

CT기반의 소형 풍력발전 시스템 인버터 고장진단 알고리즘 개발

Development of Inverter fault diagnostic algorithm based on CT for small-sized wind turbine system

문대선¹ · 김성호²

Dae-Sun Moon, Sung-Ho Kim

¹군산대학교 전자정보공학부

²군산대학교 제어로봇공학과

요 약

최근 풍력발전 시스템은 가장 빨리 발전하고 있는 신재생 에너지원중 하나로 각광을 받고 있으며, 세계 선진 국가들뿐만 아니라 국내에서도 개발과 보급에 많은 투자를 하고 있다. 풍력발전 시스템은 블레이드, 발전기 및 인버터 등으로 구성된 복잡한 시스템으로 최근 들어 풍력발전 시스템의 각 구성요소의 고장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 풍력발전과 관련된 고장진단은 주로 진동센서로부터의 신호처리에 의해 기계적인 고장을 검출 및 진단하는 것이 주를 이루고 있다. 이에 본 연구에서는 풍력발전시스템에 사용되고 있는 인버터의 고장진단에 적용될 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 또한 시뮬레이션 및 실제 시스템에의 적용을 통해 제안된 기법의 유용성을 확인하고자 한다.

키워드 : 소형 풍력발전 시스템, 인버터 고장진단, Concordia Transform

Abstract

In recent years, wind turbine system has been considered as the most efficient renewable energy source. Wind turbine system is a complex system which is composed of blade, generator and inverter systems. Recently, lots of researches on fault detection and diagnosis of wind turbine system have been done. Most of them are related with the fault diagnosis of mechanical elements using bivration signal. In this work, a new type of inverter fault detection and diagnstic algorithm is proposed. Furthermore, extensive simulation studies and practical experiments are carried out to verify the proposed algorithm.

Key Words : small sized wind turbine system, fault diagnosis, Concordia Transform

1. 서 론

최근 심각한 환경문제와 후쿠시마 원전사고에 의한 원자력 에너지의 위험성등에 의해 친환경적인 대체 에너지원의 개발이 적극적으로 추진되고 있다. 신재생에너지 중의 하나인 풍력발전은 세계 각국에서 개발과 보급에 많은 투자를 하고 있으며, 우리나라 또한 다수의 연구기관을 중심으로 풍력발전 시스템의 국산화 연구개발이 활발히 진행되고 있다[1].

최근 국내에서 MW급의 대형 풍력발전뿐만 아니라 30kW급 이하의 소형 풍력발전 시스템에 대해서도 관심이 높아지고 있는 실정이다. 소형 풍력발전 시스템의 경우도 대형과 마찬가지로 블레이드, 발전기 및 계통연계를 위한 전력 변환소자가 사용되고 있으며 최근 풍력발전 시스템의 장기간의 효율적인 유지 보수를 위해 각 구

성 요소에 대한 고장의 검출 및 진단에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[2-3].

일반적으로 풍력발전 시스템의 유지보수를 위한 고장진단 기법은 고장으로 발생하는 발전 정지시간(downtime)을 줄여 전체 풍력발전시스템의 CF(Capacity Factor)를 높일 수 있다는 점에서 매우 중요하다.

풍력발전 시스템과 관련된 고장진단기법은 대부분 진동센서에 의한 진동 신호의 주파수 스펙트럼 분석에 의한 기계적인 고장에 초점을 두고 있는 실정이며, 인버터와 같은 전력변환장치의 고장에 대한 연구는 미미한 상태이다[4].

이에 본 연구에서는 소형 풍력발전 시스템에 일반적으로 사용되고 있는 영구 자석형 동기 발전기(PMSG)와 연계하여 계통에 전력을 공급하는 3상 인버터에서 발생하는 고장의 검출 및 진단을 효과적으로 수행할 수 있는 고장 검출 및 진단기법을 제안하고자 한다. 또한 다양한 시뮬레이션 고찰 및 실제 실험을 통해 제안된 기법의 유용성을 확인하고자 한다.

2장에서는 소형풍력발전 시스템의 개별 구성요소에 대해 간단히 설명하고, 3장에서는 본 연구에서 제안한 Concordia Transform에 기반한 3상 인버터 진단 기법에 대해 설명한 후, 4장에서는 결론을 기술한다.

접수일자 : 2011년 11월 19일

완료일자 : 2011년 12월 15일

본 논문은 본 학회 2011년도 추계 학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

2. 소형 풍력발전 시스템의 구성

전형적인 소형 풍력발전 시스템을 나타내면 그림 1과 같다. 소형 풍력발전 시스템도 대형과 마찬가지로 바람으로부터의 에너지를 기계적 에너지로 변환시키는 블레이드, 기계적인 토오르크를 전기에너지로 변환시키는 PMSG(Permanent Magnet Synchronous Generator), PMSG로부터 발생하는 3상 전압을 직류로 변환시키는 브릿지 다이오드, 브릿지 다이오드로부터의 직류전압을 가변시키기 위한 Boost Converter, Boost Converter로부터의 직류 전압을 계통에 연계하기 위한 3상 인버터로 구성된다.

