creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공학전문석사 학위 연구보고서

개도국 송전망 확충을 위한 전력망 모델링 및 진단 프로그램 개발

Development on Power System Modeling and Diagnostic Program for Transmission Expansion in a Developing Country

2019년 2월

서울대학교 공학전문대학원

응용공학과 응용공학전공

김 헌 우

국문초록

본 연구에서는 개발도상국 전력망 진단에 대한 사례연구를 통하여 상정고장 발생 시 야기되는 과부하 발생 및 전압안정도 유지 여부를 근거로 전력망 취약구간을 도출하였고, PSS/E 프로그램으로 자동화 프로그램의 진단 결과에 대한 신뢰성을 검증하였다.

대부분의 전력망 진단은 PSS/E[1] 프로그램을 이용하여 조류계산, 고장계산, 전압안정도 판별 등을 포함하는 계통검토를 진행한다. 그러나 이러한 방식의 전력망 진단은 과정이 복잡해서 검토에 오랜 시간이 소요되고, 방대한 양의 결과 데이터로 인해 문제개소 파악이 쉽지 않아 검토 결과의 신뢰도가 낮아 질 가능성이 있다.

이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 전력망 진단의 효율성 및 신뢰성 제고를 목적으로 Python[2] 언어 기반 전력망 진단 자동화 프로그램을 개발하였다. 전력망 진단 자동화 프로그램은 전력망 검토 시간을 획기적으로 줄여줄 뿐만 아니라, 전력망 진단 결과에 대한 신뢰성까지 제고할 수 있다.

그리고 본 연구 결과에서 얻게 된 진단 정보를 토대로 개발도상국의 취약 전력망 구간에 대한 최적 송전선로 보강 방안까지 추가적으로 수립할 수 있음을 확인할 수 있었다.

---

1) PSS/E (Power System Simulator for Engineering) : 전력계통해석 프로그램
2) Python : 자동화 프로그램을 설계하기 위한 프로그래밍 언어

향후 본 연구보고서의 사례연구 결과를 토대로 개발도상국 전력망 진단 비즈니스 모델(Business Model, BM)을 구축하여 송변전 해외 사업 장기 수익창출에도 기여하리라 생각한다.

주요어 : 전력망 진단, 과부하, 전압안정도, 신뢰성, PSS/E, Python
학 번 : 2017-25486

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1
제1절 연구 배경 및 목적 ····· 1
제2절 연구보고서의 구성 및 개요 ····· 3

제 2 장 대상국 전력망 현황 및 진단 모델링 ····· 4
제1절 대상국 전력망 현황 ····· 4
1. 전력설비 현황 ····· 4
2. 전력망 문제점 ····· 5
제2절 전력망 진단 모델링 ····· 6
1. 전력망 진단 프로그램 ····· 6
2. PSS/E를 활용한 진단 계통 모델링 ····· 7
3. 조류계산 DB 및 시험계통 만들기 ····· 8

제 3 장 전력망 진단 자동화 프로그램 설계 ····· 14
제1절 자동화 프로그램 설계 목적 ····· 14
제2절 자동화 프로그램 설계 기본개념 ····· 15
1. 자동화 프로그램 진단 기준 ····· 15
2. 자동화 프로그램 논리 순서도화 ····· 17
제3절 자동화 프로그램 설계 ····· 20
1. 기존 전력망 진단 검토 과정 ····· 20
2. 전력망 진단 자동화 프로그램 개발 ····· 21

제 4 장 전력망 진단 사례 연구 ····· 24
제1절 자동화 프로그램을 통한 대상국 전력망 진단 ···· 24

제2절 PSS/E 시뮬레이션을 통한 진단결과 검증 ····· 25
제3절 취약구간 송전망 확충방안 제시 및 검증 ····· 28

제 5 장 결 론 ····· 31

참고문헌 ····· 32
Abstract ····· 33

표 목 차

[표 2-1] 대상국 전력설비 요약정보 ····· 4
[표 2-2] 송변전 설비 세부현황 ····· 5
[표 2-3] 설비별 기지량과 미지량 ····· 8
[표 2-4] 조류계산 DB 기본 조건(예시) ····· 9
[표 2-5] 모선 기능별 Code 할당 ····· 10
[표 2-6] Branch 데이터 입력 ····· 10
[표 2-7] Load 데이터 입력 ····· 11
[표 2-8] Plant 데이터 입력 ····· 11
[표 2-9] Transformer 데이터 입력 ····· 12
[표 3-1] 임의의 1회선 송전선로 상정고장 발생 화면 ··· 15
[표 3-2] 전압 유지범위 ····· 16
[표 3-3] 단일, 이중고장 정의 ····· 17
[표 3-4] 자동화 진단 프로그램의 신뢰성 검증 ····· 23
[표 4-1] 프로그램으로 도출한 취약 송전선로 구간 ····· 24
[표 4-2] 송전선로 1090-1100 상정고장 발생 ····· 25
[표 4-3] 송전선로 2030-2040 상정고장 발생 ····· 27
[표 4-4] 송전선로 1090-1100 송전선로 보강 ····· 28
[표 4-5] 송전선로 2030-2040 송전선로 보강 ····· 30

그 림 목 차

[그림 2-1] 조류계산 데이터 흐름 ····· 6
[그림 2-2] PSS/E 구성 ····· 7

[그림 2-3] 조류계산 DB를 시뮬레이션한 시험 계통도 ·· 8
[그림 2-4] 대상국 계통도 일부구간 시뮬레이션 ····· 13
[그림 3-1] 임의의 상정고장 시 인접선로 과부하 발생 ·· 15
[그림 3-2] 자동화 진단 프로그램 논리 순서도 ····· 18
[그림 3-3] Python을 이용한 자동화 프로그램 코딩 ····· 22
[그림 4-1] 1090-1100 인접선로 과부하 발생 ····· 26
[그림 4-2] 2030-2040 인접선로 과부하 발생 ····· 27
[그림 4-3] 인접선로 과부하 해소 PSS/E 검증 ····· 29
[그림 4-4] 인접선로 과부하 해소 PSS/E 검증 ····· 30

제 1 장 서 론

제1절 연구 배경 및 목적

국내 전력시장은 과거 40년간 우리나라 경제발전과 병행하여 급속히 성장해왔다. 하지만 4차 산업혁명이 도래하는 현 시점에서 국내 전력시장은 국내 경제성장의 큰 비중을 차지했던 제조업의 축소 및 에너지 효율화로 인한 전력수요 성장세 둔화를 직면하게 되었고 국내 전력시장을 통한 수익창출은 사실상 포화단계에 도달한 상태이다.

본 연구는 국내 전력회사의 해외사업 장기 수익창출 목표달성을 위해 개발도상국 전력망 진단 사례연구를 통하여 전력분야 해외사업 비즈니스 모델(Business Model, BM)을 구축하는 것이 주목적이다. 즉, 대상국의 국가 전력망 진단을 시행하여 임의의 상정 고장 발생 시 송전선로 과부하 구간 발생 여부를 확인하고 전압안정도를 분석하여 대상국 전력계통 신뢰도 개선을 위한 송전망 확충방안을 도출하는 것이 주된 연구내용이다.

전력계통해석 프로그램인 PSS/E(Power System Simulator for Engineering)는 대규모 계통의 상정고장을 단시간에 빠르게 모의하기 위해 상정고장 자동 모의 기능을 지원하고 있다. 하지만 현장에서 일반적으로 자동화 기능을 제한적으로 사용하거나, 자동화 기능을 사용하지 않고 직접 모든 케이스를 일일이 검토하고 있어, 계통 검토에 오랜 시간이 소요되고, 케이스 수립 시 누락되는 케이스가 발생할 우려가 있다. PSS/E(Power System Simulator for Engineering)의 일부 프로그램

은 Python 등 사용자가 직접 프로그래밍 할 수 있는 환경을 제공하지만, 고도의 프로그래밍 기술을 요하고 사용자 편의환경이 떨어지기 때문에 일반 사용자가 활용하기 매우 어렵다.

