

PWM조종에 의한 평면두로막로보트팔의 설계제작에 대한 연구

강현상, 김병희

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《여러가지 로봇을 개발하고 받아들이는데서 나서는 과학기술적문제도 풀어야 하겠 습니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 138페이지)

우리는 현대적인 사보전동기들과 전력전자기술에서 중요한 자리를 차지하는 PWM조 종[2]에 기초한 평면두로막로보트팔의 위치조종장치를 설계제작하고 그 정확성을 실험적으 로 검증하였다.

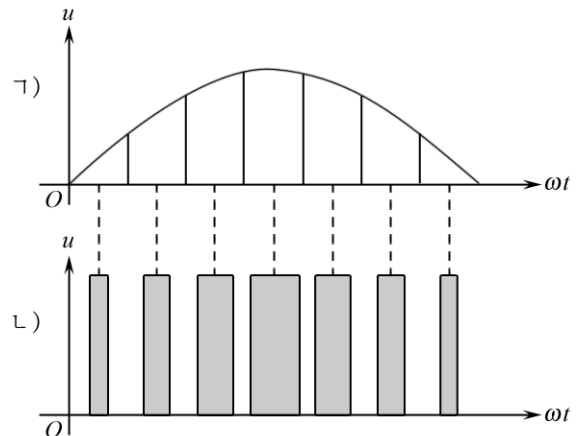
1. PWM조종원리

면적등가원리에 기초하여 시누스반파를 진폭이 같고 너비가 다른 임펄스들의 렬로 변 환하는 방법을 보면 다음과 같다.[1]

시누스반파를 n 등분하면 그림 1의 Γ)와 같이 n 개의 서로 련결된 너비가 같고 진폭이 다른 임펄스들의 렬로 볼수 있다. 이것을 진폭은 다같고 너비가 다르며 가운데점이 일치하 는 직각파형임펄스들의 렬로 변환한다.(그 림 1의 Γ)) 이때 그림 1의 Γ), Γ)의 대응 하는 임펄스들의 임펄스량(면적)이 서로 같 도록 임펄스너비들이 정해진다. 따라서 임 펄스너비들은 시누스법칙으로 변환다.

이와 같이 임펄스너비가 시누스법칙으 로 변하면서 시누스파와 등가되는 PWM파 형을 SPWM파형이라고 한다. 그림 1의 Γ) 가 SPWM파형이다. SPWM파형에 대응하는 등가시누스파형(그림 1의 Γ))의 진폭을 변 화시키려면 매 임펄스너비들을 같은 비례 로 변화시키면 된다.

PWM파형은 여러가지 파형과 등가될수 있다. SPWM파는 시누스파와 등가인 PWM파형이며 너비들이 다같은 직각파형은 직류신호 와 등가인 PWM파형이다. PWM파형은 기타 다른 요구되는 파형과 등가시킬수 있다. 실례 로 요구되는 비시누스교류파형과 등가시킬수 있는데 그것의 기본원리는 SPWM변환과 같 이 등가면적원리이다.



PWM파형을 얻는 계산법과 변조법에 대하여 보기로 하자.

계산법에서는 시누스파의 주파수와 진폭, 반주기의 임펄스수에 근거하여 PWM파의 매 임펄스너비와 간격을 정확히 계산하고 그에 기초하여 역변환회로의 스위치통과차단을 조종하여 요구되는 PWM파형을 얻는다. 결함은 계산이 복잡하고 작업량이 많으며 출력시누스파의 주파수, 진폭, 위상이 변할 때 결과도 다 변하는것이다.

2. 평면두토막로봇팔장치

위치사보전동기 기계손의 위치사보전동기로서 PWM방식으로 조종되는 Futaba전동기를 리용한다. 이 전동기의 특성은 다음과 같다.

조종방식은 PWM(임펄스너비변조)조종방식이다. 요구하는 임펄스는 3~5V의 직각파이다.

조작전압은 4.8~6.0V이고 조작온도범위는 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ 이다.

