

**NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC KHI ĐO TẦN SỐ
BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRUNG BÌNH
INCREASING THE EXACTNESS OF FREQUENCY
MEASUREMENT BY MEAN METHOD**

**TS. TRẦN SINH BIÊN
ThS. NGUYỄN THANH VÂN
Khoa Điện - ĐTTB, Trường ĐHHH**

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu phương pháp trung bình nhằm giảm sai số khi đo tần số và kiểm nghiệm kết quả nhờ phương pháp mô phỏng trên Matlab.

Abstract:

This article introduces the mean method to reduce the errors when measuring the frequency and checking the results on simulink of Matlab.

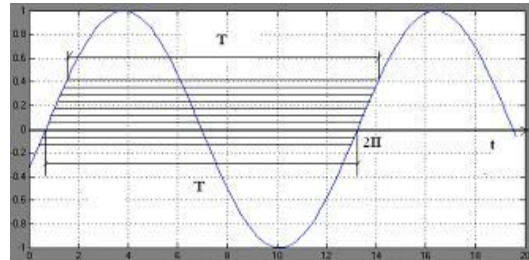
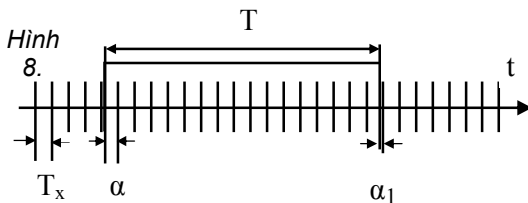
1. Đặt vấn đề

Phương pháp đo tần số chỉ thị số có ý nghĩa khoa học thực tiễn lớn trong quá trình phát triển đồng bộ các phương pháp xử lý số tín hiệu hiện đại [2]. Tuy nhiên xảy ra sai số trong quá trình đo là không thể tránh khỏi, do đó giảm sai số khi đo tần số chính là biện pháp giảm sai số trong hệ thống đo lường và điều khiển.

2. Nội dung

a/ Sai số trong phép đo tần số chỉ thị số

Nguyên lý của một tần số kế chỉ thị số là đếm số xung N tương ứng với số chu kỳ của tần số cần đo T_x trong khoảng thời gian gọi là thời gian đo T, trong khoảng T ta đếm được N xung tỷ lệ với tần số cần đo f_x [1] nhưng kết quả thu được thường là $N \pm 1$ xung.



Hình 1: Cửa sổ hình chữ nhật

Hình 2: Đồ thị biểu diễn phương pháp trung bình

Với: $\varphi_x(t)$: chuỗi xung;
 α_0 : khoảng thời gian đợi khi đo xung;
 α_1 : khoảng thời gian mất khi đo xung.

Xét sai số trong trường hợp ở hình 1, ta được kết quả sai số tính toán rất cụ thể như sau.

Khi tín hiệu là xung Dirac, ta có hàm thể hiện:
$$\varphi_x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_x) \quad (1)$$

Kết quả ra:
$$y = \int_{t_0}^{t_0+T} \varphi_x(t) dt \quad (2)$$

Biến đổi Fourier thuận biểu thức (1):

$$\varphi_x(t) = f_x \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{j2\pi k f_x t} = f_x + 2f_x \sum_{k=1}^{\infty} \cos(2\pi k f_x t) \quad (3)$$

Thế (3) vào (2) có:

$$y = \int_{t_0}^{t_0+T} f_x \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{j2\pi k f_x t} dt = f_x T + \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin(\pi k f_x T) \cos \left[2\pi k f_x \left(t_0 + \frac{T}{2} \right) \right] \quad (4)$$

Trong đó:

$$\frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin(\pi k f_x T) \cos\left[2\pi k f_x \left(t_0 + \frac{T}{2}\right)\right] : \text{ biểu thức toán học biểu diễn sai số phép đo.}$$

Từ công thức (4) ta thấy sai số xác định bởi sóng hài bậc cao $k f_x$ (k thay đổi từ 1 đến ∞) - Đây chính là sai số lượng tử. Trong quá trình đếm xung của bộ đo tần số chỉ thị số chỉ nhận được thành phần nguyên $f_x T$. Trong thực tế nó được làm tròn tới giá trị lớn hơn hoặc nhỏ hơn 1 đơn vị.

