

보상롤 타입 컨버팅 머신의 레지스터 제어

강현규*, 김정인(건국대 대학원 기계설계학과), 신기현(건국대 기계항공공학부)

Register Control on Compensator Roll type Converting Machines

Hyun-Kyoo Kang, Jung-In Kim, Kee-Hyun Shin (Mechanical and Aerospace Eng. Dept. KKU)

ABSTRACT

This paper presents dynamics of register error on a compensator roll type converting machine. Though a register control is an important aspect of a converting machine, it has not been taken into account as a main subject. Lately, demands for high speed converting machines over 500mpm(m/min) are raising but domestic converting industries can not come up with the high speed machines because capacities for designing of the converting machine is restricted lower than 300mpm. Moreover register control is the key to product flexible displays through roll-to-roll systems. In this paper, a compensator roll type register controller is analyzed using mathematical model of register error. A case study for reducing transient register errors is discussed.

Key Words : Register Control (레지스터제어), Converting Machines (컨버팅 머신), Compensator Roll (보상롤), roll-to-roll (롤투롤), Flexible Display (플렉서블 디스플레이)

1. 서론

종이 혹은 OPP 같은 필름에 다중 컬러 인쇄를 하는 시스템을 컨버팅머신(converting machine)이라 한다. 컨버팅머신의 선진연구는 미국과 독일등의 유럽지역에서 이뤄지고 있으며 500 ~ 1000mpm (m/min) 이상의 고속인쇄기술을 확보하고 있으나 국내에선 300mpm이하의 속도에서 인쇄공정이 이뤄지고 있다. [1] 기존의 R2R(roll-to-roll)시스템은 장력[2], 사행제어에 집중된 반면 컨버팅머신을 위한 레지스터 제어는 그 연구가 매우 미비한 실정이다.

Brandenburg, G의 레지스터 에러의 수학적 모델 [3] 이후로 추가적인 연구는 보고된바 없다. 또한 R2R시스템을 적용한 플렉서블 디스플레이(flexible display) 생산이 원가절감을 위한 새로운 시도로 주목되고 있는 시점에서, 레지스터 제어는 R2R-플렉서블 디스플레이 생산의 핵심 기술로서 지속적인 연구가 필요한 기술분야이다. [4]

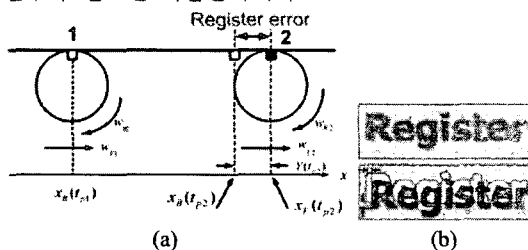


Fig. 1 (a) Generation of register error (b) Example of register error

레지스터 에러란 Fig. 1(a)의 1 번 롤을 통과한 소재가 2 번 롤의 위치로 이송되었을 때, 요구되는 위치(2 번 롤의 검은색 사각형)와 실제소재위치(2 번 롤의 흰 사각형)의 차이이다. 이러한 에러가 발생할 경우, Fig. 1 (b)와 같은 2 차원 오차를 갖게 된다.

다음의 Fig. 2 는 보상롤 방식 레지스터 제어를 장착한 컨버팅머신의 개념도이다. 스캐닝헤드(scanning head), 레지스터 컨트롤러, 보상롤로 구성되며, 스펠길이변화를 통한 레지스터 에러보상을 수행한다. 이때 모든 프린팅 실린더의 회전속도는 동일하다.

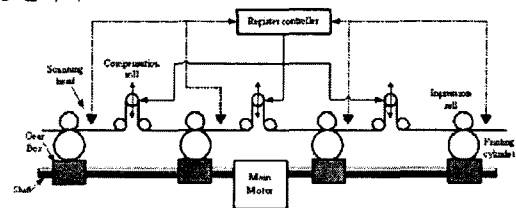


Fig. 2 Compensator roll type register controller

본 논문은 보상롤타입의 컨버팅머신에 대한 레지스터에러 모델분석을 통한 제어기 설계 방향을 제안한다.

2. 레지스터 에러 모델링^[2]

Fig. 3 에서 보상롤의 위치변화로 인한 스펠의 길이 변화(dL)는 Fig. 1(a)와 같이 롤러의 좌우 이송 속도(w_T)로 대체할 수 있다. 레지스터 에러는 두 개의 롤러를 지나가는 소재에 대한 위치에러(Y)로 나타나며 다음의 식(1)과 같이 정의된다.

$$Y(t_{p2}) = x_B(t_{p2}) - x_F(t_{p2}) \quad (1)$$

식(1)은 t_{p1} 의 시간에 첫 번째 롤에서 인쇄된 소재가 $\tau = t_{p2} - t_{p1}$ 의 시간이 흐른 후 두 번째 롤러에 위치했을 때, 실제 소재위치 $x_B(t_{p2})$ 와 프린팅하는 롤러의 위치 $x_F(t_{p2})$ 사이의 오차를 의미한다.

