

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ ĐO ĐỘ TRÒN

DESIGNING AND MANUFACTURING ROUNDNESS MEASURING EQUIPMENT

Trần Phi Líp King¹, Lưu Đức Bình²

¹Công ty Cổ phần Ô tô Trường Hải; trankingqn91@gmail.com

²Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; ldbinh@dut.udn.vn

Tóm tắt - Thực tiễn cho thấy rằng, trên 70% sản phẩm cơ khí có các bề mặt dạng trụ tròn. Một trong bốn chỉ tiêu đánh giá chất lượng sản phẩm cơ khí là độ chính xác hình dáng hình học, trong đó chỉ tiêu quan trọng nhất đối với bề mặt dạng trụ là độ tròn. Việc xác định độ tròn thường bằng thủ công (với đồng hồ so, thước đo dài...) hoặc bằng máy đo độ tròn. Mặc dù máy đo độ tròn có nhiều tính năng, độ chính xác cao; song thực tế ở Việt Nam hiện nay chưa có cơ sở nào chế tạo loại thiết bị này. Từ đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu, xây dựng được phương án thiết kế và chế tạo thành công thiết bị đo độ tròn cho các chi tiết có khối lượng nhỏ hơn 10kg, đường kính nhỏ hơn 100 mm, với độ chính xác 1 μ m.

Từ khóa - thiết bị đo độ tròn; đo lường; phương pháp đo; sai lệch biên dạng tròn; ứng dụng đo độ tròn trong cơ khí.

1. Đặt vấn đề

Để đánh giá chất lượng sản phẩm cơ khí, cần dùng 4 chỉ tiêu về độ chính xác kích thước, hình dáng hình học, vị trí tương quan và chất lượng bề mặt. Với bề mặt dạng trụ, chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá độ chính xác hình dáng hình học là độ tròn.

Sai lệch độ tròn là khoảng cách lớn nhất từ các điểm của profin thực tới đường tròn áp đo trong mặt cắt ngang vuông góc với đường tâm trụ. Để xác định sai lệch độ tròn, thường dùng các biện pháp đo bằng đồng hồ so, bằng thước kẹp hoặc bằng máy đo độ tròn [1].

Dĩ nhiên đo bằng máy đo độ tròn sẽ cho kết quả chính xác cao, lưu và xử lý số liệu thuận lợi và đơn giản. Do đó, hầu hết các nghiên cứu tại Việt Nam về lĩnh vực đo độ tròn tập trung vào loại thiết bị này. Tác giả Vũ Toàn Thắng [6] nghiên cứu phương pháp tính sai lệch độ tròn, độ cạnh từ bộ số liệu đo; xây dựng mô hình thực nghiệm máy đo sai lệch độ tròn có sự kết hợp đồng bộ của đệm khí quay, bàn điều chỉnh đàn hồi, các đầu đo dịch chuyển dài và dịch chuyển góc số hóa - ghép nối với máy tính và chương trình xử lý số liệu đo, hoạt động theo đúng yêu cầu của một máy đo sai lệch độ tròn hoàn chỉnh. Tác giả Tạ Thị Thúy Hương [7] xác lập được kỹ thuật tính toán ổ khí quay tĩnh với kết cấu đệm khí rãnh bằng phương pháp điện khí tương đương; nghiên cứu, phân tích được các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng làm việc của ổ khí, đưa ra biện pháp công nghệ gia công các chi tiết của ổ; ứng dụng để thiết kế, chế tạo các loại ổ khí quay dùng trong đo lường; nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thành công mô hình thực nghiệm đo độ tròn sử dụng ổ khí quay kết hợp 3 đầu đo trong điều kiện công nghệ gia công cơ khí tại Việt Nam. Tác giả Vũ Thị Tâm [8] đánh giá tổng quan về các phương pháp đo trên máy CMM, cơ sở toán học, các phép đo công cụ toán về phép đo và xử lý số liệu; xây dựng thuật toán mới xác định sai lệch độ tròn, đồng thời viết chương trình ứng dụng trên máy CMM 544 Mitutoyo. Với các nghiên cứu tại nước ngoài, thường tập

Abstract - The reality shows that over 70% of mechanical products have circular cylindrical surfaces. One of the four criteria of the quality of mechanical products is geometric precision. Particularly, the most important criteria for the cylindrical surface is roundness. Determination of roundness is usually done manually (with indicator, metrometer...) or by roundness measuring equipment. Although the measuring machine has many features and high accuracy, in reality, there are no manufactures for such equipment in Vietnam yet. Therefore, we have conducted research and built a successful design and manufacture of roundness measuring equipment for details (samples) of less than 10kg in weight, less than 100mm in diameter, with a precision of 1 μ m.

