

# THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT QUÁ TRÌNH KHOAN GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU

DESIGN, CONTROL AND MONITOR SYSTEM FOR THRILLING WEAK LAND

Trương Thị Bích Liên\*, Trần Đình Thông,  
Bùi Thị Thu Hà, Hà Thị Kim Duyên

## TÓM TẮT

Trong giai đoạn hiện nay, việc hoàn thiện lý thuyết tính toán, xây dựng bộ điều khiển tự động và kiểm soát chất lượng trong quá trình khoan là cần thiết. Với mong muốn khắc phục những nhược điểm của hệ thống điều khiển cũ của nhà sản xuất và đưa ra một bộ điều khiển mới có nhiều tính năng hơn, đáp ứng được các yêu cầu về khoa học công nghệ và giảm bớt các chi phí tổn hao trong quá trình thực hiện. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu, thiết kế hệ thống điều khiển và giám sát cho máy khoan phun cọc xi măng gia cố nền đất yếu tại các công trình xây dựng. Hệ thống điều khiển được thiết kế bằng việc sử dụng các phần mềm thông dụng như OPC PC Access S7 200, Visual Basic 6.0... Hệ thống điều khiển đã được chạy thử nghiệm và được đưa vào sử dụng tại công trường. Các kết quả đạt được đã thể hiện được khả năng làm chủ công nghệ và các dữ liệu giám sát điều khiển được in ra thông qua hệ thống điều khiển.

**Từ khóa:** Hệ thống điều khiển; máy khoan gia cố nền đất yếu; giám sát và điều khiển dữ liệu.

## ABSTRACT

Currently, completing mathematical theory, building the control system and monitoring the quality in the thrilling process is very important. With the motivation to reduce the drawbacks of the old control system and to introduce a new control system (more functions low cost), this paper proposed a novel controlling and monitoring system or Concrete spraying pile machine to strengthen the weak land in the construction sites. The results of this system are also discussed in this paper. The control system was design by the software such as OPC PC Access S7 200, Visual Basic 6.0 and so on. This system was tested and used in the construction sites. The obtained results show the owning technique and data through the control system.

**Keywords:** Control System; floor driller; data supervising and controlling.

Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: tbliencn@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/6/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/02/2020

## CHỮ VIẾT TẮT

CDM	Cement Deep Mixing
DAO	Data Access Object
HMI	Human Machine Interface

OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
PLC	Programmable Logic Controller

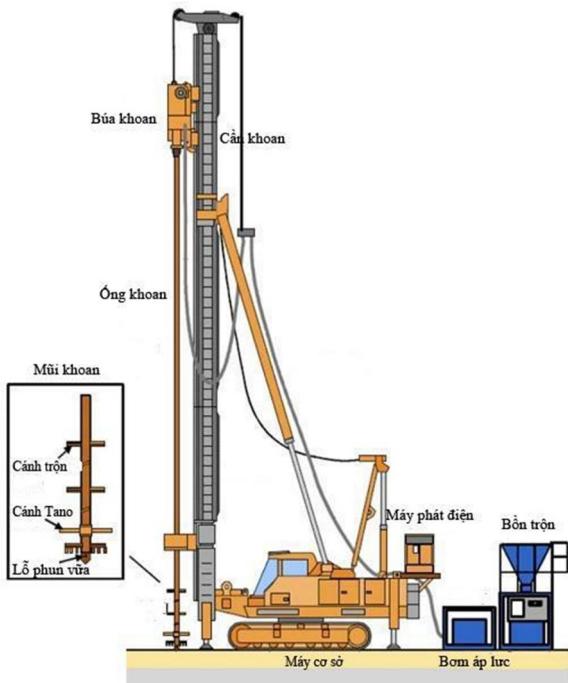
## 1. GIỚI THIỆU

Để nâng cao chất lượng trong lĩnh vực trong xử lý đất nền cho các công trình xây dựng, thủy lợi, giao thông,... có rất nhiều công nghệ được đưa vào ứng dụng rộng rãi như bắc thăm, vãi địa, kỹ thuật cọc cát,... Nhưng phương pháp gia cố nền bằng cọc xi măng đất đang được ứng dụng rộng rãi nhất hiện nay vì những ưu điểm nổi bật của nó và đặc biệt đã giải quyết những khó khăn trong quá trình thi công [1].

