 I 在接近段内具有一个最大值而在路由的两端下降到零。根据简化公式推导出来的等效电路含有一个用于计算 I 最大值的有效电阻。在等效电路方法中引入了一个有效电阻。一旦这个电阻和电流都已知时，就可以计算 \bar{E} 。用 $Z_t \cdot l$ 表示的有效电阻叫做有效转移阻抗，它代替了电阻 $R_0 \cdot l$ 。 \bar{E} 的值由下式给出： $\bar{E} = I_{max} \cdot Z_t \cdot l$ 。

整个供电段均匀受感应时，如图A-1/K.16所示，采用的转移阻抗之值为：

$$Z_t \cdot l = \frac{2}{3} \cdot R_0 \cdot l$$

电流 I 沿路由的变化大致与均匀受感应时的变化相同时（ $l_2 \gg \frac{l}{2}$ 时），也可应用这个数值。

1) 转移阻抗也常称为金属护套的耦合阻抗。

对于在供电段中点的短的部分接近段（见图 A-2/K.16），必须用 $Z_t \cdot l = \frac{1}{2} \cdot R_0 \cdot l$ 作为转移阻抗。

当短的部分接近段位于供电段的始端或末端，也得到同样的数值。这可以从供电段中点有部分接近段的等效电路中以 $2l$ 代替 l 得以证明。

因此，可以认为，作为最初的近似，甚至在短接近段处于任意位置时，这个数值也不会有大的变化。于是，等效电路中的转移阻抗就有下列数值：

$$l_2 \gg \frac{1}{2} \text{ 时, } Z_t \cdot l = \frac{2}{3} R_0 \cdot l$$

$$l_2 \ll \frac{1}{2} \text{ 时, } Z_t \cdot l = \frac{1}{2} R_0 \cdot l$$

A. 4.3 “外导体——内导体”回路

在“外导体——内导体”回路内，纵向电压 \bar{E} 扩展到整个供电段上，甚至在部分接近时也是这样。从附录 B 中的数字可推断，内外导体之间的电压 \bar{V} 的最低值，在对称接近的情况下正好出现在路由的中点，而在所有不对称接近的情况下（甚至是在供电段始端或末端的很短的接近段），则在路由的中点附近。所以，不论接近段的长度或位置如何，若假定纵向电压场强 \bar{E}/l 是对称分布的，则计算得到的同轴管电流和电压不会大变。

使用这个假定，就可以根据对称接近时的图 A-1/K.16 和图 A-2/K.16 推导出如图 A-6/K.16 所示的电路图，作为适用于任何接近情况的通用规则。

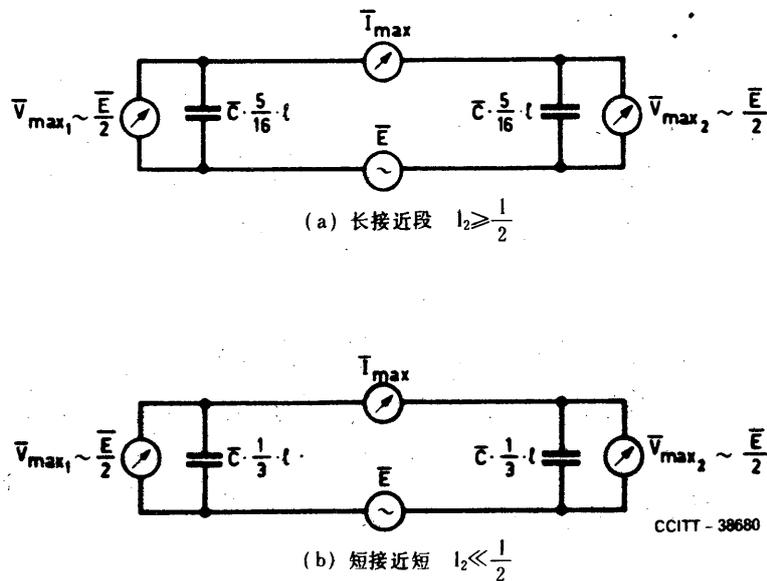


图 A-6/K.16 “外导体——内导体”回路

A. 5 附录 A 的结论

根据图 A-3/K.16 至图 A-6/K.16 的电路图，就可以建立一个通用等效电路，电容与转移阻抗的数值将按照接近段的长度而定：即 $l_2 \gg \frac{1}{2}$ 还是 $l_2 \ll \frac{1}{2}$ 。

数字计算的例子可证明，即使在 $l_2 \ll \frac{1}{2}$ 时所用的各种参数一直用到 $l_2 = \frac{1}{2}$ ，仍能取得满意的结果。因此，如果我们用：

$$l_2 > \frac{1}{2} \text{ 代替 } l_2 \gg \frac{1}{2}$$

$$l_2 \leq \frac{1}{2} \text{ 代替 } l_2 \ll \frac{1}{2}$$

就可以用两组参数来包括所有的接近情况，而在交界处的误差在容许限度之内。

由此而得到的通用等效电路示于本建议的图2/K.16中。

附 录 B

(K.16建议的附录)

外导体处于浮动电位时，精确计算和简化计算的实例

为了检查在任意选取的部分接近情况下等效电路的可用性，用等效电路计算了电压和电流的最大值。计算时采用了[1]中精确计算时所用的一些接近情况，计算结果标在从该篇文献复制的相应曲线图中。

对比计算时所用小同轴300路系统的数值如下：

$$\begin{aligned} C &= 0.12 \text{ 微法/公里}; & R_0 &= 6.2 \text{ 欧/公里}; \\ \bar{C} &= 0.2 \text{ 微法/公里}; & l &= 64 \text{ 公里}. \end{aligned}$$

本附录的图B-1/K.16至B-5/K.16，精确地标绘出300路通信系统中感应的电压和电流。这些图是根据文献[1]复制的，除纵向电压 $E = 1000$ 伏代替了2000伏以外，与图4/K.16及附录A的图A-1/K.16至A-3/K.16相应。用等效电路计算所得的最大值的近似值用黑点标于图内。在所有情况下，都与用精确分析所提供的数值满意地相符。

图 B-4/K.16 计算举例

一个64公里长的小同轴300路系统，假定在第12公里到20公里之间与电力线路接近，而它的外导体处于浮动电位。假定电缆内的纵向电压为1000伏，50赫，求出现在电缆内的电压和电流的最大值。

这里， $l_1 = 12$ 公里， $l_2 = 16$ 公里， $l_3 = 36$ 公里， $\frac{l}{2} = 32$ 公里。因为 $l_2 < \frac{l}{2}$ ，故必须在等效电路（见图2/K.

16)中应用下列参数： $K_0 = \frac{1}{3}$ ， $K_1 = \frac{1}{2}$ ， $K_2 = \frac{1}{3}$ 。其它给定的参数为： $\bar{C} = 0.2$ 微法/公里， $R_0 = 6.2$ 欧/公里， $C = 0.12$ 微法/公里。

计算过程如下：

$$\begin{aligned} C l_1 &= 0.12 \times 12 & C K_2 l_2 &= 0.12 \times \frac{1}{3} \times 16 & C l_3 &= 0.12 \times 36 \\ &= 1.44 \text{ 微法} & &= 0.64 \text{ 微法} & &= 4.32 \text{ 微法} \\ & & & & & \\ & & & + & & + \\ & & & \underbrace{\hspace{10em}} & & \\ & & & 2.08 \text{ 微法} & & 4.96 \text{ 微法} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\omega C} \text{ (50赫): } 1530 \text{ 欧} \quad + \quad 640 \text{ 欧} = 2170 \text{ 欧}$$

$$I_{\max} = \frac{1000 \text{ 伏}}{2170 \text{ 欧}} = 0.461 \text{ 安} \quad \begin{aligned} \nearrow \times 1530 \text{ 欧} &= V_{\max 1} = 705 \text{ 伏} \\ \rightarrow \times 640 \text{ 欧} &= V_{\max 2} = 295 \text{ 伏} \\ \searrow \times 198.5 \text{ 欧} &= \bar{E} = 91.6 \text{ 伏} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} R_0 l = \frac{1}{2} \times 6.2 \times 64 = 198.5 \text{ 欧}$$

$$\frac{1}{2} \bar{E} = \bar{V}_{\max 1} = \bar{V}_{\max 2} = 45.8 \text{ 伏}$$

$$\frac{1}{3} \omega \bar{C} l = \frac{1}{3} \times 314 \times 0.2 \times 10^{-6} \times 64 = 1.34 \times 10^{-3} \text{ 姆}$$

$$\bar{I}_{\max} = 1.34 \times 10^{-3} \times 45.8 = 61.5 \text{ 毫安}$$

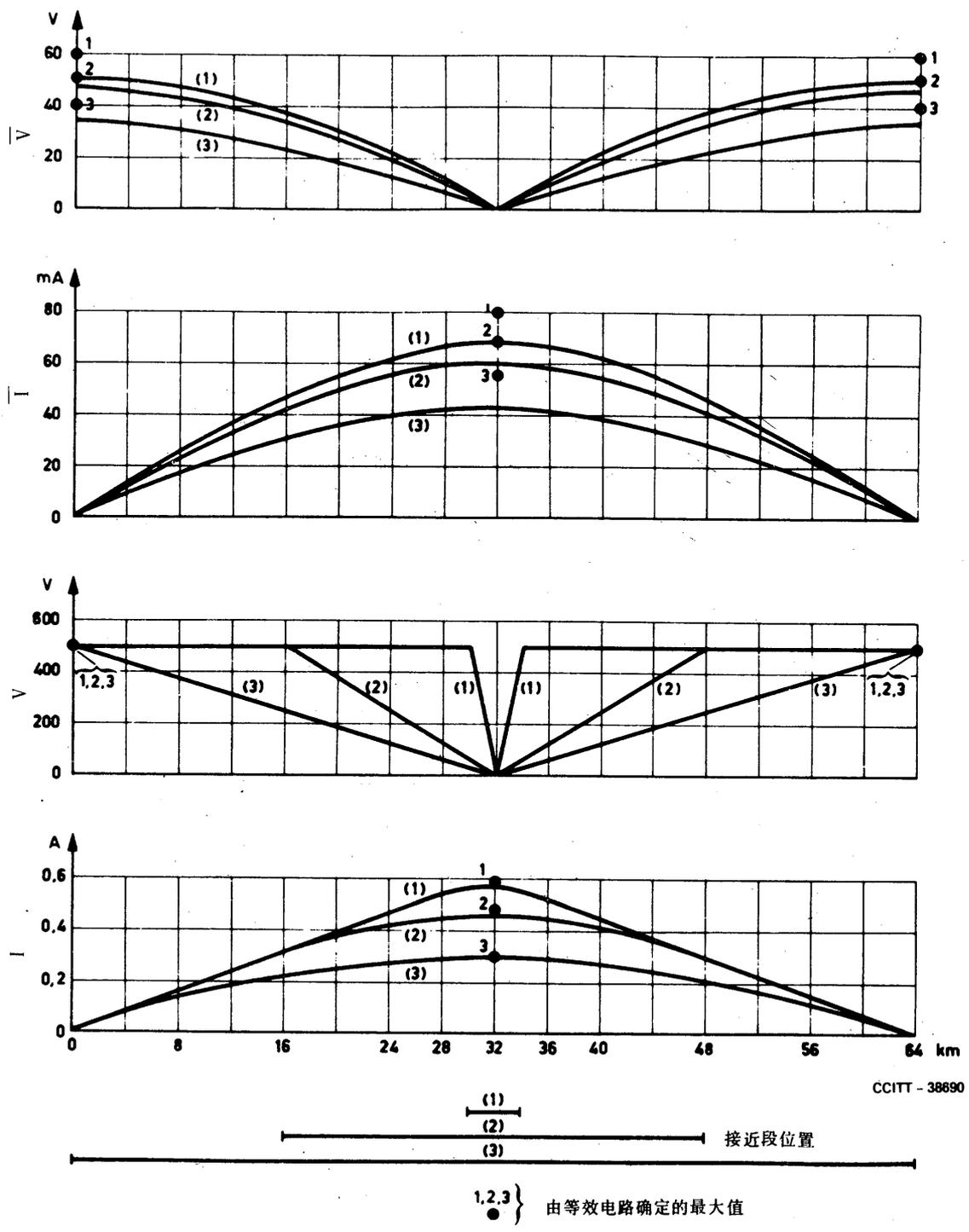


图 B-1/K.16 对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体处于浮动电位)
接近段感应电压: 1000伏

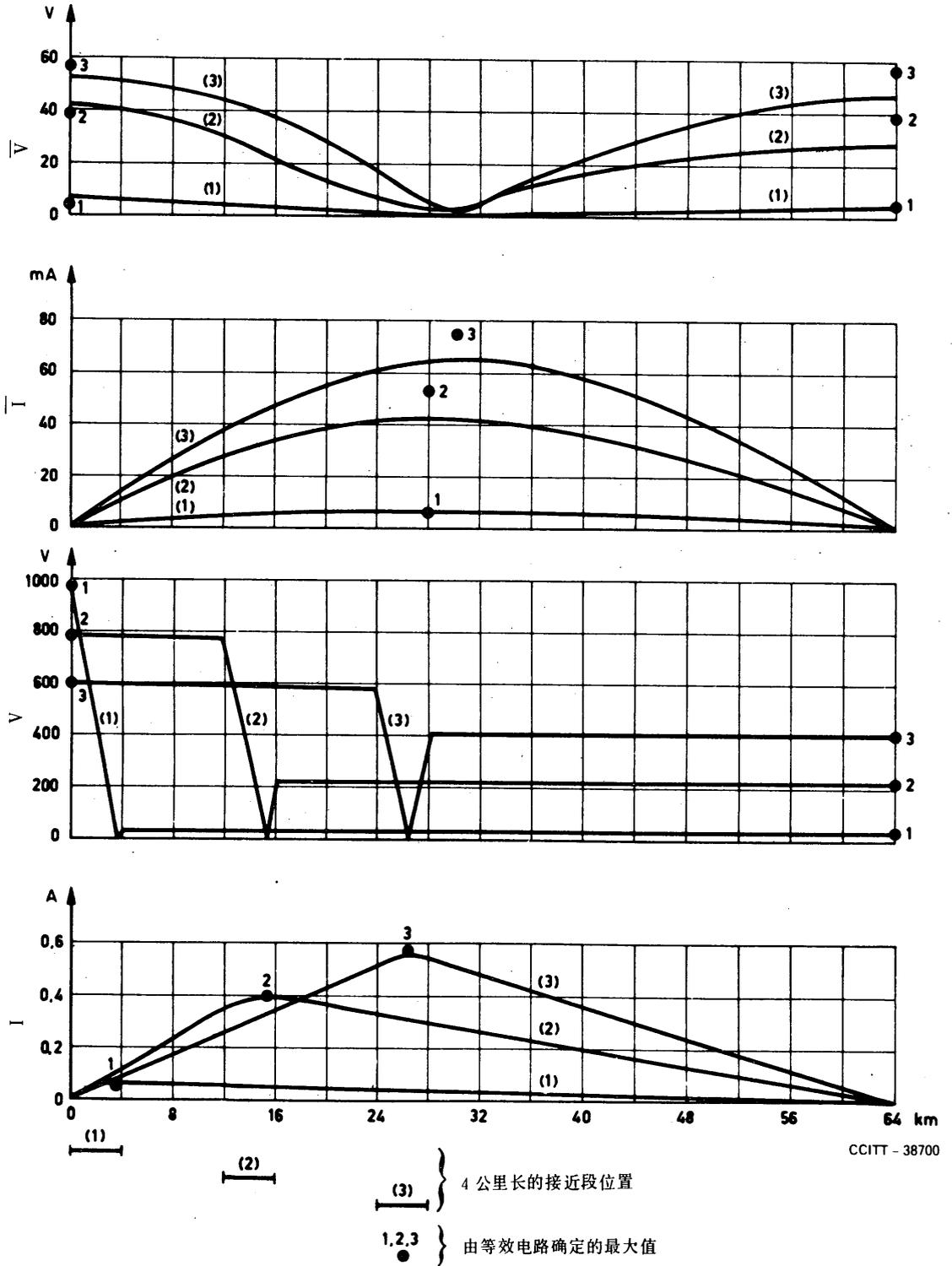


图 B-2/K.16 不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体处于浮动电位)
 接近段感应电压: 1000伏
 接近段长度: 4公里

