

PTI와 IEEE 형식의 데이터 변환 프로그램 개발에 관한 연구

정종훈* 차준민** 이병준* 송길영*
*고려대학교 전기전자전파 공학부 **대진대학교 전기공학과

A study on the development of conversion program between PTI and IEEE format data

J.H. Jeong* J.M. Cha** B. Lee* K.Y. Song*

* School of Electrical Engineering, Korea University **Dept. of Electrical Engineering, Daejin University

Abstract - In this paper, the comparison and analysis of PTI and IEEE data formats are conducted, and the algorithm and the developed program for data conversion between these data formats are proposed. PTI and IEEE data formats are widely used as the input data form of the software program for power systems. However, they are composed of different formation with each other. So, it is necessary to convert between two formats in order to use more programs with different input data format. Numerical results of the power flow calculation of the test system show that developed program is effective and useful.

의 입력자료를 이용하여 사례연구를 실시하여 그 결과를 검증하여 유용성을 확인하였다.

2. PTI 와 IEEE 형식의 데이터 분석

2.1 PTI 형식의 데이터

PTI 형식은 상용 프로그램인 PSS/E 프로그램의 기본 입력 형식으로 14개 영역의 그룹으로 구성되어 있다. 각 영역의 데이터는 조류 계산 등 전력 계통 해석에 필요한 특정한 형태의 의미를 갖으며 이들 영역간의 구분은 첫 숫자가 '0'이면 끝을 나타낸다.

각 데이터영역은 다음과 같은 내용으로 구성되어 있으며 그 내용을 간략히 요약하면 다음과 같다.

- (1) Case Identification : 기준용량, 작성일시, 계통이름 등이 있으며 데이터에 대한 이름표와 같은 역할이다.
- (2) Bus Data : 각 모선에 대한 정보를 담고 있다. 총 10개의 성분으로 되어 있다. 특이한 점은 고압모선에 대한 정보를 담고있어서 모선의 형태가 4번으로 표시되어지며 IEEE 형식에는 없다.
- (3) Load Data : 부하가 있는 모든 모선에 대한 정보를 담고 있으며, 총 11개의 성분으로 구성되어 있다. 한 모선에 달린 여러 부하들이 구분되어 자세히 표시 되어 있는 것이 특징이다.
- (4) Generator Data : 모선에 달린 발전기들에 대한 자세한 정보를 담고 있으며 총 18개 항목이 있다. Load Data와 같이 한 모선에 여러 개의 발전기가 달려 있을 경우 각 발전기별로 자세히 표시되어 있으므로 한 모선의 발전량을 조사할 때는 이들 양을 모두 합해 주어야 한다.
- (5) Branch Data: 교류 선로에 대한 정보들이 담겨있으며, 17개 항목으로 구성되어 있으며 사용중인 선로 뿐만 아니라 사용하지 않는 선로도 표기되어 있다. 이들의 구분은 마지막에서 두 번째 항목인 ST가 1이면 사용, 0이면 비사용을 나타낸다.
- (6) Transformer Adjustment Data: 변압기에 대한 정보를 담고 있으며 총 13개 항목으로 구성되어 있다.
- (7) Area Interchange Data: 지역번호, 지역 슬랙모션 번호, desired net interchange leaving the area, interchange tolerance band width, 지역이름의 5개 항목으로 구성되어 있다.

이하 다음과 같은 데이터 영역들이 있으며 자세한 설명은 참고문헌[2]를 참조한다.

- (8) Two-Terminal DC Line
- (9) Switched Shunt Data
- (10) Transformer Impedance Correction Tables
- (11) Multi-Terminal DC Line Data
- (12) Multi-Section Line Grouping Data
- (13) Zone Data
- (14) Area Transactions Data

1. 서 론

현재 전력 계통해석을 위해 많은 프로그램들이 개발되어 사용되고 있으며 이들 프로그램들은 특정한 데이터 형식을 가지고 있다. 이러한 전력계통의 프로그램들을 위해 제안된 다양한 데이터 입력형식들은 각각 장·단점을 가지고 있어서 이를 기본으로 프로그램들이 개발되어 쓰이고 있으나 입력 형식이 다른 두 개 이상의 프로그램을 동시에 결합하여 사용하기 위해서는 데이터 변환이 필수적이다.

