

EMTP-MODELS를 이용한 Multi-Agent System 기반의 주파수 계전 알고리즘 구현

論文

56-12-3

Implementation of Frequency Relaying Algorithm based on Multi-Agent System using EMTP-MODELS

李秉炫* · 呂相敏† · 金喆煥**

(Byung-Hyun Lee · Sang-Min Yeo · Chul-Hwan Kim)

Abstract – The primary objective of all power systems is to maintain the reliability and to minimize outage time for fault or the others. The frequency relaying algorithm perceives a variation of system frequency and thereafter detects the unbalance between generation and load. A multi-agent system is composed of multiple interacting computing elements that are known as agents. In this paper, frequency relaying algorithm is designed by multi-agent system and is implemented by EMTP-MODELS. To verify performance of the frequency relaying algorithm based on multi-agent system, simulations by EMTP have been carried out.

Key Words : Multi-Agent System, Agent, Frequency Relaying, EMTP

1. 서 론

전력 계통의 주요 목표는 모든 전력 계통들이 매우 높은 수준의 연속성을 가진 서비스를 유지하는 것이고, 어떠한 원인에 의해 서비스를 유지할 수 없는 상태가 발생하면, 정전 시간을 최소화하는 것이다[1]. 그리고 보호 계전 시스템의 목적은, 어떠한 외란이 발생하였을 때 정상 상태에서 이탈하여 동작하는 계통 설비를 전체 계통에서 신속하게 분리하는 것이다.

주파수 계전기는 주파수의 변화를 감지하고 적절한 계전 동작을 수행하는 계전기이다. 과부하 상태에서는 발전량 부족에 의하여 발전기 회전자의 속도가 감소하여 계통의 주파수가 저하하게 되는데, 주파수 계전에 의하여 계통의 안정도를 유지할 수 있는 해결책은 저주파수 감지 이후의 선택적인 부하 차단이다. 부하 차단은 조속기에 의해 발전기가 반응할 수 있는 시간을 제공한다. 반면에, 발전량 과잉 상태에서는 상술된 내용과 반대의 현상이 발생하며, 주파수 계전기의 과주파수 감지 이후 발전기의 트림을 통해 주파수를 안정화시킬 수 있다.

계통에서 발생하는 심각한 외란은 때때로 대전원 탈락과 같은 중대 사고를 일으키는 원인이 된다. 이는 결국 계통 전체에 과급 효과를 일으킴으로써 계통 조류의 급격한 변화를 가져온다. 조류의 급격한 변화는 어떤 선로에 과부하를 발생시킬 수 있으며, 이 경우 인접한 모선에서의 연속적인 트림에 의한 계통 분리 현상을 초래할 수 있게 된다. 계통

이 분리되어 단독 운전 현상이 발생한 계통은 일반적으로 발전량과 부하량의 불균형을 이루기 때문에, 비정상 주파수 상태가 되어 계통의 안정 운전을 저해하고 정상적인 전력 공급을 어렵게 한다[2].

멀티에이전트 시스템이란, 자율적으로 동작하는 에이전트들로 구성되어, 에이전트 간의 상호작용을 통하여 어떠한 목적을 달성하기 위해 구축된 시스템이다. 멀티에이전트 시스템은 보호 계전 시스템에서 요구되는 자동적인 계전기의 보호 동작, 계통 변화에 효과적으로 유연하게 대처할 수 있는 계전기의 적응성, 그리고 보호 협조 시에 고려될 수 있는 계전기의 사회성(Social ability)을 만족시킬 수 있는 특징을 갖고 있다.

그러므로 멀티에이전트 시스템을 이용하여 기존의 보호 계전 시스템을 설계함으로써, 시스템의 유연성을 증가시킬 수 있다. 또한 계전 알고리즘들을 새롭게 추가할 경우, 구축된 에이전트 간의 동작을 이용하여 구현함으로써 보호 계전 시스템 내에서 여러 가지 알고리즘의 통합성을 증진시키는 등의 새로운 가능성을 만들 수 있다는 의의가 있다.

본 논문에서는 멀티에이전트 개념을 도입함으로써 에이전트 간의 의사 결정을 통하여 구현된 새로운 주파수 계전 알고리즘을 제안하고자 한다. 또한, 제안된 알고리즘의 동작 사항 및 성능을 검증하기 위해 전자기파도현상 해석 프로그램인 EMTP-MODELS를 이용하여 제안된 알고리즘을 구현하고, 대상 계통을 선정하여 모의를 수행하였다.

