

Protection for DFIG using the d-q Equivalent Circuit

姜龍澈* · 李知勳† · 姜海權** · 張成一*** · 金容均§ · 朴君哲§§
 (Yong-Cheol Kang · Ji-Hoon Lee · Hae-Gweon Kang · Sung-Il Jang · Yong-Gyun Kim ·
 Goon-Cherl Park)

Abstract - A doubly-fed induction generator (DFIG) system has been widely used in the modern wind turbines due to variable-speed operation, high efficiency and small converter size. It is well known that an inter-turn fault of a generator is very difficult to be detected. The DFIG system uses a wound rotor induction machine so that the magnetizing current of the generator can be fed from both the stator and the rotor. This paper proposes a protection algorithm for a DFIG using the d-q equivalent circuit in the time domain. In the case of a DFIG, the voltages and currents of the rotor side as well as the voltages and currents of the stator are available. The proposed algorithm estimates the instantaneous (i.e., converted into the stationary frame) induced voltages from the rotor and the stator sides. If the difference between the two estimated induced voltages exceeds the threshold, the proposed algorithm detects the inter-turn fault. The algorithm can detect a inter-turn fault of a winding. The performance of the proposed algorithm is validated using a PSCAD/EMTDC simulator under inter-turn fault conditions and normal operating conditions such as an external fault and the change of the wind speed.

Key Words : Doubly-fed induction generator (DFIG), d-q equivalent circuit, Protection algorithm

1. 서 론

자원의 고갈과 환경오염으로 인해 20세기 후반부터 전 세계적으로 신·재생 에너지 개발에 대한 관심이 집중되고 있다. 그 중 풍력발전은 타 발전원에 비해 발전단가가 저렴하여 보급률이 높고, 기술개발을 통한 대용량화가 가능하기 때문에, 1970년대 이후부터 주로 연구·개발되어, 다양한 형태의 풍력발전 시스템이 소개되었다[1].

최근 풍력발전 시스템의 용량이 증가함에 따라 시스템의 신뢰성과 경제성을 고려하여, 이중여자 유도기를 사용한 발전 시스템이 차세대 풍력발전 시스템의 형태로 정착하게 되었다 [2]. 이중여자 유도 발전기(Doubly-Fed Induction Generator, DFIG)는 블레이드 출력을 기어박스를 거쳐 증속한 후 권선형 유도발전기를 거쳐 그리드에 연계하는 방식이다. 이 때, 유도발전기의 고정자는 그리드에 직접 연결하고, 회전자는 양방향 컨버터를 거쳐 그리드에 연결하게 된다. 이러한 방식에서는 컨버터에서 회전자의 전류를 제어하여 시스템의 출

력을 조절하기 때문에 구조가 복잡하지만, 발전기의 크기와 전력변환 장치의 용량이 작아진다는 장점이 있다. 이러한 장점 때문에 현재 개발되는 수 MW 이상 풍력발전 시스템은 이중여자 발전 시스템을 많이 사용하고 있다.

이중여자 유도 발전기는 고정자가 그리드에 연계되어 있기 때문에, 발전기 내부에서 사고가 발생하면 권선의 온도상승으로 인해 발전기 권선이 소손되어 화재의 위험이 있을 수 있고, 권선의 불평형 사고가 발생할 경우, 불평형 전압과 전류가 발생하여 전력품질 및 계통의 안정도를 저하시킨다. 따라서 이중여자 유도형 발전기 내부에서 사고가 발생하면 신속하게 사고를 판단해 제거해야 한다.

DFIG의 보호는 발전기의 용량을 소용량, 중용량, 대용량으로 구분하여 보호 시스템을 구성하고 있다[3]. 보호 시스템을 구성하고 있는 보호요소들 중 비율전류차동방식(87)은 발전기 내부사고 시 주 보호요소로 사용된다. 87 계전기는 발전기 내부사고인 권선의 지락, 단락 사고 시에는 정동작하지만 권선의 층간단락사고가 발생하면 차전류가 생기지 않아 오부동작하게 된다[4]. 따라서 이중여자 유도 발전기의 권선의 층간단락사고 시에도 정확히 동작할 수 있는 보호계전 방식이 필요하다.

본 논문에서는 DFIG의 d-q 등가회로를 이용한 보호계전 방식을 제안한다. DFIG는 고정자 측 전압, 전류뿐만 아니라 회전자 측 전압, 전류 또한 사용할 수 있는 특징이 있다. 제안된 방식은 정지좌표계로 변환한 DFIG의 d-q 등가회로에서, 고정자측과 회전자측에서 각각 자화인덕턴스에 유기되는 전압을 추정한다. 풍속이 변화하는 경우와 외부사고의 경우에는 추정한 유기 전압이 같은 값을 갖게 되나, 내부사고시

* 正 會 員 : 全北大 大 學 院 電 氣 工 學 科 副 教 授 · 工 博
 † 교신저자, 學生會員 : 全北大 大 學 院 電 氣 工 學 科 碩 士 課 程
 E-mail : revival9126@chonbuk.ac.kr
 ** 學生會員 : 全北大 電 氣 工 學 科 碩 士 課 程
 *** 正 會 員 : 全北大 大 學 院 電 氣 工 學 科 研 究 教 授 · 工 博
 § 正 會 員 : 韓 國 IED Eng. 代 表 理 事
 §§ 非 會 員 : 韓 國 IED Eng. 代 表 理 事
 接 受 日 字 : 2008年 8月 26日
 最 終 完 了 : 2008年 10月 29日

에는 추정된 두 값이 다른 값을 갖게 된다. 제안한 알고리즘의 성능을 다양한 동작상태 즉, 풍속의 변화, 외부사고의 경우와 내부사고 시에 PSCAD/EMTDC를 사용하여 검증하였다.

