



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0020713

(51)⁷ H03F 1/30, 1/32, H04W 52/00

(13) B

(21) 1-2017-01358

(22) 12.04.2017

(45) 25.04.2019 373

(43) 26.06.2017 351

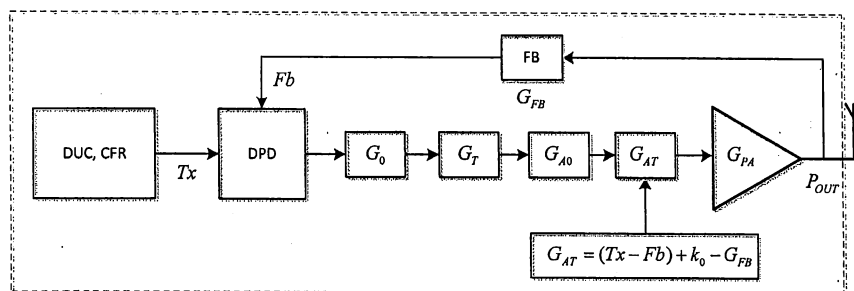
(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VIETTEL) (VN)
Số 1 Trần Hữu Dực, Mỹ Đình 2, Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Lê Ngọc Quý (VN), Phan Văn Minh (VN)

(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) PHƯƠNG PHÁP ƯỚC LƯỢNG HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI PHI TUYẾN VÀ BÙ TRÔI CÔNG SUẤT PHÁT CỦA BỘ PHÁT SÓNG CAO TẦN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất do thay đổi nhiệt độ mà không cần yêu cầu bất kỳ thông tin về nhiệt độ môi trường, và dùng giá trị này để duy trì công suất phát quanh giá trị mong muốn nhằm nâng cao chất lượng phát sóng của bộ phát sóng cao tần RRH (Radio Remote Head). Độ trôi hệ số khuếch đại được sử dụng để bù công suất phát của bộ phát sóng cao tần RRH trước sự biến đổi của điều kiện môi trường.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất phát của bộ phát sóng cao tần RRH (Radio Remote Head) mà hoàn toàn không sử dụng thông tin về nhiệt độ để nâng cao chất lượng phát sóng trạm thu phát sóng BTS (Base Transceiver Station). Nhờ vậy, không cần thiết kế cảm biến nhiệt (sensor) trong bộ phát sóng cao tần RRH, đơn giản hóa được khi thiết kế phần cứng và làm giảm giá thành sản xuất thiết bị.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bộ khuếch đại công suất PA (Power Amplifier) có vai trò quan trọng trong hệ thống thông tin viễn thông hiện đại, đảm bảo chất lượng phát sóng của hệ thống. Các bộ phát sóng cao tần RRH thương mại cần có công suất phát ổn định, khử được những ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường và đảm bảo được bán kính vùng phủ sóng là các tiêu chí kỹ thuật quan trọng.

Trên thực tế, việc thay đổi nhiệt độ môi trường tác động mạnh tới hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại công suất. Trong phương pháp bù nhiệt tuyến tính đang được sử dụng hiện nay (như được mô tả trong Hình 1), hệ số khuếch đại công suất thay đổi hơn 6dB trong toàn dải nhiệt độ. Để đảm bảo chất lượng của bộ phát sóng cao tần RRH, cần phải nâng cấp thiết kế của bộ khuếch đại công suất để giảm sự thay đổi hệ số khuếch đại theo nhiệt độ. Nhiều phương pháp đã được nghiên cứu như bổ sung các vi mạch tính toán công suất, nhiệt độ và thuật toán bù công suất trong nội tại của bộ khuếch đại công suất. Tuy nhiên, các phương pháp này đều có nhược điểm là chi phí lớn dẫn đến làm tăng giá thành của bộ phát sóng cao tần, giảm khả năng cạnh tranh trên thị trường.

Do đó, các phương án để nâng cao độ ổn định của công suất phát của bộ phát sóng cao tần với chi phí thấp là một trong những hướng nghiên cứu được nhiều người quan tâm.

Nhiều phương pháp để ổn định công suất bức xạ của bộ phát sóng cao tần đã được sử dụng như phương pháp bù nhiệt độ dùng bảng tra cứu LUT (Look Up Table) hoặc dùng phương pháp bù nội suy tuyến tính LIC (Linear Interpolation Compensator) theo nhiệt độ (như được thể hiện trong Hình 2). Các phương pháp này có ưu điểm là dễ áp dụng và không yêu cầu tính công suất số của tín hiệu T_x và F_b . Tuy nhiên, các phương pháp này đang có những nhược điểm sau:

- Phương pháp LUT yêu cầu phải có những khảo sát về đặc tuyến của bộ khuếch đại công suất, lưu vào bảng tra cứu, trước khi áp dụng cho thuật toán điều khiển. Nhưng việc bộ khuếch đại công suất và hệ analog thay đổi đặc tính sau một thời

gian vận hành là không tránh khỏi. Do đó, phương pháp LUT vừa yêu cầu quy trình căn chỉnh phức tạp, lại không đảm bảo được độ ổn định lâu dài.

- Đối với phương pháp LIC, thực tế vấn đề biến đổi hệ số khuếch đại của bộ công suất khuếch đại theo nhiệt độ là tương đối bất định, nếu chỉ nội suy tuyến tính dùng 2 điểm (trên đường thẳng) thì độ chính xác đạt được chắc chắn không cao.
- Các phương pháp LUT và LIC đều yêu cầu phải có cảm biến nhiệt độ tương đối chính xác (cỡ 2~3°C), dùng làm thông tin tham chiếu cho mức bù công suất.
- Thực tế cho thấy, những giải pháp này chỉ giảm được độ biến thiên công suất phát do nhiệt độ được tối đa là 50% (so với phương pháp giữ nguyên hệ số khuếch đại trên toàn dải nhiệt độ, như được thể hiện trong Hình 3). Việc nâng cao độ chính xác hơn nữa là rất khó khăn và tốn kinh phí.