2. 멀티에이전트를 이용한 보호계전 시스템 설계

멀티에이전트를 이용하여 보호계전 시스템의 구조를 구축하기 위해서는 다음의 세 가지 단계를 거쳐야 한다[3].

- ① 개념론적 단계(conceptualization phase)
- ② 해석 단계(analysis phase)
- ③ 설계 단계(design phase)

* 學生會員 : 成均館大學校 情報通信工學部 工碩

† 教練저자, 正會員 : 成均館大學校 情報通信工學部
博士課程

E-mail : harc@chollian.net

** 終身會員 : 成均館大學校 情報通信工學部 教授 · 工博

接受日字 : 2007年 9月 7日

最終完了 : 2007年 10月 31日

개념론적 단계에서는 구축할 시스템에 대한 정의, 목적 및 구성요소에 대한 이해 및 분류 과정이 포함된다. 해석단계는 보호계전 시스템의 해석을 통하여 구축될 시스템의 요구사항을 우선적으로 기술하는 것이다. 또한 설계 단계는 해석 단계에서 정리된 동작 과정에서 필수적인 요소들을 찾고, 시스템의 내부적인 역할을 적절한 에이전트에게 분담한 뒤, 에이전트 간의 상호 관계를 정의하는 단계이다.

본 논문에서는 위의 3단계에 의하여 보호계전 시스템의 기능을 다음과 같이 분류하고 설계하였다[4-9].

기능적인 구성 요소들을 통해 멀티에이전트 시스템을 구성하는 에이전트들의 역할 모델을 기술하면 다음과 같다. 에이전트들의 역할 모델은 설계 대상, 설계자 등에 따라 다양하게 구성될 수 있다.

- ① 장비 에이전트(Equipment Agent) : 센서와 차단기 등의 역할. 데이터 취득 및 전달. 차단기 동작 가능.
- ② 계전기 에이전트(Relay Agent) : 실제 계전기의 역할 수행. 단독 동작은 물론 다른 계전기 에이전트 간의 보호 협조.
- ③ 정정 에이전트(Setting Agent) : 계통 상태를 진단. 계통 변화에 따라 계전기 에이전트들을 조정.
- ④ 감시 에이전트(Monitoring Agent) : 장비 에이전트로부터 계통 데이터를 취득. 데이터를 확인할 수 있는 사용자 인터페이스 역할.
- ⑤ 진단 에이전트(Diagnosis Agent) : 정정 에이전트에서 이루어진 상태 진단 결과를 확인할 수 있는 사용자 인터페이스 역할. 비정상 상태시 경보 발생.

다음 그림 1은 멀티에이전트 시스템의 구조 및 에이전트들 간의 관계를 나타낸 것이다. 크게 사용자 인터페이스 에이전트와 업무 에이전트로 구분할 수 있으며, 화살표는 에이전트 간의 통신에 대한 방향성을 제시한다.

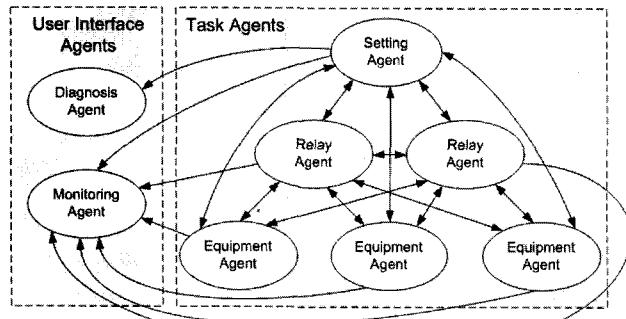


그림 1 구축된 멀티에이전트 보호계전 시스템의 구조
Fig. 1 Structure of implemented protection system based on MAS

멀티에이전트 보호계전 시스템 내의 모든 에이전트들은 할 수 있는 일과 할 수 없는 일을 구분해야 하며, 즉, 모든 에이전트는 자신들의 동작 범위 한계를 갖도록 설계되어야 한다[9]. 따라서 본 논문에서는, 다음과 같은 가정을 적용하였다.