2. d-q 등가회로를 이용한 DFIG 보호계전방식

2.1 정지좌표계로 변환한 DFIG의 d-q 등가회로

DFIG의 고정자, 회전자 의 전압과 자속은 다음과 같다.

$$\mathbf{V}_{abc_s} = r_s \mathbf{I}_{abc_s} + \frac{d}{dt} \mathbf{\Lambda}_{abc_s} \tag{1}$$

$$\mathbf{V}_{abc_r} = r_r \mathbf{I}_{abc_r} + \frac{d}{dt} \mathbf{\Lambda}_{abc_r} \tag{2}$$

$$\mathbf{\Lambda}_{abc_s} = \mathbf{L}_s \mathbf{I}_{abc_s} + \mathbf{L}_{sr} \mathbf{I}_{abc_r} \tag{3}$$

$$\mathbf{\Lambda}_{abc_r} = \mathbf{L}_r \mathbf{I}_{abc_r} + (\mathbf{L}_{sr})^T \mathbf{I}_{abc_s} \tag{4}$$

여기서, \mathbf{V}_{abc_s} , \mathbf{V}_{abc_r} 은 전압 행렬(3x1), \mathbf{I}_{abc_s} , \mathbf{I}_{abc_r} 은 전류 행렬(3x1), $\mathbf{\Lambda}_{abc_s}$, $\mathbf{\Lambda}_{abc_r}$ 은 자속 행렬(3x1), \mathbf{L}_s , \mathbf{L}_r 은 인덕턴스 행렬(3x3), \mathbf{L}_{sr} 은 상호 인덕턴스 행렬(3x3)을 나타내고, 첨자 s는 고정자, r은 회전자를 의미한다.[5]

3상의 변수를 임의의 속도로 회전하는 d-q-n 좌표계로 변환하기 위해서는, 변수에 좌표 변환 행렬 $\mathbf{T}(\theta)$ 를 곱해 주면 되는데, $\mathbf{T}(\theta)$ 는, 식 (5)에 나타낸 바와 같이, 회전좌표계 변환 행렬 $\mathbf{R}(\theta)$ 와 정지좌표계 변환행렬 $\mathbf{T}(0)$ 의 곱으로 표현가능하다.

$$\mathbf{T}(\theta) = \mathbf{R}(\theta)\mathbf{T}(0) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \tag{5}$$

정지좌표계로 변환한 DFIG의 d-q 등가회로를 얻기 위해서는 고정자 변수와 회전자 변수를 정지좌표계로 변환해야 한다. 정지좌표계로 변환된 고정자의 전압과 자속은 식 (1), 식 (3)에 $\mathbf{T}(0)$ 을 곱하여 구할 수 있으며, 결과는 식 (6)-(9)와 같다.

$$v_{ds}^s = r_s i_{ds}^s + \frac{d}{dt} \lambda_{ds}^s \tag{6}$$

$$v_{qs}^s = r_s i_{qs}^s + \frac{d}{dt} \lambda_{qs}^s \tag{7}$$

$$\lambda_{ds}^s = L_{ls} i_{ds}^s + L_m (i_{ds}^s + i_{dr}^s) \tag{8}$$

$$\lambda_{qs}^s = L_{ls} i_{qs}^s + L_m (i_{qs}^s + i_{qr}^s) \tag{9}$$

한편, 정지좌표계로 변환한 회전자의 전압과 자속방정식은, 회전자 변수를 권선비($a=N_s/N_r$)를 고려하여 고정자 측으로 환산한 후, 정지좌표계로 변환한 고정자 변수와 주파수를 같게 하기 위하여 $\mathbf{R}(\theta_e)^{-1}\mathbf{T}(\theta_{sl})$ 을 곱하여 구할 수 있다. 여기서 θ_e 는 동기 위상각이며, θ_{sl} 은 슬립각이다.

θ_e 는 식 (10)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\theta_e = \tan^{-1} \frac{\lambda_{qs}^s}{\lambda_{ds}^s} \tag{10}$$

식 (10)의 λ_{ds}^s 와 λ_{qs}^s 는 식 (6), 식 (7)로부터 변환한 식 (11), 식 (12)로부터 구할 수 있다.

$$\lambda_{ds}^s = \int \{v_{ds}^s - r_s i_{ds}^s\} dt \tag{11}$$

$$\lambda_{qs}^s = \int \{v_{qs}^s - r_s i_{qs}^s\} dt \tag{12}$$

또한, θ_{sl} 은 θ_e 와 θ_r 과의 차로 부터 구했다.

