

전기공학 분야에서의 컴퓨터응용

이수길*, 한기만**, 이준웅***
 (*광운대학교 전기공학과 박사과정,
 **(주)금성전선 연구소장
 ***광운대학교 전기공학과 교수)

1. 서 론

저자는 이 글을 통하여 현재의 컴퓨터 기술 동향에 대해서 간략하게 살펴보고 미래의 전력시스템에서 사용되어지리라고 사료되는 컴퓨터 응용 프로그램에 대해서 고찰해 보았다. 미래의 전기공학계에서 쓰여질 이러한 프로그램들의 구체적이고 완전한 고찰은 이루어지기 힘들겠지만 미래 지향적인 사고를 자극하여 컴퓨터의 진보적인 발전으로부터 몇가지 잇점들을 얻을 수 있도록 전력케이블의 상태분석을 포함한 전력 시스템 공학 분야들의 현황과 미래의 발전상에 대해서 다루었다.

2. 본 론

2.1 전기공학에서 사용되는 컴퓨터 기술의 일반적인 현황

컴퓨터 기술은 많은 방면에 있어서 매우 빠르게 진보하고 있다. 특히 다음과 같은 분야에서의 진보가 돋보인다.

(1) 소비전력과 메모리에 대한 비용이 절감되고 있다. 다시 말해서 성능 대 가격비가 급격히 떨어지고 있으며 앞으로도 계속하여 떨어지리라고 사료된다. 예를들어서, 1970년대 초반에 미국의 한 중앙 제어센터에 설치된 하드웨어가 소비하는 전력은 약 300만 달러어치가 되었으나 현재, 같은 처리능력을 갖는 하드웨어가 필요로 하는 전력량은 고작 11,

000달러 어치에 불과하다. 이와같은 추세로보면 미래에는 컴퓨터와 하드웨어에 대해서 소비되는 전력 비용보다는 통신시스템, 소프트웨어, 인력비용이 훨씬 더 큰 부분으로 자리잡을 것이다.

(2) 컴퓨터는 점차 프로그램하기 쉽고 운영하기 쉬운 체제로 변신하여 프로그램은 더욱 사용자 위주의 프로그램으로 모두 설계될 것이며 그래픽으로 처리되는 표준메뉴와 명령들이 컴퓨터 프로그램들 사이에서 통용될 것이다. 또한 도움말 기능들이 더욱 강화되어 사용자 설명서에 부가되는 보다 완벽한 설명을 제공할 것이다. 이렇게 증대된 도움말 기능은 사용자 집단과 교육기관, 그리고 산업체에서의 공동 작업자들에게 매우 유용하게 사용될 것이다.

(3) 최근에는 중앙 집중식 컴퓨터 구조에서 데이터 집중식의 구조로 바뀌어 가고 있다. 컴퓨터는 산업 현장의 곳곳에서 사용되어지고 있으며 공유데이터를 신속하게 사용하기 위해서 고집적화된 통신시스템이 구축되고 있다. 초창기의 컴퓨터가 소개되었을때, 전력시스템에서 사용되는 컴퓨터의 사용형태는 대부분 단순한 숫자계산이나 임금등의 계산을 중앙집중식 컴퓨터가 담당하는 것이었다. 1960년대 후반 이후부터 지금까지, 공정제어를 위한 응용프로그램들은 에너지센타나 발전소등에서 발생하는 실시간 데이터를 사용하는 컴퓨터에 의해서 작동되어 왔다. 이러한 기능들 중에서 몇몇의 동작 기능들이 분산되어야 하지만 중앙레벨에서 조절되는 범위 안에서 이루어져야 한다.

(4) 미래의 시스템 저전압 회로에 의해서 받아들여지는 실시간 데이터, 각각의 소비자가 요구하는 사항들과 소비성향을 요구할 것이다. 더우기 미래의 시스템은 점차 “수요측면에서의 부하관리”가 필요할 때 각각의 부하를 조절할 수 있는 권한을 중앙 센터에 부여할 것이다.

(5) 광범위하게, 전력계통의 소비자 자신들이 컴퓨터를 다양하게 사용하게 되면서 전력시스템의 사정에 이러한 컴퓨터 응용프로그램을 사용하는 일이 의존하게 되었다. 사용자들의 컴퓨터와 여러가지 생활용품들에 사용되는 전자적인 제어장치들이 “전력의 질”에 의존하게 된 것이다.

