

전력계통 안전도 평가 패키지(KW-PSS Ver.2.0) 국산화 개발

신정훈*, 남수철, 백승목, 송지영, 이재걸, 김태균, 곽노홍
한국전력공사 전력연구원

Development of a Power System Assessment Package [KEPCO-WORLD Power System Solution(KW-PSS) Ver.2.0]

Jeonghoon Shin*, Suchul Nam, Seungmook Baek, Jiyoung Song, Jaegul Lee, Taekyun Kim, Nohong Kwak
KEPCO Research Institute*

Abstract - 본 논문에서는 2006년도에 개발된 계통해석 패키지 국산품(KW-PSS Ver.1.0)에 안전도 평가기능을 추가하여 구현하고, 기존의 조류계산 및 고장계산 모듈을 업그레이드 하여 기존 개발품을 더욱 고급화한 내용을 수록하였다. 그리고, 개발된 알고리즘을 사용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 통합 DB 및 플랫폼을 갖춘 사용자 인터페이스를 개발하여 최종적으로는 KW-PSS Ver 2.0이 개발된 내용을 소개한다.

는 HVDC는 주파수 모드로 운전하기 때문에 사고 발전기의 유효전력(λ)의 감소만큼 HVDC의 유효전력 전송량은 증가할 것이다. 발전기에서 감소되는 발전량만큼 HVDC를 통해 전송되는 유효전력량은 증가하고, HVDC에서 소모하는 무효전력량은 P의 70%정도이다. 본 과제에서는 HVDC를 유효전력은 공급해주고 무효전력은 소모하는 부하로 가정하였다.

1. 서 론

전력계통 안전도란 어떠한 주어진 운전 점에서 운전 중인 계통에 외란이 발생하였을 때, 계통이 운전 점을 안전하게 유지할 수 있는 능력을 말한다. 계통에서의 외란은 사고를 의미하는데 주로 선로, 발전기 등의 설비 탈락이 주를 이룬다. 안전도 평가에서 고려되는 사고는 1개의 설비 탈락 사고를 의미하는 N-1사고가 보통이며, 그 이상의 사고는 사용자의 경험적 지식과 계통이 구조에 따라 달리 적용될 수 있다. 계통에 투입되어 있는 여러 가지 설비 들은 많이 있으며, 계통에 투입된 모든 설비의 사고에 대하여 계통에 미치는 영향을 평가한다는 것은 매우 어렵고 많은 시간과 노력이 필요한 힘든 작업이 될 수 있다.

전력계통은 그 구성요소인 발전, 송변전, 배전계통이 유기적으로 결합되어 전력의 공급과 높은 신뢰도를 제공할 것을 목표로 설계되어야 하며 이를 위해서 주어진 계통조건으로부터 현재 계통의 안전도 평가뿐만 아니라 전력계통의 확장계획 등 계통의 합리적 운용 및 제어 등을 위한 검토가 가능한 해석 패키지가 필요하다. 그러나 전력계통 안전도 평가를 위한 프로그램은 해외에서 개발된 패키지에 대한 의존도가 높으며, 우리나라 계통에 대한 특성을 반영할 수 없어 그 활용도가 매우 낮은 실정 이므로 우리나라 고유의 패키지 개발이 절실히 필요한 상황이다.

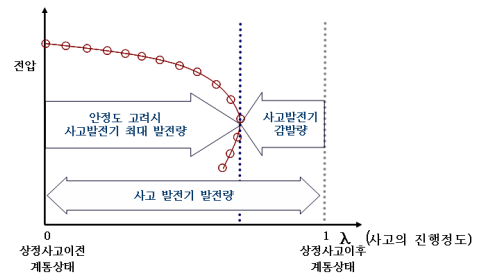
더구나 일본, 프랑스, 미국 등의 광역정전 사고사례나 우리나라 제주 지역의 정전 사태를 볼 때, 우리나라 계통의 안전도 평가가 적절히 이루어지지 않을 경우, 부분적 정전 또는 광역 정전 등으로 산업/경제적으로 심각한 피해가 발생할 것으로 예상 할 수 있다. 따라서 계통의 현재 안전도를 평가하고 각 상정사고에 대한 필요한 조치를 수립 및 실행함으로써 계통의 안전도를 적절한 수준으로 유지하여야 하며, 또한 체계적인 데이터 관리를 통한 우리나라 전력계통의 안정적인 운영을 위한 안전도 평가 프로그램의 개발이 요구된다.