정지좌표계로 변환한 회전자 전압과 자속은 다음과 같다.

$$v_{dr}^s = a^2 r_r i_{dr}^s + \omega_r \lambda_{qr}^s + \frac{d}{dt} \lambda_{dr}^s \tag{13}$$

$$v_{qr}^s = a^2 r_r i_{qr}^s - \omega_r \lambda_{dr}^s + \frac{d}{dt} \lambda_{qr}^s \tag{14}$$

$$\lambda_{dr}^s = a^2 L_{lr} i_{dr}^s + L_m (i_{dr}^s + i_{ds}^s) \tag{15}$$

$$\lambda_{qr}^s = a^2 L_{lr} i_{qr}^s + L_m (i_{qr}^s + i_{qs}^s) \tag{16}$$

정지좌표계로 변환한 DFIG의 d-q 등가회로를 그림 1에 나타내었다. 그림에서 r_s 와 r_r 은 고정자와 회전자 권선저항, L_{ls} 와 L_{lr} 은 누설인덕턴스, ω_r 은 회전자 각속도를 나타낸다.

2.2 제안된 d-q 등가회로를 이용한 보호계전 알고리즘

본 논문에서는 그림 1의 자화인덕턴스 L_m 에 걸리는 유기 전압을, 고정자측과 회전자측의 전압, 전류로부터 계산한다. 고정자측과 회전자측에서 추정된 두 유기 전압은 정상상태와 과도상태 시에 같은 값을 갖지만, DFIG 내부사고가 발생하면 등가회로의 파라미터 값이 달라지기 때문에 두 유기 전압은 같지 않게 되는 특성을 이용하여 내부 사고를 판단한다.

고정자측, 회전자측에서 추정된 전압은 식 (17)-(20)과 같다.

$$v_{d1}^s = v_{ds}^s - r_s i_{ds}^s - L_{ls} \frac{di_{ds}^s}{dt} \tag{17}$$

$$v_{d2}^s = v_{dr}^s - a^2 r_r i_{dr}^s - \omega_r (a^2 L_{lr} i_{qr}^s + L_m (i_{qs}^s + i_{qr}^s)) - a^2 L_{lr} \frac{di_{dr}^s}{dt} \tag{18}$$

$$v_{q1}^s = v_{qs}^s - r_s i_{qs}^s - L_{ls} \frac{di_{qs}^s}{dt} \tag{19}$$

$$v_{q2}^s = v_{qr}^s - a^2 r_r i_{qr}^s + \omega_r (a^2 L_{lr} i_{dr}^s + L_m (i_{ds}^s + i_{dr}^s)) - a^2 L_{lr} \frac{di_{qr}^s}{dt} \tag{20}$$

식 (17)과 식 (18)을 이용하여 구한 전압차와, 식 (19)와 식 (20)을 이용하여 구한 전압차를 다음과 같이 정의하였다. 여기서 V_{d1rms} , V_{q1rms} 는 정상상태 시의 v_{d1}^s 와 v_{q1}^s 의 실효값이다.

$$D_detector = \frac{v_{d2rms}^s - v_{d1rms}^s}{\sqrt{2} V_{d1rms}} \times 100 (\%) \tag{21}$$

$$Q_detector = \frac{v_{q2rms}^s - v_{q1rms}^s}{\sqrt{2} V_{q1rms}} \times 100 (\%) \tag{22}$$

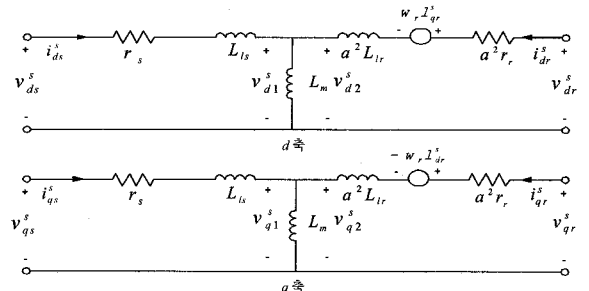


그림 1 정지좌표계로 변환한 DFIG의 d-q 등가회로
Fig. 1 d-q equivalent circuit of a DFIG referred to a stationary reference frame

식 (21), 식 (22)의 절대값이 임계값보다 작은 값을 가지면 정상상태로 판정하고, 임계값보다 큰 값을 가지면 내부사고로 판정한다. 본 논문에서의 임계값을 5%로 정하였다. 하지만, 본 알고리즘을 실제로 구현하는 경우에는 입력 부분의 오차 등을 고려하여 정해야 한다. 또한, 과도기간의 외란에 의한 오동작을 방지하기 위해 카운터를 두어 ID_detector 또는 IQ_detector의 값이 5%를 초과하면 counter를 1증가시키고, 5%미만이면 1을 감소시켜, 둘 중 하나의 카운터의 값이 16이 되면 내부사고로 판단하였다.

3. 사례 연구

3.1 모델 계통

제안한 보호계전 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 과도 현상 해석프로그램인 PSCAD/EMTDC를 사용하여 그림 2와 같은 3kW의 이중여자 유도형 풍력발전 시스템을 모델링했다[6]. 고정자와 회전자의 전압과 전류는 고정자 권선 말단과 전력변환장치의 입·출력 단에서 측정했다.