(6) 부가적인 과학기술분야들의 발전으로 컴퓨터는 더욱 더 강력하고, 효과적이며 그리고 신뢰성 있게 되었다. 새롭게 등장하는 통신망 기술들(광통신, 위성시스템 등)은 좀 더 많은 입력자료들을 제공하며, 전력보호장치와 전력 관리 소자들의 발달은 시스템의 신뢰성을 향상시켜왔다. 그리고 전력전자의 발달로 고집적 통신망과 제어장치에 속해있는 컴퓨터로부터 디지털 출력을 얻어낼 수 있게 되었다. 또한, 향상된 설계 기술로 오류를 범하는 경향이 줄어들었다. 인공지능기술에 의해서 좀더 효과적인 분석장치가 만들어질 수 있게 되었으며 보다 나은 운용결정을 할 수 있게 되었다. 향상된 분석기술과 고온 초전도체에 의한 정보처리와 통신의 고속화도 연구되어지고 있다.

2.2 전력시스템공학과 운영

전력시스템은 그 크기가 커지고 기능은 갈수록 복잡해지고 있다. 또한, 전통적이고 새로운 공학과 운영의 목적을 달성하려는 도전이 더해가고 있으며 전력수요는 날이 갈수록 증가되어가고 있다. 이러한 수요에 맞추어 공급도 늘어가고 있으며 따라서 전력 시스템이 갈수록 복잡해지고 있는 것이다. 이에 따라 전력시스템을 감시, 제어, 그리고 분석하기 위하여 좀 더 향상된 컴퓨터 응용프로그램들이 요구되고 있다. 시스템의 운영은 발전의 동조 등 여러가지 요소들의 증가에 따라서 더욱 더 복잡해지고 있다.

시스템의 운영자는 새로운 불확실성에 만족하고 의사결정을 원격검점된 자료와 좀더 실제에 가까운 모델과 전문가 시스템을 이용하는 컴퓨터 분석에

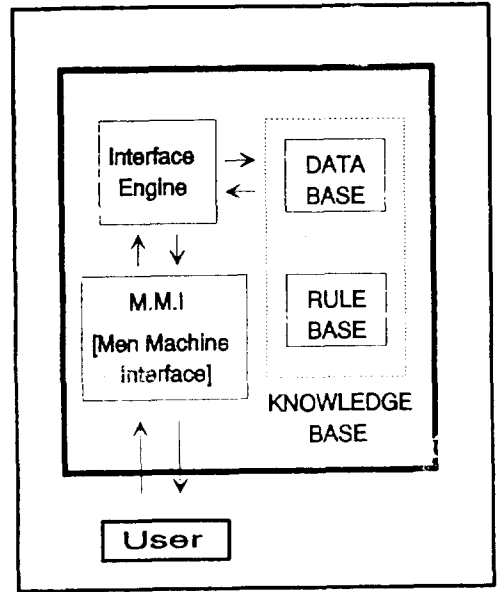


그림 1. 전문가시스템의 구성예

의해서 내려야 할 것이다.

2.3 공학과 운영기능의 자동화

미래에는 전력계통의 관리자, 엔지니어, 그리고 기술자들이 광범위한 범주의 업무에서 컴퓨터를 필수적으로 이용해야만 할 것이다. 컴퓨터는 전력시스템의 계획을 위한 개개인의 능력을 향상시키는 도구로서의 역할을 하게되어 시스템의 설계와 건설을 관리하고 전력시스템의 운영에 극적인 변화를 초래하게 될 것이다.

2.4 개인의 생산성

대부분의 공업계에서 종사하는 전문가들의 생산성은 계속하여 향상되어왔고 발전하는 컴퓨터 기술에 의해서 앞으로도 착실히 발전하리라 믿는다. 일반적으로 컴퓨터와 연관된 전문가들의 생산성은 다른 전문가들의 생산성보다 빠른 향상을 보인다. 그 이유는 그들의 업무가 계기들과 연관되어있고, 구조화되어 있으며, 시스템적인 방법을 사용하기 때문이다. 더우기 전력에 종사하는 전문가들은 생산성이 높은 컴퓨터화된 도구를 사용하므로써 다른분야의 엔지니어들보다 높은 수준의 생산성 향상을 기대할 수 있다. 전력엔지니어들은 데이터베이스, 전력통신, 그리고 스프레드시트 계산도구 등을 더욱

더 많이 사용하게 되었고 더 많은 워크스테이션들이 사용될 것으로 보인다. 미래의 전력엔지니어들은 이러한 생산성 향상 도구들을 충분히 활용할 수 있을 정도로 지식과 기술을 발전시키고 유지해야 한다. 시스템에 대한 정보를 준비하기 위해서 필요한 시간을 줄이려는 목적으로 컴퓨터를 사용함으로써 전력 엔지니어들은 좀 더 공학적인 문제에 매진할 수 있게 된다. 컴퓨터에 대한 참고적인 정보를 이용하는 것은 단지 연구시간을 줄이는 효과 이외에도 연구 노력의 질과 효율을 증진시키는 면이 있다.