- (1) 정정 에이전트는 그룹 내의 계전기 에이전트와 진단 에이전트에게만 문제 해결 방법을 알린다.
- (2) 계전기 에이전트마다 대응되는 장비 에이전트가 존재 한다.
- (3) 계전기 에이전트는 자신의 정정 에이전트의 문제 해결 방법에 간섭할 수 없다.
- (4) 계전기 에이전트는 실제 제어를 수행하기 전에 반드시 주변 계전기 에이전트에게 알린다.

(1) 번 가정은, 정정 에이전트는 자신의 그룹만을 제어할 수 있음을 의미한다. 하지만, 에이전트 그룹 간의 협력적인 문제 해결 과정에서는 정정 에이전트가 계전기 에이전트에게 문제 해결 방법을 알림으로써 다른 정정 에이전트에 간접적으로 문제 해결 방법을 전달하는 것은 가능하다. 그리고 (2) 번 가정은, 계전기 에이전트와 장비 에이전트는 절대로 분리되어 존재할 수 없다는 것을 의미한다. (3) 번 가정은, 정정 에이전트가 계전기 에이전트에 의해 문제 해결의 관점에서 상위에 속함을 의미한다. 이것은 그룹 내의 계전기 에이전트들의 문제 해결 과정에서 정정 에이전트가 조정의 역할을 수행해야 하기 때문이다. (4) 번 가정은 실제 제어(장비 에이전트에 제어를 요청하는 것)가 이루어지기 전에, 인접한 계전기 에이전트들이 영향을 받을 수 있기 때문에 보호 계전 시스템에서 필수적인 가정이라고 할 수 있다.

3. 멀티에이전트 주파수 계전 알고리즘

전술한 멀티에이전트 보호계전 시스템을 주파수 계전 알고리즘에 적용하여 멀티에이전트 기반의 주파수 계전 알고리즘을 제안하고자 한다.

3.1 주파수 계전과 주파수 안정도

전술한 바와 같이 주파수 계전기는 주파수의 변화를 감지하여 적절한 계전 동작을 수행한다. 주파수 계전에 의하여 계통의 안정도를 유지하기 위해 선택되는 해결책은 저주파수 현상이 발생할 경우, 선택적인 부하 차단을 시행하는 것이다. 만약 과주파수 현상이 발생하게 되면 발전기의 트립을 통해 주파수를 안정화시킨다.

주파수 안정도는 전력 계통이 발전량과 부하량의 불균형의 결과를 일으키는 외란에 대해서 정상 주파수 동작 범위 내에서 안정한 주파수를 유지하는 능력이다[10]. 따라서, 주파수 안정도는 단독 운전 계통 내에서 가장 적은 부하 그리고 발전량의 상실을 가지고 발전량과 부하량의 균형을 회복하는 능력과 관련이 있다.

주파수 계전기의 용융과 설치 방법은 표준화 되어있지 않기 때문에, 반드시 실험이나 법규 등으로 사고 가능성과 최악의 경우를 고려하여야 한다[11]. 우리나라의 경우, 주파수 계전기들은 주파수의 감소에 따라 부하가 확실히 차단될 수 있게 하기 위해 다중 동작 주파수 단계를 가지고 있다.

3.2 에이전트들의 의사 결정 방법

본 논문에서 제안한 에이전트들은 발전단과 부하단의 두 그룹으로 정의되었으며, 각 그룹의 정정 에이전트들은 동기 탈조 및 주파수 변화에 대하여 적절한 계전 동작을 위해 자

신의 그룹 및 다른 그룹의 계전기 에이전트를 통해서 계통의 변화 가능성을 인지하고, 장비 에이전트들과의 통신을 통해 자신의 계전기 에이전트들의 차단기 동작시간, 부하 차단량을 조정하는 역할을 한다.

조류의 변화를 감지하기 위한 방법으로 시간에 대한 전력의 변화율이나, 조류의 방향 등을 고려할 수 있다. 그리고, 계통 분리의 방지를 위한 해결 방법은, 계통 간을 연결하는 tie line을 트립 시키는 CB가 동작하기 전에 조류의 변화를 완화시키는 것이다. 따라서, 본 논문에서는 tie line의 연결을 제어하는 장비 에이전트가 연결된 계전기 에이전트를 통해 조류의 변화를 감지하면, 인접 계통의 모선에 연결된 계전기 에이전트에 부하 차단을 요청하여 계통 분리를 야기시킬 수 있는 조류의 변화를 허용 가능한 동작 범위 내로 조정하도록 하는 방법을 사용하였다. 차단될 부하량의 계산 방법은 참고문헌 [12]에서 제시된 방법을 사용하였다.