동작속도는 무부하에서 조작전압 4.8V일 때 $60^{\circ}/0.23\text{s}$, 조작전압 6V일 때 $60^{\circ}/0.19\text{s}$ 이다.

구동모멘트는 PWM신호의 진폭전압이 4.8V일 때 0.31Nm, 진폭전압이 6V일 때 0.40Nm이다.

회전각범위는 180° 이다.

감속배아령은 수지배아령이고 치차는 완전나이론치차이다.

크기는 $3.00\text{cm}\times 3.75\text{cm}\times 4.00\text{cm}$ 이고 질량은 37.2g이다.

조종체계구성 조종대상으로는 평면두토막로봇팔의 운동방향을 조종하는데 리용되는 위치사보전동기이다. 우리가 리용한 위치사보전동기는 앞에서 이야기된 Futaba위치사보전동기로서 체적과 질량이 작고 상대적구동모멘트는 크며 리용하는 조종신호는 PWM신호이다.

위치사보전동기의 위치각을 조종하는 PWM신호는 PIC한소편컴퓨터를 기본으로 하는 조종기판에서 발생시키며 PWM신호의 임펄스너비를 프로그램적으로 변화시키면서 전동기의 회전각을 조종한다. 조종체계구성도는 그림 2와 같다.

평면두토막로봇팔의 특성값 제작된 로봇팔의 특성량들은 다음과 같다.

첫번째 토막과 두번째 토막질량: $m_1=112.8\text{g}$, $m_2=100\text{g}$

첫번째 토막과 두번째 토막의 길이: $l_1=24\text{cm}$, $l_2=15\text{cm}$

두토막평면로봇팔에서 관절자리표들의 구조적한계령역을 보면 그림 3과 같다.

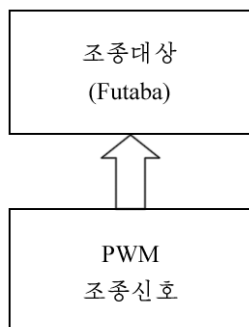


그림 2. 조종체계구성도

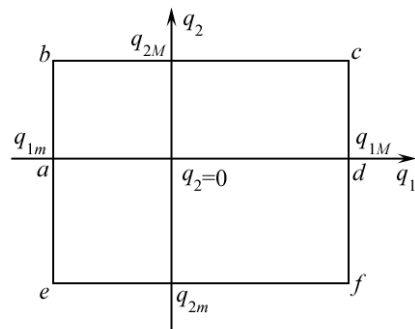


그림 3. 관절자리표들의 구조적한계령역

작업공간은 선분 $ab, bc, cd, da, ae, ef, fd$ 의 상을 구하여 그린다.(그림 4의 계산자리길[2])

작업공간안의 자리길을 따라 로봇팔이 운동하는 과정에 중력에 의한 팔토막들의 균형을 보장하기 위하여 균형추를 달아준다. 여기서는 반대질량에 의한 균형을 보장한다. 균형추의 특성량을 결정하기 위하여 작업공간의 한계자리길(그림 4)을 추종할 때 로봇팔의 질량모멘트를 구한 결과는 그림 5와 같다.