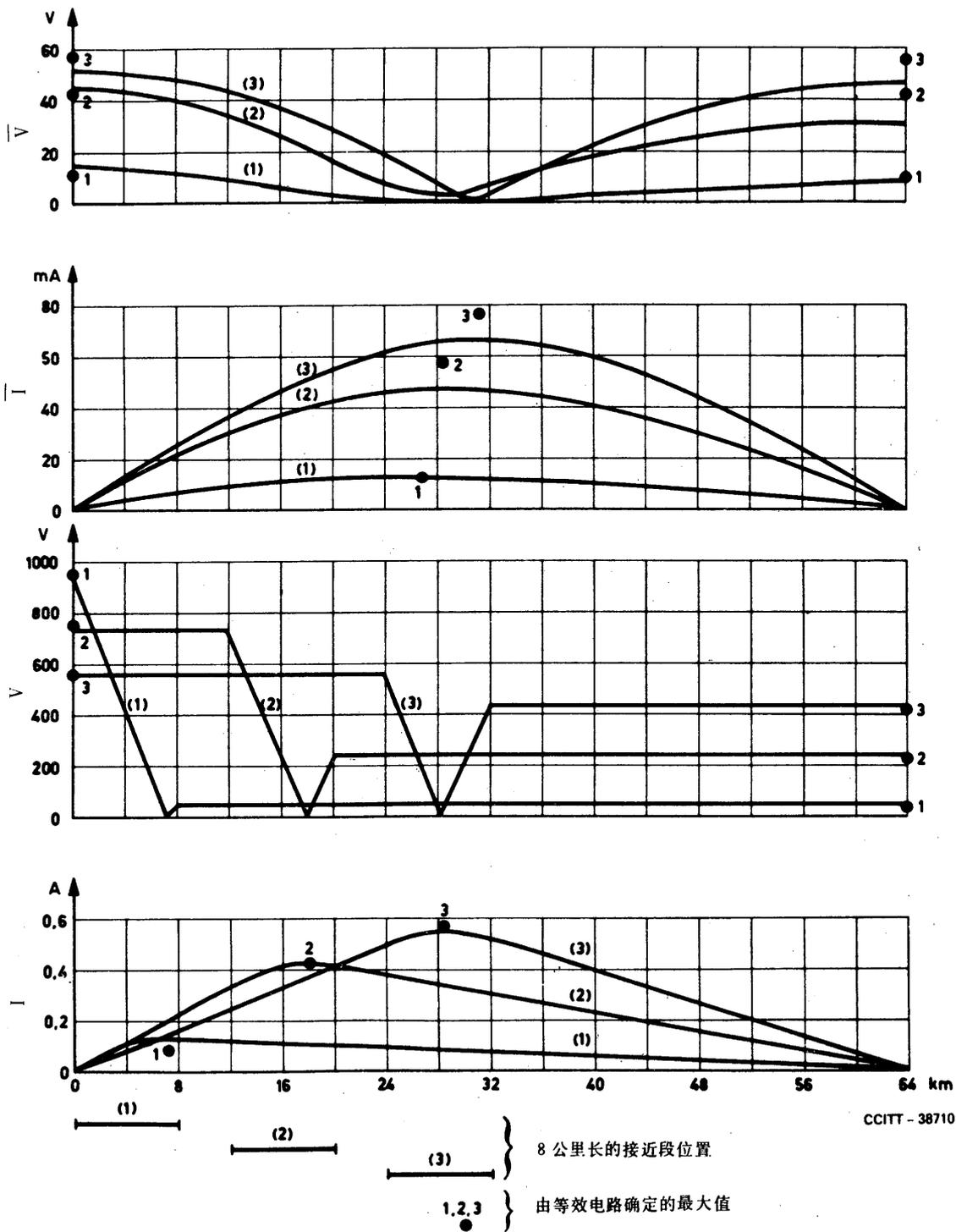


图 B-3/K.16 不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体处于浮动电位)
 接近段长度: 8公里
 接近段感应电压: 1000伏

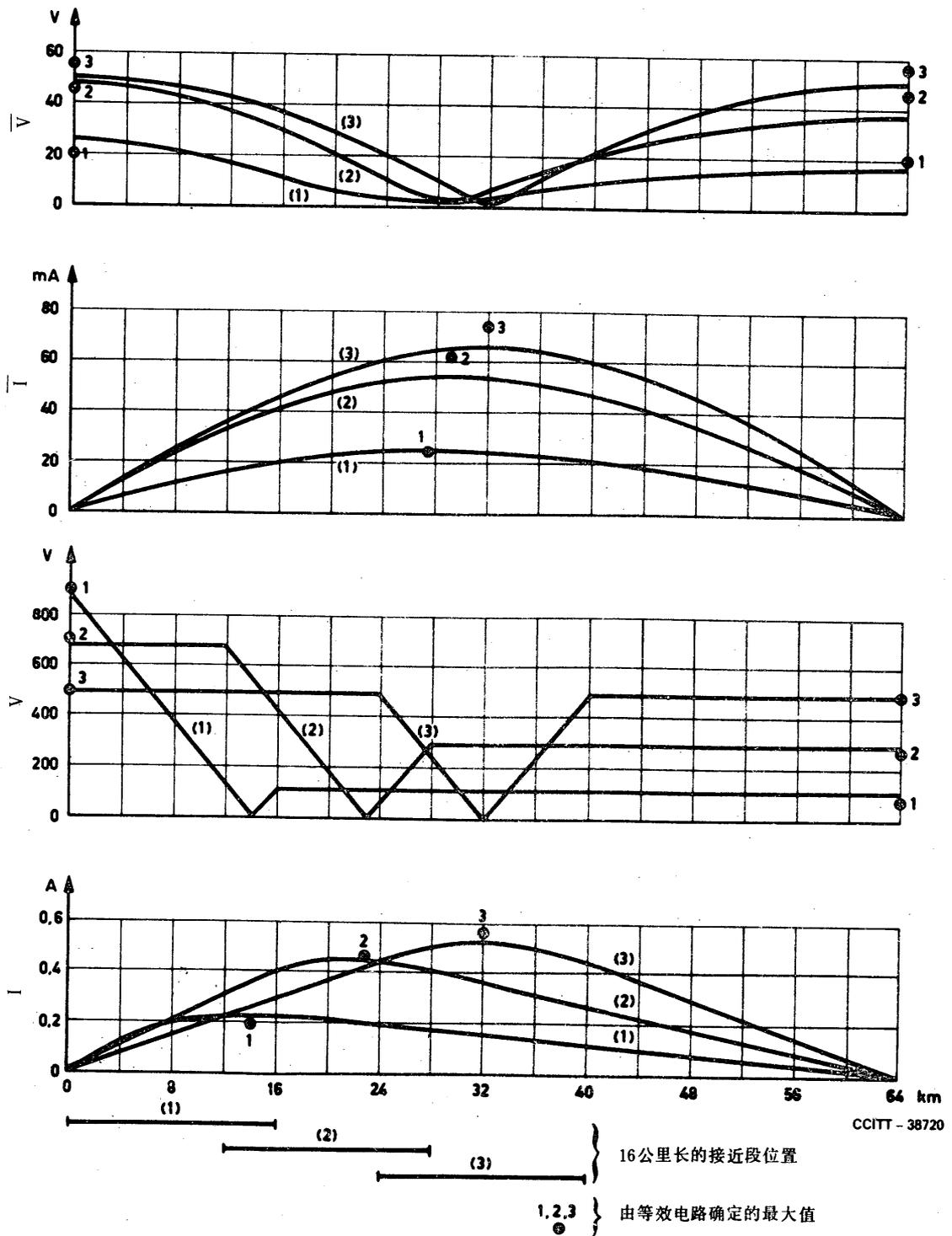


图 B-4/K.16 不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体处于浮动电位)
 接近段长度: 16公里
 接近段感应电压: 1000伏

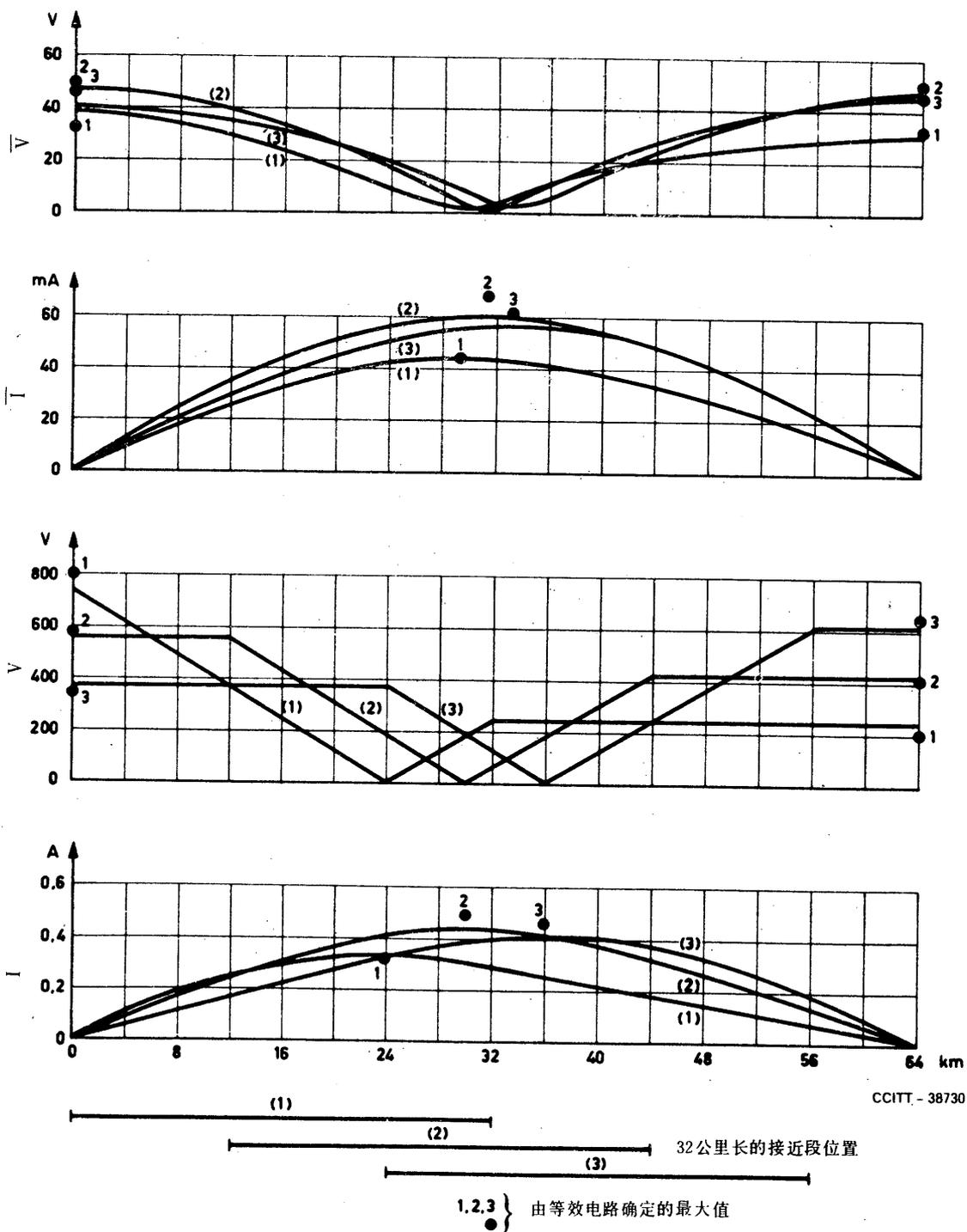


图 B-5/K.16 不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体处于浮动电位)
 接近段长度: 32公里
 接近段感应电压: 1000伏

表 B -1/K.16 等效电路确定的最大值与精确计算结果的比较
(根据图B-4/K.16的数值)

最 大 值	精 确 计 算	等 效 电 路 计 算	相 对 于 精 确 计 算 的 偏 差
V_{max1}	685伏	705伏	+ 2.9%
V_{max2}	315伏	295伏	- 6.3%
I_{max}	0.455安	0.461安	+ 1.3%
\bar{V}_{max1}	48伏	45.8伏	- 4.6%
\bar{V}_{max2}	37.5伏	45.8伏	+ 22 %
\bar{I}_{max}	55毫安	61.5毫安	+ 11.8%

这个比较证明,除 \bar{V}_{max2} 之值以外,相对于精确计算的所有偏差都保持在12%以下,而用等效电路所得的数值多半大于精确值。 \bar{V}_{max2} 出现22%的偏差实际上并不重要,因为它是两 \bar{V} 的最大值中较小的一个。

附 录 C

(K.16建议的附录)

外导体接地时精确计算和简化计算的实例

C.1 当内导体处于稳定电位,弱去耦

外导体接地而内导体接有小容量的接地去耦电容器而处于稳定电位时,在等效电路中,只需考虑模拟“外导体——内导体”回路的部分,用电容 \bar{C} 代替 C 。代表转移阻抗的电阻 $K_1 R_0 l$ 也取消。在这种情况下,通用电路图就化为图C-1/K.16。

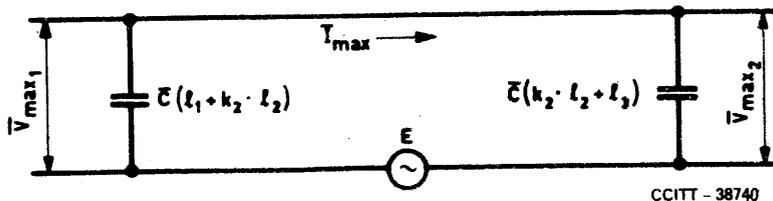


图 C-1/K.16 长接近段时的“内导体——外导体”回路

C.2 当内导体在供电站内经由低阻抗接地

在这种情况下,通用电路化为图C-2/K.16所示的电路图。

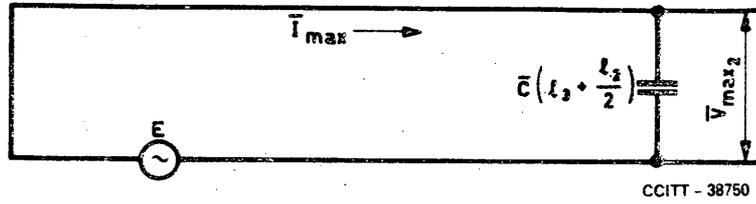
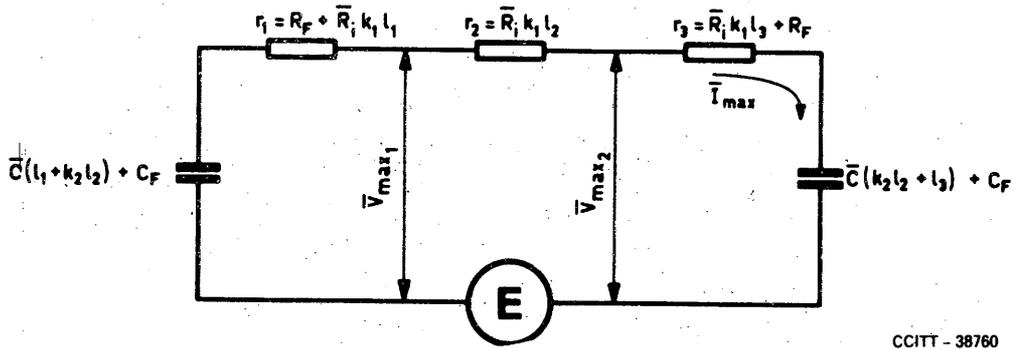


图 C-2/K.16 一端短路的线路

C.3 当内导体处于稳定电位，强去耦

外导体接地而内导体接有大容量的接地去耦电容器（几微法）而处于稳定电位时，简化电路图（图C-1/K.16）已不能满足，必须考虑同轴内导体的电阻（可能还有增音机供电线路中串联的电阻）。

