

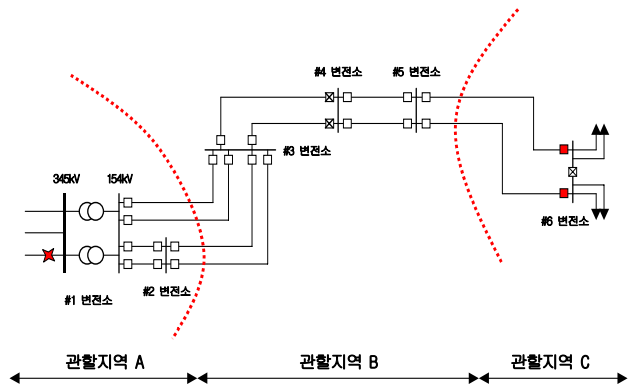
SCADA System에서의 방사상계통 자동판별을 위한 제어 알고리즘 개발

전동훈 * 곽노홍 * 김태원 * 심정운 * 김건중 **
* 한국전력공사 ** 충남대학교

Development of the Algorithm for Automatic Decision of radial T/L System in SCADA

D.H.Jeon * N.H.Kyak * T.W.Kim * J.W.Shim * K.J.Kim **
* KEPCO ** ChungNam National Univ.

Abstract - 전력계통 고장전류 저감을 위하여 환상계통을 선택적으로 방사상계통으로 운전하고 있으나 방사상계통 운전에 대한 정보공유가 미비하여 특정 계통조작시 정전으로 이어질 우려가 상존하고 있다. 본 논문에서는 방사상 계통과 환상계통을 자동 판단하여 계통조작시 정전 사고로 이어질 수 있는 경우 사전 경고를 발생하여 정전조작을 미연에 방지할 수 있도록 하는 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 SCADA와 미리 구축된 Rule Base를 이용하여 인근지역의 정보를 공유하고, 간단한 집합론을 이용한 수학적 연산작업을 통해 방사상계통인지 환상계통인지를 판단한다. SCADA 시뮬레이터를 통한 다양한 시험을 통해 개발된 알고리즘의 신뢰성을 검증하였으며 이를 구현한 방사상계통 자동판별시스템을 개발하여 실제통에 적용하였다.



<그림 1> SCADA에서의 정전발생 가능사례

1. 서 론

변전소 원방 감시제어시스템(SCADA : Supervisory Control & Data Acquisition system)은 송변전과 관련된 전력설비를 원격에서 감시, 제어하고, 전력설비 운전데이터를 원격에서 취득, 분석, 공유함으로써 전체 전력계통의 안정적 운영을 도모하기 위한 자동화시스템이다. 2006년 3월 기준으로 우리나라는 한국전력공사에서 지역별로 12개의 급전소(RCC)를 기반으로 하는 47개의 급전분소(SCC)를 운영중에 있는데, 담당 지역 내에서 차단기 및 계전기 동작 여부, 변압기 및 선로 과부하 등 취득하는 해당 포인트값을 이용하는 단순 감시, 제어기능만을 수행하고 있는데, 담당지역외의 정보를 공유할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

한편 고장 발생시 신속한 정전복구가 가능한 장점이 있는 환상계통은 고장전류 저감차원에서 불가피하게 모선분리 또는 선로분리를 통해 선택적으로 방사상으로 운전되고 있으며, 전력계통의 특성상 특정 조작행위가 인근 지역이나 타 지역으로 영향을 미치는 사례가 점점 늘어나고 있다. 즉 SCADA의 시스템적인 정보 공유능력 부재는 계통운영자가 담당지역외에 인근지역의 정보를 공유하지 못한 경우 시스템적인 정전방지장치가 구비되어 있지 않은 급전분소 및 급전소에서 단순히 선택-조작-실행으로 조작되는 모든 차단기의 오조작이 지역간 연계선로의 개방으로 이어져 방사상으로 운전중인 변전소에 대한 전체 정전의 가능성이 항상 상존한다. 이에 전력계통 운영자로서 단순 포인트만의 감시가 아닌 담당지역 전체를 거시적으로 바라보고 나아가서 인근 지역에 대한 과급 효과까지 해석이 가능한 시스템을 제공하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 SCADA 시스템과 미리 구축된 Rule Base를 이용하여 상대지역의 정보를 공유해서 기기 오동작에 의한 정전조작을 방지하는 알고리즘 제안하고, 이를 구현한 시스템의 현장적용 사례를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 SCADA에서의 정전발생 가능사례