풍속이 변화하는 경우, 내부사고의 경우, 외부사고의 경우에 제안한 알고리즘의 성능을 검증하였다. 권선의 층간단락 사고는 권선의 내부 임피던스 값을 외부 단자권선의 임피던스 값으로 분배하여, 분배 된 외부 임피던스를 사고인 순간에 단락시켜 모의했다[7]. 샘플링 비율은 주기 당 64샘플이며, 저역 통과 필터로는 차단 주파수가 1,920Hz인 중첩방지용 1차 RC 필터를 사용했다.

3.2 풍속변화

그림 3은 50ms에서 풍속이 10m/s에서 15m/s로 변한 경우를 모의한 결과이다. 그림 3a-d는 고정자와 회전자의 3상 전압, 전류 파형을 나타냈으며, 실선은 A상, 점선은 B상, 파선은 C상을 의미한다. 고정자 전압은 그리드와 연계되어 있기 때문에 변화가 없으며, 고정자 전류는 풍속의 증가로 인해 DFIG의 출력이 증가했기 때문에 커짐을 알 수 있다. 그림 3e와 그림 3f에는 식 (17), 식 (18)을 이용하여 계산한 v_{d1}^s, v_{d2}^s 와, 식 (19), 식 (20)을 이용하여 계산한, v_{q1}^s, v_{q2}^s 를 나타내었다. 실선은 v_{d1}^s 과 v_{q1}^s , 점선은 v_{d2}^s 와 v_{q2}^s 를 나타낸다. 풍속이 변하는 경우에는 DFIG 내부의 파라미터 값이 변하지 않기 때문에 v_{d1}^s 과 v_{d2}^s 가 거의 같은 값을 가지며, v_{q1}^s, v_{q2}^s 도 거의 같은 값을 가짐을 알 수 있다. 그림 3g, 3h는 식 (21), 식 (22)를 이용하여 계산한 d축, q축 detector를 나타내며, 풍속이 변하는 50ms 전·후에도 각각 0.1%보다 작은 값을 가지며, 설정치인 5%를 넘지 않기 때문에, 그림 3i의 트립신호에서 나타내었듯이 사고라고 판단하지 않았다.