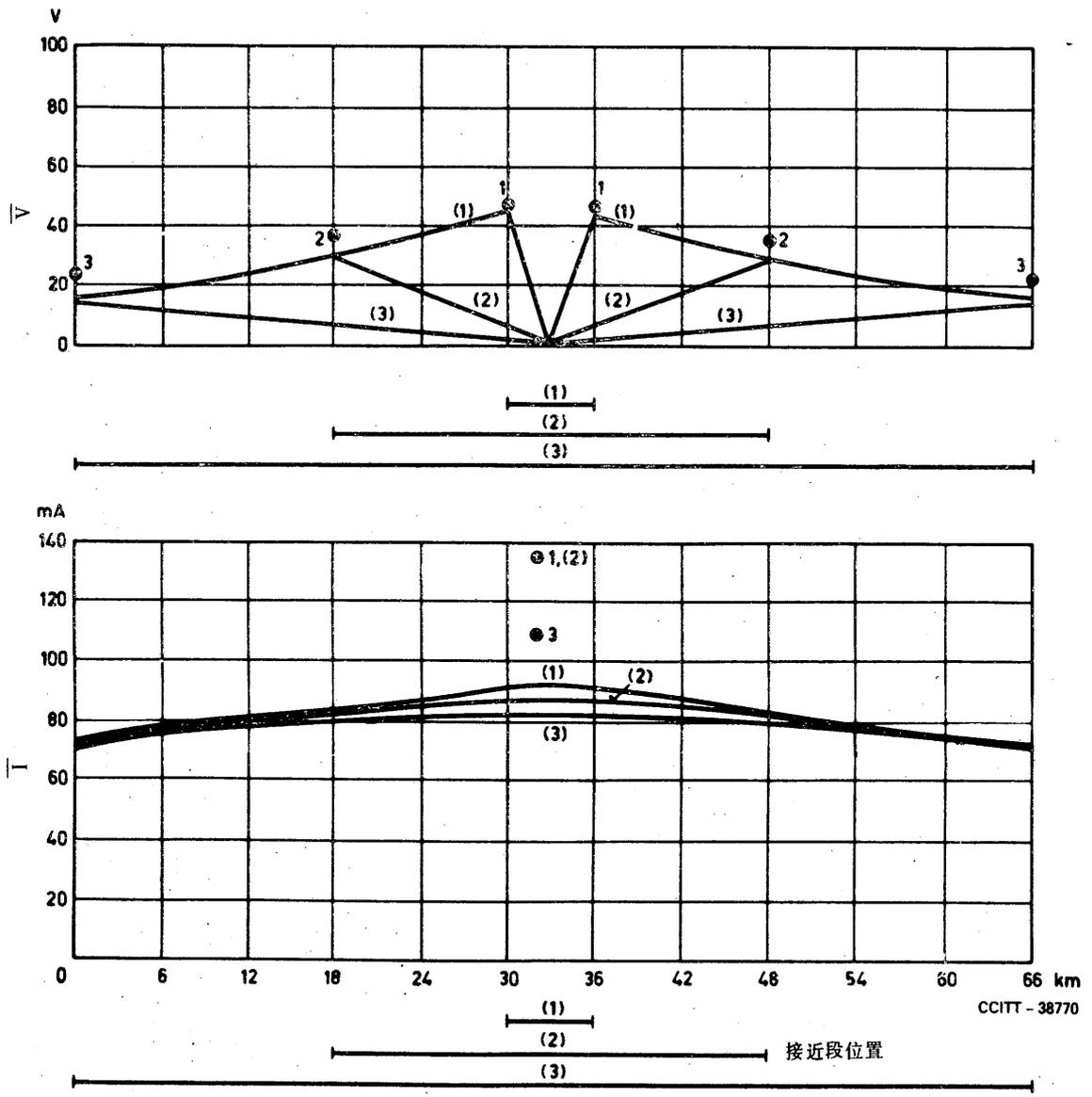
为了保证这种修改后的等效电路的有效性，用一个代表真实运行条件的例子进行计算。这个系统仍然为300路小同轴系统，此次包含一个66公里长的回路，而 $\bar{C} = 0.11$ 微法/公里， $R_i = 17$ 欧/公里，稳压供电系统的去耦阻抗相当于一个50欧的电阻 R_F 串联一个15微法的电容 C_F 。电路示于图C-3/K.16。



R_i ——内导体每公里的电阻加上以每公里电阻值表示的所有增音机方向滤波器后的总电阻

图 C-3/K.16 同轴管外导体接地而内导体有一个强去耦的稳压供电时的等效电路

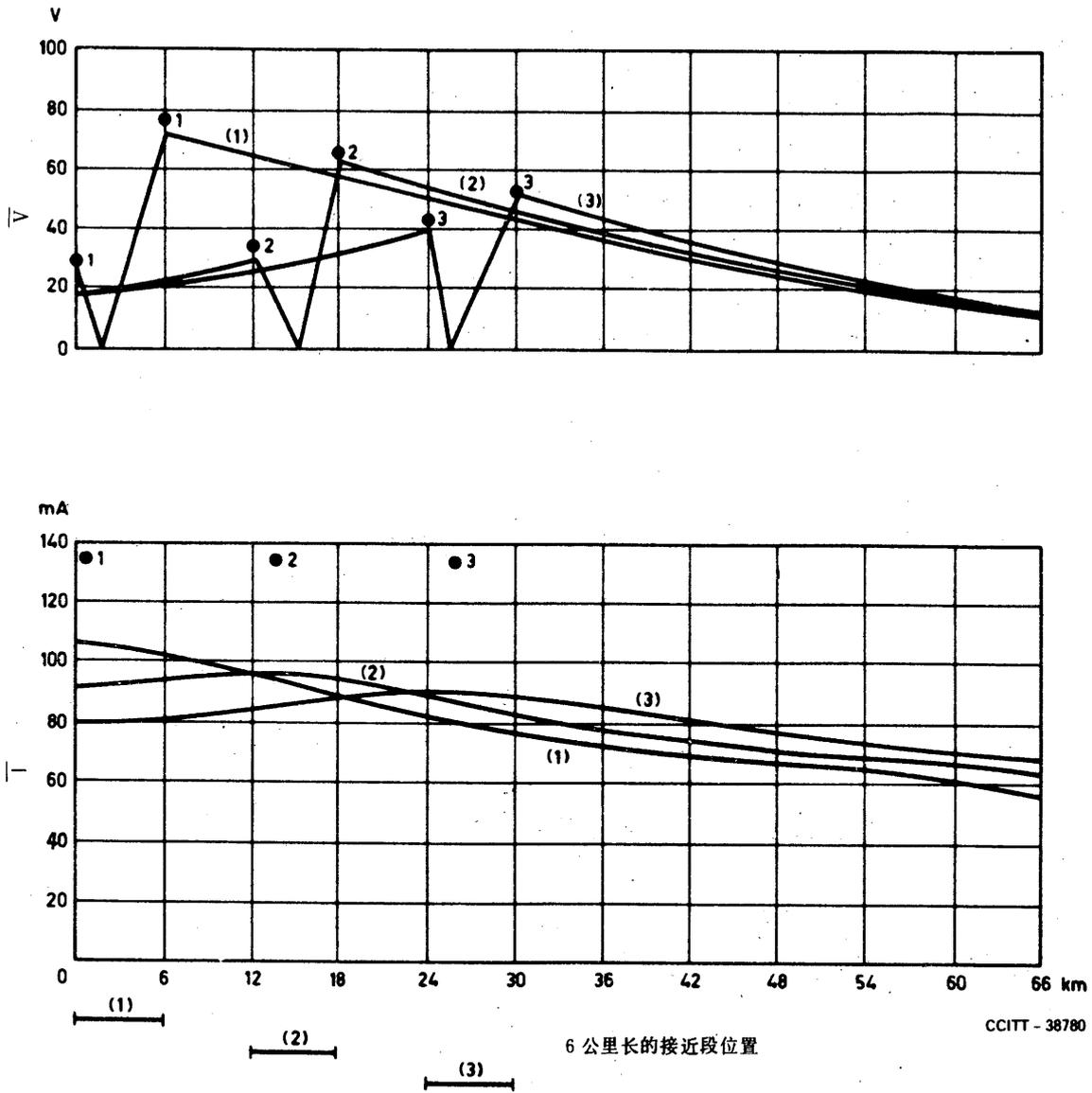
感应电压是假定为这样的：即考虑了电缆的屏蔽系数后，所要考虑的干扰电压为100伏（如果电压不能被限制到这个数值，要用其它办法，例如使外导体再回到浮动电位）在考虑了电缆护套及接地的外导体的综合屏蔽系数之后，感应电压E为100伏时，整个电路内的电压和电流的数值见图C-4/K.16至图C-7/K.16。



1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值

接近段长度: 6公里、30公里或66公里
 感应电压: 100伏

图 C-4/K.16 对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体接地)



CCITT - 38780

1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值
●

接近段长度: 6 公里
感应电压: 100 伏

图 C-5/K.16 不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流(同轴管外导体接地)

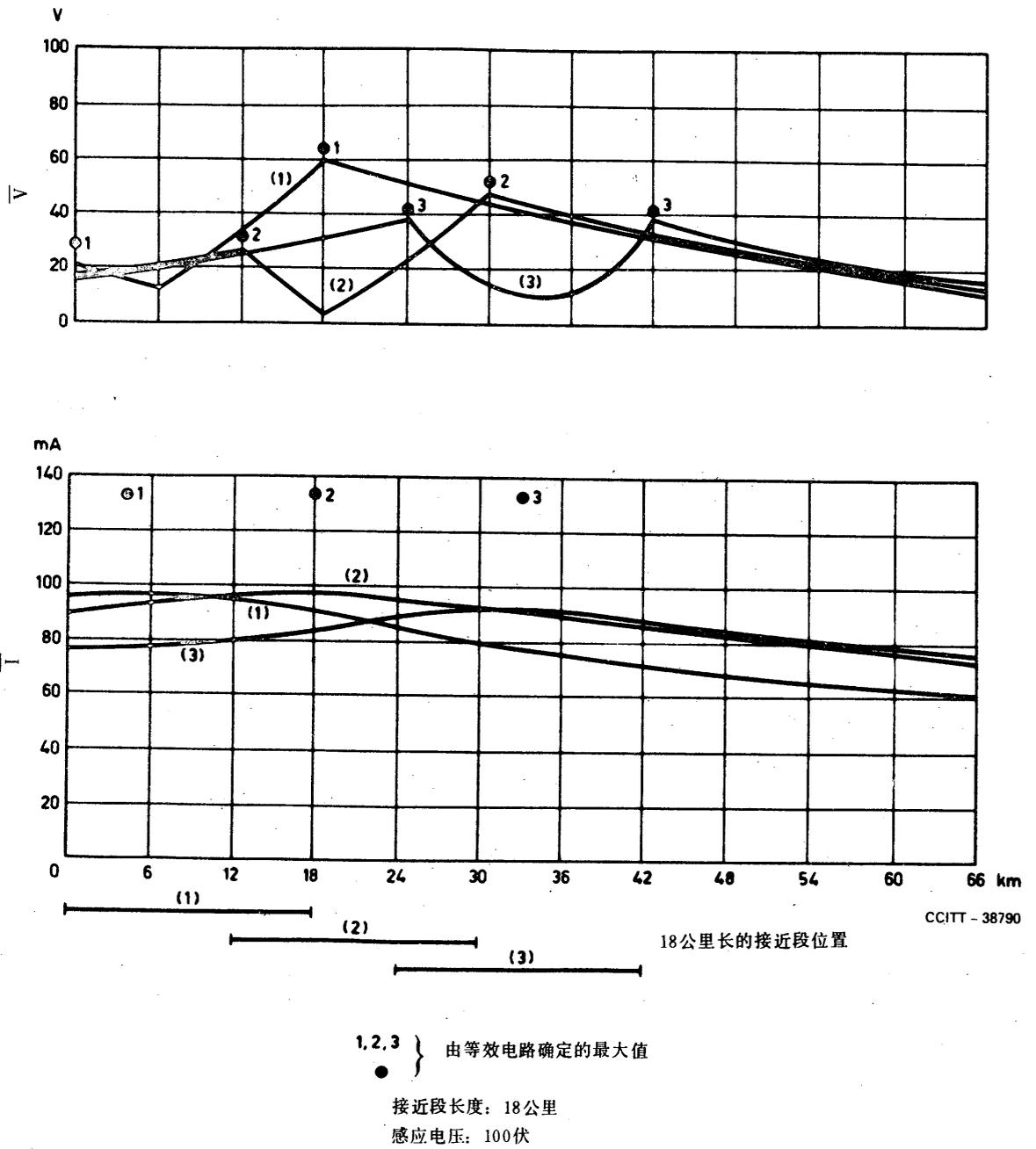
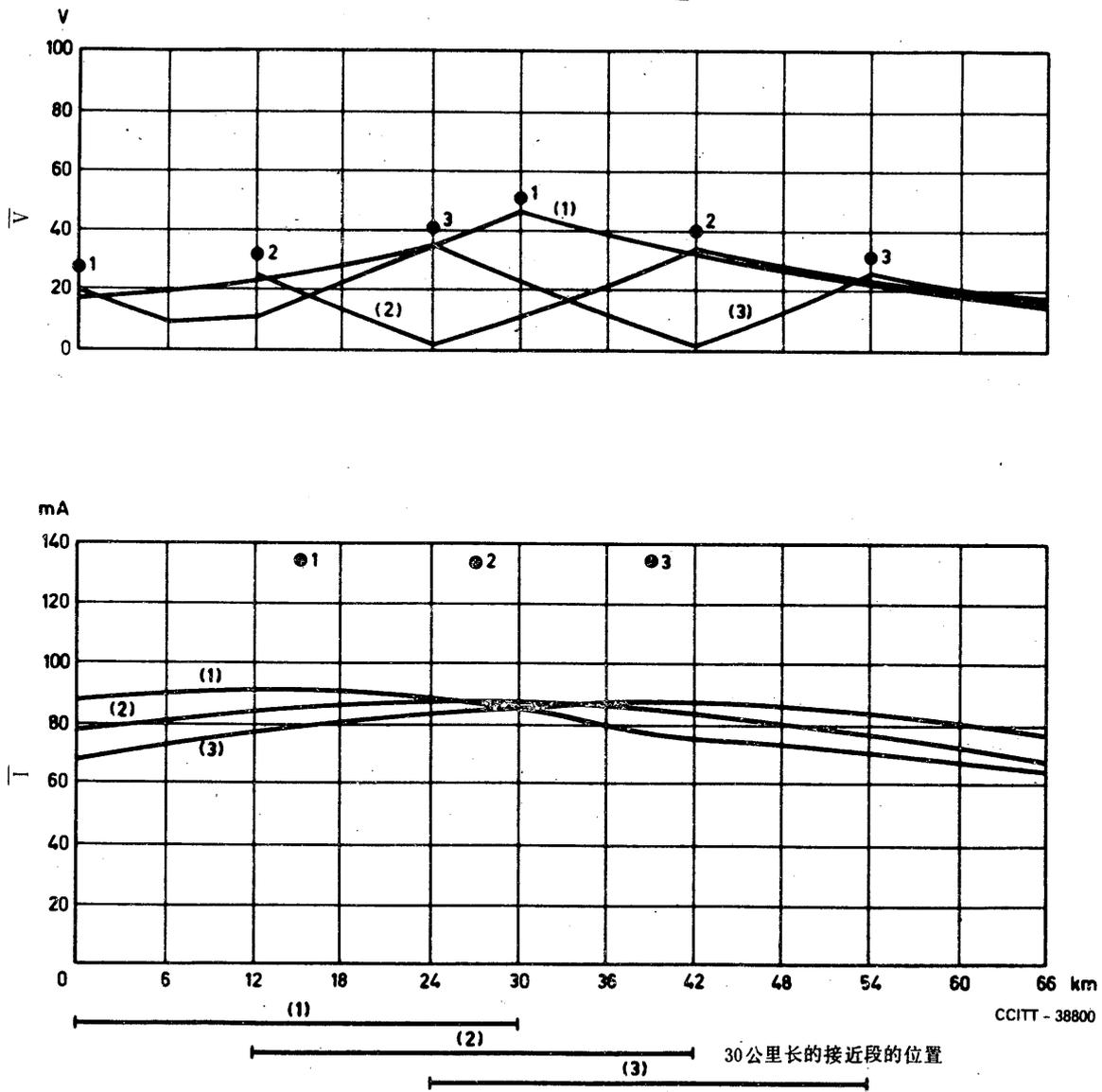


图 C-6/K. 16 不对称接近时, 300 路系统沿路由的电压和电流 (同轴管外导体接地)



1, 2, 3 } 由等效电路确定的最大值

接近段长度: 30公里
 感应电压: 100伏

图 C-7/K. 16 不对称接近时, 300路系统沿路由的电压和电流 (同轴管外导体接地)

参 考 文 献

- [1] KEMP (J.), SILCOOK (H.W.), STEWARD (C.J.): Power frequency induction on coaxial cables with application to transistorized systems, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 2, pp. 255-266, 1965.
- [2] SALZMANN (W.), VOGEL (W.): Berechnung der Starkstrombeeinflussung von Nachrichtenkabeln mit Koaxialpaaren und isolierten Aussenleitern (Calculation of power current interference in telecommunication cables with coaxial pairs and insulated outer conductors), *Signal und Draht* 57, No. 12, pp. 205-211, 1965.

文 献 目 录

KEMP (J.): Estimating voltage surges on buried coaxial cables struck by lightning, *Electrical Communication*, Vol. 40, No. 3, pp. 381-385, 1965.

POPP (E.): Lightning protection of line repeaters, *Conference Proceedings, ICC 68 of the IEEE*, pp. 169-174.