상술된 문제 해결 방식을 에이전트들의 의사 결정 순서에 따라 나타내면 그림 2와 같다. 여기에서는 사용자 인터페이스 에이전트들의 동작은 고려하지 않는다. 원 안의 번호는 순서를 나타낸다.

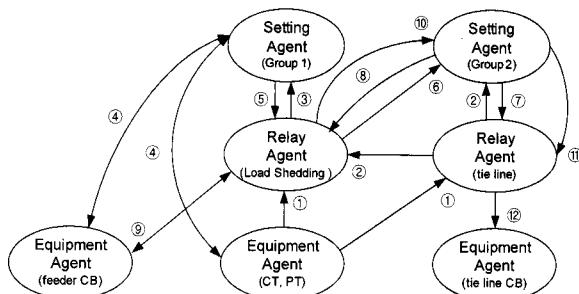


그림 2 에이전트들의 의사 결정 과정

Fig. 2 Decision-making procedure of agents

각 순서의 내용은 다음과 같다.

- ① 전압, 전류 정보 전달
- ② tie line 트립 예정 알림 및 문제 해결 방법 요청
- ③ tie line 트립 이외의 문제 해결 요청
- ④ 부하 차단량 계산과 부하 연결 상태에 따른 문제 해결 방법 확인
- ⑤ 부하 차단을 통한 문제 해결 방법 알림
- ⑥ tie line 트립 예정 보류 요청 및 동의
- ⑦ tie line 트립 예정 보류 요청
- ⑧ 부하 차단 요청
- ⑨ 부하 차단 요청 및 확인
- ⑩ tie line 트립 중지 요청
- ⑪ tie line 트립 예정 요청
- ⑫ tie line 트립 예정 제거

3.3 에이전트간의 통신

본 연구에서는 두 에이전트 간의 통신 내용을 다음과 같은 표현 방식으로 간단히 표현한다:

(performative) : Sender_Agent → Receiver_Agent

메시지를 전송하는 에이전트의 의도는 (performative)을 통해 구분되며, 본 연구에서 사용된 수행문은 다음과 같다.

Inform(알리다) : 어떠한 정보를 수신 에이전트에게 전달하는 데 사용한다. 사용되는 경우는 주로 장비 에이전트 → 계전기 에이전트 측과, 정정 에이전트 → 계전기 에이전트 측으로의 통신에서 나타난다.

Request(요청하다) : 수신 에이전트가 어떠한 행동을 취해주기를 요청하는 데 사용한다. 예를 들어서, 정정 에이전트가 계전기 에이전트에 요청하는 것은, 결과적으로 계전기 에이전트의 동작을 조정하는 역할을 한다.

Propose(제안하다) : 계전기 에이전트가 자신의 그룹이 아닌 다른 정정 에이전트의 행동에 영향을 줄 때 사용한다. 하지만, 자신의 그룹의 정정 에이전트에게 제안할 것을 요청받지 못하면 이 행동을 취할 수 없다. 즉, 제안하는 에이전트가 속한 그룹 내의 결정 사항을 다른 그룹의 정정 에이전트에게 전달하는 것이 된다. 이 행동은 여러 에이전트 그룹이 협력하여 문제를 해결해야 할 때 사용된다.

Confirm(확인하다) : 정정 에이전트가 장비 에이전트를 통해 계통 연결 상태나 계통 파라미터를 확인할 때, 혹은 계전기 에이전트가 장비 에이전트에 제어 명령을 내리고 나서 결과를 확인할 때, 요청 받은 장비 에이전트 측에서 사용하는 수행문이다.

Agree(동의하다) : 제안을 받은 정정 에이전트가, 자신의 내부 규칙에 따라 제안 내용을 이해한 뒤, 제안대로 수행할 것을 송신한 계전기 에이전트에게 알릴 때 사용하는 수행문이다.

Refuse(거절하다) : Agree 수행문의 반대의 경우에 사용한다.