2. 본 론

2.1 전압안전도 평가 모듈(VSA) 개발

전압안전도는 계통 외란 후 현재의 운전점이 전압안전도를 유지하면서 새로운 안정된 운전점으로 도달할 수 있는 가를 말한다. 일반적으로 이러한 전압안전도를 판단하는 지수로서는 외란에 따라 허용할 수 있는 부하증가량으로 대부분 평가된다. 1단계 패키지과제에서 개발된 전압안전도 지수로서 PV, QV, FV, YV가 개발되었다. 본 과제에서는 기존의 전압안전도 지수이외에 제주도 광역정전에 따른 전압안전도 여유 해석을 위하여 GV개념을 도입하였다.

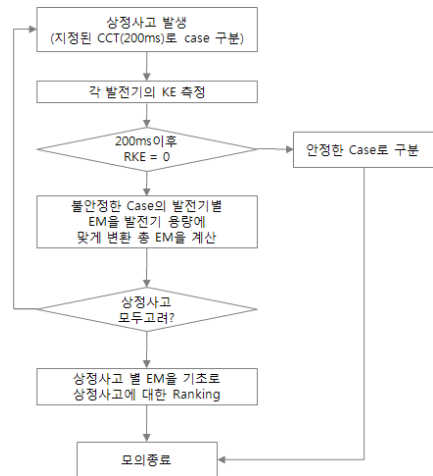
GV해석은 발전기 상정사고의 경우 계통에 stress를 주는 원인은 해당 발전기의 유효전력 및 무효전력 공급능력의 상실이라고 생각할 수 있다. 따라서 해당 발전기의 발전력을 파라미터(λ)와 하고 λ 가 변환에 따라 계통의 상태 변화를 분석하였다. λ 가 0이라는 것은 사고이전의 계통 상태를 나타내고, λ 가 1이라는 것은 상정사고 이후의 상태를 나타낸다. 따라서 발전기 상정사고 검토 시 λ 가 1보다 큰 경우에 해가 존재한다면 상정사고 이후에도 해가 존재하기 때문에 계통이 안정하다고 판단할 수 있고, 만일 λ 가 1보다 작은 경우에 전압 불안정점이 존재한다면 계통이 불안정하다고 판단할 수 있다. 이 경우 전압 불안정점이 어디에 위치하는가에 따라 해를 수립시키기 위한 발전기 출력 제한 값을 찾을 수 있고, 또한 전압 불안정점에서의 참여인수의 정보를 통해 계통에 문제가 되는 원인 및 대책 방안을 생각할 수 있을 것이다. 제주에 설치되어 있



〈그림 1〉 GV 해석곡선

2.2 과도안전도 평가 모듈(TSA) 개발

대형 정전사고를 방지하기 위한 중요한 해석중 하나는 온라인 또는 실시간으로 과도안전도를 평가(이하 TSA)하는 것이다. TSA 프로그램은 기존의 과도안전도를 판별 해줄 뿐만 아니라 적절한 마진과 안전도 향상 제어방향을 제시해야 한다. TSA에서 안전도 마진을 평가하는 방법은 임계제거시간(이하 CCT)을 계산하는 방법과 전력 송전 한계(Transfer Power limit) 운전점을 계산하는 방법을 사용한다. 전자는 유럽에서 많이 사용하는 방법이며 후자는 북미에서 주로 사용한다. TSA에서 CCT를 계산하는 일반적인 방법은 시황착오법인 이분 탐색법(이하 BS)이며, BS법은 정확한 결과를 제공하나 많은 반복 시뮬레이션을 통하여 CCT점을 구하여야 하는 단점이 있다. 최근 가격이 싼 병렬컴퓨터나 분산컴퓨터 기술이 개발됨에 따라 다시 BS법은 계산속도의 단점을 보완할 수 있으면서 정확한 계산결과를 제공할 수 있는 환경이 조성되고 있다.



〈그림 2〉 First Kick 알고리즘 흐름도

그러나 여전히 BS법은 많은 반복계산을 해야 하는 부담이 있기 때문에 다른 CSR법과 연계해서 사용해야 하는 문제가 있다. 본 장은 병렬컴퓨팅 또는 분산컴퓨팅 환경을 사용하는 TSA에서 BS법을 사용할 때 BS법과 연결해서 사용할 수 있는 새로운 CSR법인 First Kick법을 제안한다. 제안된 방법은 TD 프로그래머에서 모의하여 시간영역결과를 이용하여 운동에너지와 위치에너지를 계산하여 에너지 마진을 도출하고 상정사고를 Ranking 하는 방법이다. 제안된 방법은 계산방법이 매우 간단하고 계산속도가 매우 빠르기 때문에 향후 BS법과 연계해서 실시간 TSA에 적용가능하다.