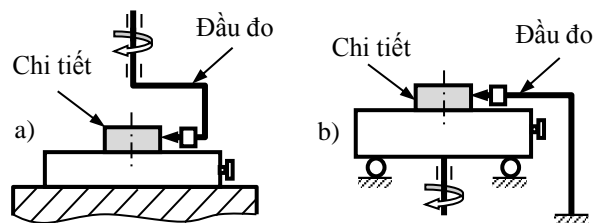
Key words - roundness measuring instrument; metrology; measurement method; roundness deformation deviation; application of roundness measurement in the mechanical industry.

trung vào việc loại bỏ độ lệch tâm tức thời trong phép đo độ tròn như kết hợp nhiều đầu đo (Wei Gao [9]), đặt đầu đo ở các góc khác nhau (G.X. Zhang [10]), ...

Với mục đích chế tạo ra thiết bị đo độ tròn có độ chính xác tương đối cao, số liệu đo được chuyển về máy tính, ... nhưng lại có giá thành thấp, dễ sử dụng, dễ điều chỉnh, sửa chữa, ... Chúng tôi đã nghiên cứu, lựa chọn được phương án thiết kế và chế tạo thành công loại thiết bị đo độ tròn như trên, ứng dụng rất tốt cho các cơ sở sản xuất cũng như đào tạo.

2. Thiết kế, chế tạo thiết bị đo độ tròn

Hiện nay, nguyên lý máy đo độ tròn được chia thành hai kiểu theo phương pháp tạo đường tròn lý tưởng là đầu đo quay - chi tiết đứng yên hoặc chi tiết quay - đầu đo đứng yên, như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý máy đo độ tròn

Các loại máy đo độ tròn trên có thể có các bộ biến đổi cảm ứng điện hoặc khí nén đóng vai trò các hệ thống đo. Loại đầu đo quay - chi tiết đứng yên (Hình 1a) có ưu điểm là trục chính mang đầu đo không tiếp nhận toàn bộ trọng lượng chi tiết đo nhưng lại hạn chế kích thước đo do chiều dài mũi đo có hạn. Loại chi tiết quay - đầu đo đứng yên (Hình 1b) ít bị hạn chế về kích thước đo được nhưng lại mang khối lượng vật đo khi quay nên loại này thường dùng các loại ổ đỡ đặc biệt như đệm không khí, đệm từ...

Chúng tôi chọn thiết bị sẽ chế tạo theo sơ đồ nguyên lý kiểu 1b với chi tiết đo được có kích thước đường kính trung bình (<100), khối lượng 10kg, độ chính xác đo 1 μ m.

2.1. Thiết kế cơ khí

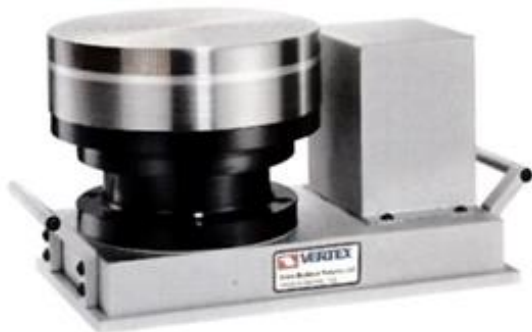
2.1.1. Lựa chọn phương án thiết kế

Như đã nói ở trên, sơ đồ nguyên lý thiết kế chọn là chi tiết quay, đầu đo đứng yên. Do vậy, cần phân tích lựa chọn các phương án truyền động và gá đặt chi tiết.

a. Chọn phương án gá đặt chi tiết

Yêu cầu khi gá đặt chi tiết trên máy đo độ tròn là phải đảm bảo độ đồng tâm của chi tiết và tâm quay, thao tác gá đặt nhanh chóng, lực kẹp không cần lớn.