Cọc xi măng đất được thi công tạo thành theo phương pháp khoan trộn sâu. Dùng máy khoan và các thiết bị chuyên dụng khoan vào đất nền với đường kính và chiều sâu lỗ khoan theo thiết kế. Đất trong quá trình khoan không được đưa lên khỏi lỗ khoan mà chỉ bị phá vỡ liên kết, kết cấu và được các cánh mũi khoan nghiền tơi, trộn đều với chất kết dính xi măng. Trái tim của máy khoan là hệ thống điều khiển và kiểm soát chất lượng cọc xi măng đất. Hệ thống điều khiển và kiểm soát này phải đảm bảo cho chất lượng cọc xi măng đất đạt chất lượng thiết kế đề ra.

Hiện nay, trong nước đã có rất nhiều công ty xây dựng chuyên thi công gia cố nền, móng đã nhập máy khoan cọc xi măng đất để thi công đại trà như: LICOGI13-FC, Hà Thành, FECON,... Các máy này đa phần là nhập khẩu từ Nhật Bản, Trung Quốc kèm bộ điều khiển theo máy, hầu hết không sử dụng được vì bộ điều khiển không phù hợp với nền đất ở Việt Nam. Với lợi thế là hiểu được đặc điểm về thổ nhưỡng của nước ta, chúng ta có thể tự nghiên cứu, và thiết kế ra bộ điều khiển để thay thế bộ điều khiển của nhà sản xuất.

Hệ thống điều khiển hiện nay của nhà sản xuất đa phần là dùng bộ điều khiển sử dụng vi điều khiển cho nên khó khăn cho quá trình bảo trì sửa chữa,... và chỉ là bộ hiển thị và giám sát quá trình khoan, chính vì vậy chất lượng phụ thuộc rất nhiều vào người vận hành máy. Vì những nhược điểm đó chúng tôi đã xây dựng bộ điều khiển mới để thay thế được bộ điều cũ của hệ thống máy khoan.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ trộn ướt [1]

## 2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG MÁY GIA CỐ NỀN ĐẤT

### 2.1. Nguyên lý của máy thiết kế

Trong hành trình khoan, các thông số khống chế về chiều sâu, cũng như lưu lượng vữa phun ra trong một phân đoạn (thường là 20cm) đều đo được nhờ (Encoder) và bộ cảm biến lưu lượng (Flowmeter) truyền tín hiệu đến bộ điều khiển và hiển thị trực tiếp lên màn hình điều khiển máy khoan, thợ vận hành máy theo dõi điều chỉnh trực tiếp lưu lượng, tốc độ khoan cũng như rút lên trên từng phân đoạn. Phiếu in thông số khoan phun được in liên tục từng phân đoạn là cơ sở để đánh giá, nghiệm thu chất lượng cọc thi công.

Theo công nghệ trộn ướt có thể thi công theo 6 bước sau:

- Bước 1: Định vị máy khoan vào đúng vị trí khoan cọc bằng máy toàn đạc điện tử.
- Bước 2: Bắt đầu khoan vào đất, quá trình mũi khoan sẽ đi xuống đến độ sâu theo thiết kế.
- Bước 3: Bắt đầu bơm vữa theo qui định và trộn đều trong khi mũi khoan đang đi xuống, tốc độ mũi khoan đi xuống: 0,5 ÷ 0,7m/phút.
- Bước 4: Tiếp tục hành trình khoan đi xuống, bơm vữa và trộn đều, đảm bảo lưu lượng vữa theo đúng thiết kế.
- Bước 5: Khi đến độ sâu mũi cọc, dừng khoan và dừng bơm vữa và tiến hành quay mũi ngược lại và rút cần khoan lên, quá trình rút lên kết hợp trộn đều 1 lần và nén chặt vữa trong lòng cọc, nhờ cấu tạo mũi khoan. Tốc độ rút cần khoan lên trung bình: 0,8 ÷ 1,2m/phút.
- Bước 6: Sau khi mũi khoan được rút lên khỏi miệng hố khoan, 01 cây cọc vữa được hoàn thành. Thực hiện công tác dọn dẹp phần phi vữa rơi vãi ở hố khoan, chuyển máy sang vị trí cọc mới.