Hiện nay, các phương pháp này vẫn đang được ứng dụng cho bộ phát sóng cao tần RRH, tuy nhiên những nhược điểm kể trên gây ra một số khó khăn trong việc đảm bảo độ đồng đều của các sản phẩm và chi phí cho việc thiết kế thêm cảm biến nhiệt độ làm tăng giá thành sản xuất bộ phát sóng cao tần RRH.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết được vấn đề nêu trên, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu một phương pháp để ước lượng độ trôi của công suất mà không cần đến thông tin của nhiệt độ môi trường. Phương pháp này có độ chính xác phụ thuộc vào độ phân giải của các vị mạch điều chỉnh công suất bên ngoài, và trong điều kiện lý tưởng có thể tiệm cận tới mức công suất phát mong muốn bất kể sự biến đổi nào của nhiệt độ môi trường. Do đó, sáng chế đề xuất phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất của bộ phát sóng cao tần RRH do thay đổi nhiệt độ mà không yêu cầu thông tin về nhiệt độ của môi trường, phương pháp này bao gồm các công đoạn sau:

i) công đoạn tinh chỉnh công suất tại nhiệt độ thường nhằm xác định các giá trị hằng số G_{FB} và k_0 được thực hiện như sau:

- dùng máy đo phân tích tín hiệu vectơ VSA (Vector Signal Analyser) để xác định giá trị công suất phát hiện tại P_{out0} của bộ phát sóng cao tần RRH;
- tăng giảm hệ số khuếch đại (gain) của G_{A0} của khối khuếch đại cho đến khi đạt được mức công suất phát P_{OUT} mong muốn;
- xác định giá trị đo được của công suất miền số Tx_0 được chuyển đến từ khối xử lý băng gốc và giá trị k_0 được tính theo công thức:

$$k_0 = P_{OUT0} - Tx_0$$

- xác định giá trị công suất miền số đưa về từ tuyến hồi tiếp Fb_0 và giá trị G_{FB} được tính theo công thức:

$$G_{FB} = P_{OUT0} - Fb_0$$

ii) công đoạn bù công suất liên tục theo nhiệt độ được thực hiện như sau:

- dùng vòng lặp để đọc các giá trị miền số Fb và Tx tại thời điểm cần tính toán hệ số bù công suất G_{AT} ; giá trị G_{AT} được tính theo công thức:

$$G_{AT} = (Tx - Fb) + (k_0 - G_{FB})$$

- điều chỉnh giá trị G_A đặt cho khối khuếch đại theo công thức sau:

$$G_A = G_{A0} + G_{AT}$$

- sau khi giá trị G_A được điều chỉnh như trên sẽ được gửi lệnh cho khối khuếch đại tương tự, thì giá trị công suất đầu ra (hiệu dụng) của bộ phát sóng cao tần RRH sẽ được điều chỉnh dao động quanh mức P_{OUT0} là $\pm \Delta_G$ [dB], có độ chính xác phụ thuộc vào độ phân giải của các vi mạch điều chỉnh công suất bên ngoài, công suất phát này được tính theo công thức sau:

$$P_{OUT} = P_{OUT_ref} + G_{AT} + G_T =$$

$$P_{OUT_ref} - \hat{G}_T + G_T \approx P_{OUT_ref} = Tx + k_0$$

iii) lặp lại quá trình bù công suất theo nhiệt độ nêu trong công đoạn ii) liên tục trong quá trình vận hành của bộ phát sóng cao tần RRH.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả độ biến thiên công suất phát theo nhiệt độ trong hệ thống không sử dụng phương pháp theo sáng chế.

Hình 2 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả phương pháp bù nhiệt tuyến tính LIC.

Hình 3 là hình vẽ mô tả kết quả áp dụng phương pháp bù nhiệt tuyến tính LIC.

Hình 4 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả thí nghiệm xác định liên hệ giữa công suất miền số (Fb , Tx) và miền tương tự (P_{OUT}).

Hình 5 là hình vẽ mô tả mối liên hệ giữa công suất miền số (Fb) và miền tương tự (P_{OUT}).

Hình 6 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế.

Hình 7 là hình vẽ mô tả khối ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến theo sáng chế.

Hình 8 là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế.

Hình 9 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả các bước thực hiện của phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế.

Hình 10 là hình vẽ dạng sơ đồ khối thể hiện một ví dụ thực hiện phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế.

Hình 11 là hình vẽ thể hiện nhiệt độ của bộ khuếch đại công suất PA khi áp dụng phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế.

Hình 12 là hình vẽ thể hiện kết quả áp dụng phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước tiên, chúng ta cần xem xét mối liên hệ giữa công suất tương tự (analog) ở đầu ra của bộ khuếch đại công suất PA và công suất số (digital) đo được bên trong vi mạch số khả trình (FPGA / Field-programmable gate array). Thiết lập một hệ thống thí nghiệm có thể biến đổi được công suất đầu ra P_{OUT} bằng cách thay đổi hệ số khuếch đại của khối G_A (như được thể hiện trên Hình 4). Công suất đầu ra của bộ phát sóng cao tần RRH (P_{OUT} - Analog) được đo bằng máy đo VSA (Vector Signal Analyzer), đồng thời đọc mức công suất số F_b đo được của khối bù méo phi tuyến DPD (Digital Predistortion) trên FPGA.

Các giá trị đo được thể hiện trên Hình 5. Ta nhận thấy, tương quan giá trị đo được F_b và giá trị P_{OUT} đọc được trên máy đo VSA luôn có mối liên hệ tuyến tính, tức là luôn có tỷ lệ cố định. Do đó, chúng ta luôn có thể sử dụng công suất miền số để ước lượng được mức công suất thực tế đầu ra của bộ phát sóng cao tần RRH hiện tại đang ở mức bao nhiêu. Nói rộng hơn, việc tận dụng các giá trị số đo được của khối xử lý số bên trong bộ phát sóng cao tần RRH (có thể đọc từ khối DPD), có thể xác định được mức công suất bị trôi do thay đổi nhiệt độ và qua đó có thể bù được mọi sự thay đổi công suất phát do nhiệt độ thay đổi.

Thực tế, việc tính công suất tín hiệu trong miền số có thể được tính toán theo công thức sau, với bộ tín hiệu có N mẫu:

$$dBFS = 10 \log_{10} \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{2^{2 \cdot xNbit}} \quad (1)$$

$$\text{Khi: } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Tuy nhiên, các mức công suất này đã được tự động tính toán trong khối DPD, phương pháp này sẽ không đề cập đến khối tính toán công suất miền số, chỉ trực tiếp tận dụng những giá trị tính toán sẵn của khối DPD (là các giá trị T_x và F_b).

Hình 6 mô tả phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù trôi công suất theo sáng chế. Phương pháp này bao gồm hai công đoạn chính như sau:

Tinh chỉnh ban đầu (Calibration)

Tại thời điểm ban đầu, thực hiện tinh chỉnh công suất tại nhiệt độ thường, các hệ số khuếch đại tượng trưng cho biến thiên phi tuyến (do nhiệt độ, tần số...) chưa có và hệ số bù phi tuyến cũng chưa có ($G_T=0$, $G_{AT}=0$).