Biểu thức toán học biểu diễn sai số phép đo gồm 2 thành phần $\sin(\)$ và $\cos(\)$. Để sai số không xảy ra, 1 trong 2 thành phần trên phải bằng 0. Xét thấy thành phần $\cos(\)$ không thể bằng 0, còn thành phần $\sin(\)$ chỉ có thể bằng 0 trong trường hợp $\alpha_0 = 0, \alpha_1 = 0$. Trường hợp này rất hiếm khi xảy ra trong thực tế. Vì vậy tìm ra được phương pháp giảm sai số khi đo tần số là cần thiết.

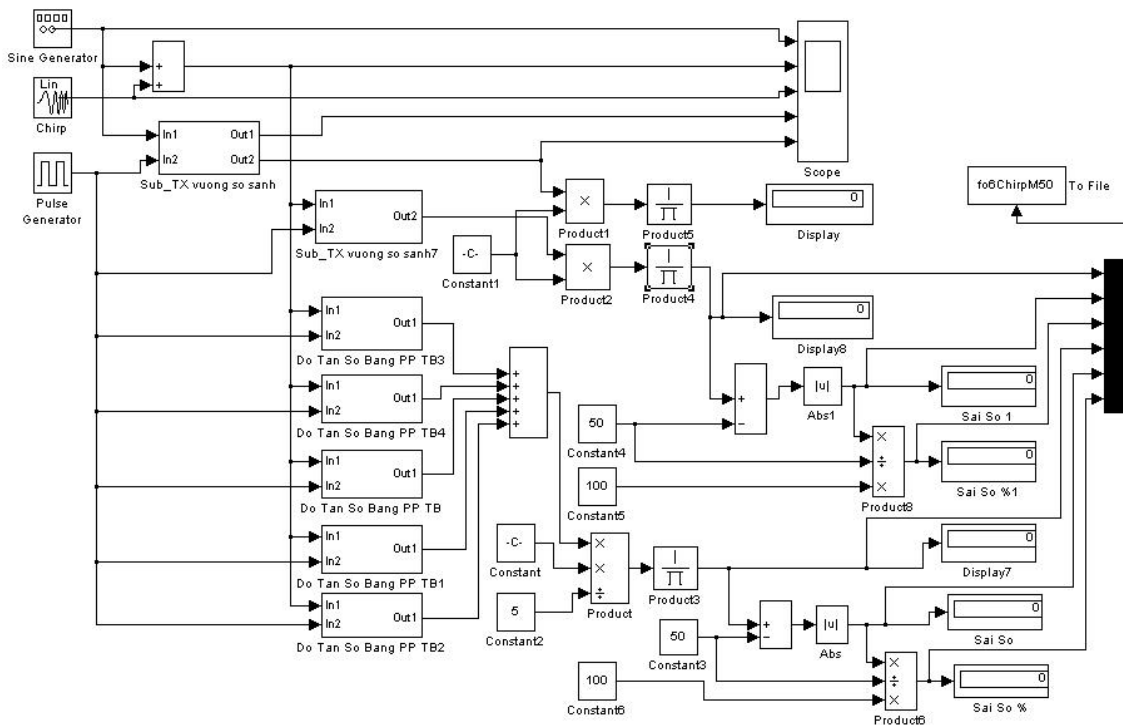
Do đó, bài báo đề xuất nghiên cứu phương pháp trung bình (PPTB) trong phép đo tần số chỉ thị số như hình 2.

