

高等学校教学用书

雷达接收机

計算和設計

A. II. 西維尔斯著

高等教育出版社

高等学校教学用书



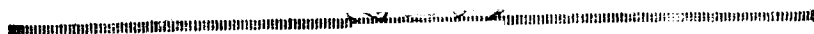
雷达接收机

計算和設計

A. II. 西維尔斯著

徐越彦譯

高等教育出版社



本書系根据苏联“苏維埃無線电”出版社(Издательство “Советское радио”) 1953年出版的 А. П. 西維爾斯(А. П. Сиверс)所著“雷达接收机, 計算和設計”(Радиолокационные приемники, расчет и проектирование)一書第二版譯出的。書中詳細地敘述了雷达接收机的設計过程, 全机和各部分的設計方法, 各种常用的电路及电路元件参数的計算方法。本書并附有大量的实用算例及各种輔助計算用的圖表。本書主要是作为高等学校雷达系雷达接收机課程的教学参考書, 也可供工厂和部队中的雷达工程师及技术員閱讀, 对于从事于超高频無線电通訊、多路脉冲通訊等方面的高等工業学校学生和技术人員也有很大的参考价值。

本書第七章由章季先同志参加翻譯, 其余部分由徐越彦同志翻譯, 保錫同志参加了对全書的校訂。

雷达接收机計算和設計

А. П. 西維爾斯著

徐越彦譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·440 開本 850×1168 1/32 印張 12 12/16 字數 303,000

一九五七年六月第一版

一九五七年六月上海第一次印刷

印數 1-3,700

定價(10) 1.90

目 录

序.....	6
緒論.....	7
第一章 雷达接收机概論和对它的主要要求.....	15
第二章 超外差雷达接收机方框圖的組成.....	25
1. 高頻設備方框圖的組成.....	25
2. 接收机总方框圖的選擇.....	30
3. 接收机所需通頻帶的計算.....	32
4. 中頻數值的選擇.....	36
5. 中頻放大器方框圖的組成.....	36
6. 檢波器型式的選擇.....	43
7. 視頻設備方框圖的組成.....	44
8. 自动頻率微調設備型式的選擇.....	46
9. 高頻設備各部分所需通頻帶的計算.....	50
第三章 厘米波接收机高頻設備的計算和設計.....	54
1. 厘米波接收机高頻設備概述和对它的主要要求.....	54
2. 饋綫型式的選擇, 饋綫尺寸与指标的計算.....	62
3. 天綫收發轉換器的設計.....	68
4. 晶体檢波混頻器(晶体混頻器)的設計.....	80
5. 外差振蕩器的設計.....	87
6. 中頻放大器輸入电路的選擇.....	96
7. 中頻放大器双迴路輸入电路的計算与設計.....	97
8. 中頻放大器單迴路輸入电路的計算与設計.....	109
9. 中頻放大器第一个电子管柵極上最小信号电压的計算.....	115
第四章 米波及分米波接收机高頻設備的計算和設計.....	119
1. 米波及分米波接收机高頻設備概述和对它的主要要求.....	119
2. 用五極管混頻的變頻器的計算和設計.....	127
3. 用三極管混頻及用集总常数的振蕩电路时, 變頻器的計算和設計.....	136
4. 当用三極管混頻并用一段同軸諧振綫作振蕩电路时, 變頻器的計算和設計.....	140

