

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



HOÀNG THỊ HÙNG

**GIẢI PHÁP BÙ MÉO PHI TUYẾN
TRONG MÁY THU SỐ ĐA KÊNH BĂNG RỘNG**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Viễn thông

Mã số: 8.52.02.08

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2020

Luận văn được hoàn thành tại:
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học:

TS. NGUYỄN VIỆT HƯNG

Phản biện 1 :.....

Phản biện 2 :.....

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ
tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Vào lúc: giờ ngày.....tháng.....năm 2020

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn Thông.

MỞ ĐẦU

Những năm gần đây sự xuất hiện của công nghệ vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm (SDR) đã và đang mở ra những bước tiến nhảy vọt trong việc phát triển hệ thống thông tin hiện đại. Một trong những thiết bị đi đầu trong việc ứng dụng công nghệ SDR nói trên chính là dòng máy thu vô tuyến số băng rộng đa kênh.

Nguyên nhân hình thành chính của méo phi tuyến phần lớn là do các thành phần phi tuyến trong mạch (các bộ khuếch đại, các linh kiện điện tử tích cực...). Do đó, việc nghiên cứu giải pháp bù méo phi tuyến trong máy thu số gặp rất nhiều khó khăn.

Trong lĩnh vực vô tuyến điện quân sự tại Việt Nam hiện nay, các dòng máy thu phát tương tự đã đạt được những bước phát triển lớn khi mà tất cả chỉ tiêu của các sản phẩm này tương đương với các dòng máy nhập khẩu từ nước ngoài. Tuy nhiên dòng máy thu số băng rộng đang được nghiên cứu, phát triển đang gặp khó khăn trong việc giảm thiểu méo phi tuyến.

Xuất phát từ thực tế trên, học viên chọn đề tài “Giải pháp bù méo phi tuyến trong máy thu số đa kênh băng rộng” nhằm nâng cao chất lượng các dòng máy thu số đa kênh băng rộng.

Luận văn bao gồm 3 chương:

Chương 1 – Ảnh hưởng của méo phi tuyến trong máy thu số

Chương 2 – Giải pháp bù méo phi tuyến trong máy thu số

Chương 3 - Mô phỏng đánh giá các giải pháp bù méo phi tuyến trong máy thu số

CHƯƠNG 1. ẢNH HƯỞNG CỦA MÉO PHI TUYẾN TRONG MÁY THU SỐ

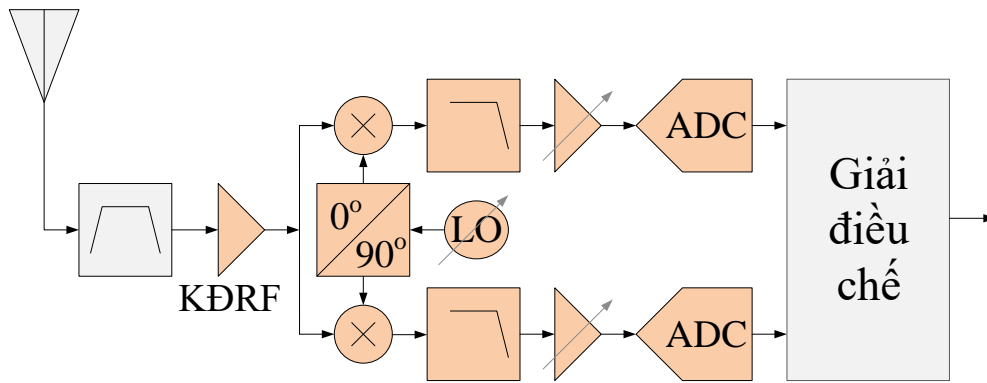
1.1 Giới thiệu chương

Máy thu kỹ thuật số đã thực hiện cách mạng hóa các hệ thống điện tử cho nhiều ứng dụng bao gồm truyền thông, thu thập dữ liệu và xử lý tín hiệu. Để đánh giá đầy đủ các lợi ích của máy thu kỹ thuật số, đầu tiên chương này sẽ trình bày về cấu trúc tổng quan của máy thu. Sau đó cấu trúc bên trong của máy thu kỹ thuật số trực tiếp băng rộng sẽ được mô tả. Cuối cùng, một số vấn đề gặp phải khi thực hiện máy thu số trực tiếp băng rộng.

1.2 Cấu trúc máy thu đổi tần trực tiếp

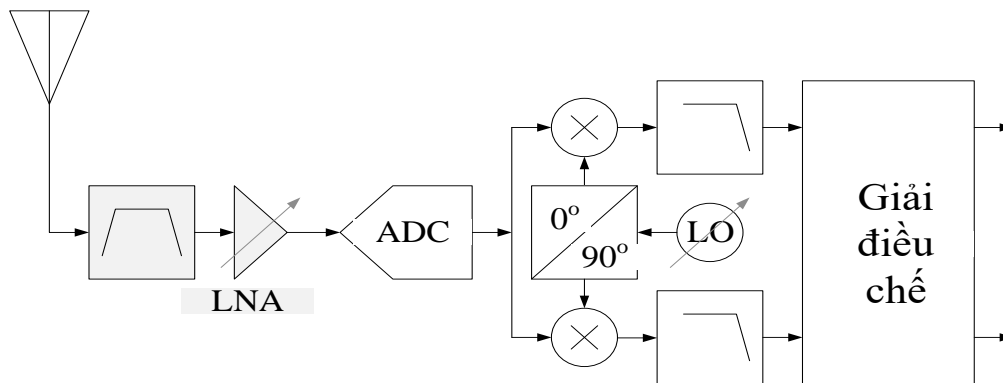
1.2.1 Khái quát về máy thu đổi tần trực tiếp sử dụng bộ trộn cầu phương tương tự

Với sự phát triển về công nghệ chế tạo IC, các bộ chuyển đổi ADC tốc độ cao và các bộ khuếch đại dải rộng và trộn cầu phương tương tự tích hợp cao ra đời thì cấu trúc đổi tần trực tiếp (DCR) đang là xu hướng thiết kế các máy thu hiện nay. Cấu trúc này có một số lợi thế trong thiết kế và sử dụng là cấu trúc đơn giản không có nhiều trung tần và nhiễu ảnh. Nhưng có một số khó khăn trong thiết kế là xuất hiện thành phần DC-offset, méo do mất cân bằng IQ và méo do phi tuyến của bộ khuếch đại RF. Các yếu tố ảnh hưởng này tác động đến máy thu tùy theo cấu trúc và chức năng của từng loại.



Hình 1.1: Cấu trúc của DCR dùng trộn cầu phương tương tự

1.2.2 Máy thu số hóa trực tiếp tín hiệu RF

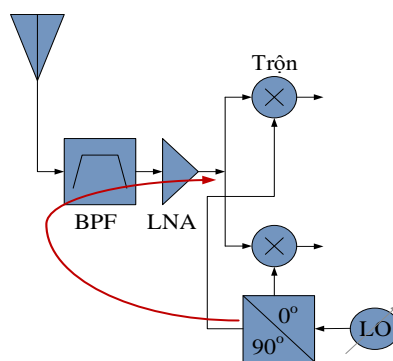


Hình 1.2: Cấu trúc DDCR số hóa tín hiệu RF

1.3 Các loại méo trong máy thu số

1.3.1 Thành phần DC-offset

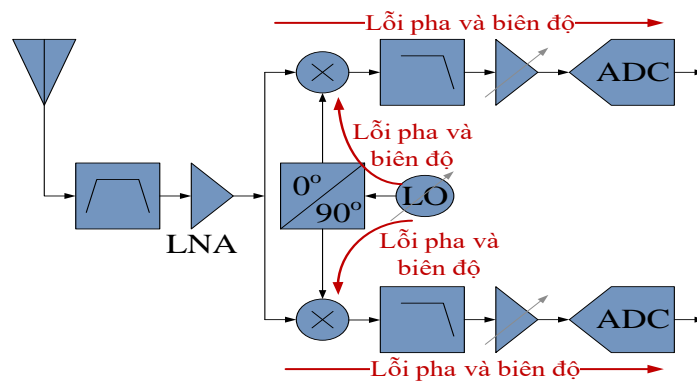
Do sự cách ly yếu giữa bộ tạo dao động nội (LO), tín hiệu đầu vào RF và các bộ khuếch đại RF, việc tự trộn tín hiệu LO và chính tín hiệu đầu vào có thể tạo ra các thành phần tín hiệu giả ở hoặc xung quanh DC.