Với tuyến phát (T_x) ta có:

$$\begin{aligned}
P_{OUT0} &= Tx_0 + G_0 + G_T + G_{A0} + G_{AT} + G_{PA} \\
\rightarrow P_{OUT0} &= Tx_0 + (G_T + G_{AT}) + k_0 \\
\rightarrow k_0 &= G_0 + G_{A0} + G_{PA} = P_{OUT0} - Tx_0
\end{aligned} \tag{2}$$

trong đó:

- P_{out0} : là công suất đầu ra ở thời điểm căn chỉnh (thường có giá trị là 46dBm);
- Tx_0 : là công suất số ở đầu vào khối DPD ở thời điểm căn chỉnh;
- G_0 : hệ số khuếch đại của toàn tuyến tương tự;
- G_T : là hệ số khuếch đại biến thiên phi tuyến theo nhiệt độ;
- G_{A0} : là hệ số khuếch đại của phần tương tự ở thời điểm căn chỉnh;
- G_{AT} : là hệ số khuếch đại được tính toán để bù G_T ;
- G_{PA} : là hệ số công suất của PA (thường bằng 54dB);
- k_0 : là hệ số khuếch đại tổng của tuyến phát (gồm PA, hệ số khuếch đại tương tự...), kết quả thực nghiệm cho thấy k_0 có giá trị khoảng 54,57dB

Với tuyến hồi tiếp (Fb) ta có:

$$\begin{aligned}
Fb_0 &= P_{OUT0} - G_{FB} \\
\rightarrow G_{FB} &= P_{OUT0} - Fb_0
\end{aligned} \tag{3}$$

trong đó

- b_0 : là công suất số ở đầu hồi tiếp (Feedback) của khối DPD ở thời điểm căn chỉnh (giá sử = -12,5dBFS);
- G_{FB} : là hệ số khuếch đại tổng của tuyến hồi tiếp (ví dụ hệ số khuếch đại toàn tuyến bằng 58,5dB);

Hai hằng số có được trong quá trình căn chỉnh là G_{FB} và k_0 sẽ được dùng cho quá trình ước lượng độ trôi công suất ở thời điểm bất kỳ.

Bù công suất liên tục (Running)

Khi hệ thống hoạt động bình thường, ta phải ước lượng được giá trị hệ số khuếch đại bị biến đổi do nhiệt độ (G_T) ở thời điểm bất kỳ (sẽ không dùng thông tin về nhiệt độ). Cụ thể, ta thực hiện các bước sau:

Như đã trình bày ở trên và được thể hiện trong Hình 5, do sự liên hệ tuyến tính giữa công suất thực tế phát ra ở miền tương tự và công suất đo được trong miền số Tx , thì mức công suất phát ra mong muốn P_{OUT_ref} , và công suất thực tế phát ra P_{OUT} được tính theo công thức sau:

$$\begin{cases} P_{OUT_ref} = Tx + k_0 \\ P_{OUT} = P_{OUT_ref} + G_T \end{cases} \tag{4}$$

Trong đó:

- P_{OUT_ref} : là công suất đầu ra mong muốn (chỉ phụ thuộc tuyến tính vào công suất miền số nhận từ khối xử lý băng gốc);
- P_{OUT} : là công suất đầu ra thực tế, khi đã chịu ảnh hưởng của các yếu tố phi tuyến (như nhiệt độ), đại diện bởi hệ số G_T .

Mặt khác, xét tuyến hồi tiếp, công suất phát ra được tính theo công thức sau:

$$P_{OUT} = Fb + G_{FB} \quad (5)$$

Thay công thức (5) vào công thức (4), ta có giá trị ước lượng của độ trôi công suất $\hat{G}_T$ được tính như sau:

$$\hat{G}_T = P_{OUT} - P_{OUT_ref} = Fb + G_{FB} - Tx - k_0 = (Fb - Tx) + (G_{FB} - k_0) \quad (6)$$

Sau khi ước lượng được độ trôi của công suất $\hat{G}_T$, ta cần bù lại hệ số công suất G_{AT} theo công thức sau:

$$G_{AT} = -\hat{G}_T = (Tx - Fb) + (k_0 - G_{FB}) \quad (7)$$

Như được thể hiện trên Hình 6, mức công suất đầu ra thực tế P_{OUT} sẽ đạt được sau khi áp dụng hệ số bù G_{AT} (7) được tính theo công thức sau:

$$\begin{aligned} P_{OUT} &= P_{OUT_ref} + G_{AT} + G_T = \\ P_{OUT_ref} - \hat{G}_T + G_T &\approx P_{OUT_ref} = Tx + k_0 \end{aligned} \quad (8)$$

Như vậy, giá trị công suất P_{OUT} này sẽ hoàn toàn phụ thuộc tuyến tính vào công suất Tx mà không chịu ảnh hưởng bởi bất kỳ yếu tố phi tuyến nào.

Lưu ý, giá trị bù công suất được tính theo công thức (7) hoàn toàn không yêu cầu thông tin nhiệt độ của môi trường làm việc tại thời điểm hiện tại. Do đó, phương pháp theo sáng chế hoàn toàn không yêu cầu phải có cảm biến nhiệt độ.

Để hiện thực hóa phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến NLGE (Non-Linear Gain Estimator) như trên, ta sử dụng 1 khối bù như mô tả trên Hình 7. Khối NLGE ước lượng mức công suất cần phải bù theo công thức (7) nêu trên. Một cách lý tưởng, mức công suất cần bù này sẽ triệt tiêu toàn bộ những hiệu ứng phi tuyến gây biến đổi công suất đầu ra như đã trình bày ở công thức số (8) nêu trên.

Hình 8 so sánh sự khác biệt khi sử dụng hệ số khuếch đại là hằng số khi nhiệt độ thay đổi và kết quả mô phỏng (simulation) sau khi áp dụng phương pháp NLGE nêu trên. Ta nhận thấy, giá trị đầu ra của P_{OUT} của bộ phát sóng cao tần RRH khi áp dụng phương pháp NLGE gần như trùng với giá trị của P_{OUT0} tại thời điểm căn chỉnh ban đầu.

Kết quả này đã kiểm chứng được tính đúng đắn của phương pháp đề xuất. Tuy nhiên, trong thực tế, do mức bù công suất của khối khuếch đại tương tự không thể là vô cấp, do đó không thể đạt mức tuyệt đối như kết quả mô phỏng ở trên, mà sai số phụ thuộc vào độ phân giải của khối khuếch đại. Ví dụ thực tế với trường hợp dùng chip

ADL5243 cho điều chỉnh thô, thì độ phân giải là 0,5dB. Kết hợp với điều chỉnh mức công suất ra dùng vi mạch DAC AD9122, thì có thể tiếp tục điều chỉnh tinh $\pm 0,1\text{dB}$. Tổng hợp chỉnh tinh và chỉnh thô, thì mức công suất đầu ra sau cùng có thể đạt tới $\pm 0,2\text{dB}$ (chi tiết ví dụ áp dụng sẽ được trình bày ở phần sau)

Hình thể mô tả cách thực hiện phương pháp NLGE, bao gồm 2 công đoạn sau:

- Công đoạn tinh chỉnh ban đầu để xác định các hằng số G_{FB} và k_0
- Công đoạn bù liên tục: dùng vòng lặp để tính lại, cập nhật giá trị G_{AT} , và dùng giá trị này để bù công suất cho bộ phát sóng cao tần RRH.