5. 五極管高頻放大器的計算和設計.....	144
6. 五極管高頻放大器輸入电路的計算和設計.....	157
7. 用三極管及集总常数的振荡电路时高頻放大器的計算和設計.....	161
8. 当用三極管和集总常数的振荡电路时,高頻放大器輸入电路的計算和設計.....	187
9. 用一段同軸諧振綫作振荡电路时,三極管高頻放大器的計算和設計	188
10. 用一段同軸諧振綫作振荡电路时,三極管高頻放大器輸入电路的計算和設計.....	199
11. 混頻管柵極上最小信号电压的計算.....	202
第五章 中頻放大器的計算和設計.....	204
1. 中頻放大器概述和对它的主要要求.....	204
2. 振荡电路电容量的選擇.....	209
3. 电子管型式的選擇.....	211
4. 中頻放大級电路的選擇.....	212
5. 單調諧中頻放大器所需級数及每級通頻帶的計算.....	215
6. 双調諧中頻放大器所需級数及每級通頻帶的計算.....	218
7. 兩級參差調諧中頻放大器所需級数及每級通頻帶的計算.....	223
8. 單調諧中頻放大器的計算和設計.....	226
9. 双調諧中頻放大器的种类.....	232
10. 当兩個振荡电路的衰减相等及通頻帶較窄 ($\Delta f_1/f_0 < 0.2$) 时,双調諧中頻放大器的計算和設計.....	233
11. 当兩個振荡电路的衰减不等及通頻帶較窄 ($\Delta f_1/f_0 < 0.2$) 时,双調諧中頻放大器的計算和設計.....	236
12. 通頻帶較寬 ($\Delta f_1/f_0 \geq 0.2$) 时,双調諧中頻放大器的計算和設計	242
13. 兩級參差調諧中頻放大器的計算和設計.....	246
14. 三級參差調諧中頻放大器的計算和設計.....	253
15. 每兩級和三級相同并有負回授的中頻放大器的計算和設計.....	255
16. 厘米波接收机中頻放大器的振荡电路电容量、电子管型式及各級电路的選擇.....	259
17. 厘米波接收机單調諧中頻放大器所需級数及各級通頻帶的計算.....	260
18. 厘米波接收机双調諧中頻放大器所需級数及各級通頻帶的計算.....	262
19. 厘米波接收机兩級參差調諧中頻放大器所需級数及各級通頻帶的計算.....	264
20. 各种不同电路的厘米波接收机中頻放大器的計算.....	265
21. 高頻及中頻放大量調整器的計算和設計.....	264
22. 使中頻放大器工作稳定的方法.....	272
第六章 檢波器的計算和設計.....	281
1. 檢波器概述和对它的主要要求.....	281

2. 單端式二極管檢波器的計算和設計	283
3. 雙端式二極管檢波器的設計	294
4. 陽極檢波器和陰極檢波器的設計	296
5. 晶体檢波器的設計	298
第七章 視頻設備的計算和設計	299
1. 視頻設備概述	299
2. 對視頻設備的主要要求	300
3. 示波管和接收機裝在一起的單路視頻設備方框圖的確定	311
4. 示波管的位置在接收機附近時,單路視頻設備方框圖的確定	312
5. 示波管遠離接收機時,單路視頻設備方框圖的確定	313
6. 多路視頻設備方框圖的確定	317
7. 確定視頻設備方框圖時的各種見解	320
8. 末級的計算和設計	324
9. 視頻電壓放大級的計算和設計	337
10. 匹配綫性級的計算和設計	341
11. 限幅器的計算和設計	344
12. 綫性限幅級的計算和設計	348
13. 不匹配綫性級的計算和設計	349
14. 視頻設備放大量調整器的計算和設計	353
15. 視頻設備計算舉例	357
第八章 雷達接收機自動頻率微調設備的設計和計算	362
1. 自動頻率微調設備概述和對它的主要要求	362
2. 雙路自動頻率微調設備的功率衰減器、混頻器和放大器的設計	370
3. 自動微調檢波器的設計	375
4. 頻率調整器的設計	383
5. 使外差振蕩器頻率保持不變的自動頻率微調設備	389
第九章 雷達接收機的抗干擾電路和設備	392
附錄 厘米波雷達接收機計算舉例	403
參考書目	408

高等学校教学用书



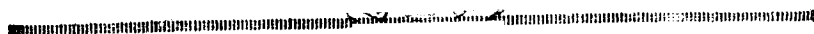
雷达接收机

計算和設計

A. II. 西維尔斯著

徐越彦譯

高等教育出版社



本書系根据苏联“苏維埃無線电”出版社(Издательство “Советское радио”) 1953年出版的 А. П. 西維爾斯(А. П. Сиверс)所著“雷达接收机, 計算和設計”(Радиолокационные приемники, расчет и проектирование)一書第二版譯出的。書中詳細地敘述了雷达接收机的設計过程, 全机和各部分的設計方法, 各种常用的电路及电路元件参数的計算方法。本書并附有大量的实用算例及各种輔助計算用的圖表。本書主要是作为高等学校雷达系雷达接收机課程的教学参考書, 也可供工厂和部队中的雷达工程师及技术員閱讀, 对于从事于超高频無線电通訊、多路脉冲通訊等方面的高等工業学校学生和技术人員也有很大的参考价值。