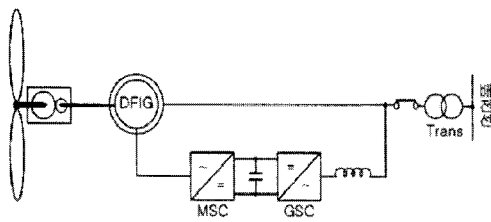


그림 2 모델 계통
Fig. 2 Simulated system

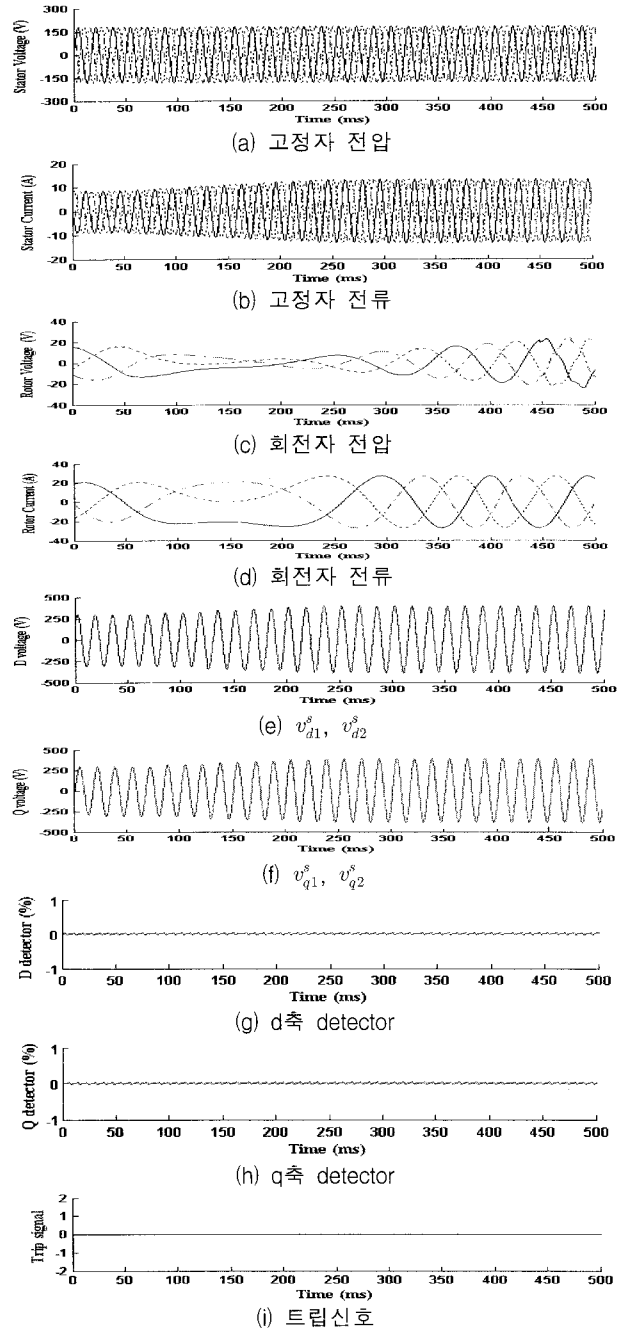


그림 3 풍속변화 시 결과
Fig. 3 Results of wind speed variation

3.3 내부사고

3.3.1 A상 20% 층간단락 사고

그림 4는 50ms에 A상 고정자 권선의 20% 층간단락 사고를 모의한 결과를 나타내었다. 이 경우에 고정자 전압은 그리드와 연계되어 있기 때문에 거의 변화가 없으며, 고정자 전류는 A상 권선의 파라미터의 값이 작아졌기 때문에 그림 4b에서 보듯이 사고 발생 시점인 50ms에서 A상 전류가 커졌다. 그림 4e, 4f의 v_{d1}^s, v_{d2}^s 와, v_{q1}^s, v_{q2}^s 는 사고 발생 전인 50ms 이전에는 일치하지만, 사고 발생 후에는 차이가 큼을 알 수 있다. 그림 4g, h의 d축, q축 detector는 50ms 이전에는 각각 0.1%보다 작은 값을 갖지만, 사고가 발생하는

50ms이후에 -202%, -110%의 큰 값을 가진다. 따라서 그림 4의 트립신호에서 알 수 있듯이, 제안한 알고리즘은 사고 발생 후 4.16ms에(1/4주기) 사고로 판단했다.

3.3.2 권선의 A상 지락사고

그림 5는 고정자 권선의 A상 지락사고를 모의한 결과를

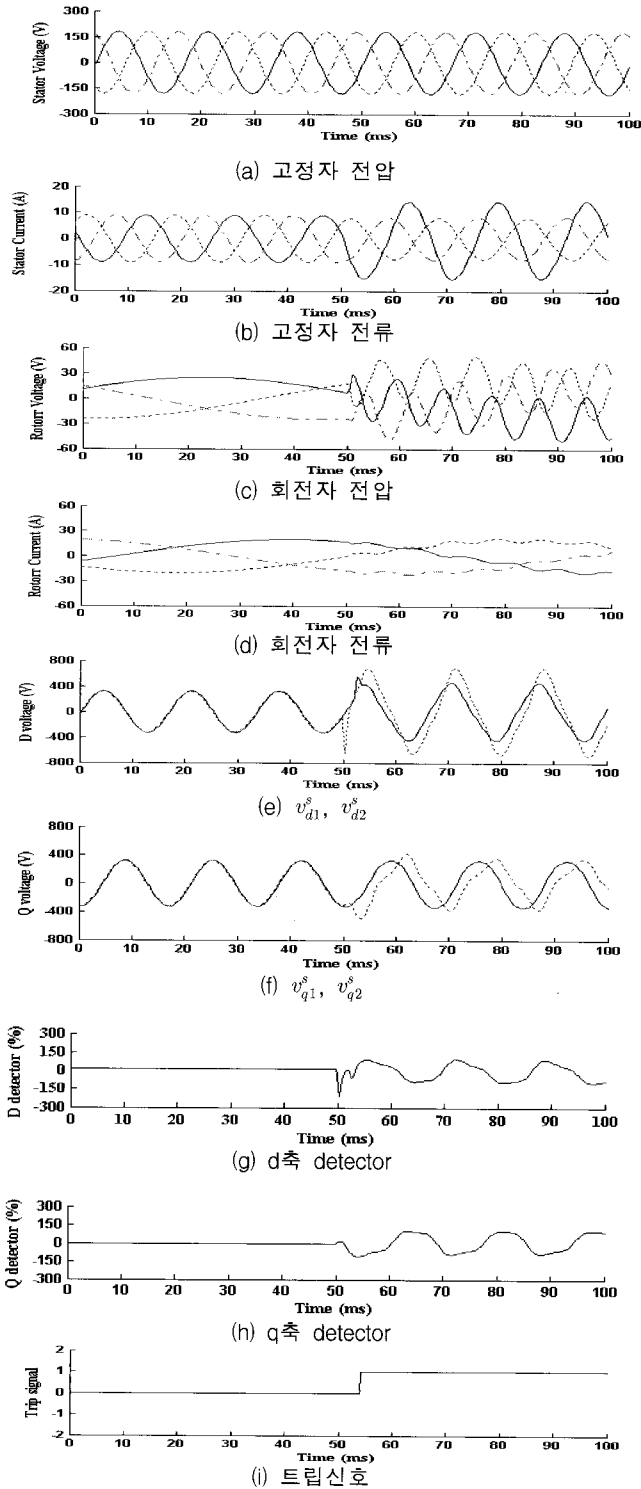


그림 4 20% 층간단락 사고 시 결과
Fig. 4 Results of 20% turn-to-turn fault

나타냈다. 고정자 권선에 A상 지락사고가 발생했기 때문에 고정자 전압과 전류는 그림 5a, 5b에서 보듯이 사고 발생 시점인 50ms에서 A상 전압은 작아지고 전류는 커졌다. 그림 5e, 5f의 v_{d1}^s , v_{d2}^s 와, v_{q1}^s , v_{q2}^s 는 사고 발생 전인 50ms이전에는 일치하지만 사고발생 후에는 크게 차이난다. 그림 5g, 5h의 d축, q축 detector는 사고가 발생하는 50ms이후에 7880%, 10440%의 큰 값을 가진다. 따라서 트립신호는 사고 발생 후 4.16ms에 발생하였다.