4. 시뮬레이션 및 결과

4.1 모델 계통

다음 그림 3은 본 논문에서 제안한 멀티에이전트 기반의 주파수 계전 알고리즘을 적용하고 성능을 검증하기 위한 모델 계통이다.

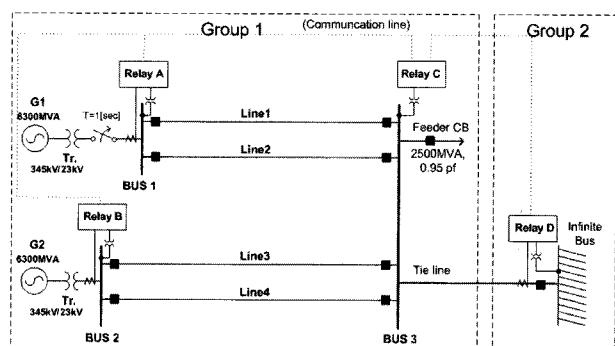


그림 3 모델 계통

Fig. 3 Model System

345kV 계통이고 동기발전기 G1과 G2는 BUS 1과 BUS 2에 연결되어 있다. 동기발전기는 EMTP Type-59 동기기 모델과 TACS를 이용한 조속기, 여자기 모델을 사용하여 23kV 전압과 6300MVA 용량의 울진 N/P의 발전기 모델을 모델링하였다. BUS 3에는 2500MVA(역률 0.95p.u.)의 부하를 연결시켰으며, 모든 선로의 길이는 100km이다. 동기발전기의 기계적 입력은 TACS 변수 U3PM과 U4PM를 MODELS로 입력 받아 출력하였고, 전기적 출력은 변압기의 1차 측 전류와 발전기 전압 신호를 MODELS로 입력 받아 DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용한 기본파 추출을 사용하여 전력을 계산하였다. 주파수 계산은 Clarke 변환과 demodulation을 이용한 방법[13]을 사용하였다.

계전기 A, B는 각각 G1, G2의 CB에 대응하고, 계전기 C는 feeder CB에 대응한다. 계전기 D는 Tie line의 CB에 대응하고, 계전기 A, B, C는 서로 통신이 가능하고, 계전기 D는 계전기 C와만 통신이 가능한 것으로 가정하였다. 시뮬레이션 방법은 1초에 G1과 BUS 1 사이의 선로를 개방시키는 대전원 탈락 사고를 모의하였다. 장비 에이전트(CT, VT)-계전기 에이전트 간의 통신 시간은 고려하지 않는다. 반면 계전기들 간의 통신은 매우 중요하다. 특히 멀티에이전트 시스템의 경우 각 에이전트간 통신을 통해 정보를 교환하고, 그러한 정보들을 통해 서로 협조, 동작이 이루어지기 때문에 더욱 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 생각할 수 있는 통신 시간은 매우 짧은 시간으로 가정할 수 있으나, 실제로는 통신망의 혼잡도, 물리적 상태 등에 따라 통신 시간은 다양하게 영향을 받는다. 또한, EMTP-MODELS를 이용한 알고리즘의 구현은 실제 통신을 적용할 수 없기 때문에 각 알고리즘이 정상적으로 동작하는지 검증하고, 확인하기 위해서는 적당한 통신 시간을 가정하는 것이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 각종 데이터 측정, 의사 결정, 각종 내부 처리 시간 등이 포함된 통신시간을 가정하였다. 제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 매우 짧은 통신 시간과 함께 비교적 긴 통신 시간을 적용하여 모의 실험을 수행하였으며, 본 논문에서는 같은 그룹 내의 에이전트 간에는 10[ms], 다른 그룹의 에이전트 간에는 20[ms] 그리고 부하 차단 동작이 이루어지는 시간은 100[ms]로 가정한 모의 결과를 제시하였다.

4.2 모의 결과

4.2.1 부하 제어가 수행되지 않을 경우

다음 그림 4는 계전기 D에서 계산된 전력 그래프이다.

