

自动化丛书



电力网远动通道

〔苏联〕A. A. 依林著 乐茂生译

上海科学技术出版社

72.185
360

自动化丛书

18

电力网远动通道

〔苏联〕A. A. 依林 著

乐茂生 译 沈志广 校

51498.61

上海科学技术出版社



內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远动学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編写的专题論著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书討論利用电力网綫作远动通道的若干主要問題。

书中提供各种分支电力网(架空綫和电纜、直流和交流)中所有主要元件的电气参数;詳細闡述对綫路进行合理的改造使成为高频通道的問題。还說明电网中形成諧振現象的原因,并介紹調整綫路使到达最佳行波状态的方法。

书中并提供了电力网上高频通道的分析計算法,很适于工程計算。同时书中还談到了模拟問題。

本书可供远动工程技術人員及大专学生参考。

РАЗВЕТВЛЕННЫЕ СИЛОВЫЕ СЕТИ КАК КАНАЛЫ СВЯЗИ ДЛЯ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

А. А. Ильин

Госэнергоиздат • 1961

自动化丛书(18)

电力网远动通道

乐茂生 譯 沈志广 校

自动化丛书編輯委员会主編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 063 号

大东集成印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印張 3 16/32 排版字数 75,000

1963年6月第1版 1963年6月第1次印刷 印数 1—3,800

統一書号 15119·1732 定价(十二) 0.42 元

原 序

現代技術進展最顯著的特征，就是向綜合機械化和自動化的方向過渡。

國民經濟的某些部門，如動力、鐵道運輸、農業、礦井、石油工業、冶金等，在遼闊的地區上分布有很多的企业。為了確保這些企业中的各個對象和機構工作得很協調，集中（調度）控制與監視就有很大的意義。遠距離監視和控制的各種問題是遠動學研究的對象，其中包括：遙遠控制、遙遠調節、遙遠測量和遙遠訊號（遙控、遙調、遙測、遙訊或簡稱遙控-遙訊）。

要使遠動系統正常地工作，必須在調度點（ДЦ）與各執行對象（ИО）之間傳送大量命令和消息，所以，如何最可靠而又經濟地傳送控制訊號和監視訊號的方法就有着重大的意義。

上述課題可以利用每個企业已有的配電網（РЭС）來解決。

在任何企业中，10/0.2 千伏的電力配電網照例遍及所有主要的對象。所以這種綫路通常都很长而且有很多支綫。在農業和石油工業等處的配電網最长，相距很远各點間的距离可達几十甚至几百公里。礦山企业、工厂等配電網的长度較短，約几公里。

利用電力配電網作為通訊通道來構成遠動系統，可以避免額外建造昂貴的綫路設備，同時也就避免耗費大量的有色金屬和其他稀缺材料。從經濟觀點着眼，宜優先利用距离較长的（总长不小于 10 公里）配電網。

在某些場合下，例如要與運動對象（電機車、電車、掘土机等）進行联系，即使利用較短的綫路也是合理的。在礦井中利

用电力配电网来通訊特別有发展前途，因为用无綫电通道或通訊電纜都非常困难。无綫電訊号在矿井中的傳輸远度，取决于矿山石层的电阻系数及采用的波长(几米到几百米)^[28]。由于矿井环境很潮湿而富有爆炸性，且有許多可能引起机械损伤的机会，因而使本来又昂貴又稀缺的電纜设备在架設和維護方面都极为不利。架空或電纜电力綫路的优点就在于具有較高的、机械上的牢固性和可靠性。

目前已有很多具体数据可以說明由于利用了电力配电网的远动系統而取得的技术經濟效果。例如，由于运用了矿井的高頻調度通訊，車輛的利用率提高了30%以上。仅仅是一个矿井每年就能節約一万到三万卢布。在矿井中運輸系統采用了遙控-遙訊，則節約数字还可以增加一倍。