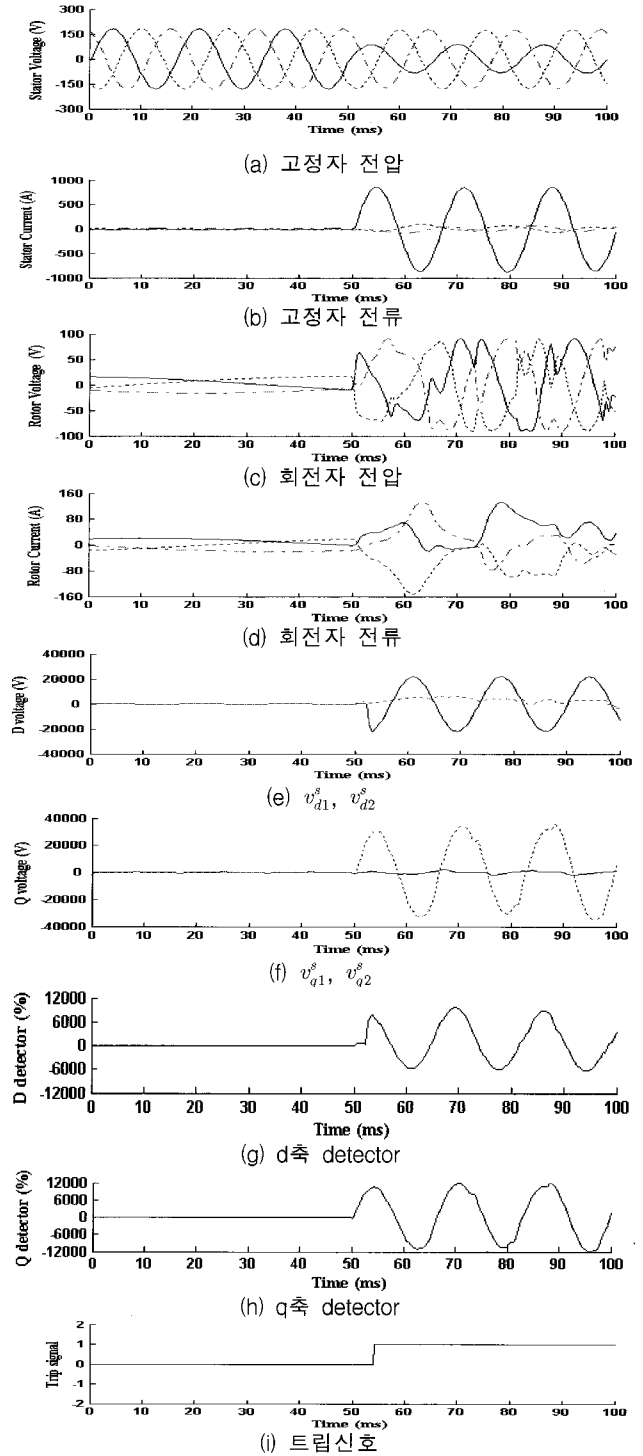


그림 5 권선의 A상 지락사고 시 결과
Fig. 5 Results of A phase to ground fault

3.3 권선의 3상 단락사고

그림 6은 50ms에 고정자 권선의 3상 지락사고를 모의한 결과를 나타냈다. 고정자 권선에 3상 지락사고가 발생했기 때문에 고정자 전압과 전류는 사고 발생 시점인 50ms에서 각 상의 전압은 작아지고 전류는 커졌다. 그림 6e, 6f의 v_{d1}^s , v_{d2}^s 와, v_{q1}^s , v_{q2}^s 는 사고 발생 전인 50ms이전에는 거의 일치하지만, 사고 발생 후에는 크게 차이가 남을 알 수 있다. 그림 6g, 6h의 d축, q축 detector는 사고가 발생하는 50ms이후에 27090%, -43410%의 큰 오차를 가진다. 따라서 제안한 알고리즘은 사고 발생 후 4.16ms에 트립신호를 발생하였다.