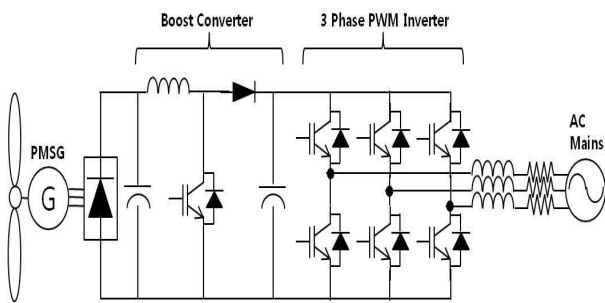


그림 1. 계통 연계형 소형 풍력발전 시스템의 전체 구성

Fig 1. The overall configuration of grid-tied small sized wind turbine system

소형 풍력발전 시스템의 구성요소에 대한 설명은 다음과 같다.

2.1 블레이드의 특성

바람이 갖는 에너지로부터 터빈에 의해 흡수되는 에너지는 다음과 같은 비선형 함수에 의해 표현이 가능하다.

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 V_{wind}^3 C_p(\lambda, \beta) \quad [W] \quad (1)$$

여기서 R 는 회전자의 반경[m], ρ 는 공기의 밀도로 약 $1.25 [Kg/m^3]$ 이다.

상기 식에서 전력계수 C_p 란 풍속 V_{wind} 의 바람이 갖고 있는 에너지 중에서 블레이드가 받아들이는 에너지의 비율을 의미하며, λ 는 풍속에 대한 블레이드의 회전 속도비인 주속비(tip-speed ratio)로 다음과 같이 표현된다.

$$\lambda = \frac{\omega_r R}{V_{wind}} \quad (2)$$

따라서 풍속의 변화나 터빈의 회전속도 변화는 λ 의 변화를 가져오며, 이는 식(1)의 전력 계수 $C_p(\lambda, \beta)$ 의 변화를 초래한다. 전형적인 전력 계수 $C_p(\lambda, \beta)$ 곡선은 그림 2와 같으며, 그림으로부터 터빈이 회전을 개시하여 주속비가 점점 커지면 출력 계수, 즉 효율이 증가하다가 어느 속도 이상으로 회전하게 되면 효율이 오히려 떨어짐을 알 수 있다. 이러한 출력 계수는 블레이드 설계시 결정되며, Betz의 연구결과에 따르면 이론적 최대값이 0.593이다.

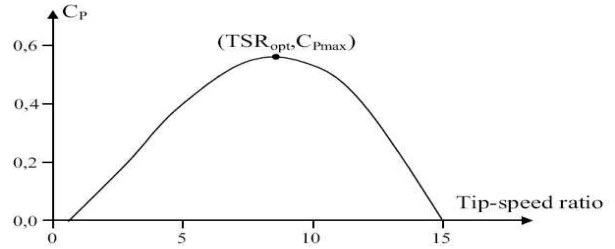


그림 2. 주속비 변화에 따른 전력계수
Fig 2. Power coefficient vs. tip-speed ratio(TSR)

그림 2로 주어지는 주속비 대 전력계수의 관계로부터 풍속이 변화할 경우, 블레이드의 회전속도에 따른 출력을 구하면 그림 3과 같다. 그림 3으로부터 알 수 있듯이 최대 전력점 추종은 풍속이 변화함에 따라 최대 전력의 인출을 위해 발전기 또는 블레이드를 규정된 속도로 회전시키는 것을 의미한다.

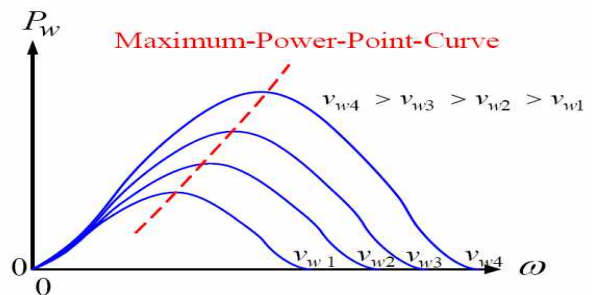


그림 3. 풍속의 변화에 대한 회전속도 대 출력특성
Fig 3. Characteristics of turbine power vs. blade rotation speed corresponding to various wind speeds

2.2 PMSG 및 부스트 컨버터의 특성

일반적으로 블레이드와 연결된 영구자석의 회전에 의해 PMSG의 고정자 권선으로부터 3상 전압이 유도되고, 유도된 3상 전압의 효율적 처리를 위해 발전기 내부에 3상 브릿지 다이오드 정류회로가 사용된다.

따라서 PMSG에 3상 다이오드 브릿지 정류회로를 함께 고려하면 PMSG의 로터의 회전속도 대 출력 전압 (V_s)은 다음과 같은 수식에 의해 표현될 수 있다

$$\frac{V_s}{\omega_e} = k_1 \phi = k_2 \quad (3)$$

여기서 ϕ 는 영구자석 회전자에 의해 발생하는 자속이며, ω_e 는 고정자 권선으로부터 발생하는 3상 전압의 전기적 회전 각속도이다. 또한 k_1 과 k_2 는 PMSG와 관련된 상수이다.

