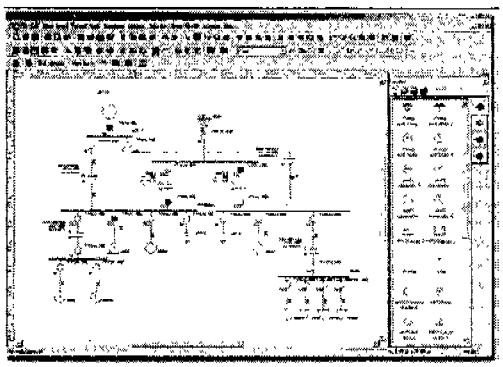
전력계통 해석을 위한 상용 프로그램 소개 ②

글/ 김 세 용(과장)
신 승 걸(소장/기술사)
이 성 우(실장/기술사)
(주)서울유일엔지니어링

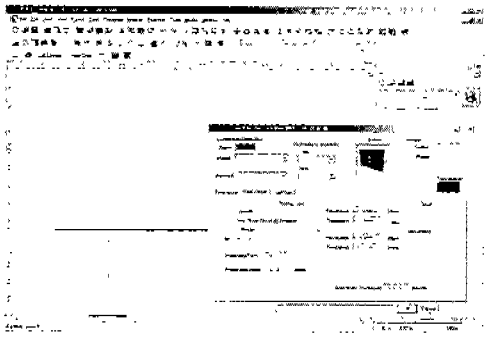
3.2 고장전류계산

고장전류계산의 목적은 단락 및 각종 지락사고시 계통내 각 지점의 고장전류를 분석하여, 전기기기의 단락용량을 결정하여 각종 보호계전기의 정정치를 설정함을 주 목적으로 하고 있다. EDSA Technical 2000 프로그램은 ANSI, IEEE141, 242, 399 및 IEC 909, 363등에 의한 고장전류계산 기능을 가지고 있다.



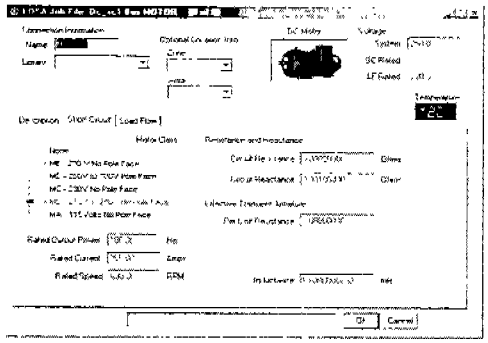
〔그림 16 : DC Fault Calculation〕

최근 한국전기안전공사의 사용전 검사 범위가 확대됨에 따라 고장전류계산 프로그램의 수요가 확대될 것으로 예상되며, 설계사 사무소 등에서

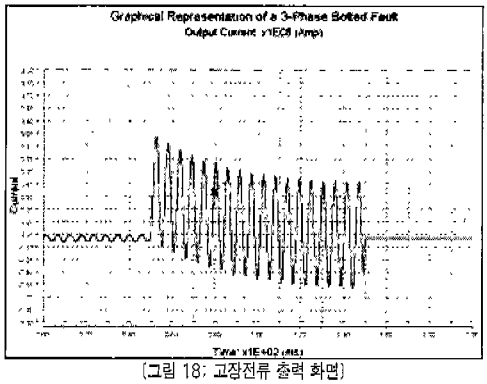


〔그림 17 : 고장전류 입력 DATA 화면〕

사용하기에 알맞은 300 BUS의 경우 300만원, 500 BUS의 경우 450만원 정도면 구입할 수 있어 전기관련 실무자들에게 많은 도움이 되리라 생각된다.



〔그림 17 : 고장전류 입력 DATA 화면〕

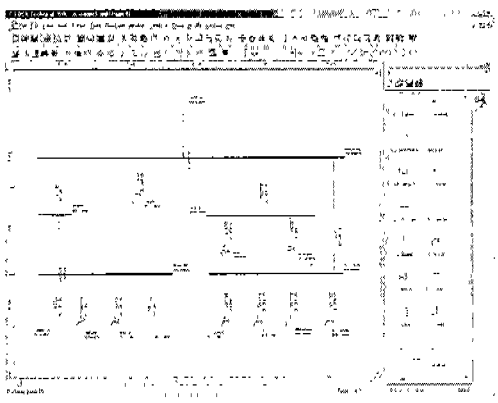


[그림 18; 고장전류 출력 화면]