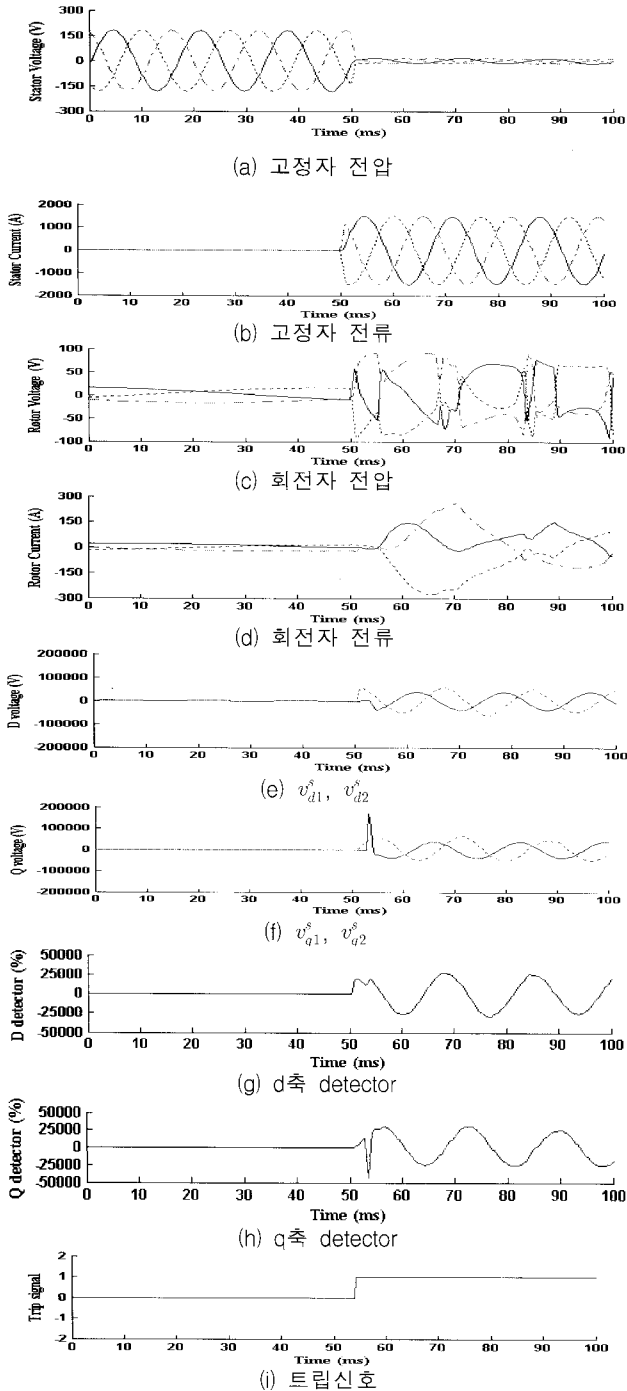


그림 6 권선의 3상 단락사고 시 결과
Fig. 6 Results of 3 phase to ground fault

3.4 외부사고

그림 7은 50ms에 차단기로부터 0.5km 떨어진 지점에서 3상 단락사고를 모의한 결과를 나타냈다. 그림 7a, 7b와 같이 사고 발생 시점인 50ms에서 3상의 고정자 전압은 작아지고 전류는 커졌다. 외부의 3상 단락사고에도 DFIG 내부 파라미터 값이 변하지 않기 때문에 v_{d1}^s , v_{d2}^s 와, v_{q1}^s , v_{q2}^s 는 그림 7e, 7f에서 나타난 바와 같이 거의 일치한다. 그림 7g, 7h의 d축, q축 detector는 사고가 발생 이후에도 0.9%, -0.9%의 값을 가지며, 설정치인 5%를 넘지 않기 때문에 사고가 아니라고 판단하여 트립신호를 발생하지 않았다(그림 7i).