Ta tạo M đường song song với trục hoành (hay trục thời gian t) cắt tín hiệu đo hình sin (về cả phía âm và phía dương của biên độ tín hiệu hình sin). Kết quả nhận được M giá trị chu kỳ đo. Sau đó cộng tổng các chu kỳ đo vừa có và chia cho M để lấy giá trị trung bình. Kết quả thu được thể hiện sai số trong phép đo giảm đáng kể (xem trong phần kết quả mô phỏng).

Để kiểm nghiệm kết quả, ta sử dụng chương trình Simulink của phần mềm Matlab để đưa ra các sai số trực quan giữa phương pháp đo tần số chỉ thị số thông thường và phương pháp trung bình. Sau đó các sai số trực quan này được thống kê và thể hiện trên các đường đặc tính trong M-file.

b/ Mô phỏng trên Matlab

Hình 3 biểu diễn chương trình tính sai số khi đo tần số.



Hình 3: Chương trình mô phỏng tính sai số khi đo tần số

Khối Sinc Generator mô phỏng nguồn áp xoay chiều hình sin có tần số $f = 50\text{Hz}$, biên độ $U_m = 1$.

Nhiều bảm được tạo ra bằng cách cộng tín hiệu hình sin và tín hiệu nhiễu bất kỳ, sử dụng nhiều loại nhiễu khác nhau. Trong bài báo, ta sử dụng 3 loại nhiễu ngẫu nhiên Chirp, Random

Number (RN) và Uniform Random Number (URN) để khảo sát hiệu quả giảm sai số khi đo tần số của phương pháp lấy trung bình.

Máy phát chuẩn được mô phỏng qua khối Pulse Generator có tần số f_0 . Bài báo nghiên cứu 3 giá trị của f_0 thường dùng, đó là $f_0 = 10^5$, 10^6 và 10^7 (viết tắt là fo5, fo6, fo7).

Các kết quả sai số hiển thị ở các khối Display, cụ thể như sau:

TANSO, Ko Nhieus: giá trị tần số lý tưởng đo được, tức là không có nhiễu tác động;

TANSO, Co Nhieus: giá trị tần số đo được khi bị ảnh hưởng của nhiễu lên tín hiệu hình sin;

Sai so 1: sai số tuyệt đối khi có nhiễu bám so với tần số chuẩn 50Hz;

Sai so%1: sai số tương đối khi có nhiễu bám so với tần số chuẩn 50Hz;

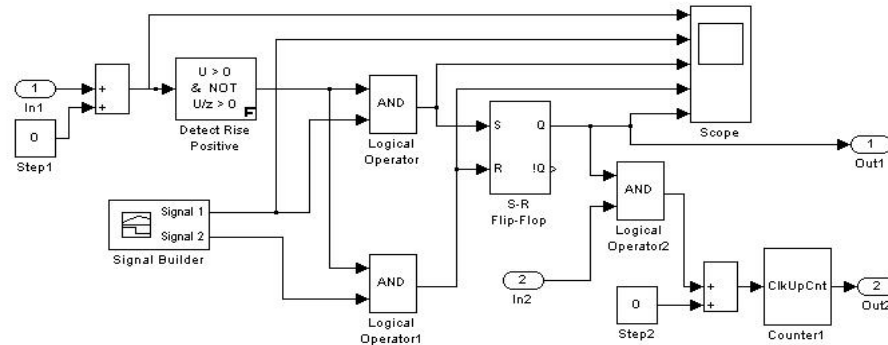
TANSO, Dung PPTB: giá trị tần số đo được khi sử dụng phương pháp trung bình trong trường hợp bị ảnh hưởng của nhiễu;

Sai so2: sai số tuyệt đối khi dùng phương pháp trung bình trong trường hợp bị ảnh hưởng của nhiễu so với tần số chuẩn 50Hz;

