

화력발전소에서의 인적오류 사례 및 개선방안

박영규[†] · 전상기 · 김봉빈 · 김윤경 · 정창우

한국동서발전 기술기획실

A Case Study on Human Errors in Thermal Power Plant

Young Kyu Park · Sang Ki Chun · Bong Bin Kim · Yoon Kyong Kim · Chang Woo Jung

Korea East-West Power Co. Ltd Technology Planning Office

There are various types of unexpected troubles in service of a thermal power plant, which consists of many complicated high-tech mass equipments. The troubles are mostly caused by the manufacturing defects, the material deteriorations, the human errors, and others. Failures of its system due to the troubles, can bring on the extravagant economic loss and the qualitative degradation of electricity. Especially, it is most important to find a way to decrease human errors because it can result in not only the economic loss, but also morale declination of employees or the department related to the trouble. Therefore, we categorize previous troubles related to the human errors, and try to show the causations and the counter-measures based on the various categories such as maintenance, an operation, and system of the thermal power plants.

Keyword: human error, thermal power plant, ergonomics, electricity, troubles

1. 서론

화력발전설비는 첨단 대용량 복합설비로써 고장 발생시 엄청난 경제적 손실(500MW 석탄화력의 경우 1일 발전정지당 약 3억원의 수익손실)은 물론 전기품질의 저하와 기타 파급영향이 매우 크다. 과거 국내의 발전소에서 발생한 크고 작은 고장은 상당수가 유사한 원인에 의해 발생된 것으로 보고되고 있으며 (Korea East-West Power Co., 2006), 이들 고장사례에 대한 체계적인 분석과 원인 규명을 통한 재발방지 대책 수립시 많은 고장을 예방할 수 있을 것으로 판단된다. 일반적으로 발전소의 고장유형은 설비결함으로 인한 고장과 운전관련 고장정지로 분류할 수 있으며, 1988년부터 2004년까지 17년간 전국 화력발전소에서 발생한 고장사례를 분석한 결과 제작불량(26%), 자연열화(20%), 인적오류(16%), 정비불량(15%) 등으로 조사되었다 (Korea East-West Power Co., 2006). 특히 인적오류로 인한 고장발생시 급전적 손실뿐만이 아니라 당사자와 소속부서의 사기저

하로 이어져 이에 대한 중점적인 분석과 재발방지 대책마련이 시급하다. 또한 전력산업의 구조개편에 따라 5개 발전회사로 분리하여 원가경쟁이 가속화되고 있는 상황에서 화력발전소의 인적오류 관리는 더욱 중요하다. 따라서 본 연구에서는 1995년 부터 2004년 까지 10년 간 국내 화력발전소에서 발생한 고장사례 중 인적오류 부분에 대해 다양한 관점에서 분류하고 가능한 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 인적오류 이론

인간은 누구나 완벽하지 못하므로 언제 어디서나 실수를 범할 수 있고 때에 따라 중대 사고로 이어질 수 있다. 거의 완벽하다 믿고 있는 최신 시스템이라 하더라도 그것을 지시하는 관리자에 따라 또는 지시받는 근로자의 의사소통이나 정보인지 정도에 따라 대형 사고로 이어질 수 있는 인적오류가 발생하고 있다(Kim Du Whan, 1998).

[†]연락처 : 박영규 연구기획팀장, 135-791 서울시 강남구 삼성동 169 대화빌딩 2층 한국동서발전(주), Fax : 02-3456-8378,

E-mail : youngkyu@ewp.co.kr

투고일(2007년 10월 29일), 심사일(1차 : 2007년 11월 09일, 2차 : 2007년 12월 27일, 3차 : 2008년 04월 15일), 게재확정일(2008년 05월 08일).

2.1 인적오류 정의

인적오류란 인간이 기계, 시스템 등과의 인터페이스에 부적절하게 반응하고, 이로 인해 원하는 목표에 어긋나거나 잘못된 결과를 초래하게 만드는 행동을 말한다. 즉, 시스템의 효율성, 안전성, 및 성능을 감소시키거나 감소시킬 수 있는 부적절하거나 바람직하지 못한 인간의 결정 또한 행동을 말한다. 일반적으로 조작자의 실수만 인적오류라고 생각할 수 있지만 장치 설계자, 관리자, 감독자 등 시스템의 설계와 조작에 관여하는 사람들도 오류를 범할 수 있다. 따라서 인적오류에 대한 분석을 행할때는 조작자 뿐만 아니라 시스템 전체를 고려해야 한다(Lee Kwan Seok, 2002).