Nếu sử dụng bàn từ quay dẫn động bằng động cơ sẽ đảm bảo được độ cứng vững cao. Tuy nhiên, phương án này không đảm bảo được độ đồng tâm giữa trục chính và tâm quay của chi tiết khi thiết bị làm việc. Hơn thế nữa giá thành cũng khá cao.



Hình 2. Bàn từ quay

Sử dụng các trang bị công nghệ đã tiêu chuẩn như mâm cặp 3 chấu hay ống kẹp đàn hồi sẽ đảm bảo được độ sai lệch giữa trục chính và tâm quay của chi tiết là thấp, giá thành cũng rẻ hơn rất nhiều so với bàn từ quay. Tuy nhiên, mâm cặp 3 chấu lại dễ thao tác và các kết cấu cơ khí để liên kết mâm cặp cũng đơn giản.



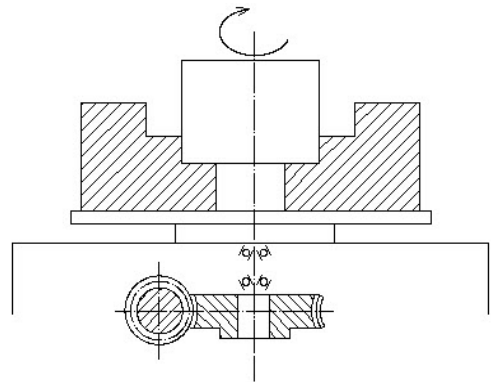
Hình 3. Mâm cặp 3 chấu và ống kẹp đàn hồi

Do đó, chúng tôi chọn mâm cặp 3 chấu làm trang bị gá đặt cho chi tiết của thiết bị.

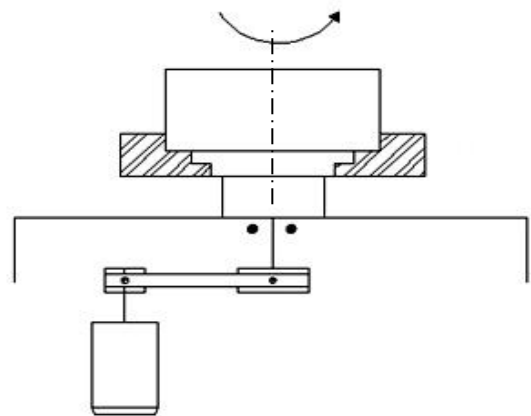
b. Chọn phương án truyền động

Khi đo độ tròn, tốc độ quay là rất nhỏ và chỉ cần quay 1 vòng. Do vậy, có thể chọn phương án truyền động bằng động cơ điện thông qua bộ truyền trục vít – bánh vít để giảm tốc độ (Hình 4).

Tuy nhiên, do tải trọng cần truyền động là nhỏ, kết hợp với tốc độ nhỏ và chỉ quay 1 vòng/lần đo. Do đó, việc lựa chọn động cơ bước là phù hợp hơn so với động cơ điện thông thường. Khi đó, chỉ cần sử dụng bộ truyền đai để quay mâm cặp (Hình 5).

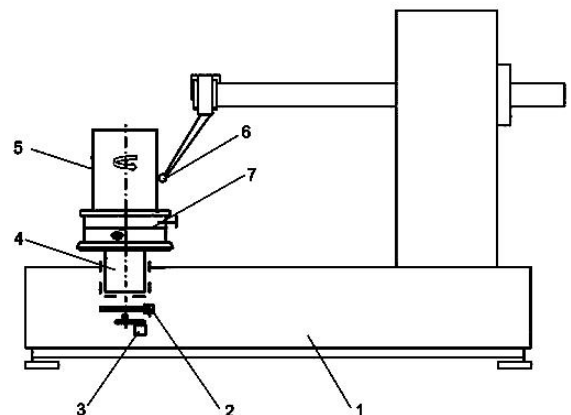


Hình 4. Phương án truyền động bằng động cơ điện và bộ truyền trục vít – bánh vít



Hình 5. Phương án truyền động bằng động cơ bước và bộ truyền đai

Như vậy, sơ đồ nguyên lý của thiết bị đo độ tròn được thiết kế như sau (Hình 6):