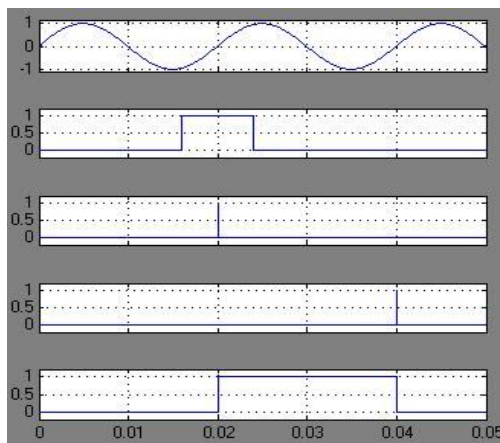
Sai so%2: sai số tương đối khi dùng phương pháp trung bình trong trường hợp bị nhiễu bám tác động so với tần số chuẩn 50Hz.

Các giá trị đo được ghi vào khối To File trong Simulink để lấy số liệu vẽ các đường đặc tính sai số tuyệt đối theo số đường cắt ($\delta = y(M)$) và sai số tương đối theo số đường cắt ($\gamma\% = y(M)$) trong M-file của Matlab.

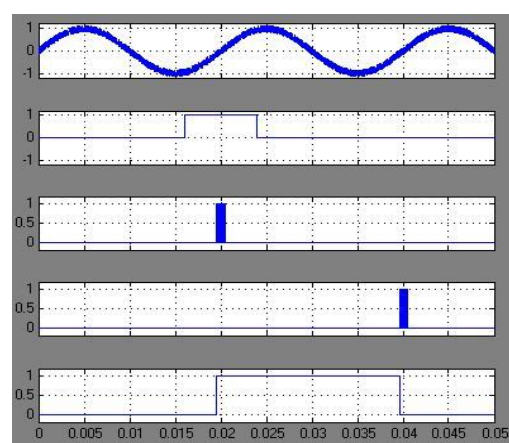
Để đưa ra các kết quả, ta xét trong một chu kỳ đo T bằng cách đếm số xung nhờ chương trình con *Sub_TX* vuông so sánh (hình 4).



Hình 4: Chương trình con tạo xung vuông so sánh



Hình 5: Các đường đặc tính trong Sub-TX vuông so sánh



Hình 6: Các đường đặc tính trong Sub_vuong so sánh

Trong đó:

Detect Rise Positive là khối phát hiện xung dương ở sườn lên;

Signal Builder là khối tạo tín hiệu. Ta xây dựng 2 tín hiệu signal1 và signal2 để khối *Detect Rise Positive* phát hiện 2 xung dương sườn lên để xác định chu kỳ T;

Counter là bộ đếm số xung trong chu kỳ đo T.

Các đường đặc tính thể hiện trong khối Scope của chương trình con *Sub_TX vuong so sanh* như ở hình 5 theo thứ tự nguồn áp hình sin chưa có nhiễu, tín hiệu signal 1, tín hiệu phát hiện xung dương sườn lên trong khoảng thời gian tồn tại signal1, tín hiệu phát hiện xung dương sườn lên trong khoảng thời gian tồn tại signal2 và đầu ra Q của S-R Flip-Flop hay đây chính là chu kỳ T khi chưa có nhiễu tác động.

Tương tự, chương trình con *Sub_TX vuong so sanh7* tạo ra chu kỳ đo T khi bị ảnh hưởng của nhiễu. Thứ tự các đường đặc tính trong khối Scope của *Sub_TX vuong so sanh7* (hình 6) tương tự như trong khối Scope của *Sub_TX vuong so sanh*.