将远动系統应用于农业和国民經济的其他部門中，技术經濟指标也不会太低。

应用各种直流和交流的10/0.2千伏配电网为高頻調度通訊和远动化服务的任务已基本解决。在农业和矿井中，这种电网被利用得最为广泛；在石油工业、煤矿工业、公用事业等方面，利用配电网的研究尙在进行。实际上，經過特殊处理后，任何配电网，不論是架空綫还是電纜，都能用来傳輸控制訊号和監視訊号^[3, 4, 6, 10, 11, 13, 19, 20, 24, 25]。

自 动 化 丛 书

已 出 版 书 目

- (1) 自动系统中的电校正元件
.....[苏联] П. К. 克鲁格, Е. К. 克鲁格著 甘和貴譯
- (2) 核辐射在自动检测中的应用
.....[苏联] Н. Н. 苏米洛夫斯基, Л. В. 梅里特采尔著 吳欽偉譯
- (3) 时间继电器[苏联] П. В. 德魯仁宁著 詹紀鴻譯
- (4) 有热敏电阻的继电器与变送器
.....[苏联] П. К. 森恰也夫, Н. П. 烏达洛夫著 張鴻森譯
- (5) 差动电容式位移变送器[苏联] В. А. 阿秋科夫斯基著 鄭劍英譯
- (6) 电子模拟装置[苏联] А. К. 甘魯里奇著 甘和貴譯
- (7) ПУМБ-2 型多点快速记录装置[苏联] В. А. 李哈契夫著 吳培根譯
- (8) 电磁离合器[苏联] Т. М. 沃罗比耶娃著 章长东譯
- (9) 快速随动系统及调节器的结构原理...[苏联] А. Я. 列尔涅尔著 胡保生譯
- (10) 抗扰调节[苏联] П. М. 烏兰諾夫著 胡保生譯
- (11) 电动执行机构[苏联] П. Л. 舍加勒著 詹紀鴻譯
- (12) 自动补偿式数字仪表[苏联] К. А. 聶特列边科著 馬少梅譯
- (13) 光学温度变送器[苏联] П. П. 卡迪斯著 張厚民譯
- (14) 液动放大器[苏联] Н. М. 克拉索夫著 汪时雍譯
- (15) 静止式电磁变频器[苏联] Л. Л. 罗然斯基著 吳培根譯
- (16) 带数字控制电阻的计算转换器[苏联] В. Б. 斯莫洛夫著 叶新山譯
- (17) 无触点磁继电器[苏联] Н. М. 季申科著 李鼎年譯
- (18) 电力网远动通道[苏联] А. А. 依林著 乐茂生譯

即 将 出 版 书 目

- 远动技术.....[苏联] В. С. 馬洛夫著 陶佩珞譯
- 現代遙測系統
[苏联] Я. А. 庫別尔什米特, В. С. 馬洛夫, А. М. 普申尼奇尼科夫著 徐心平譯
- 运动訊息傳輸...[苏联] П. П. 华西里耶夫, П. А. 沙斯托娃著 張鷟立, 丁明道譯
- 磁放大器在直流自动电力拖动中的应用
.....[苏联] С. С. 罗依津, Н. Н. 梅德尼科娃著 吳增謙譯
- 数字程序控制机床..... 呂維雪編著

目 录

原 序

第1章 在电力线路上构成运动通道的原理	1
1. 频谱分配及构成通道的方法	1
2. 在分支电力网上构成高频通道的特点	4
3. 分支电力网的基本类型	7
4. 若干电訊理論知識	9
第2章 分支电力网的电气参数	18
5. 概論	18
6. 架空电力线的电气参数	18
7. 矿井接触电网的电气参数	25
8. 电力电缆线路的电气参数	35
9. 电力配电网中各种设备的输入阻抗	41
第3章 电力网的高频改造	43
10. 连接设备	44
11. 高频阻流器	48
12. 高频跨接线	54
第4章 电力网中的电压分布	56
13. 线路的工作状态	56
14. 行波状态及其形成条件	59
15. 分支线的输入阻抗	63
第5章 配电网的计算	67
16. 线路工作损耗单元估算法	68
17. 力矩法	72
18. 模拟法	79
第6章 电气干扰	84
19. 概述	84

20. 10/0.2 千伏架空配电网中的干扰.....	86
21. 电纜綫路中的干扰	89
22. 电气运输接触网中的干扰	90
第 7 章 配电网上的远动通道装置	95
23. 試制装置方面的几点結論	95
24. 远动通道装置用在分支电力网上的簡單介紹	98
参考文献	103

