

복소전력의 변화율을 이용한 동기탈조 검출 알고리즘에 관한 연구-Part II: 복소전력의 궤적 변화를 이용한 동기탈조 검출 알고리즘

論 文

54A-5-3

A Study on the Out-of-Step Detection Algorithm using Time Variation of Complex Power-Part II: Out-of-Step Detection Algorithm using a Trajectory of Complex Power

權 五 相^{*} · 許 禎 容^{*} · 金 喆 煥^{**}

(O-Sang Kwon · Chul-Hwan Kim · Jeong-Yong Heo)

Abstract - In a power system, an out-of-step condition causes a variety of risk such as serious damage to system elements, tripping of loads and generators, mal-operation of relays, etc. Therefore, it is very important to detect the out-of-step condition and take a proper measure. Several out-of-step detection methods have been employed in relays until now. Most common method used for an out-of-step detection is based on the transition time through the blocking impedance area in R-X diagram. Also, the R-R dot out-of-step relay, the out-of-step prediction method and the adaptive out-of-step relay using the equal area criterion (EAC) and Global Positioning Satellite (GPS) technology have been developed. This paper presents the out-of-step detection algorithm using the time variation of the complex power. The complex power is calculated and the mechanical power of the generator is estimated by using the electrical power, and then the out-of-step detection algorithm, which is based on the complex power and the estimated mechanical power, is presented. This algorithm may detect the instant when the generator angle passes the Unstable Equilibrium Point (UEP). The proposed out-of-step algorithm is verified and tested by using Alternative Transient Program/Electromagnetic Transient Program (ATP/EMTP) MODELS.

Key Words : Out-of-step, Power Swing, Power System, Complex Power, EMTP

1. 서 론

전력계통에서의 동기탈조 현상을 검출, 저지하기 위한 기존의 검출 알고리즘에서는 피상 임피던스 궤적의 추적을 통하여 동기탈조 검출 영역 통과 시 이를 검출하기 때문에 정확한 동기탈조 발생시점의 검출이 어렵고 빠른 속도로 진행되는 동기탈조 현상의 경우 고장과 동기탈조의 구분이 어렵기 때문에 계전기의 오동작 확률이 높다 할 수 있다[1-3]. 또 다른 형태인 계통에서의 위상차각을 PMU(Phasor Measurement Unit)를 사용하여 직접 측정함으로써 동기탈조 현상을 검출하는 알고리즘의 경우, 각 모선상의 상차각을 측정하고 동기화하기 위한 GPS 장치가 추가적으로 필요하기 때문에 비용추가 문제가 발생한다[4-6]. 앞의 모든 경우를 고려할 때, 과도안정도를 고려하여 계통에 외란 발생시 적절한 보호동작을 수행할 수 있는 새로운 형태의 동기탈조 검출 알고리즘의 개발이 필요하다.

본 논문은 계전점에서 측정된 복소전력의 궤적을 이용하

여 발전기 기계적 입력과 비교, 과도안정도를 고려한 동기탈조 검출 알고리즘을 제시 하였다. 제시된 알고리즘을 통하여 측정된 유효전력과 무효전력의 순간 변화율을 이용하여 SEP(Stable Equilibrium Point)와 UEP(Unstable Equilibrium Point)를 구분하였다. 또한 유효전력을 이용, 발전기 기계적 입력을 추정하여 이를 Part I에서 언급한 복소전력의 궤적에 이용, 과도 안정도 평가의 기준으로 제시 하였다. 본 논문에서 제시된 알고리즘은 기존의 동기탈조 검출 알고리즘에서의 문제점인 느린 검출 속도와 부정확한 검출 시점을 개선할 수 있을 것으로 기대되며, 계전점에서 데이터 취득을 통한 추가설비 설치비용 절감의 효과를 거둬오서 계통의 안정도 증진에 기여할 것으로 기대된다. 본 논문에서 제시된 알고리즘은 EMTP MODELS[7-11]를 사용하여 구현 되었다.

2. 기존의 동기탈조 검출 알고리즘

2.1 기존의 동기탈조 검출 알고리즘

동기탈조 발생시 R-X 평면상에서 피상 임피던스 궤적 추적에 의한 거리 계전기의 경우 zero voltage인 고장점으로 인식 할 수 있기 때문에 기존의 R-X 계전기에서의 동기탈조 검출 알고리즘은 전력동요 현상인 power swing과 고장의 구분, 동기탈조 검출에 맞추어져 있다 할 수 있다[1-3].

† 교신저자, 學生會員 : 成均館大 工大 電子電氣工學科 碩士課程
E-mail : dinosur@hanmail.net

* 正 會 員 : 成均館大 工大 電子電氣工學科 博士課程

** 正 會 員 : 成均館大 工大 電子電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2005年 1月 28日

最終完了 : 2005年 4月 8日

만일 선로에서 고장이 발생하게 되면 R-X 궤적에서 피상 임피던스는 fault detection zone으로 급격하게 수렴한다. 반면에 전력동요 현상의 경우 fault detection zone으로 접근하거나 통과하는 경우가 발생할 지라도 통과속도는 고장의 경우와 비교하여 현저하게 감소되어 있다. 따라서 기존의 R-X 평면에서의 동기탈조 알고리즘은 전력동요 현상과 고장의 구분을 궤적의 이동시간으로 판별하는 알고리즘을 사용한다[1-3].

이와는 다른 방법으로써 계전점에서 취득된 데이터를 이용하여 직접 상차각을 측정하는 PMU (Phase Measurement Unit)을 사용한 경우도 예로 들 수 있다[4-6]. PMU를 사용하는 경우 상차각을 직접적으로 알아낼 수 있기 때문에 동기탈조 시점을 정확하게 예측할 수 있다.

