

배선 진단 시스템 구성을 위한 지능형 차단 시스템

성화창*, 박진배*, 소재윤**, 주영훈**

*연세대학교 전기전자공학과, **군산대학교 전자정보공학과

Intelligent Diagnosis System with Circuit Breaker

Hwa Chang Sung*, Jin Bae Park*, Je Yoon Sho, Young Hoon Joo** and

*Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

**School of Electronic and Information Engineering, Kunsan National University

Abstract - 본 논문에서는 진단부분에서 서버를 중심으로 받은 정보를 능동적으로 해석하고 이상 유무에 따른 차단 역할 수행하도록 하는 지능형 차단 시스템에 대한 알고리즘 개발을 목표로 하고 있다. 제안하고자 하는 분류 알고리즘이란, 저압 배선에서 받은 신호에 대한 해석과 더불어 이를 각 이상 정도에 따라 분류하는 것을 말한다. 일반적으로, TFDR을 통해 알아 낼 수 있는 이상 유무의 종류는 damage, open 그리고 short 등이다. 도선 이상의 종류 및 특성에 따른 분류를 위하여, 알고리즘 개발을 위한 사전 이론 조사 및 개요 구성을 목표로 하고 있다. 또한, 기존의 통신 선 상에서 이루어진 결과를 토대로 한 퍼지 분류 규칙 생성 및 분류 알고리즘 개발 역시 앞으로 수행 될 예정이며, 이를 통한 지능형 차단 시스템 구축이 최종 목표이다,

1. 서 론

차단기는 합선, 누선, 과전류 등의 상황이 발생할 때 전류를 차단시켜 감전, 화재, 부하손상 등 여러 전기 안전사고를 미리 예방하는 중요한 장치이다. 전력 수송의 범위가 큰 전력 계통에서부터 가정용 차단기 까지 그 범위 역시 막대하다. 본 논문에서 연구 하고자 하는 주된 목표는 저압 배선 이상 진단으로 실제 배선의 상태를 실시간으로 감시하여, 이상 여부를 파악 및 진단하는 것이다. 문제는 고장이 났을 때 어떤 대처를 하는 가 이다. 이에 대한 연구로 미국을 비롯한 많은 선진국에서는 이미 전력 설비의 감시 진단과 같은 지능화, 정보화를 접목하는 선도 기술 개발에 몰두하고 있으며, 그로 인해 시간 개념의 유지 보수방법을 상태 개념으로 전환 시킬 수 있게 함으로 많은 시간적, 경제적 이득을 노리고 있다.

본 연구에서는 지능형 차단 시스템의 개발함으로써 안전 설비의 발전을 이루고자 함이 목표이다. 전체 구성을 간략히 요약하자면 다음과 같다. 우선 TFDR(Time-Frequency Domain Reflectometry) 알고리즘을 바탕으로 한 배선 진단 시스템을 구축하게 된다. 그리고 배선 진단 시스템으로부터 입력 받은 배선의 상태를 통해 차단유무를 결정하게 되는 지능형 차단 시스템을 구축하게 된다. 전력 계통의 핵심이 되는 송전 설로의 경우 사전에 문제를 잡아내는 것이 매우 중요하며, 문제 발생 시 빠른 대처가 무엇보다 요구된다. 이 과정에서 외부의 잡음(noise)이나 외란(disturbance)이 개입 할 것을 우려, 이에 강인한 퍼지 기법을 도입하여 결정에 도움을 주고자 한 것이 제안한 내용의 핵심이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지능형 차단 시스템에 대한 개요를 간략히 살펴보게 된다. 그리고 3장에서는 지능형 차단 알고리즘 구성을 위한 퍼지분류기를 설계하게 된다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 계획을 제시하며 본 논문 마무리된다.