한편, 이렇게 상정고장 검토 중 과부하, 과/저전압 등이 발생하는 상정고장 케이스의 경우 이를 해소하기 위한 대책을 사전에 수립해놓아야 한다. 해석적 기반의 해소방안 도출에 관한 연구는 기존에 이루어져있지만, 국가별 계통의 특징, 전력시장 및 운영구조 등에 차이가 있어 해석적 접근방식의 도입이 어렵기 때문에, 현재 국내에서는 상정고장 케이스별로 접근하여 계통 검토자의 경험에 의존한 해소방안을 수립하고 있다. 하지만 이러한 개별적이고 경험적인 접근 방식은 검토에 많은 시간이 소요되고, 최선의 해소방안을 수립하지 못할 수 있는 가능성을 내포하기 때문에 업무의 효율성이나 계통운영의 신뢰성 측면에서는 이를 시스템화(프로그램화, 자동화) 할 필요가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 전력계통해석 프로그램 계통 DB의 구성 선로 등에 대한 1회선 고장 자동 모의를 포함하여 실무에서 검토하는 모든 상정고장을 통한 전력망 진단을 자동화 하였고, 전력망 진단결과에 대한 취약구간 송전망 확충방안을 제안하였다. 그리고 이러한 전력망 진단 자동화 프로그램의 성능을 개발도상국 전력망 진단 사례연구를 통해 효과와 신뢰성을 검증하였다 [1].

마지막으로 본 연구에서 개발한 전력망 진단 자동화 프로그램을 활용하여 향후 개발도상국 전력망 진단 Business Model 구축을 통한 송변전 해외사업 수주 확대에도 기여할 것으로 기대한다.

제2절 연구보고서의 구성 및 개요

본 연구에서는 개도국 송전망 확충을 위한 전력망 모델링 및 진단 프로그램 개발을 통해 개발도상국에 대한 전력망 진단을 시행하여 임의의 상정 고장 발생 시 송전선로 과부하 구간 발생 여부를 확인하고 전압안정도를 분석하여 대상국 전력계통 신뢰도 개선을 위한 송전망 확충방안을 제안하였다. 본 연구는 다음과 같이 구성하였다.

제 1장에서는 연구 배경 및 목적을 소개하였다. 제 2장에서는 대상국 전력망 현황 및 문제점을 분석하고 전력망 진단 모델링을 위한 계통해석 이론을 검토하였다.

제 3장과 4장에서는 대상국 전력망 진단을 PSS/E의 부 프로그램인 Python을 활용하여 상정고장에 대한 전압안정도 및 과부하 구간을 자동으로 진단하는 자동화 프로그램을 설계하고 해당 프로그램으로 대상국의 전력망을 진단하는 사례연구를 시행하였다. 그리고 해당 자동화 프로그램으로 도출된 취약구간을 개선하기 위한 신규 송전선로 건설이 과부하 및 전압안정도 문제를 해결함을 검증하였다.

제 5장에서는 본 연구의 성과를 종합 정리하고, 추후 연구 사항을 제언하였다.

제 2 장 대상국 전력망 현황 및 진단 모델링

제1절 대상국 전력망 현황

1. 전력설비 현황

대상국은 아프리카에 위치한 개발도상국으로 송변전 분야에 있어서 인접국가들 중 선두적인 역할을 하는 국가로 발전, 송변전, 배전 회사로 분리되어 있다. 발전과 송변전의 경우 국영으로 운영되고 있고 배전의 경우는 민영화를 추진중에 있다.

표 2-1 전력설비 요약정보

계통 주파수 (Hz)	발전용량 (MW)	송전선로 (km)	변전소 (개소)	배전선로 (km)
60	3,248	5,440	58	81,500
	국영회사 (74%) 민자회자 (26%)	전압레벨 (330, 225, 161, 69kV)		전압레벨 (55, 34.5, 30, 20, 11kV)

발전 설비의 경우 발전 연료 도입가가 매우 높고 수량이 불규칙하여 최대 용량 발전이 힘들고 수력발전 의존도가 매우 높아 가뭄 기간에는

발전량이 급감하는 리스크가 존재하며 향후 발전설비는 2026년까지 5,470MW로 확충할 계획이며, 화력발전 및 신재생발전을 주로 도입할 예정이다.

2. 전력망 문제점

대상국의 주요 전력설비는 대도시가 위치한 중남부지역에 편중되어 있어 북부지역의 전력화율은 30%에 불과하며, 송변전설비 노후화 및 부족에 따라 단전이 잦고 전력 손실률이 높아 안정적인 전력공급 및 전기품질 유지에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이러한 전력공급 상황을 해결하고자 대상국 전력에너지부는 지속적인 전력설비 확충을 계획하고 있으며 그중에서도 송전선로 고장 발생에 따른 전력공급 지장을 예방하기 위한 전력망 진단, 취약 송전선로 구간 도출 및 송전망 확충을 계획하고 있다.

표 2-2 송변전 설비 세부현황

송변전 설비	설비 규모
330kV 송전선로	371km
161kV 송전선로	4,017.6km
225kV 송전선로	74.3km
69kV 송전선로	138.8km
변전소 수 / 변압기 용량	58개소 / 4,059MVA

제2절 전력망 진단 모델링

1. 전력망 진단 프로그램

전력망 진단을 위해 사용 할 PSS/E는 미국 SIEMENS PTI 社가 개발한 프로그램으로 한국전력공사를 비롯한 국내외 산업계, 학계에서 널리 활용되고 있으며, 전력 조류계산, 고장분석, 안정도 판별 등 전력계통의 다양한 분야에서 활용되고 있는 계통해석 프로그램이다. PSS/E를 이용한 조류계산은 조류계산용 데이터를 이용하여 PSS/E의 Power Flow를 통해 휴전 및 계통고장 시 설비 과부하, 전압 등을 검토한다.

그림 2-1 조류계산 데이터 흐름

그림 2-2는 PSS/E의 구성을 보여주고 있는데, Power Flow, Dynamics, Auxiliary Programs 등 크게 세 가지 분야로 구성되어 있다. 'Power Flow'는 조류계산, 고장계산 등을 수행하고, 'Dynamics'는 발전기의 과도 안정도 등을 판별하며, 'Auxiliary Programs'는 TMLC(Transmission Line Constants) 및 LINEPROP(Line Properties Calculator) 등을 수행한다.

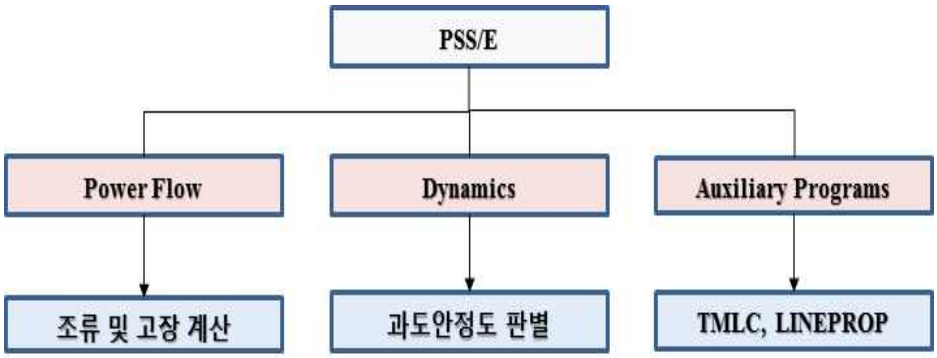

그림 2-2 PSS/E 구성

PSS/E는 범용 프로그램으로 사용되고 있기는 하지만 최적화 되어 있지는 않다. 하지만 PSS/E 프로그램에서는 Python을 이용한 API(Application Program Interface)를 지원하기 때문에 Python을 이용하여 PSS/E 내부기능을 사용할 수 있다. 이를 바탕으로 PSS/E를 활용한 대상국가 전력망 검토를 자동으로 수행하는 프로그램을 구현할 수 있다 [2].