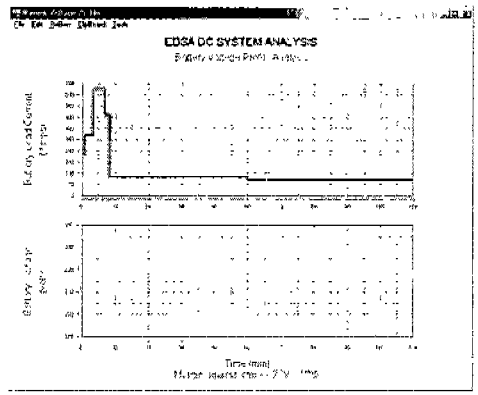
3.3 조류계산

전력조류는 발전기, 변압기, 콘덴서 등으로 구성된 계통에서 발전기로부터 발전된 유효전력, 무효전력 등이 어떤 상태로 흘러가며 각 지점에서의 전압이나 전류가 어떤 수준으로 될 것인가를 예측하기 위한 계산으로 전압과 전력을 사용하여 나타낸다.

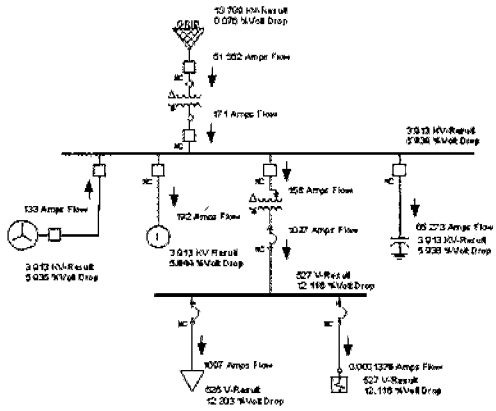
즉, 조류계산은 계통의 각모선에 존재하는 전압의 크기와 그 위상각, 유효, 무효전력의 4개의 변수들 중에서 알고있는 기지량과 지정되는 운용조건들을 바탕으로 해서 미지의 전기량을 수치적으로 구하기 위해 가우스 자이델법, 뉴톤-랍슨법, 분할법, 고속분할법, 직류법등이 사용된다. 특히, 장래의 계통 구성을 검토하기 위해 요구되는 단락용량, 전력조류, 전압 및 안정도 중에서 전력조류 및 전압을 검토하기 위한 조류계산은 필수적인 수단으로 되어있다.



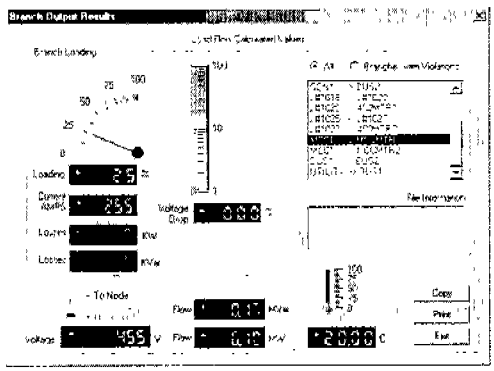
[그림 19 : AC 조류계산 화면]



[그림 20 DC 조류계산 화면]



[그림 21 : Load Flow 흐름도]

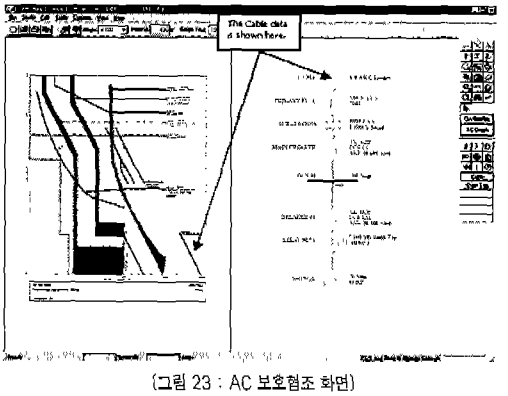


[그림 22 : Load Flow 분석 화면]