예를 들어, IEEE Power Engineering Society에서는 여러 가지 유형의 Benchmark system을 수립하여 제공하고 있으며 신뢰도 계산을 위한 IEEE RTS(4), 미소신호 안정도 연구를 위한 New England 39모선 계통, 조류계산을 위한 118모선 데이터, 과도안정도 연구를 위한 IOWA의 17-발전기, 162-모선의 계통과 Ontario-Hydro의 50-발전기, 145-모선의 계통[5] 등이 그 예이다. 이러한 시험계통(Test system)들에 사용하는 데이터는 주로 IEEE 형식으로 되어 있고, 현재까지 많은 대학이나 연구기관에서는 IEEE 형식의 데이터를 사용하여 왔다. 하지만 다른 형식으로 구성된 실제 계통 데이터들의 경우, 예를 들어, 한전계통의 실제계통 데이터는 PSS/E 프로그램의 PTI형식으로 구성되어 있다. 그러므로 IEEE 벤치마크 계통(Benchmark system)을 고려하여 개발되어진 프로그램들에 직접 PTI 형식의 데이터를 적용하기에는 어려움이 따른다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하고 입력데이터의 다양한 분석과 시뮬레이션을 위해서는 PTI 입력 형식을 IEEE 입력형식으로의 변환하는 작업이 필요하다. 비단 위의 경우에서 뿐만 아니라 다양한 입력데이터 형식을 기본으로 개발된 프로그램들을 모두 사용하기 위해서는 데이터 변환이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 현재 널리 쓰이고 있는 PTI 형식과 IEEE 형식의 두 데이터를 분석하여 그 배열 구조 및 의미를 파악하였다. 아울러 IEEE 입력형식을 기본으로 개발된 조류 계산 프로그램에 PTI 형식을 적용하기 위한 변환 프로그램을 개발하였으며 간단한 시험계통

2.2 IEEE 형식의 데이터

IEEE 입력 데이터는 1970년대 초 표준의 데이터 형식의 필요에 의해 IEEE의 'Working Group on a Common Data Format for the Exchange of Solved Load Flow Data'에서 발표하였다[3]. 데이터는 6개의 그룹으로 구성되어 있다.

각 영역은 다음과 같은 내용으로 구성되어 있으며, 각 영역간 구별은 Bus, Branch, Loss zone 간은 '-999'로, 다음의 Interchange Data 와는 '-99', 그 다음의 Tie Line Data 와는 '-9'로 구분되어 있으며, Tie Line Data 끝에는 '-999' 표시한 뒤 마지막 줄에 'END of File'를 써 주어 데이터의 끝을 나타낸다.

- (1) Title Data : 계통의 이름, 기준용량 등 앞 3.1절의 (1)Case Identification과 같은 역할을 한다.
- (2) Bus Data : 모선번호, 모선명칭, 지역번호, 모선전압, 위상각, 부하전력, 부하 무효전력 등 총 18개 항목으로 구성되어 있으며 계통에서 운용되는 모선들만이 나타나 있다.
- (3) Branch Data : 계통에서 운용중인 선로들만 나타나며 PTI의 Branch, Transformer, 및 Switched Shunt 데이터의 일부가 통합되어 21개 항목으로 되어 있다.
- (4) Loss Zone Data : 지역번호, 지역이름
- (5) Interchange Data : 지역번호, 지역 슬랙모선 번호, 슬랙 모선 이름, 유효전력, tolerance, 지역이름 등 7개 항목으로 이루어져 있다.
- (6) Tie Line Data : Branch Data중 다른 지역을 연결하는 선로를 나타내며 선로를 이루는 모선 번호와 지역번호 그리고, 선로번호 등 5개 항목으로 구성되어 있다.

3. 변환 프로그램

3.1 변환 프로그램의 개요와 알고리즘

변환 프로그램은 PTI 데이터 형식을 IEEE형식으로 변환하여 IEEE형식을 기본으로 개발된 프로그램에 적용할 수 있도록 구현되었다. 변환 프로그램을 주(MAIN) 프로그램으로 하였으며 사용하려는 프로그램이 부프로그램(SUBROUTINE)으로 처리되어 모듈(MODULE)화 하였다. 이렇게 함으로써 많은 데이터를 처리하기 위해 필요한 기억용량을 추가로 확보하지 않아도 된다. 또한 IEEE 형식은 입력으로 처리되는 프로그램이 특별히 원하는 데이터 배열에 따라 부프로그램 이전에 추가 선택 기능을 문장으로 처리하여 줌으로써 유연하게 사용할 수 있다. 결과 값에 대해서는 임시 변수명을 지정해 주어 연결과정(matching)을 통해 다시 PTI 형식 또는 IEEE 형식으로 출력할 수 있다. 2장에서 분석한 두 데이터 형식을 비교해보면 PTI 형식이 IEEE 형식에 비해 훨씬 구체적인 데이터를 포함하고 있다. 우선 IEEE에서 Bus와 Branch 데이터 영역은 PTI에서는 각각 Bus, Load, Generator와 Branch, Transformer, Switched Shunt 데이터로 분리되어 구체적인 많은 데이터를 포함하고 있다. 참고로 조류계산에 필요한 IEEE의 Bus와 Branch 영역에 대한 항목수 비교는 다음 표 1과 같다.