Hình 1.3: Nguyên nhân sinh ra thành phần DC-offset trong DCR

1.3.2 Méo do mất cân bằng hai kênh cầu phương IQ

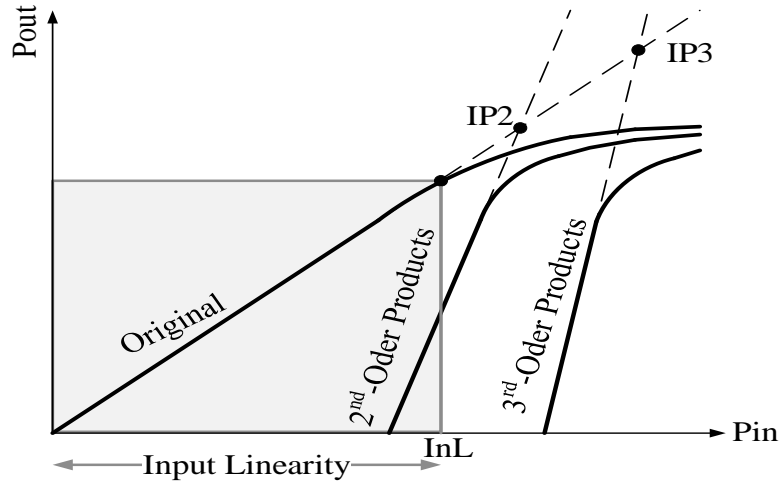
Một vấn đề thực tế quan trọng trong thiết kế DCR là sự mất cân bằng về pha cũng như biên độ của 2 nhánh I và Q. Sự mất cân bằng đầu tiên có thể xuất phát từ bộ tạo dao động cầu phương. Do được thiết kế bằng các mạch tương tự nên đầu ra sin/cos của LO không hoàn toàn vuông pha và bằng nhau về biên độ. Mất cân bằng thứ hai là do sự khác nhau của các mạch chức năng 2 kênh I/Q.



Hình 1.4: Nguyên nhân của méo do mất cân bằng I/Q

1.3.3 Méo do phi tuyến của khuếch đại RF

Bộ khuếch đại tín hiệu RF là bộ khuếch đại tín hiệu năng lượng rất thấp mà không làm thay đổi nhiều tỷ số tín hiệu/tạp âm. Mặc dù vai trò chính của KĐRF là khuếch đại các tín hiệu yếu nằm ngay trên nền tạp âm, nhưng trong thực tế khi có tín hiệu lớn nó sẽ gây ra hiện tượng méo xuyên điều chế. Một KĐRF tốt có hệ số tạp âm (NF) thấp, hệ số khuếch đại từ 10-20dB và điểm nén hài bậc 3 đủ lớn (IP3), dải động rộng. Các tham số kỹ thuật khác cần quan tâm khi lựa chọn như dải tần làm việc, đặc tuyến khuếch đại, năng lượng tiêu thụ...

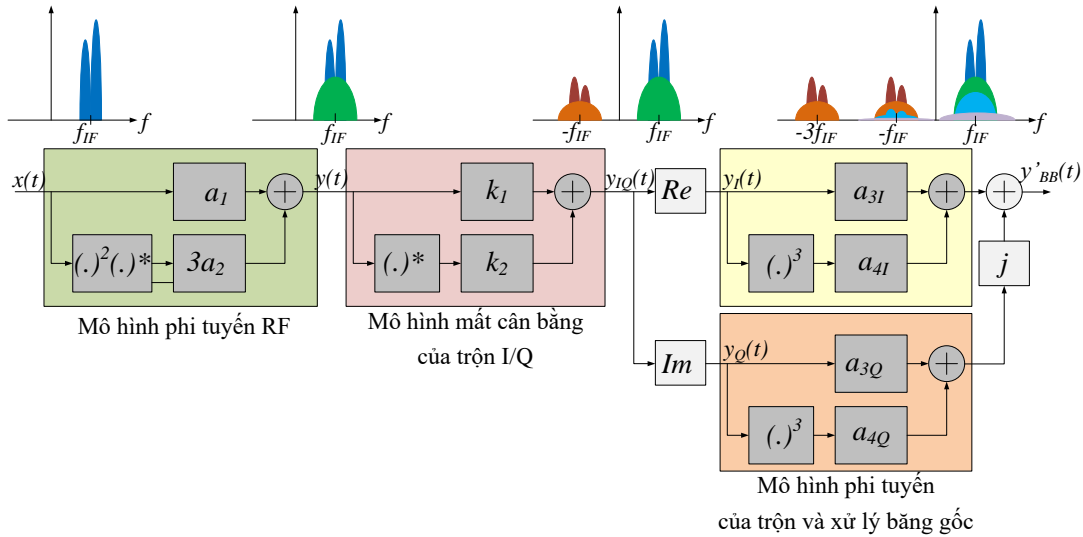


Hình 1.5: Đồ thị mô tả các tham số của KDRF

1.4 Mô hình phi tuyến của máy thu đổi tần trực tiếp

1.4.1 Méo phi tuyến thành phần RF

Trong các máy thu số trực tiếp, thành phần méo phi tuyến RF hầu như xuất phát ban đầu từ bộ LNA.



Hình 1.6: Mô hình méo Hammerstein cho RF, mất cân bằng IQ và băng gốc

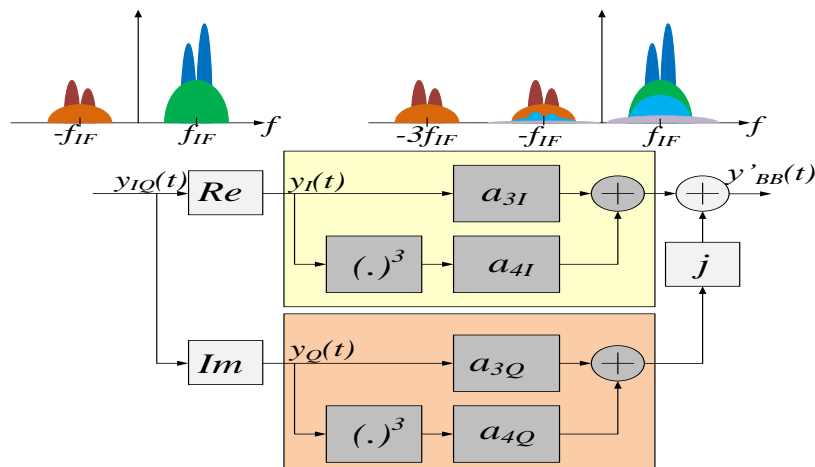
1.4.2 Mô hình phi tuyến của mất cân bằng I/Q

Sau LNA, tín hiệu RF đi vào bộ trộn I/Q băng rộng để chuyển tín hiệu xuống băng cơ sở. Thực tế, việc chuyển đổi xuống không phải là lý

tương và mất cân bằng I/Q xuất hiện gây ra tần số ảnh trong $y(t)$. Mất cân bằng I/Q được gây ra bởi mất phối hợp biên độ tương đối g_m giữa nhánh I và Q cũng như mất phối hợp pha ϕ_m . Nhìn chung mất phối I/Q có thể độc lập theo thời gian và chọn lọc theo tần số, nhưng các chi tiết này được bỏ qua ở đây để đơn giản hóa cho việc phân tích và ký hiệu ở đây.

1.4.3 Mô hình phi tuyến tại băng cơ sở

Sau khi chuyển đổi xuống I/Q, tín hiệu gặp phi tuyến BB xuất hiện ở các nhánh I và Q riêng biệt. Do đó, phi tuyến I và Q độc lập nhau. Đây là một trong những khác biệt chính giữa phi tuyến RF và BB. Điểm khác nhau nữa là các hài cũng xuất hiện ở bên trong băng thu bởi vì tín hiệu ở trên băng cơ sở và do đó các sóng mang độc lập chỉ có một tần số trung tần tương đối nhỏ.

