

Fuzzy Toolbox를 이용한 Unit commitment

김지형 최상열 신명철
성균관 대학교

Unit commitment using Fuzzy Toolbox

J. H. Kim, S. Y. Choi, M. C. Shin
School of electrical and computer engineering, Sungkyunkwan University

Abstract - Many other unit commitment peromed by complex mathematical problems and algrithm. but fuzzy logic is not concerned with mathematical formulations so unit commitment is scheduled with ease. and fuzzy can express many constraints which has uncertainty feasibly because it use linguistic expressions. In this paper MATLAB is used as a simulation tool. Fuzzy Toolbox is made to make fuzzy control systems. Using this Toolbox easily and effectly we can make good unit commitment.

1. 서 론

현대에 있어서는 계통의 전력수요가 증대되고 있다. 특히 여름과같은 경우 냉방용으로 쓰이는 부하의 급증과 더불어 첨두부하의 증가로 인하여 계통의 부하율이 낮아지고 있어 전력의 효율적인 운용이 중시되고 있다. 전력계통은 양질의 전력을 신뢰성있고 경제적으로 공급하여야 하므로 각 발전소의 연료비를 최소화하는 것을 목적으로 하는 경제적인 계통운용이 필요시되고 있다.

이와 같이 계통을 경제적으로 운용하기 위해서는 기동정지 계획은 중요한 문제가 된다. 기동정지계획이란 발전기의 연료비를 줄여서 전력계통을 경제적으로 운용하는 것을 목표로 하는 발전기의 기동과 정지에 대한 계획을 세우는 것이다. 이 때에 여러 가지의 제약 조건들이 있게 되는데 발전용량, 발전예비력, 시동비용, 최소운전시간, 최소정지시간등이 있다. 이러한 여러 가지의 제약 조건들을 고려하여 가장 좋은 결과를 얻어야한다. 그러나 여러 제약조건들로 인하여 복잡한 과정을 겪어야한다. 특히 태양열, 원자력의 다양한 전원을 사용하게 됨에 따라 각각의 전원의 특성이 고려된 더욱 많은 제약을 갖게되고 이를 고려하여 더욱 경제적인 결과를 얻어야한다. 그동안 이러한 기동정지계획에 대한 여러 가지의 제약조건을 통하여 다양한 해법들이 등장되어 왔다. 본 논문에서는 기동정지계획에 퍼지이론을 도입하여서 복잡한 수식을 필요로 하지 않고도 만족할만한 결과를 얻어내려고 하고 있다. 퍼지이론은 주로 최근에 들어서 복잡한 수식이 없어서 여러 가지 문제해결에 사용되고 있다. 특히 선형적으로 표현하기 어려운 경우에 언어적인 표현으로 전문가의 의견을 수렴할수 있으므로 상당히 효과적이다.

2.1 Toolbox 퍼지추론시스템 구성단계

퍼지 도구상자는는 퍼지추론시스템을 만들고 우리가 만든 퍼지 추론시스템을 수정 가능하게 해준다. 추론 시스템을 구축하는데 상당히 수월하다. 그리고 MATLAB에는 다른 여러 가지의 도구상자와 SIMULINK가 있어 이러한 MATLAB환경을 이용할 경우 여러 가지의 다른

도구상자를 이용할 수도 있게 하여준다.

1단계. 입력의 퍼지화단계 (Fuzzify Inputs)

첫 번째 단계에서는 입력값이 생길 경우 그 값들이 소속함수를 통하여 각각의 적당한 퍼지집합에 속하는 정도를 결정한다.

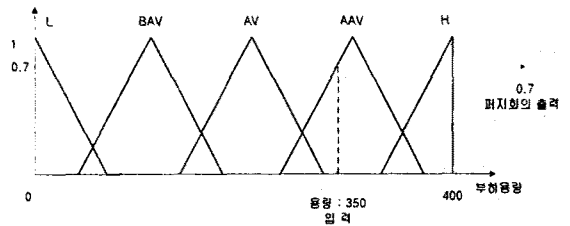


그림 1 입력을 퍼지화하는 단계

이와 같은 방법으로 각 입력을 규칙에 의해 필요한 값을 소속함수로 퍼지화시킨다. 그림 1을 보면 입력값이 350 [Mw]이고 그에 따른 출력값이 0.7이되었다 그리고 규칙(rule)상에서는 보통이상(AAV)에 속해 있다.

2단계. 퍼지연산자(Fuzzy operator) 적용단계

만일 하나의 규칙내에 조건부가 한 개 이상이라면, 퍼지연산자는 그 규칙에 의해서 결과가 되는 하나의 수(one number)를 구하는 데 적용된다. 퍼지화된 조건부의 입력값들을 연산자에 의해서 하나의 값으로 결정하는 것이 연산자 적용단계이다.

