

계통운영시스템 계통해석 프로그램 정확도 향상에 관한 연구

(A Study on the Enhancement of Accuracy of Network Analysis Applications
in Energy Management Systems)

조윤성*

(Yoon-Sung Cho)

Abstract

This paper describes a new method for enhancing the accuracy of network analysis applications in energy management systems. Topology processing, state estimation, power flow analysis, and contingency analysis play a key factor in the stable and reliable operation of power systems. In this respect, the aim of topology processing is to provide the electrical buses and the electrical islands with the actual state of the power system as input data. The results of topology processing is used to input of other applications. New method, which includes the topology error analysis based on inconsistency check, coherency check, bus mismatch check, and outaged device check is proposed to enhance the accuracy of network analysis. The proposed methodology is conducted by energy management systems and the Korean power systems have been utilized for the test systems.

Key Words : Energy Management Systems, Network Analysis Application, Topology Processing,
Topology Error Analysis

1. 서 론

계통운영시스템은 스카다(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)를 통해 온라인 데이터를 취득하여 자동발전제어 및 경제급전 응용프로그램을 통해 주파수를 유지하며, 상태추정 및 상정사고해석 응용프로그램을 통해 계통의 안정성을 평가한다. 계

통운영시스템의 발전 및 계통해석 응용프로그램은 2~4초 주기의 온라인 데이터를 취득하여 다양한 해석을 주기적으로 수행하며, 해당 결과를 발전기 또는 운영자에게 제공한다. 응용 프로그램은 온라인 데이터를 기반으로 시시각각으로 변하는 전력계통의 운전 상태를 반영하여 계통의 안정성 평가 및 대책방안을 빠르고 안정적으로 수립할 수 있다.

대규모 전력계통의 계획 및 운영 측면에서 계통해석 응용프로그램은 정상상태 및 상정을 반영한 과부하, 저전압, 과전압, 차단용량 및 부상조류 등의 해석기능을 포함하고 있다. 계통운영시스템의 계통해석 응용 프로그램은 다음과 같은 기능을 수행한다. 첫째, 상태

* Main author : Assistant Professor, Dep. of Electronic and Electrical Engineering, Catholic University of Daegu

Tel : 053-850-2782, Fax : 053-850-3397

E-mail : philos@cu.ac.kr

Received : 2015. 9. 25.

Accepted : 2015. 11. 2.

추정 기능은 온라인으로 취득되는 데이터의 부정확한 정보를 감지 및 보정을 통해 정상상태의 해를 추정한다. 둘째, 상정사고해석은 사전에 정의된 수천개의 상정사고목록을 바탕으로 사고 후 계통의 과부하 및 전압 문제를 검토한다. 셋째, 안전도제약경제급전은 정상 및 상정시를 고려하여 과부하가 발생하지 않도록 발전기 출력의 상한 및 하한 값을 결정한다. 넷째, 고장전류계산은 평형 및 불평형 사고를 통해 발변전소의 차단기 용량 초과 유무를 검토한다. 마지막으로 온라인안정도평가는 과도안정도, 전압안정도 및 미소신호안정도 관점에서 전력계통을 평가한다. 계통해석 응용프로그램의 정확성은 입력데이터, 수치해석 기능 및 사용자 설정 데이터 등에 의해 결정된다. 입력데이터를 생성하는 응용프로그램은 토폴로지 처리이다.

최근 북미 전력회사는 계통운영시스템 제조사들과 공동으로 토폴로지 오류해석 알고리즘 및 기능 개발에 관한 연구를 수행하고 있다. 참고문헌 [1]에서는 모선의 전력불일치량 및 정지설비 정보 등을 바탕으로 취득되는 차단기의 오류를 분석하는 방안을 소개하였다. 참고문헌 [2]에서는 발전기, 부하 및 선로, 및 변압기 등의 미취득 데이터를 생성하기 위한 방안을 소개하였다.

본 논문은 계통운영시스템의 계통해석 응용프로그램의

정확성을 향상시키기 위해 토폴로지 오류처리 방법에 대해 설명하였다. 우선 전력계통의 토폴로지 구성을 반영하는 데이터베이스에 대해 소개한다. 응용프로그램의 연산속도 향상을 위해 강인한 데이터베이스가 구축되어야 한다. 다음으로 차단기 및 단로기 오류, 정지설비 오류, 모선 및 변전소의 전력불일치량 등의 토폴로지 오류처리 기법에 대해 소개한다. 마지막으로 실계통 데이터에 대해 다양한 조건을 이용하여 제안된 방안을 검증하였다.