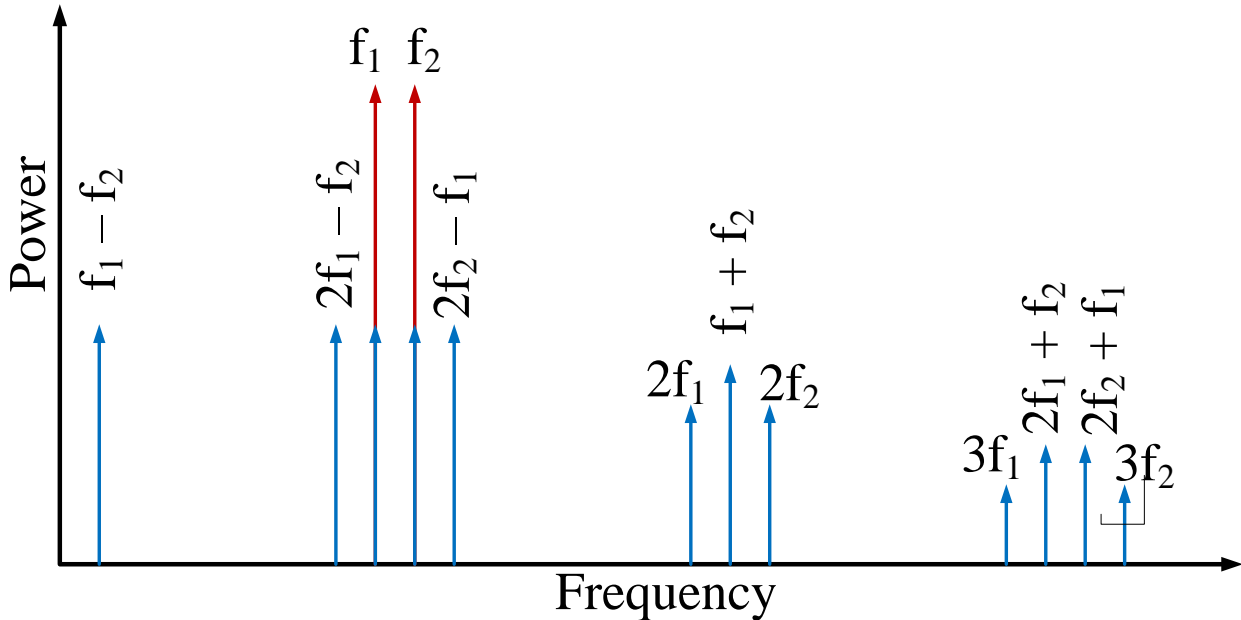


Hình 1.7: Mô hình phi tuyến BB đơn giản cho máy thu số trực tiếp

Mô hình phi tuyến có thể được đơn giản hơn như trong trường hợp ở phi tuyến RF. Bằng việc chỉ mô hình méo bậc ba thường đủ để đạt được méo quan trọng nhất. Méo BB bậc chẵn thường nằm bên cạnh băng tần nhận được, nhưng nó bị suy giảm rất cao do các giải pháp thiết kế mạch

tương tự thực tế. 5 Ảnh hưởng méo của KĐRF và mô hình phi tuyến trong máy thu đổi tần trực tiếp

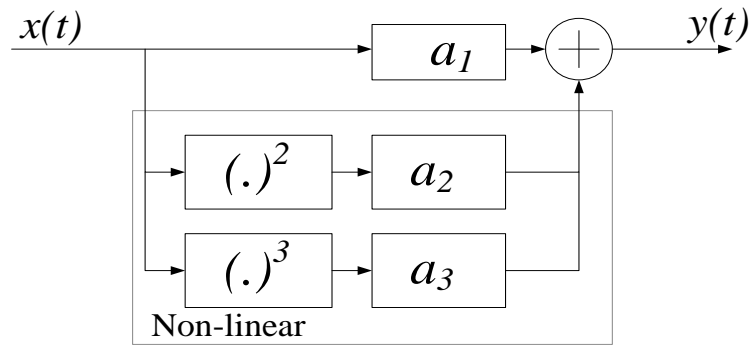
1.5.1 Méo phi tuyến của KĐRF



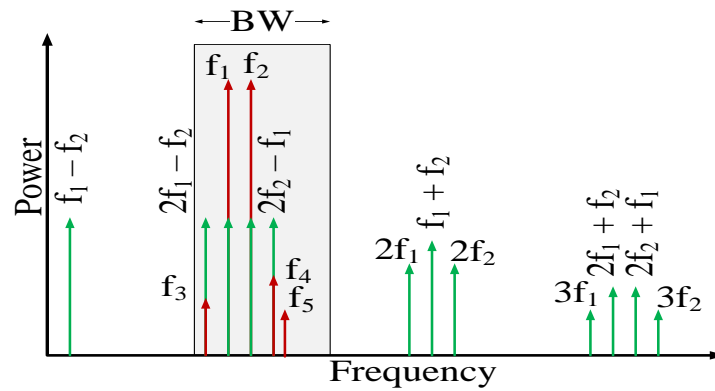
Hình 1.8: Méo sinh ra của KĐRF phi tuyến khi tín hiệu vào là 2-tone f_1 và f_2

1.5.2 Ảnh hưởng phi tuyến do KĐRF đến máy thu dùng bộ trộn cầu phương tương tự

Với cấu trúc dùng bộ trộn cầu phương tương tự thì thao tác trộn cầu phương và lọc tương tự giống như một bộ chuyển hạ tần số nên dải làm việc của máy thu chỉ đạt được xung quanh một dải nhất định và các kênh sóng mang đơn lẻ thường ở gần nhau. Do đó, khi KĐRF phi tuyến cần quan tâm xử lý các méo do kênh lân cận đầu vào có mức năng lượng lớn sinh ra.

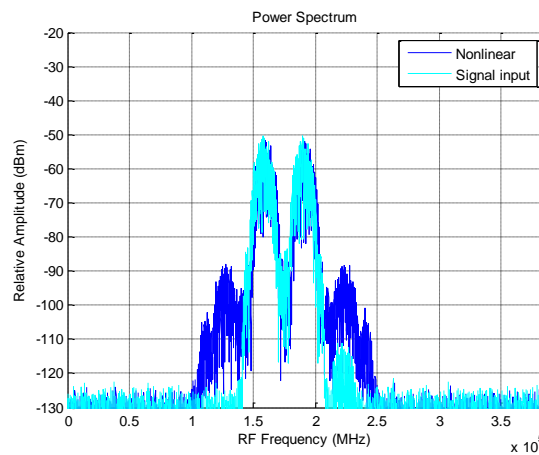


(a)



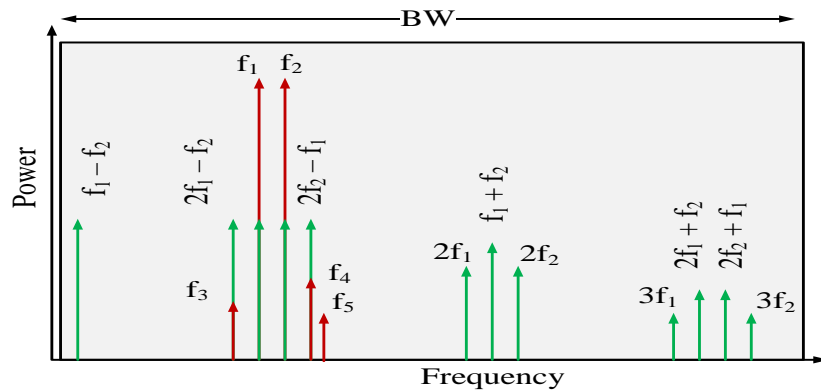
(b)

Hình 1.9: Mô hình phi tuyến của KDRF (a) và ảnh hưởng của méo giữa các kênh sóng mang dùng bộ trộn cầu phương tương tự (b)



