



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

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

(11)



1-0048109

(51)<sup>2020.01</sup> G05B 13/02; C21B 5/00

(13) B

(21) 1-2022-00067

(22) 02/07/2020

(86) PCT/JP2020/026064 02/07/2020

(87) WO2021/014923 28/01/2021

(30) 2019-135531 23/07/2019 JP

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/04/2022 409A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) HASHIMOTO, Yoshinari (JP); KAISE, Tatsuya (JP).

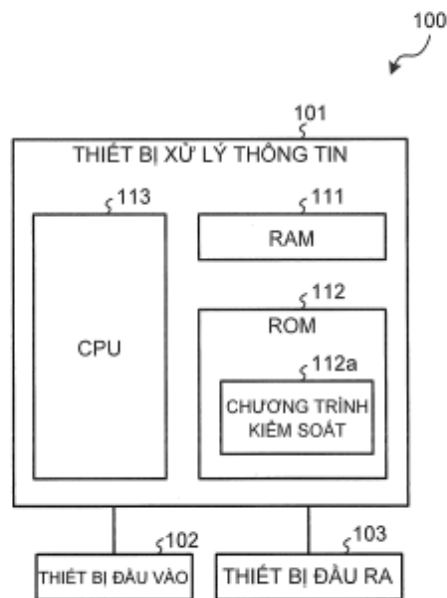
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP KIỂM SOÁT QUY TRÌNH, PHƯƠNG PHÁP HỖ TRỢ VẬN HÀNH, PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò CAO, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT KIM LOẠI NÓNG CHẢY, VÀ BỘ MÁY KIỂM SOÁT QUY TRÌNH

(21) 1-2022-00067

(57) Phương pháp kiểm soát quy trình bao gồm bước tính toán phản hồi tự do mà tính toán các phản hồi tự do trong trường hợp trong đó lượng vận hành của tất cả các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước từ thời gian hiện tại, bước tính toán phản hồi thứ nhất của biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước cho giai đoạn được xác định trước, bước tính toán phản hồi thứ hai mà tính toán các phản hồi thứ hai trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ hai khác với biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất cho giai đoạn được xác định trước., và bước xác định lượng vận hành mà xác định lượng vận hành của các biến thao tác phù hợp với các phản hồi tự do, các phản hồi thứ nhất, và các phản hồi thứ hai.

FIG.1



**Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình.

**Tình trạng kỹ thuật sáng chế**

Trong quy trình lò cao trong ngành công nghiệp luyện thép, nhiệt độ kiểm soát nóng chảy là chỉ số kiểm soát quan trọng. Nhiệt độ kim loại nóng chảy được kiểm soát chủ yếu bằng cách điều chỉnh tỷ lệ vật liệu khử. Trong những năm gần đây, các vận hành lò cao đã được tiến hành với các tỷ lệ than cốc thấp và tỷ lệ than vụn cao để hợp lý hóa chi phí vật liệu thô và nhiên liệu, sao cho các điều kiện lò dễ trở nên không ổn định. Vì thế, có nhu cầu rất lớn để giảm sự biến thiên của nhiệt độ kim loại nóng chảy.

Ngoài ra, quy trình lò cao được đặc trưng bởi nhiệt dung lớn của toàn bộ quy trình và thời gian dài để phản hồi lại các vận hành (hành động) vì quy trình lò cao được vận hành trong trạng thái trong đó các chất rắn được nạp. Ngoài ra, có thời gian chết theo thứ tự vài giờ trước khi các vật liệu thô được nạp từ phần trên của lò cao (đỉnh lò) xuống phần dưới của lò cao (vùng dưới lò). Vì thế, để kiểm soát nhiệt độ kim loại nóng chảy, điều cần thiết là phải tối ưu lượng vận hành của các biến thao tác dựa trên sự dự đoán về nhiệt lò tương lai.

Trên nền tảng này, phương pháp dự đoán về nhiệt lò sử dụng mô hình vật lý được đề xuất trong Tài liệu sáng chế 1. Theo phương pháp dự đoán nhiệt lò được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1, tham số tỷ lệ khử khí trong mô hình vật lý được điều chỉnh để phù hợp với thành phần của khí trên đỉnh lò hiện tại, và nhiệt lò được dự đoán sử dụng mô hình vật lý sau khi điều chỉnh tham số.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đăng ký sáng chế bộc lộ số 11-335710

**Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Vấn đề kỹ thuật

Trong quá trình lò cao, tỷ lệ sản xuất gang (sau đây được gọi là “tốc độ sản xuất gang”) được yêu cầu để được giữ tại hoặc gần giá trị mục tiêu, nhưng tốc độ sản xuất gang cũng thay đổi khi tỷ lệ vật liệu khử được thay đổi để kiểm soát nhiệt độ kim loại nóng chảy. Ví dụ, khi tỷ lệ than vụn được gia tăng, oxy được thổi từ ống gió được tiêu thụ bởi sự đốt cháy của than vụn, sao cho vận tốc cháy của than cốc bị suy giảm, và do đó vận tốc giảm dần của các vật liệu thô và tốc độ sản xuất gang bị suy giảm. Phương pháp thông thường của việc kiểm soát quy trình như vậy vì thế có vấn đề rằng việc kiểm soát nhiệt độ kim loại nóng chảy trong khi giữ tốc độ sản xuất gang tại hoặc gần giá trị mục tiêu là khó.

Sáng chế đã được đưa ra dựa trên những điều trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình mà có thể giữ lượng kiểm soát của biến kiểm soát cụ thể tại giá trị được xác định trước và kiểm soát lượng kiểm soát của biến kiểm soát khác.

#### Giải pháp kỹ thuật

Để giải quyết vấn đề được mô tả trên và đạt được mục đích, phương pháp kiểm soát quy trình theo sáng chế bao gồm nhiều biến thao tác và nhiều biến kiểm soát được kiểm soát bởi các biến thao tác, lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được xác định bởi sự can thiệp lẫn nhau của lượng vận hành của các biến thao tác, bao gồm: bước tính toán phản hồi tự do của các phản hồi tự do tính toán mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước từ thời gian hiện tại trong trường hợp trong đó lượng vận hành của các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước; bước tính toán phản hồi thứ nhất tính toán các phản hồi thứ nhất mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước trong giai đoạn được xác định trước; bước tính toán phản hồi thứ hai tính toán các phản hồi thứ hai mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ hai khác với biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi trong bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong giai đoạn được xác định trước; và bước xác định lượng vận hành xác định lượng vận hành của các biến thao tác sao cho lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trở thành các giá trị mục tiêu được xác định trước dựa

trên các phản hồi tự do, các phản hồi thứ nhất, và các phản hồi thứ hai.

Hơn nữa, theo phương pháp kiểm soát quy trình được mô tả trên theo sáng chế, biến thao tác thứ hai là biến thao tác lượng vận hành mà có thể được xác định sao cho lượng kiểm soát của biến kiểm soát cụ thể trong số các biến kiểm soát không được thay đổi trong trường hợp trong đó biến thao tác thứ hai được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất.

Hơn nữa, theo phương pháp kiểm soát quy trình được mô tả trên theo sáng chế, bước xác định lượng vận hành bao gồm: bước tính toán các chuyển đổi tương lai của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trong trường hợp trong đó vận hành của tổng tuyến tính của vận hành tại bước tính toán phản hồi thứ nhất và vận hành tại bước tính toán phản hồi thứ hai được thực hiện; và bước tính toán trọng số của lượng vận hành của các biến thao tác mà giảm thiểu độ lệch giữa các chuyển đổi tương lai được tính toán của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát và các giá trị mục tiêu được xác định trước, và tính toán lượng vận hành của các biến thao tác dựa trên các trọng số được tính toán.

Hơn nữa, theo phương pháp kiểm soát quy trình được mô tả trên theo sáng chế, bước tính toán phản hồi tự do, bước tính toán phản hồi thứ nhất, bước tính toán phản hồi thứ hai, và bước xác định lượng vận hành được thực thi lặp lại.

Hơn nữa, theo phương pháp kiểm soát quy trình được mô tả trên theo sáng chế, quy trình là quy trình lò cao, các biến thao tác bao gồm ít nhất một trong số tỷ lệ than cốc, thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy oxy làm giàu, nhiệt độ cao, nhiệt độ thổi khí, tốc độ dòng chảy than vụn, độ ẩm thổi khí, và áp suất đỉnh lò, và các biến kiểm soát là nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang.

Để giải quyết vấn đề được mô tả trên và đạt được mục đích, phương pháp hỗ trợ vận hành theo sáng chế bao gồm bước trợ giúp vận hành lò cao bằng cách trình bày lượng vận hành của các biến thao tác được xác định bởi phương pháp kiểm soát quy trình.

Để giải quyết vấn đề được mô tả trên và đạt được mục đích, phương pháp vận hành lò cao theo sáng chế bao gồm bước kiểm soát lò cao phù hợp với lượng vận hành của các biến thao tác được xác định bởi phương pháp kiểm soát quy trình.