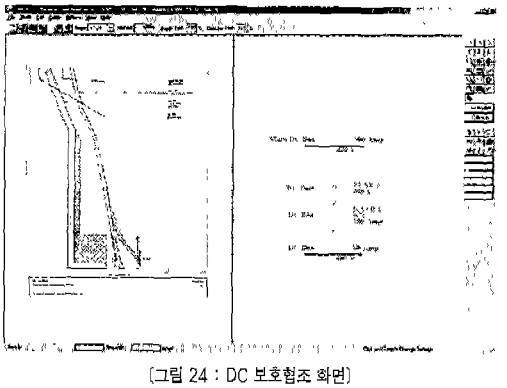
3.4 보호협조

전력계통에서 사고시 발생되는 사고전류를 계산하고, 이를 검출하여 적절히 차단할 수 있도록, 각종 차단기, 보호계전기 등의 보호장치를

선정하여 케이블, 모터, 변압기 등을 사고로부터 보호해야 한다. 특히 사고시 사고의 범위를 국한시켜 계통에 사고를 파급시키지 않도록 보호계전기의 동작특성을 상호 조정하기 위해 각종 보호기기들의 커브를 산출하여 적절한 협조를 선정하기 위해 EDSA는 국내 · 외 계전기의 Curve(40,000+)를 지원하고 있다.



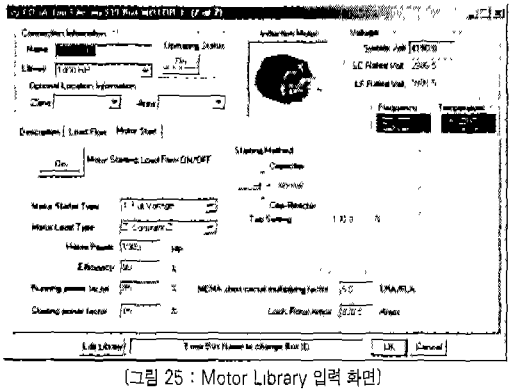
〔그림 23 : AC 보호협조 화면〕



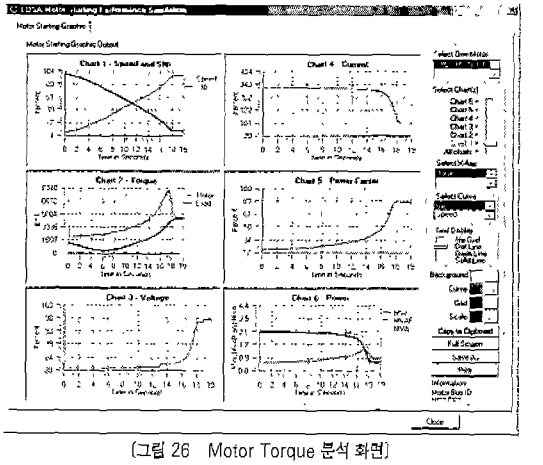
〔그림 24 : DC 보호협조 화면〕

3.5 모터기동 분석

다수의 모터들이 기동을 할 경우 각 모선 및 계통에 전압강하 등의 이상현상이 생길수 있다. 따라서, 각각의 모터들에 대하여 기동시간을 조정해 주어야 할 필요가 있는데 EDSA Technical 2000은 기동시 모터의 전압, 역률, 토크 및 모선의 전압강하를 시뮬레이션 할수 있도록 구성되어 있어, 모터 기동시 사고없이 동작될수 있도록 도와준다.



〔그림 25 : Motor Library 입력 화면〕



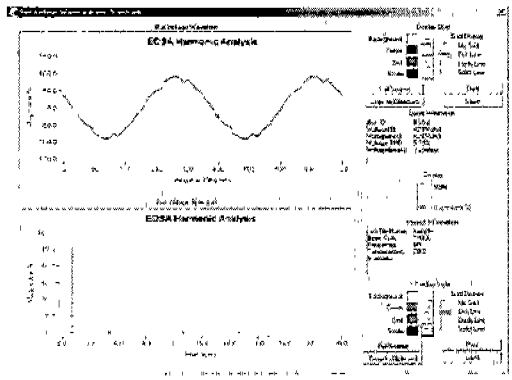
〔그림 26 Motor Torque 분석 화면〕

3.6 고조파 분석

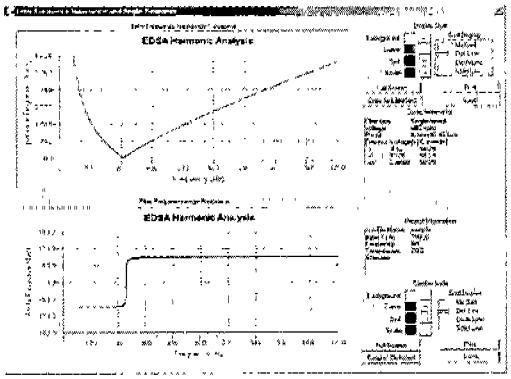
EDSA의 Harmonics Analysis program은 Electrical Engineer들의 고조파 문제를 해결하기 위해 디자인 되었다. 분석(Load Flow와 같은)을 위해 사용하는 어떠한 네트워크든지, 이 프로그램은 빠르게 실행하고 있는 Frequency Scan과 Total Harmonics Distortion(THD) 및 Telephone Interference 분석 등이 가능하다.

