

Fuzzy를 이용한 GIS내 PD Source 인식

이동준, 송현석, 곽희로
 송실대학교

Recognition of PD Sources in GIS using Fuzzy

Dong-Zoon Lee, Hyun-Seok Song, Hee-Ro Kwak,
 Soongsil University

Abstract - This paper describes that PD sources in GIS were recognized using fuzzy algorithm proposed in this paper. PD sources were classified by four states and PD signals were expressed by ϕ -Q distribution, ϕ -N distribution and Q-N distribution. Then statistical operators were extracted from each distributions.

As a result, the rate of recognizing PD sources in GIS using fuzzy algorithm proposed in this paper was 93%.

1. 서 론

GIS는 내부의 도체와 접지 된 외부도체로 구성된 동축원통형 전극으로 전극간은 준평등 전계를 형성하고 있어, 통상의 운전상태에서는 부분방전이 발생하지 않는 충분한 전계강도로 설계되어 있다. 그러나 GIS의 금속가공, 연마작업, 운반, 현장조립 및 가스 주입시 도체에서의 돌기, 스페이서의 크랙 및 파티클 등이 발생할 수 있으며, 이러한 결함으로 인해 전계가 균일화된 GIS내에 국부적인 전계 집중현상이 발생하면 그곳에서 부분방전이 일어나서 절연파괴에 도달할 가능성을 갖게 된다.[1] GIS는 내부사고 발생시 대형사고로 진전될 뿐만 아니라 사고부분의 추정이나 복구작업이 어려우므로 GIS의 사고를 예방하여야 하고 또한 변전소 무인화를 뒷받침하기 위해서는 GIS에서 발생하는 이상징후를 초기단계에 찾아내는 것이 중요하다[2].

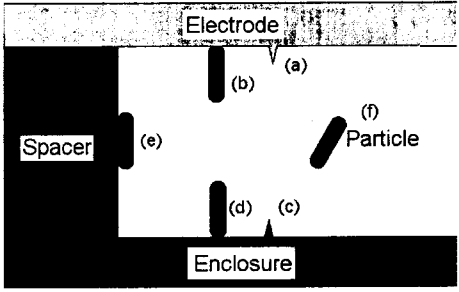
현재의 GIS 진단방법은 열화의 초기단계에 나타나는 PD를 검출하여 분석하는 방법들이 많이 연구되어지고 있다. GIS내 PD 검출방법으로는 펄스신호를 측정하여 위상에 따라 분석하는 전기적 방법, 초음파 센서를 이용한 음향적 방법, UHF안테나를 이용한 전자기 측정방법, PD 발생시 가스의 변환을 이용한 화학적방법 등이 활발히 진행 중에 있다.

따라서 본 논문에서는 GIS내 PD가 발생할 수 있는 source에 따라 부분방전 신호를 계속하여 부분방전 신호의 위상-평균방전량분포(ϕ -Q 분포), 위상-방전횟수분포(ϕ -N 분포) 그리고 방전량-방전횟수분포(Q-N 분포)를 구한 후 각각의 분포에서 통계적 파라미터를 계산하였으며, 통계적 파라미터 중 PD Source의 특징을 가장 잘 나타내는 값들을 Fuzzy함수로 나타내었다. 그 다음 각각의 함수를 Fuzzy 추론 규칙을 이용한 알고리즘을 구성하여 PD Source를 추정하였다.

2. 본 론

2.1 GIS내 PD 측정

본 논문에서는 GIS내 PD Source를 그림1에 나타난 것처럼 4가지로 구분하였다. 전극 이상시(돌기 및 파티클 부착), 외함 이상시(돌기 및 파티클 부착), 스페이서 이상시(파티클 부착) 그리고 파티클 자유운동시로 구분하였으며 4가지 상태를 모의하기 위하여 원형평판전극과 선형파티클 그리고 모의 아크릴 스페이서를 제작하였다.



(a) 전극에 돌기 발생시, (b) 전극에 파티클 부착시
 (c) 외함에 돌기 발생시, (d) 외함에 파티클 부착시
 (e) 스페이서에 파티클 부착시, (f) 파티클 자유운동시

그림1 GIS내 PD Source

인가전압은 파티클의 상태에 따라 15~40[kV]사이의 전압을 인가하였으며 PD 신호는 2분간 측정하였다. 이때 각각의 상태에 따라 20개 이상의 데이터를 취득하였다.