建议 K · 17¹⁾ (日内瓦, 1976年)

为检验外界干扰防护装置在固体器件远供增音机上的试验

1 引言

1.1 如 K · 15 建议 § 4.1 所指出, 试验条件最好尽可能模拟真实条件。因为某些主管部门可能受到不同的环境影响, 或有不同的服务对象或经济约束, 这些试验可加以改变, 以适应它们的局部情况。

如果对环境情况不了解, 则应采用本建议中所给出的规定。

1.2 本建议中给出的所有试验都不应对被试验的增音机的特性引起任何显著改变。特别是以下各项:

- a) 供电回路的电流和电压;
- b) 增益频率特性;
- c) 总杂音;
- d) 比特误码率。

试验包括以下两种:

- 原型试验
- 验收试验

这些试验是为了检验所有用于固体器件增音机的各种保护设施的有效性。这些设施包括与增音机结合成整体的或在增音机外部安装的保护设施。

1) 亦见 K · 15 建议及 K · 16 建议。



1.3 原型试验

进行原型试验的目的是为了在严酷的环境下检验增音机设计和保护元件的有效性。

在决定应当采用什么保护设施时，应当考虑固体器件增音机输入端和输出端可能产生的最危险的电动势，甚至在很少发生这种电动势的地方也要这样考虑。

输入（或输出）端装有雷电保安器的固体器件增音机受到冲击电压时，在从零到雷电保安器击穿这段时间内能抵达部件的残余能量取决于许多因素，其中之一是冲击波的波头陡度。

原型试验时，这个残余能量应与实际中可能预料到的最坏情况时的一样大。

选择适当陡度和幅值的冲击波就能保证实现这个要求，然而，这是除了前面所述的试验（它建议增音机要承受一个幅值小于雷电保护器击穿电压的冲击）以外的一个附加条件，以得出增音机对整个冲击波的响应。

1.4 验收试验

这些试验是在设备组装后进行的，以检验保护设施是否工作正常。这些试验通常没有原型试验那么严格，以避免某些部件劣化，而且不能由任何试验检查出来。但是用户可规定一些较为严格的试验，以适应实际情况。

用户可决定这些试验是在每个设备上或是抽样进行。

注一在某些情况中，用户可能认为值得进行一些附加试验以适应它们自己的特殊需要，这些试验不包括在以下的测试方法中。

2 测试方法

2.1 增音机对雷电过电压保护的测试方法（冲击试验）

可采用图1/K·17中介绍的试验装置进行试验。元件 C_2 及 R_3 之值列于表1/K·17。电容器 C_1 应能承受其值等于表1/K·17中给出的峰值电压的充电电压。

注一当进行对称（平衡）线对或微同轴线对放大器试验时，考虑到对称线对线路和微同轴对线路的导线电阻与同轴电缆线路电阻比较起来要高一些，应利用 R_3 将试验设备的短路电流限制到合适的数值。

表1/K·17中给出的波形符合[1]的定义（电压和波形是指没有带负荷的电压发生器的）。

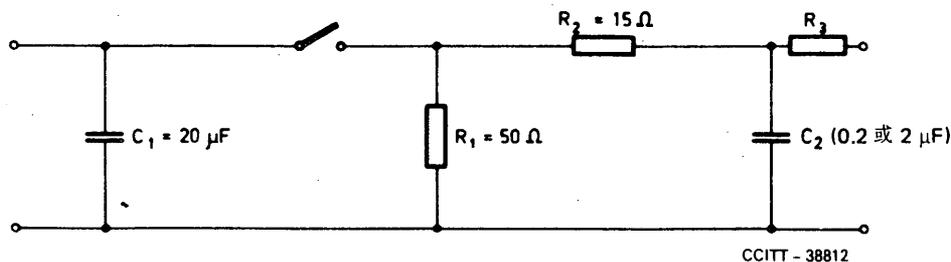


图 1/K. 17 冲击发生器电路图

进行试验时，反转连续冲击的极性，冲击间的间隔一分钟。在不同情况下施加到每个试验点的冲击次数列在表1/K·16的最下面一行，冲击波应施加在以下各点：

- 试验1：在增音机输入端上，输出端用它的特性阻抗终接；
- 试验2：在增音机输出端上，输入端用它的特性阻抗终接；
- 试验3：同轴线对增音机输入侧内导体和输出侧内导体（纵向）间（在对称线对增音机情况下，施加在供电回路的端子上）。

表 1/K. 17 用于试验的波形特性

列号	同轴线对增音机 (≥1.2/4.4毫米)				对称线对增音机				微同轴线对增音机 (0.7/2.9毫米)			
	原型试验		验收试验		原型试验		验收试验		原型试验		验收试验	
	试验1 试验2	试验3 ^{a)}	试验1 试验2	试验3 ^{a)}	试验1 试验2	试验3	试验1 试验2	试验3	试验1 试验2	试验3 ^{a)}	试验1 试验2	试验3 ^{a)}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
波形(微秒) ^{b)}	10/700	10/700	100/700	100/700	10/700	10/700	100/700	100/700	10/700	10/700	100/700	100/700
负荷(库仑)	0.1	最大0.1	0.06	最大0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.1	最大0.1	0.06	最大0.06
峰值电压(千伏)	5	5	3	3	1.5	1.5	1.5	1.5	5	5	3	3
短路电流(安)	333		200		37.5		37.5		125		75	
供电回路中的峰值电流(安)		50		50		37.5		37.5		50		50
C ₂ (微法)	0.2	0.2	2	2	0.2	0.2	2	2	0.2	0.2	2	2
R ₃ (欧)	c)	c)	c)	c)	25	25	25	25	25	25	25	25
冲击次数	10	10	2	2	10	10	2	2	10	10	2	2

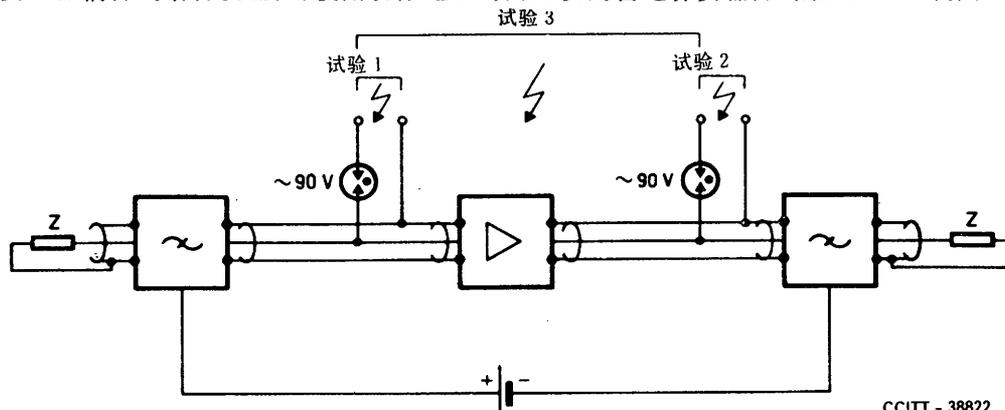
a) 对于同轴线对增音机的试验3, 峰值电压可降低到不致引起50安以上电流的一个数值。

b) 粗略值(亦见本建议§2.1中的注)。

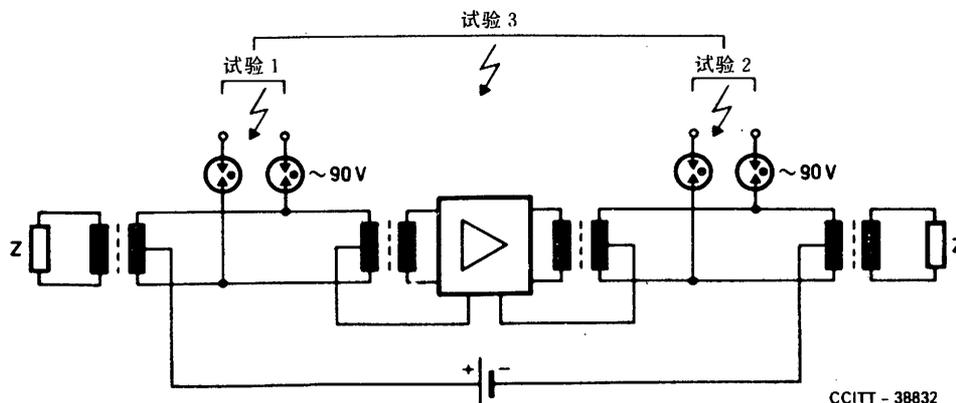
c) 可加入一个电阻R₃(0~2.5欧), 防止振荡放电。如能调整C₂和R₂后可保持带负荷下的波形时, R₃可大于2.5欧。

进行试验1和试验2时应向增音机供电, 试验3则不供。

图2/K. 17(用于同轴线对)和图3/K. 17(用于对称线对)的电路布置对进行这些试验可能是有帮助的。为了将冲击发生器耦合到增音机上, 可使用动作电压约为90伏的雷电保安器, 如图2/K. 17或图3/K. 17所示。



注: Z之数值应进行选择, 使之与被试验系统相符
图 2/K. 17 同轴电缆远供增音机的冲击电压试验电路例子



注: Z之数值应进行选择, 使之与被试验系统相符
图 3/K. 17 对称电缆远供增音机的冲击电压试验电路例子

2.2 增音机对电力线路故障引起的交流感应防护的试验方法

2.2.1 增音机输入和输出端的交流试验

在以下各点施加交变电动势（电源频率为 $16\frac{2}{3}$ ，25，50，或60赫）：

- 跨接于增音机输入端，输出端用2倍特性阻抗终接；
- 跨接于增音机输出端，输入端用2倍特性阻抗终接。

电动势的大小、持续时间和内阻抗应能代表当地的条件（这个试验仅规定用于同轴线对增音机）。

2.2.2 增音机供电路径两端的交流试验

将适当频率和大小的交变电流馈送到供电路径的两端。

在§2.2所规定的试验中，被试验的增音机是不供电的。

2.3 增音机对电力线路引起的长期感应纵电动势干扰防护的试验方法

为了在存在长期感应电压（参考K. 15建议的§3.2）的情况下满意地运行，正如K. 15建议§4.3所规定的那样，增音机的交流声调制特性应符合第X V研究组提供的有关路由段的各项建议，而且当这个增音机在下列情况下与一个典型供电回路连接时，应能运行，其传输特性（例如参见[2]）不发生明显的变化：

a) 一个适当频率（50赫、 $16\frac{2}{3}$ 赫等）的交流电压施加到：

- i) 信号输入端，或
- ii) 信号输出端。

连接到试验回路各点上的交流电压源的阻抗，不应显著影响这个回路的传输频率特性。

b) 在增音机供电电流上叠加一个适当频率的交变电流。

在a)中所规定的试验应根据长期感应电动势的限制值，采用60伏或150伏（见[3]）。在b)中规定的试验应采用相当于60伏或150伏电动势并假定在最不利情况下按照K. 16建议所计算出来的电流值来进行。

3 各种不同情况下应进行的试验

3.1 同轴线对增音机的试验条件

以下一些试验适用于外导体与金属电缆护套连接的情况，其中包括正常时处于浮动电位的外导体偶然与金属护套接触的情况。

3.1.1 原型试验

3.1.1.1 增音机输入端和输出端上的试验

3.1.1.1.1 冲击试验

这些试验应在表1/K. 17第1列所列条件下进行。

如果增音机的保护是由装在输入端和输出端的闸型装置（例如雷电保安器）来实施的，而它们在上面的试验条件下未被击穿时，可逐渐增加电容器 C_1 的充电电压（但不应超过7千伏²⁾直到它们击穿。

3.1.1.1.2 交流试验³⁾

2) 如果对微同轴对线路增音机进行试验，最大峰值电压应不超过5千伏。

3) 本建议的这一部份在进一步研究及试验后可能修改。如果某一主管部门从当地条件出发认为这些值要求太高时，可规定较低的值。

在以下各点上应当施加一持续 0.5 秒，能在 150 欧电阻的两端产生 1200 伏（均方根值）的电压：

- 增音机输入端，而输出端用 150 欧电阻终接；
- 增音机输出端，而输入端用 150 欧电阻终接。

这个电压源的阻抗应能使回路流过 8 ~ 10 安间的任何电流。

这个电压源的电动势，当它的负载为 150 欧的电阻时，在负载电阻两端出现至少 1200 伏（均方根值）的电压。适用于 50 赫频率的试验电路的例子表示在图 4/K. 17 中。

3.1.1.1.3 交流长期感应电压试验

应按照 §2.3 进行这些试验。

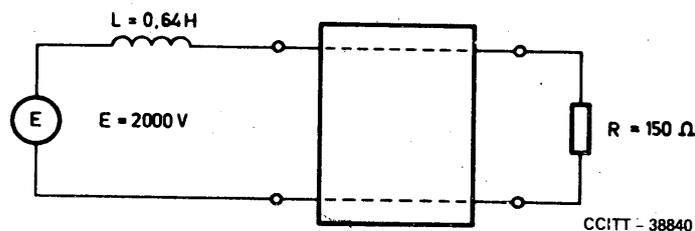


图 4/K. 17 50 赫交流试验的试验电路例子

3.1.1.2 增音机供电回路端子上的试验

3.1.1.2.1 冲击试验

这些试验将在表 1/K. 17 第 2 列中的条件下进行。

在这个试验中，电容器 C_1 可以充电到 5 千伏，如果供电回路内峰值电流达到 50 安时，则充电到低一些的电压。

3.1.1.2.2 交流试验

这些试验包括在供电回路流过一交流电流，其强度与频率应与实际上可能遇到的交流电流相比拟。电流施加时间应为 0.5 秒，但不应超过 10 安，均方根值。

3.1.1.2.3 交流长期感应电压试验

这些试验应按 §2.3 进行。

3.1.2 验收试验

3.1.2.1 增音机输入端和输出端上的试验

按照表 1/K. 17 第 3 列中所列条件进行这些试验。

3.1.2.2 增音机供电回路端子上的试验

按照表 1/K. 17 第 4 列中所列条件进行这些试验。在这个试验中，电容 C_1 可在 3 千伏电压下充电，或当供电回路的峰值电流达到 50 安时，则在低一些的电压下充电。

3.2 对称线对增音机的试验条件

3.2.1 原型试验

3.2.1.1 增音机输入端和输出端上的试验

3.2.1.1.1 冲击试验

这些试验应使用具有表1/K. 17第5列所列特性的波形进行。

如果对称线对的绝缘强度比纸绝缘线对的绝缘强度高, 最好使用比表1/K. 17高一些的峰值电压。

在装雷电保安器的地点, 而且在上述试验条件下它们能被击穿, 应逐渐降低电容器 C_1 的充电电压, 直到它们不被击穿。

注—当雷电保安器装设在增音机输入端和输出端与机壳之间时, 在进行横向电压试验前, 应将一端与机壳连接, 以模拟雷电保安器动作。

3.2.1.1.2 交流试验

对交流试验不作规定。

3.2.1.2 增音机供电回路端子上的试验

3.2.1.2.1 冲击试验

按照表1/K. 17第6列所列条件进行这些试验。

3.2.1.2.2 交流试验

这些试验是在供电回路中流过一交流电流, 其强度和频率应与在实际中可能遇到的交流电流相比拟, 电流施加时间应为0.5秒。

如果这个增音机所在的环境不会发生电力线所感应的纵向电动势(此电动势会产生纵向电流)时, 可不作这些试验。

3.2.1.2.3 交流长期感应电压试验

应按照§2.3进行这些试验。

3.2.2 验收试验

3.2.2.1 增音机输入端和输出端上的试验

按照表1/K. 17第7列所列条件进行这些试验。

3.2.2.2 增音机供电回路端子上的试验

按照表1/K. 17第8列所列条件进行这些试验。

参 考 文 献

- [1] IEC publication No. 60-2/1973.
- [2] CCITT Recommendation *Unwanted modulation and phase jitter*, Vol. III, Fascicle III.2, Rec. G.229, § 1.3.
- [3] CCITT manual *Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines*, Chapter IV, 6, 7 and 35, ITU, Geneva, 1963, 1965, 1974, 1978.