EDSA는 resonance situations의 positive, zero, negative sequence에 관련된 것들과 주어진 위치(Bus)에서의 고조파 성분에 관련된 모든 bus들의 주파수 응답 임피던스를 계산할 수 있다. Fscan(Frequency Scan)은 Ohms 또는 PU로 표시한다.

EDSA는 고조파 성분일때의 전력 시스템의 모든 Branch들을 위한 branch current THD



[그림 27 : 고조파 왜곡 파형 분석 화면]



[그림 28: 고조파 주파수 특성 분석 화면]

와 모든 Bus들을 위한 bus voltage THD를 계산할 수 있다. 또한 branch current 인 RMS values와 transformer K-factor를 얻을 수 있다. 시뮬레이션 결과는 time-domain의 waveform과 frequency-domain의 spectrum에서 볼 수 있다. 그 결과들은 Text나 graphic format의 형태로 display된다.

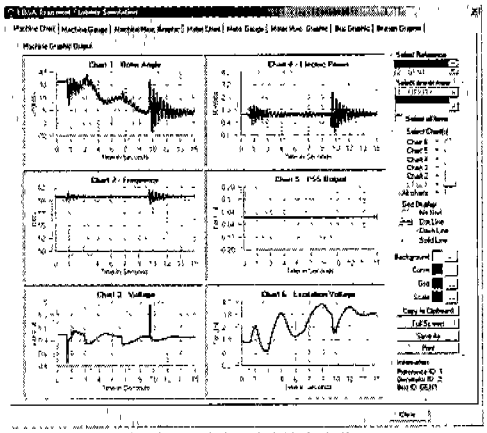
EDSA Technical 2000은 전력계통의 전압 왜형을 악화시키는 고조파 문제를 다룰 수 있는 기능을 가지고 있다.

즉, 고조파 발생원으로 부터 각 모선 및 기기들의 전압의 왜곡현상을 시뮬레이션 할 수 있으며, 고조파 영향에 따른 Harmonic Load Flow 계산, 주파수 특성곡선 및 전류의 왜곡현상 등을 분석할 수 있다.

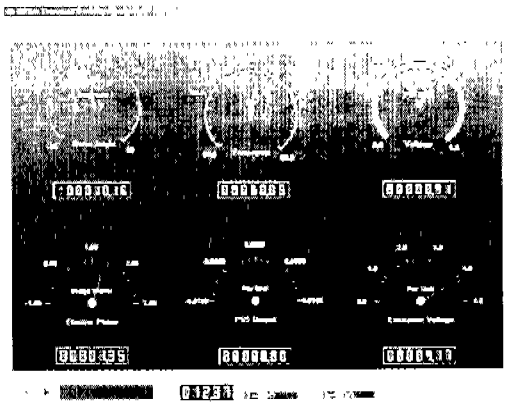
고조파 방지대책으로 필터를 사용할 때 고조파의 감쇄 효과를 시뮬레이션 하는 기능도 있으며 Auto Filter Sizing 계산까지 할수 있으며, harmonic source에 대한 라이브러리를 제공하여 새로운 source를 사용자가 직접 만들 수도 있다.

3.7 안정도 해석

Transient Stability 시뮬레이션은 power system design process의 중요한 일부분이 되었다. EDSA의 Transient Stability 프로그램은 엔지니어들이 모터의 시작이나 generator의 감소, faults등과 같은 dynamic events등의 design 하는데 많은 도움을 주고있다.