표 1. IEEE와 PTI에서의 Bus와 Branch 항목수 비교

형식	영역	항목수	영역	항목수
IEEE	BUS	18	BRANCH	21
	LOAD	11	TRANSFORMER	13
PTI	BUS	10	BRANCH	17
	GENERATOR	18	SWITCHED SHUNT	22

표 1에서 보는바와 같이 IEEE에는 포함되지 않는 데이

터들이 PTI에는 포함되어 있으므로 IEEE에서 PTI로의 변환을 하기는 어렵다. 조류계산에 필요한 IEEE 형식의 Bus와 Branch와 Interchange영역에 대한 PTI 형식의 성분의 대응 관계는 다음 표 2, 3, 4와 같으며 이를 바탕으로 PTI에서 IEEE의 변환이 이루어졌다.

본 연구에 적용한 IEEE 입력형식을 가진 조류계산 프로그램을 결합시킨 데이터 변환 프로그램의 알고리즘에 대한 순서도를 그림 1에 보인다.

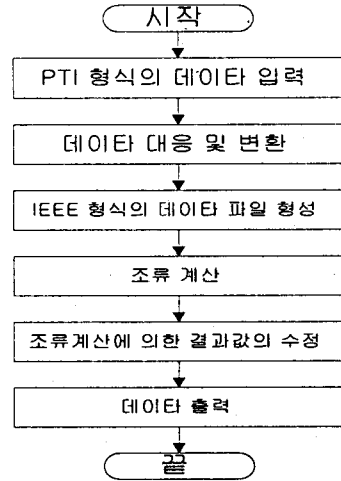


그림 1. 변환 프로그램의 순서도

표 2. BUS 데이터 영역의 대응 관계

IEEE 형식에서의 데이터 항목		PTI 형식에서의 데이터 항목(영역)
1. Bus number		Bus number(ib)(Bus)
2. Name [A]		name(Bus)
3. Load flow area number		area number(Bus)
4. Loss zone number		zone number(Bus)
5. Type	0:Load 1:gen,PQ 2:gen,PV 3:Swing	bus type(Bus) (1:Load, 2:PV, 3:Swing, 4:disconnected)
6. Final voltage	p.u	voltage(vm).pu(Bus)
7. Final angle	degrees	angle(va)degrees(Bus)
8. Load MW	MW	real power(pl).MW(Load)
9. Load MVAR	MVAR	reactive power(ql)MVAR(Load)
10. Generation PG	MW	gen. real power(pg). MW (Generator)
11. Generation QG	MVAR	gen. reactive power(qg) MVAR (Generator)
12. Base KV	KV	baskv(Bus)
13. Desired volts(pu)	p.u	(발전기 모선일 때 즉, 모선의 Type이 PV이면 Generator의 'vs', 그 외는 '0<zero>')
14. Maximum MVAR	MVAR	Maximum MVAR(qt)(Generator)
15. Minimum MVAR	MVAR	Minimum MVAR(qb)(Generator)
16.Shunt conductance G	p.u	Shunt conductance(gl)(Bus)
17.Shunt susceptance B	p.u	bl+binit+bi+bj (bl은 'Bus' 영역, binit은 'Switched Shunt Data'영역, bi와 bj는 'branch'영역, <ib=ja이면 '+bi', ib=ja이면 '+bj'>)
18.Remote controlled bus number		0(zero)모두 0

표 3. BRANCH 데이터 영역의 대응 관계

IEEE 형식에서의 데이터 항목	PTI 형식에서의 데이터 항목(영역)
1. Tap bus number(from)	ia(Branch)
2. Z bus number(to)	ia(Branch)
3. Load flow area	없음
4. Loss zone	없음
5. Circuit	(Branch) {NCKT=ckt(≠99), NCKT=1←99}
6. Type	{IBRTP=1: transformer가 없고 ratio≠ 0인 경우} {IBRTP=2: transf. for voltage control가 있을 경우} {IBRTP=2: phase shifter transf.가 있을 경우} {IBRTP=0: transf.도없고 ratio= 0인 경우}
7. Branch resistance R	r(Branch)
8. Branch reactance X	x(Branch)
9. Line charging B	b(Branch)
10. Line MVA rating No 1	ratea(Branch)
11. Line MVA rating No 2	rateb(Branch)
12. Line MVA rating No 3	ratec(Branch)
13. Control bus number	{NBREG=icont:transf.가 있을 경우 즉, IBRTP = 2일 때} {NBREG=0(zero):transf.가 없으면 즉, IBRTP=0 일 때}
14. Side	IEEE Format에서 모두 '0'으로 설정
15. Transformer final turns ratio	ratio(Branch)
16. Transformer (phase shifter) final angle	angle(Branch)
17. Minimum tap or phase shift	rmi(transformer)
18. Maximum tap or phase shift	rma(transformer)
19. Step size	step(transformer)
20. Minimum voltage, MVAR	vmi(transformer)
21. Maximum voltage, MVAR	vma(transformer)