이에 본 논문에서는 다음과 같은 독창성을 갖고 알고리즘이 제안되었다. 첫째, 실무적인 4가지 토폴로지 오류처리 기능을 제안하였다. 토폴로지 오류를 판별 및 제거하기 위해 상태추정에 적용하는 방법은 대규모 계통에는 부적합하기 때문에 상태추정의 사전처리 기능으로 토폴로지 오류를 구현하는 것이 일반적인 형태이다. 둘째, 개별 토폴로지 오류처리 결과를 바탕으로 종합적으로 가장 의심스러운 설비를 찾아낼 수 있다.

2. 계통해석 응용프로그램

그림 1에서 보는 바와 같이 계통운영시스템에 탑재되어 운영 중인 계통해석 응용프로그램은 토폴로지처

Table 1. Function of network analysis applications

프로그램	시퀀스		주요기능
	실시간	스터디	
토폴로지처리	○	○	전기적 모선 생성 및 설비상태 판별
상태추정	○	○	WLS 기법기반의 상태 해 추정
모선분포계수	○		지역/관리치/부하, 시간별 모선부하계수 산정
송전손실계수	○		부하량/시간별 송전손실 민감도 산정
휴전계획		○	휴전계획 신규입력, 검색, 수정 및 Time Chart
조류계산	○	○	2중(Full/Decoupled)의 뉴턴-랩슨법 기반 연산
상정고장해석	○	○	정의된 설비고장 해석을 통해 취약개소 분석 및 대책방안 수립
전압계획	○	○	전압위반해소를 위한 전압제어 권고치 검토
송전가능용량	○	○	상정고장대비 용통전력한계량 검토
고장계산	○	○	고장용량저감을 위한 모선분리 및 병합 검토
안전도제약경제급전	○		정상 및 상정시 과부하 해소를 고려한 발전기 출력한계값 설정
온라인동적안정도	○		과도안정도, 전압안정도 및 미소신호안정도 평가

리, 상태추정, 조류계산, 상정사고해석, 고장전류계산, 송전가능용량산정, 온라인동적해석 및 안전도제약경제급전 프로그램 등으로 구성되어 있다[3-4]. 표 1은 계통해석 응용프로그램의 주요 기능에 대해 나타내고 있다. 계통해석 응용프로그램은 실시간 및 스터디 모드로 구분되어 있으며, 실시간 모드는 1분 또는 사용자가 설정한 주기로 온라인 데이터를 취득하여 수행한다. 스터디 모드는 실시간 모드에서 수행된 상태추정 데이터를 입력으로 사용자 목적에 맞게 계통해석이 수행된다.

그림 1에서 보는 바와 같이 계통해석은 스카다로부터 주기적으로 데이터를 취득하여 토폴로지 처리와 상태추정 응용프로그램을 통해 계통해석 입력데이터가 구성된다. 구성된 데이터를 활용하여 다양한 응용프로그램이 수행된다. 따라서 토폴로지 처리에서 수

행되는 입력데이터 생성의 정합성이 부족할 경우 다양한 계통해석의 결과에 부정적인 영향을 미친다.

계통해석 응용프로그램은 일반적으로 1분의 주기로 수행되므로 개별 응용프로그램의 연산시간이 중요한 요소이며, 연산속도 향상을 위해 응용프로그램의 강한 알고리즘과 데이터베이스의 구조도 중요한 요소이다. 해석결과를 계통운영자에게 빠르고 간결하게 제공하기 위해서도 계층적인 데이터베이스가 필요하다 [5]. 그림 2는 계통해석 데이터베이스 구조를 나타내며, 전력회사, 지역, 관리처, 변전소, 전압 및 설비의 계층적인 구조와 모선, 인젝션, 브랜치의 비계층적인 구조로 구성되어 있음을 확인할 수 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 발전기, 부하 등 설비의 단자가 1개인 설비는 ‘인젝션’ 테이블로 구성하고 변압기, 선로 등은 ‘브랜치’ 테이블로 구성하였다. 두 개의 테이블로 구성함으로써 응용프로그램에서 설비를 검색하는 시간을 단축할 수 있다. ‘모선’은 차단기/단로기 중심의 설비를 전기적 모선으로 변환하면서 생성되는 모선번호이다. 마지막으로 토폴로지 오류 정보를 제공하기 위해 토폴로지 오류 정보도 비계층 구조로 구성되어 있다.