다음으로 부스트 컨버터의 입력 V_s 와 출력 V_o 는 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D} \quad (4)$$

여기서 D 는 부스트 컨버터의 스위칭 소자에 인가되는 펄스의 듀티비(Duty ratio)를 의미한다. 부스트 컨버터의 듀티비 변화는 부스트 컨버터 출력단에 연결된 부하의

가변을 의미하며, 부하의 크기를 변화시킴으로써 발전기로부터 인출되는 전류의 크기를 조절하는 것이 가능하게 된다.

2.3 풍력발전에 사용되는 인버터 시스템

소형풍력발전에 사용되는 인버터 시스템은 크게 저주파(60Hz) 변압기를 사용하는 방식과 고주파 변압기를 사용하는 고주파 링크방식, 그리고 절연 변압기가 없는 방식으로 구분된다.

과거에는 저주파 변압기가 많이 사용되었으나 저주파 변압기 때문에 전체 시스템의 크기와 무게가 커지는 단점이 있어 최근에는 고주파 링크 방식이나 무변압기 방식이 많이 사용되고 있다.

고주파 링크 방식은 고주파 변압기를 사용하여 계통라인과 전기적으로 절연되어 있으나 스위칭 소자의 수가 많고, 승압과 동시에 인버팅을 하기 때문에 회로의 최적화가 어렵고 고주파 변압기의 누설 인덕턴스로 인해 변압기 2차측 정류단에 심한 전압 ringing이 생기는 단점을 가지고 있다.

무변압기 방식은 풍력발전시스템의 출력전압이 계통라인 전압의 첨값 보다 낮을 경우 승압을 위한 DC/DC 컨버터가 추가로 요구되는 단점이 있으나 최대 전력 추적제어나 시스템 설계의 최적화에 있어 고주파 링크 방식에 비해 유리하여 대용량 풍력발전 시스템에 많이 사용되고 있다.

이러한 인버터는 단순히 계통연계 뿐만 아니라 계통으로 흘러들어가는 고조파전류를 억제하고, 또한 역률을 가능한 한 높게 유지시키는 역할을 한다. 인버터 제어는 3개의 주요부분으로 구성되는데 그림 5에 제어블럭도를 보인다.

직류링크 전압을 제어하여 계통측 지령전류치를 발생하는 직류링크 전압 제어기, 계통의 전류를 제어하여 인버터의 시비율을 결정하는 전류제어기, 그리고 저역필터를 사용하여 라인전류에서 조조파 성분을 뽑아내어 고조파를 억제하는 고조파 보상기로 이루어진다[5].

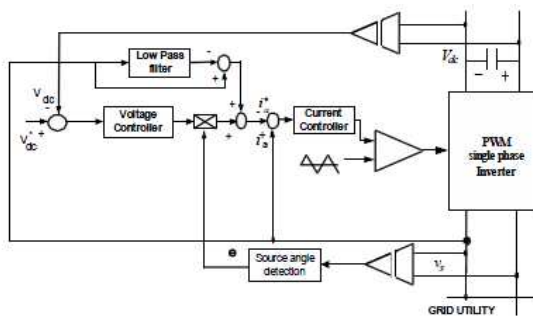


그림 4 인버터 제어 블록도
Fig 4. Inverter control block diagram

3. 제안된 풍력발전 시스템 인버터 고장진단 기법

3.1 Concordia Transform 기반의 고장진단 기법

CT(Concordia Transform)은 3상 동기발전기의 전기자 권선에 흐르는 전류의 파형을 이용한 발전기의 고장진단에 널리 사용되고 있으며 이에 대한 간략한 설명은 다음과 같다.

3상 발전기의 권선에 흐르는 전류의 이산화된 표현은 다음 식으로 표현된다.

$$i_k(n) = a_k(n) \cdot \cos(\omega n - \Phi_k) \tag{5}$$

식(5)에서 $n = 1, \dots, N-1$ 은 샘플링 인덱스이며, $\Phi_k = \frac{(k-1)2\pi}{3}$, ($k = 1, 2, 3$)인 페이즈 파라미터로, $\omega = 2\pi f$ 이다. 또한 $a_k(n)$ 은 고장이 발생하였을 경우 각 전류신호의 진폭으로 정상적인 경우에는 일정하지만, 고장이 발생된 경우에는 크기가 시간에 따라 변하게 된다. 정상상태는 평형이 유지된 경우를 의미하며, 이 때 각 상에 흐르는 전류는 다음의 관계를 만족한다.

$$\sum_{k=1}^3 i_k(n) = 0 \tag{6}$$

상기의 식은 모든 상의 진폭을 나타내는 $a_k(n) = a(n)$ 이라는 가정하에서 성립한다.

CT기법은 120도의 위상차를 갖는 식(5)와 같은 3상 전류를 두 개의 직교신호 u, v 로 나타내기 위해 다음과 같이 정규화된 Clarke 매트릭스를 사용한다.