표 4 Interchange 데이터 영역의 대응

IEEE 형식에서의 데이터 항목	PTI 형식에서의 데이터 항목(영역)
1. Area number	I.area number
2. Interchange slack bus number	ISW, bus number
3. Alternate swing bus name	모선 번호가 ISW인 모선이름
4. Area interchange export, MW	PDES
5. Area interchange tolerance, MW	PTOL
6. Area code	ARNAM:area name
7. Area name	ARNAM:area name

4. 사례연구

본 연구의 예제 계통은 PSS/E 프로그램의 예제 계통으로 20모선 31선로의 계통으로 6개의 발전기 모선이 있다.

4.1 PTI 입력 데이터

사용된 예제 계통의 PTI 형식의 데이터는 PSS/E 프로그램에 의한 조류계산을 통해 일차 수립된 결과들이다.

표 5. PTI 형식의 입력 데이터

```

0 100.00 / Thu, May 07 1998 14:27
PSS/E PROGRAM APPLICATION GUIDE EXAMPLE
BASE CASE INCLUDING SEQUENCE DATA
101 'NUC-A' 21.600 2 .000 .000 1 1
1.02000 16.6311
.....
3008 'CATDOG' 230.00 2 .000 .000 5 5
.95170 -7.0726
0
153 1 1 1 200.000 100.000 .000 .000
.000 .000
.....
3008 1 1 5 5 200.000 75.000 .000 .000
.000 .000
0
101 1 750.000 151.106 600.000 -100.000 1.02000 0
900.000 .01000 .30000 .00000 .00000 1.00000 1 100.0
9999.00 -9999.0
.....
3008 1 100.000 80.000 80.000 .000 1.02000 0
130.000 .01000 .35000 .00000 .00000 1.00000 1 100.0
9999.00 -9999.0
0
151 101 1 .00000 .01000 .00000 1250.00 .00
.00 1.00000 .000 .00000 .00000 .00000
.00000 1 .0
.....
3007 3008 1 .00300 .02500 .06000 .00 .00
.00... .00000 .00000 .00000 .00000 1
.0
0
152 153 1 154 1.05000 .95000 1.00000 .98000
.01000 0 1 .00000 .00000
204 205 1 205 1.05000 .95000 1.00000 .98000
.00625 0 1 .00000 .00000
0
1 101 250.000 10.000 'FLAPCO '
2 206 -100.000 10.000 'LIGHTCO '
5 3001 -150.000 10.000 'WORLD '
0
.....
    
```

4.2 변환된 IEEE 입력 데이터

다음의 데이터는 본 연구에서 제안한 변환 프로그램에 의해 변환된 IEEE형식의 데이터이다.

표 6. 변환된 IEEE형식의 데이터

```

May 07 1998 100.00 0 PSS/E PROGRAM
APPLICATION GUIDE EXAMPLE
BUS DATA FOLLOWS 20 ITEMS
1 'NUC-A' 1 1 2 1.0200 16.63 .00
.00 750.00 151.11 21.60 1.0200 600.00 -100.00
.0000 .0000 0 1
.....
20 'CATDOG' 5 5 2 .9517 -7.07 200.00 75.00
100.00 80.00 230.00 1.0200 80.00 .00 .0000
.0000 0 20
-999
BRANCH DATA FOLLOWS
3 1 0 0 1 1 .000000 .010000 .000000 1250.
0. 0. 0 0 1.0000 .00 .0000 .0000 .00000
.0000 .0000
.....
19 20 0 0 1 0 .003000 .025000 .060000 0.
0. 0. 0 0 .0000 .00 .0000 .0000 .00000
.0000 .0000 31
-999
LOSS ZONES FOLLOWS
-99
INTERCHANGE DATA FOLLOWS
1 1 NUC-A 250.0 10.00 FLAPCO FLAPCO
2 12 URBGEN -100.0 10.00 LIGHTC LIGHTCO
5 13 MINE -150.0 10.00 WORLD WORLD
-9
TIE LINES FOLLOW
3 1 7 2 1
8 2 4 1 1
4 1 16 5 1
5 1 18 5 1
    
```