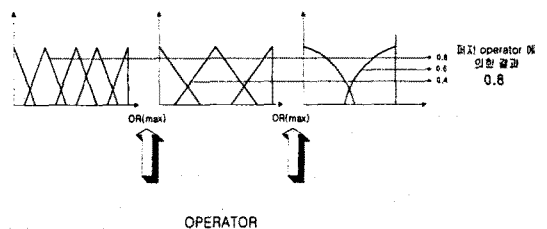


그림 2 조건부에 퍼지연산자를 도입하는 단계

3단계 유추적용 단계

유추의 방법을 적용하기 전에 규칙의 가중치를 처리해야 한다 모든 규칙은 하나의 가중치를 가지고 조건부에 의한 숫자를 적용한다. 본 논문에서는 가중치를 1로 두었

다 그러므로 유추의 과정에서 전혀 영향을 받지 않는다. 때때로 1이 아닌 다른값으로 규칙의 가중치로 두어서 다른 규칙들과 상대적으로 중요도나 그 반대의 가중치를 주어야할 경우가 있다. 유추를 하는 방법은 조건부에 기반을 둔 결론부의 모양을 형성함으로써 정의된다.

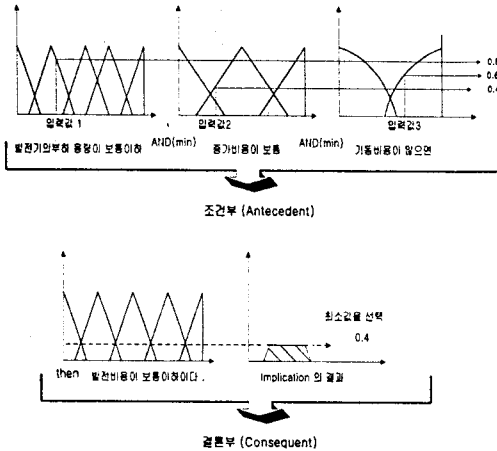


그림 3 유추의 과정

유추과정에 대한 입력값은 조건부(Antecedent)로부터 출력된 하나의 단일값이고 퍼지연산자로 인한 출력값은 하나의 퍼지집합이다. 이러한 유추는 각 규칙에서 발생한다. 그림 3에서 결론부에서 이루어진 과정이 바로 유추의 과정이다.

4단계 모든 출력을 규합시키는 단계

병렬로 연결된 각 규칙출력값들을 단일화시키는 단계로서 각 규칙의 출력을 나타내는 모든 퍼지집합을 택하고, 그것들을 하나의 단일 퍼지집합으로 합하는 것이다.

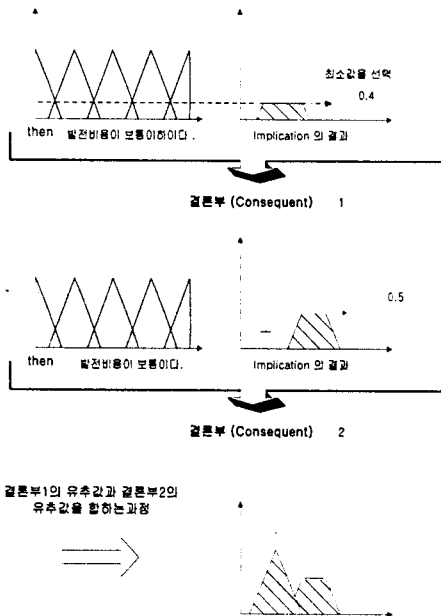


그림 4 유추의 출력값들을 규합하는 과정

5단계 비퍼지화(Defuzzify) 단계

비퍼지화 과정에서의 입력값은 규합단계에서 출력된 하

나의 퍼지집합이고 비퍼지화단계에서의 출력값은 하나의 단일 수이다. 이 단일수는 퍼지로부터 회복된 보통(crisp)값이다. 출력값들의 한 범위에 하나의 퍼지집합이 있다면 보통의 출력값으로 이동시켜야한다. 도구상자(Toolbox)내에서 제공하는 비퍼지화(Defuzzify)의 방법으로는 무게중심법(centroid), 최대의 중간값(middle of maximum), 평균의 최대법(largest of maximum), 최대의 최소법(smallest of maximum)등의 여러 가지가 있지만 주로 사용되는 무게 중심법을 적용하기로 한다.

2.2 제약조건 퍼지집합의 구성

발전기의 조건들로 인해 나온 출력값인 발전생산비용이 바로 논문에서 퍼지변수가 될 네가지의 항목들이다. 또한 기동정지계획과 관련된 제약조건과 생산비용을 퍼지변수로 정의한 후에는 그 변수 각각의 집합(set)을 결정해 주어야 한다.