2.5 전력시스템 계획

전력시스템들이 좀더 대규모화되고 복잡해짐에 따라서 시스템 계획자들은 전력이 없는 발전기의 확장을 선택하고 전력생산 비용을 분석하는데 도움이 될 수 있는 향상된 컴퓨터 프로그램을 필요로 할 것이다. 또한 전력흐름의 양상과 동적 안정도를 분석하는데도 이러한 프로그램들이 필요할 것이다.

미래의 시스템 계획에 관한 연구는 실제 전력시스템의 상태를 확실하게 나타낼 수 있는 실시간 데이터에 의한 기본적인 경우에서부터 시작된다. 원격 검침된 실시간 데이터의 정확도는 상태평가기술을 이용하여 상당히 향상될 수 있다. 현재의 슈퍼컴퓨터와 유사한 막강한 기능을 가진 컴퓨터와 광범위 최적화기법이 여러가지 경우들의 모의실험을 가능하게 하였다. 사실, 컴퓨터의 응용프로그램들은 데이터의 감축과 인식양상을 수행할 필요성이 있

다. 그렇지 않으면 시스템 관리자나 운영자들은 정보의 과부하로부터 고통받을 것이다.

2.6 설계공학

미래의 설계엔지니어들은 CAD(Computer Aided Design)에 거의 완전히 의존하는 양상을 보일 것이며 자동화된 설계도면과 전문가시스템의 도움을 받을 것이다. 컴퓨터그래픽 기술은 더욱 더 고해상도의 그래픽을 제공할 것이다. 설계엔지니어들의 생산성은 이제까지 향상되어 왔고 이러한 기구들의 도움을 받아서 앞으로도 계속해서 향상될 것이다. 그러나 무엇보다도 흥미로운 점은 시스템 설계자들은 이러한 도움을 받음에도 불구하고 지금보다 더 많은 일을 해야 할 것이며 이전보다 더 많은 능력을 지니고 있을 것이며 이전보다 더 많은 능력을 지니고 있을 것 이라는 점이다. 전문가시스템은 덜 숙달된 지도자로 하여금 숙달된 기술자가 할 수 있는 일을 한번에 끝낼 수 있도록 도와줄 수 있다. 그 이유는 전문가 시스템이 세상에서 가장 뛰어난 전문가가 할 수 있는 방법을 흉내내어 주는 기능을 가졌기 때문이다.

2.7 건설관리

더욱 더 많은 수의 건설관리자가 프로젝트 관리에 컴퓨터 프로그램을 사용하고 있으며 이로 인해서 훨씬 더 빈도높은 보고서의 작성이 가능하게 되어 현장과 관리자층과의 시간적 거리감을 좁히고 있다. 미래에는 랩탑컴퓨터를 가지고 현장을 관리하는 것이 일상적인 일이 될 것이며 전자우편시스템을 이용하여 누구든지 건설 프로젝트에 관해서 관심이 있는 사람이면 정보를 공유할 수 있게 될 것이다.

건설관리자는 이전에는 커다란 부피로 인해서 관리하기 힘들었던 여러가지 종류의 카달로그등을 손쉽게 관리할 수 있게 되었다. 예를들어, 용접공의 훈련에 대한 정보를 가진 데이터 베이스를 시각화할 수 있게 되었고 산업현장에서 불분명한 연구작업들은 사라지게 되었다. 이러한 데이터베이스는 현장의 용접공들에게는 상당한 도움이 될 것이며 지역적으로 다른곳에 있는 작업자들에게도 특수한 기술에 관해서는 도움이 될 수 있다. 다른예로, 제품의 바코드화는 건설자재와 재료를 관리하는 중요

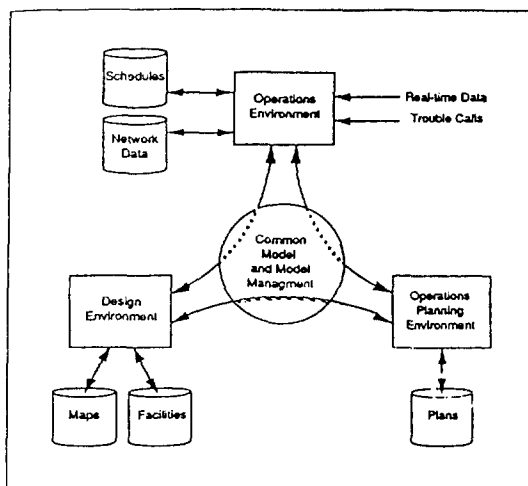


그림 2. 정보 집적화된 시스템의 모델

한 수단을 제공한다.