第 1 章

在电力线路上构成远动通道的原理

1. 頻譜分配及构成通道的方法

远动訊号的傳輸与电话和电报的傳輸相仿。远动訊号也象通訊訊号一样,可利用架空和電纜等有綫綫路、輸电綫和无綫电通道來傳輸。

目前,利用 0.1~400 千伏輸电綫作远动通道、高頻通訊通道和高頻保护的通道已日益广泛。在这种情况下,远动訊号用交流傳送,而远动通道就称为頻率通道。

与电话通道相比,远动頻率通道最显著的特点在于它們所占的頻帶較窄。实际上根据动作速度、滤波器类型以及抗干扰性的要求等来看,远动通道占用的頻帶为几赫到几百赫。在用有綫綫路傳輸訊号时工作頻率范围从零(直流电)开始,并分成:低音頻段(0~300 赫),中音頻段(300~3000 赫),高音頻段(3~6 千赫)以及較高音頻段(超过 6 千赫)。

在輸电綫上各远动通道的頻率范围为 30~300 千赫。但在短些的綫路上也可能采用較高的頻率(到 1000 千赫),因为用高頻率傳輸訊号时衰耗較大。較低頻率(<30 千赫)之所以不被采用是由于干扰电平太高。輸电綫上的干扰强度随着頻率的降低而增加。

用专用设备可将整个工作频段划分成一系列的远动通道。在最简单的情况下,高频电流本身就是遥控-遥讯(TV-TC)讯号。在线路两端,各通道是利用滤波器来分隔的^[2, 15]。

滤波器容许规定频段内的电流通行无阻(损耗很小),而阻

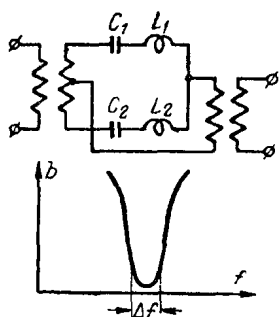


图1 桥式差接滤波器环节及其频率特性曲线

止在規定頻率範圍以外的電流通過(產生很大的衰耗)。為使在一條綫路上組成大量的通道,就必須有通帶很窄的濾波器。但是過分壓縮通帶會使濾波器電路複雜化。

窄帶濾波器多半是按照橋式差接電路配成的(圖1)。在某些情況下,當需要極穩定的頻率特性時,則採用石英濾波器。

目前採用的遙控-遙訊系統中,多半用調制的高頻電流作遠動訊號。在這種遠動系統中,也象在高頻電話中一樣,高頻(載波)被音頻(副載波)所調制。由於高頻通道就是為傳送訊號之用,故而整個音頻頻帶不妨全部占滿,在整個音頻頻帶中可以組織20路遠動通道。

與濾分高頻頻率相比較,濾分音頻頻率所需的濾波器電路就要簡單一些,這樣就有可能將整個音頻頻譜劃分成很多寬約100~200赫的窄頻帶。例如,在TMT-6M型裝置中,音頻頻帶被劃分成16路通道,其中每路寬度為180赫。

目前簡單串聯諧振回路形式的選頻器流行甚廣,回路的電感綫圈繞制在鋁硅鐵心或鐵氧體心上,這樣在低頻時可以得到較高的品質因數。電感綫圈做成自耦變壓器的形式,在它的降壓繞組上接入執行繼電器。每一回路都調諧到與某一通道頻率諧振。所以,當有符合該頻率的訊號來臨時,則與該

頻率諧振的回路中的继电器就动作。

采用 TИ-60 型环形磁心的电感时,在 $300 \sim 3000$ 赫的音频频带内可以安排 $15 \sim 20$ 个谐振频率。

在通道的发送端对高频电流进行调制和在接收端进行解调,可以采用调幅 (AM)、调频 (FM) 或调相 (ΦM) 方法。实际上大致只采用前两种调制方法 (图 2)。

在调幅时 (图 2 a), 高频电流 (被调制者) 的幅度随着低频电流 (调制者) 的变动而变化。在调频时 (图 2 b), 高频电流的幅度没有变化, 而它的频率则随着低频电流幅度的变动而变化。