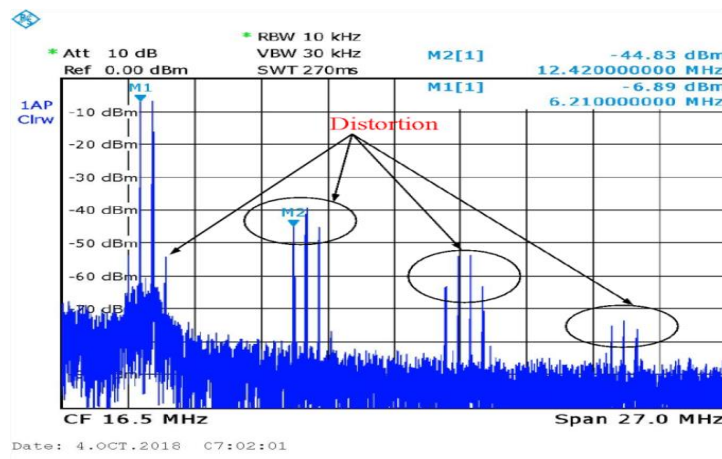
Hình 1.10: Méo phi tuyến của KDRF

1.5.3 Ảnh hưởng phi tuyến do KĐRF đến máy thu số hóa trực tiếp



Hình 1.11: Ảnh hưởng của méo phi tuyến của KĐRF tới máy thu số hóa trực tiếp

Kết quả phân tích từ mô hình phi tuyến của KĐRF cho máy thu số hóa trực tiếp cho ra các thành phần hài và xuyên nhiễu minh họa trong Hình 1.13 và kết quả đo đạc cho trong Hình 1.14. Trong đó các hài tần số $2f_1$, $2f_2$, $3f_1$, $3f_2$ và xuyên nhiễu tần số $f_1 + f_2$, $2f_1 + f_2$, $f_1 + 2f_2$ sẽ gây ảnh hưởng đến những kênh ở xa như f_4 , f_5 .



Hình 1.12: Các thành phần méo sinh ra bởi KĐRF với máy thu số hóa trực tiếp

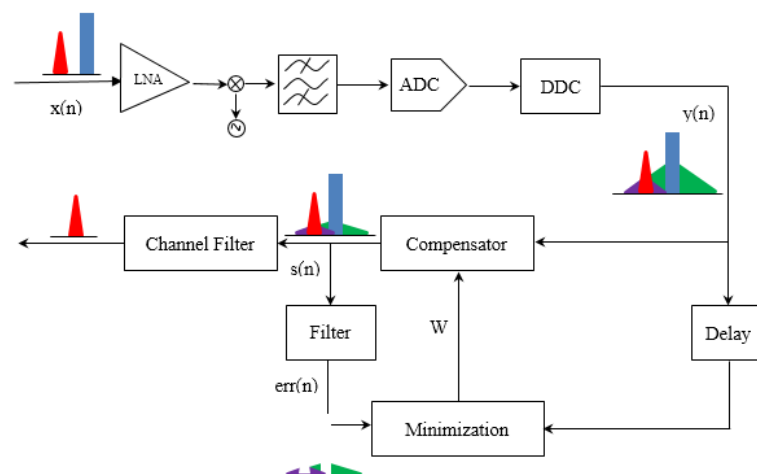
1.6 Kết luận chương

Các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến cấu trúc máy thu số trực tiếp bằng rộng cũng được trình bày. Các ảnh hưởng này bao gồm vấn đề dịch DC, mất phối hợp giữa hai nhánh I/Q, ảnh hưởng của tạp âm $1/f$, méo bậc, vấn đề điều khiển bộ khuếch đại đã được trình bày. Từ đó làm cơ sở cho việc tìm hiểu các giải pháp bù méo phi tuyến sẽ được trình bày cụ thể ở trong chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2. GIẢI PHÁP BÙ MÉO PHI TUYẾN TRONG MÁY THU SỐ

2.1 Bù méo phi tuyến với thuật toán nhận dạng mù trong miền thời gian

Bù méo phi tuyến trong máy thu không dễ dàng như trong máy phát bởi cả đầu vào và đầu ra của hệ thống phi tuyến không biết. Chỉ khi đầu ra phi tuyến có giá trị, vấn đề phải được giải quyết là giải quyết nhận dạng mù. Thực tế là dấu hiệu điển hình của méo phi tuyến là bức xạ ngoài băng. Tận dụng thông tin năng lượng phát xạ ngoài băng là một cách tốt nhất cho bù méo phi tuyến.



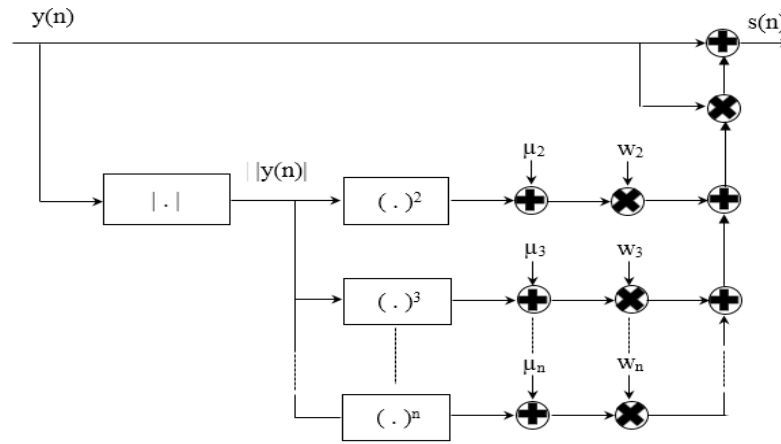
Hình 2.1: Sơ đồ bù méo

Sơ đồ bù méo được đề xuất được minh họa trong hình 2.1. Nguyên tắc là sử dụng một bộ lọc để thu được thành phần IDM trừ các dải và nhiễu mong muốn. Đầu ra của bộ lọc để tối thiểu hàm giá, các hệ số của phép bù được cập nhật một cách thích ứng. Khối τ biểu thị một bộ đệm trễ để đồng bộ tín hiệu đầu vào với đầu ra bộ lọc. Với bộ lọc xác định trước được thực hiện, τ là giá trị cố định. Phép bù dựa trên đa thức và chi tiết được thảo luận trong phần tiếp theo.

2.1.1 Mô hình bù méo

Lựa chọn hầu hết cho mô hình phi tuyến là mô hình đa thức sinh. Đa thức bù được giả định như sau:

$$s(n) = y(n) + \sum_{i=2}^N w_i |y(n)|^{i-1} y(n) \quad (2.1)$$



Hình 2.2: Mô hình bù méo đề xuất

Trong đó N là bậc phi tuyến. Mô hình này giả sử $w_1 = 1$, chỉ ra rằng phần tuyến tính có hệ số khuếch đại bằng 1. Có thể điều chỉnh $w_1 \neq 1$ bởi vì có thể thực hiện nhân với một hằng số tỷ lệ có thể dễ dàng khôi phục. Lý do sửa w_1 để ngăn chặn tín hiệu bị mất đi. Thực tế, một giải pháp tổng thể cho việc giảm thiểu thành phần ngoài băng là $w_i = 0$ ($i = 2, 3 \dots N$), do đó w_1 được cố định để ngăn chặn sự hội tụ thích nghi. Tuy nhiên, một tác dụng phụ phát sinh là việc cố định w_1 sẽ có ảnh hưởng tiêu cực đến ước lượng hệ số như tốc độ hội tụ chậm, do các phần còn lại của hàm có tương quan mạnh với $y(n)$.