위에서 나열된 기존의 동기탈조 검출 알고리즘 중 R-X 평면상에서 피상임피던스 궤적 추적을 통한 동기탈조 검출 알고리즘의 경우, 정확한 동기탈조 발생 시점을 검출하기 힘들고, 빠른 속도로 진행되는 동기탈조의 경우 고장과 구분하기 힘들다. PMU를 사용하는 동기탈조 검출 알고리즘의 경우, 정확한 상차각을 측정하기 위하여 계전점간의 시간동기화를 위한 GPS 장비 등이 필요하므로 추가적인 비용이 요구된다.

따라서 위와 같은 문제점을 개선할 수 있는 새로운 동기탈조 검출 알고리즘의 개발이 필요하다.

3. 새로운 동기탈조 검출 알고리즘

3.1 전력동요 현상 발생시 복소전력의 변화

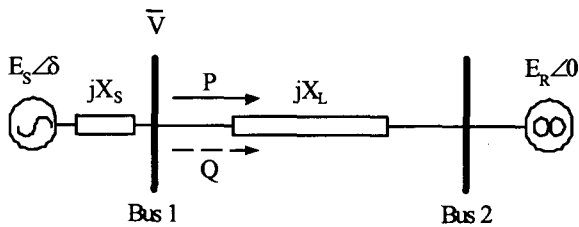


그림 1 1기 무한 모선 모델

Fig. 1 One machine infinite bus (OMIB)

그림 1과 같은 1기 무한 모선 계통에서 유효전력 P는 다음과 같은 식으로 표현 할 수 있다[12].

$$P = A \sin \delta \tag{1}$$

위 식 (1)에서 A는 다음 식 (2)와 같다.

$$A = \frac{E_S E_R}{X_S + X_L} \tag{2}$$

마찬가지로 무효전력 Q는 다음 식 (3)과 같다.

$$Q = B \cos \delta + \alpha \tag{3}$$

위 식 (3)에서 B와 a는 다음 식 (4), (5)와 같다.

$$B = \frac{E_S E_R (X_S - X_L)}{(X_S + X_L)^2} \tag{4}$$

$$\alpha = \frac{(X_L E_S^2 - X_S E_R^2)}{(X_S + X_L)^2} \tag{5}$$

식 (1)과 (3)에 기초하여, 유효전력과 무효전력의 관계는 다음 식 (6)과 같다.

$$\frac{P^2}{A^2} + \frac{(Q - \alpha)^2}{B^2} = 1 \tag{6}$$

식 (6)에서 볼 수 있듯이 유효전력과 무효전력의 궤적은 다음 그림 2와 같은 타원의 형태로 표현된다.

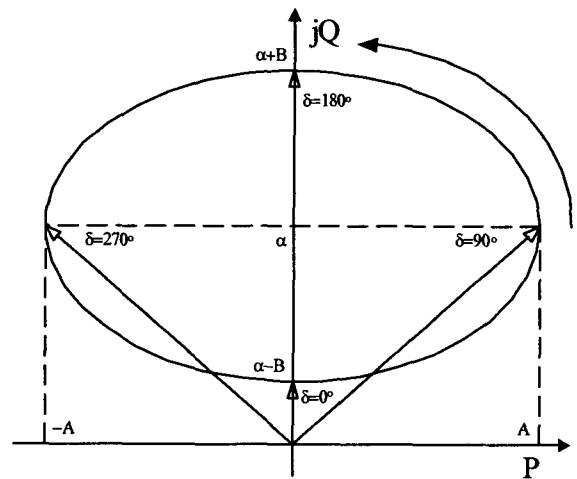


그림 2 복소평면 상에서 타원의 방정식 형태로 표현된 복소전력의 궤적

Fig. 2 Complex power locus on a complex plain (Elliptical form)

전력동요 현상 발생시 송전단과 수신단의 위상각이 서로 틀어짐에 따라, 상차각 delta가 변화하게 된다. 안정된 전력동요 현상인 stable swing의 경우는 상차각이 점차 줄어들게 되나, 불안정한 전력동요 현상인 unstable swing의 경우 상차각이 점차 증가하여 동기탈조 현상이 발생되게 된다.

다음 그림 3과 그림 4는 안정된 전력동요 현상 발생시 전력-상차각 곡선과 복소전력의 궤적을 보여주고 있다. 계통에서 발생된 고장등에 의하여 전력동요 현상이 발생하게 되면 그림 3의 ① 지점에서 운전되고 있던 유효전력이 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥ 순서로 이동하게 된다. 이 때의 복소전력의 궤적은 그림 4에서 볼 수 있듯이 a, b, c, d, e, f 순서로 이동하게 된다. 안정된 경우인 stable swing의 경우 그림 3에서 A와 B의 면적이 일치하게 되는 ⑤ 지점에서 UEP를 초과하지 않고 ④ 지점으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 이와 마찬가지로 그림 4의 복소전력의 궤적 또한, UEP_PQ를 초과하지 않는 것을 확인할 수 있다.