本書第七章由章季先同志参加翻譯, 其余部分由徐越彦同志翻譯, 保錫同志参加了对全書的校訂。

雷达接收机計算和設計

А. П. 西維爾斯著

徐越彦譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·440 開本 850×1168 1/32 印張 12 12/16 字數 303,000

一九五七年六月第一版

一九五七年六月上海第一次印刷

印數 1-3,700

定價(10) 1.90

目 录

序.....	6
緒論.....	7
第一章 雷达接收机概論和对它的主要要求.....	15
第二章 超外差雷达接收机方框圖的組成.....	25
1. 高頻設備方框圖的組成.....	25
2. 接收机总方框圖的選擇.....	30
3. 接收机所需通頻帶的計算.....	32
4. 中頻數值的選擇.....	36
5. 中頻放大器方框圖的組成.....	36
6. 檢波器型式的選擇.....	43
7. 視頻設備方框圖的組成.....	44
8. 自动頻率微調設備型式的選擇.....	46
9. 高頻設備各部分所需通頻帶的計算.....	50
第三章 厘米波接收机高頻設備的計算和設計.....	54
1. 厘米波接收机高頻設備概述和对它的主要要求.....	54
2. 饋綫型式的選擇, 饋綫尺寸与指标的計算.....	62
3. 天綫收發轉換器的設計.....	68
4. 晶体檢波混頻器(晶体混頻器)的設計.....	80
5. 外差振蕩器的設計.....	87
6. 中頻放大器輸入電路的選擇.....	96
7. 中頻放大器双迴路輸入電路的計算与設計.....	97
8. 中頻放大器單迴路輸入電路的計算与設計.....	109
9. 中頻放大器第一个电子管柵極上最小信号电压的計算.....	115
第四章 米波及分米波接收机高頻設備的計算和設計.....	119
1. 米波及分米波接收机高頻設備概述和对它的主要要求.....	119
2. 用五極管混頻的變頻器的計算和設計.....	127
3. 用三極管混頻及用集总常数的振蕩电路时, 變頻器的計算和設計.....	136
4. 当用三極管混頻并用一段同軸諧振綫作振蕩电路时, 變頻器的計算和設計.....	140

5. 五極管高頻放大器的計算和設計.....	144
6. 五極管高頻放大器輸入电路的計算和設計.....	157
7. 用三極管及集总常数的振荡电路时高頻放大器的計算和設計.....	161
8. 当用三極管和集总常数的振荡电路时,高頻放大器輸入电路的計算和設計.....	187
9. 用一段同軸諧振綫作振荡电路时,三極管高頻放大器的計算和設計	188
10. 用一段同軸諧振綫作振荡电路时,三極管高頻放大器輸入电路的計算和設計.....	199
11. 混頻管柵極上最小信号电压的計算.....	202
第五章 中頻放大器的計算和設計.....	204
1. 中頻放大器概述和对它的主要要求.....	204
2. 振荡电路电容量的选择.....	209
3. 电子管型式的选择.....	211
4. 中頻放大級电路的选择.....	212
5. 單調諧中頻放大器所需級数及每級通頻帶的計算.....	215
6. 双調諧中頻放大器所需級数及每級通頻帶的計算.....	218
7. 兩級參差調諧中頻放大器所需級数及每級通頻帶的計算.....	223
8. 單調諧中頻放大器的計算和設計.....	226
9. 双調諧中頻放大器的种类.....	232
10. 当两个振荡电路的衰减相等及通頻帶較窄 ($\Delta f_1/f_0 < 0.2$) 时,双調諧中頻放大器的計算和設計.....	233
11. 当两个振荡电路的衰减不等及通頻帶較窄 ($\Delta f_1/f_0 < 0.2$) 时,双調諧中頻放大器的計算和設計.....	236
12. 通頻帶較寬 ($\Delta f_1/f_0 \geq 0.2$) 时,双調諧中頻放大器的計算和設計	242
13. 兩級參差調諧中頻放大器的計算和設計.....	246
14. 三級參差調諧中頻放大器的計算和設計.....	253
15. 每兩級和三級相同并有負回授的中頻放大器的計算和設計.....	255
16. 厘米波接收机中頻放大器的振荡电路电容量、电子管型式及各級电路的选择.....	259
17. 厘米波接收机單調諧中頻放大器所需級数及各級通頻帶的計算.....	260
18. 厘米波接收机双調諧中頻放大器所需級数及各級通頻帶的計算.....	262
19. 厘米波接收机兩級參差調諧中頻放大器所需級数及各級通頻帶的計算.....	264
20. 各种不同电路的厘米波接收机中頻放大器的計算.....	265
21. 高頻及中頻放大大量調整器的計算和設計.....	264
22. 使中頻放大器工作稳定的方法.....	272
第六章 檢波器的計算和設計.....	281
1. 檢波器概述和对它的主要要求.....	281