2. PSS/E를 활용한 진단 계통 모델링

발전기에서 생산된 전력은 송·배전선로를 통해서 수용가로 전송되어 소비되고 있다. 이러한 전력의 흐름을 전력조류(Power Flow) 또는 조류라고 약칭하고 있다. 전력조류의 흐름은 두 모선간의 전압, 위상각, 송전선의 임피던스로 결정되며, 설비정격(열용량기준)대비 전력조류(전류값)를 계산하여 계통운영 및 계획의 적정성을 판정한다.

조류계산은 전력계통의 평형 정상상태(Steady-State) 운전에 관한 것이다. 역상 및 영상 전압이 0인 평형 운전을 고려하기 때문에, 조류계산은 전력설비의 정상모델을 취급한다. 각 모선에서 정해진 부하, 발전력 조건에서 송전망을 구성하는 각 선로와 변압기의 조류를 구한다.

표 2-3 설비별 기지량과 미지량

설비명	기지량 (운전조건으로 미리 지정)		미지량 (조류계산 결과 출력)
송전선로	임피던스, 충전용량	조류계산 ⇨	유효 · 무효전력
변압기	임피던스, 탭 비율		
조상설비	어드미턴스		
발전 모선	유효전력, 전압		무효전력, 위상각
부하 모선	유효전력, 무효전력		전압, 위상각
슬랙/스윙 모선	전압(P.U)=1, 위상각=0		유효 · 무효전력, 계통 전 손실

3. 조류계산 DB 및 시험계통 만들기

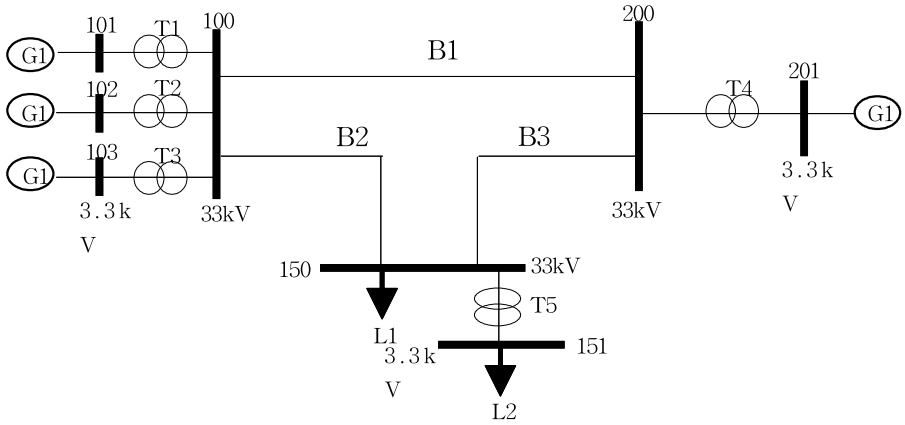

그림 2-3 조류계산 DB를 시뮬레이션한 시험 계통도

위 그림 2-3은 발전기 4기, 모선 8개, 선로 3개, 변압기 5기로 이루어진 계통도 예시이며 해당 계통도의 조류계산 DB 기본조건은 아래 표 2-4와 같다.

표 2-4 조류계산 DB 기본조건(예시)

- System Base : 100MVA
- Swing Bus : 101
- Machine Data (모두 동일)
  - Machine Base(10MVA), P Limit(0~10 MW), Q Limit(0~4 MVAR)
  - Machine Reactance : 20% (Machine Base)
- Load Data
  - L1 (P, Q) : 11MW, 4.6MVAR
  - L2 (P, Q) : 20MW, 9.9MVAR
- Branch Data
  - B1(R, X, C, Rate) : 2%, 20%, 3%, 10MVA
  - B2(R, X, C, Rate) : 1%, 10%, 1.8%, 10MVA
  - B3(R, X, C, Rate) : 1%, 10%, 1.8%, 10MVA
- Transformer Data
  - T1(Tap position, Control mode, X, Rate) : 15, NLTC, 80%, 10MVA
  - T2(Tap position, Control mode, X, Rate) : 15, NLTC, 80%, 10MVA
  - T3(Tap position, Control mode, X, Rate) : 15, NLTC, 80%, 10MVA
  - T4(Tap position, Control mode, X, Rate) : 15, NLTC, 80%, 10MVA
  - T5(Tap position, Control mode, X, Rate) : 3, OLTC, 30%, 10MVA

- Pgen(101) = 8MW
- Pgen(102) = 8MW
- Pgen(103) = 7MW
- Pgen(201) = 7MW

'Base MVA' 는 System Base를 나타내므로 '100' 을 입력하고 표 2-4와 같이 부하모선(=1), 발전모선(=2), 스윙모선(=3)의 Code를 할당하며, 나머지 데이터는 Default(자동입력) 값을 따른다.

표 2-5 모선 기능별 Code 할당

Bus No.	Bus Name	Base kV	Code
100	HYDRO1	33	1
101	HYDRO2	3.3	3
102	HYDRO3	3.3	2
103	HYDRO4	3.3	2
150	LOAD1	33	1
151	LOAD2	3.3	1
200	STEAM1	33	1
201	STEAM2	3.3	2

Branch(송전선로) 데이터 입력은 표 2-6과 같이 송전선로 시작점과 끝점을 From, To로 나타내고 From, To가 같은 송전선로 회선수를 ID로 기재한다. 그리고 송전선로 투입여부에 따라 In-Service를 체크하고 송전선로 기본용량(MVA)은 Rate A(Rate B, C는 입력 불필요)로 나타내며 나머지 데이터는 default(자동입력) 값을 따른다.

표 2-6 Branch 데이터 입력

From Bus	To Bus	ID	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	In-Service	Rate A
100	200	1	0.02	0.2	0.03	√	10
100	150	1	0.01	0.1	0.018	√	10
150	200	1	0.01	0.1	0.018	√	10

Load(부하)의 경우 부하의 P, Q는 미리 주어지고 ID는 변전소 내 부하 수를 나타내며 부하 투입여부는 In-Service 여부로 표시된다. 나머지 데이터는 마찬가지로 Default(자동입력) 값을 따르며 P-Nega, Zero / Q-Neg, Zero는 Sequence Data이므로 입력하지 않는다.

표 2-7 Load 데이터 입력

Bus Number	ID	In-Service	Pload (MW)	Qload (MVAR)
150	1	√	11	4.6
151	1	√	20	9.9

Plant(발전소) 데이터 입력의 경우 발전모선의 Bus Number만 입력하면 되고 Plant내에 한 개 또는 여러 개의 Machine(발전기)을 가질 수 있으며 나머지 데이터는 Default(자동입력) 값을 따른다. Grounding R, X는 Sequence Data이므로 조류계산에서는 입력하지 않으며, 발전기 데이터 중 무효전력(Qgen)은 조류계산을 통해 얻어지므로 입력이 불필요하다.

표 2-8 Plant 데이터 입력

Bus No.	ID	In-Service	Pgen (MW)	Pmax (MW)	Pmin (MW)	Qmax (Mvar)	Qmin (Mvar)	MBASE (MVA)	X Source (pu)
101	1	√	8	10	0	4	0	10	0.2
102	1	√	8	10	0	4	0	10	0.2
103	1	√	7	10	0	4	0	10	0.2
201	1	√	7	10	0	4	0	10	0.2

2-Winding Transformer 데이터의 경우, Tap Position에 전체 Tap 수를 입력하고 Control Mode가 NLTC일 경우 'NONE', OLTC일 경우 'Voltage'를 입력한다. 발전기의 Step-up Transformer는 모두 NLTC이고 나머지 데이터는 Default(자동입력) 값을 따른다. 그리고 R・XG1 / R・XG2 / R・X02 / R・X Nutrl는 Sequence Data이므로 입력하지 않는다.