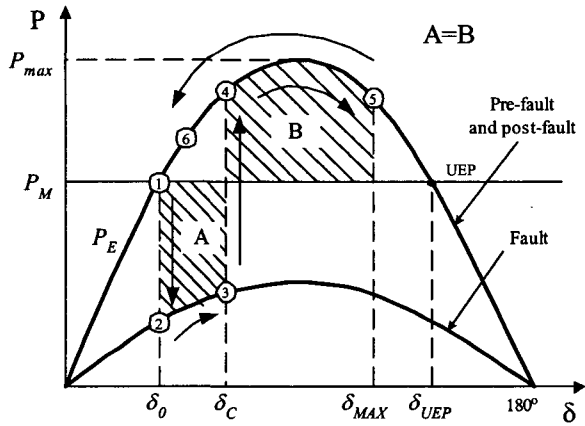


그림 3 안정된 경우의 전력-상차각 곡선
Fig. 3 Power-angle curve in the case of a stable swing

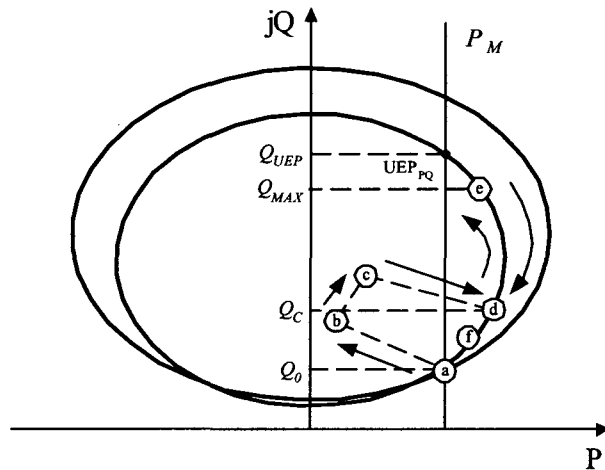


그림 4 안정된 경우의 복소전력의 궤적
Fig. 4 The complex power in the case of a stable swing

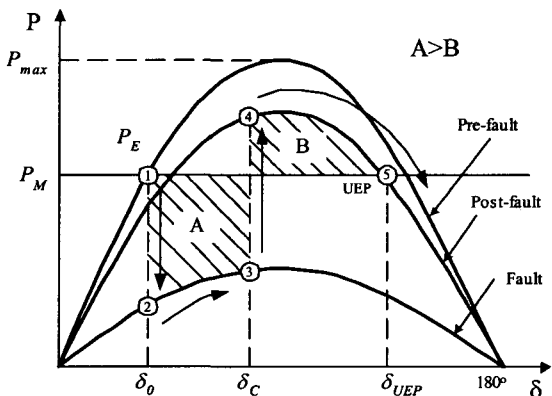


그림 5 불안정한 경우의 전력-상차각 곡선
Fig. 5 Power-angle curve in the case of an unstable swing

다음 그림 5와 그림 6은 불안정한 전력동요 현상 발생시 전력-상차각 곡선과 복소전력의 궤적을 보여주고 있다. 계통에서 발생된 고장등에 의하여 전력동요 현상이 발생하게 되면 그림 5의 ① 지점에서 운전되고 있던 유효전력이 ①, ②, ③, ④, ⑤ 순서로 이동하게 된다. 이 때의 복소전력의 궤적은 그림 6에서 볼 수 있듯이 ①, ②, ③, ④, ⑤ 순서로 이동하게 된다. 불안정한 경우인 unstable swing의 경우 그림 5에서 ⑤ 지점에서 A의 면적이 B의 면적을 초과하므로 유효전력이 UEP를 통과하게 되는 것을 볼 수 있다. 이와 마찬가지로 그림 6의 복소전력의 궤적 또한, UEP_{PQ}를 통과하는 것을 확인할 수 있다.

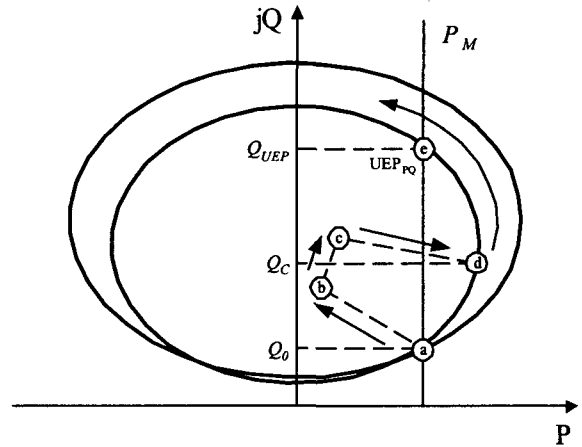


그림 6 불안정한 경우의 복소전력의 궤적
Fig. 6 The Complex power in the case of an unstable swing

3.2 기계적 입력의 추정

발전기의 기계적 입력은 계통에서의 고장이나 발전기 트립, 또는 부하차단등에 의하여 급격하게 변화하지는 않는다 [12]. 다음 그림 7에서 볼 수 있듯이 (a)와 같이 전기적 출력이 P_{e1} 에서 P_{e2} 로 급격하게 변화하는 경우, 기계적 입력은 (b)와 같이 P_{m1} 에서 P_{m2} 로 서서히 변화한다.

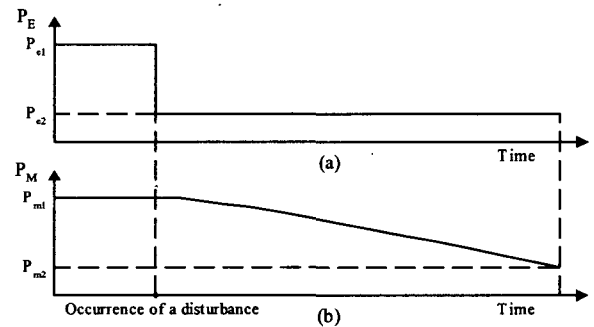


그림 7 전기적 출력이 급격히 변화할 경우 기계적 입력의 변화
(a) 전기적 출력. (b) 기계적 입력.
Fig. 7 The response of the mechanical power when the electrical power decreases suddenly
(a) The electrical power. (b) The mechanical power.

전기적 출력에 비하여 기계적 입력의 변화가 느리므로 고장 발생 등에 의한 전력동요 현상 발생시, 기계적 입력의 동요현상은 전기적 출력에 비하여 작다. 다음 그림 8은 고장 발생시 전기적 출력의 동요현상 (a)와 기계적 입력의 동요현상 (b)를 보여주고 있다.

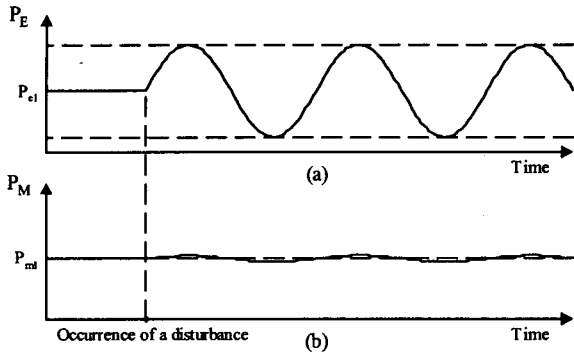


그림 8 전력동요현상 발생시 기계적 입력의 변화
(a) 전기적 출력, (b) 기계적 입력.
Fig. 8 The response of the mechanical power when the electrical power swing occurs
(a) The electrical power. (b) The mechanical power.

