Fuzzy제어에서 편차의 차분과 적분의 합리적도입

연변대학이공학원 김 규 환

Tel:0086-433-2714697/Fax:2739626

Improvementof control precision by reasonably introducing diffrence and integral of error in Fuzzy control

Jin kuihuan E-mail:khjin@ybu.edu.cn

Abstract: In the paper,we discussed an investigation for Improvement of control precision by reasonably introducing diffrence and integral of error in Fuzzy control

Fuzzy집합의 응용분야중에서도 가장 앞서고 있는 것은 공업분야이다.특히 그중에서도 공업프로세서 제어의 응용이 가장활발하다.그것은 아마 Fuzzy 이론의 아이디어가 공업분야로부터 생겨난 것과 깊은 관련이 있지않는가고 생각된다.

Fuzzy제어기의 설계법으로는 일반적으로 다음의 4가지 방법을 말할수 있다. 엑스퍼트의 경험지식에 의거한 것;오퍼레이터의 조작모델을 만드는 것;플랜트의 Fuzzy모델에 의거한 것;학습에 의거한 것등이다.

본논문에서 소개하는 훠지제어설계법으로는 엑스퍼트 시스템의 방법으로서 숙련된 오퍼레이터의 경험과 제어기술자의 지식을 언어를 사용하여 If--then형식으로 된 규칙을 만든다.이규칙을 훠지추론하는 방법을 이용하여 실행한다.

수선,훠지집합의 전체공간을 크고 작고 중간등과 같이 애매하게 구획을 나누어 각각 훠지집합을 정의한다.예하면 훠지집합 편차 E의 전체공간을 PL PM PS PO NO NS NM NL등 8개의 훠지집합으로 나누고 편차의 차분 △E 전체공간을 PL PM PS O NS NM NL등 7개의 훠지집합으로 나누고 제어수출 U의 전체공간을 PL PM PS O NS NM NL등 7개의 훠지집합으로 나눈다.여기에서 P는 Positive이고 N는Negetive이다.

훠지집합의 요소를 제어변수인 제어편차 $e_k=r_k-y_k$를 제한된 레벨로 분활한다.예하면 [-6,-5,-4,-3,-2,-1,-0,+0,+1,+2,+3,+4,+5,+6]14등급으로 분활한다.그러면 전체공간 E의 각각의 훠지집합은 구체적인 제어대상에 따라 경험과 실험적인 방법으로 맴버쉽 함수를 사용하여 확신도를 결정한다.아래의 표1로 구체적인 예를 표시한다.따라서 제어편차의 차분 $\triangle e_k=e_k-e_k$도 제한된 레벨 [-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,+1,+2,+3,+4,+5,+6]13등급으로 분활하고 제어수출변화U도 [-7,-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,+1,+2,+3,+4,+5,+6,+7]15등급으로 분활한다. 제어편차의 차분 △E와 제어수출변화U의 각각 훠지집합의 맴버쉽함수를 사용하여 확신도를 결정하여 표1과 같이 표시할수있다.이 두개표는 본문에서 생략한다.

표1: E의 각휘지집합의 정의

요소 확신도 E	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6
PL											0.1	0.4	0.8	1.0
PM										0.2	0.7	1.0	0.7	0.2
PS								0.3	0.8	1.0	0.5	0.1		
PO								1.0	0.6	0.1				
NO					0.1	0.6	1.0							
NL			0.1	0.5	1.0	0.8	0.3							
NM	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2									
NL	1.0	0.8	0.4	0.1										

주해:빈칸은 전부 0.0임

그러면 지금으로부터 훠지제어규칙을 만들어 보자.훠지제어기의 제어규칙은 숙련된 오퍼레이터의 제어책략과 제어기술자의 지식을 언어를 사용하여 If--then형식으로 된 규칙을 만든다.

예를 들어 어떤대상의 제어규칙을 If~then형식으로 다음과 같이 표시할수있다.

R1:if E=NL or NM and △E=NL or NM then U=PL

R2:if E=NL or NM and △E=NS or O then U=PL

R3:if E=NL or NM and △E=PS then U=PM

R4:if E=NL or NM and △E=PM or PL then U=O

R5:if E=NS and △E=NL or NM then U=PM

R6:if E=NS and △E=NS or O then U=PM

R7:if E=NS and △E=PS then U=O

R8:if E=NS and △E=PM or PL then U=NS

R9:if E=NO or PO and △E=NL or NM then U=PM

R10:if E=NO or PO and △E=NS then U=PS

R11:if E=NO or PO and △E=O then U=O

R12:if E=NO or PO and △E=PS then U=NS

R13:if E=NO or PO and △E=PM or PL then U=NM

R14:if E=PS and △E=NL or NM then U=PS

R15:if E=PS and △E=NS then U=O

R16:if E=PS and △E=O or PS then U=NM

R17:if E=PS and △E=PM or PL then U=NM

R18:if E=PM or PL and △E=NL or NM then U=O

R19:if E=PM or PL and △E=NS then U=NM

R20:if E=PM or PL and △E=O or PS then U=NL

R21:if E=PM or PL and △E=PM or PL then U=PL

이상 21가지휘지제어규칙이 바로 휘지모델을 구성한다.휘지집합의 계산규칙을 응용하여 21가지휘지제어규칙으로부터 시스템의 총제어규칙에 대응하는 관계식을 얻는다.

$$R=R1 \cup R2 \cup \cdots \cup R21=\bigcup_{i-1}^{21} Ri$$

상술한 관계식에서 $Ri=Ei \times \triangle Ei \times Ui$, $I=1,2,\cdots,21$.예를 들면

$R1=(NLe \cup NMe)\times(NL\triangle e \cup NM\triangle e)\times(PLu)$.

