

전력계통 사고복구 훈련용 시뮬레이터 개발

옥치연* 백영식* 오승렬* 김정년** 한무호***
 경북대학교* LG 전선** 포항산업과학연구원***

A Development of Simulator for Restoration in Power System.

Chi-Yun Ok* Young-Sik Baek* Seung-Ryle Oh* Jung-Nyun Kim** Mu-Ho Han***
 Kyungpook National Univ* LG Cable** Rist***

Abstract - Recently, power system has a trend of sustaining increase of power demand and large-sized system. Also, consumers has required a high reliability for the power quality in deregulated power industry. For power system operator, the accurate decision for situations of power systems and the ability of the management for the faults are required. Therefore, in this paper we presents the development of simulator which can train the process of the recovery and the decision of contingency in the case of the occurrence of faults for generation, transmission, and distribution facilities.

1. 서 론

현재 전력 계통은 대형화와 함께 전력 수요 또한 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, 전력 구조 개편의 가속화와 더불어 수용가 측에서는 전력 품질에 대한 높은 신뢰도를 요구하고 있다. 이러한 계통의 대형화 추세에 따라 각종 산업 설비가 복잡, 대형화되어 종래의 수동적인 방법으로는 현장설비 관리를 효과적으로 운영, 유지하는데 있어서 한계점에 도달하게 되었다. 또한 수동적인 방법의 신뢰성, 안전성 등의 한계성을 극복하고자 현장 설비 관리 및 감시를 자동화하는 추세에 놓여 있다. 따라서 이 논문에서는 이러한 수동적인 방법의 한계점과 설비 운영의 자동화를 도모하고자 컴퓨터를 이용하여 현장 설비에 관한 정보의 수집, 처리, 분석 기능과 통신 기능을 응용하여 현장 설비에 대한 감시를 보다 합리적, 경제적으로 운영되게 그 목적이 있다. 따라서 전력계통을 운영하고 있는 운영자는 계통상태의 정확한 판단 및 사고시에 대처할 수 있는 능력이 요구되어지고 있다. 따라서 발전설비, 송변전설비, 배전설비로 구성된 전력계통의 사고가 발생한 경우 운영자가 대처할 수 있는 능력을 배양하기 위해 상정한 사고에 대해서 사고의 판단 및 복구절차를 훈련할 수 있는 시뮬레이터의 개발에 대해 설명하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이터 엔진

2.1.1 전력 조류 계산

전력 조류 계산이란 전력전송 시스템의 정상상태를 해석하는 것이다. 이 조류 계산을 위해서 여러 가지 조류계산 알고리즘이 개발되었다. 정확한 해를 도출하고 프로그램 수행 과정을 줄이기 위해서 시뮬레이터에서는 고속분할법(Fast Decoupled Methods)을 이용하여 빠른 계산을 수행하게 하였다. 이 전력조류계산 프로그램의 목적은 계통 변화에 따른 정상상태를 모의하여 계통 운영자에게 사전정보를 제시하는 것이다. 처리 개요를 보면 정상상태하의 전력 시스템에서 각 버스의 전압의 크기와 위상을 계산하고 버스를 연결하는 모든 시설에 대한 유효전력과 무효전력의 흐름과 손실을 계산한다. 여기서 계산된 결과를 가지고 각 발전기, 선로 등의 Limit의 범위 내에 있는지 체크를 하여 범위를 넘어서면 그 값이

Limit 범위 내로 값을 조정한다. 시뮬레이터에서는 정상 상태에서 전력 조류 프로그램을 수행시킨 후 이상상태의 데이터를 이용하여 전력조류 프로그램 입력으로 Input시켜 그 결과에 대해서 계통 이상상태가 발생했을 경우 계통 운영자가 어떻게 효율적으로 상황을 판단하고 처리하는지에 대한 훈련을 시키기 위해 사용된다. 고속분할법을 이용한 전력 조류계산 알고리즘은 그림1 과 같다.