2. 지능형 차단 시스템

본 논문에서는 지능형 차단 시스템 개발을 목표로 한다. 그림 1 에서 알 수 있듯이, 전체 시스템은 크게 두 가지로 나뉘어 진다. 첫 번째 파트는 배선 진단에 관계된 부분으로, TFDR을 이용한 저압 배선 이상 진단을 위한 PXI 모듈이다. 배선의 이상 진단을 TFDR 알고리즘을 통해 수행하게 되며, 메인 서버인 컴퓨터와 연계되어 이상 유무를 실시간으로 전달 받게 된다. TFDR의 구체적인 알고리즘은 그림 2에 명시되어 있다. 다른 하나는 진단된 신호에 대한 패턴 분류 파트로, 진단된 배선 이상 정보를 통해 배선 이상의 특성을 파악하는 부분이다. 대상 도선

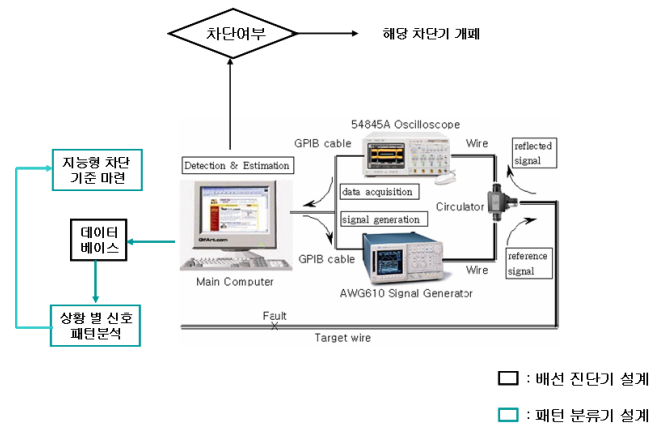


그림 1 지능형 차단 시스템 개요

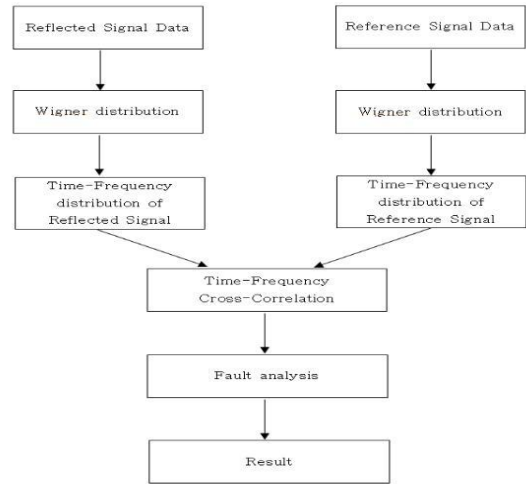


그림 2 선로의 이상 진단 알고리즘

에 대한 신호가 메인 컴퓨터에 저장되며, 이는 데이터베이스 형태로 구축된다. 구축된 신호를 바탕으로 하여 각 상황 별 신호 패턴 분석이 이루어지며, 패턴 분석 결과에 따른 지능형 차단 기준을 마련하는 것이 본 파트의 최종 목표이다. 마련된 차단기준을 바탕으로 하여 차단기를 통한 차단유무를 수행을 통해 지능형 차단 시스템은 완성된다. 기존의 TFDR은 다음과 같은 이상 유무를 생성하였다.

Open: 도선의 결함 부를 잘라서 생성

Short: 결함 부를 자르고 절연체와 내부 도체를 연결하여 생성

Damage: 1cm로 결함 부를 벗기고 약간의 열을 가하여 생성

그림 3에서 보여 지는 그룹들이 바로 배선 이상 진단 시스템

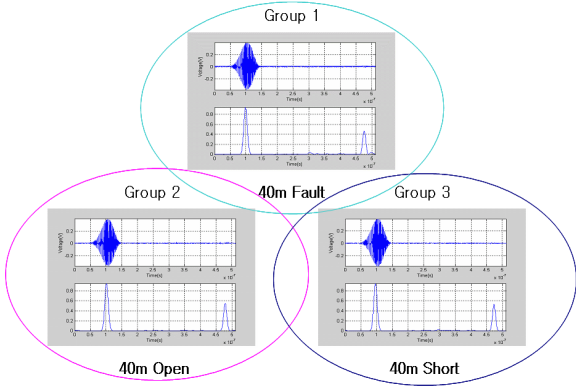


그림 3 이상 별 분류 예

으로부터 받은 이상 정보를 바탕으로 하여 분류되어진 예이다. 앞서 언급되었던 이상 종류에 의거하여 크게 세 가지 형태로 분류되어 있으며, 각 이상 종류에 해당하는 응답신호의 경우 특정 차이를 보여주기 때문에 이를 기준으로 분류가 수행된다.