2.2 특징량 추출

본 논문에서는 부분방전 신호를 방전발생위상 ϕ , 방전크기Q, 방전횟수N으로 분석하여 ϕ -Q 분포, ϕ -N 분포, Q-N 분포로 나타내었다. 또한 각각의 분포에서 특징량을 추출하기 위하여 통계적 파라미터를 이용하였다. 본 논문에서 이용한 통계적 파라미터는 Skewness Sk, Kurtosis Ku, Asymmetry asy, Cross-Correlation CC 이다[3].

2.3. Fuzzy

2.3.1 Fuzzy 이론

본 논문에서는 PD source 인식을 위하여 Fuzzy를 이용하였다. Fuzzy 이론은 불분명한 정보에 대해 Fuzzy 집합을 이용하여 컴퓨터의 사고를 보다 인간에 가깝게 하기 위해 고찰된 개념이다. 크다, 낮다, 작다 등 인간이 사용하는 수많은 불분명한 정보는 기존의 이

진 논리체계로는 나타낼 수 없으며 퍼지이론으로 애매 모호한 지식, 정보, 논리를 체계적으로 처리할 수 있다. 공정제어, 로봇제어, 패턴인식, 문자, 음성 및 화상 인식 등의 지능처리에 응용되고 있다. [4]

본 논문에서 이용한 퍼지집합의 연산 기본식은 다음과 같다.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (1)$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2)$$

여기서 $\mu_{A \cup B}$ 는 $\mu_A(x)$ 와 $\mu_B(x)$ 의 퍼지합집합,
 $\mu_{A \cap B}$ 는 $\mu_A(x)$ 와 $\mu_B(x)$ 의 퍼지교집합

2.3.2 입력 Fuzzy 집합

본 논문에서 이용한 Fuzzy 집합은 \emptyset -Q 분포의 Sk-(PQS-), asy(PQA)와 CC(PQC), \emptyset -N 분포의 asy(PNA)와 CC(PNC), Q-N 분포의 Sk(QNS)와 Ku(QNK) 총 7가지이다. 이때 각각의 경우에 대한 출력소속함수 경향은 그림 2에서처럼 3가지 경우로 나타내었다. 이때 그림 2(a)의 소속함수는 PQA, PNA로 그림 2(b)의 소속함수는 PQC, PNC, QNC, QNK로 그리고 그림 2(c)의 소속함수는 PQS-이었다. 또한 언어변수로는 낮은 값부터 시작하여 SMALL(SM), MIDDLL-LOW(ML), MIDDLL- HIGH(MH)(* (b)의 경우 MIDDEL(MI)), LARGE (LA)로 나타내었다.

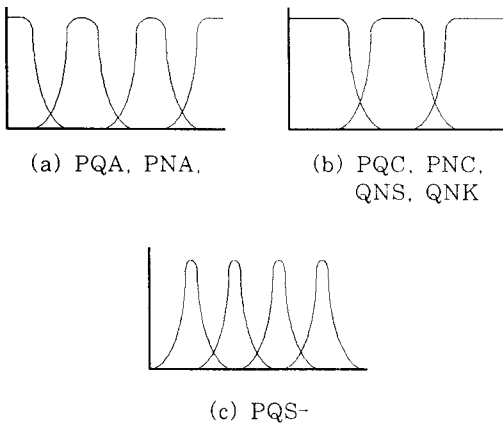


그림 2 소속함수 패턴

2.3.3 Fuzzy 추론 규칙

본 논문에서 이용한 퍼지추론 규칙을 아래와 같이 나타내었다.

Rule 1. IF PQS- is LA \cap PQA is SM \cap
PQC is SM \cap PNA is SM \cap
PNC is SM \cap QNS is SM \cap
QNK is SM,
THEN ELECTRODE

Rule 2. IF PQS- is MH \cap PQA is LA \cap
PQC is SM \cap PNA is LA \cap
PNC is SM \cap QNS is SM \cap
QNK is LA,
THEN ENCLOSURE

Rule 3. IF PQS- is ML \cap PQA is MH \cap
PQC is SM \cap PNA is ML \cap
PNC is SM \cap QNS is LA \cap
QNK is MI,
THEN SPACER

Rule 4. IF PQS- is SM \cap PQA is ML \cap
PQC is LA \cap PNA is MH \cap
PNC is LA \cap QNS is LA \cap
QNK is MI,
THEN FREE MOVING

2.3.4 비퍼지화

비퍼지화는 규칙에 따라 계산된 퍼지화 값을 보통 값인 추론 지수로 바꾸어 주는 과정이다. 무게 중심법, 최대의 중간법, 평균의 최대법 등 여러 가지가 제안되어 있다. 본 논문에서는 가장 보편적으로 쓰이는 비퍼지화 방법인 무게중심법(center of gravity)를 사용하였고 그 식은 다음과 같다.

$$\text{추론 지수} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i \mu_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (3)$$

여기서 μ_i 는 소속함수값, b_i 는 소속함수의 중간값

그림 3은 본 논문에서 PD Source 인식을 위한 알고리즘의 순서도를 나타낸 것이다.