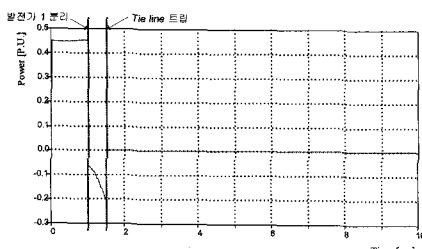


그림 4 계전기 D의 전력

Fig. 4 Power of relay D

그림 4를 통해서, 1초에 발전기 1의 분리로 인하여 전력 값의 부호가 음이 되면서 tie line에 역조류 현상이 발생하였

음을 알 수 있다. 따라서 계전기 D는 Group2의 전력 수급을 안정화하기 위하여 tie line을 트립 시킨다. 그러나 tie line의 트립 결과는 단독 운전 계통이 된 Group1의 비정상적 주파수 상태를 야기한다.

BUS 3에서의 전압 신호를 이용하여 계산된 주파수는 다음 그림 5와 같다.

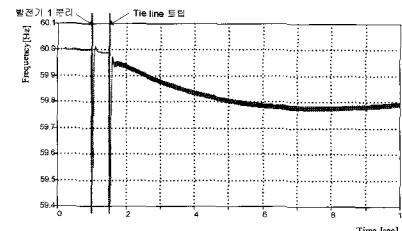


그림 5 BUS 3의 주파수

Fig. 5 Frequency of BUS 3

4.2.2 부하 제어가 수행되었을 경우

시뮬레이션 결과는 부하 차단 계전기 C와, tie line 계전기 D, 그리고 두 그룹의 정정 에이전트의 통신 결과 및 계통 제어 결과를 그래프를 통해 나타내었다. 계전기 에이전트와 장비 에이전트(CT, PT) 간의 통신은 항상 이루어진다고 가정하였기 때문에, 그래프에 포함 시키지 않는다.

계전기 C, D 에이전트의 통신은 다음 그림 5, 6과 같다. 그림을 통해서 시간에 따른 송수신 메시지의 내용을 파악할 수 있다.

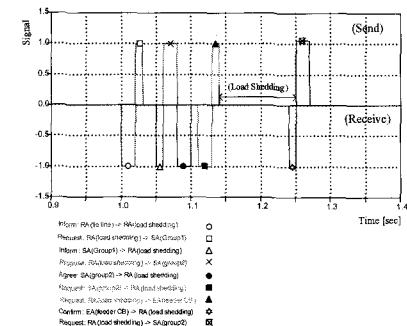


그림 5 계전기 C에이전트의 통신

Fig. 5 Communication of relay C agent

계전기 C 에이전트(부하 차단 계전기 에이전트)는 tie line 계전기 에이전트로부터 tie line 차단 예정을 알게 되고(신호: ○), 그 뒤에 정정 에이전트에게 문제 해결을 요청한다(신호: □). 정정 에이전트에게 문제 해결 방법을 알게 되면(신호: △), 곧바로 tie line 계전기 에이전트가 속한 그룹 2의 정정 에이전트에게 문제 해결 방법을 전달한다(신호: X). 그러면 그룹 2의 정정 에이전트는 그 문제 해결 방법에 대해 동의하였음을 계전기 C 에이전트에게 알린다(신호: ●). 그 뒤에는 부하 차단 요청을 받고 나서(신호: ■) 장비 에이전트에게 부하 차단을 요청한다(신호: ▲). 부하 차단이 성공적으로 이루어졌음을 확인하면(신호: ☆), 그룹 2의 정정 에이전트에게 부하 차단이 성공적으로 이루어졌음을 알린다(신호: ☐).

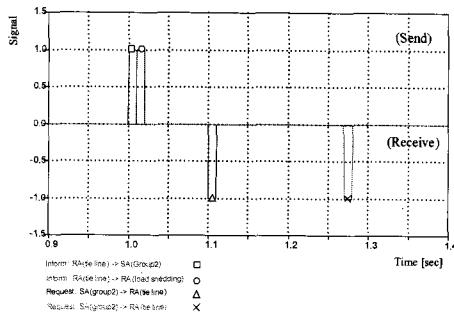


그림 6 계전기 D 에이전트의 통신

Fig. 6 Communication of relay D agent

계전기 D 에이전트(tie line 차단 계전기 에이전트)는 조류 상태 변화 감지 후(장비 에이전트와의 통신은 표시되지 않음), tie line 차단을 예정 주변의 계전기 에이전트인 load shedding 계전기 에이전트에 전달하고(신호: ○), 자신의 정정 에이전트에게 문제 해결 방법을 요청한다(신호: □). 그 뒤에 자신의 그룹의 정정 에이전트에게(이 시점에서 문제 해결 방법을 전달받음) 트립 동작을 보류할 것을 요청 받는다(신호: △). 그 뒤에 정정 에이전트에게 tie line 트립 대신에 문제를 해결하였음을 알게 되면(신호: X), 더 이상 tie line을 트립 하도록 장비 에이전트에게 요청하지 않는다.