Để giải quyết vấn đề được mô tả trên và đạt được mục đích, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy theo sáng chế bao gồm bước sản xuất kim loại nóng chảy bằng

cách kiểm soát lò cao phù hợp với lượng vận hành của các biến thao tác được xác định bởi phương pháp kiểm soát quy trình.

Để giải quyết vấn đề được mô tả trên và đạt được mục đích, bộ máy kiểm soát của quy trình theo sáng chế bao gồm nhiều biến thao tác và nhiều biến kiểm soát được kiểm soát bởi các biến thao tác, lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được xác định bởi sự can thiệp lẫn nhau của lượng vận hành của các biến thao tác, bao gồm: đơn vị tính toán phản hồi tự do được tạo cấu hình để tính toán các phản hồi tự do mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước từ thời gian hiện tại trong trường hợp trong đó lượng vận hành của các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước; đơn vị tính toán phản hồi thứ nhất được tạo cấu hình để tính toán các phản hồi thứ nhất mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước trong giai đoạn được xác định trước; đơn vị tính toán phản hồi thứ hai được tạo cấu hình để tính toán các phản hồi thứ hai mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ hai khác với biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong giai đoạn được xác định trước; và đơn vị xác định lượng vận hành được tạo cấu hình để xác định lượng vận hành của các biến thao tác sao cho lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trở thành các giá trị mục tiêu được xác định trước dựa trên các phản hồi tự do, các phản hồi thứ nhất, và các phản hồi thứ hai.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Với phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo sáng chế, các phản hồi tự do của các biến kiểm soát và các phản hồi của các biến kiểm soát khi một hoặc hai biến thao tác được thay đổi theo bước thu được trước. Hơn nữa, bằng cách xác định lượng vận hành của biến thao tác dựa trên các phản hồi này, lượng kiểm soát của biến kiểm soát cụ thể có thể được giữ tại giá trị được xác định trước và lượng kiểm soát của biến kiểm soát khác có thể được kiểm soát.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa cấu hình dạng giản đồ của bộ máy kiểm soát của quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ minh họa các biến đầu vào và đầu ra của mô hình vật lý được sử dụng theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.3 là sơ đồ minh họa các kết quả tính toán của các chuyển đổi được dự đoán của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_1$  được thực thi theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.4 là sơ đồ minh họa sự thay đổi về lượng vận hành của các biến thao tác (lượng than vụn, thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy than vụn, và tốc độ dòng chảy oxy làm giàu), khi phép toán  $\Delta U_1$  được thực thi theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ minh họa các kết quả tính toán của các phản hồi bước của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_1$  được thực thi theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.6 là sơ đồ minh họa các kết quả tính toán của các chuyển đổi được dự đoán của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_1$  được thực thi theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ minh họa sự thay đổi về lượng vận hành của các biến thao tác (lượng than vụn, thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy than vụn, và tốc độ dòng chảy oxy làm giàu), khi phép toán  $\Delta U_1$  được thực thi theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.8 là sơ đồ minh họa các kết quả tính toán của các phản hồi bước của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_2$  được thực thi theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.9 là sơ đồ minh họa sự thay đổi về lượng vận hành của các biến thao tác (thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy oxy làm giàu, tốc độ dòng chảy than vụn, độ ẩm thổi khí, nhiệt độ thổi khí, và tỷ lệ than cốc) khi hành động kiểm soát được thực thi dựa trên lượng vận hành được xác định của các biến thao tác theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

Fig.10 là sơ đồ minh họa các kết quả tính toán của các chuyển đổi được dự đoán của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi hành động kiểm soát được thực thi dựa trên lượng vận hành được xác định của các biến thao

tác theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo phương án của sáng chế sẽ được giải thích với tham chiếu đến các hình vẽ.

<Cấu hình của bộ máy kiểm soát của quy trình>

Trước tiên, cấu hình của bộ máy của quy trình (sau đây được gọi là “bộ máy kiểm soát”) sẽ được giải thích với tham chiếu đến Fig.1. Bộ máy kiểm soát 100 bao gồm thiết bị xử lý thông tin 101, thiết bị đầu vào 102, và thiết bị đầu ra 103.

Thiết bị xử lý thông tin 101 bao gồm thiết bị đa dụng như là máy tính cá nhân hoặc máy trạm, và bao gồm bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (random access memory, RAM) 111, bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory, ROM) 112, và đơn vị xử lý trung tâm (central processing unit, CPU) 113. RAM 111 lưu trữ tạm thời các chương trình xử lý và dữ liệu xử lý liên quan đến việc xử lý được thực thi bởi CPU 113, và hoạt động như vùng làm việc cho CPU 113.

ROM 112 lưu trữ chương trình kiểm soát 112a để thực thi phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế, và chương trình xử lý và dữ liệu xử lý để kiểm soát toàn bộ vận hành của thiết bị xử lý thông tin 101.

CPU 113 kiểm soát toàn bộ vận hành của thiết bị xử lý thông tin 101 phù hợp với chương trình kiểm soát 112a và chương trình xử lý được lưu trữ trong ROM 112. CPU 113 hoạt động như đơn vị tính toán phản hồi tự do, đơn vị tính toán phản hồi thứ nhất, đơn vị tính toán phản hồi thứ hai, và đơn vị xác định lượng vận hành theo phương pháp kiểm soát quy trình được mô tả sau. Đơn vị tính toán phản hồi tự do thực hiện bước tính toán phản hồi tự do, đơn vị tính toán phản hồi thứ nhất thực hiện bước tính toán phản hồi thứ nhất, đơn vị tính toán phản hồi thứ hai thực hiện bước tính toán phản hồi thứ hai, và đơn vị xác định lượng vận hành thực hiện bước xác định lượng vận hành.

Thiết bị đầu vào 102 bao gồm thiết bị như là bàn phím, con trỏ chuột, hoặc bộ phím số, và được vận hành khi thông tin khác nhau được nhập vào thiết bị xử lý thông tin 101. Thiết bị đầu ra 103 bao gồm thiết bị như là màn hình hoặc máy in, và xuất ra thông tin xử lý khác nhau của thiết bị xử lý thông tin 101.

<Cấu hình của mô hình vật lý>

Tiếp theo, mô hình vật lý được sử dụng theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án của sáng chế sẽ được giải thích. Mô hình vật lý được sử dụng trong sáng chế là tương tự như phương pháp được mô tả trong Tài liệu tham khảo 1 (Michiharu HATANO và cộng sự, "Khảo sát vận hành thổi vào thông qua mô hình động lò cao", Tetsu-to-Hagane, tập 68, trang 2369). Mô hình vật lý được sử dụng trong sáng chế bao gồm tập hợp các phương trình vi phân từng phần mà có tính đến hiện tượng vật lý như là sự khử quặng sắt, trao đổi nhiệt giữa quặng sắt và than cốc, và nung chảy quặng sắt. Mô hình vật lý được sử dụng trong sáng chế là mô hình vật lý mà có thể tính toán các biến (các biến đầu ra) mà chỉ ra trạng thái trong lò cao trong các điều kiện động (sau đây được gọi là “mô hình động”).

Như được minh họa trên Fig.2, các điều kiện biên thay đổi theo thời gian chính (các biến đầu vào, và các biến thao tác của lò cao (cũng được gọi là các yếu tố vận hành)) mà được đưa ra cho mô hình động này là như sau.

(1) Tỷ lệ than cốc (coke ratio, CR) tại đỉnh lò [kg/t]: Lượng than cốc nhập vào mỗi tấn kim loại nóng chảy

(2) thể tích thổi khí (blast volume, BV) [ $\text{Nm}^3/\text{phút}$ ]: Tốc độ dòng chảy của không khí được thổi vào trong lò cao

(3) Tốc độ dòng chảy oxy làm giàu (BVO) [ $\text{Nm}^3/\text{phút}$ ]: Tốc độ dòng chảy của oxy làm giàu được thổi vào trong lò cao

(4) Nhiệt độ thổi khí (blast temperature, BT) [ $^{\circ}\text{C}$ ]: Nhiệt độ của không khí được thổi vào trong lò cao

(5) Tốc độ dòng chảy than vụn (tốc độ bơm than vụn, Pulverized coal injection rate, PCI) [kg/phút]: Trọng lượng của than vụn được sử dụng mỗi tấn kim loại nóng chảy được sản xuất.

(6) Độ ẩm thổi khí (blast moisture, BM) [ $\text{g}/\text{Nm}^3$ ]: Sự làm ẩm của không khí được thổi vào trong lò cao

(7) Áp suất đỉnh lò [Pa]: Áp suất tại đỉnh lò của lò cao

Các biến đầu ra chính được tạo bởi mô hình động như sau.

(1) Tỷ lệ tận dụng khí trong lò ( $\eta_{\text{CO}}$ ):  $\text{CO}_2/(\text{CO} + \text{CO}_2)$

(2) Nhiệt độ của than cốc và sắt

(3) Mức độ oxy hóa của quặng sắt

(4) Vận tốc giảm dần của các vật liệu thô

- (5) Lượng cacbon tổn hao trong giải pháp (lượng cacbon tổn hao trong giải pháp)
- (6) Nhiệt độ kim loại nóng chảy
- (7) Tốc độ sản xuất gang (tốc độ sản xuất kim loại nóng chảy)
- (8) Tổn hao nhiệt thân lò: Lượng nhiệt được lấy bởi nước lạnh khi thân lò được làm mát bởi nước lạnh.