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{pmatrix} \tag{7}$$

만일 시스템이 평형하에서 식(6)을 만족하여 동작하게 된다면 식(7)은 다음과 같은 Concordia 매트릭스에 의해 간단히 표현될 수 있다.

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{3}{2}} & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{2}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} \tag{8}$$

이러한 CT기법의 기하학적 의미는 다음 그림 5에 의해 간단히 설명될 수 있다.

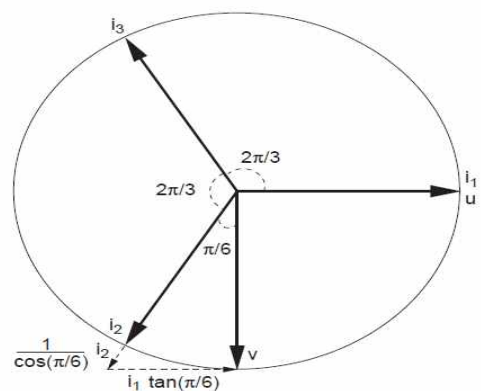


그림 5 Concordia Transform의 기하학적 표현
Fig 5. Geometric representation of Concordia Transform

그림 5로부터 식(7)의 Clarke 매트릭스는 투영 매트릭스(Constant Projection Matrix)로 생각될 수 있으며, 축약된 2차원 평면 u, v 는 다음과 같은 복소평면상에서 표현된다.

$$i_{cr}(t) = u(t) + jv(t) \tag{9}$$

시스템이 평형이라면, CT 경과는 항상 일정한 크기를 갖게 되며, 따라서 이를 2차원 평면상에 도시하면 아래의 그림 6(a)처럼 일정 반경을 갖는 원의 형태를 취하게 된다. 그러나 시스템의 평형이 무너지면, 즉 고장이 발생하면 상기의 식 (9)는 더 이상 유효하지 않게 되며, 이 경우 2차원 평면상에서 도시하면 아래 그림 6(b)처럼 다양한 형태의 타원형으로 표시된다.

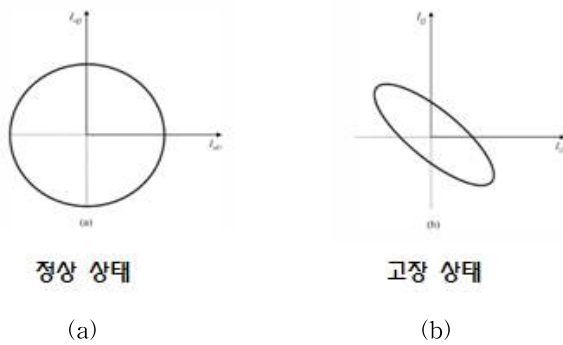


그림 6. 정상 상태 및 고장 상태에 대한 CT 신호의 2차원 평면상의 도시
Fig 6. Two dimensional representation of CT in case of normal and faulty situation

따라서, 본 연구에서는 상기의 CT기법을 사용하여 그림 7과 같이 인버터에 흐르는 3상 전류를 2상으로 축약한 후, 변환된 2상 신호로부터 각 고장과 관련된 특징점을 추출하고, 추출된 특징점을 기반으로 if-then 형식의 간단한 알고리즘에 의해 효율적으로 고장의 검출 및 진단을 수행할 수 있는 기법을 제안하고자 하며,

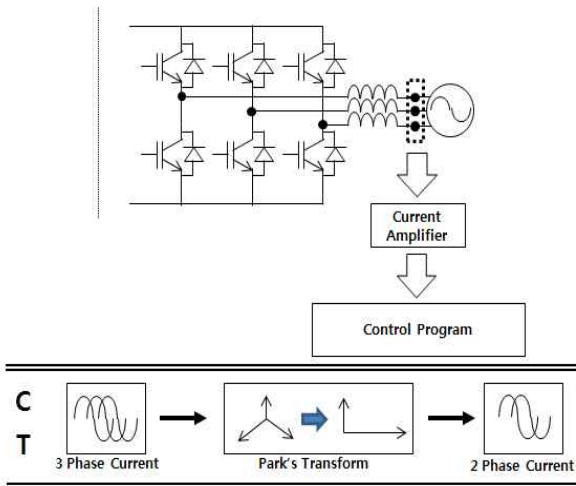


그림 7. CT 기법에 의한 차수 축소 과정
Fig 7. Order reduction process using CT

유용성 검증을 위해 Matlab/Simulink를 통한 시뮬레이션과, LAB-volt사의 교육용 장비와 Labview를 이용하여 200W급 규모의 실제 풍력발전시스템에 사용되고 있는 인버터의 고장에 대한 실험을 수행하고자 한다.

3.2 Matlab/Simulink에서의 시뮬레이션

제안된 인버터 고장진단 알고리즘의 유용성 확인을 위한 200W급 풍력발전 시스템에 대한 Simulink 블록을 나타내면 그림 8과 같다.