다음 그림 7은 Group 1의 정정 에이전트의 통신을 나타낸 것이다.

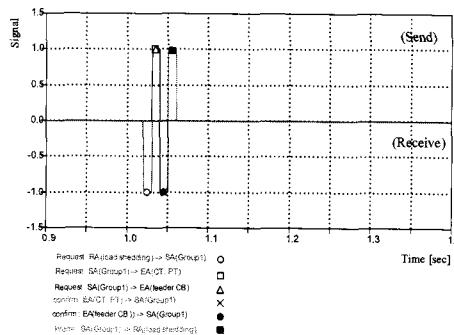


그림 7 정정 에이전트(Group 1)의 통신

Fig. 7 Communication of setting agent(Group 1)

그룹 1의 정정 에이전트는 자신의 그룹의 계전기 에이전트(Load Shedding)로부터 문제 해결 방법 요청을 받으면(신호: ○), 자신의 그룹 내의 장비 에이전트들의 상태를 자신에게 보내도록 요청한다(신호: □, △). 장비 에이전트들의 확인 신호를 받으면(신호: X, ●), 문제 해결 방법을 찾게 되고 그 방법을 부하 차단 계전기 에이전트에게 전달한다(신호: ■).

Group 1의 정정 에이전트에서 계산된 부하 차단량은 고장 발생 6주기 전의 전력 값을 사용하여 계산하였다. 그리고 정정 에이전트는 부하 차단량을 장비 에이전트(EAs)의 상태를 확인한 시점에서 인식하게 된다. 계산된 부하 차단량은 약 0.37[P.U.] ≈ 1400[MW]이다.

다음 그림 8은 Group 2의 정정 에이전트의 통신을 나타내었다.

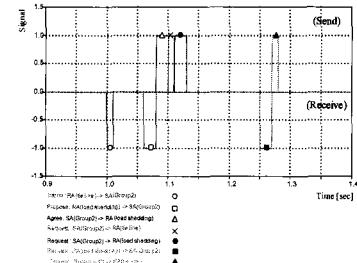


그림 8 정정 에이전트(Group 2)의 통신

Fig. 8 Communication of setting agent(Group 2)

Group 2의 정정 에이전트는 먼저 자신의 그룹의 tie line 계전기로부터 문제 해결 요청을 받고, 다른 정정 에이전트로부터 문제 해결 방식이 존재하는가를 확인하기 위해 대기한다(신호: ○).

부하 차단 계전기 에이전트로부터 문제 해결 방식을 제안 받으면(신호: □), 그 방법에 대해서 동의함을 전달한다(신호: △). 동의함과 동시에 자신의 그룹의 tie line 계전기 에이전트에게 잠시 트립을 보류하기를 요청한다(신호: X). 그 뒤에 부하 차단 계전기 에이전트에게 부하 차단을 요청한다(신호: ●). 그 뒤 부하 차단이 성공적으로 수행되었음을 전달받으면(신호: ■), tie line 계전기 에이전트에게 tie line을 트립 시키지 말 것을 요청한다(신호: ▲).

계산된 부하량을 차단한 결과는 다음 그림 9의 계전기 D에서 계산된 전력 그래프에서 확인할 수 있다. 그림 9를 통하여 tie line에서의 역조류 현상을 부하 차단을 통해서 방지하였음을 알 수 있다.

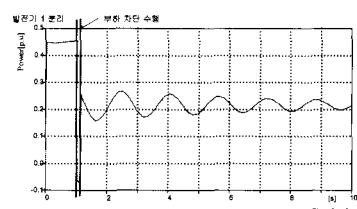


그림 9 계전기 D에서 계산된 전력

Fig. 9 Computed power by relay D

BUS 3에서 계산된 주파수는 다음 그림 10과 같다. 부하 차단을 통해 계통 분리를 막고 중부 하 선로의 부하를 낮출 수 있다. 따라서 계통 전체의 주파수가 안정화될 수 있음을 볼 수 있다.