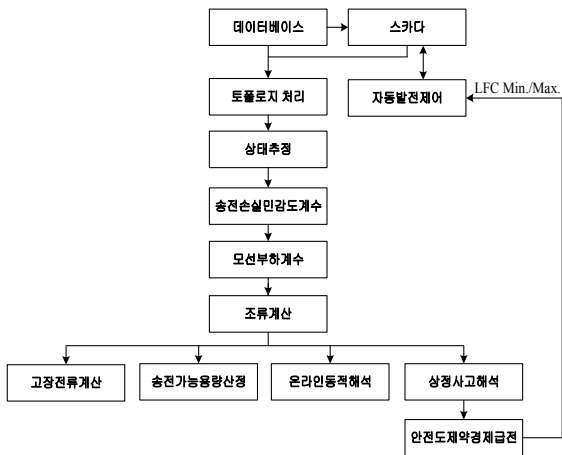


Fig. 1. Structure of network analysis application

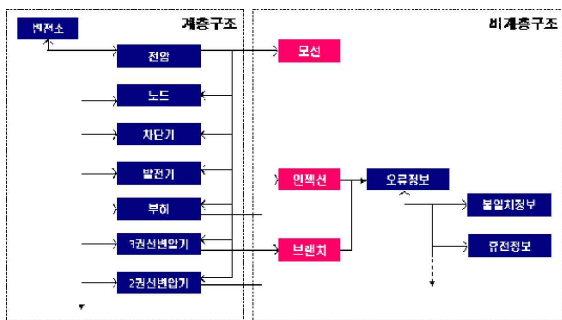


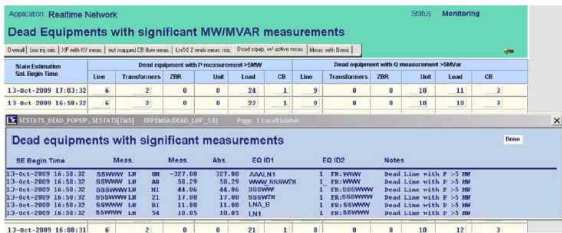
Fig. 2. Structure of database on network analysis

3. 토폴로지 오류 처리

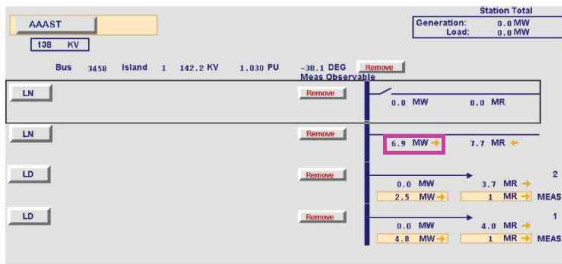
3.1 국외 토폴로지 오류 처리 기법

북미 텍사스 ERCOT EMS는 AREVA사에 의해 제작되었으며 상태추정 정합성을 향상시키기 위해 토폴로지 및 파라미터 오류를 인지하고 검출하는 기능을 탑재하여 운영하고 있다. ERCOT의 계통 규모는 국내 전력계통 규모와 유사하다.

그림 3에서 보는 바와 같이 토폴로지 오류 처리의 주요 기능 중 하나는 설비 상태와 아날로그 취득 값과의 차이를 추적하는 것으로 토폴로지 처리 후 정지된 설비가 설정값 이상으로 아날로그 취득값을 갖을 경우 이를 오류로 판정한다. 또한 모선불일치 정보를 이용하여 해당 모선의 이상정보를 판별한다. ERCOT EMS의 특징은 다음과 같다. 첫째, 대규모 계통 해석에 적합한 사전처리 기법 등을 활용하여 토폴로지 오류를 판별한다. 둘째, 개별 토폴로지 오류의 정보를 개



(a) 정지상태인 설비에 측정값이 존재하는 경우



(b) 모션 불일치를 이용한 오류 판별

Fig. 3. Topology error analysis of ERCOT

별적인 화면을 통해 제공한다. 셋째, 종합적인 토폴로지 오류 결과를 제공하지 않는다.

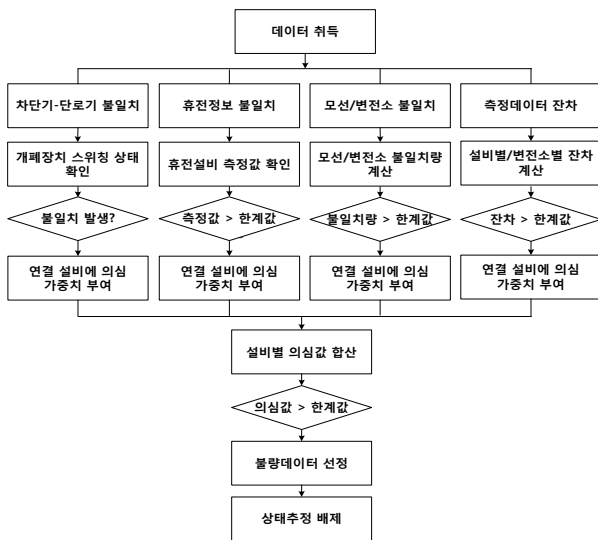


Fig. 4. Structure of topology error analysis

3.2 제안된 토폴로지 오류 처리 기법

온라인 데이터 기반의 계통해석은 현장에서 취득되

는 아날로그 및 디지털 데이터를 사용하기 때문에 다음과 같은 토폴로지 오류가 발생한다.