Trong sáng chế, bước thời gian (khoảng thời gian) để tính toán các biến đầu ra là 30 phút. Lưu ý rằng bước thời gian là biến phụ thuộc vào mục đích và không bị giới hạn ở các giá trị theo phương án này. Trong sáng chế, mô hình động được mô tả trên được sử dụng để tính toán các biến đầu ra bao gồm nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang mà thay đổi theo thời gian.

<Phương pháp kiểm soát quy trình>

Tiếp theo, phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án này sử dụng mô hình động được mô tả trên sẽ được giải thích. Phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án này được áp dụng cho quy trình của hệ thống can thiệp mà bao gồm nhiều biến thao tác và nhiều biến kiểm soát được kiểm soát bởi các biến thao tác, lượng kiểm soát bởi các biến thao tác, lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được xác định bởi sự can thiệp lẫn nhau của lượng vận hành của các biến thao tác. Theo sự mô tả sau, phương pháp kiểm soát quy trình lò cao sẽ được giải thích như là ví dụ của quy trình. Mô hình động được mô tả trên có thể được biểu diễn, ví dụ, như trong các phương trình (1) và (2) được mô tả dưới đây.

$$x(t+1) = f(x(t), u(t)) \quad (1)$$

$$y(t) = C(x(t)) \quad (2)$$

Trong các phương trình (1) và (2) được mô tả trên,  $x(t)$  là biến trạng thái được tính toán trong mô hình động (nhiệt độ của than cốc và sắt, mức độ oxy hóa của quặng sắt, vận tốc giảm dần của các vật liệu thô, v.v.), và  $y(t)$  là các biến kiểm soát, nghĩa là, nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang.  $C$  là ma trận hoặc hàm số để trích xuất các biến kiểm soát từ các biến trạng thái được tính toán trong mô hình động.

$u(t)$  trong phương trình (1) được mô tả trên là biến đầu vào của mô hình vật lý, như là thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy oxy làm giàu, tốc độ dòng chảy than vụn, độ

ảm thổi khí, nhiệt độ thổi khí, và tỷ lệ than cốc.  $u(t)$  này có thể được diễn đạt bởi " $u(t) = (BV(t), BVO(t), PCI(t), BM(t), BT(t), CR(t))$ ".

Theo phương án này, tốc độ dòng chảy than vụn (PIC) [kg/phút] và thể tích thổi khí (BV) [Nm<sup>3</sup>/phút] được sử dụng làm các biến thao tác. Thay vì tốc độ dòng chảy than vụn, độ ẩm thổi khí hoặc tỷ lệ than cốc có thể được sử dụng. Phương án này giả sử rằng khi thể tích thổi khí được thay đổi, tốc độ dòng chảy oxy làm giàu cũng được thay đổi tỷ lệ thuận. (tức là, tỷ lệ làm giàu oxy là không đổi).

(Bước tính toán phản hồi tự do)

Trước tiên, lượng vận hành hiện tại của tất cả các biến thao tác được giả sử để được giữ không đổi, và tính toán dự đoán của nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang trong tương lai được thực hiện. Nói cách khác, bước này tính toán các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước từ thời gian hiện tại khi lượng vận hành của các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước. Cụ thể, bước này giả sử rằng bước thời gian hiện tại là  $t = 0$  và tính toán các phản hồi của nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang trong tương lai sử dụng các phương trình (3) và (4) được mô tả dưới đây. Mỗi trong số các phản hồi  $y_0$  của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) thu được theo cách này được gọi là "phản hồi tự do" theo phương án này.

$$x(t+1) = f(x(t), u(0)) \quad (3)$$

$$y_0(t) = C(x(t)) \quad (4)$$

(Bước tính toán phản hồi thứ nhất)

Sau đó, các phản hồi của các biến kiểm soát (trong giai đoạn được xác định trước được tính toán khi lượng vận hành (lượng hành động) của biến thao tác cụ thể (biến thao tác thứ nhất) trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước trong giai đoạn được xác định trước. Tại bước này, cụ thể, các phản hồi (các phản hồi thứ nhất)  $y_1$  của các biến kiểm soát khi tốc độ dòng chảy than vụn được gia tăng bởi lượng đơn vị (ví dụ như, 50 kg/phút) trong khi lượng vận hành của các biến thao tác khác không được thay đổi được tính toán sử dụng các phương trình (5) và (6) được mô tả dưới đây.

$$x(t+1) = f(x(t), u(0) + \Delta u_1) \quad (5)$$

$$y_1(t) = C(x(t)) \quad (6)$$

Lượng vận hành của biến thao tác ở đây, khi được chuyển đổi về lượng than vụn mỗi thể tích thổi khí  $BV_{tot}$  (được định nghĩa là “ $PCI/BV_{tot}$ ”) (thể tích thổi khí bao gồm thổi khí tương đương với oxy làm giàu: được tính toán như “ $BV + 100/21 \times BVO$ ”), là “0,0064 [kg/Nm<sup>3</sup>]”. Nếu lượng thay đổi trong lượng vận hành của các biến thao tác được diễn đạt là “ $\Delta U = (\Delta PCI/BV_{tot}, \Delta BV, \Delta BVO)^T$ ”, phép toán này là “ $\Delta U_1 = (0,0064, 0, 0)^T$ ”. Sự chênh lệch của các biến đầu vào trong mô hình động là “ $\Delta u_1 = (0, 0, 50, 0, 0, 0)^T$ ”.

Ở đây, biến thao tác “ $\Delta PCI/BV_{tot}$ ” được mô tả trên đã được giới thiệu vì lí do sau. Nhiệt độ kim loại nóng chảy bị ảnh hưởng bởi tỷ lệ than vụn [kg/t] mà là nguồn nhiệt mỗi tấn kim loại nóng chảy. Đơn vị cơ bản của thể tích thổi khí mỗi tấn kim loại nóng chảy [Nm<sup>3</sup>/t] là gần như không đổi (ví dụ như, khoảng 1000 đến 1200 Nm<sup>3</sup>/t) đối với bất kỳ lò cao. Do đó, lượng than vụn mỗi thể tích thổi khí [kg/Nm<sup>3</sup>], thay vì tốc độ dòng chảy than vụn [kg/phút], có mối quan hệ gần như là tỷ lệ với tỷ lệ than vụn và được coi là thích hợp hơn là biến thao tác.

Sau đó, bằng cách lấy chênh lệch giữa phản hồi  $y_1$  và phản hồi tự do  $y_0$  của biến kiểm soát tương ứng thu được như được mô tả trên, tác dụng của sự thay đổi tốc độ dòng chảy than vụn trên tốc độ sản xuất gang được tách biệt. Do đó, các phản hồi bước  $S_1(t)$  của các biến kiểm soát cho tốc độ dòng chảy than vụn được tính toán.

Fig.3 minh họa các kết quả được tính toán của các chuyển đổi được dự đoán của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_1$  được mô tả trên được thực thi. Trên Fig.3, trục tung khác biểu diễn sự khác biệt từ giá trị mục tiêu, trục hoành biểu diễn thời gian, đường nét liền biểu diễn phản hồi  $y_0$ , và đường nét đứt biểu diễn phản hồi  $y_1$ . Fig.4 minh họa sự thay đổi về lượng vận hành của các biến thao tác (lượng than vụn, thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy than vụn, và tốc độ dòng chảy oxy làm giàu), khi phép tính  $\Delta U_1$  được mô tả trên được thực thi. Fig.5 minh họa các kết quả tính toán của các phản hồi bước  $S_1(t)$  của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_1$  được mô tả trên được thực thi.

(Bước tính toán phản hồi thứ hai)

Sau đó, các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước được tính toán khi lượng vận hành của biến thao tác thứ hai khác với biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong giai đoạn được xác định trước. Ở thời điểm này, cụ thể, các phản hồi của các biến kiểm soát (các phản hồi thứ hai)  $y_2$  khi tốc độ dòng chảy than vụn (biến thao tác thứ nhất) và thể tích thổi khí (biến thao tác thứ hai) được thay đổi đồng thời và tỷ lệ thuận được tính toán sử dụng phương trình (7) & (8) được mô tả dưới đây.

$$x(t+1) = f(x(t), u(0) + \Delta u_2) \quad (7)$$

$$y_2(t) = C(x(t)) \quad (8)$$

Ở đây, biến thao tác thứ hai không bị giới hạn ở thể tích thổi khí. Hai hoặc nhiều biến thao tác có thể được thay đổi đồng thời theo tỷ lệ được xác định trước (ví dụ như, kết hợp của thể tích thổi khí và lượng oxy làm giàu). Lưu ý rằng biến thao tác thứ hai là biến thao tác lượng vận hành mà có thể được xác định sao cho lượng kiểm soát của biến kiểm soát cụ thể (ví dụ như, nhiệt độ kim loại nóng chảy) trong số các biến kiểm soát không được thay đổi khi biến thao tác thứ hai được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất. Sau đó, lượng vận hành của biến thao tác thứ hai được đặt để có tỷ lệ được xác định trước cho lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất sao cho lượng kiểm soát cụ thể không được thay đổi bởi biến thao tác thứ nhất. Thuật ngữ “không được thay đổi” ở đây không có nghĩa rằng luôn không đổi, mà thay vào đó là nó không thay đổi trung bình (ví dụ như, theo thứ tự năm giờ hoặc hơn), mặc dù nó có thể thay đổi một chút theo thời gian. Phần sau sẽ mô tả ví dụ của việc thay đổi chỉ tốc độ sản xuất gang mà không ảnh hưởng nhiệt độ kim loại nóng chảy.