2. 單端式二極管檢波器的計算和設計	283
3. 雙端式二極管檢波器的設計	294
4. 陽極檢波器和陰極檢波器的設計	296
5. 晶体檢波器的設計	298
第七章 視頻設備的計算和設計	299
1. 視頻設備概述	299
2. 對視頻設備的主要要求	300
3. 示波管和接收機裝在一起的單路視頻設備方框圖的確定	311
4. 示波管的位置在接收機附近時,單路視頻設備方框圖的確定	312
5. 示波管遠離接收機時,單路視頻設備方框圖的確定	313
6. 多路視頻設備方框圖的確定	317
7. 確定視頻設備方框圖時的各種見解	320
8. 末級的計算和設計	324
9. 視頻電壓放大級的計算和設計	337
10. 匹配綫性級的計算和設計	341
11. 限幅器的計算和設計	344
12. 綫性限幅級的計算和設計	348
13. 不匹配綫性級的計算和設計	349
14. 視頻設備放大量調整器的計算和設計	353
15. 視頻設備計算舉例	357
第八章 雷達接收機自動頻率微調設備的設計和計算	362
1. 自動頻率微調設備概述和對它的主要要求	362
2. 雙路自動頻率微調設備的功率衰減器、混頻器和放大器的設計	370
3. 自動微調檢波器的設計	375
4. 頻率調整器的設計	383
5. 使外差振蕩器頻率保持不變的自動頻率微調設備	389
第九章 雷達接收機的抗干擾電路和設備	392
附錄 厘米波雷達接收機計算舉例	403
參考書目	408

序

苏联学者所做出的巨大工作建立了無線电接收的严正理論。

但是,直到現在,我們还缺乏系統地叙述接收机及其各級的計算与設計問題的書籍。此外,我們也缺乏足够全面地討論雷达信号接收問題的書籍。

本書講述雷达接收机及其各級的計算和設計的問題。本書所引用的材料都會在本国和外国的書刊中發表过。

本書主要是想滿足高等学校的需要,但是,作者也希望本書中所講的材料能对無線电工程师和技术員有所裨益。

作者对技术科学博士 В. И. 西福罗夫 (В. И. Сифоров) 教授、А. А. 沙維列夫 (А. А. Савельев) 副教授、В. Н. 依万諾夫 (В. Н. Иванов) 副教授在本書草稿的討論与批評中所提出的宝貴意見致以深切的謝意。作者請讀者能对本書的內容提出自己的意見和希望。

作者

緒 論

雷达所用的基本原理就是無線电波被各种目标所反射,这是偉大的俄国学者無線电發明家 A. C. 波波夫 (A. C. Попов) 早在 1897 就發現了的。波波夫早已指出的这个新的技术部門到現在已經得到广泛的应用。由于航空客运和貨运的扩大,海运以及内河航运的發达,就需要大量地利用無線电定位工具 (雷达) 来指揮飞机和船艦。利用雷达解决了如在黑夜,在困难的气象条件下,在还不熟悉的地区中駕駛飞机与船艦等等这些問題,这样就大大增加了空运、海运和内河航运的可能和效率。要估量一下雷达的作用,只要提到下面几点就够了:它能預先警告飞机与飞机間,或飞机与高山間有互撞的危險;它使飞机能够进行盲目飞行和着陆,在飞机来往頻繁的航綫上改善飞机的指揮;它能使船艦沿着狹窄的航路航行,并且保証大海中的船只在黑夜和濃霧中航行而沒有互撞的危險,以及作气象观察等等。

因此,对雷达設備和雷达机的研究是现代無線电工程最迫切的任务之一。

任何雷达机中都有雷达接收机,它的好坏影响到整个雷达机工作的質量。雷达接收机的研究一般包括設計和計算接收机及其所有各級,定出样机的結構,进行样机的制造、調整和試驗等。利用得出的結果和經驗可以进一步进行試制,然后再大批生产接收机。自然,雷达接收机的設計和計算是它的制造的重要一环,常常是能否制造成功的決定因素。