그러나 실험에서는 도선의 이상 종류를 가정하고 직접 도선에 대한 작업을 통해 이상을 생성하여 수행되지만, 일반 도선을 가정하였을 때는 예기가 달라진다. 예를 들어 임의의 도선에 TFDR을 적용했을 때를 생각해 보자. 우리가 파악할 수 있는 내용은 특정 지점에서 이상이 발생했다는 사실을 알 수 있지만, 그 이상의 종류가 무엇인지 파악하는 것은 쉽지 않다. 이상 종류의 파악은 각 상황별 대처가 달라진다는 사실을 상기해 볼 때, 빠른 대처를 위한 핵심 조건이다. 이와 같은 점을 보완하기 위하여, 본 과제에서는 각 이상 별 패턴에 대한 분류를 통해 얻어진 신호를 통한 이상 종류를 판단하게 되는 분류 알고리즘을 퍼지 분류기를 이용해 개발하고자 하며, 이는 다음 장에 소개 된다.

3. 퍼지 분류 알고리즘

일반 적으로 패턴 분류 문제의 경우, 미리 정해진 클래스들의 집합관계 $\Omega = C_1, C_2, \dots, C_n$ 와 데이터 간의 분류 관계를 정의 하는 것으로 요약될 수 있다. 즉, 분류기를 설계하는 문제는 최적의 분류 관계를 찾아내는 문제로 변환 될 수 있으며, 그 방향은 분류기의 성능을 최대로 하는 것이다. 많은 분류기에 대한 응용 분야들 중, 퍼지 분류기는 데이터들과 해당 클래스 간의 분류 관계를 구현한다는 점에서 다른 여타 지능적 분류 방법들과 유사하다. 다만, 퍼지 분류기는 퍼지 집합과 퍼지 if-then 규칙을 사용하여 최적의 분류 관계를 구현한다는 점에서 다른 분류기들과 차이가 있다. 그 중에서도 결론부를 선형화시킴으로써 비선형성을 효율적으로 다룰 수 있는 Takagi-Sugeno (T-S) 퍼지 모델을 이용한 퍼지 분류기는 현재 가장 많이 사용되는 분류기 중 하나이다. 일반적으로 T-S 퍼지 분류기는 다음과 같은 규칙으로 구성된다.

$$R_i : \text{IF } x_i \text{ is } M_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_m \text{ is } M_{im} \quad (1)$$

$$\text{THEN } y_i = z_i.$$

여기서, y_i 는 규칙 R_i 에 해당하는 판단 함수 이며, M_{i1} 는 전 반부 퍼지 집합이다. 변수 n 은 클래스의 수를 나타내며 m 은 입력 특징의 수를 나타낸다. 후반부 파라미터 z_i 는 전반부 출력에 따른 규칙 R_i 의 클래스 C_i 에 대한 지지도를 나타낸다. 후반부 파라미터 z_i 는 입력 변수로 이루어진 선형 다항식으로도 표현 가능하다. 분류기의 최종 출력은 각 규칙의 출력을 반영함으로써 다음과 같이 계산 가능하다.

$$Y(\vec{x}) = \frac{\sum_{i=1}^l h_i(\vec{x})y_i}{\sum_{i=1}^l h_i(\vec{x})} \quad (2)$$

여기서, $\vec{x} = [x_1, x_2, \dots, x_m]^T$ 는 입력벡터를 의미하고 $h_j(\vec{x})$ 는 다음과 같이 계산되는 규칙 R_j 의 전반부 출력을 나타낸다.