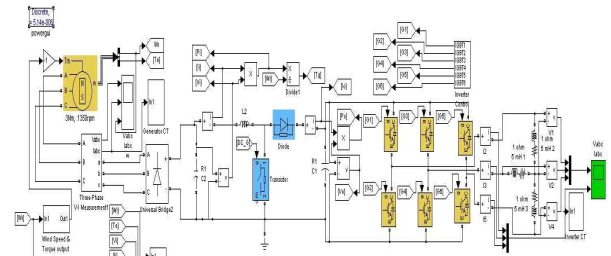


그림 8. 200W급 소형풍력발전 시스템 Simulink 블록도
Fig 8. Simulink block diagram for 200W small wind turbine system

그림 8은 200W급 규모의 블레이드, 3상 동기발전기, DC-DC 컨버터 및 3상 인버터와 풍속에 해당하는 토크를 발생시키는 풍속 발생부, 인버터를 제어하는 인버터 제어부, 최대 전력점 추종을 하는 MPPT 제어부와 인버터 고장진단을 수행하는 고장진단 블록으로 구성되어 있으며, 실제 계통에의 실험이 어렵기 때문에 3상 인버터의 출력에는 Y결선된 저항-인덕턴스 부하가 걸려있다.

다음 그림 9은 제안된 인버터 고장진단 알고리즘 블록도의 전체 구성을 나타낸 그림으로 CT기법과 디지털필터, 특징점을 추출하여 고장을 진단하는 부분으로 나뉜다.

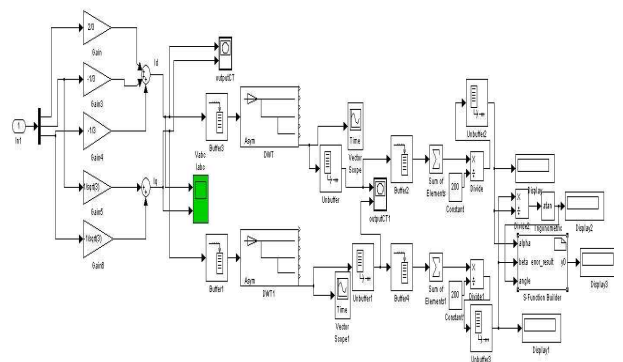


그림 9. 제안된 인버터 고장 진단 알고리즘의 블록도
Fig 9. Block diagram for proposed inverter fault diagnostic algorithm

3상 신호에서의 고장진단은 매우 복잡하고 어렵기 때문에 CT기법을 적용하여 2상으로 축약하고, 필터를 통

해 노이즈를 제어하였으며, 2상 신호의 파형은 다음 그림 10과 같다.

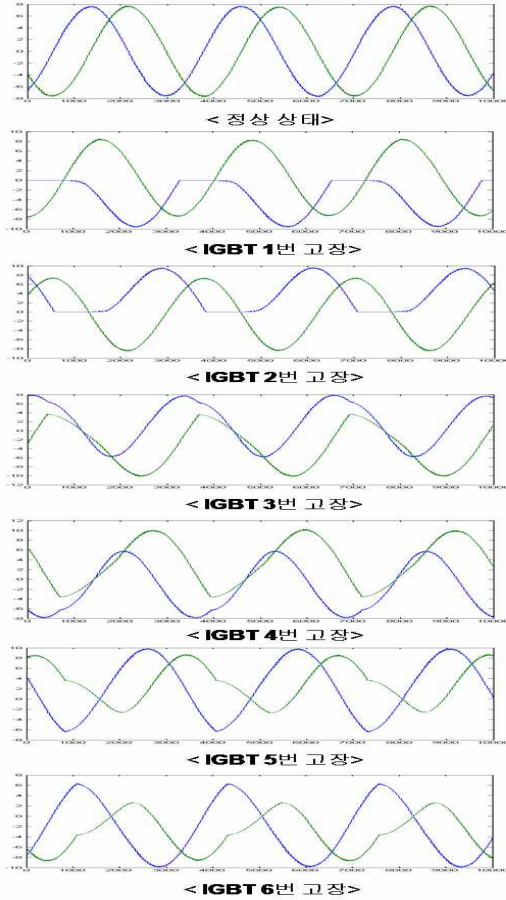


그림 10 정상상태 및 각 IGBT 고장 상태의 2상 전류 신호

Fig 10. Two-phase current signal for normal and each IGBT fault conditions

위의 2상 전류 신호를 2차원 평면상에 도시하였을 때, 정상상태의 그림은 다음과 같다.

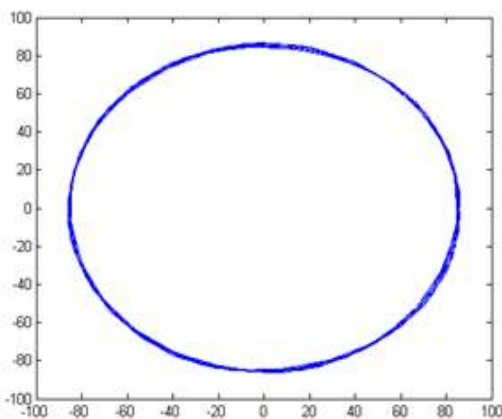


그림 11 정상 상태의 CT 파형

Fig 11. Concordia Transform waveform for normal condition

또한, 6개의 IGBT에 고장이 발생되어 3상 평형 전류가 흐르지 못할 경우에 대한 CT 변환 파형을 2차원 평면상에 도시하면 그림 12와 같다.