Khi lượng thay đổi trong lượng vận hành của các biến thao tác được diễn đạt bởi " $\Delta U = (\Delta PCI/BV_{tot}, \Delta BV, \Delta BVO)^T$ ", phép toán này có thể được định nghĩa là, ví dụ, " $\Delta U_2 = (0, 200, 20)^T$ ". Tại thời gian này, sự chênh lệch của các biến đầu vào trong mô hình động là " $\Delta u_2 = (200, 20, 50, 0, 0, 0)^T$ ". Đó là lượng thay đổi của lượng vận hành mà thay đổi thể tích thổi khí với tỷ lệ làm giàu oxy không đổi và thay đổi lượng vận

hành của tốc độ dòng chảy than vụn sao cho tỷ lệ than vụn không thay đổi tương ứng.

Sau đó, bằng cách lấy chênh lệch giữa phản hồi  $y_2$  và phản hồi tự do  $y_0$  của biến kiểm soát tương ứng thu được như được mô tả trên, tác dụng của việc thay đổi thể tích thổi khí và tốc độ dòng chảy than vụn trên tốc độ sản xuất gang được tách biệt. Do đó, các phản hồi bước  $S_2(t)$  của các biến kiểm soát cho thể tích thổi khí và tốc độ dòng chảy than vụn được tính toán.

Fig.6 minh họa các kết quả được tính toán của các chuyển đổi được dự đoán của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_2$  được mô tả trên được thực thi. Trên Fig.6, trục tung khác biểu diễn sự khác biệt từ giá trị mục tiêu, trục hoành biểu diễn thời gian, đường nét liền biểu diễn phản hồi  $y_0$ , và đường nét đứt biểu diễn phản hồi  $y_2$ . Fig.7 minh họa sự thay đổi về lượng vận hành của các biến thao tác (lượng than vụn, thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy than vụn, và tốc độ dòng chảy oxy làm giàu), khi phép toán  $\Delta U_2$  được mô tả trên được thực thi. Fig.8 minh họa các kết quả tính toán của các phản hồi bước  $S_2(t)$  của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi phép toán  $\Delta U_2$  được mô tả trên được thực thi.

Trong kiểm soát dự đoán mô hình nói chung, phản hồi của biến kiểm soát khi lượng vận hành của biến thao tác đơn được thay đổi thường xuyên được tính toán như là phản hồi bước. Mặt khác, như được mô tả trên, phương án này tính toán các phản hồi bước  $S_1(t)$  và  $S_2(t)$  khi ba biến thao tác (các biến đầu vào) của tốc độ dòng chảy than vụn, thể tích thổi khí, và tốc độ dòng chảy oxy làm giàu được thay đổi đồng thời. Lí do cho điều này là như sau.

Trong quy trình lò cao, khi chỉ có tốc độ sản xuất gang được điều chỉnh, tốc độ dòng chảy than vụn [kg/phút] được gia tăng tương ứng với thể tích thổi khí [Nm<sup>3</sup>/phút]. Do đó, tỷ lệ than vụn [kg/t] có thể được giữ gần như không đổi, và chỉ tốc độ sản xuất gang có thể được điều chỉnh mà không ảnh hưởng đến nhiệt độ kim loại nóng chảy. Trong các kết quả tính toán được minh họa trên Fig.8 (a) và (b), tốc độ sản xuất gang thay đổi theo bước, nhưng nhiệt độ kim loại nóng chảy gần như không thay đổi. Có tính đến chế độ vận hành như vậy, phương án này thu được các phản hồi bước  $S_1(t)$  và  $S_2(t)$  khi vận hành đặc trưng được thực hiện như được mô tả trên.

(Bước xác định lượng vận hành)

Sau đó, phần sau giải thích phương pháp xác định lượng vận hành của các biến

thao tác dựa trên các phản hồi tự do  $y_0$  và các phản hồi  $y_1$  và  $y_2$  được tính toán tại các bước được mô tả trên sao cho lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trở thành các giá trị mục tiêu được xác định trước. Ý tưởng cơ bản của phương pháp xác định lượng vận hành của các biến thao tác là tương tự như lượng vận hành của kiểm soát dự đoán mô hình. Các độ lệch tương lai của các biến kiểm soát được dự đoán, và lượng biến thiên của các biến thao tác để loại bỏ các độ lệch thu được. Theo phương án này, phương trình (9) được mô tả dưới đây được sử dụng để ước tính các chuyển đổi tương lai của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát khi tổng tuyến tính của các phép toán  $\Delta U_1$  và  $\Delta U_2$  ( $w_1 \times \Delta U_1 + w_2 \times \Delta U_2$ ) được thực hiện. Như được mô tả trên,  $\Delta U_1 = (0,0064, 0, 0)^T$  và  $\Delta U_2 = (0, 200, 20)^T$ .

$$y(t) = y_0(t) + w_1 \times S_1(t) + w_2 \times S_2(t) \quad (9)$$

Tiếp theo, các trọng số  $w_1$  và  $w_2$  của lượng vận hành mà giảm thiểu độ lệch giữa các chuyển đổi tương lai của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được biểu diễn trong phương trình (9) được mô tả trên và các giá trị mục tiêu của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được tính toán sử dụng phương trình (10) được mô tả dưới đây. Theo phương án này, " $w_1 = -0,84$  và  $w_2 = 1,36$ " đã thu được.

$$\text{Min}(w_1, w_2) \sum (t=1 \sim 20) (y(t) - y_{\text{ref}})^2 \quad (10)$$

Hơn nữa, các biến thao tác thực tế là tốc độ dòng chảy than vụn và thể tích thổi khí. Vì thế, để thu được lượng thay đổi của chúng, lượng biến thiên của lượng than vụn mỗi thể tích thổi khí ( $\Delta \text{PCI}/\text{BV}_{\text{tot}}$ ), thể tích thổi khí (BV), và tốc độ dòng chảy oxy làm giàu (BVO) thu được dựa trên các trọng số  $w_1$  và  $w_2$  được mô tả trên, như được biểu diễn trong phương trình (11) được mô tả dưới đây. Theo phương án này, " $\Delta \text{PCI}/\text{BV}_{\text{tot}} = -0,0054$  [kg/Nm<sup>3</sup>],  $\Delta \text{BV} = 272$  [Nm<sup>3</sup>/phút], và  $\Delta \text{BVO} = 27$  [Nm<sup>3</sup>/phút] đã thu được.

$$(\Delta \text{PCI}/\text{BV}_{\text{tot}}, \Delta \text{BV}, \Delta \text{BVO}) = \Delta U_1 \times w_1 + \Delta U_2 \times w_2 \quad (11)$$

Tiếp tục, phương trình (12) được mô tả dưới đây được sử dụng để xác định lượng vận hành của tốc độ dòng chảy than vụn ( $\Delta \text{PCI}$ ) mà có thể được vận hành trực tiếp bởi

người vận hành. Chỉ số dưới “0” trong phương trình (12) được mô tả dưới đây có nghĩa là nó là giá trị hiện tại. Theo phương án này, “ $\Delta PCI = 35 \text{ kg/phút}$ ” đã thu được.

$$\Delta PCI = [BV_0 + \Delta BV + 100 / 21 \times (BVO_0 + \Delta BVO)] \times (PCI / BV_{\text{tot}0} + \Delta PCI / BV) - PCI_0 \quad (12)$$

Fig.9 minh họa sự thay đổi về lượng vận hành của mỗi biến thao tác (thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy oxy làm giàu, tốc độ dòng chảy than vụn, độ ẩm thổi khí, nhiệt độ thổi khí, và tỷ lệ than cốc) được tính toán bởi phương trình (12) được mô tả trên. Fig.10 là sơ đồ minh họa các kết quả tính toán của các chuyển đổi được dự đoán của các biến kiểm soát (nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang) khi hành động kiểm soát được thực thi dựa trên lượng vận hành được xác định của các biến thao tác bởi phương trình (12) được mô tả trên. Trên Fig.9 và Fig.10, các giá trị được tính toán khi không có vận hành (hành động) được thực hiện được biểu diễn bằng các đường nét liền, và các giá trị được tính toán khi vận hành (hành động) được thực hiện được biểu diễn bằng các đường nét đứt. Trên Fig.10 các giá trị thực tế được biểu diễn bằng các đường chấm đơn. Như được minh họa trên Fig.9 và Fig.10, với phương án này, hành động kiểm soát thích hợp để bù cho độ lệch từ giá trị mục tiêu có thể được xác định.