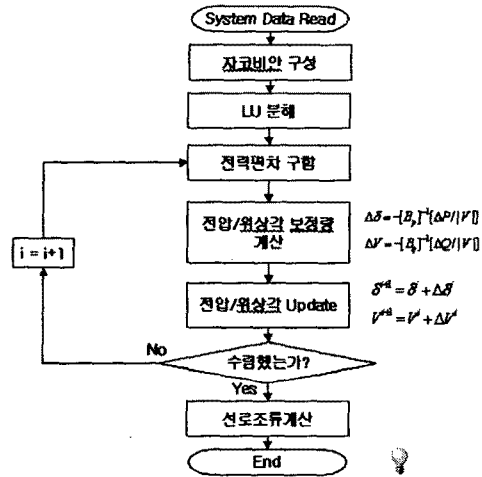


그림 1. 전력 조류 계산 알고리즘

2.1.2 모선내 조류의 흐름

위에서 설명한 전력 조류 계산 프로그램은 버스 내부를 상세히 표현하지 못한 점이 있다. 즉, 단로기, 차단기, BusBar, Bus Tie, Bus Section으로 버스 내부가 구성이 되어 있다. 그리고 버스 내부 구성은 항상 2중 모선 구조로 필요시에는 단일 모선 또는 분리 모선으로 운전이 가능하다. 버스 내부의 단선도를 보면 선로는 차단기를 통하여 모선과 연결이 되어 있다. 모선 내부를 살펴보면 BusBar와 BusBar는 BusSection으로 연결이 되어 있고 상위 모선과 하위 모선은 모선 분리를 위해서 Bus Tie로 연결이 되어 있다. 이러한 조류 편중의 표현은 좀더 실제계통과 가깝고, 실제계통에 적용을 시키기 위해서 표현 하려고 한 것이다. 실질적으로는 모선 내부 사고시 부하가 한쪽으로 편중되는 것을 해결하기 위해서, 변압기 과부하 발생시 해소를 위해서 이러한 버스 내부를 좀더 상세히 표현하여 프로그램 상에서 선로 객체와 연결한 것이다. 단로기, 차단기, BusBar, Bus Tie, Bus Section의 역할은 On/Off 상태를 가지고 있어서 단일 모선으로 운전하다가 분리모선으로 운전을 할 수 있고 모선으로 유입되는 어느 선로가 과부 상태를 유발시킨다면 부하를 하위 모선으로 이체시킬 수 있다. 버스 내부의

단선도는 그림2 와 같다. 프로그램 구현을 위한 객체도는 그림3 와 같다.

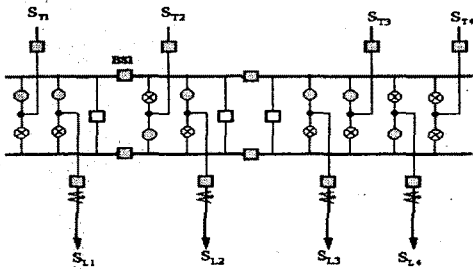


그림 2. 모선 내부 단선도

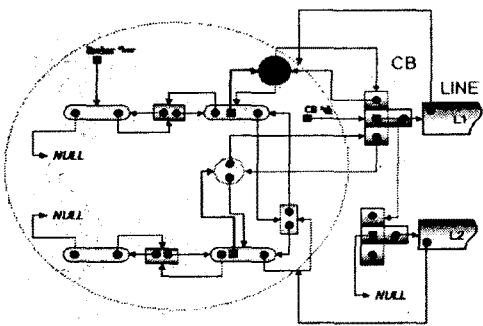


그림 3. 조류 편중 객체도

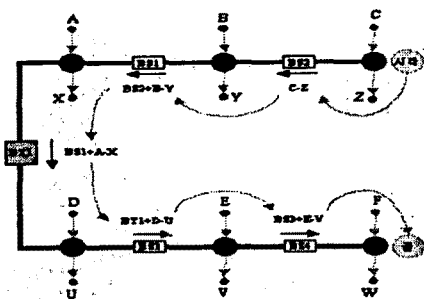
위 그림에서 BS 및 BT에 흐르는 조류계산에 사용되는 수식은 다음 식을 만족해야 전력조류 계산 결과를 이용할 수 있다.

$$\sum S_{T1} = \sum S_{Lj} \text{ (power balance equation)}$$

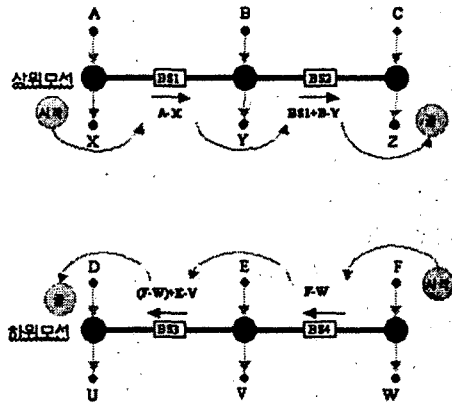
$$S_{T1} + S_{T2} + S_{T3} + S_{T4} = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3} + S_{L4} \text{ (전력조류계산 결과)}$$

$$S_{T2} = S_{L4} \text{ (인 경우에만 전력조류 계산의 결과를 이용할 수 있다.)}$$

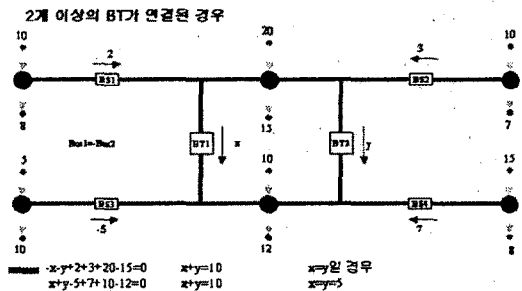
만약 모선이 단일 모선으로 운전 중이라면 조류계산은 다음 그림과 같이 된다.