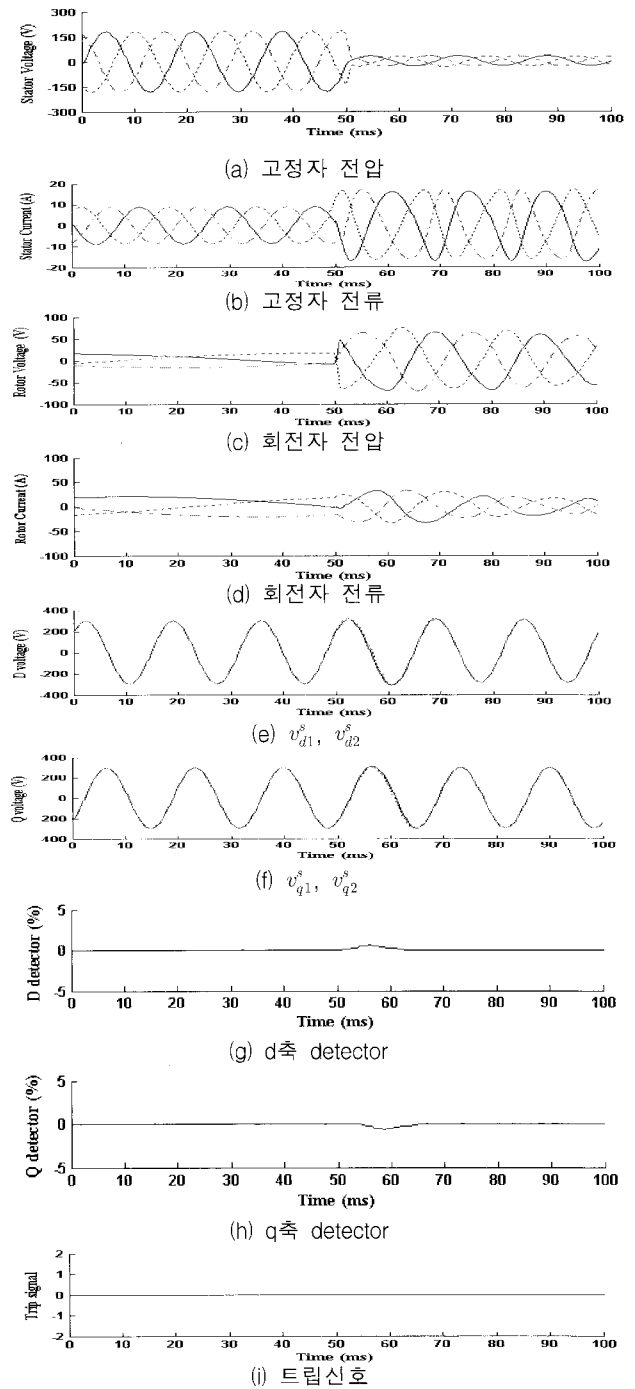


그림 7 외부사고 시 결과
Fig. 7 Results of external fault

4. 결 론

본 논문에서는 d-q 등가회로를 이용한 DFIG 보호계전방식을 제안하였다. 제안한 방식은 정좌표계로 변환한 DFIG의 d-q 등가회로에서 L_m 에 걸리는 유기 전압을 고정자측과 회전자측에서 각각 추정된 후에, 두 값을 비교하여 그 차이가 임계값보다 크면 DFIG의 내부 사고라고 판단하는 방식이다.

제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 PSCAD/EMTDC를 사용하여 DFIG의 풍속의 변화, 내부사고인 권선의 층간 단락사고와 지락·단락사고, 외부사고를 모의했다. 모의한 결과, 제안한 방식은 풍속이 변하는 과도상태 시와 외부사고시에 정부동작 했고, 내부사고인 권선의 층간 단락사고와 지락·단락사고 시, 1/4주기 이내에 트립신호를 발생시켜 매우 빠르게 내부 사고를 인식함을 알 수 있었다.

제안한 방식은 DFIG의 내부사고와 외부사고를 정확히 구분할 수 있을 뿐 아니라, 발전기의 주 보호에 사용되는 비유차동 계전기가 검출할 수 없었던 층간 단락 사고를 검출할 수 있어 DFIG의 보호계전능력을 향상 시킬 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-B-100) 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- [1] J. B. Ekayanake, L. Holdsworth and N. Jenkins, "Control of Doubly Fed Induction Generator(DFIG) Wind Turbines"
- [2] L. H. Hansen, L. Helle, F. Blaabjerg, E. Ritchie, S. Munk-Nielsen, H. Bindner, P. Soerensen and B. Bak-Jensen, "Conceptual survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines", Risoe-R-1205(EN), Risoe National laboratory, December, 2001.
- [3] Generator Protection, "IEEE Recommended practice for protection and coordination of industrial and commercial power systems", 1986
- [4] A. R. Bergen and V. Vittal, "Power System Analysis 2nd edition", Prentice Hall Inc., pp. 514-516, 2000
- [5] P. C. Krause, O. Wasynczuk and S. D. sudhoff, "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems", Wiley Inerscience, 2002.
- [6] 정병창, 송승호, 노도환, 김동용, "풍력 터빈 모의 실험을 위한 가변 토오크 입력형 시뮬레이터", 대한전기학회 논문지, Vol. 51, No. 8, pp. 467~474, 2002.
- [7] Zexiang Cai, Aiyun Gao, and Jiandong Jiang, "Modelling for Interior Faults of Induction Motors and Its Simulation on EMTDC", IPST 2003 in New Orleans, USA.

저 자 소 개



강 용 철 (姜 龍 澈)

1964년 8월 2일생. 1991년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재, 전북대 공대 전자정보 공학부 부교수.

Tel : 063-270-2391 Fax : 063-270-2394
E-mail : yckang@chonbuk.ac.kr



이 지 훈 (李 知 勳)

1981년 3월 7일생. 2005년 전북대학교 전자정보공학부 졸업. 2008년 전북대학교 대학원 전기공학과 석사졸업

Tel : 063-270-2391 Fax : 063-270-2394
E-mail : sh991219@chonbuk.ac.kr



강 해 권 (姜 海 權)

1982년 5월 16일생. 2008년 전북대 공대 전자정보공학부 졸업. 2008년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 063-270-2391 Fax : 063-270-2394
E-mail : khgforever@chonbuk.ac.kr



장 성 일 (張 成 一)

1971년 8월 30일생. 1996년 강원대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 전북대 공대 전자정보 공학부 BK21연구교수

Tel : 063-270-2391 Fax : 063-270-2394
E-mail : sijang@chonbuk.ac.kr



김 용 균 (金 容 均)

1973년 7월 4일생. 1993년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2005년~현재 한국IED Eng. 대표이사

Tel : 02-529-2113 Fax : 02-571-9207
E-mail : codacoda@naver.com



박 군 철 (朴 君 哲)

1952년 7월 29일생. 1975년 서울대 공대 원자핵공학과 졸업. 1997년 동 대학원 원자핵공학과 졸업(석사). 1983년 Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) 대학원 원자핵공학과 졸업(공학박사). 현재, 서울대 공과대학 원자핵공학과 교수.

Tel : 02-880-7210 Fax: 02-878-6745
E-mail : parkgc@snu.ac.kr