通信线路中无线电台广播感应电压的计算和降低干扰的方法

1 引言

地下电缆回路因无线电波而产生感应干扰的现象虽然很少发现，但已有许多架空明线，架空电缆或建筑物内的电缆中的回路受到这种干扰的例子。

音频回路中所发生的干扰，是由于感应的无线电波，经过电话机内的非线性元件或导线接头形成的金属氧化层的检波、解调而引起的。这种干扰多半是易懂杂音，发射功率为数十千瓦的无线电台，在离电台 5 公里处仍可能发生这种干扰。

在载波或视频传输回路上，当无线电波的频率在传输系统工作频率范围以内时，感应的无线电波将破坏回路的特性。这种干扰在电话通道中，通常为不可懂的单频音，使传输系统的信杂比 (S N R) 降低。在无线电台周围很宽的范围内可能发生这种干扰，关于视频传输回路受干扰的报导目前只有几个。但是，可以预料，今后随着视频传输业务的增加，这种干扰将成为一个严重的问题。

无线电频率的电流烧伤设施外面的维护人员的事例是难得发生的。据报导，这种问题仅在特别靠近无线电台天线时才发生。

2 干扰分析

在无线电波引起感应电压的理论分析中，假设以下条件：

- 大地电阻率是均匀和一致的。
- 电缆或导线架设在距地面有一固定高度的一条直线上。
- 电缆的金属屏蔽层在两端接地。
- 无线电波的电场强度和电场入射角是常数，而且沿电缆的相位变化是均匀的。
- 无线电波最初是垂直极化的。而在沿地面传播时，由于大地的有限导电率而产生了水平分量。

用于理论分析的常数和变量见附录 A。

2.1 对于无金属屏蔽层的通信线路，无线电波电场的水平分量作为电动势直接作用在通信线路上。当回路存在对地阻抗不平衡时，此感应电动势在终端引起感应杂音，对于无金属屏蔽层的通信线路，终端的感应纵向电压可按式 (B-1) 和式 (B-2) 进行计算。

2.2 有金属屏蔽层的通信电缆，以无线电波电场的水平分量作为电动势，在由电缆金属屏蔽层和地构成的地回路上产生感应电流。由于屏蔽层中的电流通过导线与屏蔽层间的转移阻抗，便在导线上产生一感应电动势。该电动势对电缆内的金属回路产生干扰，其大小取决于回路对金属屏蔽层（或地）的不平衡度。

有金属屏蔽层的通信电缆，终端的感应纵向电压可按式 (B-3) 和式 (B-4) 进行计算。参考文献 [1] 中已证明，用这些公式计算所得的值与测量值是一致的。

2.3 附录 B 中的公式很复杂，并且涉及许多参数。因此，用以下简化公式估算最大感应纵向电压是实用的。

$$\begin{aligned}
 V_2(0) \text{ dB} [= V_2(1)] &= 20 \log_{10} V_2(0) \\
 &= 20 \log_{10} \frac{P E_v (\cos \theta) Z_K}{4 Z_{01}} - 30 \log_{10} f - 20 \log_{10} \alpha_{20} + 300
 \end{aligned} \tag{2-1}$$

式中：

$$l \geq \frac{1.5 \beta_0}{f \cdot \beta_2} \times 10^8 \tag{2-2}$$

$$20 \Omega < |Z_{1R}|, |Z_{1L}| \leq |Z_{01}| \quad (2-3)$$

$$\gamma_2 = \sigma_2 + j\beta_2$$

$$\alpha_2 = \alpha_{20} \sqrt{f} \times 10^{-3} \text{ (分贝/公里)}$$

α_{20} 为 1 兆赫时的衰减常数 (分贝/公里)

f 为无线电波的频率 (赫)

其它常数和变量见附录 A。

公式(2-1)所给出的以分贝为单位 (0 分贝 = 0.775 伏) 的最大感应纵向电压, 是基于以下考虑而得到的:
用附录 B 中的公式计算感应纵向电压, 得出到达第一个峰值时的电缆长度为

$$l = \frac{1.5 \beta_0}{f \cdot \beta_0} \times 10^8$$

接着出现一系列的峰值。在沿电缆长度所出现的峰值中, 最早出现的峰值最大, 故

$$l = \frac{1.5 \beta_0}{f \cdot \beta_0} \times 10^8$$

由于感应无线电波沿着电缆衰减, 最早出现的峰值达到感应纵向电压的最大值 (见图 3/K. 18)。

用式 (2-1) 代替附录 B 的完整公式, 带来的误差详见附录 C。

2.4 如果线路的路由很复杂, 需将线路分成若干小段, 按式 (B-1) 至 (B-4) 计算每一小段的感应纵向电压。将算得的各小段感应纵向电压综合起来, 得到总的感应电压, 在综合计算时应考虑所含线路的传输特性和边界条件。

当简化公式 (2-1) 用于复杂路由时, 可以把线路当作直线来估算最大感应纵向电压。计算应从离无线电台最近的一点开始, 并采用最小的入射角角度。

2.5 当无线电波电场强度已进行过现场测量时, 则此测量值可代入式 (2-1) 中的 E_v 。

当没有测量值时, 无线电波电场强度 E_v 可根据无线电台的距离和无线电台的发射功率, 用公式 (2-4) 计算, (见[2])。

$$E_v = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{1.5 P Z_0}{2 \pi}} \quad (2-4)$$

式中:

P — 无线电台发射功率 (瓦);

r — 离无线电台的距离 (米);

Z_0 — 自由空间的固有阻抗 (≈ 377 欧)。

图 1/K. 18 表示不同 P 值时按式 (2-4) 求得的 E_v 。

2.6 无线电波向通信线路的入射角, 会根据具体情况变化。

通信线路架设在空旷地区时, 其入射角可用测量值, 或用根据无线电台与通信线路的相对位置而求得的计算值。

通信线路架设在阻碍无线电波传播的设施附近时, 其入射角可取零度并假定为最危险的条件。

2.7 图 2/K. 18 所示的通信电缆终端的感应纵向电压, 可用下面的简化方法估算。

引用图 2/K. 18 所给出的参数 P , 5 , α_{20} , β_2 和 θ 与 E_v 和 Z_k 的计算值一起代入式 (2-1) 和式 (2-2) 进行计算, 得到以下结果:

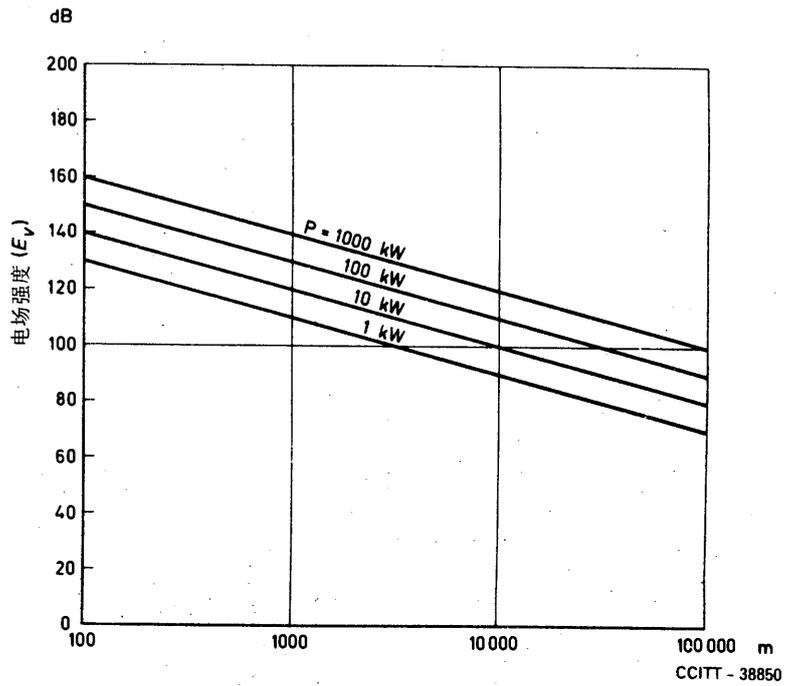
$$V_2(0) \approx V_2(l) = -35.0 \text{ 分贝}$$

$$l \geq 210 \text{ 米}$$

另外, 以最危险的值 $\theta = 0^\circ$ 代入, 得到以下结果:

$$V_2(0) \approx V_2(l) = -32.0 \text{ 分贝}$$

$$l \geq 210 \text{ 米}$$



离无线电台的距离 (r)

注: E_v 用dB (分贝) 表示 ($0\text{dB} = 1 \mu\text{V/m}$).

图 1/K. 18 无线电波的电场强度与离无线电台距离的关系

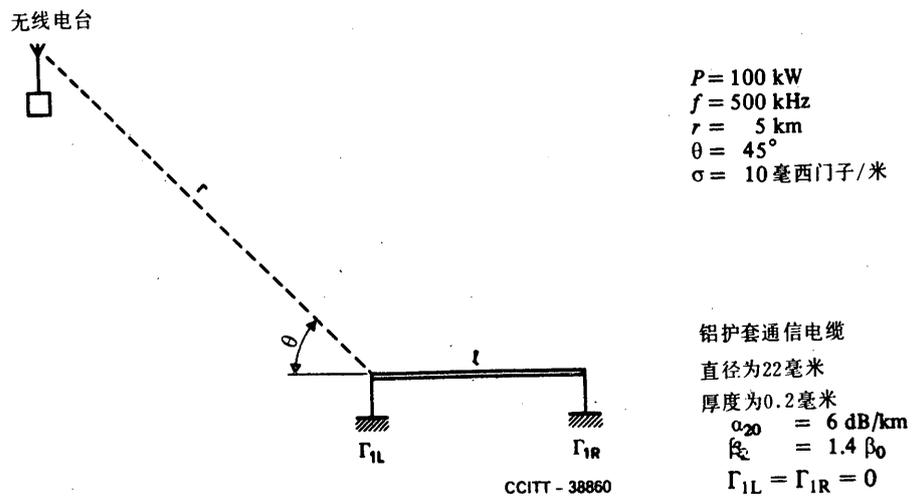


图 2/K. 18 无线电台与通信线路的相对位置

在图3/K. 18中，用简化方法所得的结果与附录B中所述的较精确的方法所得结果进行了比较。图中表示 V_2 与电缆长度的关系。可明显地看出，对于最严重的干扰，用简化方法计算是合适的。

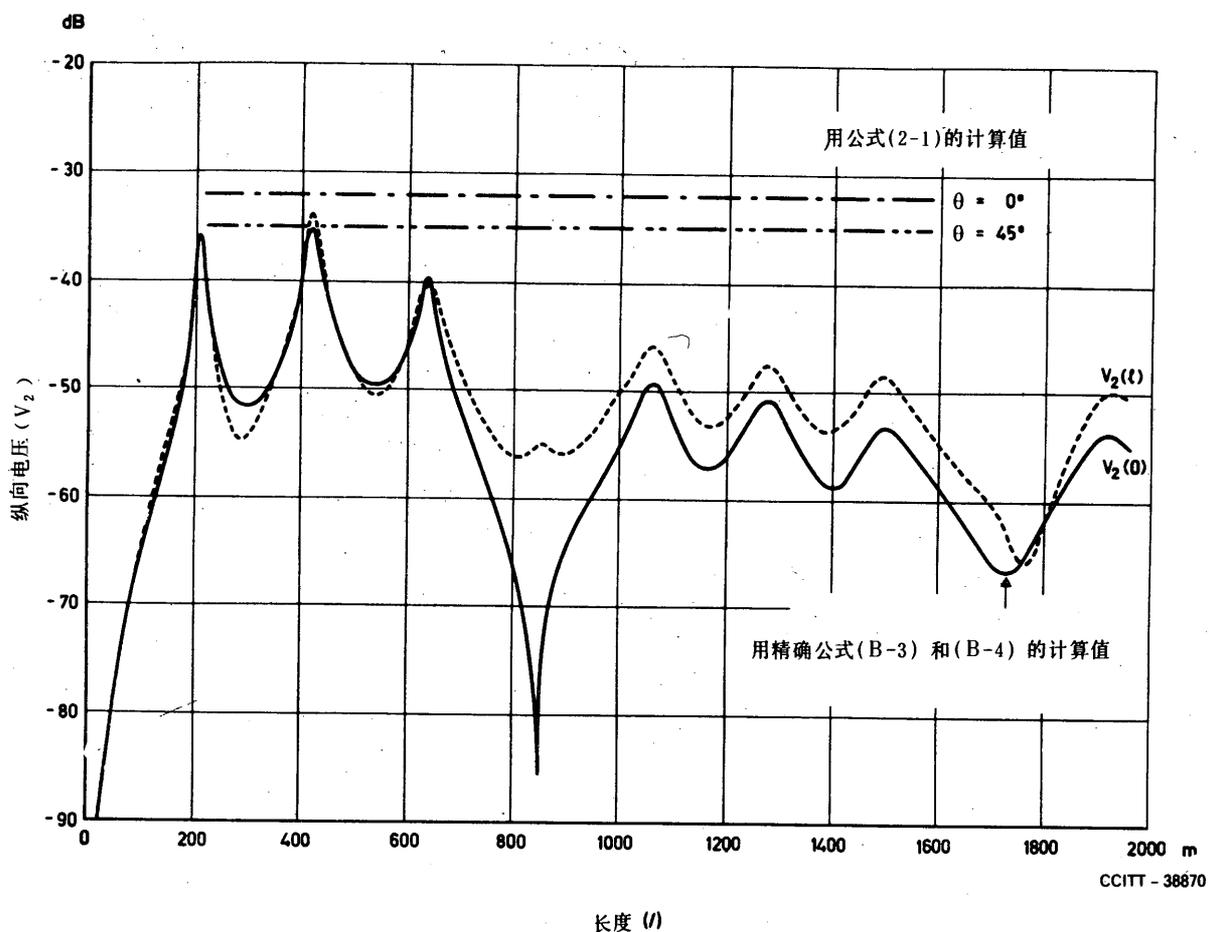


图 3/K. 18 图2/K. 18所示电缆终端的感应纵向电压的计算结果

2.8 由于回路对金属屏蔽层（或地）的不平衡，所产生的横向电压将引起杂音。如以 λ 表示横向电压与纵向电压之比，则杂音电平可用计算的或测量的感应纵向电压求得：

$$V = \lambda \cdot V_2$$

式中：

V_2 [$V_2(0)$ 或 $V_2(1)$] 为纵向回路两端开路时终端的纵向电压；

V [$V(0)$ 或 $V(1)$] 为回路两端终接特性阻抗时终端的横向电压。

例如，在图2/K. 18所示的情况下，而且 $\lambda = -40$ 分贝，则杂音电平 V 的计算结果如下：

在此情况下， $V_2 = -35$ 分贝（0分贝 = 0.775伏）故

$$V = -35 - 40 = -75 \text{ 分贝}$$

3 降低干扰措施

降低干扰可以采取以下措施：

3.1 降低音频回路的干扰，可在输入端或在电话机上的导线与地之间，接入一个0.01~0.05微法的电容器，将无线电波感应电流旁路。

3.2 降低微波和视频传输系统的干扰，可以采取以下措施：

3.2.1 电缆应采用适当的屏蔽层,例如厚度为0.2毫米的屏蔽层,可降低干扰约70分贝。当大地导电率小于0.1西门子/米时,铝屏蔽层两端应以小于 $|Z_{01}|$ 欧的电阻接地。如果屏蔽层的厚度增加到1.0毫米,降低效果可进一步改善50~60分贝。

3.2.2 电缆终端和电缆接头处的导线四周应使用金属屏蔽层完全屏蔽起来。

注:如将金属屏蔽层去掉30厘米,即使金属屏蔽层仍作了电气连接,感应电压将增加30分贝左右,甚至在电缆终端将金属屏蔽层仅仅去掉5厘米,感应电压将增加10分贝左右。

3.2.3 在易受无线电波干扰的地段,应采用地下电缆或改变电缆的路由。

3.2.4 应缩短增音机之间的距离,以提供该系统可接受的信杂比(SNR)。

3.2.5 应改善终端设备和增音机在无线电波频段的对地导纳不平衡度。

3.2.6 应在传输系统中采用预加重电平调节装置。

3.3 在感应区段上以适当的间隔,在导线与地之间接入一个电容器,将感应电流旁路,以减少对维护人员的感应危险电压。

在这种情况下,必须仔细选择合适的电容器,使它对传输频率的衰减最小,又能对无线电波频率进行有效的接地。还应注意防止来自导线上的过电压损坏电容器。

附录 A

(建议K·18的附录)

建议K·18中所采用的常数和变量

A.1 无线电波在沿地面传播时,其水平分量与垂直分量之比P为:

$$P = \frac{E_h}{E_v} = \left| \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r - j \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}}} \right| = \sqrt{\frac{\omega \epsilon_0}{\sigma}} \quad (\text{A-1})$$

式中:

E_h —无线电波电场强度的水平分量(伏/米);

E_v —无线电波电场强度的垂直分量(伏/米);

ϵ_r —大地介电常数(法/米);

ϵ_0 —自由空间介电常数(法/米);

Z_0 —自由空间固有阻抗(欧);

β_0 —自由空间相位常数(弧度/米);

σ —大地导电率(西门子/米);

ω —无线电波角频率(弧度/秒);

f—无线电波频率(赫)。

A.2 电缆护套金属屏蔽层的转移阻抗, Z_K 为:

$$Z_K = \frac{Kt}{\sinh Kt} \cdot R_{dc} \text{ 欧/米} \quad (\text{A-2})$$

式中:

R_{dc} —金属屏蔽层单位长度的直流电阻 (欧/公里);

$$K = \sqrt{j\omega\mu g}$$

μ —金属屏蔽层的导磁率 (亨/米);

g —金属屏蔽层的导电率 (西门子/米)

t —金属屏蔽层的厚度 (米)。

A. 3 图 A-1/K.18 中有关的符号

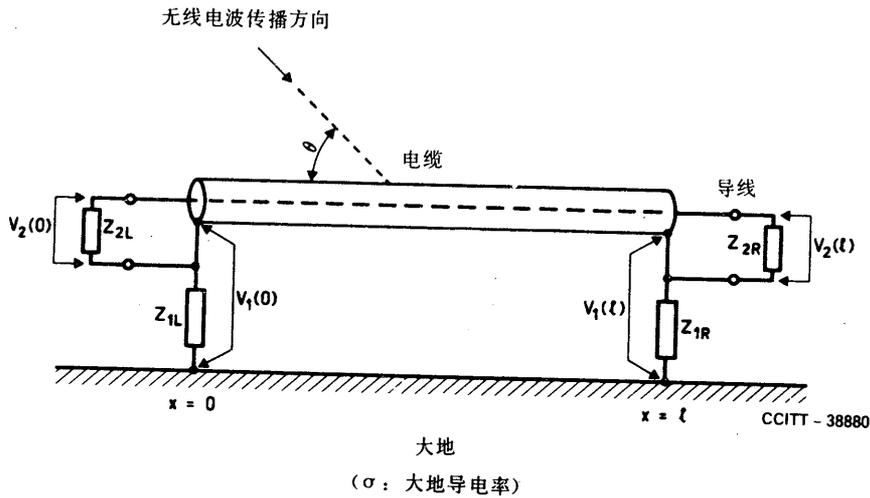


图 A-1/K.18 地回路的终端 (Z_{1L}, Z_{1R}) 和纵向回路的终端 (Z_{2L}, Z_{2R})

θ —无线电波对通信线路的入射角 (弧度);

l —电缆长度 (米);

x —离靠近无线电台的电缆终端之距离 (米);

Z_{01} —地回路的特性阻抗 (欧);

γ_1 —地回路的传播常数 (1/米);

Z_{02} —纵向回路的特性阻抗 (欧);

γ_2 —纵向回路的传播常数 (1/米);

Z_{1L}, Z_{1R} —地回路的终端阻抗 (欧);

Z_{2L}, Z_{2R} —纵向回路的终端阻抗 (欧);

Γ_{1L} — $x=0$ 端地回路的电流反射系数,

$$\Gamma_{1L} = \frac{Z_{01} - Z_{1L}}{Z_{01} + Z_{1L}}$$

Γ_{1R} — $x=l$ 端地回路的电流反射系数,

$$\Gamma_{1R} = \frac{Z_{01} - Z_{1R}}{Z_{01} + Z_{1R}}$$

Γ_{2L} — $x=0$ 端纵向回路的电流反射系数,

$$\Gamma_{2L} = \frac{Z_{02} - Z_{2L}}{Z_{02} + Z_{2L}}$$

Γ_{2R} — $x=l$ 端纵向回路的电流反射系数,

$$\Gamma_{2R} = \frac{Z_{02} - Z_{2R}}{Z_{02} + Z_{2R}}$$

$V_{10}(x)$ —两端匹配时的地回路电压;

$V_{1L}(x)$ — $x=0$ 端失配时的地回路电压;

$V_{1R}(x)$ — $x=l$ 端失配时的地回路电压;

$V_{20}(x)$ —两端匹配时的纵向回路电压；
 $V_{2L}(x)$ — $x=0$ 端失配时的纵向电路电压；
 $V_{2R}(x)$ — $x=1$ 端失配时的纵向回路电压。

附录 B

(建议 K. 18 的附录)

感应纵向电压计算

B. 1 无金属屏蔽层的通信线路

无金属屏蔽层通信线路两端的感应纵向电压由式 (B-1) 和式 (B-2) 给出。在靠近无线电台端的感应纵向电压：

$$\begin{aligned}
 V_1(0) &= V_{10}(0) + V_{1L}(0) + V_{1R}(0) \\
 V_{10}(0) &= -\frac{PE_V \cos \theta}{2} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} \\
 V_{1L}(0) &= \frac{-\Gamma_{1L} [1 - \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(0) \\
 V_{1R}(0) &= \frac{-\Gamma_{1R} e^{-\gamma_1 l} [1 - \Gamma_{1L}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(l)
 \end{aligned} \tag{B-1}$$

在远离无线电台端的感应纵向电压：

$$\begin{aligned}
 V_1(l) &= V_{10}(l) + V_{1L}(l) + V_{1R}(l) \\
 V_{10}(l) &= \frac{PE_V \cos \theta}{2} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \\
 V_{1L}(l) &= \frac{-\Gamma_{1L} e^{-\gamma_1 l} [1 - \Gamma_{1R}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(0) \\
 V_{1R}(l) &= \frac{-\Gamma_{1R} [1 - \Gamma_{1L} e^{-2\gamma_1 l}]}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} V_{10}(l)
 \end{aligned} \tag{B-2}$$

式中的常数和变量的意义见附录A。

B. 2 有金属屏蔽层的通信线路

有金属屏蔽层通信电缆两端的感应纵向电压由式 (B-3) 和 (B-4) 给出。

在靠近无线电台端的感应纵向电压:

$$V_2(0) = V_{20}(0) + V_{2L}(0) + V_{2R}(0)$$

$$V_{20}(0) = -\frac{PE_V(\cos\theta)Z_K}{4Z_{01}} \left[\left\{ \frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} + \frac{1}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta} \right\} \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_2 - j\beta_0 \cos\theta} + \left\{ -\frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L}\Gamma_{1R}e^{-2\gamma_1 l}} \cdot \left(\Gamma_{1L} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta} + \Gamma_{1L}\Gamma_{1R}e^{-j\beta_0 \cos\theta l} e^{-\gamma_1 l} \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} \right) \right\} \frac{1 - e^{-(\gamma_2 + \gamma_1)l}}{\gamma_2 + \gamma_1} + \left\{ -\frac{e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta} + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L}\Gamma_{1R}e^{-2\gamma_1 l}} \left(\Gamma_{1L}\Gamma_{1R}e^{-2\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta} + \Gamma_{1R}e^{-j\beta_0(\cos\theta)l} e^{-\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} \right) \right\} \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - \gamma_1)l}}{\gamma_2 - \gamma_1} \right] \quad (B-3)$$

$$V_{2L}(0) = \frac{-\Gamma_{2L}[1 - \Gamma_{2R}e^{-2\gamma_2 l}]}{1 - \Gamma_{2L}\Gamma_{2R}e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(0)$$

$$V_{2R}(0) = \frac{-\Gamma_{2R}e^{-\gamma_2 l}[1 - \Gamma_{2L}]}{1 - \Gamma_{2L}\Gamma_{2R}e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(l)$$

在远离无线电台端的感应纵向电压:

$$V_2(l) = V_{20}(l) + V_{2L}(l) + V_{2R}(l)$$

$$V_{20}(l) = \frac{PE_V \cos\theta Z_K}{4Z_{01}} \left[\left\{ \frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} + \frac{1}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta} \right\} \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_2 - j\beta_0 \cos\theta} e^{-j\beta_0 \cos\theta l} + \left\{ -\frac{1}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L}\Gamma_{1R}e^{-2\gamma_1 l}} \left(\Gamma_{1L} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos\theta} + \Gamma_{1L}\Gamma_{1R}e^{-j\beta_0 \cos\theta l} \cdot e^{-\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta)l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos\theta} \right) \right\} \frac{1 - e^{-(\gamma_2 - \gamma_1)l}}{\gamma_2 - \gamma_1} e^{-\gamma_1 l} + \right] \quad (B-4)$$

$$\begin{aligned}
& + \left\{ -\frac{e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta) l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \frac{1}{1 - \Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l}} \left(\Gamma_{1L} \Gamma_{1R} e^{-2\gamma_1 l} \cdot \right. \right. \\
& \cdot \left. \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta) l}}{\gamma_1 + j\beta_0 \cos \theta} + \Gamma_{1R} e^{-j\beta_0 \cos \theta l} e^{-\gamma_1 l} \frac{1 - e^{-(\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta) l}}{\gamma_1 - j\beta_0 \cos \theta} \right) \right\} \\
& \cdot \left. \frac{1 - e^{-(\gamma_2 + \gamma_1) l}}{\gamma_2 + \gamma_1} e^{\gamma_1 l} \right] \\
V_{2L}(l) &= \frac{-\Gamma_{2L} e^{-\gamma_2 l} [1 - \Gamma_{2R}]}{1 - \Gamma_{2L} \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(l) \\
V_{2R}(l) &= \frac{-\Gamma_{2R} [1 - \Gamma_{2L} e^{-2\gamma_2 l}]}{1 - \Gamma_{2L} \Gamma_{2R} e^{-2\gamma_2 l}} V_{20}(l)
\end{aligned} \tag{B-4}$$

式中的常数和变量如附录 A 所示。

附录 C

(建议 K. 18 的附录)

简化公式 (2-1) 带来的误差

简化公式 (2-1) 可用于 $3 \text{ 分贝/公里} \leq \alpha_{20} \leq 30 \text{ 分贝/公里}$, $1.2 \beta_0 \leq \beta_{20} \leq 3 \beta_0$, $500 \text{ 千赫} \leq f \leq 1.6 \text{ 兆赫}$, $10 \text{ 毫米} \leq d \leq 50 \text{ 毫米}$, $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$, $0.1 \text{ 毫西门子/米} \leq \sigma \leq 500 \text{ 毫西门子/米}$ 和 $-1 \leq \Gamma \leq 1$ 的情况下。这些条件似有可能适用于架空电缆。

用简化公式 (2-1) 代替附录 B 中更精确的方法所带来的误差, 在诸参数中主要取决于 σ 和 Γ 。图 C-1/K. 18 为一例。表 C-1/K. 18 中列出的误差, 其 σ , Γ 的范围与图 C-2/K. 18 相对应。因为 $|Z_1| \leq Z_{01}$ 是容易实现的, 所以只考虑了 $\Gamma_1 \geq 0$ 的范围。图 C-2/K. 18 中的 (I) 区是一般情况, (II) 区和 (IV) 区是少有的, (III) 区是难以实现的。在误差大的范围 (例如 II、III 和 IV 区) 内, 或者当电缆太短, 不能满足式 (2-2) 的要求时, 最好用附录 B 的精确方法计算。

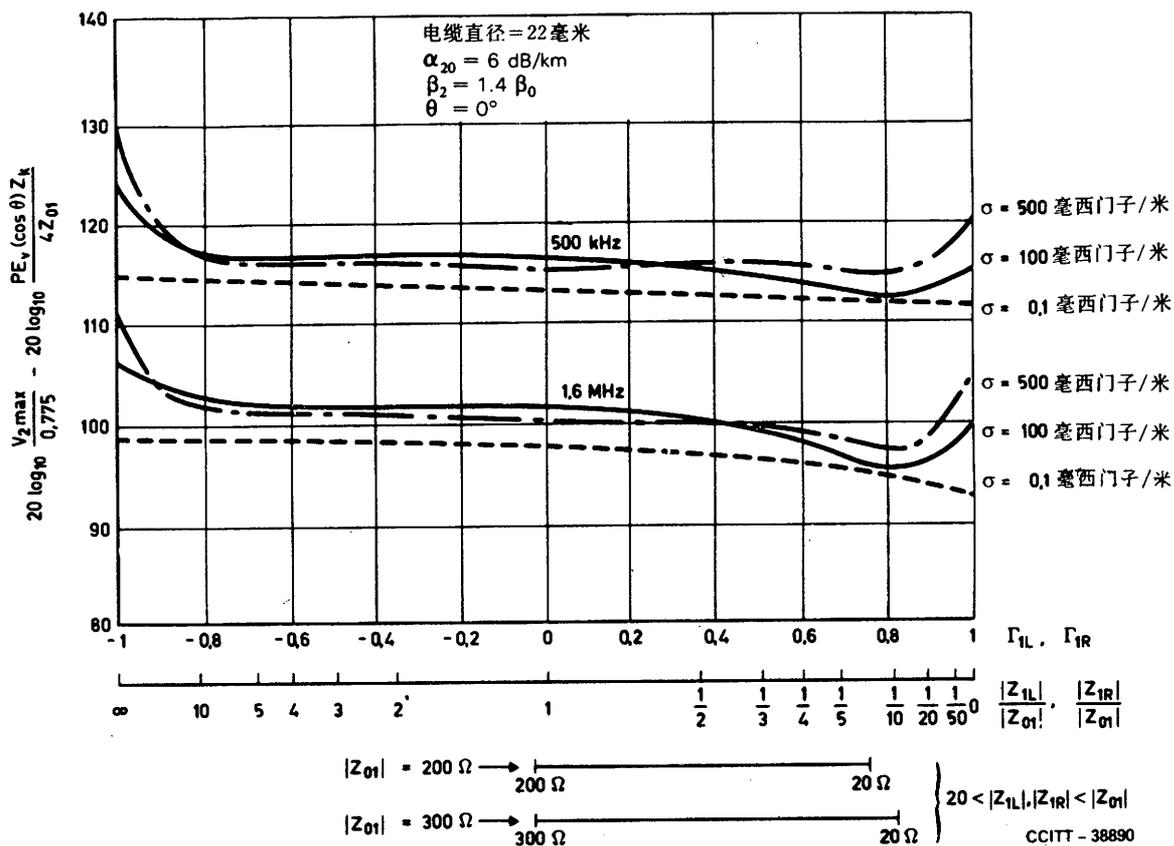


图 C-1/K. 18 感应纵向电压与 σ, Γ 的关系举例

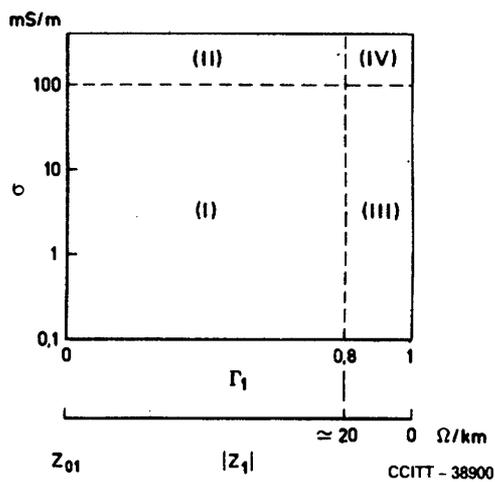


图 C-2/K. 18 σ, Γ 的范围

表 C-1/K. 18

用简化公式 (2-1) 与附录 B 的精确方法相比时的误差

范 围	误 差
(I) 一般情况	± 5 分贝
(II) 少有情况	± 8 分贝
(III) 少有情况	- 5 + 15分贝
(IV) 少有情况	- 5 + 23分贝

附录 D

(建议 K. 18 的附录)

通信线路环境对无线电波场强测量的影响

(根据日本电报电话公司—NTT 的报告)

无线电波电场强度不受通信线路环境影响时, 可以采用理论计算值 (见图 D-1/K. 18)。

另一方面, 无线电波对通信线路的入射角, 可能受许多因素的影响, 而难以估算出准确的数值。但是在空旷地区, 无线电波对通信线路的入射角度的测量值与根据无线电台与通信线路的相对位置进行计算所得之值很一致 (图 D-2/K. 18)。