기계적 입력의 변화속도가 전기적 출력에 비하여 느리므로 저역 통과 필터를 이용하여 기계적 입력을 추정할 수 있다. 다음 그림 9는 전기적 출력을 저역통과 필터인 2차 Butterworth 필터를 이용하여 기계적 입력을 추정한 결과를 보여주고 있다.

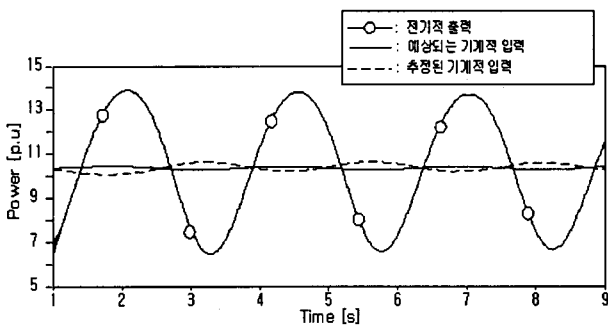


그림 9 전력동요 현상 발생시 유효전력을 이용하여 추정된 발전기 입력
Fig. 9 The mechanical power estimation using electrical power when power swing occurs

3.3 복소전력 변화율을 이용한 동기탈조 검출 알고리즘

다음 그림 10과 11, 12는 안정된 전력동요 현상과 불안정한 전력동요 현상인 동기탈조 현상발생시 전력-상차각 곡선 (P-δ)과, 복소전력의 궤적(Q-P), 무효전력의 변화량-유효전력(ΔQ-ΔP)의 변화량을 보여주고 있다.

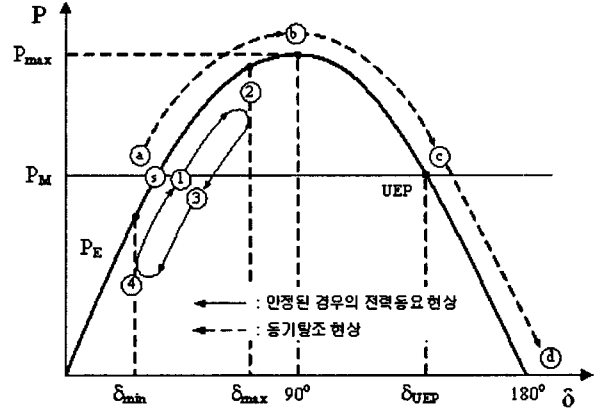


그림 10 전력동요 현상(안정한 경우와 불안정한 경우) 발생시 전력-상차각 곡선
Fig. 10 The trajectory of the power-angle in the case of stable and unstable power swings

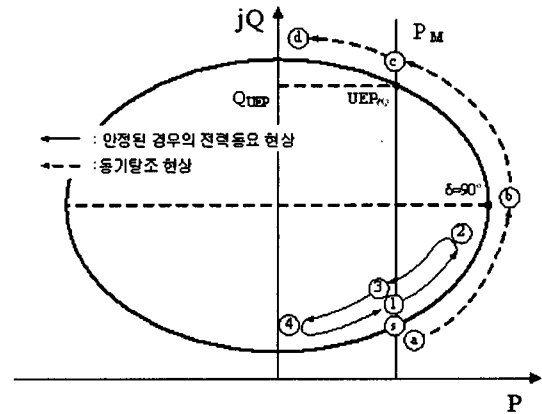


그림 11 전력동요 현상(안정한 경우와 불안정한 경우) 발생시 복소전력의 궤적
Fig. 11 The trajectory of the complex power in the case of stable and unstable power swings

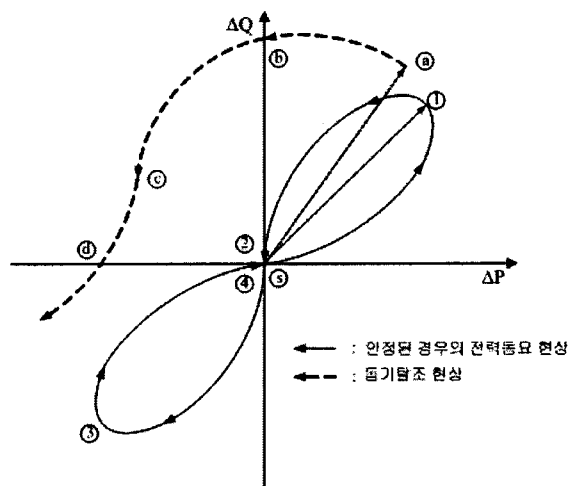


그림 12 전력동요 현상(안정한 경우와 불안정한 경우) 발생시 복소전력의 시간당 변화율 곡선
Fig. 12 The trajectory of the difference-values of the complex power in the case of stable and unstable power swings

⑤ 지점의 안정된 상태에서 운전 되고 있던 계통에 외란이 발생하여 전력동요 현상이 발생되게 되면 안정된 경우는 ①로, 동기탈조 현상의 경우는 ④로 이동하게 된다. 안정된 전력동요 현상이 발생한 경우 그림 10, 11, 12에서 ①, ②, ③, ④ 순으로 궤적이 이동하게 되며, 동기탈조 현상 발생시에는 ④, ③, ②, ① 순으로 궤적이 이동하게 된다. 상차각 δ 가 UEP 지점을 통과하게 되면 무효전력과 유효전력의 변화를 곡선은 그림 12의 2사분면에 위치하게 되고 전기적 출력 P_E 가 기계적 입력인 P_M 을 초과하게 되면 그림 12의 ③ 지점에 위치하게 된다. 이를 이용하여 동기탈조 시점은 전기적 출력 P_E 가 기계적 입력인 P_M 을 초과하고 $\Delta Q > 0$ 이고 $\Delta P < 0$ 인 지점에서 검출하면 된다.