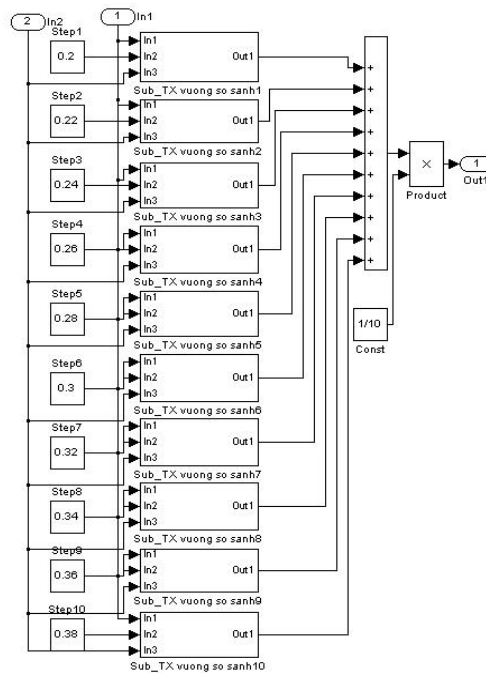
Nhân xét: khi có nhiễu bám trên tín hiệu hình sin, khối Detect Rise Positive tạo ra một nhóm xung dương sườn lên trong khoảng thời gian của tín hiệu signal1 và signal2 (hình 6) trong khi chỉ có 1 xung dương sườn lên khi tín hiệu sin không bị ảnh hưởng của nhiễu (hình 5). Kết quả là chu kỳ đo T tạo ra trong *Sub_TX vuong so sanh* bị dịch đi một khoảng thời gian như trong hình 1.

Để mô phỏng phương pháp trung bình khi đo tần số, ta sử dụng các chương trình con *Do Tan So Bang PP TB* (hình 7) để tạo ra các điểm cắt tín hiệu cần đo theo hướng song song với trục hoành. Mỗi chương trình con *Do Tan So Bang PPTB* gồm 10 chương trình con *Sub_TX vuong so sanh* đánh thứ tự từ 1 đến 10 để tạo ra 10 đường cắt và lấy trung bình đưa ra đầu Out1. Trong bài báo, ta khảo sát sai số chênh lệch khi đo tần số trong trường hợp lấy M = 10, 20, 30, 40 và 50 điểm cắt nên tùy từng trường hợp cụ thể mà sử dụng từ 1 đến 5 chương trình con *Do Tan So Bang PPTB*.

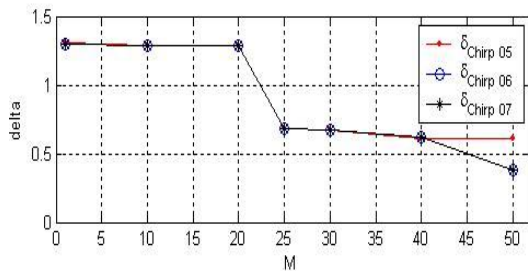
c/ Kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng nhận được các đường đặc tính $\delta = y(M)$ khi đo tín hiệu hình sin tần số 50 Hz chịu ảnh hưởng của ba loại nhiễu: Chirp (hình 8); RN (hình 9) và URN (hình 10).

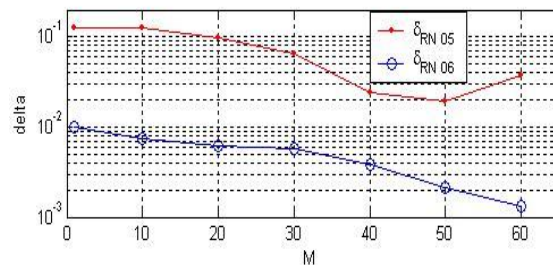
Trong mô phỏng cho phép tạo ra loại nhiễu bám kiểu URN với biên độ thay đổi (-100% ÷ 100% biên độ của tín hiệu đo). Thực tế là ít có trường hợp nhiễu quá lớn nên ta chọn biên độ nhiễu $U = \pm 15\%$; $\pm 35\%$; $\pm 50\%$ để khảo sát. Do nhiễu URN cho phép thay đổi nhiều thông số nên ta nghiên cứu trong 3 trường hợp riêng rẽ với fo5, fo6, fo7.