표 2-9 Transformer 데이터 입력

From Bus Number	To Bus Number	ID	in-Service	Tap Position	Control Mode	Specified X	Rate A
100	101	1	√	15	NONE	0.8	10
100	102	1	√	15	NONE	0.8	10
100	103	1	√	15	NONE	0.8	10
200	201	1	√	15	NONE	0.8	10
150	151	1	√	3	Voltage	0.3	10

모든 데이터 입력 후, 대상국가 전체계통에 대한 조류계산을 시행할 수 있으며 정상상태 검토 시에는 'Stepping 및 Enable all' 을 선택하여 자동적으로 변압기 Tap과 조상설비 투입량을 조절하여 지정된 모선을 제한전압(V_{max}, V_{min}) 이내로 유지한다.

반면, 상정고장 검토 시에는 'Lock tap 및 Lock all'을 선택하여, 모선전압과 상관없이 미리 입력된 Tap 및 조상설비량을 그대로 적용하여 고장순간의 계통상황을 확인한다 [4].

위와 같이 PSS/E의 전력계통을 모델링하기 위한 기본적인 전력설비들을 통해 일반적인 전력계통을 모델링할 수 있다. 전력설비에 대한 내용 기술은 그림 2-3에 표현된 예제 계통에 대하여 기술되었으나 최종적으로 개발도상국 진단프로그램 개발을 위해서는 개발도상국의 특성을 정확히 반영할 수 있는 전력계통이 모델링 되어야 한다.

국가 단위의 전력계통은 예제 계통의 형태에 비해 매우 복잡해 보이지만, 실제 사용되는 설비는 예제 계통에서 기술한 바와 같다. 본 연구를 위해서 앞서 기술한 바와 같이 개발도상국을 모델링 하였으며, 모델링한 결과는 그림 2-4와 같이 표현된다.

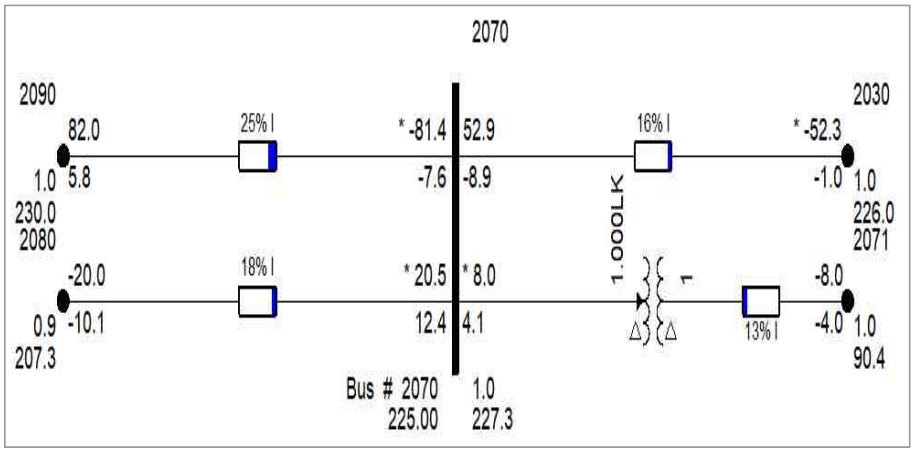

그림 2-4 대상국 계통도 일부구간 시뮬레이션

제 3 장 전력망 진단 자동화 프로그램 설계

제1절 자동화 프로그램 설계 목적

본 연구에서는 PSS/E를 이용한 개발도상국 전력망 진단 시 검토시간을 단축하고, 검토결과의 신뢰도를 향상시키고자, Python이라는 프로그래밍 언어를 이용하여 전력망 진단 자동화 프로그램을 설계하고자 한다.

국내외 전력회사에서는 여러 가지 주요 기능 중 조류계산과 고장계산, 과도안정도 판별 등에 PSS/E를 활용하고 있다. 조류계산 검토는 송변전 설비 고장 시 발생하는 설비의 과부하나 저전압 등의 문제점을 예측할 수 있고, 이에 대한 해결방안을 수립할 수 있다. 고장계산 검토를 통해서 모선고장, 선로고장 시 유출입 고장전류를 알 수 있고, 이를 정격용량과 비교해 변전소 차단용량 적정성을 확인할 수 있다.

그러나 PSS/E를 활용한 계통검토는 검토과정이 복잡해서 검토시간이 오래 걸리고, 방대한 양의 결과 데이터로 인해 문제개소 파악이 쉽지 않아 검토결과의 신뢰도가 낮아질 가능성이 있다. 이 문제를 해결하기 위해 Python을 이용한 전력망 진단 자동화 프로그램을 개발하게 되었다. 즉, 누구나 쉽고, 빠르고, 정확하게 계통검토를 할 수 있는 프로그램을 제공하고자 한다. 본 연구에서는 대상 개발도상국의 전력설비 운영수준을 고려하여 진단조건을 1회선 송전선로 상정고장에 따른 과부하, 과전압 및 저전압 발생 여부로 선정하고 전력망 진단을 시행하였다 [2].

표 3-1 임의의 1회선 송전선로 상정고장 발생 화면

From Bus Number	To Bus Number	ID	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	Rate A	Rate B	Rate C	비고
1070	1370	1	0.0474	0.1827	0.0861	170.0	0.0	0.0	운전
1070	1660	1	0.0236	0.0908	0.0427	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1090	1	0.0229	0.0820	0.0371	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1320	1	0.0061	0.0235	0.0110	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1320	2	0.0061	0.0235	0.0110	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1340	1	0.0374	0.1115	0.0511	182.0	0.0	0.0	운전
1090	**1100**	**1**	**0.00439**	**0.01845**	**0.0167**	**364.0**	**0.0**	**0.0**	**고장**

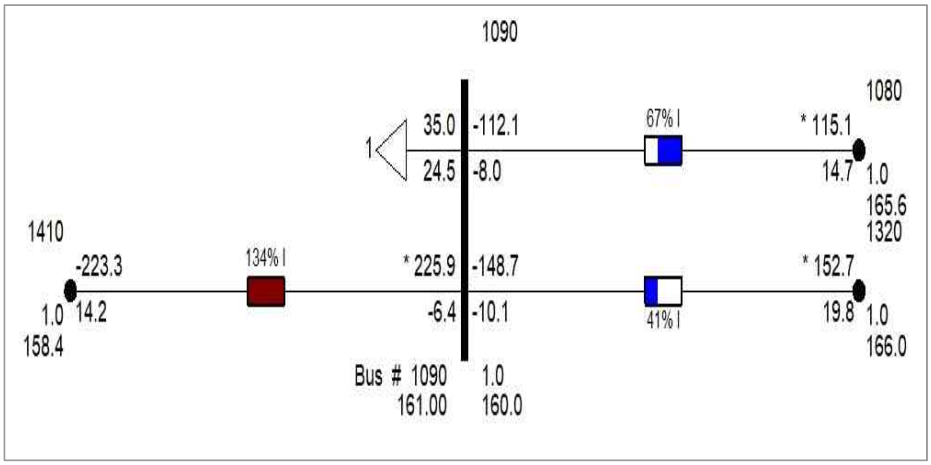

그림 3-1 임의의 상정고장 시 인접선로 과부하 발생

상기와 같이 PSS/E 프로그램으로 직접 모든 임의 상정고장 케이스를 일일이 발생시킨 후 조류계산을 시행하여 전력망 진단을 할 경우, 검토에

오랜 시간이 소요되고 누락되는 케이스가 발생할 우려가 있다. 따라서 전력망 진단의 효율성, 신뢰성 측면에서 진단방법을 프로그램으로 자동화 하여야한다.