- 차단기 및 단로기의 상태 정보 오류는 부정확한 모션(Bus) 구조 생성
 - 발전기, 부하, 선로, 변압기, 부스바의 측정 정보 오류는 상태추정의 정밀도에 영향
 - 송전선로 및 변압기의 임피던스 정보 오류는 상태추정 및 조류계산의 부정확한 해를 야기
 - 아날로그, 디지털 및 모델 오류는 입력데이터의 정확도 및 응용프로그램 수렴성에 영향 끼침
- 본 논문에서는 입력데이터 생성의 정밀도를 향상시키기 위해 다음과 같은 토폴로지 오류 처리 방안을 구성하였다.

- 토폴로지 변경사항
- 실시간 취득데이터의 가용성 및 품질
- 상태추정해에 근거한 실시간 취득데이터의 품질
- 토폴로지 오류 처리 절차 적용
- 24시간 이상 토폴로지 오류 처리 누적

그림 4에서 보는 바와 같이 토폴로지 오류처리는 상태추정 전에 수행되며 오류처리에서 불량으로 확정된 측정정보는 상태추정의 입력데이터에서 제외한다. 토폴로지 오류처리는 4개의 기능으로 구성되어 있다. 첫째, 차단기 및 단로기 상태의 불일치를 해석하며, 둘째, 휴전설비의 측정값이 제로가 아닌 설정값[7-9]보다 크게 측정됨을 해석하며, 셋째, 모선의 유효전력 불일치량이 설정값[7-9]보다 크게 측정됨을 해석하며, 넷째, 측정값과 추정값이 잔차를 바탕으로 표준편차 등을 해석한다.

토폴로지 오류처리 정보를 기반으로 상태추정 입력데이터의 품질과 수행 건정성을 실시간으로 감시할 수 있으며 과거 24시간 동안의 해당 항목을 검사할 수 있다. 토폴로지 오류 처리는 상태추정 해의 품질을 개선하기 위해 자동으로 데이터가 보정되는 것이 아니라 계통 운영자에게 오류를 인지하고 정정할 수 있도록 도와주는 것이 가장 큰 장점이다.

3.2.1 차단기 및 단로기 불일치 기법

차단기 및 단로기의 불일치는 측정되는 스위칭 상태 정보의 불일치 발생유무를 해석한다. 예를 들어 차단

기 상태는 ‘닫힘’으로 입력되고 차단기 양단의 단로기 상태는 ‘열림’으로 입력된다면 해당 차단기 및 단로기 조합은 불량 조합으로 판정된다. 그림 5 (a)는 차단기와 단로기의 불일치 발생 경우를 나타낸다. 그림 5 (a)에서 Case1은 차단기 ‘라’와 단로기 ‘H’는 투입되어 있는 상태이기 때문에 단로기 ‘G’의 개방된 상태는 오류의 확률이 많다. 개폐장치의 투입 순서는 개방 시 단로기 우선 동작, 차단 시 차단기 우선 동작의 순서를 가지는 것이 일반적인 순서이다. 따라서 ‘H’와 ‘라’는 투입되어 있는 상태이며, ‘G’는 개방되어 있는 상태이므로 단로기 ‘G’의 상태에 오류가 존재함을 알 수 있다. Case 2의 경우 동일한 기법으로 차단기가 투입되어 있는 상태이기 때문에 연결된 단로기의 이상상태

를 의심할 수 있다. 해당 차단기 및 단로기에 연결된 송전선로의 취득값이 존재할 경우 단로기의 상태에 오류가 있음을 판별할 수 있다. 본 기법을 통해 차단기 및 단로기의 상태에 오류가 있는 설비에 의심 가중치를 부여한다.

3.2.2 휴전정보 불일치 기법

발전기, 부하, 선로 및 변압기 등의 전력설비가 휴전된 경우 해당 설비의 측정값은 제로에 가깝다. 휴전정보 불일치 기법은 휴전설비의 측정값이 한계값(5MW, 5MVAR)[7-8]보다 큰 경우 해당 설비는 불량으로 판정된다. 한계값은 일반적으로 국내의 EMS 운영기관에서 사용하는 한계값이며 운영자에 따라 해당 값을