6 1 9 2 1
 8 1 11 2 1
 8 1 20 5 1

-999
 END OF DATA

4.3 조류계산 결과 비교

다음 표 7의 결과는 조류계산에 의해 수립된 PTI 형식의 전압과 위상각 데이터와 변환 후 나온 IEEE 형식의 데이터를 조류계산 프로그램에 적용하여 나온 전압과 위상각 결과를 비교한 것이다. 전압의 단위는 (PU)이고 위상각의 단위는 (degree)이다. 변환 후 계산된 결과 값이 변환 전의 조류계산결과와 일치함을 알 수 있다.

표 7. 조류계산 결과 값

변환전 모선번호	변환후 모선번호	입력값(PTI)		결과 값(IEEE)	
		전압	위상각	전압	위상각
101	1	1.02000	16.6311	1.02000	16.6311
102	2	1.02000	16.6311	1.02000	16.6311
151	3	1.00787	12.4474	1.00787	12.4474
152	4	1.00516	0.3011	1.00516	0.3011
153	5	0.98148	-1.6811	0.98148	-1.6811
154	6	0.92108	-7.6817	0.92107	-7.6818
201	7	1.01493	7.6187	1.01493	7.6188
202	8	0.99115	-0.1813	0.99114	-0.1813
203	9	0.95410	-4.1102	0.95410	-4.1102
204	10	0.95830	-2.9553	0.95830	-2.9554
205	11	0.93195	-6.8559	0.93195	-6.8559
206	12	0.97171	-1.6860	0.97170	-1.6860
3001	13	1.05000	0.0000	1.05000	0.0000
3002	14	1.03918	-0.7480	1.03918	-0.7480
3003	15	1.03933	-0.8061	1.03933	-0.8061
3004	16	1.01054	-2.2649	1.01054	-2.2649
3005	17	0.99664	-3.4290	0.99664	-3.4290
3006	18	0.98633	-2.1811	0.98633	-2.1811
3007	19	0.96120	-6.6757	0.96120	-6.6757
3008	20	0.95170	-7.0726	0.95170	-7.0727

5. 결 론

이 변환 프로그램에 대한 논문의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 변환 프로그램으로 PTI 형식의 Bus, Load, Generator와 Branch, Transformer, Switched Shunt Data, Area Interchange Data 부분을 IEEE 형식의 Bus, Branch, Interchange Data, Tie Line Data 데이터 영역에 해당하는 부분으로 변환할 수 있었다.
- (2) 두 데이터 형식을 분석 비교하여 두 데이터의 각 항목에 대한 이해를 도왔으며 PTI 형식의 데이터는 IEEE형식의 데이터 성분 외에도 더욱 구체적인 이터를 포함하고 있음을 알 수 있었다. 예를 들어 PTI 형식의 Generator영역에서의 machine에 대한 데이터며 DC Line 영역의 데이터 등은 IEEE 형식에는 없어서 변환시 고려되지 못한다. 따라서 PTI 형식의 데이터에서 IEEE 형식으로의 변환은 가능하나 IEEE 형식에서 PTI 형식으로의 변환은 상당히 어렵다는 사실을 알 수 있었다. 차후 IEEE 형식에는 이러한 데이터 성분을 고려한 영역이 추가되어야 할 것으로 생각된다.
- (3) 향후 데이터 변환 프로그램은 GUI 환경에서의 구현을 시켜나가 데이터의 형식 변환을 쉽게 이용할 수 있도록 해 갈 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 전원계획처, "전력계통 수송능력 진단을 위한 평가지수 개발에 관한 연구", 중간보고서, 1997. 10.
- [2] T.E.Kostyniak, "PSS/E-24 Power System Simulator Program Operation Manual", Power Technologies, vol.1, pp 4.1- 4.20.6, 1995.
- [3] Working Group on a Common Format for the Exchange of Solved Load Flow Data, "Common Data Format for the Exchange of Solved Load Flow Data", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-92, No. 6, pp. 1916-1925, NOV./DEC. 1973.
- [4] IEEE Committee Report, "IEEE Reliability Test system", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-98,1979
- [5] IEEE PES Power System Engineering Ctte., Dynamic System Performance Subctte., Stability Test System Task Force, and V. Vittal, chmn. "Transient stability test systems for direct stsbility methods", IEEE Trans. on Power Systems, vol.7, No1, FEB 1992, pp37-43.