제2절 자동화 프로그램 설계 기본개념

1. 자동화 프로그램 진단 기준

계통을 안정적으로 운영하기 위해서는 일정 범위 내에서 설비를 운영하는 기준을 마련해야 한다. 송전선로, 변압기 부하율은 정상 시 100% 이하로 운전하며, 임의의 상정 고장 시 장시간 과부하를 발생시키지 않도록 규정하고 있다. 전력망 진단 대상 개발도상국은 송전선로의 경우 정상 운전 시 정격용량의 100% 이하이고 임의의 상정고장 시 정격용량의 100%를 초과할 경우 과부하로 규정하고 전압별 모선전압 유지범위는 아래 표 3-2와 같다.

표 3-2 전압 유지범위

기준전압(kV)	전압유지범위(kV) [1.1pu ~ 0.9pu]	
330	330 ± 10%	297 ~ 363
225	225 ± 10%	202 ~ 248
161	161 ± 10%	144 ~ 178

그리고 본 연구의 목적이 개발도상국가에 해당하는 대상국 송전망 확충을 위한 진단이므로 아래의 표 3-3에서 임의의 상정고장은 단일고장에서 송전선 1회선 고장으로 한정 한다 [1].

표 3-3 단일, 이중고장 정의

고장 종류	내 용
단일고장	· 송전선 1회선, 변압기 1 Bank, 발전기 1기 고장 · 그밖에 고장 시 전력계통 운영에 영향을 미칠 수 있는 1개 설비의 고장
이중고장	· 송전선 1회선 + 변압기 1 Bank 고장 · 송전선 1회선 + 발전기 1기 고장 · 발전기 2기 탈락 · 병행 2회선 가공송전선로 고장 · 차단기의 차단실패 · 부분모선(Bus Section) 고장 · 그밖에 고장 시 전력계통 운영에 영향을 미칠 수 있는 2개 설비의 동시 고장

2. 자동화 프로그램 논리 순서도화

아래 그림은 대상국 전력망 진단을 위해 송전선로 1회선을 임의 상정고장 발생시켰을 때 마다 인접선로에 발생하는 과전압, 저전압 및 과부하 여부를 순차적으로 확인하는 논리를 순서도로 구성하였다.

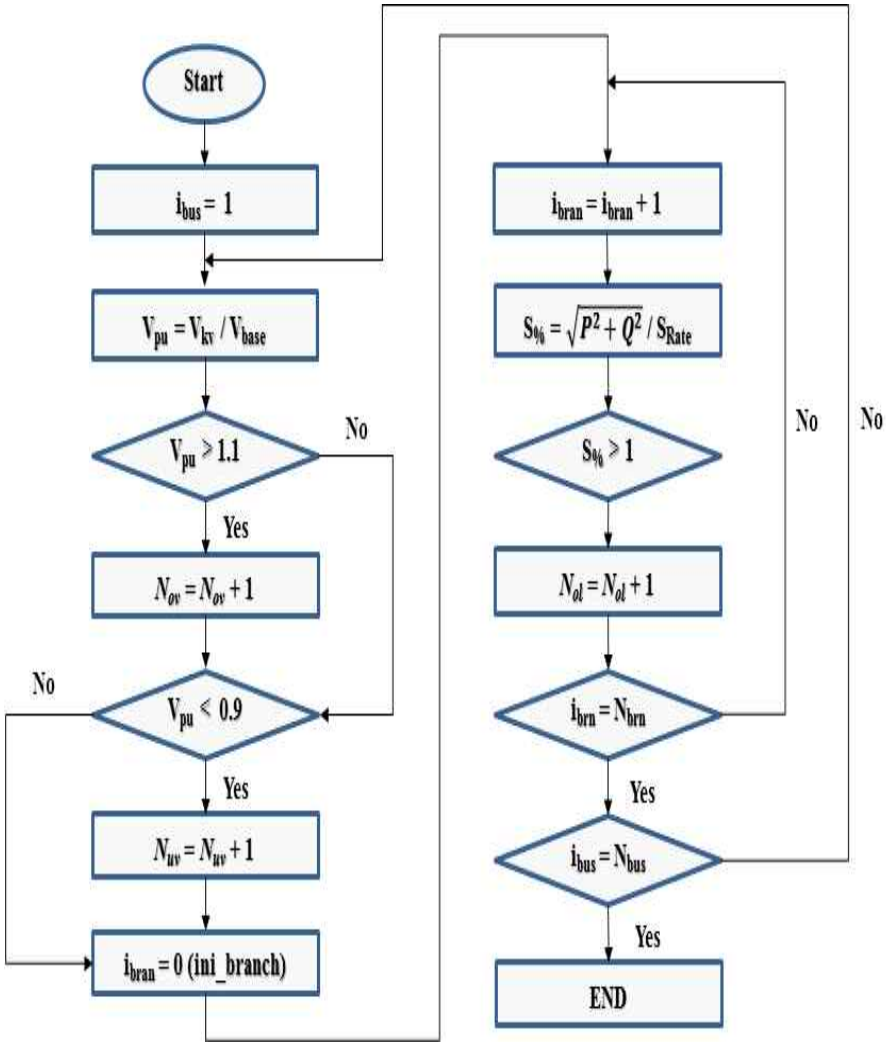

그림 3-2 자동화 진단 프로그램 논리 순서도

그림 3-2는 전력망 진단 자동화 프로그램의 논리 순서도로 대상국 전력망을 구성하고 있는 전체 송전선로(270개 구간)를 1개 선로씩 개별로 상정고장을 발생시켰을 때 각 모선에 발생하는 과전압 및 저전압

발생건수와 해당 모선에 연결된 각 송전선로에 발생하는 과부하 발생 건수를 도출하는 논리를 순서도로 나타낸 것이다. 그리고 순서도에서 표시된 용어들의 의미는 아래와 같다.

- N_{ov} : Number of Overvoltage(기준전압 대비 110% 초과 선로수)
- N_{uv} : Number of Undervoltage(기준전압 대비 90% 미만 선로수)
- N_{ol} : Number of Overload(정격용량 대비 100% 초과 선로수)
- V_{pu} : 기준전압 대비 운전전압의 비로 나타낸 전압의 Per Unit 값
- V_{kV} : 실제 계통에서 운전중인 전압
- V_{base} : 계통에서 송전전압을 표준화한 것으로 V_{pu} 산출의 기준전압임
- $S_{\%}$: 송전선로의 과부하율(정격용량 대비 실제 부하)
- P : 유효전력
- Q : 무효전력
- S_{Rate} : 송전선로의 정격용량
- i_{bus} : 전력망을 구성하고 있는 모선의 순차적 검토 번호 부여
- i_{bran} : 전력망을 구성하고 있는 송전선로의 순차적 검토 번호 부여

상기 논리 순서도를 Python 프로그램으로 구현하면 전체 전력망을 구성하고 있는 송전선로에 대한 1회선별 상정고장 및 시뮬레이션을 통한 조류계산 과정 없이 1번의 프로그램 실행으로 과부하, 과전압 및 저전압 발생구간을 모두 도출할 수 있다.

제3절 자동화 프로그램 설계

1. 기존 전력망 진단 검토 과정

정상적인 전력망 운영 상황에서는 전력 설비의 과부하, 과전압 및 저전압 등의 문제는 거의 발생하지 않는다. 전력망에서 임의의 상정고장 검토의 목적은 송전선로나 변압기, 모선 등 설비고장 시 문제점을 파악하고 대책을 세우는 것이므로, 이를 위해 전력망을 진단하고자 하는 조건의 상정고장을 적용시켜 진단결과를 도출하고 취약구간에 대한 송전망 확충방안을 마련해야 한다.