2.8 전력시스템 운영

발전된 컴퓨터와 통신기술들은 전력 시스템의 운영을 위해서 사용되는 시스템과 도구의 적극적이고 심오한 변화를 초래했다. 그중에서 중요한 위치를 차지하는 변화는 더 많은 량의 데이터를 받아들일 수 있게 된 것과 향상된 인간-기계간의 의사소통, 좀더 효과적인 분석장치와 고객과 다른 공급자와의 원활한 상호작용이 이루어진 것이다.

시스템이 복잡해져 감에 따라서, 시스템운영자들은 향상된 정보시스템을 요구하게 되었다. 미래의 데이터 검출 시스템은 다른 계통에 대해서 더 많은 정보를 제공하고 대용량 에너지 관리시스템으로 배전 자동화 시스템을 연결시켜 줄 것이다. 다른 계통으로부터 실시간 데이터를 얻어야 한다는 필요성은 시스템 운영자가 상태평가와 온라인된 사고감지장치에 의존하기 시작한 이후 아주 중요한 범주로 인식되고 있다. 복수의 전력회사가 등장하게 되면 계통간의 전력판매가 이루어지고 제어부분과 서비스 부분간의 정보교환이 더욱 활발해지게 되며 데이터 교환의 량과 빈도도 높아지게 되어 원격 데이터 교환의 포맷과 프로토콜에 대한 연구가 활발히 이루어 질 것이다. 또한 배전자동화시스템으로 인해서

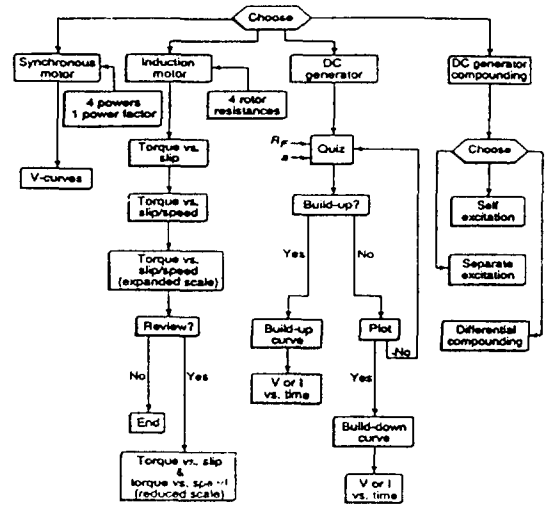


그림 4. 의사소통 위주의 알고리즘

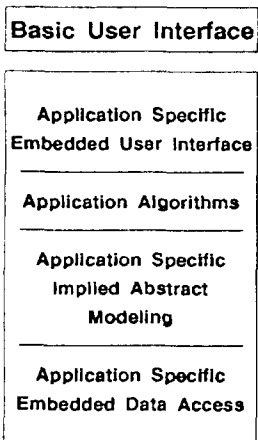
부가적으로 막대한 데이터 취득이 이루어지게 된다. 배전 자동화 시스템이란 원거리에서 존재하는 시스템으로부터 실시간 데이터를 받아들이며 제어를 실시하는 시스템을 말한다. 향상된 시스템으로부터 충분한 이득을 얻기 위해서 인간과 기계간의 의사소통기술이 필요하게 되었다.

이러한 기술들은 향상된 경보시스템, 디스플레이 패널, 그리고 폴-칼라 그래픽스들을 제공하는 기술로 집약된다. 현재 행해지고 있는 연구개발의 핵심은 컴퓨터 응용프로그램으로 수행된 결과를 운영자에게 보다 인간적인 방법으로 전달 될 수 있도록 음성을 이용하거나 음향학적인 수단을 동원하는 데 집중되고 있다. 미래의 경보시스템은 결정권자로서 하여금 우선권을 반영하게 하는데까지 그 범위가 확대될 것으로 사료된다.