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý máy thiết kế

Chi tiết đo 5 đặt lên bàn quay 7 được dẫn động bằng ổ quay 4, trên bàn quay có bộ phận điều chỉnh để chỉnh tâm chi tiết về trùng với tâm của bàn quay. Khi đo bàn mang chi tiết quay, encoder 2 và đầu đo 6 dịch chuyển hướng kính quanh chi tiết cho biết thông tin về vị trí góc quay θ và bán kính đo R, quay chi tiết trên toàn vòng 360° được một bộ thông số đo (R_i, θ_i) với $i = 1 \div n$.

Giả sử chi tiết 5 có tâm O' , hệ thống bàn quay 7 có tâm O . Nếu chi tiết được đặt lên bàn đo sao cho O' trùng với O

thì biến thiên bán kính nhận được lên một đầu đo đặt hướng kính sẽ mô tả profile bề mặt chi tiết, khi đó ta sẽ xác định được sai lệch độ tròn.

2.1.2. Tính chọn các thông số

a. Chọn động cơ

Chọn bộ truyền đai răng với tỉ số truyền $i = 2$, số vòng quay mâm cặp $5 \leq n \leq 10$ (vg/ph). Chọn hiệu suất ổ lăn $\eta_1 = 0,99$; của bộ truyền đai là $\eta_2 = 0,98$ [9].

Số vòng quay của động cơ là:

$$\frac{5.2}{0,96} = 10,416(\text{vg} / \text{ph}) \leq n_{dc} \leq \frac{10.2}{0,96} = 20,8(\text{vg} / \text{ph})$$

Chọn loại động cơ bước kết hợp với driver điều khiển, có góc bước 1.80

Từ thực nghiệm, lực động cơ cần thiết là 40 (N)

Công suất yêu cầu:

$$N_{yc} = \frac{P.v}{1000} = \frac{40.0,1}{1000} = 0,004 (kW)$$

Công suất của động cơ:

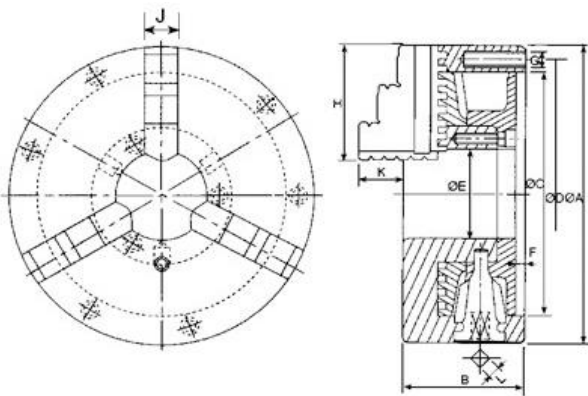
$$N_{ct} = \frac{N_{yc}}{\eta} = \frac{0,004}{0,96} = 0,00416 (kW)$$

Chọn động cơ có định mức điện áp 5V, dòng I = 2A

Do đo công suất $N = U.I = 5.2 = 10W$, phù hợp với công suất yêu cầu.

b. Chọn mâm cặp

Với chi tiết đo có kính thước trung bình $\Phi < 100$ nên ta lựa chọn mâm cặp có thông số kỹ thuật như Bảng 1.



Hình 7. Các thông số kỹ thuật chính mâm cặp

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của mâm cặp được chọn

A	B	C	D	E	F	G	H
112	59	80	95	24	4.5	3-M8	42

2.2. Thiết kế hệ thống thu nhận dữ liệu

2.2.1. Chọn đồng hồ so

Chọn đồng hồ so Mitutoyo, số hiệu 543-280 với dải đo: 0 – 12,7mm; độ phân giải 0,001mm; đường kính trục gá đồng hồ 8mm.

Sử dụng chân gá đồng hồ so Mitutoyo có các đường kính lỗ dùng được là 4mm; 8mm; 9,53mm.