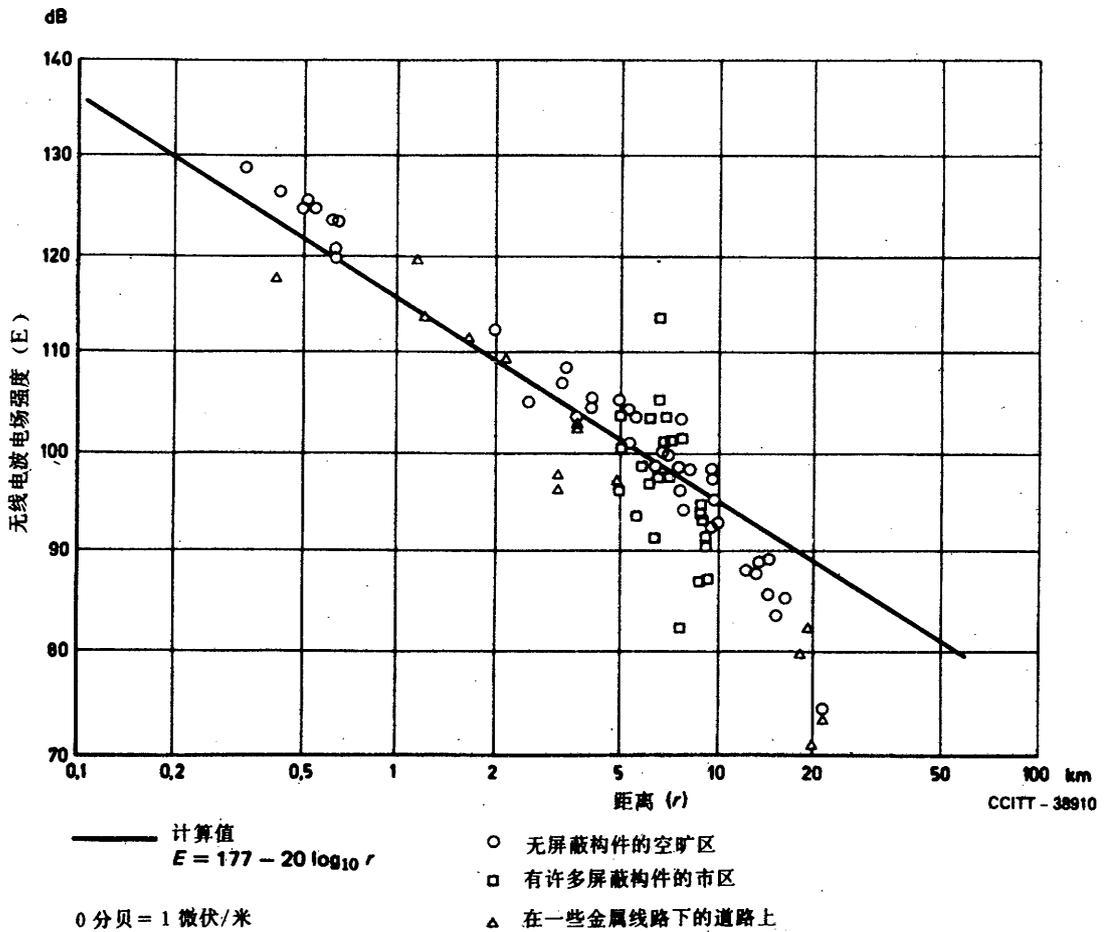
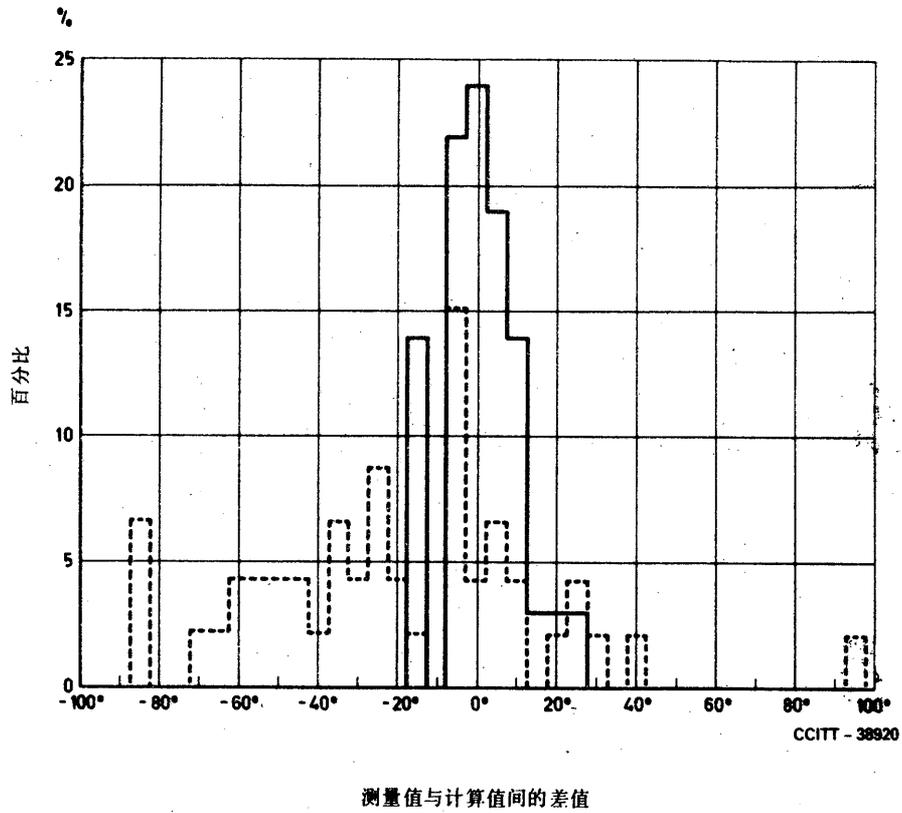


图 D-1/K. 18 无线电波强度与离无线电台距离的关系



市区和金属线路下的道路上
 空旷地区

图 D-2/K. 18 无线电波对通信线路入射角的测量值与计算的差值的直方图

附录 E

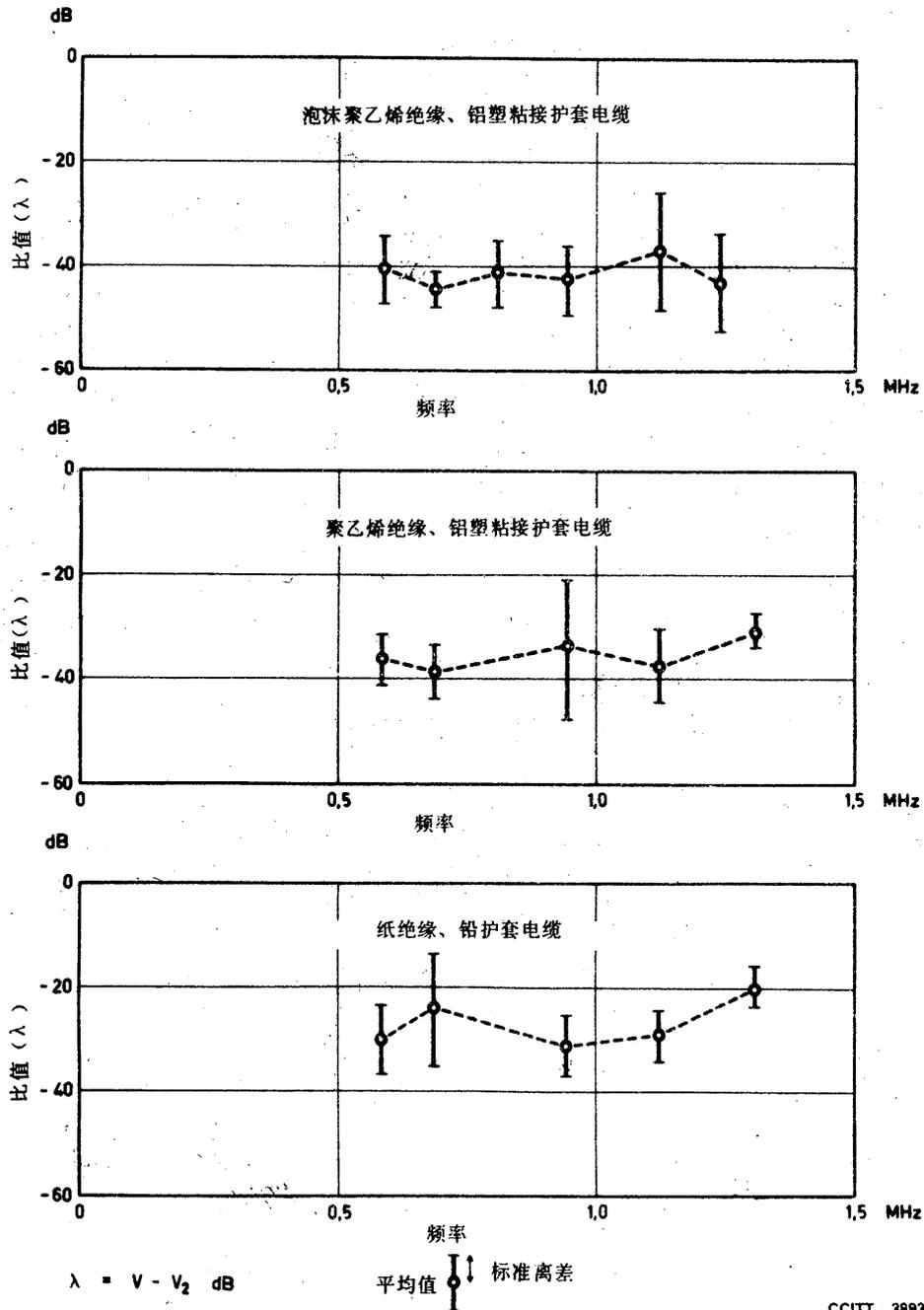
(建议 K. 18 的附录)

横向感应电压与纵向感应电压之比 λ 的例子

(根据日本电报电话公司—NTT 的报告)

无线电波在架空电缆上感应的纵向电压和横向（杂音）电压可以在现场进行测量。

图 E-1/K. 18 所示的 λ ，是根据实测的纵向电压 V_2 和横向电压 V 得来的， $\lambda = V - V_2$ 分贝。



CCITT - 38930

图 E-1/K. 18 比值 λ 的例子

附录 F

(K. 18 建议的附录)

各国无线电波的干扰和对抗措施的例子

(根据特别报告人提交给第 V 研究组 1978 年会议的报告)

无线电波感应干扰通信系统及其对抗措施的例子收集并汇总于表 F-1/K. 18 之中。
无线电波感应干扰直埋电缆或地下电缆的现象很少发现。

表 F-1/K. 18 无线电波的感应干扰和对抗措施

回路种类	无线电波感应源		受影响范围 围电场强度	受干扰的 电路条件	干 扰	对 抗 措 施
	频率	功率				
音频回路	低频 中频 (主要是广播)	数十千瓦	距无线电台 5 公里内(若干伏/米)	—架空电缆(有或无金属屏蔽层的塑料护套电缆、铅护套电缆) —架空明线	对广播节目解调为可懂杂音, 有时为听不懂的杂音	—在电话机输入端接入电容器 —换成有金属屏蔽层的电缆 —屏蔽用户引入线 —在回路中接入扼流线圈
高频回路例如载波传输回路	低频 中频 (主要是中频)	数千瓦	—一直到数十公里 —若是用户载波系统, 有报导说可达 1000 公里左右(0.03~1.8 伏/米)	—主要是有金属屏蔽层的架空电缆(对称线对、同轴线对) —建筑物内的布线电缆(在复用系统与天线间、在各级解调级间) —架空明线	在被解调的电话通道中表现为单频率的单音或听不懂的杂音, 降低了传输系统的信杂比。	—改善电缆和布线电缆等的屏蔽效果 —改善电缆、增音机、终端设备等 的接地 —采用直埋电缆或地下电缆 —改变电缆路由 —提高信号电平、缩短增音机间的距离 —对线对导纳对地不平衡进行补偿
无线电频率发热	中频 (广播)	—	直接靠近无线电台天线	—架空明线 —用户引入线	无线电频率燃烧	在导线与地间接入电容器

参 考 文 献

- [1] SATO (T.), NAKAHIRA (M.), KOJIMA (N.): Radio wave interference in overhead communication cables, *Proceedings of the 22nd IWCS*, 1973.
- [2] SCHULZ (E.), VOGEL (W.): Beeinflussung von Trägerfrequenz-Nachrichtensystemen durch hochfrequente Beeinflussungsquellen, *ETZ-A*, Bd. 85, H. 20, 1964.

通信电缆与电力电缆同沟、同隧道使用

1 概述

通信电缆与电力电缆在适当的条件下合用沟道和隧道，可能有如下优点：

- 降低总费用；
- 安装地下设施的有用空间得到更有效地利用；
- 道路路面工作量减少，因而耽误交通少一些；
- 电力电缆和通信电缆的分开更确切地得以保证。

2 电气安全

如果电力电缆与通信电缆不容易区分，应加清楚的标志。

电力电缆一般应比通信电缆埋得深一些。

电力电缆与通信电缆间应根据下列各条隔开合适的距离：

- a) 电力电缆的电压；
- b) 电力电缆的类型；
- c) 通信电缆的类型；
- d) 分隔材料的特性。

最小隔距往往在国家标准中规定。

在下列条件下，国家标准可允许减少其隔距：

- 低压运行并有公共中性线的电力电缆，而且通信电缆具有接地的铠装层；或
- 电缆间用混凝土填充或有类似材料隔开。

假如高压电力电缆对手工挖掘的人员会产生危险，应用适当的材料（砖、混凝土等）覆盖。

3 电磁感应

为了避免电力电缆对通信电缆所产生的难以容许的极大危险和干扰影响，必须遵守《导则》的规定。这种影响在以下情况下尤其会产生：

- a) 电力电缆属于中性点直接接地的电网；
- b) 电力线的各相导线分别在分开的电缆（例如三相单心电缆）内；或
- c) 电力线中电流的谐波含量高。

在以下情况下，预计不会产生危险和干扰影响：

- 电力电缆在正常条件下工作，和三相单心电缆的各相电缆作了适当的排列和换位的情况下；或
- 路线的平行长度相当短（例如几百米）。

电力电缆系统的各相导线作正确的排列和换位对于降低电磁感应是有效的。

隧道中的其它金属导体（例如管线、钢筋混凝土）一般有减少感应纵向电压的作用。屏蔽系数的数值在很大程度上取决于隧道中各种装置的布局 and 隧道的结构，因此只能根据各自的情况来确定。

4 其它危险

合用沟道和隧道，可能增加电信人员遭受其它的危险的机会，诸如：

- 挖掘时挖中电力电缆；

- 在隧道内工作时难于接近电缆以及把电缆分开。
- 如果在合用的隧道中有煤气管，由于漏气会产生爆炸；
- 隧道中积存的污浊空气。

在合用协议中，应包括克服上述危险的合适的安全工作方法。

5 实用时的限制

成功地合用沟道和隧道，需要所有相关部门进行守纪律的协作，应明确规定每一部门的义务和责任。为了克服地下空间的限制，以及减轻日后维护电缆的困难，可能需采取特别的措施，而且在联合建设开始之前就应对这种特别措施取得一致意见。

第 II 部分

L 系列建议

电缆护套和杆路的防护

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

建议L.1

防止腐蚀的保护

国际电报电话咨询委员会

考虑到

- (a) 地下电缆的定位和这些故障的修理需要大笔费用；
- (b) 必须以最大的注意力避免由于这些故障的发生而可能引起的通信业务中断；
- (c) 即使是尽可能熟练地进行修理之后，电缆的质量可能降低并且减少它的正常服务年限。

一致建议

各主管部门在敷设电缆的时候，务必遵照《在公共网络中通信电缆的敷设、安装和保护的建议》去做，该建议由国际电信联盟出版〔日内瓦，1974年修定，1977年修改和补充〕。

建议L.2

木杆的浸渍

国际电报电话咨询委员会提请注意对支撑架空通信线路的木杆进行浸渍处理的经济上的重要性。

国际电报电话咨询委员会已经发行了一本题为《架空电信线路支撑木杆的浸渍》的手册〔1974年，日内瓦，国际电信联盟出版〕，以便对各主管部门，特别是对那些网络尚未完全发展的部门，提供一些有关浸渍处理的资料。

这本手册是以1968~1972年拟定的第一稿为基础，由阿根廷主管部门根据澳大利亚、奥地利、智利、法国、意大利、德意志联邦共和国、英国和瑞士的主管部门所提供的资料进行修改和补充而成的。

建议L.3（马德普拉塔，1968年）

电缆的铠装

1 铠装的类型

1.1 铠装的最普通的形式是：

- a) 钢带铠装——在电缆护套外面，采用一层或几层具有短节距的螺旋绕包钢带所组成。
- b) 钢丝铠装——采用圆的、扁的或梯形的钢丝以相当大的节距螺旋绕包在电缆护套上所形成。

1.2 为了结构上和机械上的原因，或者是为了防止腐蚀，这两种类型的铠装可与其他保护层（如黄麻、塑料）共同使用。

2 铠装的选择

在决定采用或不采用铠装以及在各种类型的结构中选择时，应当根据给定的当地安装条件很仔细地考虑。

例如：

- a) 电缆是在管道中还是直接在土壤中敷设；
- b) 电缆敷设在道路旁边的沟壕中还是在私有的土地上；
- c) 电缆护套采用什么样的材料；
- d) 在同一个路由上是否已经有或者可能敷设其它电缆；
- e) 土壤的性质：石地、沙地、腐蚀或不腐蚀、有无微生物存在；
- f) 沟的深度：在任何情况下不应小于50厘米，而对大电缆不应小于80厘米；
- g) 感应的危险性；
- h) 啮齿动物或昆虫的侵蚀的危险性；
- i) 对于雷击的暴露程度；
- j) 线路的容量及重要性是否需加特殊的措施，如果认为有必要，钢丝铠装可以提供附加的保护，特别是在人孔里；
- k) 是否有以大长度牵引的要求，例如穿越河底的情况（因为这种情况不常有，不需要设想在陆上电缆中加入一根中心加强线的新设计）。