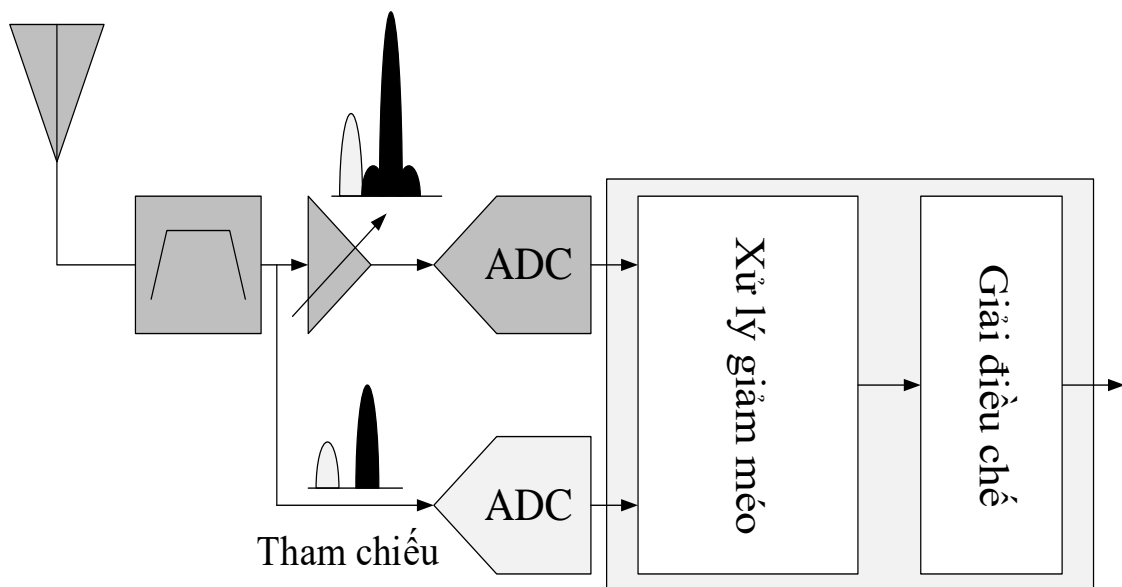
2.1.2 Thuật toán bù phi tuyến mù

Bộ lọc được sử dụng cho kỹ thuật bù được đề xuất để loại bỏ tín hiệu mong muốn và xuyên nhiễu để có được tín hiệu ngoài băng. Vì quá trình

xử lý bù là trong băng gốc nên tín hiệu mong muốn nằm ở trung tâm miền tần số trong khi xuyên nhiễu nằm bên cạnh. Do đó đáp ứng của bộ lọc nên bất đối xứng dẫn đến một bộ lọc có hệ số phức tạp. Do đó, việc thực hiện lọc ngoài băng yêu cầu 3 bộ lọc thực.

Một khía cạnh của bộ lọc ở đây là bộ lọc không có đáp ứng tần số chuẩn như lọc thông thấp, thông cao hay lọc dải. Ứng dụng cụ thể trong phép bù được đề xuất là thiết kế bộ lọc với đáp ứng xung tùy ý.

2.2 Sử dụng kênh thu phụ tuyến tính làm tham chiếu để xử lý méo



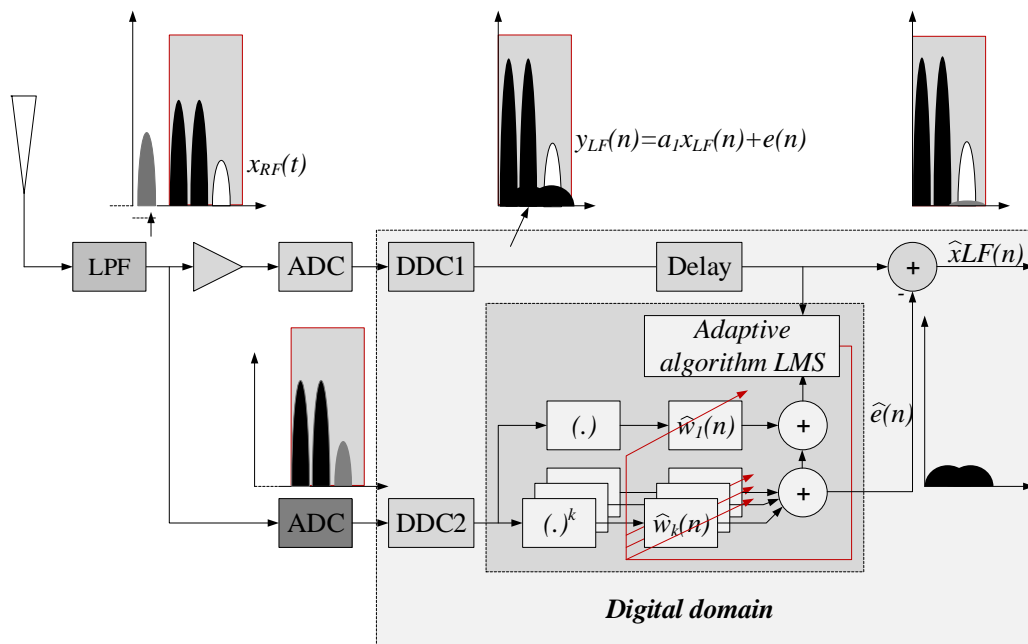
Hình 2.3: Cấu trúc máy thu sử dụng kênh thu phụ tuyến tính làm tham chiếu cho giải pháp giảm méo

Như đã trình bày ở trên, các kênh tín hiệu năng lượng lớn vào máy thu sẽ là các kênh có méo sinh ra do phi tuyến của KĐRF sinh ra làm ảnh hưởng đến chính kênh đó và các kênh khác có mức thu nhỏ.

2.2.1 Giảm méo phi tuyến LNA sử dụng máy thu tham chiếu với kỹ thuật oversampling

Trong phần này, mô hình DDCR đa kênh toàn dải với ADC số hóa trực tiếp tín hiệu từ RF được sử dụng. Tín hiệu RF từ anten được khuếch

đại, số hóa, chuyển sang tần số thấp và giảm méo. Giải pháp xử lý biến dạng được thực hiện dựa trên mô hình hai máy thu như tình bày ở trên. Tín hiệu RF của cả hai máy thu chính và máy thu tham chiếu sau ADC đều được chuyển xuống tần số thấp bởi hai bộ DDC có cấu trúc và tham số giống hệt nhau. méo của máy thu chính được xử lý sau DDC. Tín hiệu sau DDC của kênh tham chiếu được đưa vào mô hình phi tuyến để tái tạo méo. Thuật toán LMS được sử dụng để ước lượng các tham số ai trong công thức (1)/ Hình 3 làm cho méo sinh ra sau mô hình phi tuyến giống với méo của LNA. Loại bỏ méo của máy thu chính sau DDC bằng cách trừ tín hiệu bị méo đi méo được tái tạo hoặc nghịch đảo đặc tuyến của méo.



Hình 2.4: Sơ đồ cấu trúc của DRF-RXs dùng máy thu tham chiếu phụ

với kỹ thuật oversampling.

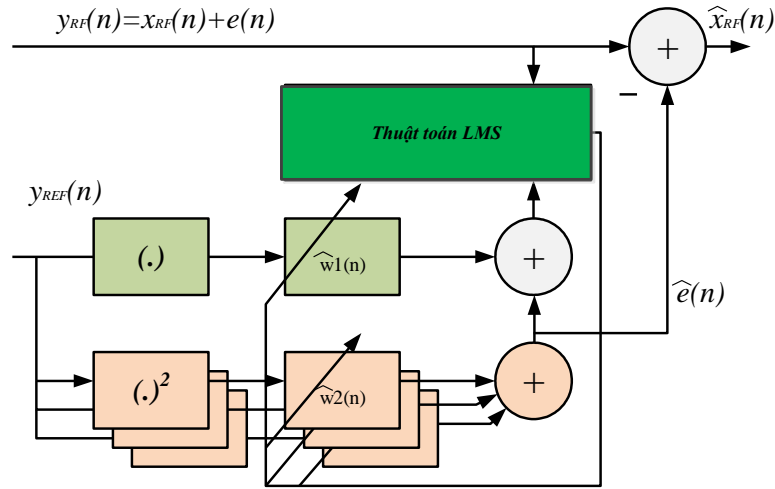
2.2.2 Giảm méo phi tuyến LNA sử dụng kênh thu tham chiếu với kỹ thuật under-sampling

Kỹ thuật này chỉ áp dụng được cho DDCR không đồng thời thu toàn dải mà chỉ làm việc trong một dải tần hẹp hoặc áp dụng cho ADCR. Kỹ

thuật undersampling còn được gọi là kỹ thuật lấy mẫu băng thông, lấy mẫu hài cho ADC [11, 12] được sử dụng trong đề xuất này. Tốc độ lấy mẫu của ADC kênh tham chiếu nhỏ hơn 2 lần so với tần số tối đa của tín hiệu nhưng lớn hơn hai lần dải tần của máy thu. Kỹ thuật undersampling hiện chỉ áp dụng cho lấy mẫu tại trung tần của máy thu [1]. Tín hiệu tại trung tần là tín hiệu đã được lọc bỏ phần lớn các thành phần bên ngoài băng nên việc lấy mẫu dưới sẽ đảm bảo không bị ảnh hưởng bởi các thành phần nằm ngoài băng. Ở đây chúng tôi sử dụng kỹ thuật này cho kênh tham chiếu phụ để thu được các tín hiệu có năng lượng lớn (kênh tín hiệu gây méo) bên trong dải làm việc máy thu. Với giải pháp này, để tránh aliasing không mong muốn trên kênh thu tham chiếu thì bộ lọc tương tự dải thông băng rộng được đặt phía trước ADC.