2.9 유지관리

미래에는 시스템의 유지라는 과업의 성능과 계획을 컴퓨터 응용프로그램을 이용하여 수행하게 된다. 유지관리에 대한 계획은 관련된 입력자료를 수집하여 유지관리에 필요한 요구에 연결시키는 응용프로그램을 사용하므로써 보다 효율적으로 수행할 수 있다. 예를들어서, 유지단위의 계획을 위한 프로그램이 수행단위와 자동발생제어프로그램으로부터 얻어진 정보를 받아들인다면 보다 향상된 성능을 가지게 될 것이다. 비슷하게, 트리징돈을 계획하는

Application Oriented Architecture



Information Oriented Architecture

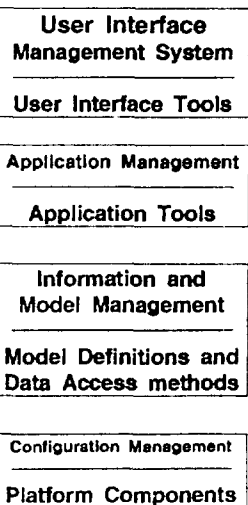


그림 3. 배전시스템 구조의 비교

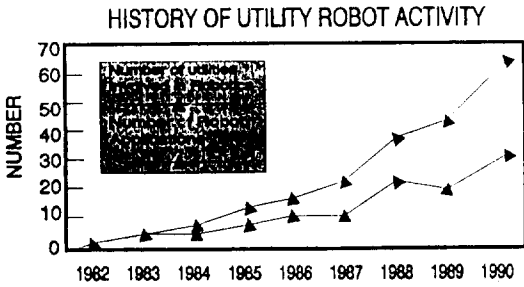


그림 5. 미국의 계통내 로봇에 대한 통계

프로그램이 기후에 대한 정보와 전송선의 부하에 대한 자료를 제공받는다면 좀 더 효과적으로 업무를 수행할 수 있을 것이다. 한 루틴의 유지관리 업무는 컴퓨터에 의해서 제어되는 장치나 로봇에 의해서 점차적으로 완수될 것이다.

이러한 접근 방법은 단순히 노동력에 대한 비용을 절감시켜줄 뿐만 아니라 단순하고 반복적인 업무에 지친 종사자의 실수를 줄여주는 역할을 맡아 주기도 한다. 또한 위험성을 내포하고 있는 업무들은 점차적으로 컴퓨터화된 로봇에 의해서 수행되고 있으며 그 예로 가동중인 전송선의 관리와 핵연료의 교환등이 있다.

2.10 새로운 사업방향과 기회부여

전력분야에 종사하는 엔지니어들이 전력시스템공학과 운용기능에 대한 컴퓨터 응용프로그램을 사용하는 데 익숙해짐에 따라서 전력회사는 새로운 사업방향을 모색할 수 있게 될 것이다. 전력시스템의 운영을 계획하고 설계하며 건설, 유지하는데 사용되는 컴퓨터의 전문적인 의견은 다른 분야의 기능을 수행하는데 적용될 수도 있을 것이다.

반대로, 다양한 노력을 통해서 전력시스템공학과 운영기능을 발전시키는 새로운 기술을 개발하고 컴퓨터에 입력된 전문적인 자료를 향상시킬 수도 있을 것이다.

2.11 내포된 문제성과 위험성

컴퓨터 기술과 수많은 지류들이 인간을 지혜롭게 만드는데 바람직하도록 발달하고 있지만 이러한 새로운 기술들을 다루는데는 많은 문제와 위험성이 잠재해 있다.

엔지니어들과 시스템 운영자들이 정보를 얻는데

있어서 새로운 컴퓨터 프로그램에 의존하면 할수록 컴퓨터의 운영이 중단되거나 통신이 마비되는 사태를 만났을때 이를 보상할만한 충분한 대책이 없을 때는 시스템 전체의 효율과 기능에 심각한 타격을 입게 된다. 더우기 잘못된 정보가 너무 많이 유입될 때에는 전혀 정보가 입력되지 않는 사태보다도 더 큰 문제를 유발할 수 있다. 한꺼번에 정보가 혼입되는 경우에는 시스템 운영자에게 혼란을 줄 수 있으며 정보에 오류가 포함되어 있을때는 시스템 운영자가 오관을 일으킬 수 있도록 유도하는 결과를 낳을 수 있다. 이러한 문제들은 정보의 감축과 질적인 향상기술을 통해서 극복해야만 한다.

절보를 보호하는 기능은 원격정보수집이나 시스템 관리기능에 침투한 해커등에 의해서 오히려 혼란을 가중시킬 위험성을 내포하고 있다. 그러므로 미래에는 이러한 정보보호기능에 관한 문제들에 좀 더 많은 연구가 필요할 것이다.