接收机的設計和計算包括下面几个主要步驟:(a) 画出接收机

的方框圖(包括为此所需的計算);(б)選擇各級的电路并且加以計算;(в)画出原理圖;(г)計算出对接收机所要求的各項指标;(д)选定接收机結構的基本原則。

要能掌握接收机的設計和計算过程,仅仅知道一些基本的公式和深刻地了解接收机中所發生的物理現象还是不够的。我們必須对于在实际中所遇到的各种基本問題研究出一套可行的解决办法,这样才能很快地并且正确地選擇出最好的方案。这套办法应当是根据以前进行过的設計工作的結果加以分析和綜合然后得出的。我們也必須得出一些数学公式,以便于用来計算在一般实际情况下所能碰到的所有电路,只有这样,接收机及其各級的計算才能很快进行。这些計算公式應該归納成一个严格的体系,其中要附有解决实际問題的例子并附有包含最常用的各种計算結果的圖表。

本書的基本任务也就是要制定出一个解决設計問題和包含各种計算公式的体系。

書中也講了一些有关制定雷达接收机的結構的主要問題。

到現在为止,关于超短波雷达脉冲信号接收的各种物理过程的叙述还不是很完全的。在已發表的雷达接收机元件的研究著作中,还没有能够用来进行設計的各种計算公式及結論。在本書的写作过程中已弥补了上述的缺点。

本書的主要注意力放在能直接观察目标的超外差雷达接收机的設計和計算上。这是因为实际上所有的雷达机,包括大多数自动跟踪雷达在內,都包含有直接观察目标的电路。至于說到自动跟踪接收电路的設計問題,那么这种电路和接收技術問題的关系是比較少的,远不如和整个自动跟踪系統設計問題的关系来得密切。

苏联和俄国的学者及工程师在創立和發展無線电接收技术方

面的指導作用是舉世公認的。為了要証實這句話，讓我們來回顧一下創立現代雷達接收機、它的計算方法和理論的無線電接收技術這一部門的發展簡史。

偉大的俄國學者無線電發明家波波夫制成了世界上第一架接收機，奠定了無線電工程發展的基础。1895年5月7日在俄國物理化學協會的會議上，波波夫陳列了一個裝置，其中具備了無線電接收所必需的所有元件：像外露的接收天綫，輸入電路，以及把接收到的振蕩波變成信號而作用在接收設備上的粉末檢波器。1896年3月24日，波波夫曾用這個機件來接收距離接收機250米遠的發射機發出來的電報信號。

1899年波波夫利用耳機把接收到的電報信號變成可听聞的信號，因而大大地提高了接收機的靈敏度。在1900到1901年，因為波波夫用礦石檢波器來代替粉末檢波器並且在天綫振蕩電路中用了調諧的方法，因而更提高了接收設備的靈敏度。

在1914年以前，礦石接收機還是無線電接收機的主要型式，後來在俄國學者拉特庚（Ладугин）在1873年所發現的熱陰極真空管的基础上製造出了電子管，因為應用電子管的緣故，又使接收技術前進了一大步。

1910年，В. И. 柯伐連柯夫（В. И. Коваленков）在世界上第一次用他自己研究出來的三極管來放大信號，不久以後，又用四極管來放大。

用交流電壓電源（或交流電流電源）來代替放大管的原理以及放大管等效電路的引用，對於利用電子管放大信號的理論的發展有着巨大的意義。1928年，А. И. 別爾格（А. И. Берг）院士採用把電子管特性曲綫當作綫性的方法，創立了計算放大器的理論和方法。這方法曾在1929年他所發表的專門論著“無線電工程計算基础”的第一部“放大器”中刊載過。

В. И. 西福罗夫創立的多級放大器穩定性的理論對於獲得穩定的高放大系數有着巨大的意義。他的這個理論曾在 1930—1932 年間的許多論文內和“諧振放大器”一書中發表過。

1933—1936 年間，В. И. 西福罗夫創立了帶通放大器的理論和計算方法，並且於 1936 年和 1939 年發表在專門論著“帶通放大器”和“高頻放大器”兩書中。