2.3 Mô tả thuật toán giảm méo bằng cách tái tạo và trừ méo

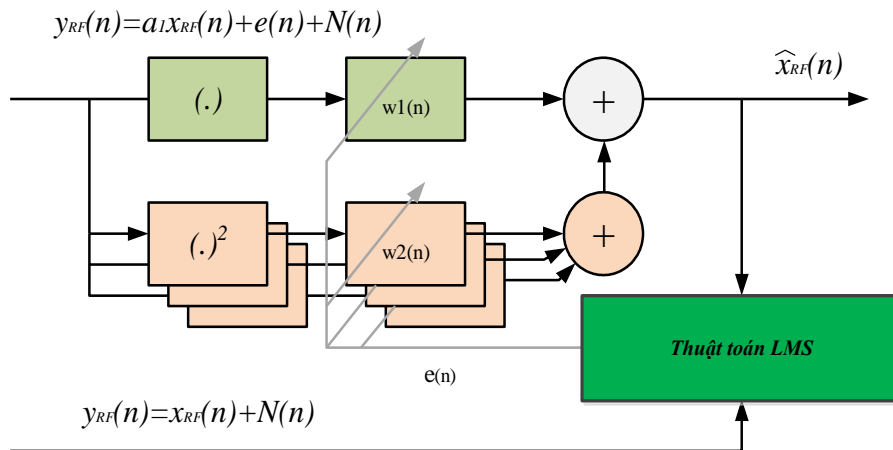
Các kênh tín hiệu của máy thu phụ được tổng hợp đưa vào mô hình phi tuyến để tái tạo lại méo. Đầu ra của mô hình phi tuyến bao gồm thành phần tuyến tính và méo. Méo sinh ra sau mô hình méo được điều chỉnh giống các thành phần sinh ra từ KĐRF của máy thu. Để đơn giản cho xử lý tại RF thì việc điều chỉnh các hệ số trong mô hình phi tuyến được thực hiện bằng thuật toán LMS. Kết quả điều chỉnh các tham số của mô hình phi tuyến sẽ giống với tham số của phi tuyến trong KĐRF của kênh thu chính. Dựa vào kết quả điều chỉnh này ta có thể thực hiện giảm méo do phi tuyến của KĐRF sinh ra. Sơ đồ thực hiện của giải pháp được thể hiện trong Hình 2.5.



Hình 2.5: Sơ đồ thực hiện giảm méo bằng cách trừ méo

Thao tác giảm méo phi tuyến của KĐRF cho máy thu được thực hiện bằng cách trừ đi méo đã xác định từ mô hình phi tuyến. Thay cho mô hình phi tuyến tổng quát thì mô hình phi tuyến đơn giản đến bậc 3 được sử dụng.

2.4 Giảm méo bằng cách nghịch đảo méo



Hình 2.6: Sơ đồ xử lý méo phi tuyến bằng cách nghịch đảo méo

Phương pháp này vẫn dựa trên kênh thu tham chiếu phụ tuyến tính. Tín hiệu bị méo từ kênh thu chính được đưa vào mô hình phi tuyến. Các hệ số của mô hình phi tuyến được điều chỉnh theo thuật toán LMS để nghịch đảo đặc tuyến của méo trong tín hiệu RF để đầu ra xử lý là tín hiệu tuyến

tính. Sơ đồ xử lý méo được thể hiện trong Hình 2.6. Tín hiệu RF bị méo được đưa vào mô hình phi tuyến (nghiên cứu này thực hiện tới bậc 3).

2.4 Kết luận chương

Thông qua việc tìm hiểu một số mô hình phi tuyến đã cho thấy khả năng áp dụng của các mô hình khác nhau cho một hệ thống nhất định. Các mô hình phi tuyến có nhớ đã được giới thiệu và phân tích. Trong đó, các mô hình phi tuyến giải tích có nhớ dựa trên mô hình chuỗi Volterra và các biến thể của nó được trình bày. Các trường hợp đặc biệt của mô hình Volterra được trình bày bằng cách xác định mối quan hệ hạt nhân của chúng.

Mô hình bù méo phi tuyến với thuật toán nhận dạng mù trong miền thời gian. Nêu lên phương pháp sử dụng kênh phụ tham chiếu để giả tạo méo phi tuyến. Từ giả thuyết trên đã đưa ra 02 mô hình bù méo bằng phương pháp tạo méo và trừ méo và nghịch đảo méo. Méo phi tuyến được xét ở đây là méo do khuếch đại LNA tạo ra. Đây là cơ sở toán học để mô phỏng đánh giá phương pháp bù méo phi tuyến được trình bày trong chương 3.

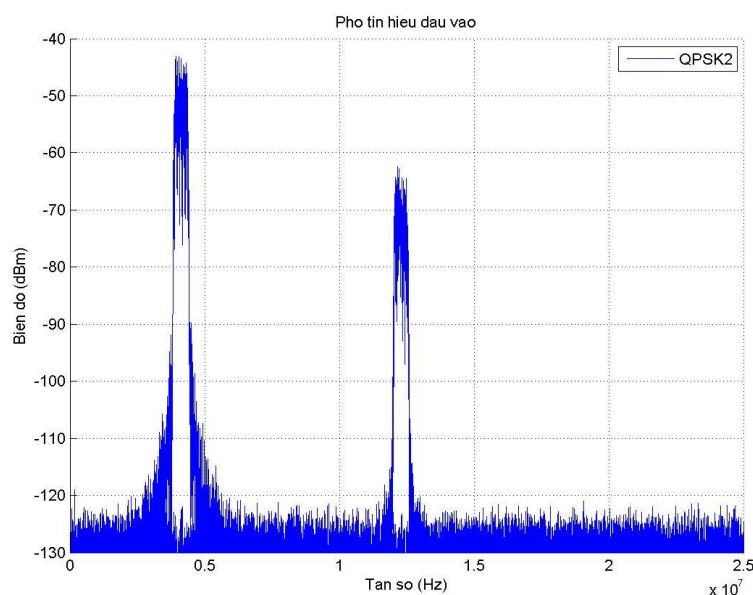
CHƯƠNG 3. MÔ PHỎNG ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP BÙ MÉO PHI TUYẾN TRONG MÁY THU SỐ

3.1 Mô phỏng méo phi tuyến

3.1.1 Mô phỏng méo phi tuyến tại RF

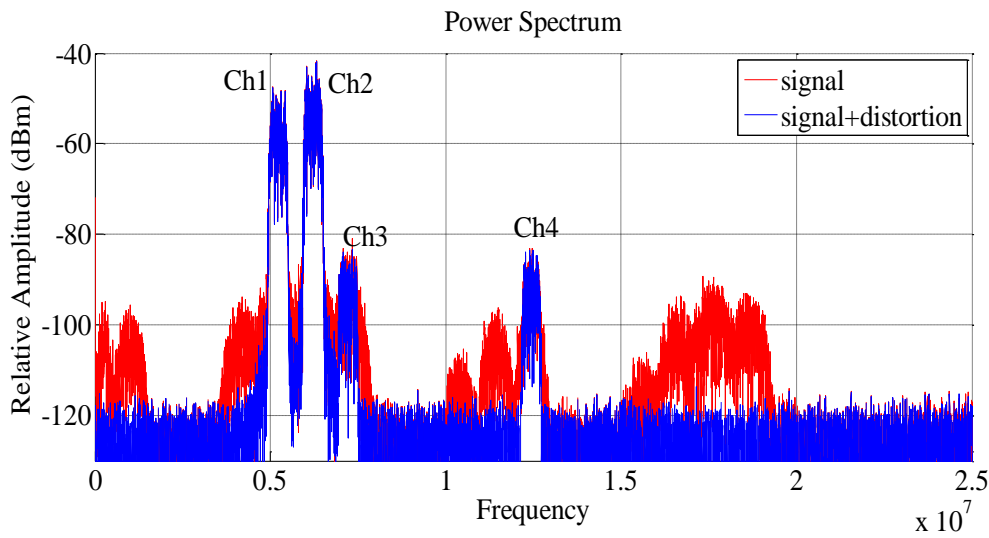
Luận văn đưa ra mô hình méo do phi tuyến của LNA tới cấu trúc máy thu số trực tiếp trực tiếp băng rộng. Kết quả mô phỏng được thực hiện trên máy thu số trực tiếp băng rộng tại dải tần HF (3-30 MHz). Tín hiệu đầu vào kiểm tra là các tín hiệu đa kênh có mức năng lượng khác nhau, tổng năng lượng đầu vào lớn đảm bảo đầu ra bộ khuếch đại LNA có méo.