Công đoạn tinh chỉnh ban đầu nhằm xác định các giá trị hằng số G_{FB} và k_0 được thực hiện như sau:

- Dùng máy đo VSA để xác định giá trị công suất phát hiện tại của bộ phát sóng cao tần RRH.
- Tăng giảm hệ số khuếch đại (gain) của G_{A0} của khối khuếch đại cho đến khi đạt được mức công suất phát P_{OUT} mong muốn (giả sử là 46dBm, tương đương mức 40W)
- Tại thời điểm này, đọc giá trị đo được của công suất miền số Tx_0 được chuyển đến từ khối xử lý băng gốc (có thể đọc được giá trị này trực tiếp từ khối DPD). Giá trị k_0 được xác định theo công thức (2) ở trên.
- Mặt khác, tại thời điểm này, ta cũng đọc giá trị công suất miền số đưa về từ tuyến hồi tiếp Fb_0 và giá trị G_{FB} được xác định theo công thức (3) ở trên.
- Như vậy, đến bước này ta đã xác định được k_0 và G_{FB} . Các giá trị này là hằng số không phụ thuộc nhiệt độ. Các giá trị này có giá trị thay đổi tùy theo đặc trưng của bộ khuếch đại và mạch tương tự của mỗi bộ phát sóng cao tần RRH.

Yêu cầu mỗi bộ phát sóng cao tần RRH đều phải được căn chỉnh ban đầu để xác định 2 hằng số này và dùng cho toàn bộ quá trình bù công suất sau này.

Công đoạn bù liên tục lặp lại quá trình bù công suất theo nhiệt độ, sử dụng 2 hằng số đã được xác định trong quá trình tinh chỉnh ban đầu (k_0 , G_{FB}), được thực hiện như sau:

- Dùng vòng lặp để đọc các giá trị miền số Fb và Tx tại thời điểm cần tính toán hệ số bù công suất G_{AT} (cụ thể trực tiếp đọc từ khối DPD);
- Giá trị G_{AT} được tính toán dùng công thức (7);
- Giá trị G_A là giá trị sau cùng đặt cho khối khuếch đại được điều chỉnh theo công thức sau:

$$G_A = G_{A0} + G_{AT} \quad (9)$$

- Tuy nhiên, vì hệ số khuếch đại của chip tương tự, không có khả năng điều chỉnh vô cấp (tức là độ phân giải nhỏ tùy ý), do đó bước tính giá trị cho bộ khuếch đại (*Set gain to VSA*) được thực hiện như sau:

$$G_A = \begin{cases} G_{A0} & \text{khi } 0 \leq \text{abs}(G_{AT}) \leq \Delta_G \\ G_{A0} + nG_{AT} & \text{khi } \Delta_G < \text{abs}(G_{AT}) \leq (n+1)\Delta_G \end{cases} \quad (10)$$

- Theo cách này, giá trị G_A chỉ được điều chỉnh khi giá trị tuyệt đối của $G_{AT} > \Delta_G$ (với Δ_G là độ phân giải của khối khuếch đại tương tự bên ngoài, gồm cả chỉnh tinh và chỉnh thô). Mức điều chỉnh công suất G_{AT} được làm tròn bằng mức (tức ở giá trị $n\Delta_G$) dưới trong khoảng $\Delta_G < \text{abs}(G_{AT}) \leq (n+1)\Delta_G$;
- Sau khi giá trị G_A được điều chỉnh lại như trên sẽ được gửi lệnh cho khối khuếch đại tương tự (bao gồm chỉnh tinh và chỉnh thô), thì giá trị công suất đầu ra (hiệu dụng) của bộ phát sóng cao tần RRH sẽ được điều khiển dao động quanh mức P_{OUT0} là $\pm \Delta_G$ [dB] như đã chỉ ra ở công thức (8);
- Quá trình bù liên tục trên lặp lại liên tục trong quá trình vận hành của bộ phát sóng cao tần RRH.

Cả 2 công đoạn tinh chỉnh ban đầu và quá trình bù liên tục đều được thực hiện trên môi trường C nhúng, hoạt động song song với hệ thống số (FPGA) trên bộ phát sóng cao tần RRH. Trong quá trình vận hành, không yêu cầu thông tin về nhiệt độ của bộ phát sóng cao tần RRH hoặc nhiệt độ môi trường.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Trong thực tế, với thiết kế phần tương tự dùng khối khuếch đại là ADL5243 có độ phân giải điều chỉnh $\pm 0,5\text{dB}$ để dùng điều chỉnh thô và kết hợp với điều chỉnh tinh dùng chip DAC (AD9122) có độ phân giải điều chỉnh là $\pm 0,1\text{dB}$. Kết hợp cả chỉnh tinh và chỉnh thô, thì độ chính xác lý thuyết của phương pháp là $\Delta_G = \pm 0,1\text{dB}$.

Áp dụng cho bộ phát sóng cao tần RRH có bộ khuếch đại công suất (PA) có giá trị $G_{PA} = 54\text{dB}$. Sơ đồ thiết kế được mô tả như Hình 10. Kết quả cho thấy, khi áp dụng phương pháp của sáng chế, thì nhiệt độ PA có thể dao động mạnh trong khoảng $50^\circ\sim 85^\circ\text{C}$ (được thể hiện trên Hình 11). Công suất đầu ra của bộ phát sóng cao tần RRH luôn được duy trì quanh giá trị 46dBm (là mức công suất phát ở thời điểm căn chỉnh ban đầu). Sai số đầu ra đạt độ chính xác khoảng $\pm 0,2\text{dB}$ (được thể hiện trên Hình 12). Điều này chứng minh tính khả thi và hiệu quả của phương pháp đề xuất.