Hình 7. Đồng hồ so và chân gá

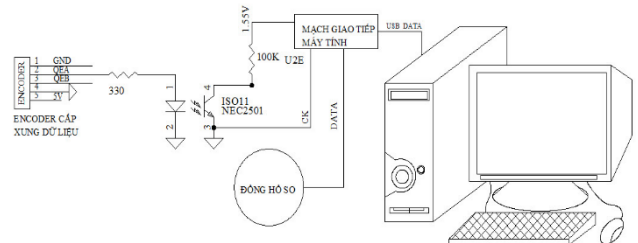
2.2.2. Encoder và cáp truyền dữ liệu

Chọn Encoder có các thông số kỹ thuật như sau:

- Đường kính 8mm;
- Độ phân giải 300 xung/vong;
- Pha ngõ ra 3 pha A, B, Z;
- Tần số đáp ứng Max 300Khz;
- Ngõ ra: ngõ ra totem pole;
- Nguồn cấp 12-24 VCD $\pm 5\%$;
- Trở kháng cách ly: MIN 100M Ω .

Việc chọn cáp truyền dữ liệu phải đồng bộ với đồng hồ so và phải nhận được thông tin từ đồng hồ so chuyển qua máy tính dưới dạng file Excel, do vậy chọn cáp nối SPC.

Tóm lại, ta có được sơ đồ thu nhận dữ liệu như sau:



Hình 8. Sơ đồ hệ thống thu nhận dữ liệu

2.2.3. Hệ thống xử lý dữ liệu

Sau khi ta đã chuyển đổi tín hiệu đo thành tín hiệu điện áp, nghĩa là mỗi dịch chuyển 0,001 của đồng hồ so thành một chu kỳ tín hiệu sin. Biến tín hiệu điện áp thành tín hiệu đếm. Bộ đếm sẽ thực hiện phép đếm từng chu kỳ tín hiệu. Như vậy, nếu đồng hồ dịch chuyển 0,001mm thì bộ đếm sẽ nhảy một đơn vị đếm.

Để tín hiệu điện áp chuyển thành tín hiệu đếm, ta cần phải chuyển đổi tín hiệu điện áp thành tín hiệu xung. Bộ đếm được thiết kế dựa trên cơ sở đếm sườn xung. Mỗi một chu kỳ tín hiệu sẽ chỉ có một thời điểm xung lên do đó việc đếm xung sẽ không bị lỗi trong cùng một chu kỳ.

Tín hiệu thu nhận được sẽ chuyển trực tiếp vào file Excel. Tại đây, chúng ta có thể tính toán sai lệch độ tròn bằng cách viết các chương trình xử lý số liệu.

2.3. Lắp ráp, chế tạo thiết bị

Với các thông số của hệ thống cơ khí và hệ thống thu nhận dữ liệu đã thiết kế; tiến hành lắp ráp, chế tạo các phần tử tạo thành thiết bị như Hình 9.

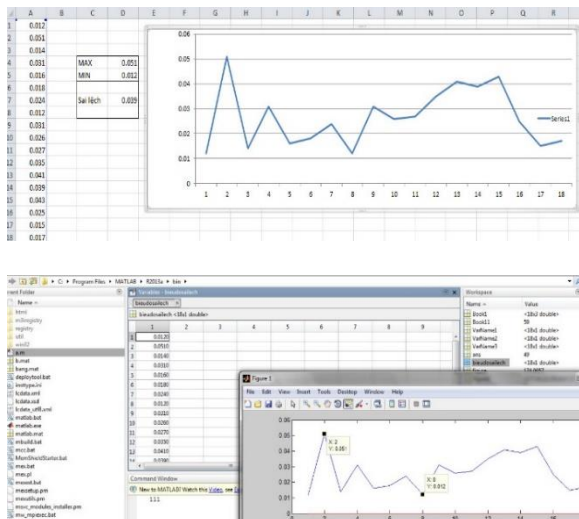


Hình 9. Thiết bị đo độ tròn được chế tạo

Để hiệu chỉnh thiết bị sau khi chế tạo, sử dụng vòng bạc chuẩn $\phi 50$ và đo thử vòng bạc này.