Theo phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án này, mong muốn để thực thi lặp lại bước tính toán phản hồi tự do, bước tính toán phản hồi thứ nhất, bước tính toán phản hồi thứ hai, và bước xác định lượng vận hành được mô tả trên. Sự lặp lại các bước được mô tả trên có thể được thực hiện theo chu kỳ bình thường hoặc theo chu kỳ bất thường.

#### <Phương pháp hỗ trợ vận hành>

Cũng khả thi để áp dụng phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án này cho phương pháp hỗ trợ vận hành. Trong trường hợp này, ngoài bước tính toán phản hồi tự do, bước tính toán phản hồi thứ nhất, bước tính toán phản hồi thứ hai, và bước xác định lượng vận hành được mô tả trên, bước trợ giúp vận hành lò cao được thực hiện. Bước này trợ giúp vận hành lò cao bằng cách trình bày lượng vận hành của các biến thao tác được xác định tại bước xác định lượng vận hành cho người vận hành, ví dụ, thông qua thiết bị đầu ra 103.

#### <Phương pháp vận hành lò cao>

Cũng khả thi để áp dụng phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án này

cho phương pháp vận hành lò cao. Trong trường hợp này, ngoài bước tính toán phản hồi tự do, bước tính toán phản hồi thứ nhất, bước tính toán phản hồi thứ hai, và bước xác định lượng vận hành được mô tả trên, bước kiểm soát lò cao phù hợp với lượng vận hành của các biến thao tác được xác định tại bước xác định lượng vận hành được thực hiện.

<Phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy>

Cũng khả thi để áp dụng phương pháp kiểm soát quy trình theo phương án này cho phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy. Trong trường hợp này, ngoài bước tính toán phản hồi tự do, bước tính toán phản hồi thứ nhất, bước tính toán phản hồi thứ hai, và bước xác định lượng vận hành được mô tả trên, bước sản xuất kim loại nóng chảy bằng cách kiểm soát lò cao phù hợp với lượng vận hành của các biến thao tác được xác định tại bước xác định lượng vận hành được thực hiện.

Với phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo phương án này như được giải thích trên, các phản hồi tự do của các biến kiểm soát và các phản hồi của các biến kiểm soát khi một hoặc hai biến thao tác được thay đổi theo bước thu được trước. Hơn nữa, bằng cách xác định lượng vận hành của biến thao tác dựa trên các phản hồi này, lượng kiểm soát của biến kiểm soát cụ thể có thể được giữ tại giá trị được xác định trước và lượng kiểm soát của biến kiểm soát khác có thể được kiểm soát.

Nói cách khác, phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo phương án này có thể kiểm soát nhiệt độ kim loại nóng chảy trong khi giữ tốc độ sản xuất gang tại hoặc gần giá trị mục tiêu. Hơn nữa, phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo phương án này có thể kiểm soát tốc độ sản xuất gang trong khi kiểm soát nhiệt độ kim loại nóng chảy đến mức không đổi. Do đó, quy trình lò cao hiệu quả cao và ổn định có thể được triển khai.

Phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo sáng chế đã được giải thích chi tiết với sự mô tả của các phương án và

các ví dụ làm việc, nhưng ý chính của sáng chế không bị giới hạn ở các mô tả này. Phương pháp kiểm soát quy trình, phương pháp hỗ trợ vận hành, phương pháp vận hành lò cao, phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, và bộ máy kiểm soát của quy trình theo sáng chế sẽ được biên dịch rộng rãi dựa theo các yêu cầu bảo hộ. Ngoài ra, rõ ràng rằng các thay đổi và các sửa đổi khác nhau dựa trên các sự mô tả này cũng được bao gồm trong mục đích của sáng chế.

Danh sách số chỉ dẫn

- 100 bộ máy kiểm soát
- 101 thiết bị xử lý thông tin
- 102 thiết bị đầu vào
- 103 thiết bị đầu ra
- 111 RAM
- 112 ROM
- 112A chương trình kiểm soát
- 113 CPU

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp kiểm soát quy trình bao gồm nhiều biến thao tác và nhiều biến kiểm soát được kiểm soát bởi các biến thao tác, lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được xác định bởi sự can thiệp lẫn nhau của lượng vận hành của các biến thao tác, phương pháp bao gồm:

bước tính toán phản hồi tự do để tính toán các phản hồi tự do mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước từ thời gian hiện tại trong trường hợp trong đó lượng vận hành của các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước;

bước tính toán phản hồi thứ nhất để tính toán các phản hồi thứ nhất mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước trong giai đoạn được xác định trước và lượng vận hành của các biến thao tác khác trong số các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước;

bước tính toán phản hồi thứ hai để tính toán các phản hồi thứ hai mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ hai khác với biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong giai đoạn được xác định trước; và

bước xác định lượng vận hành để xác định lượng vận hành của các biến thao tác sao cho lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trở thành các giá trị mục tiêu được xác định trước dựa trên các phản hồi tự do, các phản hồi thứ nhất, và các phản hồi thứ hai.

2. Phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm 1, trong đó biến thao tác thứ hai là biến thao tác lượng vận hành mà có thể được xác định sao cho lượng kiểm soát của biến kiểm soát cụ thể trong số các biến kiểm soát không được thay đổi trong trường hợp trong đó biến thao tác thứ hai được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất.

3. Phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm 1 hoặc 2, trong đó bước xác định lượng vận hành bao gồm:

bước tính toán các chuyển đổi tương lai của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trong trường hợp trong đó vận hành của tổng tuyến tính của lượng thay đổi trong

lượng vận hành tại bước tính toán phản hồi thứ nhất và lượng thay đổi trong lượng vận hành tại bước tính toán phản hồi thứ hai được thực hiện; và

bước tính toán các trọng số của lượng vận hành của các biến thao tác mà giảm thiểu độ lệch giữa các chuyển đổi tương lai được tính toán của lượng kiểm soát của các biến kiểm soát và các giá trị mục tiêu được xác định trước, và tính toán lượng vận hành của các biến thao tác dựa trên các trọng số được tính toán.

4. Phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó bước tính toán phản hồi tự do, bước tính toán phản hồi thứ nhất, bước tính toán phản hồi thứ hai, và bước xác định lượng vận hành được thực thi lặp lại.

5. Phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó:

quy trình là quy trình lò cao,

các biến thao tác bao gồm ít nhất một trong số tỷ lệ than cốc, thể tích thổi khí, tốc độ dòng chảy oxy làm giàu, nhiệt độ thổi khí, tốc độ dòng chảy than vụn, độ ẩm thổi khí, và áp suất đỉnh lò, và

các biến kiểm soát là nhiệt độ kim loại nóng chảy và tốc độ sản xuất gang.

6. Phương pháp hỗ trợ vận hành, bao gồm bước trợ giúp vận hành lò cao bằng cách trình bày lượng vận hành của các biến thao tác được xác định bởi phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm 5.

7. Phương pháp vận hành lò cao, bao gồm bước kiểm soát lò cao phù hợp với lượng vận hành của các biến thao tác được xác định bởi phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm 5.

8. Phương pháp sản xuất kim loại nóng chảy, bao gồm bước sản xuất kim loại nóng chảy bằng cách kiểm soát lò cao phù hợp với lượng vận hành của các biến thao tác được xác định bởi phương pháp kiểm soát quy trình theo điểm 5.

9. Bộ máy kiểm soát (100) của quy trình bao gồm nhiều biến thao tác và nhiều biến kiểm soát được kiểm soát bởi các biến thao tác, lượng kiểm soát của các biến kiểm soát được xác định bởi sự can thiệp lẫn nhau của lượng vận hành của các biến thao tác, bộ máy kiểm soát (100) bao gồm:

đơn vị (113) tính toán phản hồi tự do được tạo cấu hình để tính toán các phản hồi tự do mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước từ thời gian hiện tại trong trường hợp trong đó lượng vận hành của các biến thao tác là

không đổi cho giai đoạn được xác định trước;

đơn vị (113) tính toán phản hồi thứ nhất được tạo cấu hình để tính toán các phản hồi thứ nhất mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước trong giai đoạn được xác định trước và lượng vận hành của các biến thao tác khác trong số các biến thao tác là không đổi cho giai đoạn được xác định trước;

đơn vị (113) tính toán phản hồi thứ hai được tạo cấu hình để tính toán các phản hồi thứ hai mà là các phản hồi của các biến kiểm soát trong giai đoạn được xác định trước, trong trường hợp trong đó lượng vận hành của biến thao tác thứ hai khác với biến thao tác thứ nhất trong số các biến thao tác được thay đổi theo bước đồng thời với lượng vận hành của biến thao tác thứ nhất trong giai đoạn được xác định trước; và

đơn vị (113) xác định lượng vận hành được tạo cấu hình để xác định lượng vận hành của các biến thao tác sao cho lượng kiểm soát của các biến kiểm soát trở thành các giá trị mục tiêu được xác định trước dựa trên các phản hồi tự do, các phản hồi thứ nhất, và các phản hồi thứ hai.