3 提供的保护

对于直接埋设在土壤中的电缆，铠装对电缆的安全安装和运行可靠，提供了以下的保护：

- a) 由于石头以及挖掘设备与工具引起的机械损伤；
- b) 啮齿动物或昆虫的侵蚀；
- c) 化学的或电解的腐蚀；
- d) 大气放电的影响；
- e) 与电力线接近而引起的感应现象。

4 钢带铠装

钢带铠装是用来防止由于尖的挖掘工具，石头的尖角等引起的损坏对电缆内的电路提供磁屏蔽方面也是有用的，对于这种屏蔽，钢丝铠装的效果要小得多，因为缠绕在电缆周围的钢丝之间的空隙，大大降低了铠装护套和电缆内导线之间的磁耦合。

5 钢丝铠装

钢丝铠装对电缆有显著附加拉伸强度，并且对于高牵引应力（大长度的牵引）或使用条件所引起的高应力是有利的，例如存在大地下沉的采矿地区，以及通过水中和泥塘或引向矿井处的电缆。

6 铠装的一般型式

铝和铅的金属护套电缆，最普遍采用的铠装型式是在浸渍纸或黄麻层之间螺旋状绕包两层钢带，外面有黄麻或其它纤维保护。这种类型的铠装保证了§3中所列的五种因素能得到充分的保护。

对于塑料护套电缆可以采用一种轻铠装，它由两层塑料（聚乙烯或聚氯乙烯）复盖层之间的金属带（钢、铝或铜）形成。这种电缆设计主要用于防止上面3.b)和3.c)提到的危险，并且，在一定程度上也防止了3.a)和3.d)的危险。

7 干线电缆的铠装

长途通信网中的主要电缆，无疑是最好采用上述不透水的金属护套和常规的铠装来进行保护，但是这种保护的代价是相当高的。

采用焊接薄钢护套并加上沥青混合物或塑料护套的保护层能使电缆的成本降低。这种电缆可防止上述3.a)、b)、c)、d)引起的危险，但是保护程度较低；在钢护套内插入导体或铜带或铝带，可以获得一定程度的防感应效果。

8 管道电缆

经验表明，长度在300米以内的任何类型的没有铠装的对称电缆、同轴电缆或综合电缆，只要其拉伸应力分散在导体和护套的各组成部件之间，都能够牵引进入管道中。因此，以前使用的那种钢丝铠装可以省去。但是特殊的情况下除外（重要线路、大长度牵引，例如过河）。

9 腐蚀的考虑——带有金属护套的电缆

钢带和钢丝铠装对于缓和金属护套腐蚀是有用的。主要是因为它们有助于保持它们下面的浸渍涂层处于良好的状态，从而保护金属护套不受通气程度不同的影响等等。

10 啮齿动物和昆虫的侵蚀

啮齿动物的损害在一些地区有增多的趋势，无论是钢带铠装还是钢丝铠装将提供一个保护，但是这种方法是昂贵的，因而国际电报电话咨询委员会正研究一些便宜的夹层结构的可能性，如聚乙烯——薄铝——有涂层的钢带——聚乙烯。昆虫可能穿透外护层，但是将遇到金属。假如金属挡住了它们，则金属护套可能在以后由于腐蚀而失效，但是如果金属是粘接在内外两层聚乙烯管上，这就不太严重了。除了防止大多数啮齿动物和昆虫的侵蚀以外，这种类型的结构可比较便宜的提供某种程度的附加强度。

11 热带国家

在热带国家必须特别注意上述§6和§7，并且防止微生物引起的危险。

通常，仅仅在以下的情况下，铠装才可以省去：

- 电缆敷设在管道中；
- 没有磁屏蔽的要求，或者已由电缆内为此目的而设的一些其它金属层提供了这种屏蔽。
- 当不存在腐蚀危险的时候，或者已由电缆内为此目的而设的其他防蚀保护层提供了这种保护。
- 当电缆直接埋设在均匀的并且不包含很可能使电缆损坏的燧石或岩石的土壤时，以及没有啮齿动物或昆虫侵袭的危险时。

然而，即使在上述的情况下，对于特殊地区的具体条件下电缆铠装可能仍然是必要的。

建议L.4（日内瓦1972年、1976年修订于日内瓦）

电 缆 铝 护 套

1 概述

由于铝的使用工艺的进展，铝电缆护套的使用正在不断增长，它们有利的特性现在可以充分利用了。

这些特性包括：

- 低密度（几乎是铝的四分之一）；
- 机械强度远高于铅，因此，由于铝比铅轻而且其厚度低于铅，而使这种护套较轻；
- 抗震性很强；
- 导电率高，因此可得到较好的屏蔽系数和对由大气来的过电压有较有效的防护；

现在发现铝护套的坚硬性在敷设中不会引起任何附加的严重问题。

然而，由于铝比铅容易受电化学和电解腐蚀作用的危害，铝电缆护套和各制造长度的接头上（连接套管和其邻近一段电缆）要有Ⅱ级（见[1]）塑料外护层。

从上述可见，铝护套有许多性能比铅优越，所以铝护套电缆的广泛使用是可取的，至少当铝电缆比用铅时其价格不增加的时候，以及当铝护套能在更大范围上满足技术要求的时候是这样。在干线电缆中铝护套电缆的使用是特别有利的。

2 铝护套的类型

2.1 挤压护套

这种类型的护套是直接在线芯周围挤压上铝而得到的。压铝机可能是或不是“连续”型。如果不是连续的，必须注意要保证在压制过程中间断性所影响的区域没有引起任何问题。

2.2 焊接护套

制造这种类型的护套是在线芯周围加上一种纵向焊接的铝带。

2.3 护套形状和厚度的选择

护套经挤压和焊接后，可以被收缩于线芯上（不轧纹护套）或者用各种方法进行轧纹（轧纹护套）。

护套的轧纹或者不轧纹取决于线芯的直径，敷设中的最小曲率半径和使用的铝的机械特性（见[2]）。作为粗略的指导，可以说，在线芯直径大于40mm时护套应轧纹。

如§1所述，铝护套的金属厚度通常小于铅护套。

推荐表1/L 4所列的厚度，虽然表中所列的数值适用于挤压和焊接的护套，然而，挤压护套厚度不能小于0.9mm，而焊接套不能大于1.4mm，这是可以用现有的方法来焊接的最大厚度。

不排除采用小于表中所列的厚度，而相反，同轴电缆无铠装时，必须增加所有护套的金属厚度来改进机械防护，增加的厚度可以到大约0.3mm。

当然，在某些情况下可以采用与表不同的数值（例如，要求非常好的屏蔽系数时）。

3 保护覆盖层

如上所述，因为铝用于地下环境时比铅更易受腐蚀，应当按照文献[1]采用不透水（Ⅱ级）的覆盖层，以保证对电缆护套以及电缆各制造长度的连接区（接续套管及其邻近的电缆段）的保护。

目前能采用两种类型的塑料作为保护覆盖层：

- a) 聚氯乙烯（PVC）；
- b) 聚乙烯；

最好用聚乙烯，因为它的一般特性及对水气的低渗透性对铝提供更好的保护。

为了保证可能已经浸入保护层的潮气（例如，由于覆盖层上的一个缺陷）不致沿护套表面扩散而扩大腐蚀区，必须施加一个由一种胶粘带或一种合适的混合物的密封层。

密封层必须与铝粘合良好，特别是用PVC作覆盖层时，因为这种材料不象聚乙烯，挤出后并不紧贴于护套上。

表 1/L.4 推荐的厚度

缆 芯 直 径 (毫 米)		金 属 厚 度 (毫 米)	
最 小	最 大	不 轧 纹 的 护 套	轧 纹 的 护 套
	10	0.7~1.0	0.5~0.9
10	15	0.7~1.0	0.6~0.9
15	20	0.9~1.0	0.7~0.9
20	25	1.1	0.8~0.9
25	30	1.1~1.2	0.9
30	35	1.1~1.3	0.9~1.0
35	40	1.1~1.4	1.1
40	45	1.5	1.1~1.2
45	50	1.6	1.1~1.2
50	60		1.1~1.3
60	70		1.1~1.4
70	80		1.3~1.5

a) 如果要使轧纹护套得到和不轧纹护套近似同样的屏蔽系数, 厚度应该与不轧纹护套相同。

在轧纹护套的情况下, 沥青混合物必须把皱纹充分填满, 与外面的覆盖层完全接触。

密封层的效能应当进行特别的试验。常用的试验是从铝护套试样上剥去一部分保护覆盖层并用外加电动势使它受到电解腐蚀。过了一段时间后, 必须检查腐蚀是否局限于剥去保护覆盖层的地方。保护覆盖层的有效性可以用检查沥青混合物对铝护套以及塑料覆盖层的粘合力的试验来估计。

为了保证电缆敷设于雷击区时保护覆盖层的永久有效性(特别关于避免于雷击放电的穿孔)应当考虑在[3]中所给出的指示。

4 铝护套的接续

对于铝来说, 接续无疑要比铅护套更为困难。但这些困难已经因技术的改进而减少了。

有几种接续铝护套的方法:

— 用铅环或铅锥体连接, 这是用一种正常的方法——用铅套管连接焊或用特殊的胶水固定在铝护套上, 接着便可以焊到铅套管上;

— 用铝套管连接。这些铝套管用压力焊(爆炸、压力或冷焊)连接到铝护套上;

— 其他方法, 包括应用胶粘带及环氧树脂膏。

连接铝护套的各种方法必须符合[4]小册子所推荐的条件。

对于承受显著的温度变化的铝护套电缆, 由于电缆收缩而产生的张力不应由接头来承受, 因为这会导致接头损坏, 特别是不轧纹的护套。

5 阴极保护

目前只有少数互不联系的, 提供铝护套阴极保护经验的试验结果。

参 考 文 献

- [1] CCITT *Recommendations concerning the construction, installation and protection of telecommunication cables in public networks*, § 6.3, ITU, Geneva, revision 1974, amendments and additions, 1977.
- [2] *Ibid.*, § 5.4.4.
- [3] CCITT manual *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, Geneva, 1974, 1978.
- [4] CCITT manual *Jointing of plastic-sheathed cables*, ITU, Geneva, 1978.

除铅和铝以外其它金属做成的电缆护套

1 金属电缆护套的类型

1.1 最常见的作为铅护套或者铅护套代用的金属护套型式是皱纹钢护套。它是由一条长钢带,形成管状将缆心包裹在当中,采用适当的方法(惰性气体保护弧焊,工频或高频焊)沿纵缝焊接并轧纹而成。钢护套的外层保护是由包封在一层或数层塑料带上的有特殊粘性的防蚀混合物所提供,并填满皱纹的波谷。然后在钢保护混合物的外面挤压一层塑料,形成平滑的外护层。

1.2 为了防止感应电流§1.1所述的电缆,可以采用铝带或钢带纵包或螺旋绕包在皱纹钢护套里面。或是用皱纹铜护套来代替皱纹钢护套。

2 结构

2.1 金属带在缆心外围做成长管,沿其纵缝焊接并进行轧纹。

2.2 未加保护的钢带特别容易受到腐蚀。因而通常用一层混合物提供保护,其中可能夹有塑料带使得皱纹中填满保护混合物。在这些混合物的外面,挤上聚乙烯或类似Ⅱ级护层(见[1])的外护层。

2.3 这种电缆的铠装通常是不必要的。但是在特殊情况下可以采用。

3 应用

皱纹钢或皱纹铜护套电缆可适用于所有各种类型的电信电缆。影响其使用的主要考虑有下列几点:

- a) 考虑了一切因素(例如敷设费用,管道空间,电缆价格等),即使电缆的总直径比塑料护套、铅护套,不轧纹铝护套大,钢护套电信电缆可能比铅护套电缆更经济;
- b) 钢护套不容易受到由于公路或铁路振动而引起的损坏;
- c) 皱纹钢护套具有良好的弯曲性能;
- d) 带有平滑外护层的皱纹金属护套在安装时操作容易;
- e) 可用同一类型的电缆直埋地下或引进管道;
- f) 这种护套能够抵抗中等的挤压应力,并且能够对石头或挖掘工具引起的大部份损伤提供保护;
- g) 如果电缆钢护套的塑料护层破损,可以预想腐蚀迅速发生。

参 考 文 献

- [1] CCITT *Recommendations concerning the construction, installation and protection of telecommunication cables in public networks*, § 6.3, ITU, Geneva, revision 1974, amendments and additions, 1977.

建议 L.6 (日内瓦, 1972年)

电缆气压维护的方法

国际电报电话咨询委员会注意到当电缆护套穿孔或损伤时采用保护措施防止潮气进入电缆, 就可能使通信业务得到改善。为了确保在故障修理完毕前电路不致中断, 国际电报电话咨询委员会建议各主管部门认识《通信电缆的气压维护》国际电信联盟, 日内瓦, (1970)中给出的建议的效用。

建议 L.7 (日内瓦, 1976年)

联合阴极保护的应用

1 概述

几个地下金属构筑物的联合阴极保护的意思就是借助于共同的保护装置来防止这些构筑物腐蚀。

几个地下金属构筑物的联合保护系统是由这些构筑物之间的电气连结线和按照阴极保护和电气排流的要求设计的共同的保护装置所组成。

联合保护技术提高了埋设构筑物的可靠性, 改善了阴极保护装置的效率, 并且也节省了保护系统的总投资和维护费用。

2 应用联合阴极保护的条件的

当不同的地下金属构筑物互相接近或交越的时候, 以及在必须避免有保护的构筑物对邻近的未加保护的构筑物的有害影响的情况下, 对这些地下金属设备应用联合阴极保护是切实可行的办法, 只要经济上合理, 而且没有更好的办法来避免这种影响。被保护设备阴极化对邻近的地下金属构筑物的有害影响发生于以下情况中:

- a) 测得的电位比推荐值偏低或偏高;
- b) 增加了邻近的地下金属构筑物腐蚀的危险性。

电信电缆与其它构筑物的联合保护在下列情况下能合理地应用:

- a) 与邻近地下构筑物的距离通常不超过50米;
- b) 地下设备互相交越;
- c) 阴极保护系统的地线或活性阳极对附近的构筑物产生有害的影响。

当电力系统发生接地故障或短路时电信电缆的对地电位不超过当地或国家规定的安全数值的情况下, 可以按照参考文献[1]来考虑电信电缆与电力电缆的联合保护。

联合保护设备应该保证被保护的构筑物的电位值在参考文献[1]所指出的数值范围以内。

在联合保护的情况下, 可以采用带有输出电流自动控制的阴极保护设备。

3 电气连接的条件

被保护的构筑物之间用一种专用的连接线进行电气连接。一般有直通的, 带电阻器(用于限制电流)的和极性的三种。

直通的连接线用于下列情况:

- a) 同类型的地下构筑物互相交越或接近;
- b) 不同类型的地下构筑物之间采用直通连接线时不致减小主要的阴极保护系统的效率。

带有控制电流的电阻器的连接线用于不同类型的构筑物之间的保护电位应当进行控制的情况下。

极性连接线应用于下列情况:

- a) 当连接排流和阴极保护系统时;
- b) 防止电流从各种管线流入电信设备;
- c) 阴极保护设备故障时的保护。

连接线不应当装在地下埋设构筑物和电力电缆和设备之间, 除非按照当地或国家的安全规范连接, 并且当电力系统故障时这样做是安全的情况下。

4 联合阴极保护装置性的监测

联合阴极保护装置应采用下列方法监测:

- a) 保护器件和保护设备的例行检查;
- b) 按照当地规定的程序, 在保护设备合上和打开时, 对组成联合阴极保护系统的所有设备进行相互作用电位差的例行测量。

当联合阴极保护系统进行试验或改变的时候, 建议参加联合阴极保护系统的那些地下构筑物的运营机构的代表在场或取得同意。

参 考 文 献

- [1] CCITT *Recommendations concerning the construction, installation and protection of telecommunication cables in public networks*, ITU, Geneva, revision 1974, amendments and additions, 1977.

建议 L.8 (日内瓦, 1976年)

交流电流引起的腐蚀

实验室试验和工业装置的检查结果都表明杂散交流电流能够引起腐蚀。

然而, 在铅皮上用失重法来比较直流电流和交流电流对腐蚀的影响的另外一些试验, 表明交流电流引起的腐蚀比直流电流轻微得多。交流腐蚀以小孔的形状表现出来。

下面几点应该注意:

- 交流腐蚀是少见的, 但当频率低于常用的50赫的市电频率时较容易发生。
- 由于土壤性质或金属表面的氧化物或杂质可能引起的整流作用。

还没有实际可行的方法弄清楚发生腐蚀时的电流密度和电压。常见的个别的小孔, 阳极和阴极反应发生在金属同一表面的事实, 以及环境的化学特性的变化, 使得在目前不可能得出临界电流密度的任何准确的概念或定义。

看来下述的意见是合理的, 即低电压的交流电流对钢或铅通常没有什么危险, 但对铝在某些情况下可能产生腐蚀。