$$h_i(\vec{x}) = \prod_{j=1}^m \mu_{M_j}(x_j). \quad (3)$$

여기서, $\mu_{M_j} \in [0, 1]$ 는 j 번째 멤버십 함수값을 나타낸다, 이상 적으로 T-S 퍼지 분류기의 최종 출력 $Y(\vec{x})$ 는 데이터 \vec{x} 가 해당되는 클래스 $C_k \in \Omega$ 를 나타낸다. 그러나 일반적으로 T-S 퍼지 분류기의 최종 출력과 데이터 \vec{x} 사이에 에러가 존재하기 때문에 데이터 x 의 최종 클래스 Ψ 는 T-S 퍼지 최종 출력 값과 최소 에러를 가지는 클래스 C_k 로 결정된다.

$$\Psi = \arg_i \min |i - Y(\vec{x})|, \quad i \in \Omega. \quad (4)$$

본 논문에서는 배선 이상 분류를 크게 세 가지로 설정하였으며, 따라서 다음과 같은 데이터 x 가 해당되는 클래스는 다음 세 가지로 나타내어진다.

$$C_1 : \text{Fault}, \quad C_2 : \text{Open}, \quad C_3 : \text{Short}. \quad (5)$$

그리고 데이터 x 로 설정되는 해당 입력 변수는 TFDR의 응답신호의 특징에 따라 분류되게 되며, 1차적으로 반사파의 평균값 및 분산 값의 설정을 통한 분류를 수행하고자 한다. 즉, 본 논문에서는 해당 목표를 수행하기 위해 다음의 규칙을 생성하게 된다.

$$R_i : \text{IF } x_1 \text{ is } M_{i1} \text{ and } x_2 \text{ is } M_{i2} \quad (6)$$

$$\text{THEN } y_i = C_i.$$

여기서 $\Omega = C_1, C_2, C_3, i \in I_3, m = 2$ 이다.

4. 결 론

본 논문에선 지능형 차단 시스템에 관련된 내용으로 다음 두 가지가 수행 되었다. 우선, 구현하고자 하는 지능형 차단 시스템에 대한 개요를 진단 시스템과의 연계 하에 마련하였다는 것이다. 기존의 TFDR의 활용을 통해 구축될 지능형 차단 시스템의 구조 및 특성에 대한 내용이 위에서 언급되었다. 마지막으로 퍼지 분류기에 대한 알고리즘에 대한 연구를 수행하였다. 소개된 분류기 알고리즘은 차후 신호 패턴 분류에 사용될 예정이며, 그 구체적인 내용은 추후 연구를 통해 진행하고자 한다.

감사의 글: 본 논문은 전력 산업 연구 개발 사업으로 수행되었습니다. (과제번호: R-2006-1-229)

[참 고 문 헌]

[1] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets, information and control", Vol. 8, pp. 338-353, 1965.
 [2] Y. H. Joo, H. S. Hwang, K. B. Kim, and K. B. Woo, "Linguistic model identification for fuzzy system," Electron. Letter, vol. 31, pp. 330-331, 1995.
 [3] Y. H. Joo, H. S. Hwang, K. B. Kim, and K. B. Woo, "Fuzzy system modeling by fuzzy partition and GA hybrid schemes," Fuzzy set and syst., vol. 86, pp. 279-288, 1997.
 [4] S. Abe and M. S. Lan, "A method for fuzzy rules extraction directly from numerical data and its application to pattern classification," IEEE Trans. on Fuzzy Syst., vol. 3, pp. 1-28, 1995.
 [5] S. Abe and R. Thawinmas, "A fuzzy classifier with ellipsoidal regions for diagnosis problems," IEEE Trans. on Syst. Man and Cybernetics, B, vol. 29, pp. 140-148, 1999.
 [6] M. Setnes and H. Roubos, "GA-fuzzy modeling and classification: complexity and performance," IEEE Trans. on Fuzzy Syst. vol. 8, pp. 509-522, 2000.