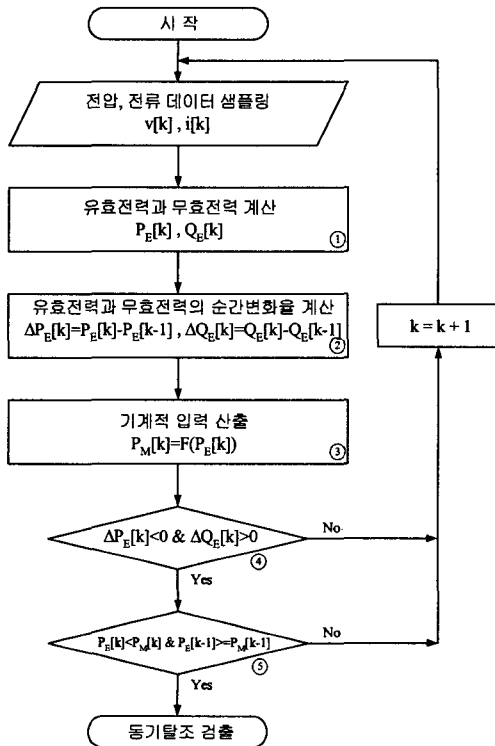


그림 13 동기탈조 검출 순서도
Fig. 13 Flow chart for the out-of-step detection

그림 13은 동기탈조 검출 알고리즘의 순서도를 보여주고 있다. 계통에서 측정된 전압과 전류는 ①번 블록에서 발전기 전기적 출력인 유효전력과 무효전력으로 계산된다. 이렇게 계산된 유효전력과 무효전력을 이용하여 ②번 블록에서 복소전력의 순간 변화율(ΔQ , ΔP)을 계산한다. ③번 블록에서는 발전기 전기적 출력과 필터를 이용하여 발전기 기계적 입력을 산출한다. 상기 ②, ③번 블록에서 계산된 복소전력의 순간 변화율과 기계적 입력을 이용하여 ④, ⑤번 블록에서 동기탈조 상황을 검출한다.

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 방법

복소전력의 시간당 변화율을 이용하여 동기탈조를 검출하

기 위한 알고리즘의 검증에 위하여 시뮬레이션에 사용된 계통은 그림 14의 (a) 및 (b)와 같으며 계통 전압은 345kV이고 Relay는 BUS1에 연결되어 있다. BUS1과 BUS2 사이의 거리는 100km이며 (a)의 경우 50km 지점인 A지점에서 1회선 3상 고장이 발생하였다. BUS1과 BUS2의 초기 상차각은 30° 이며 고장 발생 후 지속시간을 각각 변화시켜 시뮬레이션 하였다. 또한 위와 같은 조건에서 다음 그림 14의 (b)와 같이 50km지점인 A지점과 B지점에서 동시에 고장 나는 경우인 병행 송전선로 고장의 경우, 고장 발생 후 15주기 동안 고장이 지속되는 경우를 시뮬레이션 하여 병행 선로 고장 조건 시 본 알고리즘을 검증하였다. 이후, 새로이 제시된 알고리즘의 우수성을 판별하기 위하여 같은 조건에서 R-X 궤적 추적을 통한 single blinder형 동기탈조 알고리즘을 적용하여 두 알고리즘의 동기탈조 검출 시간을 비교 하였다. 계통상에 사용된 발전기 G1은 EMTP Type-59 동기기 모델과 TACS를 사용한 조속기, 여자기 모델을 사용하여 22kV 전압과 6300MVA 용량의 울진 N/P를 모델링하였다[7-11].

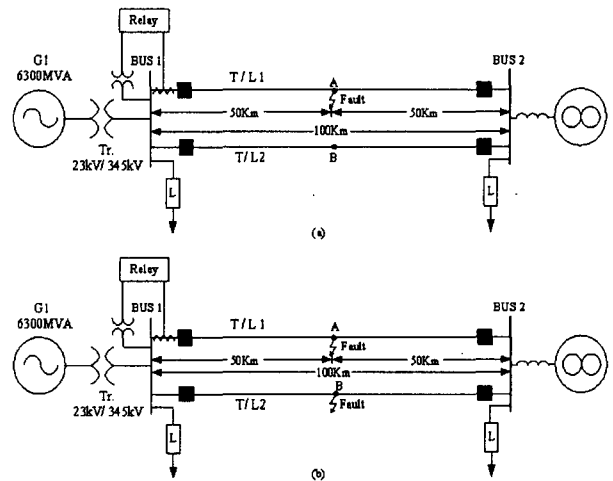


그림 14 1기 무한모선계통 모델
(a) A지점 고장 (b) A, B 지점 고장
Fig. 14 Model of one machine infinite bus(OMIB)
(a) Point A fault (b) Point A and B faults

4.2 시뮬레이션 결과

4.2.1 A 지점 고장 시 고장지속시간 15주기의 경우

그림 14의 (a)와 같은 계통 모델에서 A지점 고장 발생 시, 다음 그림 15에서 복소전력의 변화율인 ΔP 가 (+), ΔQ 가 (-)로 변하는 지점에서 동기탈조 현상이 검출됨을 확인할 수 있다. 다음 그림 16는 복소평면상에서 복소전력의 궤적과 필터를 이용하여 산출된 발전기 기계적 입력을 이용하여 SEP와 UEP 지점이 검출됨을 보여주고 있다. 다음 그림 17은 동기탈조가 검출 되는 지점에서의 실제 발전기 각이 125° 임을 보여주고 있다.