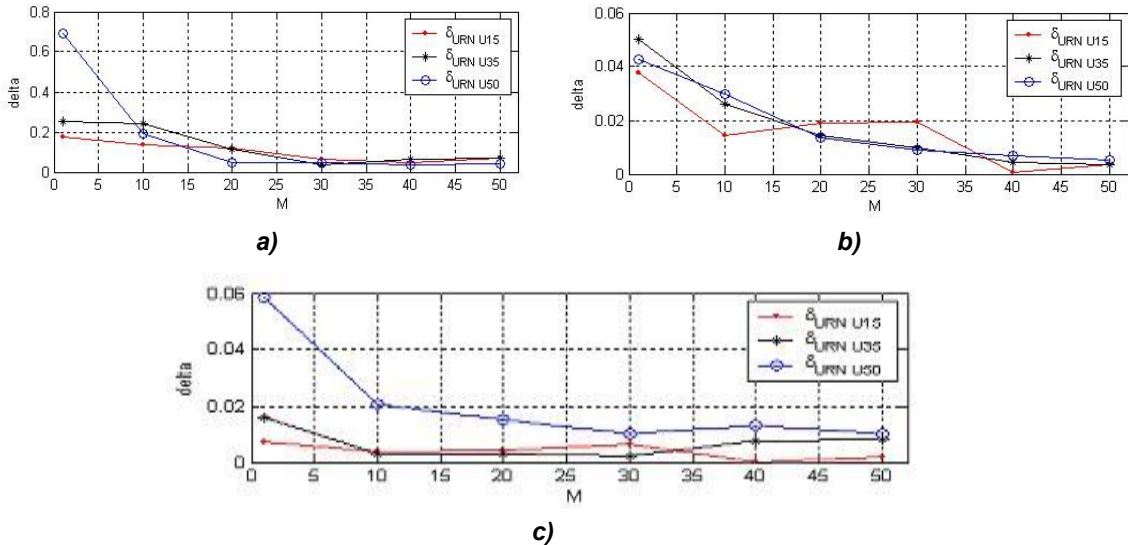
Hình 7: Chương trình Do tan So Bang PPTB



Hình 8: Đường đặc tính $\delta = y(M)$ khi sử dụng nhiễu Chirp



Hình 9: Đường đặc tính $\delta = y(M)$ khi sử dụng nhiễu RN



Hình 10: Đường đặc tính $\delta = y(M)$ khi sử dụng nhiều URN với f_0 5 (a), f_0 6 (b) và f_0 7 (c)

3. Kết luận

Phương pháp trung bình rất hiệu quả trong việc giảm sai số khi đo tần số ở hầu hết các phép đo. Tần số của máy phát xung càng cao, số lần cắt và lấy trung bình càng nhiều thì sai số khi đo tần số càng nhỏ. Tuy nhiên, trong quá trình khảo sát ta nhận thấy:

Sai số khi đo tần số với cùng số lần cắt của $f_0 = 10^7$ xấp xỉ của $f_0 = 10^6$ mà thời gian tính toán rất lâu. Sai số khi đo tần số với số lần cắt bằng 10 không giảm đáng kể so với khi đo thông thường; với $M = 50, 60, \dots$, sai số cũng tương đương như khi chọn $M = 40$. Vì vậy, khuyến cáo nên sử dụng phương pháp lấy trung bình khi đo tần số với $f_0 = 10^6$ và số lần cắt khoảng 20, 30 và 40 để đạt được hiệu quả tính toán tốt nhất và đảm bảo tính thời gian thực cho hệ thống đo lường và điều khiển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. PGS.TS Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế, Nguyễn Văn Hoà (2004), *Đo lường các đại lượng vật lý*, tập 2, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [2]. PGS.TS Nguyễn Quốc Trung (2006), *Xử lý tín hiệu và lọc số*, tập 1, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Rathore T.S (2003), *Digital Measurement Techniques*, Second editor – Narosa Publishing House, New Delhi, India.
- [4]. Exponenta.RU (2003), *Signal Processing Toolbox*, Australia.

Người phản biện: TS. Lưu Kim Thành