NO	Case #	From Bus (Faulted)	To Bus	ID	Critical Machine	KE Index
1	No. 131	4450 문덕TP3	4401 화성S	1	발전#1-#4	12.726
2	No. 132	4450 문덕TP3	4401 화성S	2	상동	상동
3	No. 177	5150 홍진NP#1	5151 홍진NP#2	1	발전NP#1-#4	20.553(6)
7	No. 181	5151 홍진NP#2	5100 신안#3	1	상동	20.758(4)
11	No. 185	5151 홍진NP#2	5150 홍진NP#1	2	상동	상동
12	No. 186	5152 홍진NP#3	5100 신안#3	1	발전#1-#6	11.343
15	No. 209	6020 당진TP7	6030 신서산7	1	당진#1-당진#6	21.760(2)
16	No. 210	6020 당진TP7	6030 신서산7	2	상동	상동
17	No. 211	6030 신서산7	4010 신안#7	1	상동	21.365(3)
21	No. 215	6100 태인TP3	6300 신서산3	2	태인#1-#4	13.842
22	No. 216	6100 태인TP3	6900 신당진3	1	상동	상동
23	No. 217	6101 태인TP3S	6300 신서산3	1	태인#5-#7	9.260
24	No. 218	6101 태인TP3S	6900 신당진3	2	상동	상동
25	No. 219	6150 보령TP#1	6650 보령CC3	1	보령#1-#2	7.341
26	No. 221	6151 보령TP#2	6800 청양3	1	보령#3-#6	14.486
27	No. 222	6151 보령TP#2	6950 마안3	2	상동	상동
28	No. 225	6300 신서산3	6100 태인TP3	2	태인#1-#4, #7	14.639
29	No. 226	6300 신서산3	6101 태인TP3S	1	태인#1-#7	20.706(5)
30	No. 229	6300 신서산3	6960 마안3	1	상동	상동

〈그림 3〉 KE법에 의한 상정사고 INDEX

2.3 미소신호 안전도 평가 모듈(SSSA) 개발

미소신호 안전도 평가모듈에서는 기존의 고유치 해석기능에 모드추적(Mode Trace) 알고리즘을 개발, 해석기능을 탑재하였다. 이 기능은 복소수 이동점과 제동비를 지정하면 복소수 이동점 부근의 고유치를 계산하여 주어진 제동비보다 작은 지배적 고유치를 계산하고, BASECASE와 상정사고를 가정한 상황에 대해서 정당한 급전을 수행하면서 지배적 고유치의 모드변화를 추종한다. 부하 변동에 대한 모드추적은 1) 한 곳의 부하를 증감시키고 에너지 평형을 유지하기 위하여 다른 곳의 발전량을 증감시키거나, 2) 한 곳의 발전량의 증가 또는 감소를 다른 곳의 발전량을 감소 또는 증가시켜 에너지 평형을 유지하는 방법으로 수행된다. 부하는 이 그룹에 속한 각각의 부하에 기저상태에서의 부하크기에 비례하여 배분되고, 각 부하의 역할은 기저부하상태에서의 역할을 유지하는 것으로 가정한다. 발전기그룹의 발전량 변동은 이 그룹에 속한 각 발전기가 분담하여야 할 부하는 발전기의 여유용량에 비례해서 분배된다. 여유용량은 발전기 부하를 증가시키는 경우 최대발전에서 현재 발전량을 뺀 양이고, 발전량을 감소시키는 경우는 현재 발전량에서 최소발전량을 뺀 양으로 정의 된다. 제어기 파라미터 변동에 의한 고유치 변동 추적기능은 여자기, PSS, 터빈/조속기의 제어파라미터를 변동 시키는 경우 특정 모드의 변동 추이를 조사하는데 목적이 있다. 예를 들면 PSS의 이득이나 여자기의 피드백 이득을 변동 시키면서 특정 모드가 어떻게 변화하는지를 조사하는 것은 PSS 이득 또는 여자기 피드백 이득이 저주파진동 측면에서 적절하게 설정되어 있는지를 조사하는데 매우 유용하게 사용할 수 있다.