Hiệu quả có thể đạt được của sáng chế

Phương pháp theo sáng chế là phương pháp khả thi, dễ áp dụng để ước lượng được độ trôi hệ số khuếch đại của bộ phát sóng cao tần RRH do thay đổi nhiệt độ, mà không yêu cầu thông tin về nhiệt độ của môi trường. Nhờ vậy, không cần phải thiết kế cảm biến nhiệt độ trong bộ phát sóng cao tần RRH và do đó, làm giảm giá thành sản xuất. Sử dụng thông tin về độ trôi hệ số khuếch đại do nhiệt độ được dùng để duy trì công suất phát của bộ phát sóng cao tần RRH quanh điểm làm việc mong muốn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp ước lượng hệ số khuếch đại phi tuyến và bù độ trôi hệ số khuếch đại của bộ phát sóng cao tần (Radio Remote Head - RRH) do thay đổi nhiệt độ mà không yêu cầu thông tin về nhiệt độ của môi trường, phương pháp này bao gồm các công đoạn sau:

i) công đoạn tinh chỉnh công suất tại nhiệt độ thường nhằm xác định các giá trị hệ số khuếch đại tổng của tuyến hồi tiếp G_{FB} và hệ số khuếch đại tổng của tuyến phát k_0 , được thực hiện như sau:

- dùng máy đo phân tích tín hiệu vector VSA (Vector Signal Analyser) để xác định giá trị công suất phát hiện tại P_{out0} của bộ phát sóng cao tần RRH;
- tăng giảm hệ số khuếch đại (gain) của G_{A0} của khối khuếch đại cho đến khi đạt được mức công suất phát P_{OUT} mong muốn;
- xác định giá trị đo được của công suất tuyến phát trong miền số Tx_0 được chuyển đến từ khối xử lý băng gốc và giá trị k_0 được tính theo công thức:

$$k_0 = P_{OUT0} - Tx_0$$

- xác định giá trị công suất tuyến hồi tiếp trong miền số Fb_0 và giá trị G_{FB} được tính theo công thức:

$$G_{FB} = P_{OUT0} - Fb_0$$

ii) công đoạn bù công suất liên tục theo nhiệt độ, được thực hiện như sau:

- dùng vòng lặp để đọc các giá trị công suất tuyến hồi tiếp trong miền số Fb và công suất tuyến phát trong miền số Tx tại thời điểm cần tính toán hệ số bù công suất G_{AT} , giá trị G_{AT} được tính theo công thức:

$$G_{AT} = (Tx - Fb) + (k_0 - G_{FB})$$

- điều chỉnh giá trị hệ số khuếch đại G_A đặt cho khối khuếch đại theo công thức sau:

$$G_A = G_{A0} + G_{AT}$$

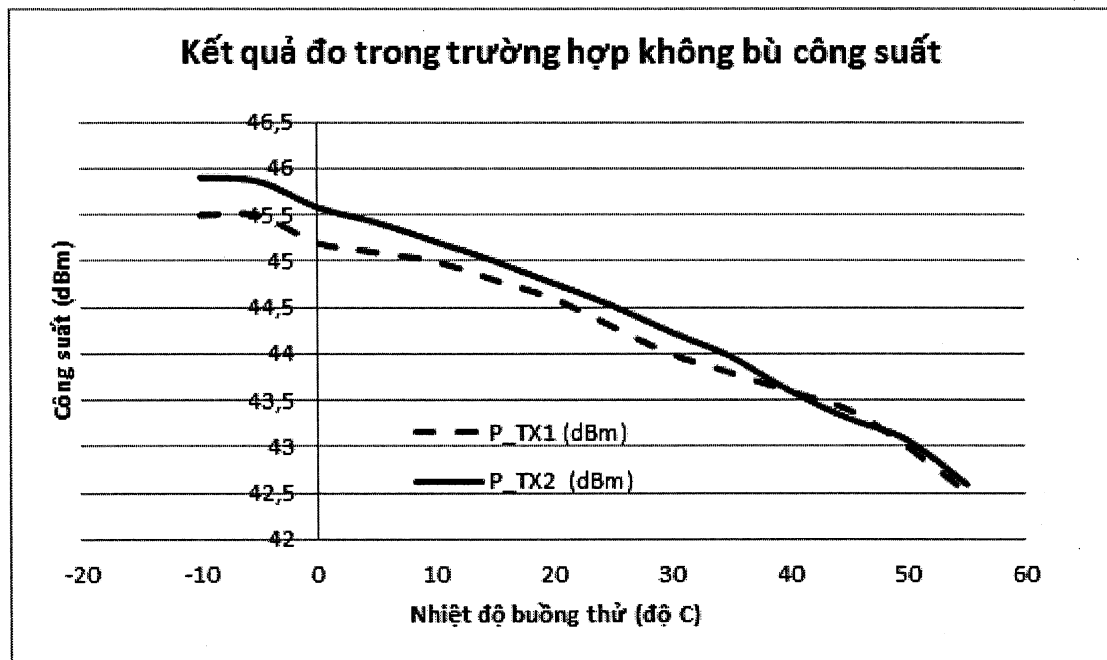
- sau khi giá trị G_A được điều chỉnh như trên sẽ được gửi lệnh cho khối khuếch đại tương tự, thì giá trị công suất đầu ra (hiệu dụng) của bộ phát sóng cao tần RRH sẽ được điều khiển dao động quanh mức P_{OUT0} với khoảng sai số là $\pm \Delta_G$ [dB], giá trị này phụ thuộc vào độ phân giải của các vi mạch điều chỉnh công suất bên ngoài, công suất phát được tính theo công thức sau:

$$P_{OUT} = P_{OUT_ref} + G_{AT} + G_T =$$

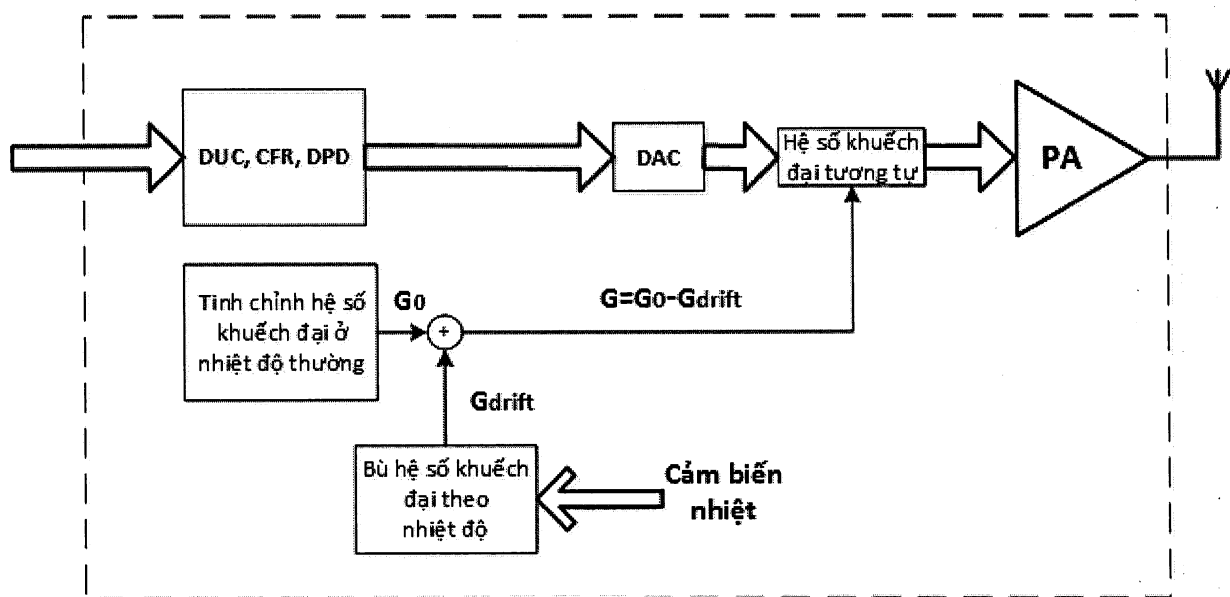
$$P_{OUT_ref} - \hat{G}_T + G_T \approx P_{OUT_ref} = Tx + k_0$$