그림 1에서 SCADA C의 관할지역상에 있는 #6 변전소가 모선분리 운전중인 상태에서 SCADA A의 관할지역상에 있는 #1 변전소에서 345kV 송전선로의 휴전작업을 위해 계통 안정운용 차원에서 관할지역 A에서 관할지역 B로의 조류량을 제한하고, 관할지역 B의 필요전력은 대신 관할지역 C로부터 충당토록 하기 위해 .SCADA B의 관할지역상에 있는 #4 변전소로 선로 분리점을 변경 운전할 수 있다. 이러한 상황에서 휴전작업 완료후 정상상태로 돌아가기 위해서는 #4 변전소의 차단기를 선 투입후 # 6변전소의 차단기를 차단해야만 한다, 그러나 기기 조작순서가 반대가 될 경우 #4, 5변전소에 정전이 발생할 수 있다. 이러한 상황이 발생하는 근본적인 원인은 관할지역간 정보공유 부재로 환상계통의 모선분리운전에 따른 방사상계통 운전여부를 공유하지 못했기 때문이다. 이러한 상황은 SCADA에 자동화된 제어알고리즘이 구비되지 않는한, 계통운영자의 능력에 전적으로 의존할 수 밖에 없다.

2.2 방사상계통의 자동판별

2.2.1 Network Topology를 통한 계통판별

전력계통의 연결관계를 파악할 수 있는 Network Topology를 구성하여 이용하는 것이다. 선로 및 설비간 연결관계를 정의하고 차단기/개폐기의 On/Off 상태에 따라 동적으로 연결관계를 재구성하며, Network topology를 이용하여 현 Node에서 방사상 계통인지 루프계통 인지를 탐색법으로 파악하는 방법이다. Network 연결관계가 정확히 구현 된다면 방사상 계통과 루프계통에 대한 판별이 자동 생성되며, 타 site에 적용 시에도 Network 연결관계만 입력하면 별도의 작업이 없이 방사상 계통인지 루프계통 인지를 자동판별하는 방식이다. Network 관계를 정확히 구현하기 어렵고, 이를 바탕으로 기존 SCADA DB를 재구성해야 한다.

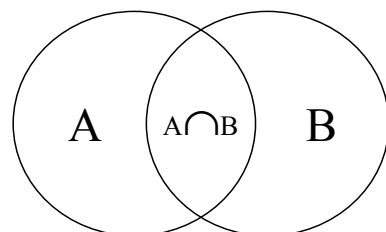
2.2.2 제안한 방법

송전선로의 가압상태 및 차단기 상태에 따라 방사상 계통인지 환상계통인지를 간단한 집합론을 접목시켜 사전 정의된 Rule에 의하여 판별하는 방법이다.

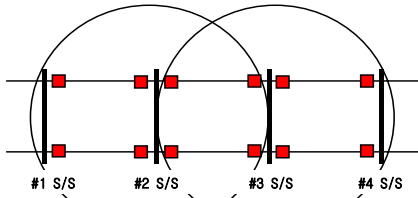
그림 2와 같이 집합 A와 집합 B가 연관성을 가지기 위해서는 두 집합의 교집합이 영(0)이 아니어야 한다. 이러한 개념을 환상계통에 적용할 경우 두 계통이 서로 연관되기 위해서는 그림 3과 같이 두 계통 집합에 공통되는 교집합에 해당되는 차단기가 존재한다는 것이다. 한편 방사상 계통에서는 그림 4와 같이 두 계통 집합에 공통되는 교집합에 해당하는 차단기가 존재하지 않게 된다. 즉 두 송전선로가 서로 연관되기 위해서는 교집합에 해당하는 2개 이상의 차단기가 존재해야만 한다.