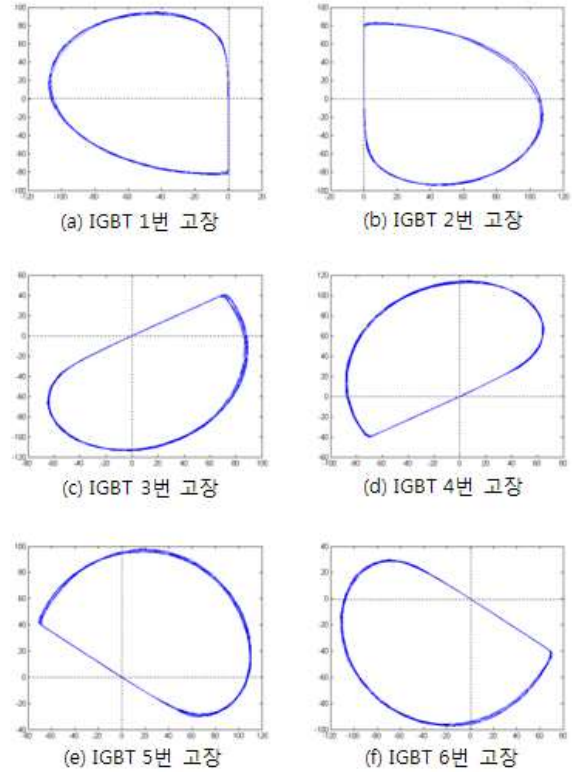


그림 12. 각 IGBT의 고장에 대한 CT 파형

Fig 12. Concordia Transform waveform for each IGBT faults

그림 12로부터 6개의 IGBT 각각에 고장이 발생되었을 경우 CT 기법이 적용된 2차원 평면상에서의 파형은 각기 다른 형태를 취하게 된다. 이에 본 연구에서는 그림 12의 각 고장을 효율적으로 검출할 수 있도록 하기 위해 CT기법을 통해 얻어진 파형들로부터 평균값과 영점(0,0)에서의 각도 등의 특징점들을 도출하고, 이를 다음 그림 13과 같이 표현되는 if-then 규칙을 사용하여 고장진단을 수행하고자 하였다.

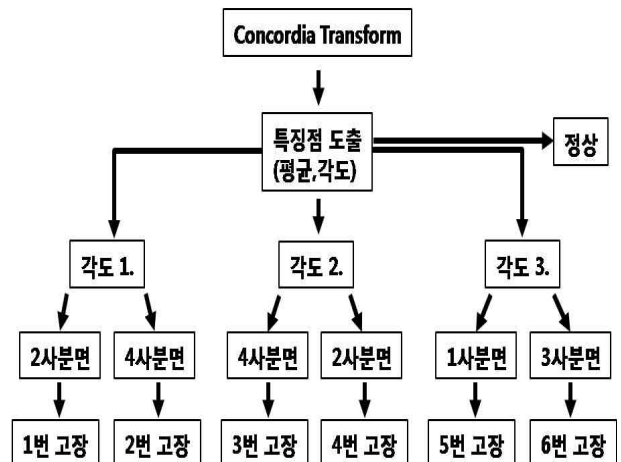


그림 13. 특징점 기반의 if-then 고장진단 규칙

Fig 13. If-then fault diagnosis rule base

상기의 if-then 규칙을 이용한 고장 진단결과를 나타내면 그림 14와 같다.