3. 실용현황

3.1 유한요소법을 이용한 전자장의 계산

현재, 컴퓨터 하드웨어의 발달로 충분한 성능을 가지게 된 PC용 프로그램으로도 여러가지의 사용목적에 알맞는 유한요소 응용프로그램의 활용이 가능해지고 프로그램을 시스템에 이식하는데 발생하는 모든 문제들을 근본적으로 제거할 수 있게 되었다.

현재의 전자계 계산프로그램들은 요소분할, 방정식의 해법, 그래픽 등의 모든 루틴들을 프로그램 내에 포함하고 있고 전자기력의 계산에 실질적으로 적용될 때, 2차원, 평면, 축대칭의 계산을 충분히 수행할 수 있으며 가능한 한도내에서 사용자 위주의 프로그램 형태를 이루고 있다. 이러한 프로그램들이 작동되는 시스템 환경은 일반적인 도스용 프로그램을 운용하기 위한 환경만 갖추어지면 된다.

일반적으로 절연체와 등전위 분포, 자속 라인과 전도체 등을 구별하려면 색분포를 사용하면 되지만 필수적인 사항은 아니다. 하드웨어는 필드를 스크린에 효과적으로 나타내기 위해서 칼라 모니터를 사용하는 것이 바람직 하다. 한요소법을 이용한 필드계산 프로그램은 요소절점에서의 전위계산과 미지의 방정식을 풀 수 있는 기능을 가지고 있다. 프로그램은 변압기, 리액터, 스위칭, 케이블 등과 같은 고

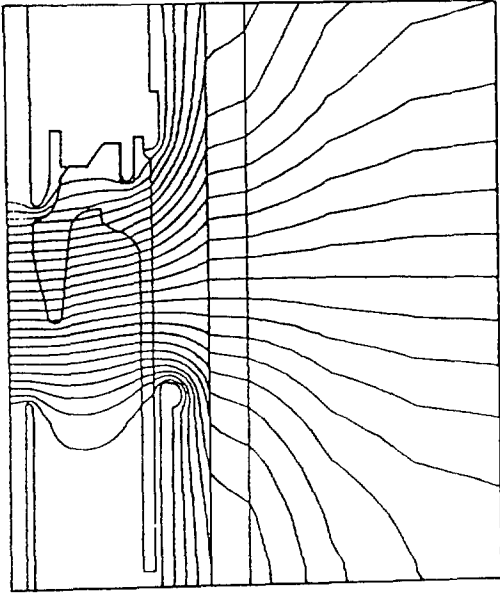


그림 6. 차단기내에서의 정전분포

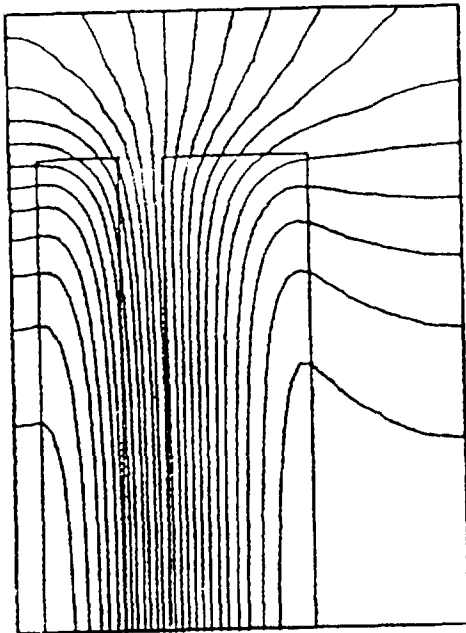


그림 7. 변압기의 누설자속

전압 장비에서 유전응력을 분석하는데 사용된다.

복잡한 형태에서의 전위를 계산하고, 저항으로 코팅되고 피뢰기에 쓰이는 절연체와 부싱에 대한 계산에는 특별한 프로그램이 사용되는데 이에 관한 개별적인 연구가 필요한 실정이다. 또한 이러한 프로그

램들은 유전율을 가진것과, 여러 물질에 대한 도전율을 가진 두개의 파일을 필요로 하는데 두 파일의 결합의 프로그램에 의해서 자동으로 수행된다.

입력을 단순화 하기 위해, 직사각형, 원호와 같은 기하학적인 모양은 미리 프로그램 되어 변압기와 리액터의 분석에 유용하게 사용된다. 또한 CAD (Computer Aided Design) 프로그램에 필드계산 프로그램을 연결함으로써 완전자동화가 가능해진다.