Đầu tiên tạo ra tín hiệu 2 tone đưa vào đầu vào máy thu có dạng điều chế QPSK. Hai tín hiệu QPSK này có tần số tương ứng là 4,125 MHz và 12,29 MHz với biên độ của tần số 12,199 MHz bằng 1/10 biên độ của tín hiệu 4,125 MHz. Điều này thể hiện biên độ đầu vào máy thu là không đồng nhất trong một phổ tần rộng. Như Hình 3.1 thì phổ tần số ở đầu vào máy thu là 2 tần số cách nhau gần 10 MHz với biên độ các tín hiệu đầu vào tương ứng là -45 dBm và -65 dBm.



Hình 3.1: Phổ tín hiệu 2 tần số

Kết quả mô phỏng mô hình phi tuyến với đầu vào là tín hiệu 2-tone tần số. Hình 3.2 cho thấy méo ảnh hưởng cho máy thu số trực tiếp bằng rộng bao gồm thành phần xung quanh tần số f_1 , f_2 đồng thời có cả thành phần tần số $2f_1 + f_2$. Việc loại bỏ thành phần tần số hài $2f_1 + f_2$ được loại bỏ dễ dàng với cấu trúc máy thu. Tuy nhiên với méo phi tuyến RF gây ra hài và xuyên nhiễu vẫn có thể ở dải mong muốn. Để giải quyết vấn đề này đòi hỏi các phương pháp xử lý méo phức tạp.



Hình 3.2: Méo phi tuyến do LNA tác động lên máy thu

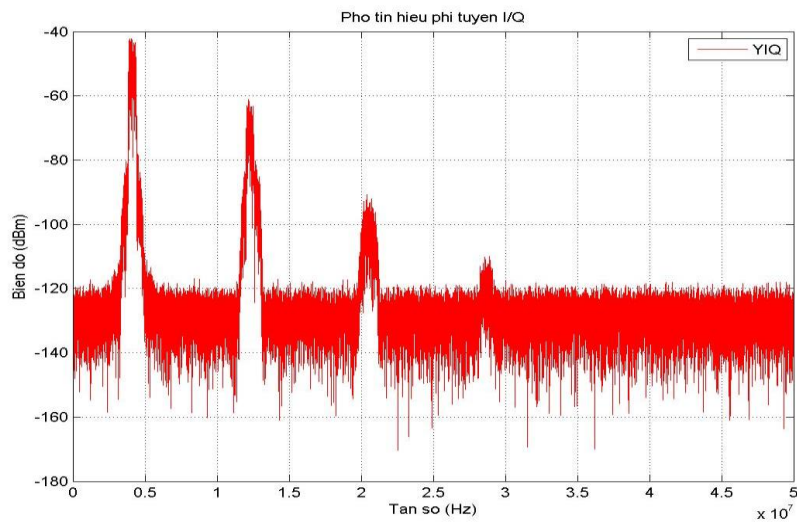
3.1.2 Mô phỏng méo sinh ra do mất cân bằng I/Q

Theo nội dung Chương 2 thì thành phần méo phi tuyến gây ra do mất cân bằng I/Q được diễn tả bởi:

$$\tilde{y}(t) = k_1(t) + k_2 y * (t) \quad (3.1)$$

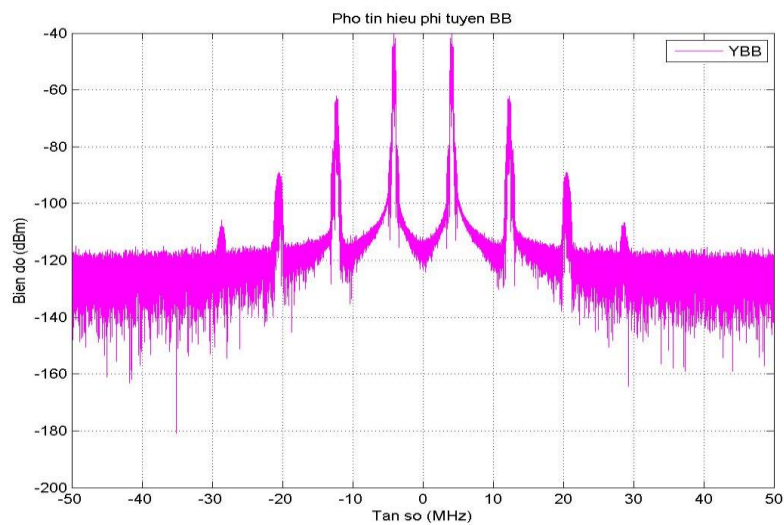
Sau khi tạo ra 2 tín hiệu QPSK tại tần số sóng mang 4,125 MHz và 12,29 MHz thì chương trình sẽ thực hiện thiết lập phi tuyến do mất cân bằng I/Q theo công thức $y(t) = k_1 y_{RF}(t) + k_2 y_{RF}^*(t)$. Sau đó tính toán FFT cho thành phần phi tuyến này và thực hiện hiển thị phổ công suất của méo phi tuyến do mất cân bằng I/Q.

Kết quả mô phỏng mô hình phi tuyến gây ra do mất cân bằng I/Q được thể hiện trên Hình 3.3.



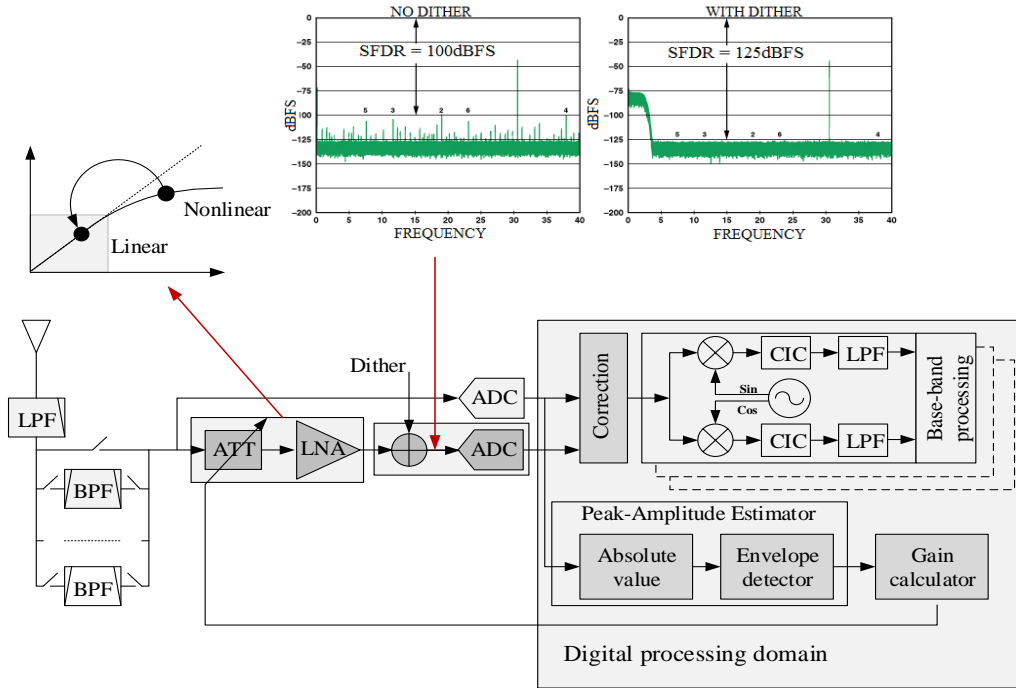
Hình 3.3: Méo phi tuyến gây ra do mất cân bằng I/Q