1/9

FIG.1

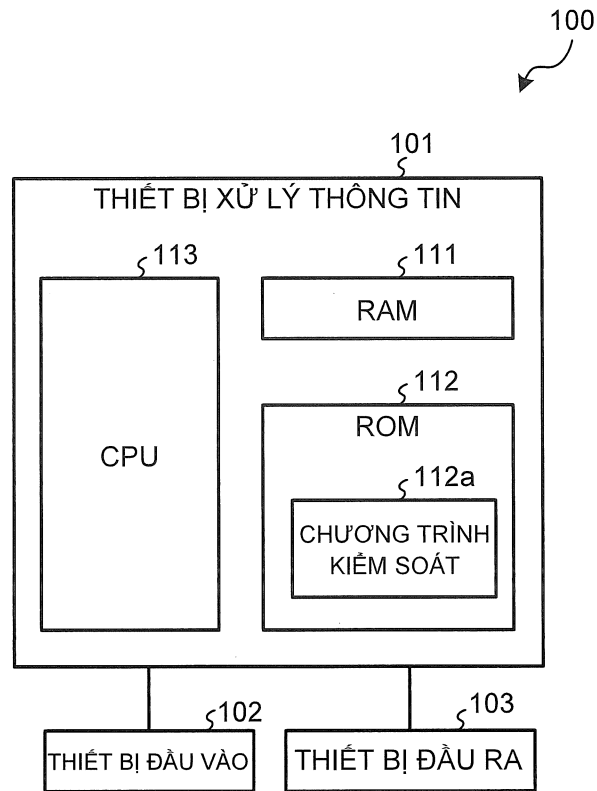


FIG.2

BIẾN ĐẦU VÀO:

- TỶ LỆ THAN CỐC
- THỂ TÍCH THỜI KHÍ
- TỐC ĐỘ DÒNG CHẢY OXY LÂM GIÀU
- NHIỆT ĐỘ THỜI KHÍ
- TỐC ĐỘ DÒNG CHẢY THAN VỤN
- ĐỘ ẨM THỜI KHÍ
- ÁP SUẤT ĐỈNH LÒ

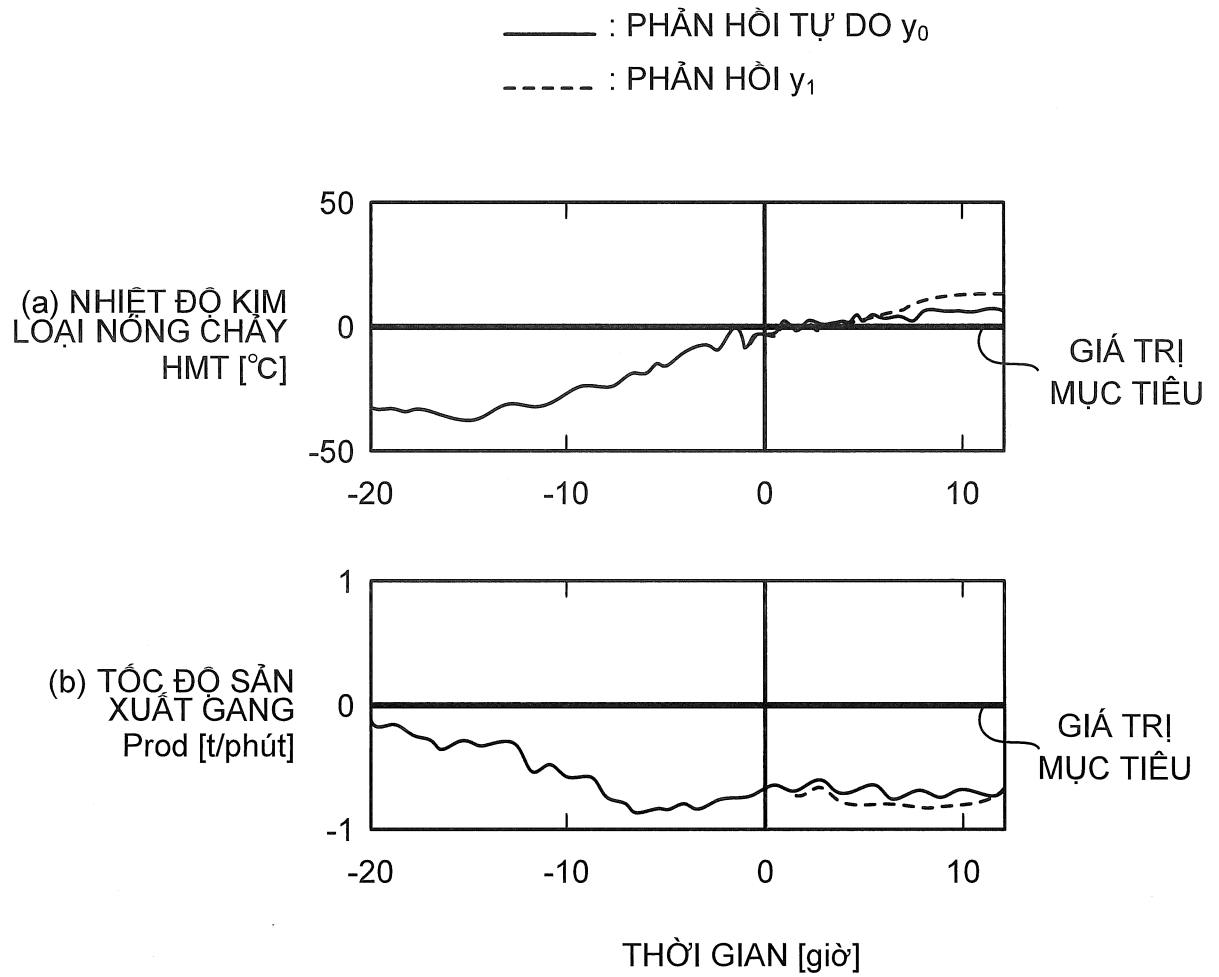


BIẾN ĐẦU RA:

- TỶ LỆ TẬN DỤNG KHÍ ( $\eta_{CO}$ )
- NHIỆT ĐỘ THAN CỐC VÀ SẮT
- MỨC ĐỘ OXY HÓA QUẶNG SẮT
- VẬN TỐC GIẢM DẦN CỦA CÁC VẬT LIỆU THỎ
- LƯỢNG CACBON TỒN HAO TRONG GIẢI PHÁP
- NHIỆT ĐỘ KIM LOẠI NÓNG CHẢY
- TỐC ĐỘ SẢN XUẤT GANG
- TỒN HAO NHIỆT THÂN LÒ