$$A \cap B = \emptyset \quad \text{이런 방사상계통}$$

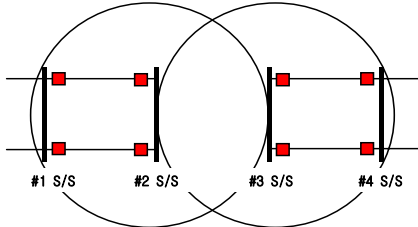
$$A \cap B = \{CB \mid 2\text{이상인 짝수}\} \text{이런 환상계통}$$



<그림 2> 집합론

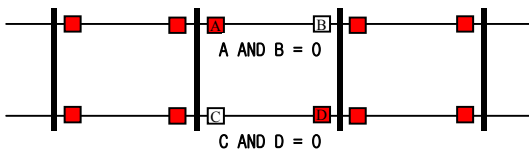


<그림 3> 환상 계통의 경우



<그림 4> 방사상 계통의 경우

한편 그림 5와 같이 2쌍의 차단기가 존재하지만 선로 연결성이 없고 해당선로에서 한 개의 차단기만 OFF 되어 있는 경우는 동일선로상의 연관 차단기간 AND 연산을 통해 연산결과가 0이 될 경우 해당선로는 집합연산에서 제외시킨다.

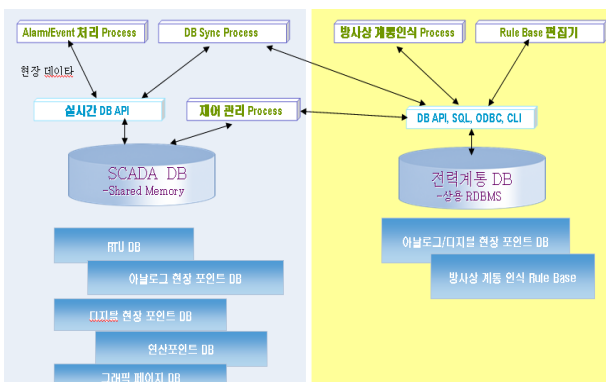


<그림 5> 다중계통 연계선로의 경우

2.3 방사상계통 자동판별시스템 개발

제한한 방법을 적용한 방사상계통 자동판별시스템을 개발하고, 우리나라 전력계통에서 운전중인 SCADA 시스템에 연계하였는데, 방사상계통 판별에 필요한 포인트데이터를 SCADA로부터 취득하여 방사상 자동판별 시스템의 RDBMS(Main Memory RDBMS)와 데이터 연동이 가능하게 하였다.

- 실제 계통에서 운영중인 SCADA의 포인트 데이터와 동일한 포인트 데이터가 방사상시스템에 저장
- 실제 계통에서 운영중인 SCADA와 독립적인 데이터가 RDBMS상에 구축
- 방사상 시스템에 구축되어 있는 T/L 차단기 연결정보 및 RuleBase에 따라 계통정보(방사상/Loop)를 초기화



<그림 6> 방사상 자동판별 시스템 PROCESS 연계 구성도

사령원의 제어조작 지령이 내려지면 그 정보가 방사상 시스템으로 전송되고 계통정보(방사상/Loop)를 Feedback 받아, 실제 조작 여부를 사령원이 판단할 수 있다. 변전소 T/L 차단기 DB가 편집 저장되거나 차단기 상태가 변경되면, 그 정보가 방사상 시스템에 전송되고, 방사상 시스템에서는 계통인식 Process가 T/L Line 연결정보 DB를 참조하여 계통정보(방사상/Loop)를 갱신한다. 선택 포인트 제어시 방사상 계통 여부를 판단하기 위한 데이터를 메인메모리 상주 DBMS(RDBMS)에 구축하여, REAL TIME으로 제어 판단연산을 자동으로 수행하여 사령원에게 정보를 제공하게 된다.