전력계통에서 가공선로는 2회선 루트고장, 지중선로는 1회선 고장, 변압기는 1Bank 고장을 상정한다. 일반적으로 PSS/E에서는 직접 고장설비를 선택하여 Switch(OFF) 함으로써 상정고장을 적용시킨다. 그러나 이런 과정으로 수많은 설비들 중에서 최악의 고장을 찾기란 쉽지 않다.

PSS/E에서는 ACCC(AC Contingency Solution)라는 메뉴를 통해 전체 설비에 대해 다양한 상정고장을 적용시킬 수 있다. 그러나 적용과정이 복잡하고, 검토결과도 확인하기가 쉽지 않다. 과부하, 저전압 개소 등 문제개소를 바로 알 수 없고, 몇 번의 클릭을 통해 화면을 옮겨 다녀야 가까스로 문제개소를 파악할 수 있다. 또한 상정고장 1건별 전체설비의 이용률과 전압이 모두 출력이 돼서 문제점 파악은 더욱 어렵다. 우리가 알고 싶은 건 과부하나 저전압이 발생하는 개소와 그 문제를 일으키는 상정고장이다 [2].

2. 전력망 진단 자동화 프로그램 개발

상정고장 검토는 PSS/E의 ACCC를 이용한다. ACCC를 이용하여 상정고장 시 과부하 발생과 과전압 및 저전압 발생여부를 확인할 수 있다. PSS/E의 ACCC를 사용하여 상정고장을 검토하기 위해서는 Sub, Mon, Con 파일을 작성하여 검토지역과 과부하 및 전압 기준 등을 정의하고 DFX파일을 생성해야한다. 이러한 과부하, 과전압 및 저전압의 문제개소 추출 검토과정은 모두 수동으로 이루어지며 출력되는 결과는 문제개소 뿐 아니라 상정고장별 전체설비에 대한 결과가 도출되고 상당한 검토시간이 소요된다. 뿐만 아니라 데이터 입력 과정에서 누락되는 부분이 발생할 수 도 있으므로 검토 신뢰도 또한 떨어진다 [3].

이러한 기존 과정을 보완하여 검토목적이 상정고장 시 과부하, 저전압 등이 발생하는 문제개소를 파악해서 대책을 세우는 것이므로, 문제가 발생하지 않는 상정고장은 나타낼 필요가 없다. 즉 문제개소를 한 눈에 알아 볼 수 있게 과부하율 100% 이상인 개소와 전압유지범위를 벗어나는 개소만 출력하는게 자동화 프로그램 개발의 주목적이며 이를 통해 주요 상정고장과 그에 따른 문제점을 쉽게 파악할 수 있고, 해결대책을 수립할 수 있다.

그림 3-3은 상기에 언급된 논리 순서도를 Python 언어를 사용하여 전력망 진단 자동화 프로그램으로 구현한 내용이다. Python은 범용의 고수준 언어이며 동적 타이핑의 대화형 언어이므로 가독성이 좋고 코드의 작성이 쉬운 특성이 있으므로 자동화 진단 프로그램 구현에 가장

적합하다 [5].

앞에서 언급한 논리 순서도에서 언급된 내용과 마찬가지로 과부하, 과전압 및 저전압을 판단하는 기준과 송전선로별 상정고장을 중복 없이 전 구간이 순차적으로 실행될 수 있는 논리를 프로그램화 한 것이다.

```
# For Base Case
Overvoltage=0
Undervoltage=0
Overload=0
Num_Cont=0
Cont_case_ibus=[]
Cont_case_jbus=[]
Cont_case_id=[]
ierr_bus = psspy.inibus(0)
while ierr_bus == 0:
    ierr_bus, ibus, cval_bus = psspy.nxtbus()
    if ierr_bus==0:
        ierr_bus, base_voltage = psspy.busdat(ibus,'BASE')
        ierr_bus, bus_voltage = psspy.busdat(ibus,'KV')
        Voltage_PU = bus_voltage/base_voltage
        if Voltage_PU > 1.1:
            Overvoltage=Overvoltage+1
        elif Voltage_PU < 0.9:
            Undervoltage=Undervoltage+1
        ierr_brn = psspy.inibrn(ibus, 1)
        while ierr_brn == 0:
            ierr_brn, jbus, id_brn = psspy.nxtbrn(ibus)
            if ierr_brn == 0:
                Cont_case_ibus.append(ibus)
                Cont_case_jbus.append(jbus)
                Cont_case_id.append(id_brn)
                Num_Cont=Num_Cont+1
                ierr_brn, PQ_brn = psspy.brnflo(ibus, jbus, id_brn)
                ierr_brn, Rate = psspy.brndat(ibus,jbus,id_brn,'RATEA')
                PQrate = math.sqrt(PQ_brn.real*PQ_brn.real+PQ_brn.imag*PQ_brn.imag)/Rate
                if PQrate > 1:
                    Overload=Overload+1
```

그림 3-3 Python을 이용한 자동화 프로그램 코딩

그리고 자동화 진단 프로그램의 정확성을 확인하기 위하여 프로그램 진단결과에 대한 PSS/E 시뮬레이션 검증을 시행하였고 아래 표 3-4의 케이스에 대하여 자동화 진단 프로그램 결과와 PSS/E 시뮬레이션 결과가 일치함을 확인함으로서 자동화 프로그램 신뢰성을 검증하였다.

표 3-4 자동화 진단 프로그램의 신뢰성 검증

순번	1회선 송전선로 상정고장 발생구간	과전압 발생건수	저전압 발생건수	과부하 발생건수	PSS/E 검증결과
1	2050-2060 송전선로	8	12	2	일치함
2	2060-2061 송전선로	4	10	1	일치함
3	2070-2090 송전선로	5	10	2	일치함
4	2090-2100 송전선로	4	10	1	일치함
5	2100-2101 송전선로	5	3	1	일치함

제 4 장 전력망 진단 사례연구

제1절 자동화 프로그램을 통한 대상국 전력망 진단

진단 대상 개발도상국의 전력망을 구성하고 있는 조류계산용 DB를 Raw Data로 활용하여 약 270개 송전선로 구간으로 구성된 대상 전력망에 대하여 자동화 프로그램을 통한 조류계산을 실행하였다. 임의의 1회선 상정고장에 대한 전력망의 과부하 및 과/저전압이 발생하는 취약 송전선로 구간 도출을 위한 Case Study를 시행하였고 그 결과는 아래 표 4-1과 같다.

표 4-1 프로그램으로 도출한 취약 송전선로 구간

순번	1회선 송전선로 상정고장 발생구간	과전압 발생건수	저전압 발생건수	과부하 발생건수	PSS/E 검증결과
1	1010-1140송전선로	7	0	1	일치함
2	1090-1100 송전선로	5	0	2	일치함
3	1090-1320 송전선로	5	0	1	일치함
4	2030-2040 송전선로	5	3	3	일치함
5	2031-2260 송전선로	6	5	2	일치함
6	2031-2450 송전선로	6	3	2	일치함
7	2041-2250 송전선로	6	5	2	일치함
8	2050-2060 송전선로	8	12	2	일치함
9	2060-2061 송전선로	4	10	1	일치함
10	2070-2090 송전선로	5	10	2	일치함
11	2090-2100 송전선로	4	10	1	일치함
12	2100-2101 송전선로	5	3	1	일치함
13	2230-2430 송전선로	5	1	1	일치함

자동화 프로그램을 통해 전체 270개 송전선로 구간을 송전선로 1회선에 대하여 임의의 상정고장을 순차적으로 진행한 결과 총 13개의 송전선로 구간에서 상정고장 발생 시 인접선로에 과부하, 과전압 및 저전압이 발생함을 확인 할 수 있었다.