일반적으로, 전류와 선속 밀도 사이의 상호작용으로 부터 발생한 리액턴스는 자기장 에너지로 부터 계산되고, Force는 전류와 선속밀도의 상호작용에 의해서 구해진다. Eddy Current는 작은 소용돌이간의 작용에 의해서 소멸되거나 주파수, 선속밀도, 그리고 도체의 부피 등에 기초하여 서로 연결되거나 교차된다.

프로그램의 전처리기는 분석대상에 대하여 중요한 매개변수를 대입하고, 후처리기는 출력을 원하는 형태로 변형시킨다. 변압기의 누설필드추적프로그램은 최소의 비용으로 최적의 디자인을 구할 수 있는 디자인 프로그램에 연결이 된다. 디자인 프로그램들이 모두 유한요소를 이용하여 필드계산을 수행하는 것은 아니며 마지막 최적화를 거친 후에 최적 디자인을 구할 수 있다.

3.2 전력케이블의 상태분석

전력케이블의 상태를 분석하는 프로그램으로 캐나다의 CYME int 사에 의해서 공급되는 "The

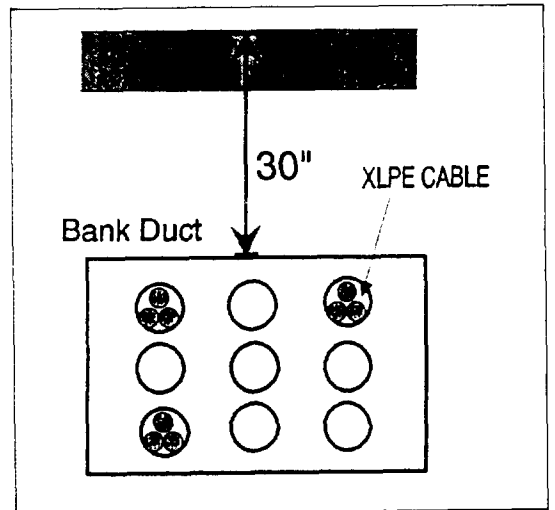


그림 8. 콘크리트 덕트-뱅크내의 XLPE 케이블

Cable Ampacity Program(CAP)"을 소개하고자 한다. 이 프로그램은:

1. 사용자위주의 입력화면을 제공해주는 "INPUT"
2. 정상상태를 분석해주는 "SAMP"
3. 과도상태를 분석해주는 "TAMP"
4. 위의 프로그램들을 통합해주는 통합프로그램
5. 정상상태와 과도상태의 결과를 표시하는 그래픽 프로그램

으로 나뉘어져 있다. 이 글에서는 과도상태를 분석해주는 프로그램인 "TAMP"를 소개하기로 한다. "TAMP"는 시간의 변화에 따른 케이블의 온도와 전류를 한꺼번에 45가지까지 계산하는 성능을 지니고 있다. 모든 과도상태 계산에서와 같이 사용자는 케이블 각각의 부하곡선의 수와 부하곡선이 평가되는 최대전류를 연관지어서 봐야한다. 라이브러리는 다양한 부하곡선의 패턴에 관한 정보가 들어있다. 과도상태의 해는 사용자가 입력한 초기조건에 의해서 구해지는데 기준이 되는 조건은 정상상태를 구한 해로부터 얻을 수 있으며 사용자들은 이러한

기준값들을 변화시킬 수 있다.

만약 사용자가 특별한 과도상태를 연구하고 싶으면 과도상태 분석자료를 입력해야 한다.

그림 8에 나타난 덕트-뱅크를 이루는 케이블의 상태를 분석하려면 케이블의 정상상태를 분석한 다음과 같은 표 1에서 자료를 입력받아야 한다.

케이블의 상태분석에는 "TAMP"와 같이 시간의 변환에 따른 케이블의 온도와 전류뿐 아니라 케이블의 절연과괴를 예측하고 구조적인 전계, 자계분포를 해거하는 방법들도 개발되고 있다. 예를들어서 케이블 내부구조의 배치에 따른 절연과괴 전압을 예측하기 위해서 유한요소법을 사용하여 케이블 내의 전계분포를 예측하는 프로그램의 개발도 여러 방면에서 진행되어 최적형상설계를 가능하게 하고 있다.