trong đó, P_{OUT_ref} là công suất đầu ra mong muốn; và $\hat{G}_T$ là độ trôi công suất,

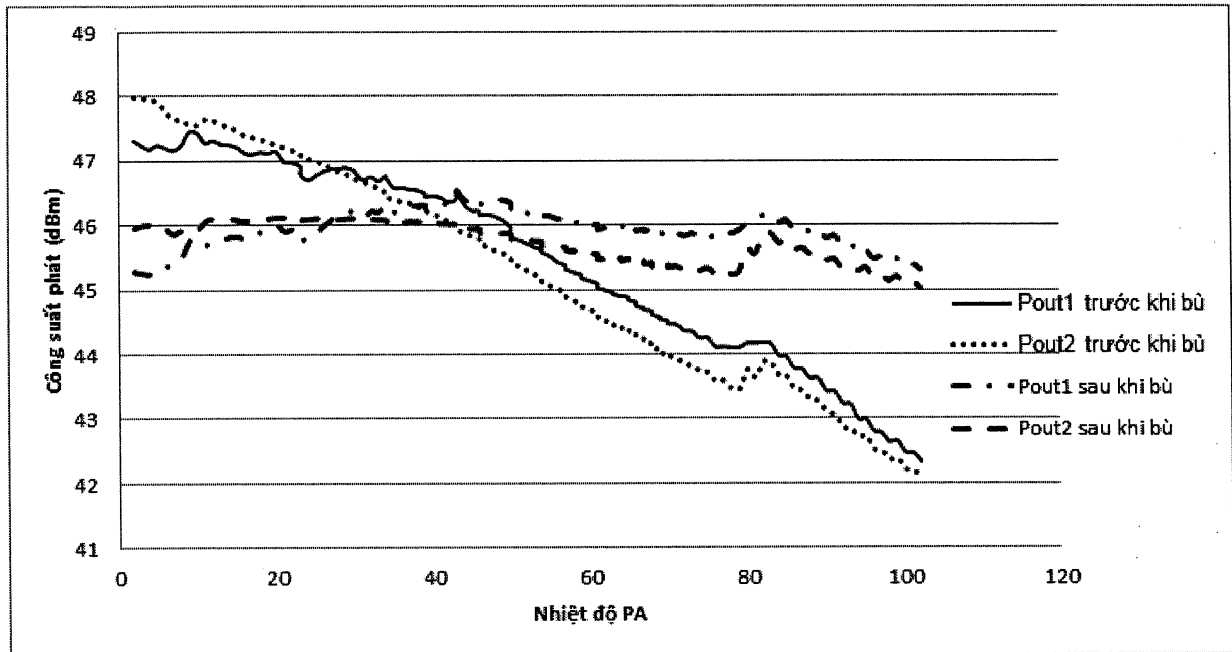
iii) lặp lại quá trình bù công suất theo nhiệt độ nêu trong công đoạn ii) liên tục trong quá trình vận hành của bộ phát sóng cao tần RRH.