제2절 PSS/E 시뮬레이션을 통한 진단결과 검증

1회선 송전선로 상정고장 발생을 가정했을 경우 도출된 13개의 취약 송전선로 구간 중 2개 우선순위 구간을 선정하여 Python 자동화 진단 프로그램으로 진단한 결과가 맞는지 No. 2(1090-1100 송전선로) 구간과 No. 4(2030-2040 송전선로)구간에 대하여 PSS/E 시뮬레이션 검증을 시행하였다.

표 4-2 송전선로 1090-1100 상정고장 발생 (PSS/E 프로그램)

From Bus Number	To Bus Number	ID	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	Rate A	Rate B	Rate C	비고
1070	1370	1	0.0474	0.1827	0.0861	170.0	0.0	0.0	운전
1070	1660	1	0.0236	0.0908	0.0427	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1090	1	0.0229	0.0820	0.0371	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1320	1	0.0061	0.0235	0.0110	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1320	2	0.0061	0.0235	0.0110	170.0	0.0	0.0	운전
1080	1340	1	0.0374	0.1115	0.0511	182.0	0.0	0.0	운전
1090	**1100**	**1**	**0.00439**	**0.01845**	**0.0167**	**364.0**	**0.0**	**0.0**	**고장**

표 4-2는 PSS/E 프로그램에서 1090-1100 송전선로 1회선 상정고장을 발생시키는 화면이며 그림 4-1을 통해 해당 송전선로 상정고장 이후 인접 송전선로 2개 구간에 과부하가 발생하는 것을 확인 할 수 있었으며, PSS/E의 Bus 섹션에서 인접선로의 과전압 및 저전압 발생여부 또한 검증할 수 있었다.

그림 4-1 1090-1100 인접선로 과부하 발생 PSS/E 시뮬레이션 검증

마찬가지로, 표 4-3은 송전선로 2030-2040 송전선로 1회선 상정고장을 발생시키는 화면이며 그림 4-2를 통해 해당 송전선로 상정고장 이후 인접 송전선로 3개 구간에 과부하가 발생하는 것을 확인 할 수 있었으며, PSS/E의 Bus 섹션에서 인접선로의 과전압 및 저전압 발생여부 또한 검증할 수 있었다.

표 4-3 송전선로 2030-2040 상정고장 발생 (PSS/E 프로그램)

From Bus Number	To Bus Number	ID	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	Rate A	Rate B	Rate C	비고
2011	2230	1	0.02913	0.071556	0.001584	72.0	0.0	0.0	운전
2020	2210	1	0.0230	0.0156	0.0140	330.0	0.0	0.0	운전
2020	2440	1	0.00142	0.009736	0.008723	330.0	0.0	0.0	운전
2030	**2040**	**1**	**0.02296**	**0.102874**	**0.089094**	**245.0**	**0.0**	**0.0**	**고장**
2041	2320	1	0.02276	0.156413	0.140140	330.0	0.0	0.0	운전
2041	2330	1	0.21333	0.622222	0.013770	75.0	0.0	0.0	운전
2041	2340	1	0.164800	0.480667	0.010637	75.0	0.0	0.0	운전

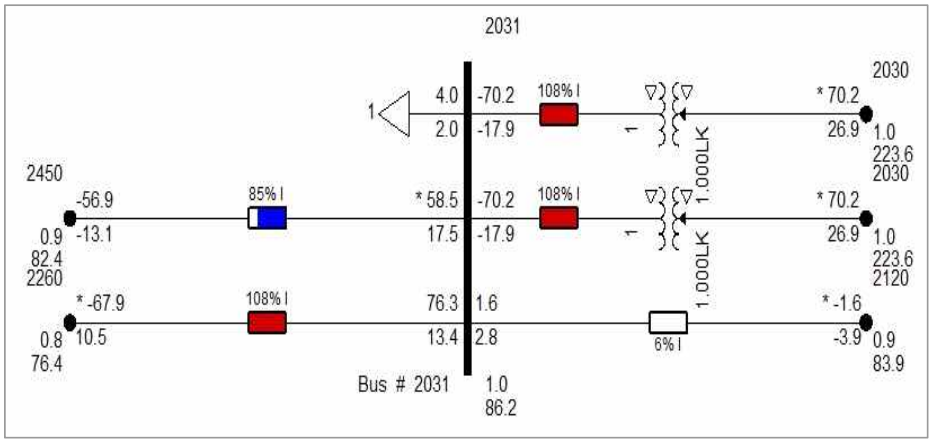

그림 4-2 2030-2040 인접선로 과부하 발생 PSS/E 시뮬레이션 검증

본 장에서는 전력망 진단 자동화 프로그램의 취약 송전선로 도출결과 및 PSS/E를 통한 신뢰성을 검증하였다. 그리고 대규모 전력계통에 대해 자동으로 상정고장을 모의하기 때문에 계통 검토 시간을 단축하여 효율적인 계통검토가 가능함을 확인 할 수 있었다.

제3절 취약구간 송전망 확충방안 제시 및 검증

PSS/E 시뮬레이션을 통하여 전력망 진단 자동화 프로그램으로 도출한 취약 송전선로 구간 결과에 대한 신뢰성을 검증하였고 해당 송전선로 취약 구간에 대하여 송전망을 확충하는 방안을 표 4-4와 같이 제시하였다. 1090-1100 송전선로 상정고장 발생에 대한 과부하, 과전압 및 저전압 문제를 해소하기 위한 최적 송전선로 보강안을 도출하기 위하여 송전선로 1080-1090, 송전선로 1090-1100 및 송전선로 1090-1300 구간에 각각 1회선씩 송전선로를 보강하는 것을 모의하여 실행하였다.

그 결과 송전선로 1080-1090 및 1090-1300 보강은 1090-1100 송전선로 상정고장 발생 시 야기되는 과부하, 과전압 및 저전압 문제를 해소할 수 없는 반면에 송전선로 1090-1100 구간을 보강하였을 때는 그림 4-3과 같이 문제점들이 해소되었고, 1090-1100 구간이 최단거리 송전선로 구간으로 공사비 측면에서도 최적임을 확인할 수 있었다.

표 4-4 송전선로 1090-1100 송전선로 보강(PSS/E 프로그램)

From Bus Number	To Bus Number	ID	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	Rate A	Rate B	Rate C	비고
1070	1660	1	0.0236	0.0908	0.0427	170.0	0.0	0.0	
1080	1090	1	0.0229	0.0820	0.0371	170.0	0.0	0.0	
1080	1320	2	0.0061	0.0235	0.0110	170.0	0.0	0.0	
1080	1340	1	0.0374	0.1115	0.0511	182.0	0.0	0.0	
1090	1100	1	0.00439	0.01845	0.0167	364.0	0.0	0.0	
1090	**1100**	**1**	**0.00439**	**0.01845**	**0.0167**	**364.0**	**0.0**	**0.0**	**보강**

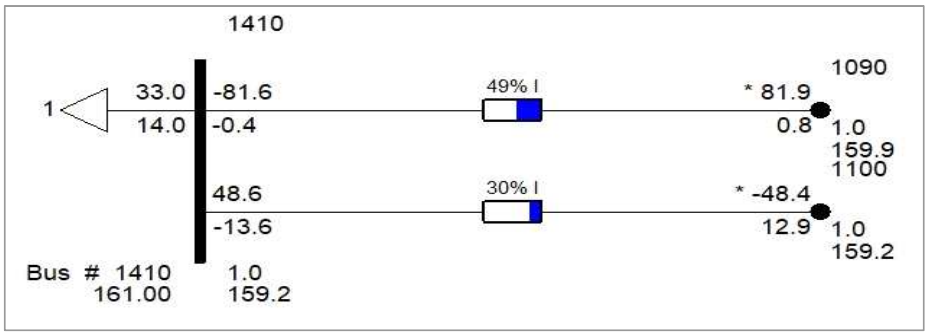

그림 4-3 인접선로 과부하 해소 PSS/E 시뮬레이션 검증

마찬가지로, 2030-2040 송전선로 상정고장 발생에 대한 과부하, 과전압 및 저전압 문제를 해소하기 위한 최적 송전선로 보강안을 도출하기 위하여 송전선로 2020-2210, 2020-2440, 2030-2040, 2030-2070 및 2031-2120 송전선로 구간에 각각 1회선씩 송전선로를 보강하는 것을 모의하여 실행하였다.