调制后, 信号是由载频电流以及所谓“边频”的电流组成。当调制电流是频率为 f 的纯粹正弦电流时, 经过调幅后除了载频 F 外, 还产生上边频 $F+f$ 和下边频 $F-f$ 。在一般情况下往往不是一个边频而是一个或几个边频带。

在线路上可以将两个边频带电流一起传送。这样, 线路 (分组) 滤波器的电路就比较简单, 但是每一路通道要占据相当宽的频带 $(F+f) - (F-f) = 2f$, 而使通道数目显著减少。在大多数情况下只传送一个边带; 上边带或者下边带 (载频也不进行传送)。这时, 所占频带要减少一半以上 (约为 f), 而线路滤波器电路就要稍为复杂一点。

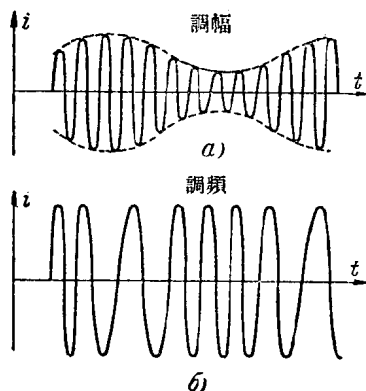


图 2 已调制电流的波形

a—调幅 (AM) 的情况;

b—调频 (FM) 的情况

装設在通道接收端的反調制器，將綫路上送来的訊号恢复成原来在进入調制器以前的形式。調制器和反調制器可以采用各种电路，包含有非綫性元件、电子管、半导体二极管和三极管等等。

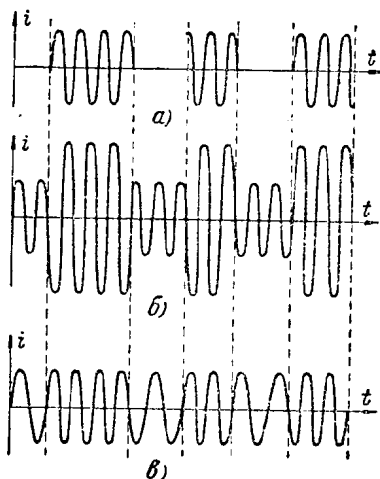


图 3 电流曲线

a 、 $б$ —振幅鍵控； $в$ —頻率鍵控

在振幅鍵控的情况下，于間隔（停息）期間，綫路电流应陡然下降或完全截止（图 3 a 与 $б$ ）。在頻率鍵控的情况下，从脉冲轉为間隔时，綫路电流的頻率要随之突变（图 3 $в$ ）。鍵控作用是利用电磁继电器或无触点继电器来实现的。