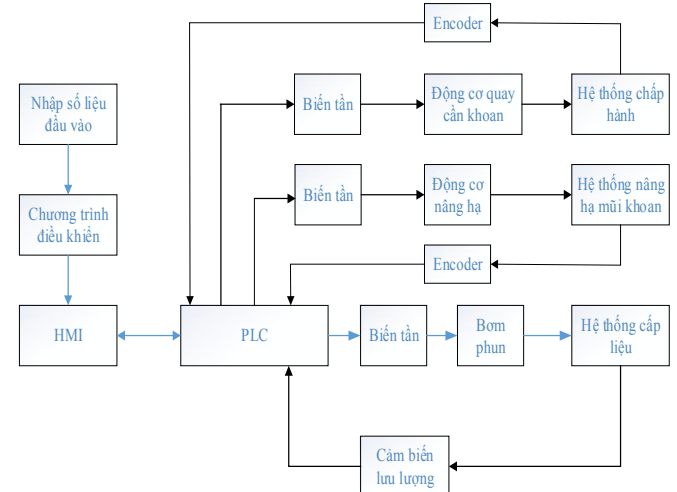
Theo phân tích nguyên lý thi công cọc xi măng đất ta có thể xây dựng sơ đồ khối tổng thể bộ điều khiển của hệ thống như hình 2.

### 2.2. Nguyên lý điều khiển

Nguyên lý hoạt động điều khiển máy khoan bao gồm hai quá trình:

+ *Quá trình khoan đi xuống:* Mũi khoan vừa quay vừa khoan xuống, đồng thời phun vữa xi măng, đây là quá trình làm tơi đất và trộn hỗn hợp để tạo thành bê tông đất vữa được bơm cung cấp cho hố khoan. Cảm biến lưu lượng đo lưu lượng phun thực tế của bơm. Khi cảm biến làm việc thì động cơ nâng cần khoan mới hoạt động nâng dẫn mũi khoan xuống. Cảm biến báo lượng vữa thực tế chảy qua đường ống phun vào nền đất, tín hiệu được truyền về bộ điều khiển PLC, PLC xuất tín hiệu ra đưa vào biến tần, biến tần điều khiển tốc độ phun ổn định lượng vữa vào lòng đất đồng thời cảm biến đo góc quay (encoder) làm việc báo tín hiệu hồi tiếp tốc độ nâng mũi khoan và độ sâu khoan, tín hiệu này cũng được đưa về PLC để xử lý. Dựa vào các tín hiệu đó, PLC sẽ xử lý và truyền tín hiệu tới biến tần để điều khiển động cơ dẫn động nâng mũi khoan.

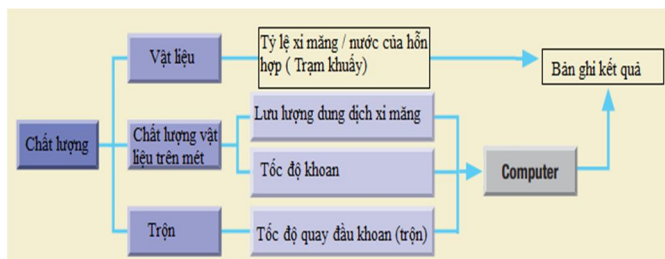
+ *Quá trình khoan dịch chuyển lên:* Mũi khoan quay theo chiều ngược lại đánh tơi và trộn thêm một lần nữa.



Hình 2. Sơ đồ khối tổng thể bộ điều khiển [1]

Như vậy, dựa trên phân tích nguyên lý hoạt động và dựa trên hình 3 về kiểm soát chất lượng cọc xi măng, nhiệm vụ của bộ điều khiển thiết kế giải quyết ba vấn đề chính sau:

- Ổn định tốc độ quay mũi khoan: dựa trên sự hồi tiếp tốc độ của encoder và tín hiệu đưa đến biến tần để ổn định tốc độ động cơ điều khiển mũi khoan.
- Điều khiển hệ thống nâng hạ mũi khoan. Đo chiều sâu của mũi khoan, xuất tín hiệu ra máy in cho mỗi phân đoạn của mũi khoan (thường là 20cm/1 phân đoạn) để kiểm tra chất lượng độ tơi của đất và xác định vị trí của mũi khoan.
- Lưu lượng vữa xi măng bơm vào đất theo mũi khoan: cảm biến lưu lượng đo lượng dung vữa đi qua bơm phun, hồi tiếp tín hiệu đưa về PLC để điều chỉnh biến tần từ đó điều chỉnh tốc độ bơm phun.