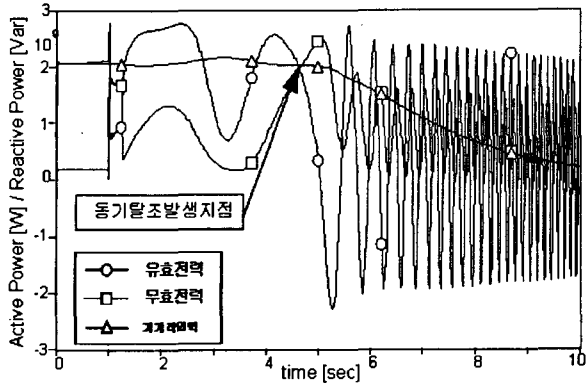


그림 15 동기탈조 현상 발생시 시간에 따른 전력의 변화 (A지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 15주기)

Fig. 15 Time-voltage variation at out-of-step situation when one line fault (Point A fault, Fault appearance 1sec, Fault clearance 15 cycle)

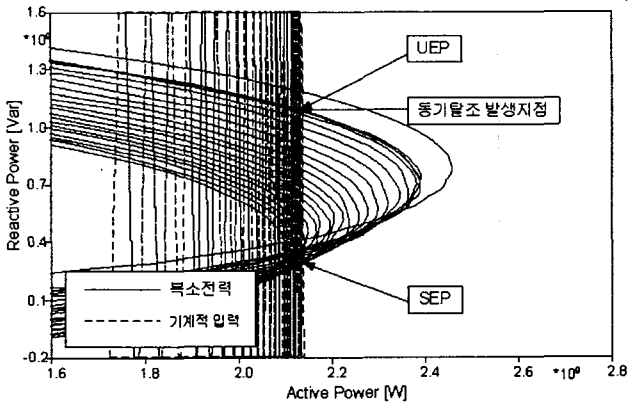


그림 16 복소평면상에서 복소전력과 기계적 입력의 궤적 (A지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 15주기)

Fig. 16 Complex power and generator mechanical power locus in complex plain (Point A fault, Fault appearance 1sec, Fault clearance 15 cycle)

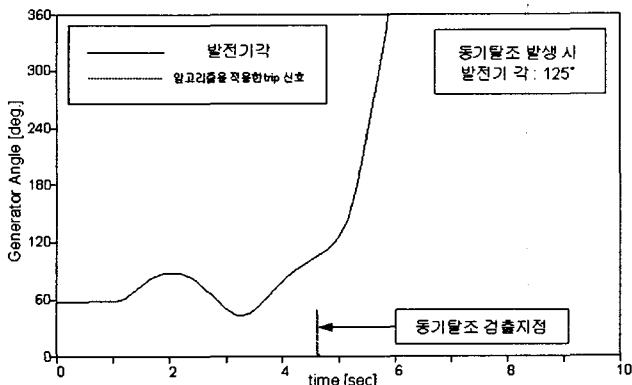


그림 17 시간에 따른 실제 발전기 각도변화와 알고리즘을 적용한 동기탈조 검출 신호 (A지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 15주기)

Fig. 17 Time-Generator Angle and out-of-step trip signal using detection algorithm (Point A fault, Fault appearance 1sec, Fault clearance 15 cycle)

4.2.2 A지점 고장 시 고장지속시간 20주기의 경우

고장지속시간 20주기의 경우 전력동요 현상 발생 후 즉시 동기탈조 현상이 발생됨을 다음 그림 18을 통하여 확인할 수 있다. 20주기 또한 그림 18에서 복소전력의 변화율인 ΔP 가 (+)로 ΔQ 가 (-)로 변하는 지점에서 동기탈조 현상이 검출됨을 확인할 수 있다. 다음 그림 19는 복소평면상에서 복소전력의 궤적과 필터를 이용하여 산출된 발전기 기계적 입력을 이용하여 SEP와 UEP 지점이 검출됨을 보여주고 있다. 다음 그림 20에서의 실제 발전기 각이 118.5° 에서 동기탈조 현상이 검출됨을 확인할 수 있다.

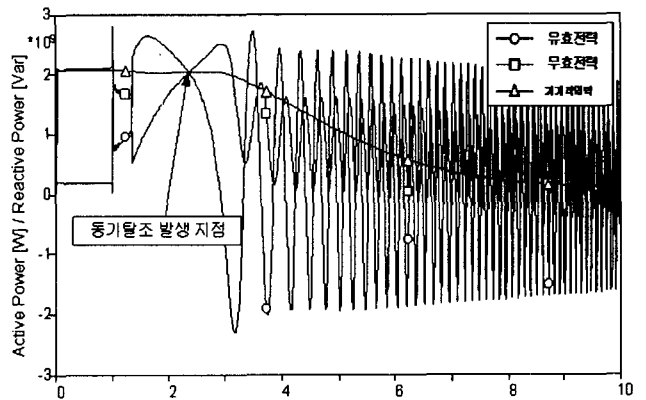


그림 18 동기탈조 현상 발생시 시간에 따른 전력의 변화 (A지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 20주기)

Fig. 18 Time-voltage variation at out-of-step situation when one line fault (Point A fault, Fault appearance 1sec, Fault clearance 20 cycle)

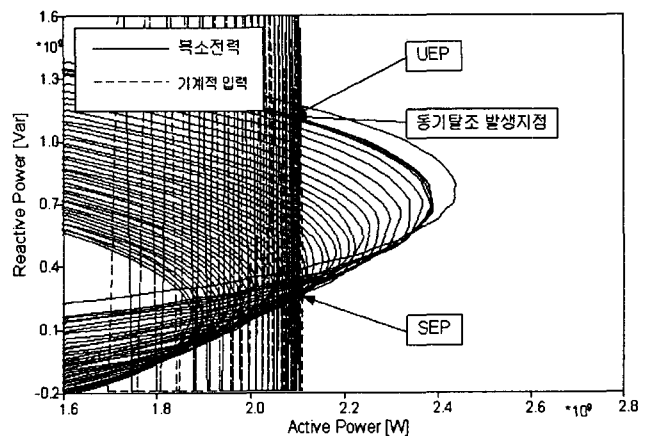


그림 19 복소평면상에서 복소전력과 기계적 입력의 궤적 (A지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 20주기)