2. 在分支电力网上构成高频通道的特点

与有綫通訊綫路相比，分支电力网具有一系列的特点，这些特点主要是由于綫路結構不同和綫路上有 50 赫电流存在而造成的。电力配电网高频通道的結構图示于图 4。

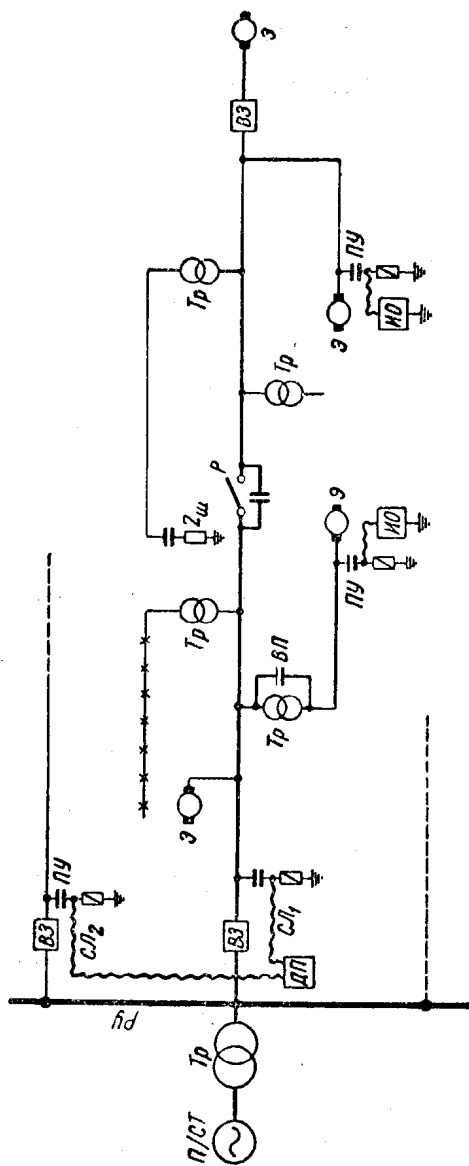


图4 电力配电线上高频通道的结构图

II/CT—牽引變電所；CJ—連接綫路；B3—高頻阻流器；II—調度端；HO—執行對象

遙控-遙訊裝置是通过特殊的連接設備接到輸電网上去的,这种連接設備对保證機件和操作人員的安全都是必需的。連接設備中的主要元件是耦合電容器,它容許高頻電流通行无阻,而 50 赫的電流則實際上完全通不過。

分支電力網原來是為將電能分配給企業中的各主要對象而建設的。在建造時根本未曾考慮到作為通訊道的一些要求。在 10/0.2 千伏的配電网上接有各種不同的電氣設備(電力變壓器 T_p 、發電機、電動機 $\mathcal{B}$ 、油斷路器、變電所、高壓電纜等等)。所有這些都对遠動訊號的傳輸產生極不利的影響,使訊號的傳輸遭到意外的衰耗。

低輸入阻抗的一些接入設備所造成的影響最為顯著。例如,大功率電動機、電纜、靜電電容器等都屬於這一類。

各配電網的結構形式彼此差異極大,照例有很多分支綫,而其中有些分支綫的長度可能在一個或幾分之一個波長上下。分支綫和干綫的終端大多是開路的。

長度在 $\frac{1}{4}\lambda$ 、 $\frac{3}{4}\lambda$ 等等左右的開路分支綫的輸入阻抗很低,所以在它們的接入點,對高頻電流來說實際上等於短路。當通道電路中必須接入諸如此類的分支綫時,則在分支綫的終端必須接一個負載,負載的阻抗 Z_n 應等於綫路的波阻抗。這樣,分支綫的輸入阻抗也就提高到等於綫路波阻抗的數值。倘若有的分支綫上沒有遙控-遙訊對象,則分支綫與干綫聯接處必須設置高頻阻流器(B3)。

為了構成一條統一的通訊電路,在電網的某些點上都要設置高頻跨接綫(BII)。例如,當每一個相互隔開的綫路區間都由自己的牽引變電所供電時,裝設在電氣機車接觸網上的分段隔離開關(P)兩端必須接有高頻跨接綫。高頻跨接綫可裝設在中間電力變壓器(T_p)處,因為這種變壓器對高頻

电流造成显著的损耗，高频跨接綫也可以装在中間变电站的旁路綫以及其他的一些位置上。

特殊抗干扰滤波器形式的、降低干扰电平的装置也属于高频通道设备。

3. 分支电力网的基本类型

对于构成通訊道来说，最有发展前途的是矿井、石油工业、铁道运输与城市运输、农业与城市公用事业、巨型冶金联合企业以及建筑工地等工矿企业的电力配电网。

按照电流种类来分，这些电网可以分为交流綫路和直流綫路两种。属于直流綫路的有电机車、铁道运输、城市运输和地下运输的接触网。

铁道运输接触网的綫路很长，而在各变电站轄区内，不同分布形式的分支綫的数目不多。在一般情况下牵引变电所是通过架空饋电綫接入电网的。

城市电气运输系統具有距离短得多而分支更多的接触电网。綫路长度可以从几公里到几十公里。煤矿接触电网在分布形式和长度方面都近似城市电气运输系統的电网。在其他矿井中接触电网的长度更短而分支还要多。在这些矿井中綫路长度一般不超过 1~2 公里。牵引变电所与城市运输和地下运输接触电网之間是用电纜来连接的。在綫路上电机車运行的数量决定于矿井的規模。除某些結構上的不同以外，这些接触电网在电压等級上也不相同，有 3300 伏、600 伏、260 伏三种。