TRANSCAT	NORMAL CASE	CONTINGENCY # 1	CONTINGENCY # 2	CONTINGENCY # 3
0.00	-0.1792 +j 4.253	4.21 %	0.0564 +j 3.755	-1.50 %
100.00	-0.1964 +j 4.225	4.64 %	0.0638 +j 3.740	-1.70 %
200.00	-0.1861 +j 4.199	4.43 %	0.0713 +j 3.724	-1.91 %
300.00	-0.1750 +j 4.172	4.19 %	0.0788 +j 3.708	-2.13 %
400.00	-0.1629 +j 4.144	3.93 %	0.0864 +j 3.691	-2.34 %
500.00	-0.1497 +j 4.115	3.64 %	0.0939 +j 3.673	-2.55 %
600.00	-0.1353 +j 4.085	3.31 %	0.1012 +j 3.654	-2.77 %
700.00	-0.1190 +j 4.053	2.93 %	0.1084 +j 3.634	-2.98 %

〈그림 4〉 Transaction에 대한 모드추적 결과

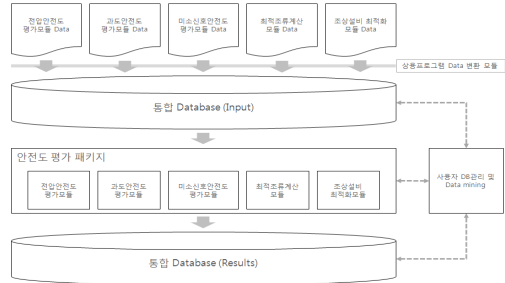
2.4 통합 DB 및 사용자 인터페이스 개발

개발된 각 안전도 평가알고리즘에 대한 사용자의 편의 증대 및 다양한 해석기능을 개발하기 위하여 입력력 정보에 대한 통합 DB 및 사용자 인터페이스(인터페이스)를 개발하였다.

구분	내용
시스템 통합 DB 구축	- 안전도 평가 모듈별 DB설계 및 통합설계 - 통합 DB 프로토콜 설계 - 파라미터 DB, 분석과정 및 결과 관리 DB모듈 구축 - 상용 프로그램 입력력 형식과의 변환모듈 구축 - 한전 실 계통 데이터 DB구축
사용자 인터페이스 구축	- 전력계통 안전도 평가 모듈 통합 인터페이스 개발 - Data Display용 Grid Window개발 - 수행 결과 표시용 Text 출력 창 개발 - 시각화 모듈 설계 및 구현

2.4.1 시스템 통합 DB 설계

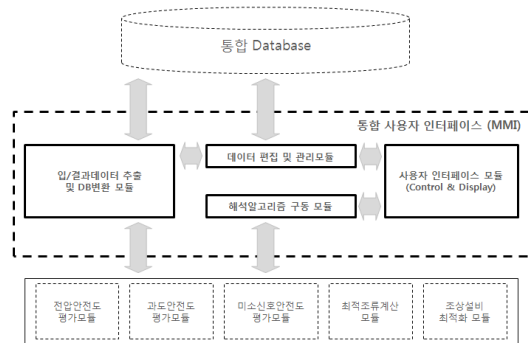
기존의 계통해석 모델(PSS/E 등)의 경우 File 기반으로 운영되고 있어, 입력데이터(계통 및 기기 데이터)에 대한 체계적인 관리나 분석이 번거로웠던 것이 사실이다. 이에 본 연구과제에서 개발하고자 하는 시스템 통합 DB는 아래의 그림4와 같이 계통 및 설비에 대한 각 모듈별 필요 데이터를 통합관리 할 수 있으며, 분석된 결과에 대해서도 DB를 구축함으로써 다양한 케이스에 대한 해석결과를 쉽게 분석할 수 있도록 한다.



〈그림 4〉 통합 DB 개념

2.4.2 사용자인터페이스 설계

본 연구를 통해서 개발된 계통안전도 평가 알고리즘의 경우, 사용자가 쉽게 운영할 수 없기 때문에 사용자들의 편의성을 제고하고 다양한 부가적 기능을 제공하기 위해서 인터페이스를 구축하고자 한다. 인터페이스의 경우 아래의 그림 5와 같이 통합 DB에 대한 관리 모듈과 해석알고리즘을 구동시킬 수 있는 모듈 그리고 사용자 인터페이스 모듈 등으로 구성되며, 안전도 평가모듈을 통합하여 관리할 수 있도록 설계되었다.



〈그림 5〉 통합 사용자 인터페이스 개념도

3. 결 론

개발된 KW-PSS Ver.2.0의 외관은 아래와 같다.