4. 결 론

새롭게 향상된 컴퓨터 프로그램들은 거의 모든 전기공학분야에서 발전되고 있다. 또한 하드웨어적인 제어를 소프트웨어적이고 진보적인 최적화 제어로 대체하므로써 발전과 송전에 관한 여러가지 응용 가능성이 도출될 것이다. 사용자 측면을 고려한 배전 자동화 시스템은 소비자들에게 개별적인 품질의 전력을 공급할 수 있도록 해줄 것이며 시스템 운영자들에게는 보다 나은 정보와 제어를 제공할 것이다. 전력시스템의 광범위한 발달은 발전과 송전 자체에 비해서 비싼 단위 전력당 통신 비용때문에 그속력을 늦추게 될지도 모르지만 전력회사로 하여금 급변하는 사용환경에 적응하여 다양한 소비자층에게 보다 양질의 전력을 적절한 가격으로 공급할 수 있도록 할 것이다.

표 1. 9개의 케이블에 대한 정상상태 분석표

CABLE DESCRIPTION									
CONDUCTOR CROSS SECTION	506.700 μ m								
PHASE TO PHASE VOLTAGE	13.800 kV								
COMPOSITION									
ELEMENT	MATERIAL DESCRIPTION THICKNESS EXTERNAL DIAMETER								
CONDUCTOR	ALUMINUM ROUN 0.02830								
SCREEN	CLSTON 0.00055 0.02940								
INSULATION	XLPE 0.00490 0.03920								
JACKET	POLYETHYLENE 0.00200 0.04380								
SOLID WIRE/CONCENTRIC NEUTRAL ASSEMBLY (COPPER)									
26 WIRES	L = 0.3806 0.00130 0.04430								
DUCT BANK CONSTRUCTION: PLC IN CONCRETE									
DUCT INTERNAL DIAMETER	0.12700 m								
DUCT EXTERNAL DIAMETER	0.13330 m								
*CABLES ARE NOT TRANSPOSED									
SOLUTION CONVERGED AFTER 5 ITERATIONS									
GEOMETRIC FACTOR 1.76									
CABLE NO.	CONDUCTOR TEMPERATURE (DEG C)	DC AMPACITY (A)	DC RESISTANCE (OHMS/FT)	YCS	YCP	AC/DC RATIO	YS	YA	LOSS FACTOR
1	90.0	492	0.7295E-04	0.022	0.029	1.051	0.087	0.000	0.619
2	90.0	504	0.7295E-04	0.022	0.029	1.051	0.087	0.000	0.619
3	90.0	485	0.7295E-04	0.022	0.029	1.051	0.087	0.000	0.619
CABLE NO.	CURRENT CONDUCTOR	DEPENDENT SEATH/SHIELD	LOSSES(W/M) ARMOUR/PIPE	DIELECTRIC LOSS (W/M)	TOTAL LOSSES IN CABLE (W/M)				
1	18.53	1.62	0.00	0.00	60.43				
2	19.48	1.70	0.00	0.00	63.53				
3	18.06	1.57	0.00	0.00	58.91				
CABLE NO.	CALCULATED CONDUCTOR	TEMPERATURES(DEG C) SEATH/SHIELD	ARMOUR/PIPE OR DUCT						
1	90.0	85.9	67.5						
2	90.0	85.6	66.3						
3	90.0	86.0	68.1						

참 고 문 헌

- [1] An advance release of Projections 1987-1996 from the North American Electric Reliability Council (NERC) forecasts that U.S. net electrical energy for loads will continue at an annual growth rate of 2.1 percent.

- [2] Future Computer Applications in Power, Fred I. Denny, IEEE Computer Applications in Power, 1988.
- [3] A Generalized Information Management System Applied to Electrical Distribution, IEEE Computer Applications in Power, 1990.
- [4] Advanced Computer Programs for Power Cable Ampacity Calculations, IEEE Computer Applications in Power, 1990.
- [5] PC Applications Measure EMTs Induced by Power Lines, IEEE Computer Applications in Power, 1991.
- [6] Robots Cut Risks and Costs in Nuclear Power Plants, IEEE Computer Applications in Power, 1991.



이수길

1970년 2월 2일생. 1992년 광운대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 광운대 대학원 전기공학과 박사과정.



한기만(韓基萬)

1944년 3월 16일생. 1970년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1970년 금성사 입사, 1989년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 금성전선 전력케이블 생산담당 및 전력연구소장.



이준웅(李準雄)

1940년 10월 24일생. 1964년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1970년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1979년 France 국립 Montpellier 전기공학과 졸업(공박). 1990년 미국 미시시피 주립대 교환 교수. 현재 광운대 전기공학과 교수.