在經過适当的高频改造后，接触电网可以有效地用来与电气列車进行高频調度通訊以及进行运输系統的遙控-遙訊。目前在地下和城市电气运输方面已有一系列类似的系統。露

天矿场、冶金工厂、港口和建筑工地的接触电网也可以类似地加以利用。

为数最多、式样最繁的是电压为 10/0.2 千伏的交流配电网组。这些电网可能是架空线、电缆或混合形式。由于这种

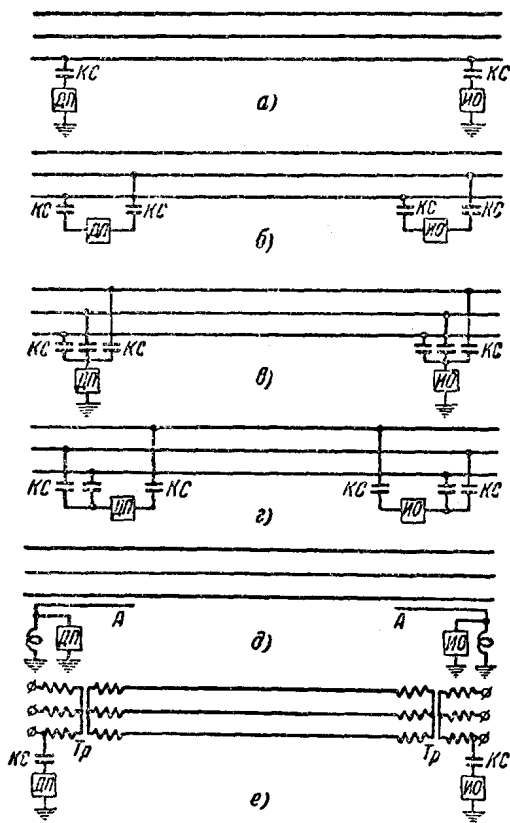


图 5 高频装置接到电力传输线上去的方法

a、б、в、г—采用耦合电容器 KC 的“相-地”、“相-相”、“三相-地”及“两相-相”电路；д—天线法；е—采用耦合电容器及电力变压器的方法

綫路具有多導綫的結構形式，因此有可能采用幾種不同的高頻接入裝置電路(圖5)：(a)“相-地”制；(b)“相-相”制；(c)“三相-地”制；(d)“兩相-相”制。

電路的選擇原則是：在連接設備最簡單的條件下使訊號衰耗最小。經常采用的是在高頻改造方面化費最少的“相-地”電路(只對綫路的一相進行改造)。

象高壓輸電綫一樣，電壓為10/0.2千伏的分支電力網也能有效地用於高頻通訊和構成運動通道。近幾年來所發表的一系列的著作^[10~13, 25, 27]，都証實在進行適當的高頻改造的條件下，沿分支電力網將運動訊號送過一段所需的距離，在理論上是可能的。已經肯定：在分支電力網上只有少數的接入設備時，訊號在綫路中的衰耗並不很大，因而運動訊號的傳輸距離可達幾十甚至幾百公里。在接入設備增多的情況下，傳輸距離便急劇減短。例如，沿礦井接觸電網的傳輸半徑總共只有幾公里。在這種綫路上，訊號值由於每公里衰耗和高頻電流經過各種不同接入設備(分支綫、電動機等等)產生大量漏泄，故而迅速減小。

在接入設備不多的情況下，訊號衰耗主要決定於綫路的電氣參數，這些參數則決定於綫路的結構(導綫數目、導綫懸掛物、導綫材料等)。為了減低分支電力網中各種不同接入設備所造成的損耗，必須對它們進行高頻改造。

為了分析高頻電流沿各種不同分支電力網的傳播情況，我們先介紹一些電訊理論的知識。

4. 若干電訊理論知識

如果綫路是由同一種材料和截面均勻的導綫構成的，導綫與導綫間的間隔相同，而且沿綫沒有任何負載，則這種綫路