- 발전기의 용량(MW) = {적다, 보통이하, 보통, 보통이상, 많다.}
- 발전기의 생산비용(\$) = {적다, 보통이하, 보통, 보통이상, 많다.}
- 발전기의 증가비용 (Incremental cost) (\$) = {적다, 보통이상, 보통, 보통이상, 많다.}
- 기동비용 (startup cost)(\$) = {적다, 보통이하, 보통, 보통이상, 많다.}

2.3 제약조건의 퍼지규칙화

식 (1)에서 앞의 조건부에 각 입력변수가 뒤의 결론부에 출력변수(발전생산비용)가 들어가게 된다. 그리고 그 조건부의 입력변수는 바로 발전기의 부하용량, 발전기의 증가비용, 기동비용이 된다.

If 발전기의 부하용량 is () and
발전증가비용 is () and
기동비용 is ()

then 발전생산비용 is () 식 (1)

다음 식 (1)은 퍼지 도구상자에서 구현한 IF-THEN 문의 형식이다. 여기서 각 변수의 명은 자기가 임의로 정할 수 있다. 그리고 식(1)의 빈 간에는 각 입력변수가 멤버십함수에 의해서 퍼지집합내에서 어떠한 정도로 나타나는지를 보여주며 조건의 형태를 띠게 된다. 퍼지 변수와 출력변수와의 관계를 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

발전생산비용 = {발전기의 부하용량} and
{발전기 증가비용} and
{기동비용}

3 결과 및 결론

표 1은 각 발전기의 제약조건을 기반으로 각 발전기의 특성을 나타내 준 것이다.

발전기 번호	최대 출력량 (MW)	최소 출력량 (MW)	발전 증가비용 (\$/MWh)	기동비용 (\$)
1	85	25	20.88	350
2	270	50	18.00	410
3	310	74	17.46	1090
4	60	20	23.80	0.02

표 1 발전기 특성

이러한 발전기들의 출력량을 결정하여서 그를 바탕으로 생산비용을 결정한다. 본 논문의 시뮬레이션은 하루 24시간을 기준으로 이루어진다. 하루 24시간을 시간대별로 4시간씩 6개의 구간으로 나누어 그 구간에서의 가장 경제적인 운용방법을 찾아내는 것이다. 각 구간마다 부하가 특성을 이루어 요구되므로 각 구간의 부하의 요구량에 차이가 난다.

[참 고 문 헌]

- 1) Allen J Wood, and Bruce F. Woolenberg, POWER GENERATION, OPERATION, and Control, John Wiley and Sons, 1984.
- 2) E. Economakos, "Application of fuzzy concepts to power demand forecasting," IEEE Trans, vol. 9, pp651-657, 1979
- 3) Mohammad Jamshidi Nadar Vadiie and Timothy J Ross Fuzzy Logic and control Prentice-Hall, 1993
- 4) Fuzzy Logic Approach to Unit commitment, Ph.D. dissertation, New Mexico state university, December, 1994
- 5) S. Vemuri and Leonidis, Fuel Constrained Unit Commitment, IEEE Trans. on Power Systems, Vol 7 No1, Feb 1992

	발전예상량		발전예상량
구간1	530MW	구간4	280MW
구간2	600MW	구간5	350MW
구간3	400MW	구간6	500MW

표 2 부하 예측량

표 2는 부하의 사용량을 예측하여 놓은 표로서 이 표에 기반을 두어 기동정지 계획을 수립하게 된다. 표 3에서 각 발전기의 동작의 유무를 결정하여 그 경우의 수만큼의 기동과 정지를 실시하여 그 결과를 비교하여 가장 적은 비용을 요구하는 방법을 그 구간의 기동을 결정한다. 그리고 각 구간의 모든 값들의 최소값을 합하여 기동정지계획에 의한 총 비용을 결정하게 된다.

퍼지 키트를 이용해서 비용을 산출한 경우와 퍼지 Toolbox를 이용해서 사용한 두가지의 경우를 비교해 놓

구간	발전기번호				발전생산비용(\$)	
	1	2	3	4	FULDEK	Toobox
1	×	○	○	○	12127	11904
	×	○	○	×	10985	9933
2	○	○	○	○	13003	14004
	×	○	○	○	12933	12989
3	○	×	○	○	9018	9689
	×	○	○	×	8406	9247
4	×	○	×	○	6042	6684
	×	×	○	×	5734	5579
5	×	○	○	×	7899	7795
	×	×	○	○	9023	8134
6	×	○	○	×	10748	9666

표 3 기동정지비용

았다. 위의 결과에서 보여주듯이 Toolbox를 이용한 경우의 결과가 더 경제적인 기동정지법을 제시하여 준다. 많은 제약조건을 고려하지는 않았지만 상당히 만족할만한 결과를 얻어냈으며 이러한 퍼지 추론시스템을 구축하는데 있어서도 Toolbox로 상당히 손쉽게 이용할 수 있었다. 또한 제약조건이 추가나 수정이 손쉽게 이루어지므로 경제적인 값으로 접근하기도 쉬워진다.