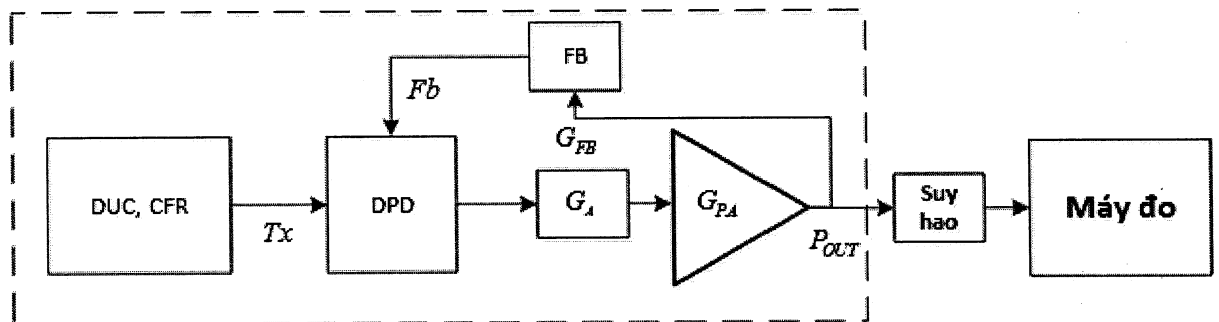
Hình 1



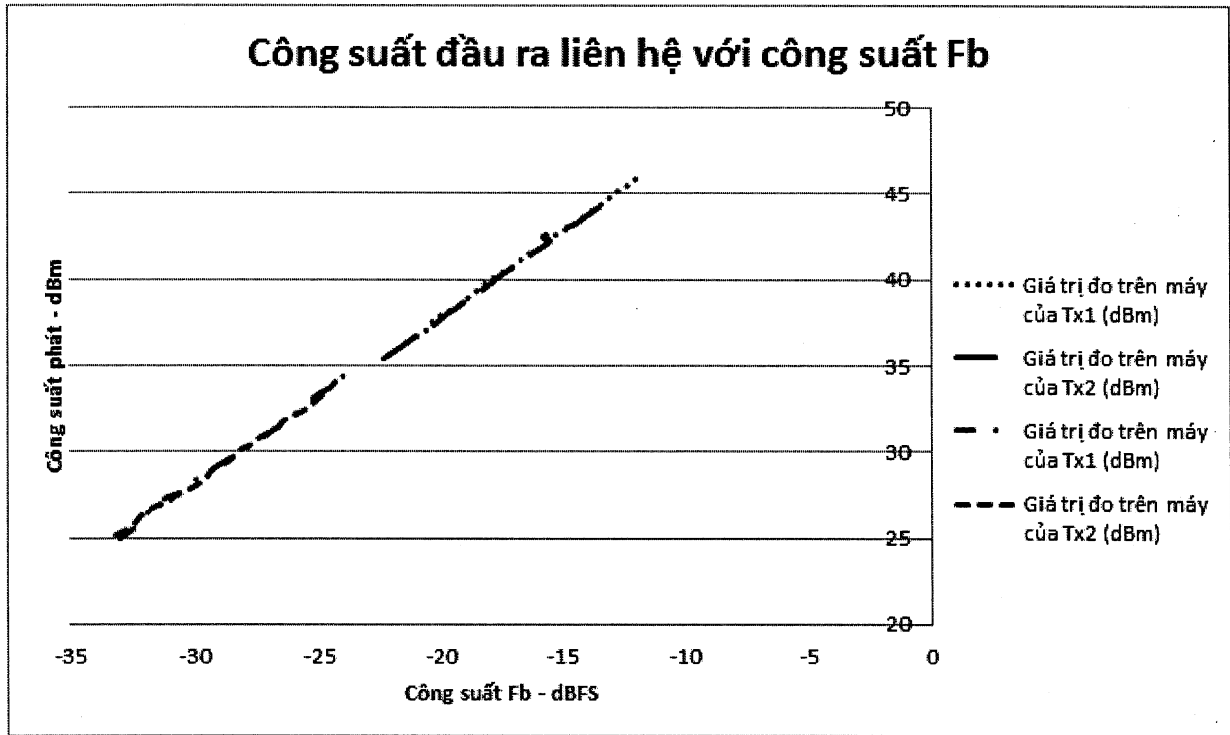
Hình 2



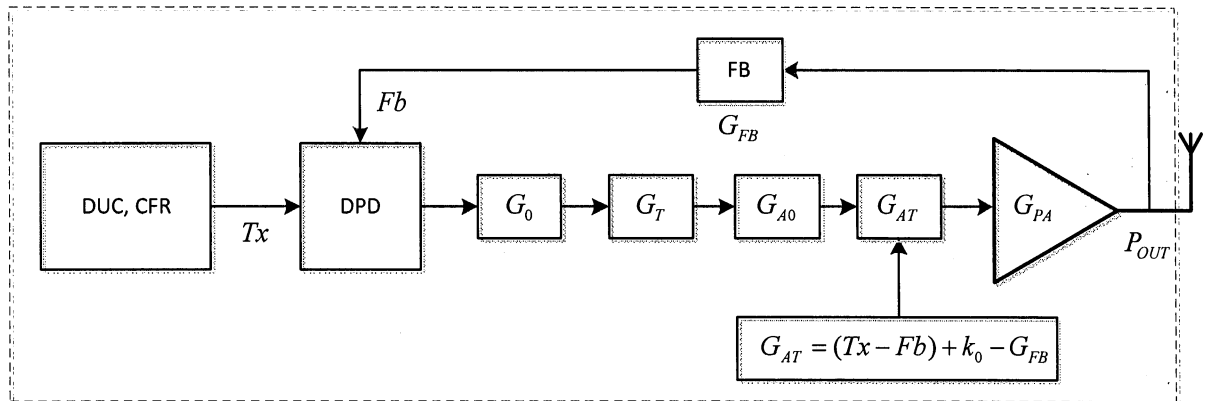
Hình 3



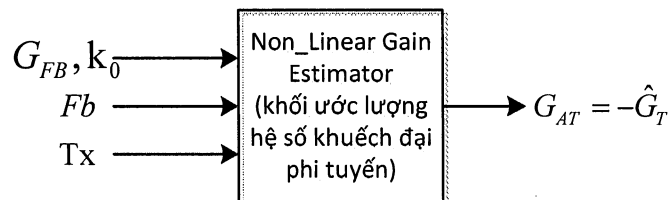
Hình 4



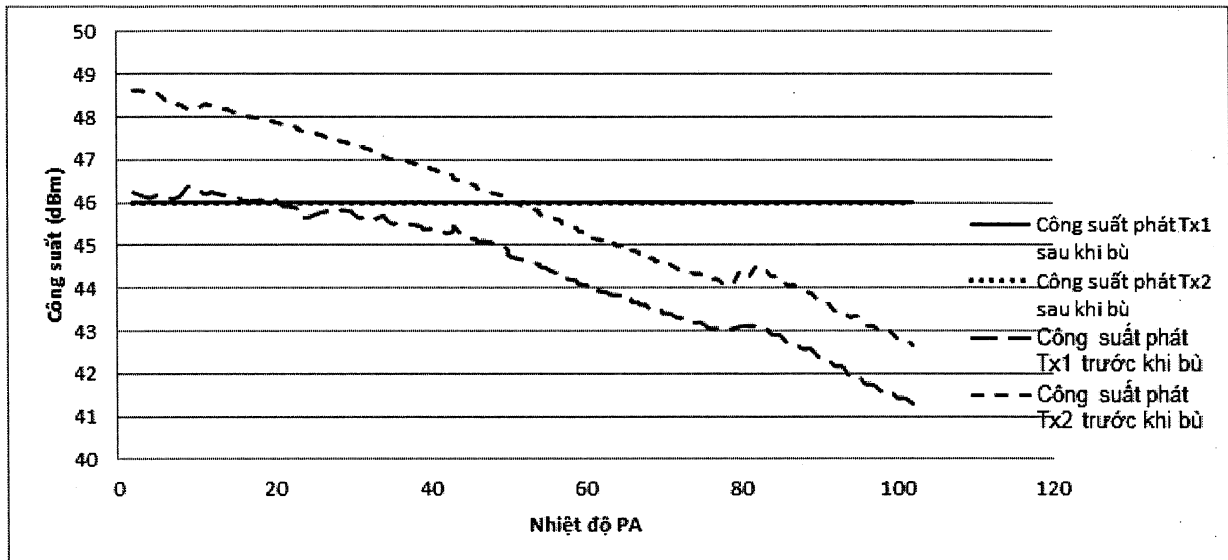