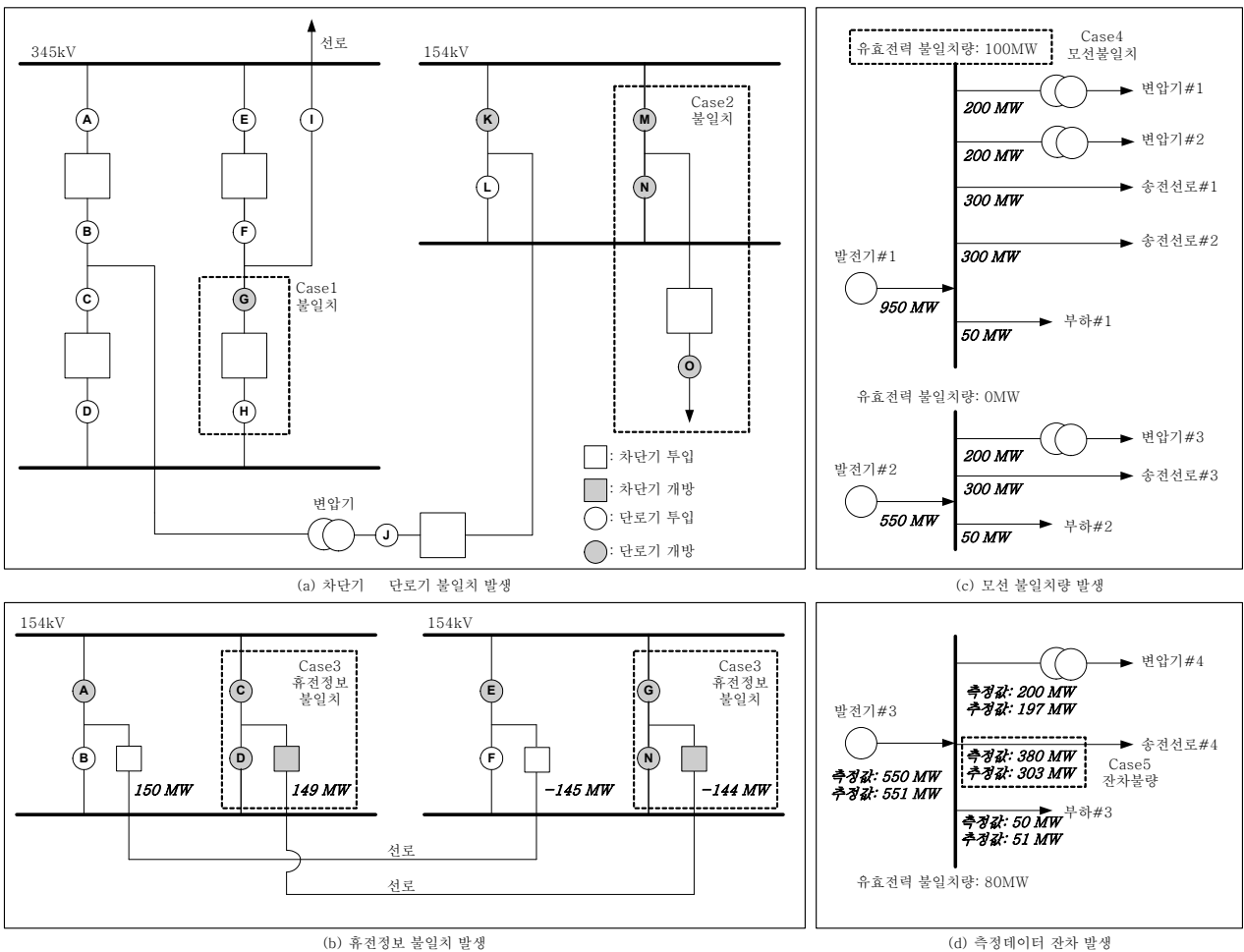


Fig. 5. Structure of topology error analysis

변경할 수 있다. 그림 5 (b)는 휴전정보 불일치 경우를 나타낸다. 그림 5 (b)에서 보는 바와 같이 휴전 정보 불일치가 발생하는 오류에 연결된 차단기 및 측정기기에 의심 가중치를 부여한다.

3.2.3 모선/변전소 불일치 기법

전기적인 모선은 주로 전압레벨로 구성되며 모선분리의 경우는 동일 전압레벨에 여러 개의 모선이 구성된다. 모선 불일치량 기법은 모선으로 유입 및 유출되는 유효전력량은 제로에 가깝지만 한계값(99MW, 99Mvar)[7-9]보다 큰 경우 모선에 연결된 설비는 불량으로 판정한다. 한계값은 상태추정 결과값이 아닌 측정값을 기준으로 하기 때문에 측정기기의 오류 등을 고려하여 선정하며, 한계값은 일반적으로 국내외 EMS 운영기관에서 사용하는 한계값이며 운영자에 따라 해당 값을 변경할 수 있다. 그림 5 (c)는 모선 불일치를 나타낸다. 그림 5 (c)에서 보는 바와 같이 모선 및 변전소 불일치가 발생하는 모선 및 변전소에 해당되는 차단기 및 측정기기에 의심 가중치를 부여한다. 동일한 기법으로 변전소의 유입 및 유출의 전력량이 한계값 이상일 경우 변전소에 해당하는 차단기 및 측정기기에 의심 가중치를 부여한다.