템에서는 계통인식 Process가 T/L Line 연결정보 DB를 참조하여 계통정보(방사상/Loop)를 갱신한다. 선택 포인트 제어시 방사상 계통 여부를 판단하기 위한 데이터를 메인메모리 상주 DBMS(RDBMS)에 구축하여, REAL TIME으로 제어 판단연산을 자동으로 수행하여 사령원에게 정보를 제공하게 된다.

- 제어조작에 따른 해당 포인트를 방사상 자동판별 시스템에서 연산하여 해당 여부를 사령원에게 알려준다.
- 각 포인트 DB / 판별 RULE은 RDBMS상에 구축되어 있어, 포인트 제어시 REAL TIME FEEDBACK을 제공하게 된다.

판별 Rule은 현장의 전문가에 의하여 구축한다. 방사상 계통 판별 시스템에서 데이터를 바탕으로 계통을 분석하기 위해 사용하는 RULE을 집합론적 방법으로 구현하여, 포인트 데이터를 판별하게 된다. 즉 변전소별 계통 연관 차단기 집합을 사전 정의 하고, 각 차단기를 서로 짝이 되는 속성을 부여하여 연관된 계통을 추론 할 수 있다. 데이터베이스에서 변전소별로 사전 정의된 계통 연관 차단기를 대상으로 변전소 Layer와 Layer간 동일한 선로를 상호 비교하고 field 정보를 공유하는 갯수를 헤아려 몇개의 선로가 교집합으로 존재하는지 확인할 수 있다. 이를 위해서는 사전 차단기 정보를 업그레이드할 필요가 있다.

2.3.1 DB 구조 재설계 및 변전소별 차단기 그룹화

현재의 SCADA 시스템은 제어객체간 1:1 대응관계로 제어객체간 아무런 연관관계를 가지고 있지 않다. 따라서 변전소와 변전소의 연관관계 그리고 선로간 연결관계에 대한 정보를 제공하지 않으므로 계통연결관계를 고려한 알고리즘을 적용할 수 없다. 이와 같이 선로간의 연관관계를 기초로 계통을 판정할수 있는 방법이 없기 때문에 변전소와 변전소간 위치관계를 인식할 수 있는 Topology를 구성하고 선로별 연관관계를 고려한 DB를 구축하여야 한다. 또한 데이터베이스에서 변전소별 Layer를 구성하고, 차단기를 그룹화하여 Page를 구성하였다. 각각의 차단기는 속성을 부여하고 연관된 차단기를 추적할 수 있도록 하였으며, 변전소와 변전소간 차단기 Layer에서 동일한 정보를 공유한 Field를 대상으로 비교연산을 수행토록 하였다.



<그림 7> 방사상계통 자동판별시스템

3. 결 론

전력계통 고장전류 저감을 위하여 환상계통을 선택적으로 방사상계통으로 운전하고 있으나 방사상계통 운전에 대한 정보공유가 미비하여 특정 계통조작시 정전으로 이어질 우려가 상존하고 있다.

본 논문에서는 방사상 계통과 환상계통을 자동 판단하여 계통조작시 정전사고로 이어질 수 있는 경우 사전 경고를 발생하여 정전조작을 미연에 방지할 수 있도록 하는 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 SCADA와 미리 구축된 Rule Base를 이용하여 인근지역의 정보를 공유하고, 간단한 집합론을 이용한 수학적 연산작업을 통해 방사상계통인지 환상계통인지를 판단한다. SCADA 시뮬레이터를 통한 다양한 시험을 통해 개발된 알고리즘의 신뢰성을 검증하였으며 이를 구현한 방사상계통 자동판별시스템을 개발하여 실제계에 적용하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한전 전력연구원, 154kV 계통 방사상 운전방식 적용에 따른 공급신뢰도 향상방안 연구(최종보고서), 1996.
- [2] 한국전력공사, 방사상계통 자동판별을 위한 제어 알고리즘 개발(최종보고서), 2007