Fig. 19 Complex power and generator mechanical power locus in complex plain (Point A fault, Fault appearance 1sec, Fault clearance 20 cycle)

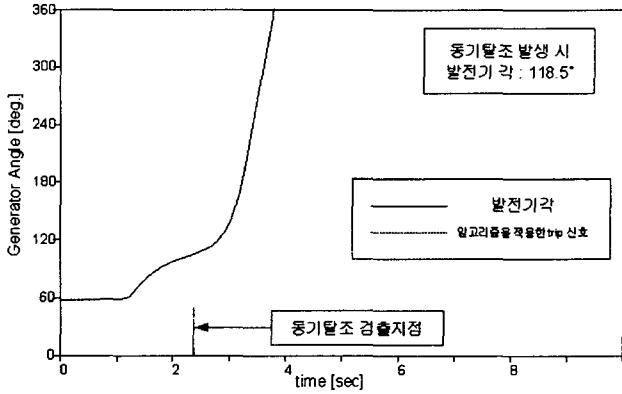


그림 20 시간에 따른 실제 발전기 각도변화와 알고리즘을 적용한 동기탈조 검출 신호
(A지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 20주기)
Fig. 20 Time-Generator Angle and out-of-step trip signal using detection algorithm
(Point A fault, Fault appearance 1sec, Fault clearance 20 cycle)

4.2.3 A 및 B지점 고장 시 고장지속시간 15주기의 경우

2회선 고장 발생 시 1회선 고장 발생에 비하여 빠르게 동기탈조 현상이 발생됨을 다음 그림 21과 그림 22를 통하여 확인할 수 있다. 병행 선로 고장 시 또한 그림 21에서 복소전력의 변화율인 ΔP 가 (+)로 ΔQ 가 (-)로 변하는 지점에서 동기탈조 현상이 검출됨을 확인할 수 있다. 그림 22는 병행선로 고장 시 복소평면상에서 복소전력의 궤적과 필터를 이용하여 산출된 발전기 기계적 입력을 이용하여 SEP와 UEP 지점이 검출됨을 보여주고 있다. 다음 그림 23은 실제 발전기 각이 106.2°에서 동기탈조 현상이 검출됨을 보여주고 있다.

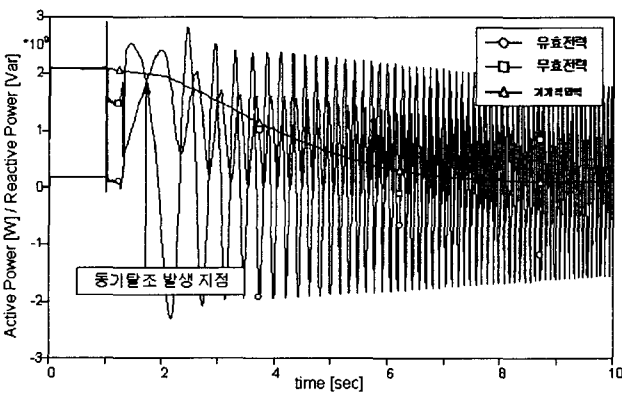


그림 21 동기탈조 현상 발생 시 시간에 따른 전력의 변화
(A, B지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 15주기)
Fig. 21 Time-voltage variation at out-of-step situation when one line fault
(Point A, B faults, Fault appearance 1sec, Fault clearance 15 cycle)

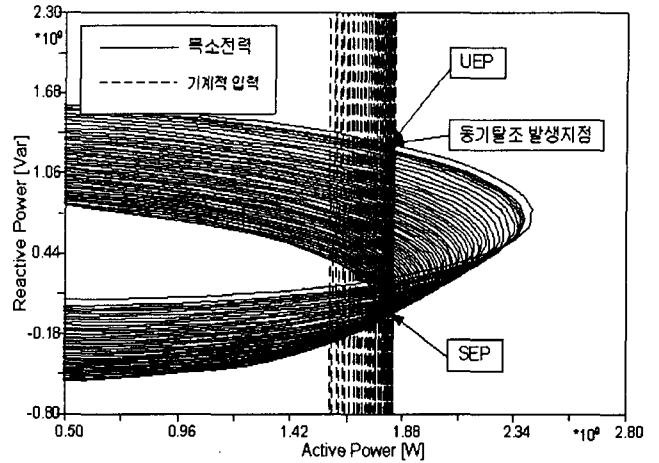


그림 22 복소평면상에서 복소전력과 기계적 입력의 궤적
(A, B지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 15주기)
Fig. 22 Complex power and generator mechanical power locus in complex plain
(Point A, B faults, Fault appearance 1sec, Fault clearance 15 cycle)

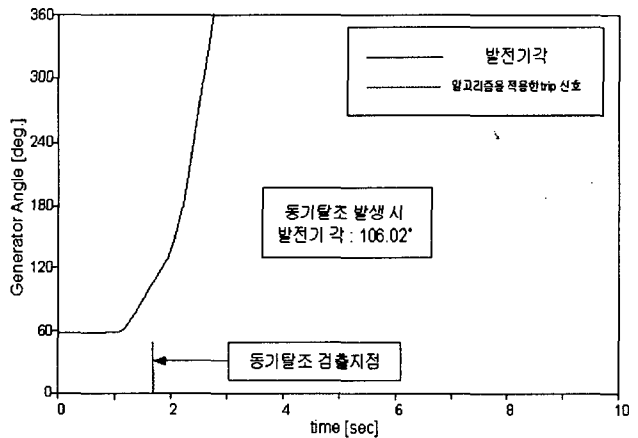


그림 23 시간에 따른 실제 발전기 각도변화와 알고리즘을 적용한 동기탈조 검출 신호
(A, B지점 고장 발생, 고장 발생시간 1초, 고장지속시간 15주기)
Fig. 23 Time-Generator Angle and out-of-step trip signal using detection algorithm
(Point A, B faults, Fault appearance 1sec, Fault clearance 15 cycle)

4.2.4 기존 동기탈조 검출 알고리즘과 새로운 동기탈조 검출 알고리즘의 비교

동일한 조건에서 R-X 평면상에서 피상 임피던스 궤적을 통한 single blinder 방법을 사용한 경우와 위에서 제시된 복소전력 변화율을 이용한 방법을 비교하여 정리하면 다음 표 1과 같다.