만일 실제측정한 제어편차와 편차의 차분을 휘지화한 것이 E와 △E라고하면 거기에 해당되는 휘지제어수출U는

$U=(E\times\triangle E)\bullet R$.

여기에서 제어편차와 제어편차의 차분을 동시에 도입함으로서 시스템의 온정성을 보장하는데 유리하며 오버슈트량을 감소시키며 목표도달시간도 줄일 수 있다.이리하여 지금 흔히 잘 씨우고 있다.

그런데 어떤제어대상은 제어정밀도에 대한 요구가 대단히 높아서 휘지제어를 응용하는데 우려를 가지고 있는 상황이 있는 것으로 알고있다.본 논문에서는 높은 제어정밀도를 보장할 수 있는 새로운 휘지제어방법을 소개하려한다.

그것은 합리적으로 제어편차의 차분과 제어편차의 적분을 도입하는 방법이다. 수선, 제어편차 E의 적분 ΣE휘지집합전체공간을 PL PM PS ONS NM NL등7개의 휘지집합으로 나누고 휘지집합 ΣE의 요소를

제어변수인 제어편차 적분$\sum_{i-1}^{k} ei$를 [-4,-3,-2,-1,0,+1,+2,+3,+4,]9등급으로 분활한다.따라서 ΣE의 지집합의 확신도를 구한다.표4에 구적인 예를 표시한다

표4:ΣE의 각휘지집합의 정의

요소 / 확신도 / ΣE	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
PL							0.2	0.8	1.0
PM						0.2	0.7	1.0	0.7
PS					0.9	1.0	0.7	0.2	
O				0.5	1.0	0.6			
NL		0.4	0.8	1.0	0.4				
NM	0.5	1.0	0.7	0.2					
NL	1.0	0.7	0.3						

주해:빈칸은 전부 0.0임

따라서 제어편차E와 제어편차의 적분ΣE의 If~then형식으로 된 제어규칙을 만든다. 여기에서는 주요하게 시스템의 온정성을 먼저 고려한다.

R1:if E=NL or NM and ΣE=NL or NM then U=PL

R2:if E=NL or NM and ΣE=NS or O then U=PL

R3:if E=NL or NM and ΣE=PS then U=PM

R4:if E=NL or NM and ΣE=PL or PM then U=PM
R5:if E=NS and ΣE=NL or NM then U=PL
R6:if E=NS and ΣE=NS or O then U=PM
R7if E=NS and ΣE=PS then U=PS
R8:if E=NS and ΣE=PM or PL then U=PS
R9:if E=NO or PO and ΣE=NL or NM then U=O
R10:if E=NO or PO and ΣE=NS or O then U=O
R11:if E=NO or PO and ΣE=PS then U=O
R12:if E=NO or PO and ΣE=PL or PM then U=O
R13:if E=PS and ΣE=NL or NM then U=PS
R14:if E=PS and ΣE=NS then U=PS
R15:if E=PS and ΣE=O or PS then U=PM
R16:if E=PS and ΣE=PL or PM then U=NS
R17:if E=PM or PL and ΣE=NL or NM then U=NL
R18:if E=PM or PL and ΣE=NS then U=NL
R19:if E=PM or PL and ΣE=O or PS then U=NL
R20:if E=PM or PL and ΣE=PL or PM then U=NL

이상 20가지훠지제어규칙이 또 다른 훠지모델을 구성한다.이제어규칙으로부터 시스템의 총제어규칙에 대응하는 관계식을 얻으면

$$R=R1 \cup R2 \cup \cdots \cup R20=\bigcup_{i=1}^{20} Ri$$

상술한 관계식에서 $Ri=Ei \times \triangle Ei \times Ui$, $i=1,2,\cdots,20$.예를들면

$$R1=(NLe \cup NMe)\times(NL\Sigma e \cup NM\Sigma e)\times(PLu).$$

만일 실제측정한 제어편차와 편차의 차분을 훠지화한 것이 E와 ΣE라고하면 거기에 해당되는 훠지제어수출U는

$$U=(E\times \Sigma E)\bullet R.$$

제어편차외에 제어편차의 적분을 도입함으로서 시스템의 정태오차(静態誤差)를 유효적으로 없일수있으므로 제어정밀도를 크게 높일 수 있다.

제어편차의 적분의 도입은 십께 제어의 오버슈트를 일으킬수있으며 그진폭도 커지게 한다.그러므로 적분의 도입은 아래와 같은 방법을 취한다.

$|e_k| \leq \varepsilon$ 이면 제어편차와 그의 적분을 도입한 훠지제어

$|e_k| > \varepsilon$ 이면 제어편차와 그의 차분을 도입한 훠지제어

시뮬레이션의 결과로부터 보면 오버슈트도 크지않고 목표도달시간도 더 감소되며 제어정밀도도 제고되었음을 볼수있다.그림은 생략한다.