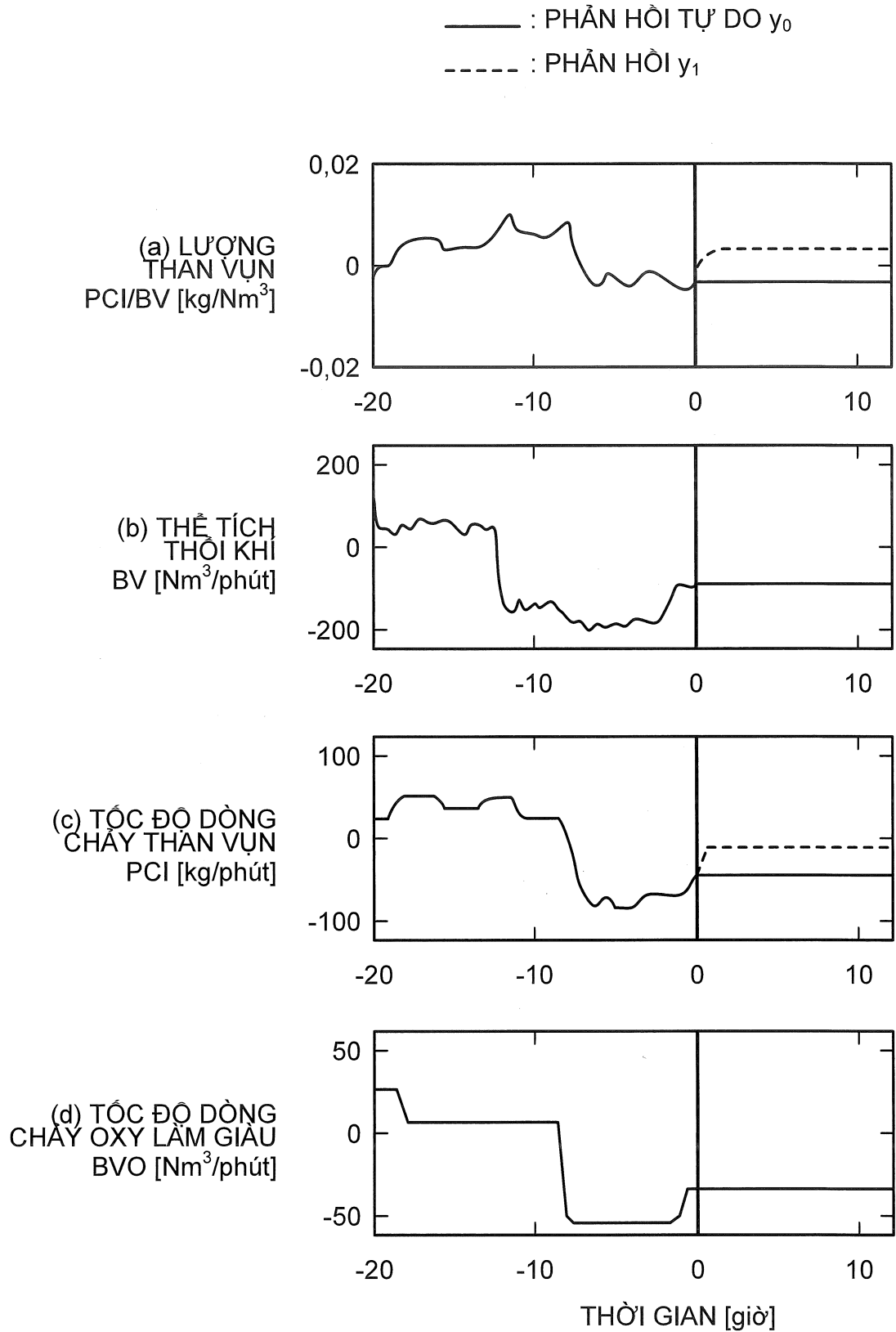
2/9

FIG.3



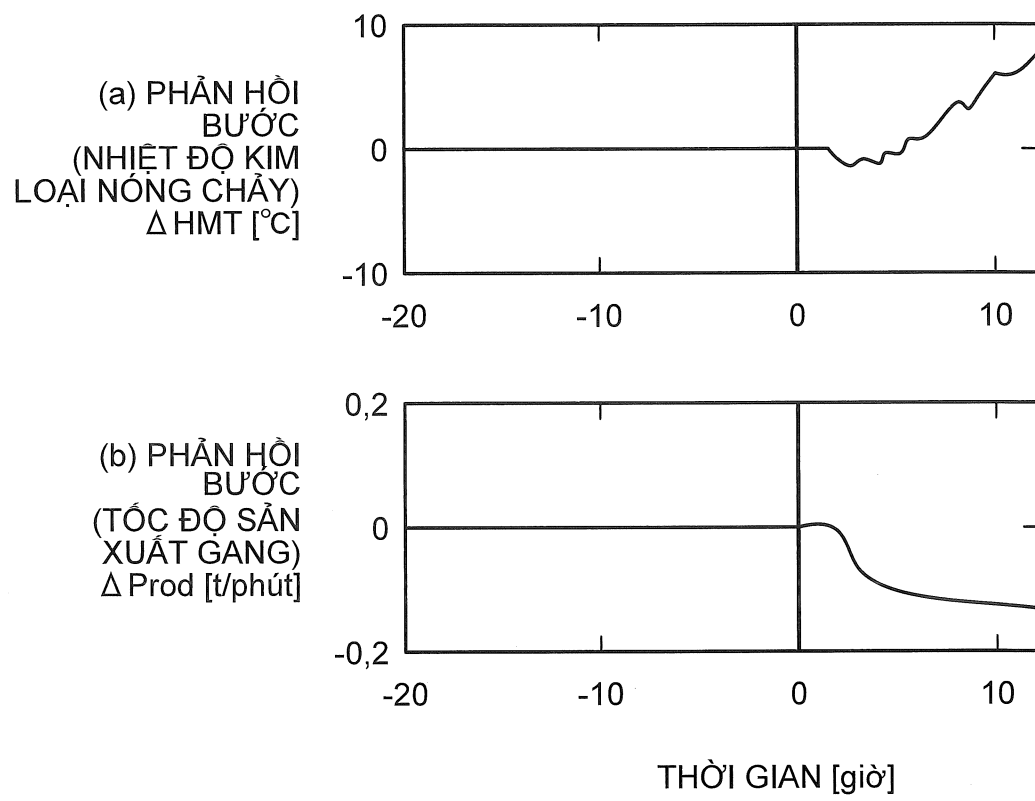
3/9

FIG.4



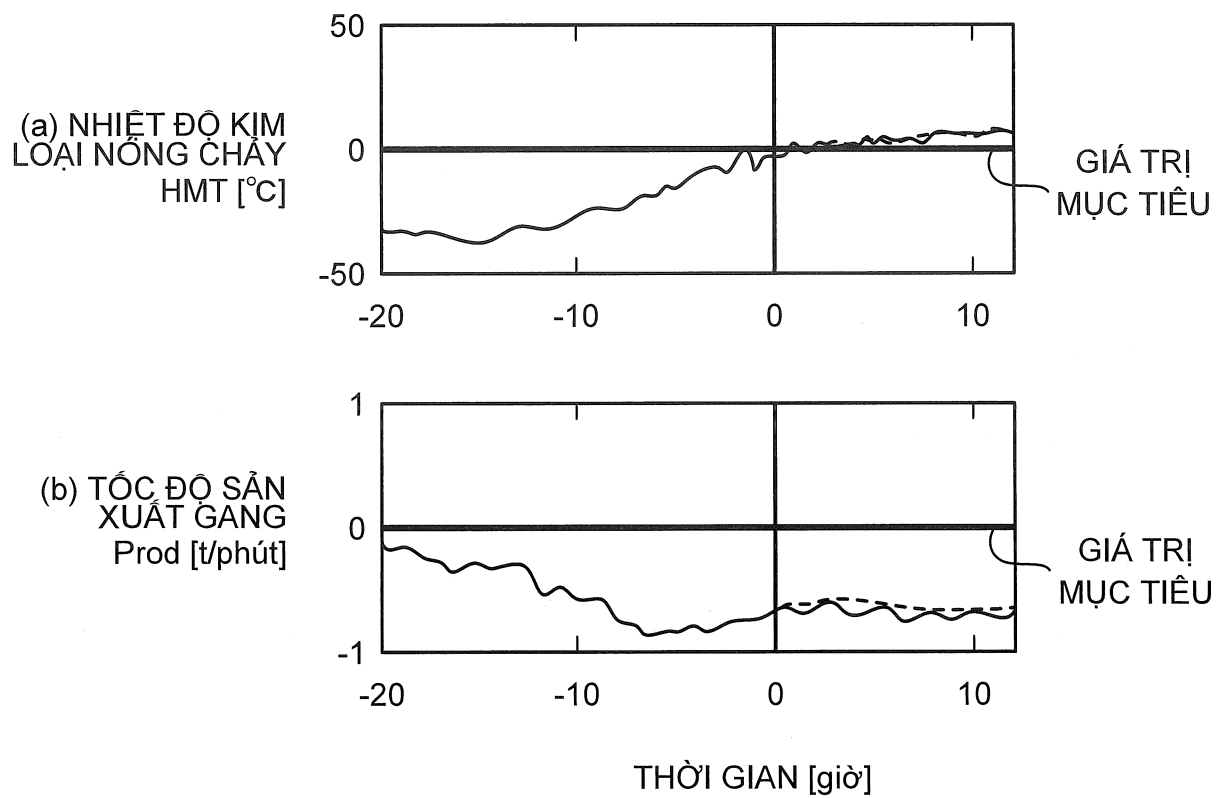
4/9

FIG.5



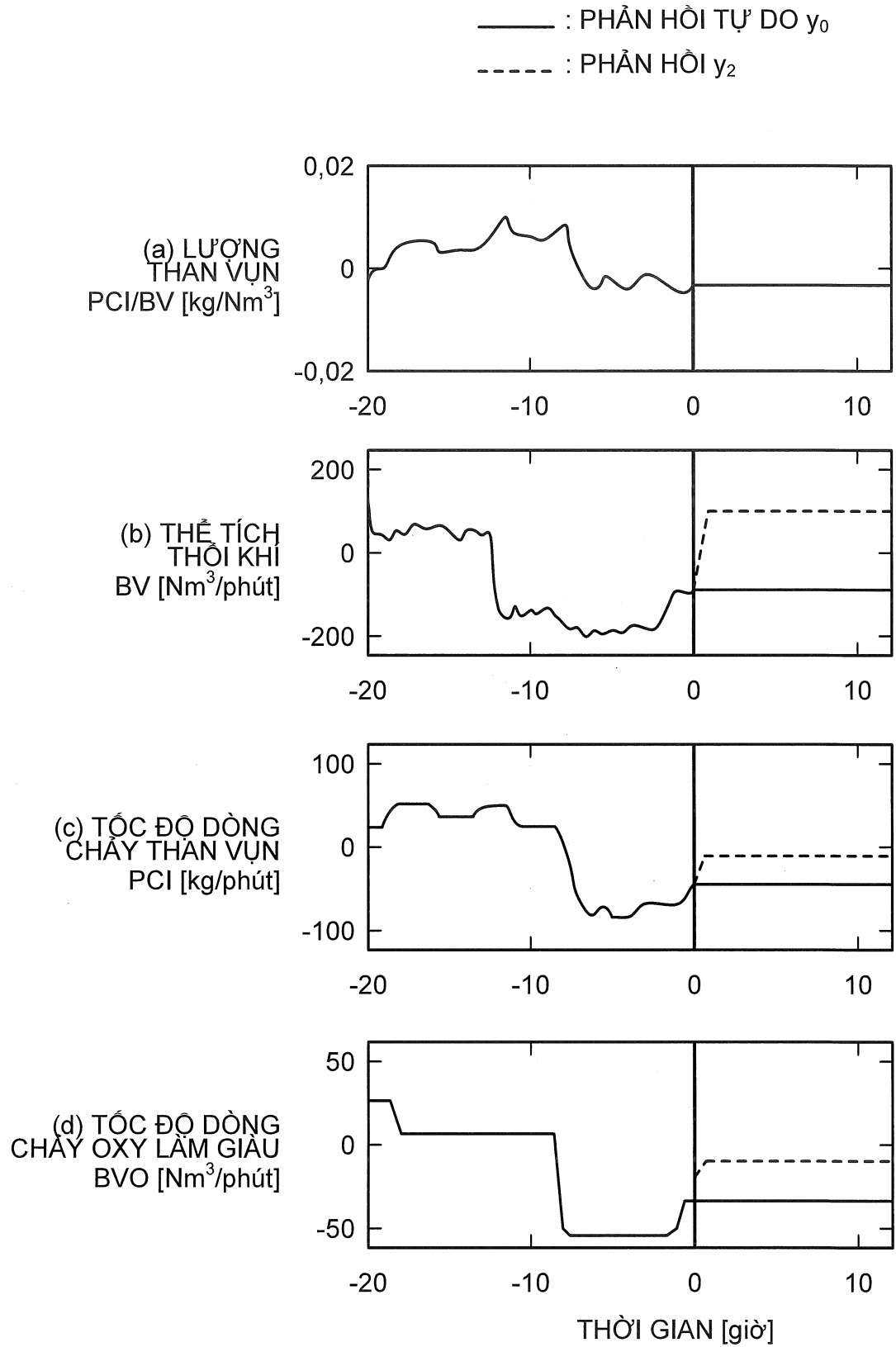
5/9

FIG.6

—— : PHẢN HỒI TỰ DO  $y_0$ ----- : PHẢN HỒI  $y_2$ 