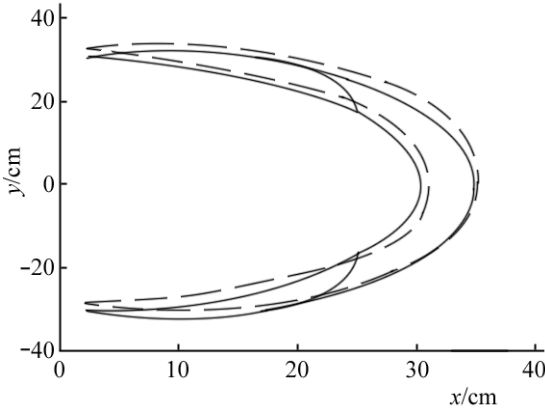


그림 4. 작업공간

실선은 계산자리길, 파선은 실험자리길

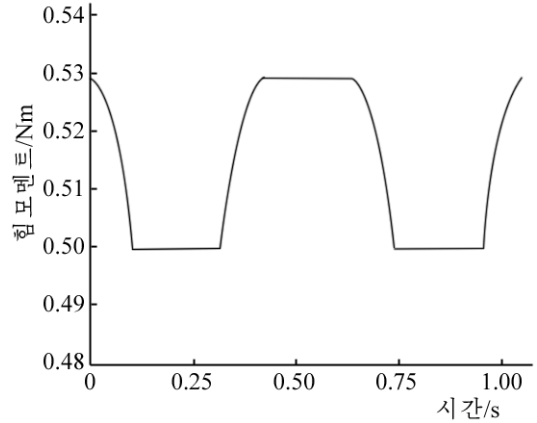


그림 5. 중력에 의한 힘모멘트

중력에 의한 힘모멘트를 구하는 식은 다음과 같다.

$$M = \left(\frac{m_1 l_1}{2} + m_{\text{전}} l_1 + m_2 \sqrt{l_1^2 + \frac{l_2^2}{4} + l_1 l_2 \cos(q_2)} \right) g$$

최대모멘트는 0.53Nm, 최소모멘트는 0.5Nm로서 작업공간에서 각각 da, bc, eb 자리길에 따르는 모멘트들이다. 최대 및 최소모멘트의 평균값 0.515Nm를 균형모멘트로 선정하면 균형추의 질량과 그 길이는 $m_{\text{균}} = 230\text{g}$, $l_{\text{균}} = 22.8\text{cm}$ 이다.

두토막평면로봇팔에서 첫번째 관절의 최대각가속도(rad/s^2)와 최소각가속도(rad/s^2)는 다음과 같다.

$$\ddot{q}_1|_{\text{최대}} = \frac{M_{\text{균}}}{\frac{m_1 l_1^2}{4} + m_{\text{전}} l_1^2 + m_2 \left(l_1^2 + \frac{l_2^2}{4} + \frac{l_1 l_2}{2} \right) + m_{\text{균}} l_{\text{균}}^2} = 13.15$$

$$\ddot{q}_1|_{\text{최소}} = \frac{M_{\text{균}}}{\frac{m_1 l_1^2}{4} + m_{\text{전}} l_1^2 + m_2 \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right)^2 + m_{\text{균}} l_{\text{균}}^2} = 10.28$$

3. 실험결과해석

평면두토막로봇팔의 작업공간그리기를 통하여 제작된 위치조종체계의 정확성을 평가하였는데 위의 그림 4에서 작업공간의 계산자리길과 실험에서 얻은 자리길을 보여주었다.

두 경우 면적오차를 보면 표와 같다.

표. 면적오차비교

구분	작업공간면적 /cm ²	오차 /cm ²
계산	205.01	—
실험	208.73	3.72(1.81%)

간면적과 실험적으로 얻은 작업공간면적간의 오차는 3.72cm²로서 약간 차이 나는데 그것은 첫번째 사보전동기의 특성과 관련된다고 본다.

실험하는 과정에 첫번째 사보전동기가 두번째 전동기에 비하여 고르롭게 회전하지 못하였으며 시계바늘과 반대방향으로 회전하여 자기 한계값에 이르면 심한 진동현상이 나타났다. 계산된 작업공

맺 는 말

PWM조종에 의한 평면두도막로봇기계손의 위치조종장치를 설계 및 제작하고 실험을 통하여 그 정확성을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 백은철 등; PIC소자의 원리와 응용, 공업출판사, 32~104, 주체101(2012).
- [2] 邓星钟; 机电传动控制, 华中科技大学出版社, 284~297, 2011.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

Design and Manufacture of Planar 2-Link Robot Arms using PWM Technique

Kang Hyon Sang, Kim Pyong Hui

We designed and manufactured the device for position control of the planar 2-link robot arms by PWM and verified its correctness through the experiment.

Key words: PWM technique, planar 2-link robot arms