3.2.4 측정데이터 잔차 기법

전력설비의 아날로그 측정값을 상태추정 값의 차이를 표준편차 및 잔차 등으로 누적한다. 측정데이터 잔차 기법은 누적된 표준편차 및 잔차 등이 한계값 보다 큰 경우 해당 설비는 불량으로 판정한다. 측정데이터 잔차는 개별 기기에 대해 식 (1)과 같이 지수를 계산하여 잔차를 계산한다.

$$I_{\cos} = \sum_{i=1}^m \frac{Z - h_i(x)^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

여기서 m은 측정기기 개수, Z는 측정값, h는 추정값, σ_i^2 는 설비의 가중치이다. 식 PI_{\cos} 를 개별 기기에 계산 후 해당 값을 변전소별로 누적하면 변전소의 이상 여부를 판별할 수 있다. 그림 5 (d)는 측정값과 추정값의 차이가 큰 불량 잔차 경우를 나타낸다. 그림 5 (d)에서

보는 바와 같이 측정데이터 잔차가 발생하는 기기에 연결된 차단기 및 측정기기에 의심 가중치를 부여한다.

3.3 제안된 토폴로지 오류 처리 화면

토폴로지 오류 처리의 목적은 계통해석 해의 품질을 개선하고 계통 운영자에게 오류를 인지하고 정정할 수 있도록 정보를 제공하는 것이다. 빠르고 정확한 정보를 제공하기 위해서는 그림 6에서 보는 바와 같이 토폴로지 수행에 관한 정보 및 토폴로지 오류 정보를 상세하게 제공해야 한다. 토폴로지 오류 화면의 특징은 다음과 같다.

- 24시간 이상 토폴로지 오류처리 수행결과 누적
- 토폴로지 처리 수행 후 설비의 휴전 현황 출력
- 토폴로지 수행 및 오류 현황을 숫자로 표기하며, 숫자를 클릭 시 상세 정보 제공

4. 사례 연구

본 논문에서는 실 계통 데이터를 활용하여 제안된 기법에 대한 유용성을 검증하였다. 실 계통 데이터는 다음과 같이 구성되어 있다.

- 발전기, 부하, 조상설비 등 인젝션 설비 : 5934개
- 송전선로, 변압기 등 브랜치 설비 : 5721개
- 차단기 및 단로기 : 41,444개

실 계통에 대한 검증은 윈도우 기반의 해석 시스템을 활용하여 수행된다. 오프라인의 데이터베이스를 기반으로 온라인으로 취득된 데이터 셋을 다양하게 구성하여 검증을 수행한다.

4.1 차단기 및 단로기 불일치 해석

토폴로지 오류처리 수행 후 차단기 및 단로기 불일치는 2가지 경우로 검색된다. 첫째는 차단기 및 단로기의 불일치이며 둘째는 차단기, 단로기 및 단로기 불일치 경우이다. 그림 7에서 보는 바와 같이 차단기-단로기 불일치는 5개가 발생하며, 차단기-단로기-단로

토폴로지 수행 결과 전체 요약						
발생시간	발전기/부하/조상설비			송전선로/변압기		
	총 개수	정지 개수	변경 개수	총 개수	정지 개수	변경 개수
9.22/12:33	4000	405	4	9000	566	3
9.22/12:32	4000	406	3	9000	567	2
9.22/12:31	4000	406	5	9000	564	5

(a) 토폴로지 수행 결과 전체 요약

유효한 5MW/MVAR 갖는 정지 설비 요약						
발생시간	유효전력					
	발전	부하	선로	변압기	HVDC	차단기
9.22/12:33	3	5	2	3	0	0
9.22/12:32	3	3	2	2	0	0
9.22/12:31	2	6	7	14	0	0

(b) 토폴로지 오류 수행 결과 전체 요약

Fig. 6. Display of topology error analysis

발생시간	지역	변전소	전압(kV)	유형*
9.22/22:45	경남	신고성	154	Type1
9.22/22:45	경남	신고성	154	Type1
9.22/22:45	충남	서대전	154	Type1
9.22/22:45	충남	불당	154	Type1
9.22/22:45	충북	서청주	154	Type1
9.22/22:45	서울	금오	154	Type2
9.22/22:45	제주	한라	23	Type2
9.22/22:45	전북	섬진강	11	Type2
9.22/22:45	전남	진도	154	Type2

*불일치유형:Type1(차단기-단로기) Type2(차단기-단로기-단로기)

Fig. 7. Results of inconsistency of switching

기 불일치는 4개 발생한다. 그림 8은 해당 불일치 변전소의 토폴로지를 나타내고 있다. 그림 8에서 신고성 변전소에서 불일치가 발생하였으며 해당 변전소의 단선도를 살펴보면 조상설비의 차단기는 ‘닫힘’ 상태이

지만 단로기는 ‘열림’ 상태의 불일치가 발생했다.