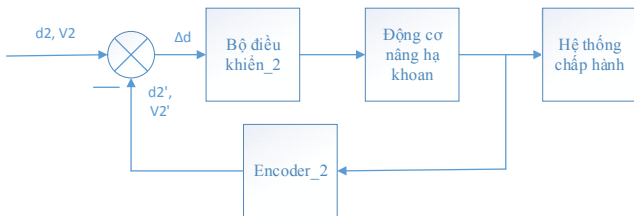
Hình 3. Kiểm soát chất lượng cọc xi măng [1]

### 3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT

#### 3.1. Điều khiển tốc độ quay mũi khoan

Từ nhiệm vụ đặt ra là tốc độ khoan cần không đổi trong suốt quá trình khoan (nâng - hạ mũi khoan) và khi khoan (hạ mũi khoan) đến độ sâu đặt trước thì nâng mũi khoan về vị trí ban đầu.

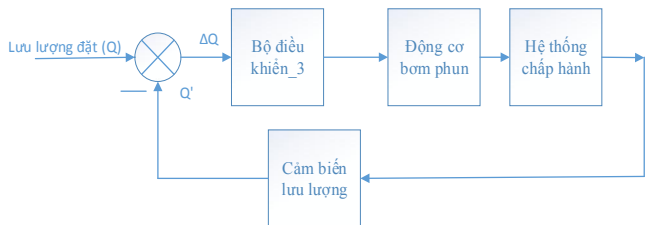
Hình 4 mô tả sơ đồ khối của hệ thống điều khiển tốc độ khoan. Độ sâu cần khoan ( $d_1$ ) và tốc độ khoan ( $V_2$ ) được đặt từ màn hình HMI. Bộ điều khiển\_2 được thiết kế nhằm ổn định tốc độ động cơ nâng hạ mũi khoan (tương ứng với tốc độ khoan), tính toán độ sâu tức thời của mũi khoan thông qua phản hồi vị trí của Encoder\_2. Trên cơ sở đó thuật toán điều khiển được thể hiện ở hình 6.



Hình 4. Sơ đồ khối điều khiển tốc độ khoan

#### 3.2. Điều khiển tốc độ khoan (tốc độ nâng - hạ mũi khoan)

Điều khiển lưu lượng vữa xi măng đi qua vòi phun theo mũi khoan luôn ổn định trong suốt quá trình khoan. Khi lưu lượng ổn định thì khối lượng vữa xi măng được trộn vào đất trong từng phân đoạn khoan cọc xi măng - đất sẽ như nhau. Hình 5 mô tả sơ đồ khối điều khiển lưu lượng vữa xi măng bơm vào đất. Thuật toán điều khiển tốc độ khoan được thể hiện ở hình 6.



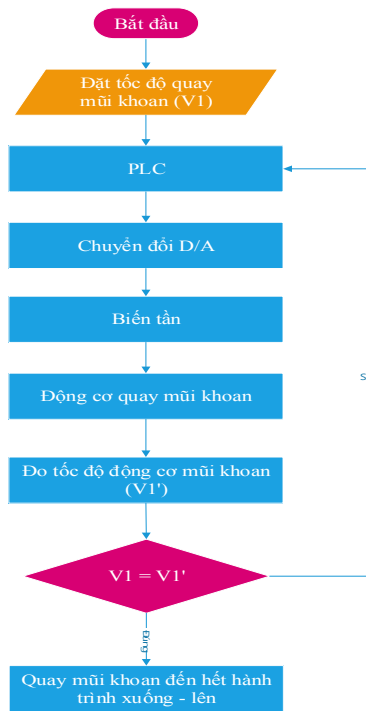
Hình 5. Sơ đồ khối điều khiển lượng vữa trên từng phân đoạn

- Bộ điều khiển\_3: Chương trình điều khiển được xây dựng trong PLC.

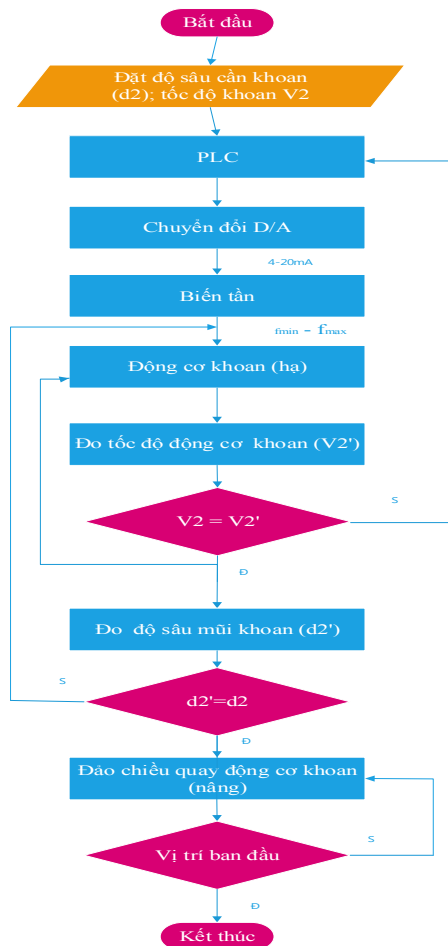
- Động cơ bơm phun: là động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc.