분리 모선으로 운전 중이라면 다음 그림과 같이 분리 모선 내부에서 조류계산 된다.



단일 모선중 BS 및 BT에 흐르는 조류 계산을 하는 중에 2개 이상의 BT가 연결된 경우는 하나의 BT에 흐르는 조류는 n개의 BT에 흐르는 조류의 합을 n으로 나눈 값이 하나의 BT에 흐르는 조류로 계산된다. 이를 그림으로 표현하면 다음과 같다.



하나의 BT에 흐르는 조류
(n개의 BT에 흐르는 조류의 합) / n

2.2 시뮬레이터의 정의 및 DB구조

먼저 시뮬레이터는 서론에서 언급한 것처럼 어떤 대형화된 계통에서 사고가 발생할 경우 계통 운용자가 사고 발생시의 계통 상황을 정확히 판단하여 조치 할 수 있는 능력을 배양하는 것이다. 지금부터 시뮬레이터의 Database(DB)의 구조를 살펴보겠다. DB의 관리리는 MS-SQL Server를 사용하여 데이터 테이블을 만든다. 그림4 을 보면 DB는 두 부분으로 나누어져 있다. 시뮬레이터는 사고 발생시에 대한 대응 훈련을 하는 것이기 때문에 첫째로 Case DB 테이블이 필요하다. Case DB 테이블이란 어떤 계통이 안전한 상태로 존재 하다가 사고가 발생하면 사고 당시의 현장의 데이터들이 모두 RTU를 통하여 계통을 통제, 관리, 운용하는 Center에 있는 Server에 저장이 된다. 이렇게 저장된 데이터와 사고 사례를 바탕으로 임의로 발생 할 수 있는 사고에 대하여 미리 시나리오를 정해놓은 데이터들이다. 왜냐하면 시뮬레이터는 on-line 상태가 아닌 off-line 상태에서 수행이 되어야 하기 때문이다. 만약 on-line 상태에서 시뮬레이터를 수행하기 위해서는 실제 계통에 사고를 임의로 발생 시킨 후 훈련을 한다면 on-line 계통에 경제성 및 안전성에 피해를 주기 때문에 off-line에서 수행되어야 한다. 둘째는 시뮬레이터용 DB라는 것이 있다. 이것은 Case DB에 정의된 시나리오 데이터를 이용하여 운용자가 어떤 임의의 Case에 대하여 시뮬레이터를 조작한 후

그 결과가 저장되는 DB 테이블이다.

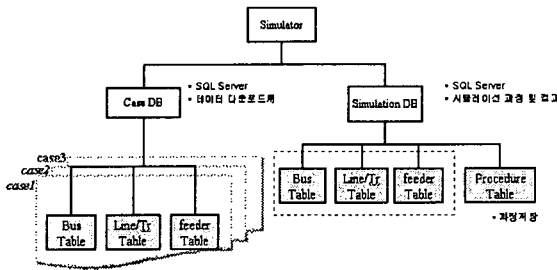


그림 4. 시뮬레이터 DB 구조

2.3 시스템 구성

시뮬레이터 Client는 3가지 구분되어 진다. 즉, 시뮬레이터 훈련시 컴퓨터 3대로 운영이 된다는 것이다. 먼저 Client 1은 계통의 전체적인 책임자가 조작하는 컴퓨터로서 계통의 전체상황을 전달하고 조치 및 지령을 하고 계통상황을 보고하는 기능을 수행한다. 여기서 계통의 상황을 전달하는 것은 미리 정해진 사고상황에 대한 몇 가지 Case를 Client 2에게 긴급상황을 전달하는 기능을 한다. 그리고 Client 2는 Key-job 요원으로서 Client 1에서 전달받은 긴급상황에 대해서 상황 판단을 한 후 Client 3에게 현재 상황을 조치하기 위해서 현장의 기기를 조작하라고 전달하는 기능을 수행하고 계통 운전을 감시 및 조작을 수행하고 계통의 부하 상황을 판단한다. Client 3는 Patrol 요원으로서 지령을 전달받은 후 현장 기기를 확인하고 조작을 행하며 현재 상황을 통보하고 지령을 수신 받는 기능을 한다. 여기서 시뮬레이터 훈련시 수행된 모든 상황들이 DB에 저장되어진다. 지금까지의 설명에 대한 것을 그림으로 살펴보면 그림 5와 같다.