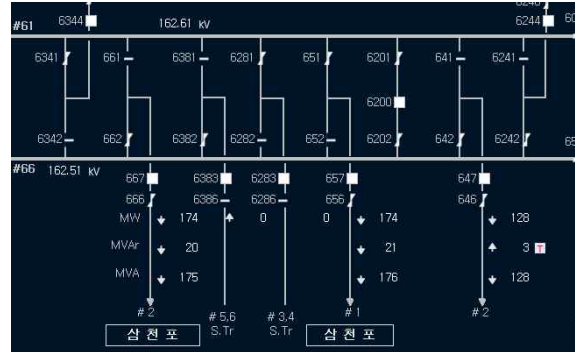


Fig. 8. Substation with inconsistency

4.2 휴전정보 불일치 해석

토폴로지 오류처리 수행 후 휴전정보 불일치 정보는 설비별로 다음과 같이 출력된다. 휴전설비의 측정 한계값은 5MW, 5Mvar이다.

- 발전기/부하 유효전력: 4개/37개
- 발전기/부하/조상설비 무효전력: 5개/29개/7개
- 송전선로/변압기 유효전력: 19개/4개
- 송전선로/변압기 무효전력: 15개/5개

그림 9에서 보는 바와 같이 금오 변전소의 변압기#3이 24 MW가 취득이 되지만 변압기가 연결된 단로기가 개방되어 휴전상태로 구성되었다. 이를 통해 해당 차단기가 오류를 갖고 있음을 확인할 수 있다.

4.3 모선/변전소 불일치 해석

토폴로지 오류처리 수행 후 모선 불일치 정보는 모선별 또는 발변전소 별로 출력된다[6-8]. 발변전소가 모선을 포함하고 있기 때문에 사용자에게 모선 또는 발변전소별로 다음과 같이 출력한다.

- 0MW 이상 100MW 미만: 33개
- 100MW 이상 150MW 미만: 3개
- 150MW 이상: 4개

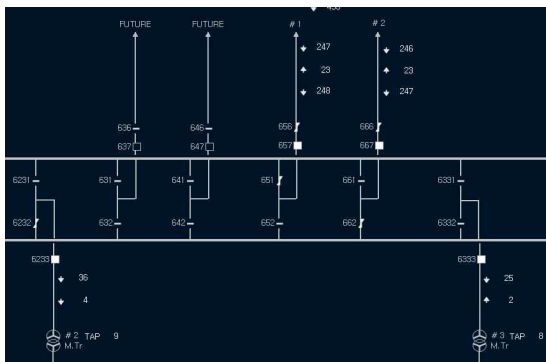
그림 10에서 보는 바와 같이 모선 및 발변전소 불일치량이 발생하는 변전소가 결과로 출력되고 있다. 그림 10 (a)에서 신김해 변전소의 불일치량이 99MW이

발생시간	지역	변전소	설비명	측정값(MW)
9.22/22:45	경북	포항부생	#1	142
9.22/22:45	경북	포항부생	#2	144

(a) 발전기 유효전력

발생시간	지역	변전소	설비명	측정값(MW)
9.22/22:45	서울	금오	#3	24
9.22/22:45	충북	북충주	#4	18
9.22/22:45	인천	신인천	#2	7

(b) 부하



(c) 부하 유효전력 불일치 변전소(금오)

Fig. 9. Results of coherency checks

며 이는 그림 10 (b)에서 보는 바와 같이 345kV 변전소의 상단 좌측의 송전선로를 통해 유효전력 정보가 입력되지 못하기 때문이다. 이를 통해 해당 측정 포인트가 오류를 갖고 있음을 판정할 수 있다.

4.4 측정 잔차 해석

토폴로지 오류처리 수행 후 측정 잔차 정보가 설비별로 출력된다. 그림 11에서 보는 바와 같이 신당진 변전소의 측정값과 추정값의 차이가 많음을 나타내고 있다. 이를 통해 해당 설비의 측정값 또는 설비의 임피던스 오류를 분석할 수 있다.

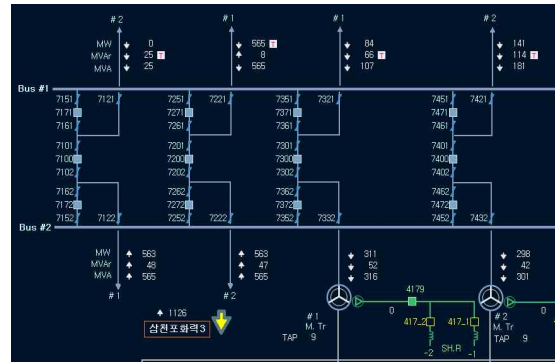
5. 결 론

본 논문에서는 계통운영시스템 계통해석 응용프로

발생시간	지역	변전소	유형*	측정값(MW)
9.22/22:45	경남	신김해	변전소	99
9.22/22:45	충북	신제천	변전소	26
9.22/22:45	강원	동해	모선	37