- Hệ thống chấp hành: là hệ thống dẫn vữa xi măng từ các xi-lô chứa vữa xi măng đến vòi phun xi măng tại các đầu mũi khoan.

- Cảm biến lưu lượng: Đo lưu lượng khối vữa xi măng bơm phun vào cọc xi măng đất.



Hình 6. Lưu đồ thuật toán điều khiển tốc độ mũi khoan



Hình 7. Lưu đồ thuật toán điều khiển quá trình khoan

Trong quá trình khoan (hạ mũi khoan) cọc xi măng đất, vữa xi măng được phun vào trộn đều cùng với đất (nhờ cánh mũi khoan), tuy nhiên trong quá trình khoan đầu vòi phun có thể bị dính đất, dính vữa dẫn đến lưu lượng vữa xi măng đưa vào đất không đều. Để nhận biết lưu lượng vữa không đều ta sử dụng cảm biến lưu lượng. Khi có sự sai lệch lưu lượng vữa so với giá trị đặt, Bộ điều khiển \_3 cần điều chỉnh để điều chỉnh tốc độ động cơ bơm phun bám theo lưu lượng đã đặt (đảm bảo sai lệch nhỏ nhất).

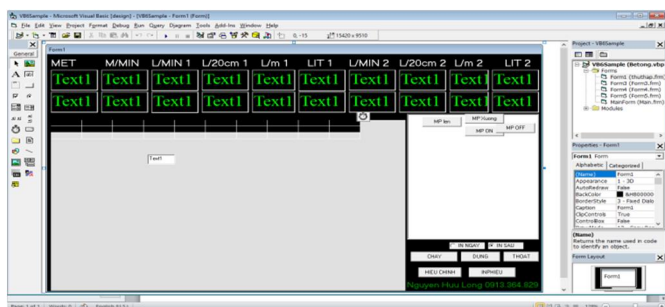
**3.3. Xây dựng phần mềm giám sát, quản lý thống kê cho hệ thống khoan cọc xi măng đất**

Sử dụng giao diện HMI để điều khiển và giám sát cho các hệ thống điều khiển tự động. Kết hợp các ngôn ngữ Wincc Flex [7] và nhúng S7-200 PC Access (OPC server) vào trong VB6.0 [6]. Để thực hiện xây dựng các giao diện tương tác giám sát và điều khiển dữ liệu của hệ thống. Song song với quá trình in ra phiếu để theo dõi quản lý chất lượng cọc xi măng đất, đôi khi cần phải lưu trữ các phiếu kết quả trên cơ sở dữ liệu để có thể thống kê, kiểm tra dễ dàng trên máy tính. Chính vì, nhóm tác giả đã thiết kế phần mềm có thể đảm bảo giải được các bài toán sau:

- Có giao diện người máy (HMI) là giao tiếp giữa người vận hành và máy móc thiết bị hay có "giao tiếp" với một máy móc qua một màn hình giao diện.
- In được phiếu kết quả của quá trình khoan từng cọc xi măng đất.
- Xây dựng cơ sở dữ liệu để lưu trữ quản lý thống kê của các phiếu kết quả trên. Có thể in lại các phiếu của từng cọc xi măng đất đã lưu trữ.

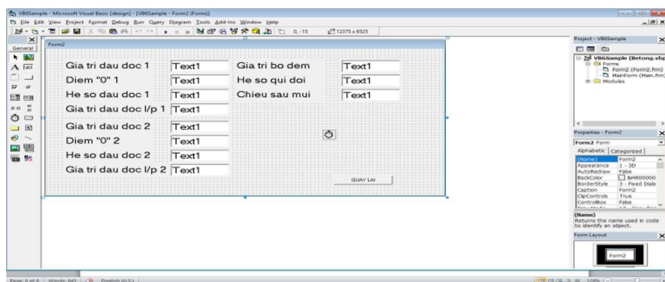
Ngoài ra sử dụng thực hiện nhúng S7-200 PC Access (OPC server) vào trong VB6.0 [9,10] xây dựng một số giao diện cụ thể như hình 8, 9, 10.