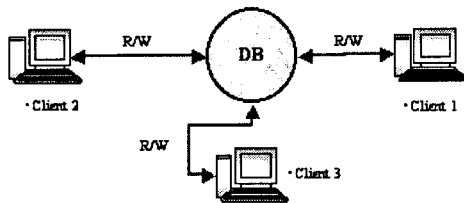


그림 5. 시뮬레이터 Client

2.4 알고리즘

이렇게 지금 까지 DB구조를 설계하고 각 컴퓨터간의 Client들의 역할과 DB 접속에 대하여 언급하였다. 그리고 버스 내부의 모선 조류 편중을 위해서 단로기, 차단기, BT, BS을 프로그램 하기 위해 객체를 생성시켜 선로 객체와 연결시켜 전체 시스템에서 인식이 되도록 하였다. 그리고 Client의 DB접속 과정을 보면 Client 1에서는 Client 2가 접속하였는지 확인을 한 다음 확인이 되면 훈련 상황을 시작하기 위해서 미리 정해진 시나리오대로 계통을 구성하고 사고 상황을 설정한다. 그러면 Client 2는 변경된 계통의 구성 및 주어진 상황을 인식한다. 다시 Client 1은 지금 계통 상태를 구하고 부하를 차단 해야하는 경우 부하를 차단하고 전력 조류 계산을 수행한 다음 DB에 결과를 저장한다. 그 결과 데이터를

가지고 어떤 Violation이 발생했는지 체크를 한 다음 발생하였으면 Client 2에게 계통의 복구 조치를 요청하면 Client 2가 조치를 취한다. 현재 조치한 상황이 Acceptable하면 전력 조류를 계산한 다음 결과를 DB에 쓰고 Next Step으로 진행한다. 지금까지의 내용을 종합하여 Flow Chart를 구성하면 다음 그림6과 같이 표현된다.

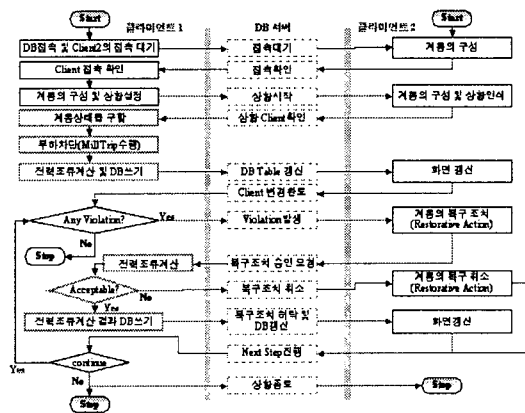


그림 6. 시뮬레이터 Flow Chart

3. 결론

현재 전력계통의 대형화와 설비의 복잡성으로 인하여 예전의 수동적인 방법으로 계통을 운영하고 조작하는 것은 한계에 이르렀다. 그리고 갑작스런 사고 발생시 이에 대한 판단, 조치 능력이 부족할 경우 발생한 사고에 대해서 다른 계통 구조에까지 파급 효과가 발생 할 수 있다. 이러한 경우 경제적 및 시간적 손실이 매우 크므로 미연에 방지를 해야 한다. 이 논문에서는 전력 계통을 객체 지향기법을 이용하여 전력계통 구조를 객체화하였고 이를 프로그래밍하여 계통을 해석하여 얻어진 결과 값을 가지고 계통 상태를 분석하였다. 또한 조류 편중을 객체화 시켜 조류 계산 프로그램과 연결시킴으로서 차단기, 단로기, BT, BS의 On/Off 상태를 가지고 변압기 과부하, 선로 과부하, 모선 내부에서의 부하 편중을 해소시킬 수 있다. 그리고 발생 할 수 있는 상황을 미리 설정하여 계통운영자가 직접 판단, 조치, 조작을 하여 사고 상태를 제거하는 훈련을 하여 실제 사고 발생시 빠르게 사고를 해소시키게 하기 위한 훈련의 목적으로 시뮬레이터 장치가 개발되었다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김정년, "객체지향기법을 이용한 전력조류계산 및 스파시티 연구", 대한 전기 학회 논문집, pp.519-523, 1995.
- [2] B. Stott and O. Alsac, "Fast decoupled load flow." IEEE Trans. Power App. Syst. vol. PAS-93, pp.859-869, 1974
- [3] Wendy Sarrett, "Visual C++ 6 database programming.", 정보문화사, 1999
- [4] 박준혁, "실계통 적용을 위한 전력조류계산 프로그램 개발" 경북 대학교 대학원, 2000.
- [5] 김정년, 백영식, "객체지반 전문가 시스템", 대한전기학회 춘계학술대회, 1997.