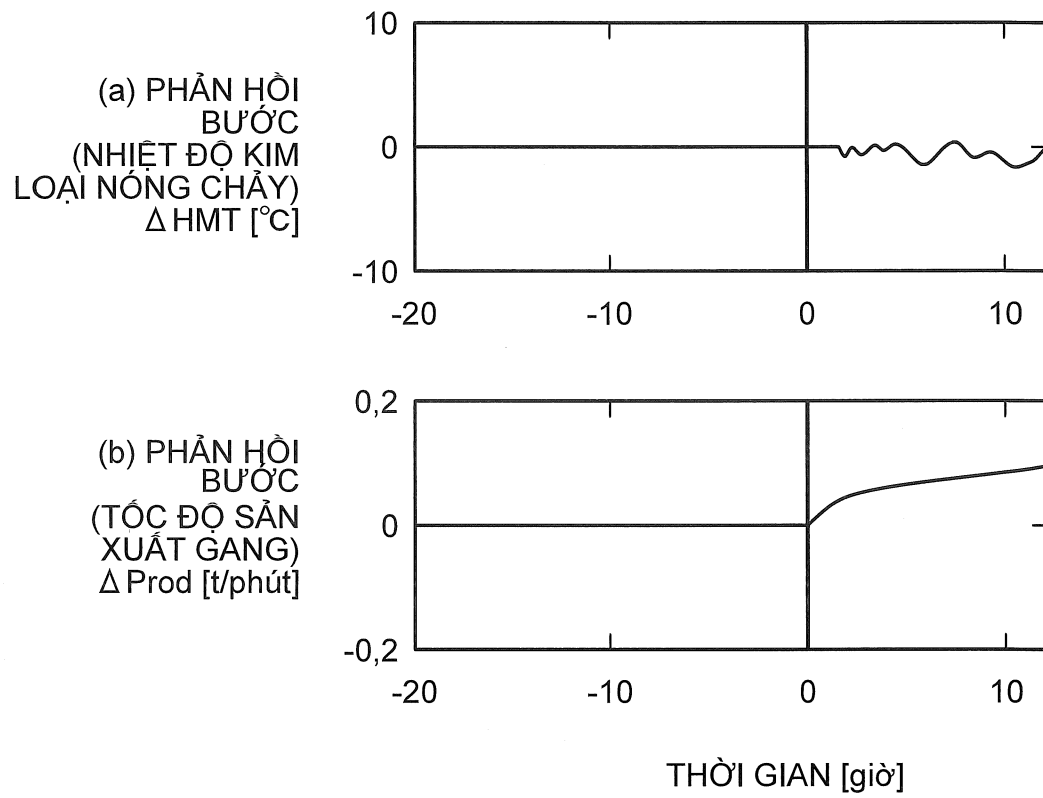
6/9

FIG.7



7/9

FIG.8



8/9

FIG.9

— : GIÁ TRỊ ĐƯỢC TÍNH TOÁN (CÓ HÀNH ĐỘNG)

- - - : GIÁ TRỊ ĐƯỢC TÍNH TOÁN (KHÔNG CÓ HÀNH ĐỘNG)

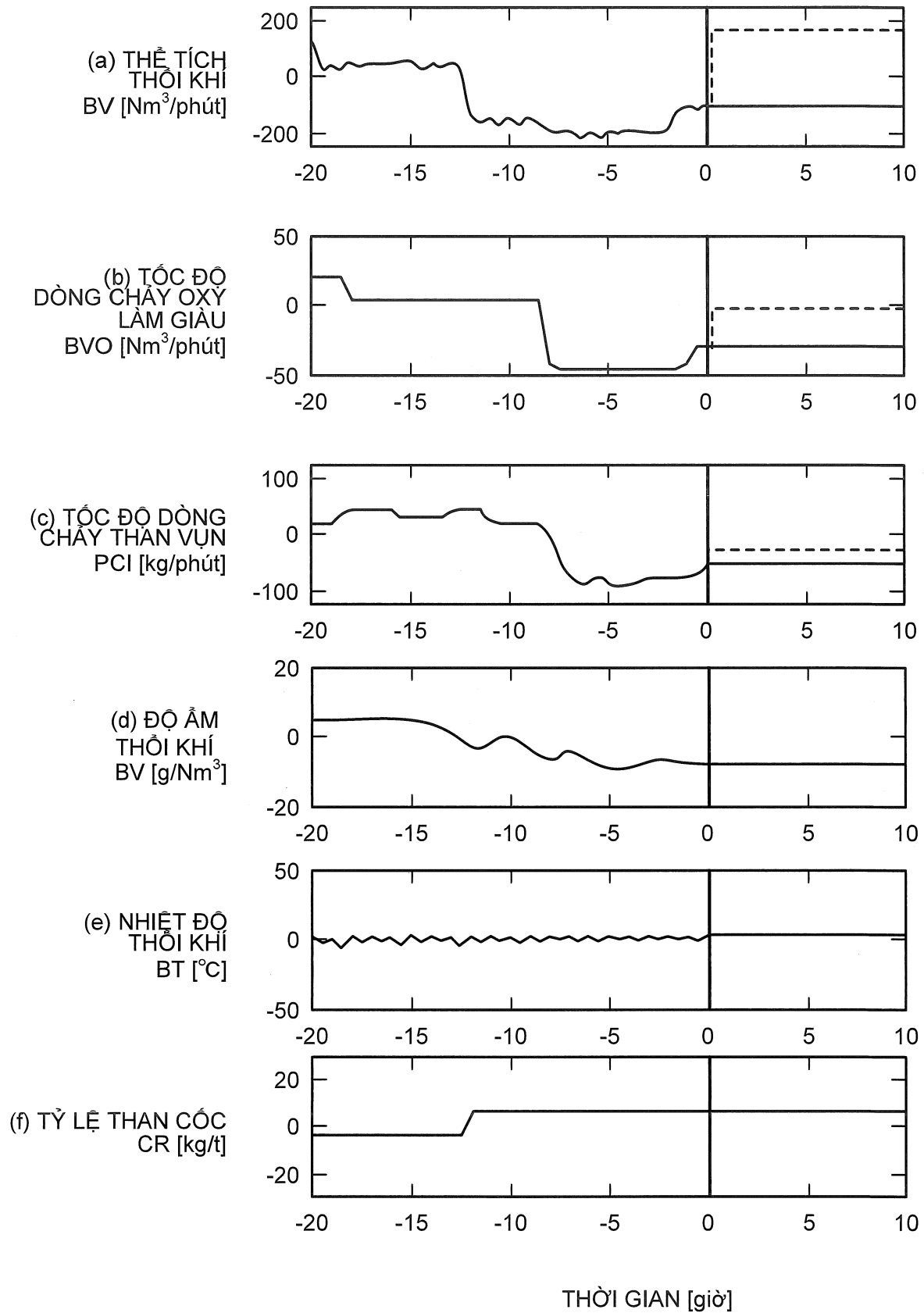


FIG.10