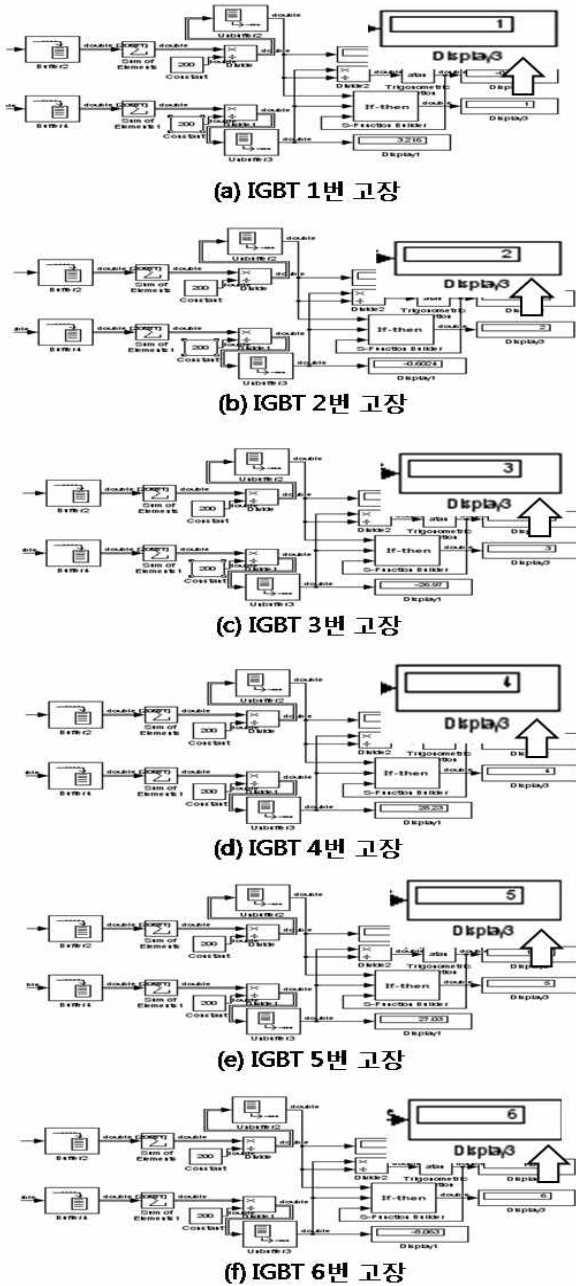


그림 14. 각 각의 IGBT 고장에 따른 진단 결과
Fig 14. Diagnosis result for each IGBT fault condition

3.3 Lab-volt 실험 장비에서의 실험

시뮬레이션을 통해 확인 된 알고리즘의 실제 장비에서의 적용 가능성을 확인하기 위해 그림 15와 같은 LAB-volt사의 200W급 풍력발전 교육용 장비에 적용하여 실험을 수행하였다. 인버터단의 3상전류를 측정하기 위해 3개의 전류센서를 사용하여 해당하는 전압으로 변환하였으며, NI사의 Daq-6024E를 사용하여 변환된 전압을 AD하여 Labview상에서 제안된 인버터 고장진단 알고리즘을 구현하였다.



그림 15. LAB-volt사의 200W급 풍력발전 교육용장비
Fig 15. 200W wind power educational equipment from LAB-volt company

장비로부터 측정된 전류값을 CT 기법 및 if-then 규칙을 적용시킨 Labview 프로그램의 블록도는 그림 16과 같다.

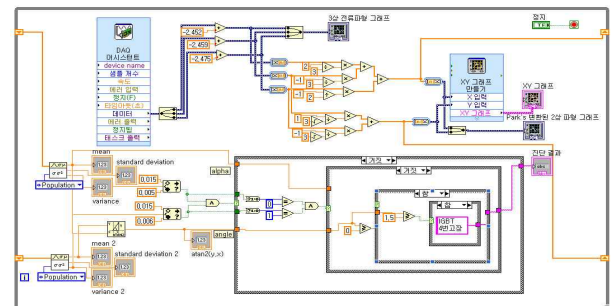
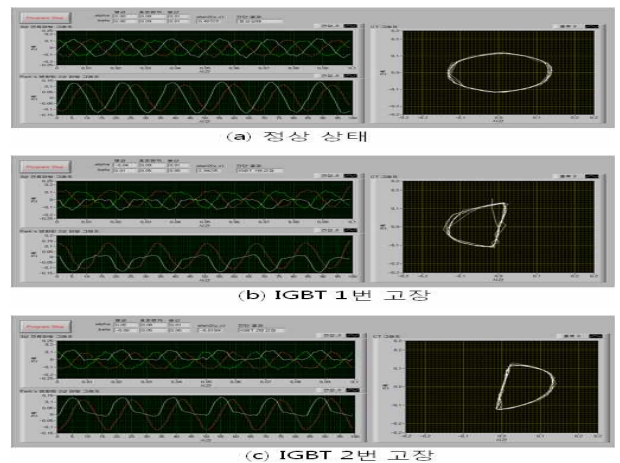


그림 16. Labview 구현된 고장진단 블록
Fig 16. Fault diagnostic block with Labview

정상상태 일때와 고장상태 일때의 CT 파형 및 고장 진단 결과는 그림 17과 같다.