표 1 기존 동기탈조 검출 알고리즘과 비교
Table 1 Comparisons with conventional out-of-step Relay

| 고장지속 시간 | 기존의 알고리즘 | | 새로운 알고리즘 | |
|------------|----------|-------|----------|-------|
| | 발전기 각 | 검출 시간 | 발전기 각 | 검출 시간 |
| 15 주기 | 222.5° | 5.22초 | 125° | 4.61초 |
| 20 주기 | 225.6° | 3.02초 | 113.5° | 2.04초 |

표 1에서 볼 수 있듯이 새로이 제시된 동기탈조 검출 알고리즘이 기존의 R-X 평면에서 single blinder를 사용한 경우보다 더욱 빠르고 안정적인 발전기 각에서 동기탈조 상황을 검출할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 Part I에서 언급된 복소평면에서의 복소전력의 궤적변화를 이용하여 과도안정도를 고려한 동기탈조 검출 알고리즘을 제시하였다. 계전점에서의 측정된 복소전력의 이전 값과 현재 값을 이용하여 복소전력의 시간당 변화율을 측정하였다. 또한 계전점에서 측정된 유효전력을 2차 Butterworth 필터를 이용하여 발전기 기계적 입력을 추정하였다. 이 두 가지를 이용하여 과도안정도를 고려한 복소전력의 궤적에서 UEP 지점을 정확히 검출하여 동기탈조 발생 지점을 검출 하였다.

본 논문에서 제시된 동기탈조 검출 알고리즘은 R-X 평면에서 피상 임피던스의 궤적 추적을 이용한 기존의 방법에 비하여 빠른 속도로 정확하게 동기탈조 지점을 검출할 수 있으며, 이는 계통상에서 안정도 유지를 위한 이점을 제공한다.

결과적으로 제시된 알고리즘을 사용하여 계통상에서의 동기탈조현상에 정확히 대처하고 계전기 오동작을 방지함으로써 안정적이고 신뢰성 있는 계통운영이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Demetrios Tziouvaras, "Power System Stability and Relaying", IEEE PSRC Meeting, Jan. 2003.
- [2] P. M. Anderson, Power System Protection, IEEE Press, 1997, pp. 853-905.
- [3] Gustav Steynberg, "Power Swing Detection", SIEMENSAG PTD SIPROTEC4, Mar. 2001.
- [4] Virgilio Antonio Centeno Zaldivar, "Adaptive Out-of-Step Relaying with Phasor Measurement", Ph.D. dissertation, Univ. Virginia, 1995.
- [5] Liu Chih-Wen, "Adaptive Out-of-Step Relaying Algorithms Based on Synchronized Phasor Measurements : Real-time Transient Stability Prediction and Transiently Chaotic Swing Detection", Ph.D. dissertation, Univ. Cornell, 1994.
- [6] V. Centeno, A. G. Phadke, A. Edris, J. Benton, M. Gaudi, G. Michel, "An Adaptive Out-of-Step Relay", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 12, no. 1, pp. 61-71, Jan. 1997.
- [7] Chul-Hwan Kim, Myung-Hee Lee, R. K. Aggarwal, A. T. Johns, "Educational Use of EMTP MODELS for the Study of a Distance Relaying Algorithm for Protecting Transmission Lines", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 15, no. 1, pp. 9-15, Feb. 2000.
- [8] J.Y. Heo, C.H. Kim, R.K. Aggarwal, "Simulation of the Distance Relay using EMTP MODELS", KIEE International Transactions on Power Engineering, vol. 4-A, no. 1, pp. 26-32, Mar. 2004.
- [9] Sang-Pil Ahn, Chul-Hwan Kim, R. K. Aggarwal, A. T. Johns, "An Alternative Approach to Adaptive Single Pole Auto-reclosing in High Voltage Transmission Systems based on Variable Dead Time Control", IEEE Tran. on Power Delivery, vol. 16, no. 4, pp. 676-686, Oct. 2001.
- [10] Chul-Hwan Kim, Hyun Kim, Young-Hun Ko, Sung-Hyun Byun, R. K. Aggarwal, A. T. Johns, "A Novel Fault-detection Technique of High-Impedance Arcing Faults in Transmission Lines using the Wavelet Transform", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 17, no. 4, pp. 921-929, Oct. 2002.
- [11] C. H. Kim, J. Y. Heo, R. K. Aggarwal, "An Enhanced Zone 3 Algorithm of a Distance Relay using Transient Components and State Diagram", IEEE Tran. on Power Delivery, vol. 20, no. 1, pp. 39-46, Jan. 2005.
- [12] Jan Machowski, Janusz W. Bialek, James R. Bumby, Power System Dynamics and Stability, John Wiley & Sons inc., 1998, pp. 215-234.

저 자 소 개



권 오 상 (權五相)

1978년 1월 13일생. 2003년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 현재 동 대학원 전자전기공학과 석사과정, 차세대전력기술연구센터

Tel : 031-290-7166

Fax : 031-290-7955

E-mail : dinosur@hanmail.net



허 정 용 (許禎容)

1974년 12월 28일생. 2000년 성균관대 전자공학과 졸업. 현재 동 대학원 전자전기공학과 박사과정, 차세대전력기술연구센터

Tel : 031-290-7166

Fax : 031-290-7955

E-mail : rc1901@hanmail.net



김 철 환 (金喆煥)

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 성균관대 정보통신공학부 교수, 차세대전력기술연구센터

Tel : 031-290-7124

Fax : 031-290-7179

E-mail : chkim@skku.edu