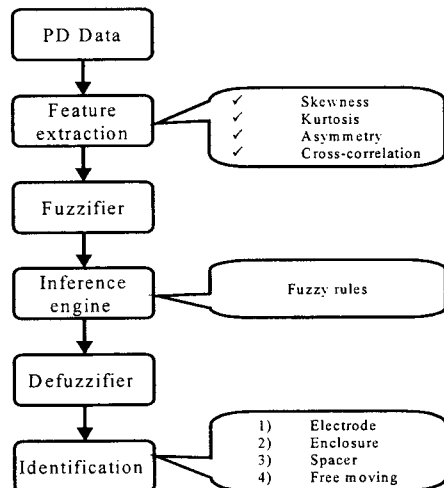


그림 3 PD source 인식을 위한 순서도

3. 결 과

3.1 GIS내 PD 측정 결과

그림 4는 GIS내 PD 신호를 ϕ -Q-N 분포로 나타낸 것이다.

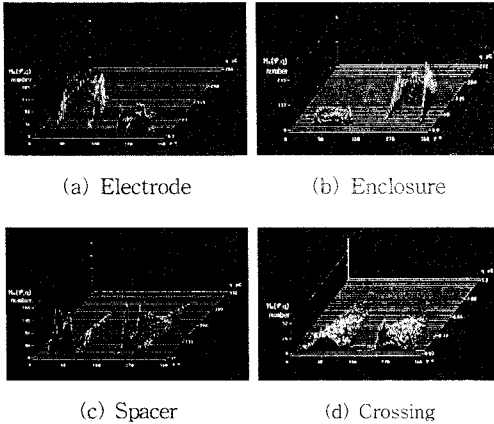


그림. 4 GIS내 PD source 에 따른 ϕ -Q-N 분포

그림 4에서 보듯이 각각의 위치에서 나타난 방전 형태는 분포중심, 양과 음의 반주기에서 나타난 분포의 대칭도 그리고 양과 음의 반주기의 방전량비 등이 PD source에 따라 특징 있게 나타나고 있음을 알 수 있다.

3.2 PD Source 인식 결과

본 논문에서 제안한 Fuzzy 함수를 이용하여 100개의 데이터를 인식시켜본 결과 약 93(%)의 정확도를 나타내었다.

표 1은 각 source별 데이터를 가지고 인식한 결과이다.

표 1 PD Source 별 패턴인식 결과

데이터 입력		인식결과		인식률
종 류	입력개수	정인식	오인식	
전 극	24	22	2	92%
외 합	25	22	3	88%
스페이서	28	26	2	93%
자유운동	23	23	0	100%
Total	100	93	7	93%

본 논문에서는 GIS내 PD source에 따른 전기적 신호를 측정하여 ϕ -Q-N 분포로 나타낸 후 통계적 연산자들 중 PD Source에 따른 특징이 잘 나타나는 7가지를 입력 Fuzzy 집합으로 삼아 Fuzzy 추론 규칙에 따라 분석한 알고리즘을 이용하여 PD Source를 추정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- [1] PD Source가 전극인 24개의 경우 92(%)의 인식률을 나타냈으며, PD Source가 외함인 25개의 경우 88(%)의 인식률을 나타냈으며, PD Source가 스페이서인 28개의 경우 93(%)의 인식률을 나타냈으며 마지막으로 PD Source가 자유운동인 23개의 경우 100(%) 인식률을 나타내었다.
- [2] 전체적으로 100개의 데이터를 인식 해본 결과 93(%)라는 높은 인식 결과가 나타났다.

따라서 본 논문에서 제안한 Fuzzy 알고리즘을 이용하여 GIS내 발생하는 PD 신호를 분석하면 PD source를 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] H.Kuwahara, S.Inamura, T.Watanabaeand and Y. Arahata, "Effect of Solid Impurities on Break-down in Compressed SF₆ Gas", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-93, pp.1546-1555, 1974.
- [2] S.Shiono, S.Takeuchi and K.Okumura, "Preventive Maintenance on Insulation of GIS", JIEE High Voltage Study Committee, HV 84-1, 1984.
- [3] Andrej Krivda, "Recognition of discharge discrimination and classification", Delft Univ. Press
- [4] 이광형, 오길목 "퍼지 이론 및 응용" 홍릉과학출판사 1991.2

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음.