그 결과 송전선로 2020-2210, 2020-2440, 2030-2070 및 2031-2120 구간은 상정고장 발생 시 야기되는 과부하, 과전압 및 저전압 문제를 해소할 수 없는 반면에 송전선로 2030-2040 구간을 전력망에 보강하였을 때는 표 4-5 및 그림 4-4와 같이 문제점들이 해소되었고 최단거리임을 감안했을 때 공사비 측면에서도 최적 송전선로 확충 방안임을 확인할 수 있었다. 본 사례연구는 전체 270개 송전선로 구간에 대해 순차적인 상정고장을 발생시켜 도출한 13개의 취약 송전선로 구간에 대하여 실용적 접근 기반의 문제점 해소방안을 제시하였다. 이를 통해 계통 운영 선택의 폭을 넓힐 수 있으며 더욱 안정적이고 효율적인 전력망 운영방안 수립에 기여할 수 있다.

표 4-5 송전선로 2030-2040 송전선로 보강(PSS/E 프로그램)

From Bus Number	To Bus Number	ID	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	Rate A	Rate B	Rate C	비고
2011	2230	1	0.02913	0.071556	0.001584	72.0	0.0	0.0	
2020	2210	1	0.0230	0.0156	0.0140	330.0	0.0	0.0	
2020	2440	1	0.00142	0.009736	0.008723	330.0	0.0	0.0	
2030	2040	1	0.02296	0.102874	0.089094	245.0	0.0	0.0	
2030	**2040**	**1**	**0.02296**	**0.102874**	**0.089094**	**245.0**	**0.0**	**0.0**	**보강**
2041	2320	1	0.02276	0.156413	0.140140	330.0	0.0	0.0	
2041	2330	1	0.21333	0.622222	0.013770	75.0	0.0	0.0	

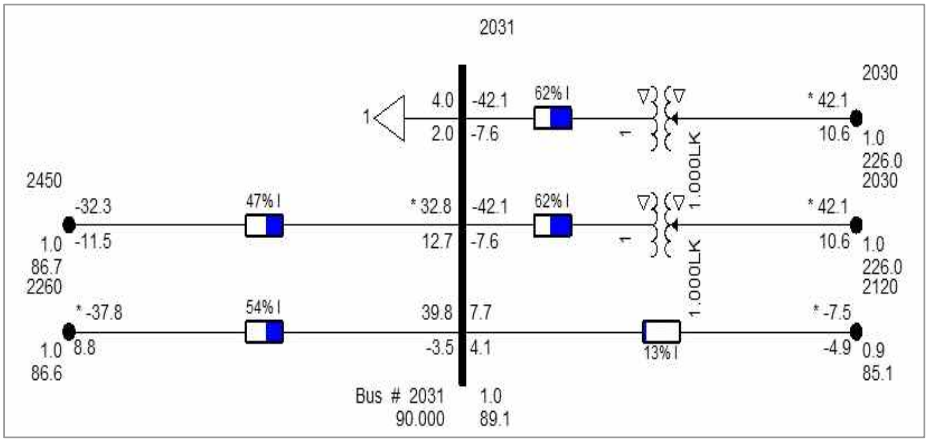

그림 4-4 인접선로 과부하 해소 PSS/E 시뮬레이션 검증

제 5 장 결 론

본 연구에서는 대규모 전력망 진단 시 사용되는 전력계통해석 프로그램 중 상정고장 자동화 기법을 제안하고, 이를 Python 언어를 이용한 자동화 진단 프로그램으로 구현하여 그 성능을 검증하였다. 전력망 진단에 있어 PSS/E는 매우 유용한 프로그램으로 국내외 전력회사에서 전력계통 운영 및 계획 실무에 중요하게 쓰이고 있다. 그러나 전력망 진단에 장시간이 소요되고 대규모 전력망의 경우 진단과정에서 누락되는 케이스가 발생할 수 있어 검토결과에 대한 신뢰성이 저하될 우려가 있다. 이를 개선하고자 Python 프로그래밍 언어를 활용하여 PSS/E를 통한 전력망 진단과정을 자동화 시켰다.

이를 통해 진단을 하고자 하는 실질적인 전력망의 검토 시간을 획기적으로 단축시키고, 결과로 도출된 전력망 취약구간에 대한 최적 송전선로 확충방안을 제공할 수 있게 되었다.

뿐만 아니라, 해당 연구 성과는 전력회사 엔지니어들의 전력망 진단 및 개선방안 도출을 위한 엔지니어링 역량강화에도 활용이 가능하며 중장기적으로 개발도상국가 전력망 진단 및 개선사업 개발 또한 가능하리라 생각한다.

향후에는 상정고장 검토를 통한 전력망 진단 자동화 뿐만 아니라 고장계산, 과도안정도 등 PSS/E의 다양한 계통 검토과정을 Python을 통해 자동화시켜 효율적인 전력망 운영에 기여를 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 송지영, 고백경, 신정훈, 한상욱, 남수철, 이재걸, 김태균, “실용적 접근 기반의 전력계통 해석 프로그램 상정고장, 해소방안 자동화 기법 : 휴전검토 자동화 툴 개발”, 전기학회 논문지 63권 9호, pp.1171~1179, 2014. 9

[2] 이석창, 김종화, 윤부현, “PSS/E 계통해석 검토자동화 프로그램 개발”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.187~188, 2016. 7

[3] 주원, 이창근, 주준영, “PSS/E 기반 전력계통 안정성 평가 자동화 프로그램 개발”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.39~41, 2017. 11

[4] Siemens Power Technologies International, “PSS/E 사용자 가이드북 33버전 사용법”, 2013. 3

[5] Guido van Rossum, "Python Language Reference Manual", Network Theory Ltd., March 2011

Abstract

Development on Power System Modeling and Diagnostic Program for Transmission Expansion in a Developing Country

Hun Woo, Kim
Department of Engineering Practice
Graduate School of Engineering Practice
Seoul National University

A power system diagnosis is usually conducted by PSS/E(Power System Simulator for Engineering) in order to execute power system analysis including power flow and fault calculation, voltage stability, etc. However, PSS/E program doesn't support automated function and takes a lot of times to study, because of simulation in manual in each cases. Also, because of missed contingency cases, there is possibility that

the reliability of analysis results is lowered.

In order to improve this kind of situations, this study has developed an automated power system diagnostic program to simulate automated contingency including all contingency cases needed in the field without missed cases by using Python. The automated power system diagnosis program deals with overload, over and under voltage for power system diagnosis for practical approach analysis to alleviate overloading or voltage stability problems and it can dramatically reduce review time for a power system and improve diagnosis reliability.

This study also deals with a case study of power system diagnosis in a developing country in order to identify weak transmission lines based on outbreak of overload, over and under voltage in a power system during power system diagnosis. And the reliability of the results by the automated program is proven by PSS/E simulation. In addition, this study not only enhances the efficiency of power system diagnosis but also suggests required solutions based on the diagnosis results to reinforce weak transmission lines of a power system in a developing country.

Finally, this study will help establish a business model for power system diagnosis in developing countries and contribute to

increasing long term revenues in the field of overseas transmission businesses.

Keywords : Power System Diagnosis, Overload, Voltage Stability, Power System Reliability, PSS/E, Python
Student Number : 2017-25486