Nhận định rằng,

- Nếu kết cấu quay định tâm không tốt, vòng bạc chuẩn tròn tuyệt đối thì số liệu đo nhận được sẽ giống nhau về chu kỳ. Nhưng lệch pha nhau theo vị trí góc xê dịch của vòng bi.
- Nếu kết cấu quay định tâm không tốt, vòng bạc chuẩn bị méo thì chu kỳ và biên độ của số đo biến thiên bất kỳ không giống nhau và cũng không trùng nhau.
- Nếu kết cấu quay định tâm tốt, chu kỳ và độ biến thiên bán kính sau các lần đo trùng nhau, chính là sai lệch độ tròn.



Hình 10. Kết quả đo độ tròn thể hiện trên Matlab

3. Kết quả và bàn luận

Đã thiết kế, chế tạo thành công thiết bị đo sai lệch độ tròn với kích thước đường kính trung bình (<100), khối

lượng 10kg, độ chính xác đo $1\mu\text{m}$.

Thiết bị đã hoạt động chính xác, dữ liệu truyền về máy tính, phần mềm tính toán và hiển thị kết quả đo hoạt động tốt.

Nghiên cứu đã góp phần khẳng định khả năng có thể lắp ráp, chế tạo các loại thiết bị đo chính xác với giá thành rất cạnh tranh, có thể sử dụng tại các cơ sở sản xuất cơ khí cũng như các phòng thí nghiệm đo lường.

Tuy nhiên, cần hoàn thiện thiết bị hơn về khả năng định tâm cao của các chấu kẹp sau một thời gian sử dụng, vấn đề rung động của thiết bị trong quá trình đo, ảnh hưởng của việc gá đặt chi tiết (đặc biệt là chi tiết dài) đến kết quả đo, các giải pháp để ổn định tín hiệu, loại trừ nhiễu và sai số trong quá trình đo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lưu Đức Bình, Châu Mạnh Lực, *Kỹ thuật đo cơ khí*. NXB Giáo dục Việt Nam, 2015.
- [2] Nguyễn Phùng Quang, *Matlab và simulink cho kỹ sư điều khiển tự động*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [3] Nguyễn Tiên Thọ - Nguyễn Thị Xuân Bày – Nguyễn Thị Cẩm Tú, *Kỹ thuật đo lường kiểm tra trong chế tạo cơ khí*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005
- [4] Hồ Đắc Thọ, Nguyễn Thị Xuân Bày, *Cơ sở kỹ thuật đo trong chế tạo máy*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1984
- [5] Nguyễn Hữu Lộc, *Cơ sở thiết kế máy*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia, 2004.
- [6] Vũ Toàn Thắng, *Xây dựng phương pháp đo sai lệch độ tròn của các chi tiết cơ khí trong hệ tọa độ cực*. Luận án tiến sỹ kỹ thuật – Đại học Bách khoa Hà Nội, 2006.
- [7] Tạ Thị Thủy Hương, *Cơ sở đảm bảo, nâng cao độ chính xác của phép đo độ tròn*, Luận án tiến sỹ Kỹ thuật cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2016.
- [8] Vũ Thị Tâm, *Thuật toán mới và chương trình Matlab xác định sai lệch độ tròn từ dữ liệu đo trên máy CMM 544*. Luận văn thạc sỹ Kỹ thuật, Trường ĐH KTCN Thái Nguyên, 2010
- [9] Wei GAO, Satoshi KIYONO, Roundness measurement by the orthogonal mixed method, *JSME*, 61(589), 1995
- [10] G. X. Zhang, R. K. Wang, Four-Point Method of Roundness and Spindle Error Measurements, *CIRP Annals, Manufacturing Technology*, Volume 42, Issue 1, 593-596, 1993
- [11] Francis T. Farago, “*Handbook of dimensional measurement*”. Industrial press Inc.
- [12] Mitutoyo Corporation, *Measuring Instruments Catalog*, United State of America, 2012
- [13] Europa Lehrmittel, *Mechanical and Metal trades handbook*, Germany, 2006.
- [14] <http://mdmetric.com>
- [15] <http://www.roytech.co.uk>
- [16] <http://www.nist.gov>

(BBT nhận bài: 17/07/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 27/07/2017)