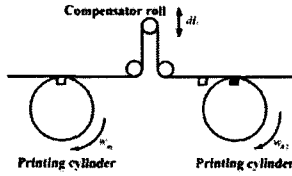


Fig. 3 Displacement of compensator roll

이때 각 인쇄시점에서의 변위는 다음의 식(2), (3)과 같으며, 각 인쇄시간은 식(4)의 관계를 갖는다.

$$x_B(t_{p1}) = x_{F1}(t_{p1}) = \int_0^{t_{p1}} w_{r1}(t) dt \quad (2)$$

$$x_{F2}(t_{p2}) = \bar{l}_{12} + \int_0^{t_{p2}} w_{r2}(t) dt \neq x_B(t_{p2}) \quad (3)$$

레지스터의 식(1)과 장력모델의 식(4)를 선형화하고 라플라스 변환을 하면 레지스터에러에 대한 식(5)을 얻을 수 있다.

$$L_2 \frac{d}{dt} \{t_2(t)\} = v_1(t)t_1(t) - v_2(t)t_2(t) + EA \{v_2(t) - v_1(t)\} \quad (4)$$

$$Y_{12} = \frac{\bar{v}}{s} (-\epsilon_2 + \epsilon_1 e^{-T_{12}s}) \quad (5)$$

식(4)와 (5)에서 알 수 있듯이 레지스터 에러는 양단 스펠의 스트레인(ϵ_2, ϵ_1)의 함수이며, 또한 장력(스트레인)은 양단 롤의 속도(v_1, v_2)와 이전스펠 입력장력(t_1)의 함수이다.

3. 시뮬레이션 및 고찰

보상롤의 움직임과 롤속도 펄스입력(Fig. 4, 2번 롤의 펄스입력)으로 가정, V_2 로 인해 발생되는 레지스터 에러를 Fig. 5에 도시하였다

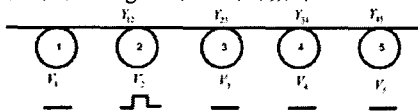


Fig. 4 V_2 pulse input

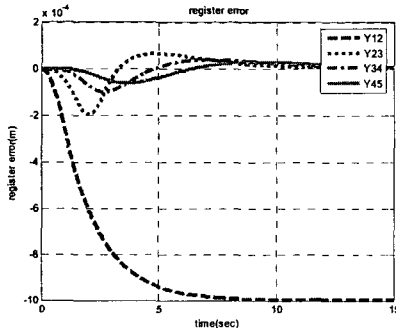


Fig. 5 Register error by V_2 pulse input

2번 롤러의 속도펄스 입력(1mm/s*1sec)은 현스

펠의 스펠길이 변화량 만큼 정상상태 레지스터 에러(Y12)를 발생시키며, 하류에는 과도구간의 레지스터 에러(Y23, Y34, Y45)가 발생한다. 이는, 현스펠의 보상률변위를 통한 스펠길이 변화가 레지스터에러발생 및 장력전달로 하류스펠에 장력 외란으로 나타나기 때문이다. Fig. 6은 V_2 입력과 동시에, 하류장력외란을 감소하는 보상률 속도(V_3, V_4, V_5) 입력시의 레지스터에러를 나타낸다. Fig. 5의 V_2 단일 입력시 보다 Y23의 과도구간 에러크기가 2mm에서 1mm로 감소하였다.

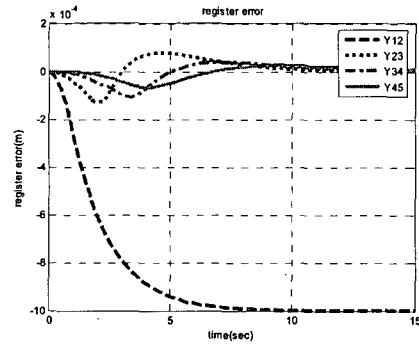


Fig. 6 Register error by $V_2 \sim V_5$ pulse input

4. 결론

본 논문은, 보상롤을 이용한 레지스터 에러의 동특성 확인 및 운전조건에 따른 시정수(스펠길이/운전속도) 결정, 장력전달로 인한 과도구간의 레지스터 에러발생, 장력외란을 줄이는 보상률 입력을 통해 과도구간 에러를 감소하는 멀티스펠 레지스터 제어기법을 제안하였다.

후기

본 연구는 (주)성안기계와의 “고속 운전을 위한 Converting machine의 설계에 대한 연구”의 일부로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Herbert L. Weiss, “Rotogravure and flexographic printing presses,” converting technology corp., Milwaukee, 1985.
2. Kee-Hyun Shin, “Tension Control,” Tappi Press, Atlanta, 2000.
3. Brandenburg, G., “New mathematical models for web tension and register error,” In proceedings of third international IFAC conference on instrumentation and automation in the paper, rubber and plastics industry, Vol.1, pp.411-438, 1977.
4. Gregory P. Crawford, “Flexible Flat Panel Displays,” John Wiley & Sons, Ltd, 2005.