Г. С. 采肯 (Г. С. Цыкин)、Н. Л. 別士拉德諾夫 (Н. Л. Безладнов) 的研究，以及在 Г. В. 伏依希維羅 (Г. В. Войшвилло) 的教科書和 А. А. 里士肯 (А. А. Ризкин) 的許多著作中所講到的音頻放大器的理論和計算方法對於低頻放大技術的發展有着決定性的意義。

應用具有頻率特性和相位特性的補償電路的電阻放大器以得到寬頻帶放大的理論，是 Г. В. 勃拉烏捷 (Г. В. Брауде) 及其同事們研究出來的，並且發表在 1934—1949 年間的許多論文中。

А. А. 科羅索夫 (А. А. Колосов) 在他的著作“超高頻的接收”和“米波寬頻帶放大器的特點”兩書中曾經詳細地研究了中頻和高頻寬頻帶放大器，這兩書發表在 1945—1947 年。

早在 1929—1930 年，Н. Н. 克雷洛夫 (Н. Н. Крылов) 就開始了在放大脈沖信號方面有非常重大意義的瞬變過程的研究，繼續這一工作的有 Ю. Б. 科勃沙列夫 (Ю. Б. Кобзарев)、А. В. 阿捷也夫 (А. В. Агеев)、А. Н. 舒金 (А. Н. Шукин)、О. Б. 魯力也 (О. Б. Лурье)、М. И. 康多諾維奇 (М. И. Конторович) 等人，一直到 С. И. 叶夫嘉諾夫 (С. И. Евтянов) 在 1948 年發表了“接收放大電路中的瞬變過程”一書，更具备了嚴正的理論。

В. Л. 克列依采爾 (В. Л. Крейцер) 在 1940 年就研究了陰極輸出放大器的理論，這種放大器在雷達接收機的視頻設備中用得很多。

М. А. 鮑奇-伯魯也維奇 (М. А. Бонч-Бруевич) 在 1931 年就首先提出了在放大超短波信号方面用得很广的电子管栅極接地放大級。1939 年 Н. Д. 捷夫雅特科夫 (Н. Д. Девятков) 在世界上第一个提出用圓盤形引綫的三極管 (塔形三極管——譯者注), 这是最合适的分米波放大管。也是他在 1938 年提出了用同軸諧振綫作为塔形管工作在分米波时的諧振电路。超高频放大的一般理論是由 В. И. 西福罗夫創立的, 并發表于 1947 年。

变频問題在 В. И. 西福罗夫、Л. Б. 斯列伯揚 (Л. Б. Слепян) 1932—1939 年間的著作中曾詳細地闡明过。Л. С. 顧特金 (Л. С. Гуткин) 在 1948 年曾詳細地研究了二極管变频器。1937 年 М. С. 涅依芒 (М. С. Нейман) 首先提供了封閉空腔諧振器, 在 1938 年又提供了鐳形空腔諧振器。后者后来用在 1940 年 В. Ф. 柯伐連柯 (В. Ф. Коваленко) 所發明的回复速調管外差振蕩器中。

檢波器的計算方法首先于 1929 年在 Л. Б. 斯列伯揚所著的“作为檢波器的电子管”一書中得到闡明。应当指出, 現在具有高度水平的非綫性系統的理論主要应归功于苏联学者 Л. И. 曼極尔希打姆 (Л. И. Мандельштам)、Н. Д. 帕帕列克西 (Н. Д. Папалекси)、А. А. 安德罗諾夫 (А. А. Андронов) 和其他等人的工作, 他們对解决非綫性的問題給出了最严格而普遍性的方法, 因而使得苏联在無綫电工程中的这个方面成为領導的中心。Н. Н. 克雷洛夫 1949 年所發表的“無綫电接收机非綫性元件中电的过程”一書就是最近詳細地討論檢波器中的各种現象 (包括瞬变过程) 的著作之一。

研究接收机內部噪声和降低噪声方法的工作有: В. А. 格拉諾夫斯克 (В. А. Грановск) 在 1936 年發表的專門著作“电起伏”; В. И. 西福罗夫 1948 年进行的超短波电子管噪声性質的研究; А. П. 別罗烏索夫 (А. П. Белоусов)、В. И. 西福罗夫和 А. А. 科罗索夫在 1946 年进行的脉冲信号接收机灵敏度問題的研究等。