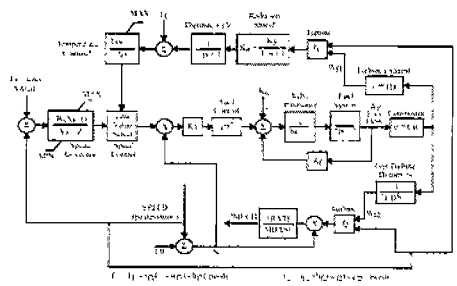


[그림 29: 안정도 파형 분석 화면]



[그림 30 : 안정도 해석 화면]

일반적으로 발전기 또는 외부계통의 상태변화가 아주 작아서 그 움직임이 극히 완만할 경우에는 제어장치의 동적인 응답특성은 문제되지 않고, 다만 그 정특성만이 관계하게 된다. 반면,



[그림 31. 계통 구성 블록 선도]

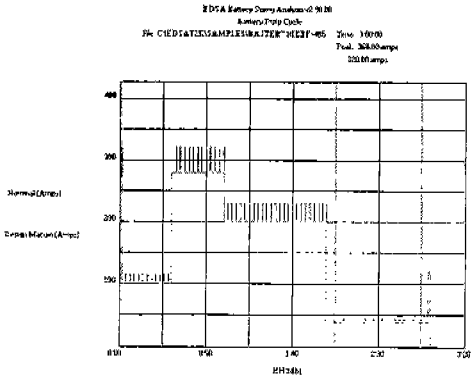
계통에 급격한 외란, 즉 지락, 단락, 단선, 부하 차단, 개폐로, 계통 분리 등의 현상이 발생 되었을 경우에는 동적인 응답특성 및 안정도도 검토되어야 한다.

EDSA의 강력한 Transient Stability 프로그램은 시스템에서 fault(또는 fault의 연속) 또는 모터를 시동하는데 있어서 전력 시스템의 동적인 행동의 시뮬레이션이 가능하다.

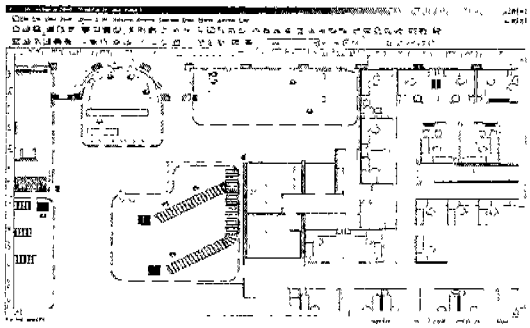
EDSA는 각종 터빈 및 조속기, 발전기, 여자기 계통 등의 모델링이 가능한 라이브러리를 지원한다.

3.8 기타항목

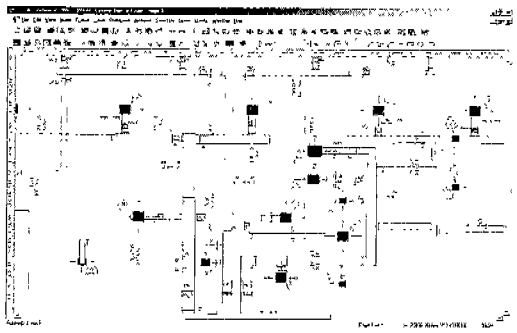
EDSA Technical 2000은 앞에서 설명한 기능 이외에도 여러 가지 Modules로 구성되어 각종 계산이 가능하므로, 각기 전력회사, 연구원, 엔지니어, 학생들의 관심 분야가 다르겠지만 많은 프로그램을 접하고 숙지하여 해당 연구분야의 많은 도움이 되기를 바란다.



[그림 32 : 밧데리 용량 계산 화면]



[그림 33 : Facility Management 화면]



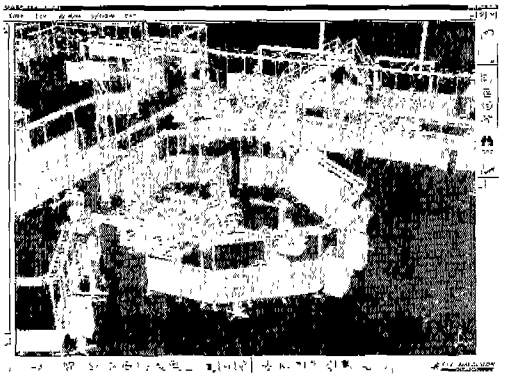
[그림 34 : HVAC 실행 화면]

4. 결론

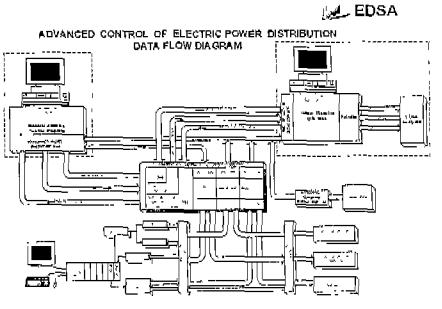
우리나라의 경우 전력계통을 대상으로 하는 응용 소프트웨어의 개발이 미진한 상황이며, 전력시스템의 광범위한 발달로 인한 환경변화에 적응하여 다양한 소비자층에게 보다 양질의 전력을 공급하기 위해서는 시스템을 운용하고 분석하는 시뮬레이션 프로그램이 절실히 필요한 실정이다.