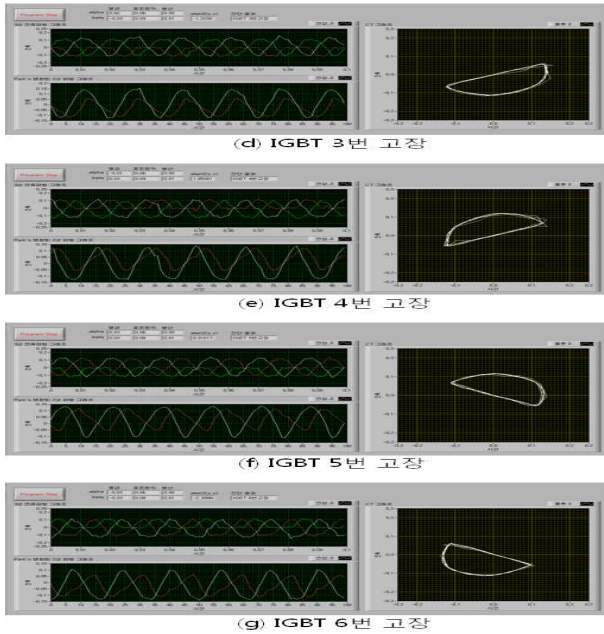


그림 17. 정상상태와 각 고장에 대한 CT 파형
Fig 17. CT diagram for normal and each fault cases

4. 결론

본 연구에서는 풍력발전 시스템에서 사용되고 있는 3상 인버터의 게이트 고장과 관련하여 효율적인 진단이 가능한 고장진단 기법을 제안하였으며, 제안된 고장진단 기법의 유용성 확인을 위해 Matlab/Simulink 상에서 실제 풍력발전 시스템을 모델링 한 후, 정상 상태 및 고장 상태들을 구현하여 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 결과, 제안된 지능형 고장진단 기법은 CT 기법에 의해 얻어지는 2차원 파형으로부터 구한 특징값에 기반한 간단한 형태의 if-then 규칙으로 인버터의 스위칭 소자인 IGBT의 고장을 진단하는 것을 확인할 수 있었으며, 시뮬레이션을 통해 확인된 기법의 실제 장비에서의 적용가능성 여부를 확인하기 위해, 실제 시스템인 LAB-volt사의 200W급 풍력발전 교육용 장비에 적용 실험을 하였다. 실제 장비에서도 시뮬레이션과 마찬가지로 고장시 비슷한 파형이 발생하였으며, 그에 따른 특징점 기반의 if-then 규칙으로 고장진단이 가능함을 확인할 수 있었다.

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성 사업으로 수행된 연구 결과임.

참 고 문 헌

[1] P. J. Tavner, G. J. W. Van Bussel and F. Spinato, "Machine and converter reliabilities in wind turbines", *IET International Conference on Power Electronics*, pp. 127-130, March. 2006

[2] 사노 아키히로, "소형 풍력발전 계통연계 시스템의 가능성", *전기공사의 友*, May. 2002

[3] 김세호, "풍력발전시스템이 연계된 계통의 과도상태 해석", *한국태양에너지학회 논문집*, vol. 23, no. 3,

pp/ 29-35, 2003

[4] 김영기, 변재희, 최대식, 소철호, "풍력발전기 기계 상태 모니터링에 대한 연구" *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, pp. 1247-1248, July. 2010

[5] 김홍근, 이동춘, 최종우 "계통연계형 태양광 발전시스템의 인버터 최적설계 및 실증연구" *산업자원부 전력산업연구개발사업*, September. 2004

[6] R. L. de Araujo Ribeiro, C. B. Jacobina, E. R. C. da Silva, A. M. N. Lima, "Fault detection of open-switch damage in voltage-fed PWM motor drive systems" *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 18, no. 2, March. 2003

[7] W. Yang, P. J. Tavner and M. R. Wilinson, "Condition monitoring and Fig. 13. Time-domain waveform of the PMSG average current Park's Vector Phase. Fault diagnosis of a wind turbine synchronous generator drive train", *IET Renewable Power Generation*, pp. 1-11, 2009

[8] S. M. A. Cruz, A. J. M. Cardoso, "Stator winding fault diagnosis in three-phase synchronous and asynchronous motors, by the extended Park's Vector approach", *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 37, no. 5, pp. 1227-1233, Sep. 2001

[9] F. Zidani, M. E. H. Benbouzid, D. Hamad, and X. Pierre, "Fault detection and diagnosis in an induction machine drive: A pattern recognition approach based on Concordia stator mean current vector", *IEEE Trans. Ind. Electron*, vol. 50, no. 5, pp. 1038-1051, Oct. 2003

[10] I. Y. Onel, M. E. H. Benbouzid, "Induction motor bearing failure detection and diagnosis: Park and Concordia Transform approaches comparative study", *IEEE Trans. On Mechatronics*, vol. 13, no. 2, pp. 257-262. April. 2008

[11] 장대민, 최의민, 이교범, "계통연계형 NPC인버터 시스템의 개방성 고장진단", *전력전자학회 2011년도 학술대회 논문집*, pp. 417-418, July. 2011

[12] 정해상, "소형 풍력발전기 설계와 제작", *일진사*, 2011

[13] 남윤수, "풍력터빈의 제어", *GS인터비전*, 2009

저 자 소 개



문대선(Moon Dae-sun)

2010년 군산대학교 전자정보공학부 학사졸업
2010년~현재 동 대학원 전자정보공학부 석사과정
관심분야 : 풍력발전, 고장진단, 뉴럴 네트워크, DSP, 마이크로 컨트롤러, 하드웨어 설계 및 개발

Phone : 010-2972-0351
Fax : 063-468-6224
E-mail : nalba01@kunsan.ac.kr



김성호(Kim Sung-ho)

1984년 고려대학교 공과대학 학사졸업

1986년 고려대학교 대학원 석사졸업

1991년 고려대학교 대학원 박사졸업

1988년~1990년 고려대 생산기술연구소 연구원

1995년~1996년 JAPAN HIROSHIMA
UNIVERSITY POST-DOC

1991년 ~ 현재 군산대학교 제어로봇공학과 교수

관심분야 : 풍력발전, 인공지능경망, 센서 네트워크, 공장
자동화, 고장진단

Phone : 010-2610-1224

Fax : 063-468-6224

E-mail : shkim@kunsan.ac.kr