3.1.3 Mô phỏng méo phi tuyến gây ra bởi bộ khuếch đại băng cơ sở



Hình 3.4: Méo phi tuyến gây ra bởi bộ khuếch đại băng cơ sở

3.2 Mô tả giải pháp giảm méo bằng cách trừ và nghịch đảo trong máy thu đổi tần trực tiếp



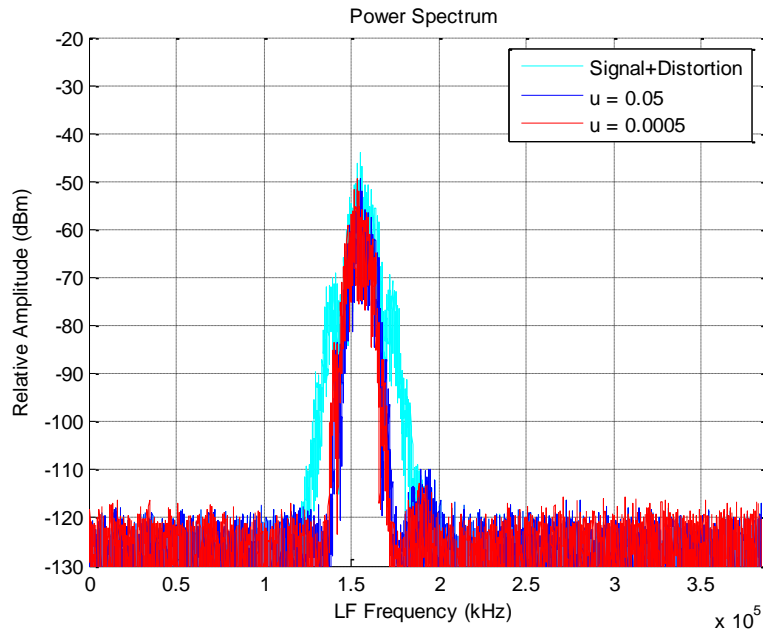
Hình 3.5: Mô hình DCR với các giải pháp tuyến tính hóa

Tín hiệu méo do LNA sinh ra sẽ vào trong máy thu do đó các thành phần có méo tồn tại là LNA, ADC và FPGA/DSP. Để giảm méo ta có thể can thiệp vào các thành phần này. Việc can thiệp có thể thực hiện cho từng phần hoặc kết hợp xử lý giữa các phần với nhau tạo ra một giải pháp tổng thể cho máy thu. Sơ đồ tổng thể máy thu có xử lý méo được đề xuất như hình trên.

3.2.1 Giảm méo phi tuyến bằng cách trừ và nghịch đảo trong máy thu dùng trộn tương tự

Trong phần này, mô hình máy thu đổi tần trực tiếp đa kênh dải hẹp với ADC số hóa trực tiếp tín hiệu từ RF được sử dụng. Tín hiệu RF từ anten được khuếch đại, số hóa, chuyển hạ xuống thấp tần và xử lý méo. Méo được xử lý sau khi DDC. Xử lý được thực hiện bằng cách tái tạo méo từ tín hiệu của kênh tham chiếu sao cho giống với kênh thu chính. Méo sau

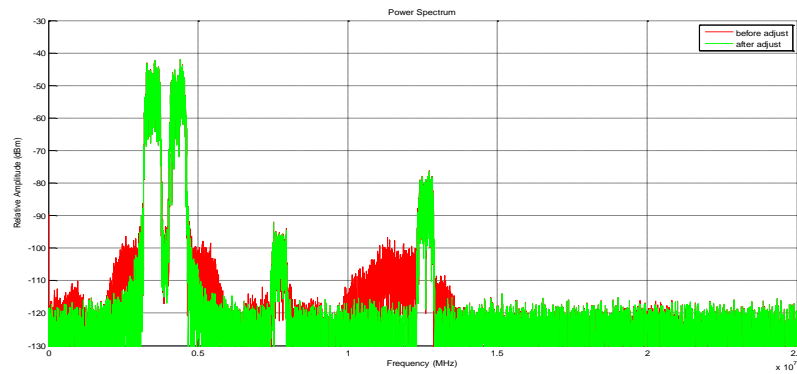
đó được được loại bỏ bằng cách lấy tín hiệu của kênh thu chính trừ đi méo đã được tái tạo.



Hình 3.6 Phổ tín hiệu trước và sau khi giảm méo

3.2.2 Giảm méo phi tuyến bằng cách trừ và nghịch đảo méo trong máy thu số hóa trực tiếp

Các kênh gây méo thu bằng máy thu được tổng hợp đưa vào mô hình phi tuyến để tái tạo lại các thành phần méo. Đầu ra của mô hình phi tuyến bao gồm thành phần tuyến tính và méo. Méo sinh ra sau mô hình méo được điều chỉnh giống các thành phần sinh ra từ LNA của máy thu. Việc điều chỉnh các hệ số trong mô hình gây méo được thực hiện bằng thuật toán LMS. Kết quả điều chỉnh các tham số của mô hình phi tuyến sẽ giống với tham số của phi tuyến của LNA. Thao tác giảm méo phi tuyến của LNA cho máy thu được thực hiện bằng cách trừ đi méo đã xác định từ mô hình phi tuyến.



Hình 3.8: Phổ tín hiệu trước và sau khi giảm méo trong máy thu số hóa trực tiếp

3.3 Kết luận chương

Qua phần mô phỏng méo phi tuyến đến máy thu số trực tiếp bằng rộng cho thấy cả 3 thành phần gây ra méo phi tuyến đều làm cho băng thông của tín hiệu bị mở rộng. Phổ của tín hiệu bị mở rộng tăng dần theo tính phi tuyến thành phần RF, phi tuyến gây ra do mất cân bằng I/Q và phi tuyến gây ra bởi bộ khuếch đại băng cơ sở. Các thành phần phi tuyến này đều tác động đến máy thu và làm ảnh hưởng đến hiệu suất của máy thu số trực tiếp băng rộng. Ngoài ra các thành phần gây ra hài và xuyên nhiễu vẫn có thể nằm ở dải mong muốn. Để giải quyết vấn đề này đòi hỏi các phương pháp xử lý méo cũng hết sức phức tạp.

Phần mô phỏng mô phỏng các giải pháp nghịch đảo và trừ méo trong 2 loại máy thu là máy thu trộn cầu phương tương tự và máy thu số hóa trực tiếp cho thấy kết quả khả quan khi áp dụng 02 giải pháp bù méo. Tín hiệu sau khi qua mô hình bù méo đã cho chất lượng tốt hơn, phổ tín hiệu không còn bị mở rộng.

KẾT LUẬN

Luận văn đã thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của méo phi tuyến trong máy thu đổi tần trực tiếp. Hai mô hình máy thu được thực hiện nghiên cứu là máy thu dùng trộn cầu phương tương tự và máy thu số hóa trực tiếp tín hiệu RF. Đồng thời hai mô hình xử lý méo được thực hiện mô phỏng, kiểm tra đánh giá. Kết quả của giải pháp nghiên cứu thể hiện qua hình ảnh phổ cũng như tỷ lệ lỗi bit trước và sau khi xử lý méo.

Kết quả đạt được:

Luận văn đạt được một số kết quả quan trọng sau:

- Nội dung luận văn cao học cung cấp một số kiến thức cơ bản về cấu trúc của máy thu số trực tiếp băng rộng.
- Luận văn cao học này sẽ là một tài liệu tham khảo quý giá bằng tiếng Việt về các mô hình méo phi tuyến trong máy thu. Cũng như kết quả mô phỏng để đánh giá ảnh hưởng và các giải pháp bù méo phi tuyến trong máy thu số trực tiếp băng rộng.