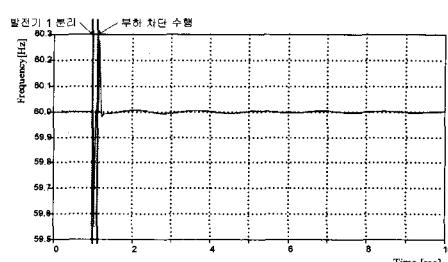


그림 10 BUS 3의 주파수

Fig. 10 Frequency of BUS 3

5. 결 론

멀티에이전트 보호 계전 시스템은, 보호 계전 시스템의 에이전트에 의한 역할 분업을 통하여, 기존의 시스템보다 여러 보호 계전 방법 선택의 유연성 및 통합성을 증진시킬 수 있으며, 정정 에이전트를 통한 계전기 에이전트들 간의 협력 문제 해결이 가능하다. 따라서 멀티에이전트 구조를 적용한 차세대형 계전 시스템을 개발함으로써 계통의 신뢰성과 안정도를 향상시킬 수 있을 것이다.

따라서, 본 논문에서는 멀티에이전트 기반의 주파수 계전 알고리즘을 구현하고 모의하였다. 계통 분리 현상을 부하 차단을 통하여 방지하기 위한 에이전트들의 의사 결정 방법을 선정하고, EMTP-MODELS를 사용하여 제안된 멀티에이전트 기반의 주파수 계전 알고리즘을 구축함으로써, 제안된 알고리즘의 성능을 검증하였으며, 그 결과 계통이 안정화된 것을 확인하였으며, 멀티에이전트 기반의 주파수 계전 알고리즘이 정상 동작하였음을 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터 육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

참 고 문 헌

- [1] Blackburn, J.Lewis, "Protective Relaying Principles and Applications", Marcel Dekker, Inc.
- [2] 이병현, 김철환, "과도 안정도를 고려한 주파수 계전 알고리즘 개발", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2006.
- [3] Stephen D.J. McArthur 외 6명, "Multi-Agent Systems for Power Engineering Applications Concepts, Approaches and Technical Challenges", IEEE MAS Technical White Paper v2.0.doc.
- [4] IEEE Standard 380-1975, "Definitions of Terms Used in IEEE Nuclear Power Generating Stations Standards", IEEE, NewYork, 1975.
- [5] IEEE Standard 279-1971(ANSI N42.7-1972), "Criteria for Protection Systems for Nuclear Power Generating Stations", IEEE, NewYork, 1971.
- [6] 송길영, "신편 전력계통공학", 동일출판사.
- [7] P. M. Anderson, "Power System Protection", Power Math Associates, Inc.
- [8] Stanley H. Horowitz, Arun G. Phadke, "Power System Relaying", John Wiley & Sons Ltd.
- [9] Michael Wooldridge, "An Introduction to MultiAgent Systems", John Wiley & Sons Ltd.

- [10] P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill, Inc.
- [11] 보호 계전기 정정기준 수립에 관한 연구, 한국전력거래소, 2003. 6.
- [12] James R. Jones and William D. Kirkland, "Computer Algorithm for Selection of Frequency Relays for Load Shedding", IEEE, January, 1988.
- [13] Magnus Akke, "Frequency Estimation by Demodulation of Two Complex Signals", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No. 1, January 1997.

저 자 소 개



이 병 현 (李秉炫)

1982년 10월 6일생. 2005년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2005년~2007년 동대학원 정보통신공학부 졸업(공석), 차세대전력기술연구센터
Tel : 031-290-7166
Fax : 031-290-7955
E-mail : shsh540@naver.com



여 상 민 (呂相敏)

1976년 7월 21일생. 1999년 성균관대 전기공학과 졸업. 2001년 동대학원 전기전자및컴퓨터공학부 졸업(공석). 2001년~현재 동대학원 정보통신공학부 박사과정
Tel : 031-290-7166
Fax : 031-290-7955
E-mail : harc@chollian.net



김 철 환 (金喆煥)

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대 전기공학과 졸업. 1990년 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 성균관대 정보통신공학부 교수, 전력IT인력양성센터 센터장
Tel : 031-290-7124
Fax : 031-290-7179
E-mail : hmwkim@daum.net