+ Giao diện điều khiển:



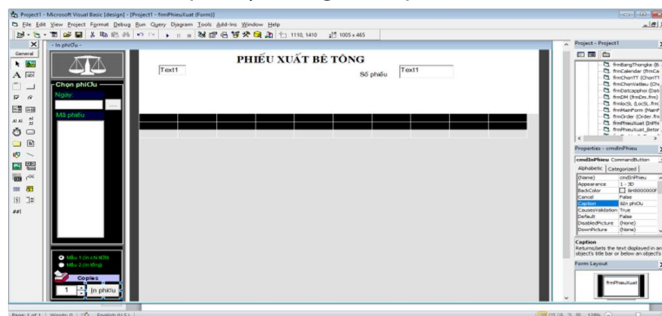
Hình 8. Giao diện điều khiển chính

+ Giao diện hiệu chỉnh:



Hình 9. Giao diện hiệu chỉnh

+ Giao diện quản lý thông kê, in phiếu xuất:

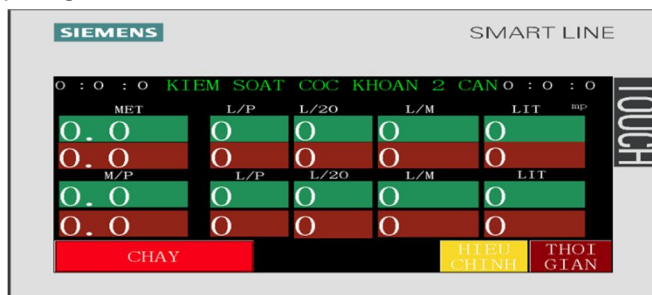


Hình 10. Giao diện quản lý, thống kê

**4. MÔ PHỎNG GIẢ LẬP VÀ TRIỂN KHAI THỰC NGHIỆM**

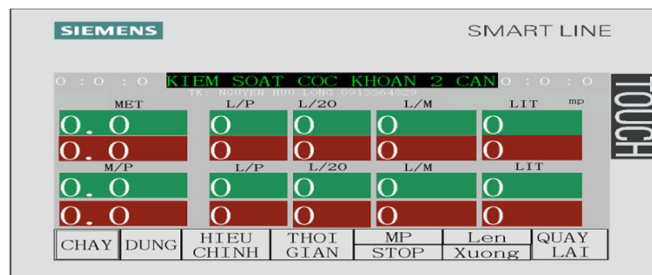
**4.1. Thực hiện mô phỏng giả lập**

Để thực hiện mô phỏng giả lập từ giao diện màn hình điều khiển chính, bấm vào nút "MP" để vào màn hình mô phỏng ở hình 11.



Hình 11. Giao diện điều khiển chính

Từ màn hình mô phỏng bấm "chạy" sau đó bấm "MP", bấm "chiều khoan xuống" để thực hiện quá trình chạy mô phỏng từ hình 12.



Hình 12. Giao diện chạy mô phỏng

Để thực hiện quá trình mô phỏng tại tủ điều khiển, nhóm tác giả tạo một chương trình con phát xung mô phỏng thay thế cảm biến encoder của quá trình lên xuống cần khoan. Ngoài ra nhóm còn giả lập tín hiệu lưu lượng bơm vữa và tiến hành chạy thử trong điều kiện mô phỏng với các tham số cài đặt giả định ở bảng 1.

Bảng 1. Tham số mô phỏng giả định

Chiều sâu cọc khoan	12m
Lưu lượng 1	73 lít/phút
Vận tốc khoan xuống	0,5m/phút
Vận tốc khoan lên:	1m/phút
Số lít /mét = lưu lượng / vận tốc	29 lít/0,2m

Sau khi tiến hành cài đặt các thông số trên tiến hành bấm “chạy”, máy khoan sẽ tự động khoan trong điều kiện mô phỏng sau đó in ra phiếu kết quả như hình 13.