따라서, 전력계통의 설계 및 해석에는 시뮬레이션을 위한 소프트웨어 Package의 이용이 상당히 효과적인 방법이 될수 있다. 외국의 경우 상용화된 전력계통 해석용 소프트웨어는 물론 각 대학의 연구실에서 교육용으로 제작한 소프트웨어도 상당수에 이르고 있으며, 그 중에는 무료로 제공되는 것들도 있어서 간단한 시뮬레이션을 위한 도구로 이용할 수 있다.

앞에서 소개한 계통해석 프로그램들은 강력하고 전문적인 디자인 시스템의 기능들을 이용해 가장 정교한 Electrical Network를 설계하기 손쉬운 방법들을 제공하고 있으며, 사용자들이 작업하는 방향에 적합한 특성이나 Option을 선



(그림 35: 3D 그래픽 화면)



(그림 36: 계통 시뮬레이터 구성 화면)

택할 수 있고, 누구라도 몇 분내에 Electrical Network를 모델화 할 수 있도록 사용하기 쉽게 만들어진 프로그램이다. 현재 판매되고 있는 어떠한 프로그램이라도 EDSA가 제공하는 기능 만큼 기능적인 면이나 생산성 면에서 앞선 것은 없다고 생각한다.

또한, 계통해석 프로그램들은 3-phase, 1-phase, AC, DC, AC/DC, Loop, 그리고, Radial Network등을 모델링 할 수 있으며, 전력계통의 디자인을 위해 꼭 필요한 기능들인 Short Circuit, Load Flow, Motor Starting, Device Coordination & Wire Sizing 그리고, Harmonics & Transient Stability 분석 등 광범위한 범위의 기능들을 모두 제공한다.

앞서 소개한 시뮬레이션 프로그램을 비롯하여 많은 프로그램(Eurostag, PSAPAC, RTDS, PECO, IECS 등)을 접하고 숙지하여 해당 연구분야에 많은 도움이 되기를 바라며 다시 한번 관련 싸이트를 소개하고자 한다.

(표 7 : 전력계통 해석프로그램 관련 싸이트)

프로그램명	관련싸이트
EDSA	http://www.edsa com
EMTP	http://www keri.re.kr/~keug/index_k.html
PSS/E	http://www.pti-us.com
SIMULINK	http://www.mathworks.com
CYME	http://www.cyme.com
ETAP	http://www.etap.com
SKM	http://www.skm.com
PSCAD/EMTDC	http://www.hvdc.ca
PCLOW	http://www.ece.utexas.edu/~grady
PFLOW	http://www.power.uwaterloo.ca
Power World Simulator	http://www.powerworld com

요즘, 외국 프로그램의 경우 복제사용을 제한하기 위해 사용자 인증 후에 Password를 발급토록 하고 있으며, 금년 10월 출시되는 MS사의 Office XP(Office 2002)의 경우처럼, 하드웨어변경 이나 시스템사양 변경 시 Password 재발급이 요구되므로 이에 따른 사용자의 세심한 주의가 요구되며, 당사에서 프로그램 구매시 고장전류계산, 조류계산, 보호협조, 모터기동분석, 고조파 해석, 안정도 해석 등에 대한 상세한 내용 설명과 프로그램 운용교육 등이 이루어지고 있으므로, 이에 대한 실무자들의 많은 관심을 바란다.

〈참고문헌〉

(1) 김재철, "전력계통 해석용 소프트웨어, 대한전기학회 전기학회지", 48권, 4호, PP70~72, 1999.4

(2) 김홍래, "전력계통의 설계 및 해석을 위한 응용 소프트웨어, 대한전기학회 전기학회지", 49권, 3호, PP35~38, 2000.3

(3) 송석하, 정응수, "과도안정도 해석기술, 대한전기학회 전기학회지", 50권, 7호, PP11~16, 2001.7

(4) EDSA Technical 2000 User's Guide, 2001.8