Hình 5



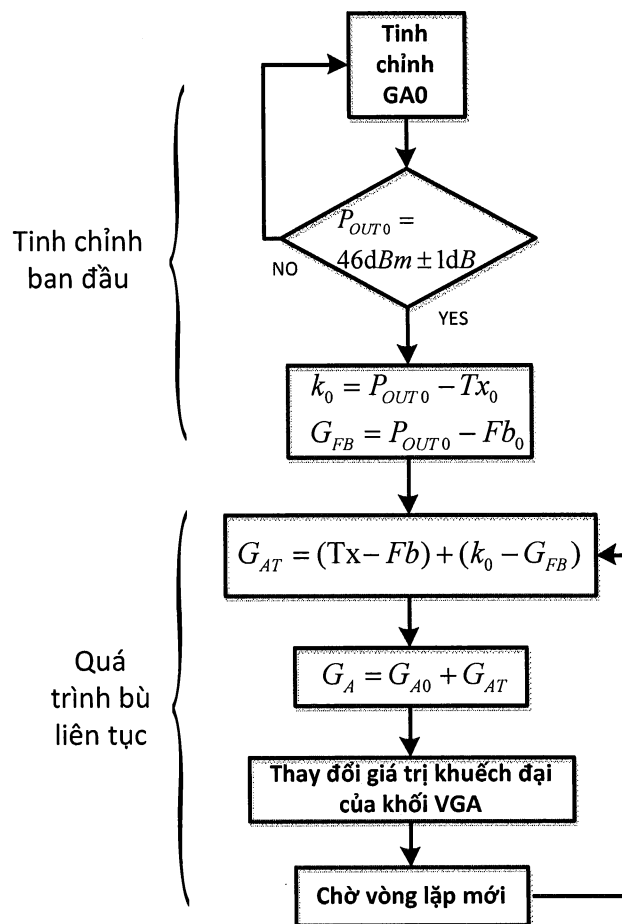
Hình 6



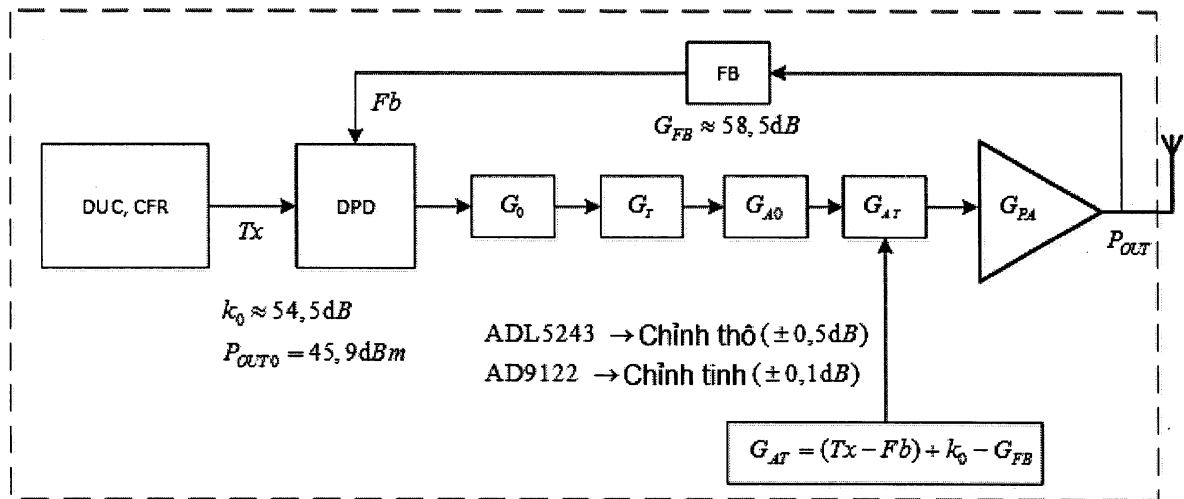
Hình 7



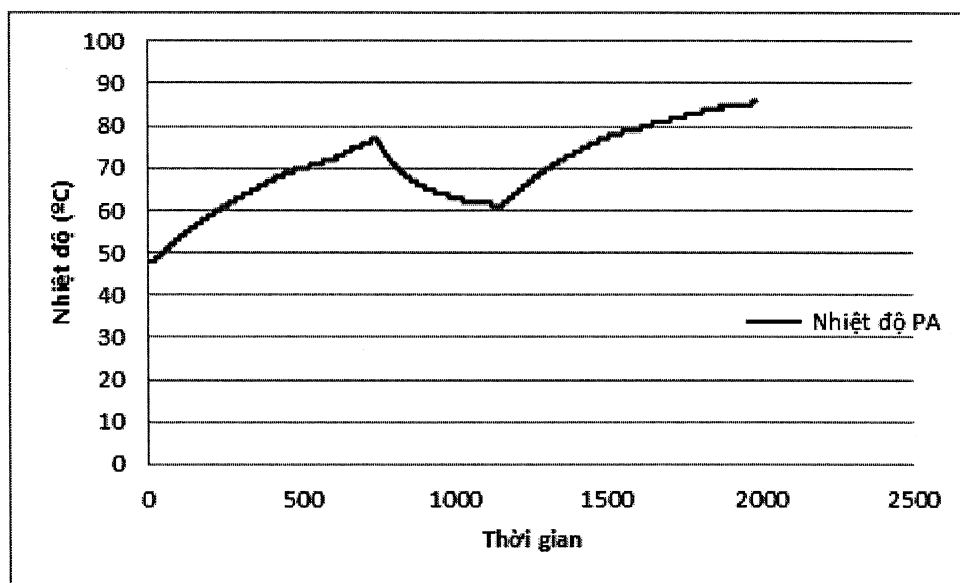
Hình 8



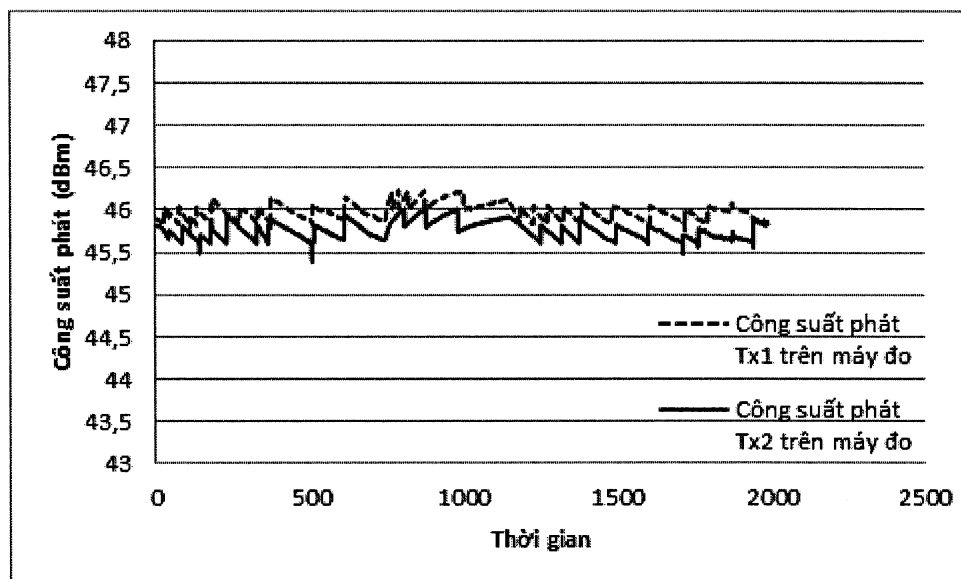
Hình 9



Hình 10



Hình 11



Hình 12