CT	CP	KT	VA	CNXD	TIEN	BO	AATC						
Cọc số :	8 :	7:25											
Ngày :	8 :												
HH:MM:SS	MET	M/P	LP1	L1	TL1	LP2	L2	TL2					
9:15:25	0.2	0.5	73	29	29	70	31	31					
9:15:50	0.4	0.5	74	29	58	71	30	61					
9:16:13	0.6	0.5	72	28	86	72	31	92					
9:16:37	0.8	0.5	72	29	115	73	30	122					
9:17:0	1.0	0.5	75	29	144	70	30	152					
9:17:26	1.2	0.5	75	28	28	70	29	29					
9:17:49	1.4	0.5	74	28	56	69	31	60					
9:18:13	1.6	0.5	73	29	85	69	30	90					
9:18:37	1.8	0.5	75	29	114	72	29	119					
9:19:1	2.0	0.5	72	29	143	69	29	148					
9:19:24	2.2	0.5	74	28	28	72	30	30					
9:19:48	2.4	0.5	75	29	57	72	30	60					
9:20:12	2.6	0.5	72	29	86	73	30	90					
9:20:38	2.8	0.5	73	29	115	69	30	120					
9:21:1	3.0	0.5	75	30	145	69	31	151					
9:21:25	3.2	0.5	75	29	29	72	29	29					
9:21:49	3.4	0.5	74	30	59	72	29	58					
9:22:12	3.6	0.5	72	30	89	69	30	88					
9:22:37	3.8	0.5	71	29	118	69	31	119					
9:23:0	4.0	0.5	75	30	148	70	30	149					
9:23:24	4.2	0.5	71	30	30	72	30	30					
9:23:49	4.4	0.5	73	30	50	69	30	50					

Hình 13. Phiếu in kết quả chạy mô phỏng

Từ phiếu in kết quả trong hình 13 có thể thấy:

- Cột số 1 (HH:MM:SS) là số giờ-phút-giây khoan.
- Cột số 2 (MET) là quãng đường mũi khoan dịch chuyển xuống (cứ 0,2m thì tính là một phân đoạn khoan).
- Cột số 3 (M/P) là vận tốc dịch chuyển của mũi khoan: được khống chế và ổn định là 0,5m/phút.
- Cột số 4 (LP1) là lưu lượng dòng chảy vừa xi măng: có giá trị dao động 20 lít/phút. Có đôi khi giá trị sai lệch là 21, 22, 23, 24 lít/phút nhằm đảm bảo khối vừa xi măng đưa vào từng phân đoạn phải ổn định.
- Cột số 5 (L1) là thể tích khối vừa xi măng đưa vào từng phân đoạn cọc xi măng đất. Trong mô phỏng này số khối vừa xi măng đưa vào từng phân đoạn ổn định với giá trị 50l.
- Cột số 6 (TL1) là tổng lưu lượng khối vừa xi măng trong suốt quá trình khoan (cộng dồn các giá trị của cột số 5).

**Nhận xét:** Trên kết quả vừa phân tích của phiếu in mô phỏng, có thể thấy chất lượng của bộ điều khiển thiết kế đã đảm bảo các tốc độ, lưu lượng đều bám giá trị thiết lập với kết quả sai số nhỏ.

#### 4.2. Triển khai thực nghiệm

CÔNG TY DAT TAI												
Cọc số :	8 :	7:25										
Ngày :	8 :											
HH:MM:SS	MET	M/P	LP1	L1	TL1	LP2	L2	TL2				
12: 4:26	0.2	0.5	72	31	31	73	31	31				
12: 4:50	0.4	0.5	73	30	61	71	31	62				
12: 5:13	0.6	0.5	73	30	91	73	30	92				
12: 5:38	0.8	0.5	73	31	122	72	30	122				
12: 6:1	1.0	0.5	72	29	151	73	30	152				
12: 6:25	1.2	0.5	73	31	31	70	30	30				
12: 6:50	1.4	0.5	73	30	61	72	30	60				
12: 7:13	1.6	0.5	75	29	90	71	30	90				
12: 7:36	1.8	0.5	74	31	121	71	30	120				
12: 8:1	2.0	0.5	74	29	150	72	30	150				
12: 8:26	2.2	0.5	75	30	30	71	30	30				
12: 8:49	2.4	0.5	73	30	60	72	31	61				
12: 9:13	2.6	0.5	74	30	90	71	30	91				
12: 9:37	2.8	0.5	72	30	120	72	31	122				
12:10:0	3.0	0.5	74	31	151	69	30	152				
12:10:25	3.2	0.5	72	31	31	70	30	30				
12:10:50	3.4	0.5	71	31	62	69	30	60				
12:11:13	3.6	0.5	72	31	93	71	30	90				
12:11:36	3.8	0.5	71	30	123	72	30	120				
12:12:1	4.0	0.5	75	30	153	70	30	150				
12:12:25	4.2	0.5	72	30	30	72	31	31				

Hình 14. Phiếu in kết quả chạy thực nghiệm

Thực hiện quá trình điều khiển trên mô hình thật tại địa hình thực tế trên công trường Nhà máy nhiệt điện Hải Dương. Hệ thống triển khai bao gồm một trạm trộn với một máy khoan có hai mũi khoan. Kết quả thực hiện thực tế thông qua việc giám sát lưu lượng được in ra như hình 14.