* 불일치유형: 변전소 불일치량, 모선불일치량

(a) 모선 및 발변전소 불일치



(b) 불일치 변전소

Fig. 10. Results of bus and substation mismatch check

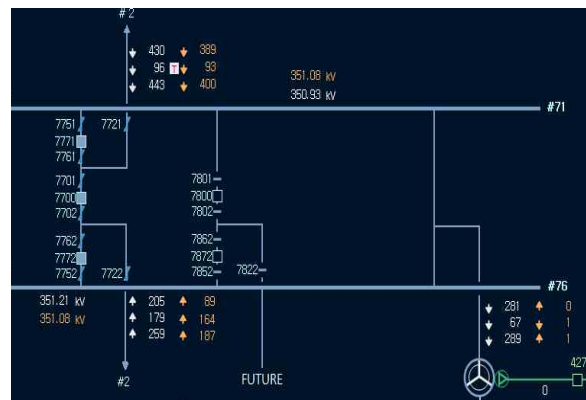


Fig. 11. Results of residue using measure -ment

그램의 정확도를 향상시키기 위한 토폴로지 오류처리 방안에 대해 제안하였다. 토폴로지 오류는 상태추정, 조류계산, 상정고장 및 고장계산 등의 결과에 중요한 영향을 미치기 때문에 오류가 발생한 설비, 발변전소, 모선 등의 정보를 빠르게 계통 운영자에게 제공해야 한다. 이를 위해 강인한 데이터베이스를 기반으로 차단기 및 단로기 불일치 해석, 휴전정보 불일치 해석,

모선 및 발변전소 불일치량 해석 및 측정 잔차 해석을 통해 토폴로지 오류를 판정하였다. 실 계통 데이터를 기반으로 정합성 검증을 수행하였다. 향후 해당 기법을 온라인 계통운영시스템에 탑재하여 다양한 해석을 수행하고자 한다.

이에 본 논문에서는 다음과 같은 독창성을 갖고 알고리즘이 제안되었다. 첫째, 실무적인 4가지 토폴로지 오류처리 기능을 제안하였다. 토폴로지 오류를 판별 및 제거하기 위해 상태추정에 적용하는 방법은 대규모 계통에는 부적합하기 때문에 상태추정의 사전처리 기능으로 토폴로지 오류를 구현하는 것이 일반적인 형태이다. 둘째, 개별 토폴로지 오류처리 결과를 바탕으로 종합적으로 가장 의심스러운 설비를 찾아낼 수 있다.

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No. 2014R1A1A1005554)

이 논문은 2013년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20131020000100)

References

[1] M. Davis Hwang and B. Brewer, "Using state estimation for parameter and model error identification," IEEE Power Eng. Soc. Gener. Meet, pp. 1-3, Jul. 2010.
 [2] M. Boddeti, D. Obadina, F. Garcia, N.D.R. Sarma, Yang Wu, and V. Kanduri, "ERCOT's Experiences in using pseudo measurements in state estimation," IEEE Power Eng. Soc. Gener. Meet, pp. 1-5, Jul. 2011.

[3] A. Abur and A. G. Exposito, Power System State Estimation—Theory and Implementation. New York: Marcel Dekker, 2004.
 [4] Monticelli, State Estimation in Electric Power Systems: A Generalized Approach. Boston: Kluwer, 1999.
 [5] D. Becker, H. Falk, J. Gillerman, S. Mauser, R. Podmore, and L. Schneberger, "Standards-based approach integrates utility applications," IEEE Comput. App. Power, vol. 11, pp. 13-20, Oct. 2000.
 [6] Yoon-Sung Cho, Sang-Yun Yun, "Development of the contingency analysis program of Korean energy management system", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 59, No. 2, pp. 232-241. 2010.02.
 [7] Y. S. Cho, Y. S. Yun, J. Lee, S. I. Heo, Y. J. Yun, H. S. Lee, "Development and Test of Network Analysis Program in Korea Energy Management System(K-EMS)", The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 59, No. 12, 2010, 60-68.
 [8] http://www.spp.org/publications/MetricInterpretiveGuidance__SPP_3.pdf
 [9] Y. S. Cho, "A Study on the Validation Methodology of Network Analysis Applications in Energy Management Systems", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 28, No. 10, 2014, 27-36.
 [10] Gu Chaojun, P. Jirutitijaroen, "Topology error processing based on forecast measurement errors," Power Systems Computation Conference, pp. 1-7, Aug. 2014.

◇ 저자소개 ◇



조윤성 (趙尹晟)

1977년 7월 5일생. 2008년 고려대 대학원 전기공학 졸업(박사). 2012년 LS산전연구소 책임연구원. 현재 대구가톨릭대학교 전자전기공학과 조교수.