Các kết quả thực hiện triển khai thực nghiệm ở hình 14 đã minh chứng hoạt động ổn định của hệ thống thiết kế theo thiết lập các tham số từ màn hình giám sát đảm bảo theo yêu cầu kỹ thuật thi công nhằm nâng cao hiệu quả công việc để đảm bảo chất lượng nền đất yếu tại các vị trí khác nhau.

#### 5. KẾT LUẬN

Việc cải tiến bộ điều khiển cho máy khoan phun cọc xi măng đất từ điều khiển bằng tay sang điều khiển hoàn toàn tự động quá trình khoan phun làm cho lượng vừa xi măng phun vào nền đất một cách đồng đều trên suốt chiều sâu khoan, làm tăng chất lượng của cọc xi măng đất đồng thời tăng năng suất khoan. Mô hình thực nghiệm được thiết kế, chế tạo, hoạt động hoàn toàn tự động và đã mô phỏng được máy thực tế. Kết quả này là cơ sở để nghiên cứu áp dụng cho thực tế ở các đơn vị sử dụng thiết bị thi công tại Việt Nam. Với kết quả nghiên cứu đã thực hiện được việc điều khiển và giám sát các thông số kỹ thuật trong quá trình khoan gia cố nền đất yếu cho một máy khoan cọc xi măng đất đảm bảo chất lượng cọc xi măng đất có độ tròn và đều. Trong tương lai để nâng cao hiệu suất giám sát và điều khiển đối với việc gia cố nền đất yếu bằng nhiều máy khoan thông qua kết nối không dây là một trong những xu hướng được nhiều nhà khoa học quan tâm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Duy Liêm. *Xử lý đất yếu bằng cọc đất xi măng*. <http://www.orbitech.vn>.
- [2]. E. Larsson, 2005. *Introduction to Advanced System-on-Chip: Test, Design and Optimization*. Springer Publisher.
- [3]. Intel Corporation: [www.intel.com](http://www.intel.com).
- [4]. M. Dixon, P. Hammarlund, S. Jourdan and R. Singhal, 2010. *The Next Generation Intel Core Microarchitecture*. Intel Technology Journal, Vol. 14, Issue 3, pp. 8 - 29.
- [5]. Marilyn Wolf, 2012. *Computers as components: Principles of Embedded Computing Systems Design*. Morgan Kaufmann publisher, ISBN: 978-0-12-388436-7.
- [6]. Ron Sass, Andrew G., 2010. *Schmidt: Embedded Systems Design with Platform FPGAs*. Elsevier Inc.
- [7]. Xilinx. 2013. *Zynq™-7000 All Programmable SoCs*. [http://www.xilinx.com/publications/prod\\_mktg/zynq7000/Zynq-7000-combined-product-table.pdf](http://www.xilinx.com/publications/prod_mktg/zynq7000/Zynq-7000-combined-product-table.pdf).
- [8]. Tran Van Huan, and Xuan Tu Tran, 2011. *CoMoSy: a Flexible System-on-Chip Platform for Embedded Applications*. Journal of Research, Development, and Application on Information and Communication Theory 4 (8), 17-26.
- [9]. Hai-Phong Phan, Hung K. Nguyen, Duy-Hieu Bui, Nam-Khanh Dang, and Xuan-Tu Tran, 2013. *System-on-chip testbed for validating the hardware design of H.264/AVC encoder*. In Proceedings of the 2013 National Conference on Electronics and Communications (REV2013-KC01), Hanoi.
- [10]. Crockett, L.H., et al., 2014. *The Zynq Book: Embedded Processing with the Arm Cortex-A9 on the Xilinx Zynq-7000 All Programmable Soc*. Strathclyde Academic Media.

#### AUTHORS INFORMATION

**Truong Thi Bích Lien, Tran Dinh Thong, Bui Thi Thu Ha, Ha Thi Kim Duyen**  
Faculty of Electronics Engineering Technology, Hanoi University of Industry