2.2 인적오류 발생원인 및 분류

인적오류를 일으키는 원인으로는 불충분한 지식이나 능력, 적합하지 않은 신체조건, 빈약한 동기부여, 낮은 도덕성 등 개인특성에 의한 것이거나 직장에서 훈련부족, 감독 소홀이나 잘못된 지도, 매뉴얼, 체크리스트의 불비 등 작업에 대한 교육, 훈련 등의 문제에 의한 것, 부자연스러운 작업시간대, 어려운 작업기준 등 직장의 성격에 의한 것 등 여러 요인이 있다. 특히 공간적으로 여유없는 배치, 접근성이 나쁜 작업대상, 무리하거나 부자연스러운 자세유지, 힘을 지나치게 사용하는 공구 등 인간-기계 시스템의 인간공학적 설계상의 결함도 인적오류 발생의 중요한 원인이 될 수 있다(Lee Kwan Seok, 2002).

Norman(1981)은 인간의 실수는 대뇌에서 미리 입력된 지식과 신규지식을 재인하는 과정에서 발생한다고 가정하고, 인지심리학적으로 상황해석을 잘못하거나 틀린 목표를 착각하여 행하는 경우를 Mistake, 상황해석은 제대로 하였으나 의도와는 다른 행동을 하는 경우를 Slip, 여러 과정이 연계적으로 일어나는 행동을 잊어버리고 생략한 경우를 Lapse 등으로 분류하였다.

또한 Reason(1977, 1982)은 인간행동을 숙련기반 행동, 규칙기반 행동, 지식기반 행동 등 3개의 수준으로 분류한 Rasmussen(1983)의 모델을 사용해 인적오류를 의도적인 경우와 비의도적인 경우로 나누어 비의도적인 행동은 모두 숙련기반의 오류라 하고, 의도적 행동은 규칙기반 착오와 지식기반 착오, 고의 사고로 분류하였다(Kim Du Whan, 1998).

어느쪽이든 장단점을 가지고 있지만 인적오류의 궁극적 주체는 인간이기 때문에 작업자의 상황을 파악하고 인지과정의 이해가 전제되는 것이 과오의 원인, 나아가 사고발생의 인적요인을 규명하는데 훨씬 효과적이다.

2.3 산업현장에서 인적오류

인간이 범하기 쉬운 각종 오류는 숨어있는 위험이 아찔한 사고나 중대사고로 이어지는 경향이 있다. 아차사례 발굴활동을 활성화하기 위해서는 관리감독자나 경영층의 강한 의지와

확고한 방침에 따른 배려가 있어야 하며 관리감독자는 근로자들에게 아차사례 활동의 필연성을 논리적으로 설명하여 이해를 촉구시키는 분위기와 관심조성이 필요하다. 특히 발굴된 아차사례는 개인의 책임 추궁이나 책임 조사보다는 자율적으로 개선을 위한 적극적인 협조가 필요하다.

신입 근로자 들은 새로운 현장의 업무에 익숙하지 못하기 때문에 정보를 입수하여 취사선택하고 단기 기억한 것을 계획대로 이행하지 못하는 경향이 높으며, 올바른 습관이 형성되어 있지 않아 어떻게 처리해야 안전한지 망설이게 된다. 확인하는 시간도 늦어 정해진 시간에 조작이 완료되지 않아 서둘러 판단하므로 조작의 혼란이 생기고 불필요한 긴장을 하게 되며 정신적으로도 피로도가 높아 오류를 쉽게 범하게 된다.

반면에 숙련자들은 많은 경험이나 습관에 젖어 자신과잉, 요령에 익숙해서 오류를 범하는 예가 많다. 몸에 익숙한 조작을 하게될 때는 기억의 조합이나 대응 조작을 깊게 생각할 필요가 없는 기억의 생략이나 중단되는 경우도 있으며 믿으면 모두 틀리게 동작할 위험성도 생기는 경우가 있다. 각종오류가 근로자들에게 익숙해지면 불안정한 행동으로 탈바꿈되어 오류를 범하게 되어 중대사고가 될 수 있으므로 간단한 인적오류가능성도 간과하지 말고 과거에 경험한 사고사례 연구에서 인적오류 요인을 찾아보고 재발되지 않도록 대책을 제시해야 할 것이다(Kim Du Whan, 1998).

3. 화력발전소 고장유형

첨단 복합설비로서의 대용량 발전설비는 계속적인 자동화, 정밀화, 고성능화에 따라 기기고장 등 설비에 의한 사고는 감소 추세에 있는 반면 운전원의 인적오류에 의한 사고는 전체 사고원인의 상당비율을 차지하며 지속적으로 발생하고 있다. 한편 대부분의 고장정지는 과거에 발생한 것과 유사한 경우가 많아 이들 고장사례에 대한 체계적인 원인분석과 정확한 대책을 마련할 수만 있다면 향후 발생할 수 있는 고장정지를 상당부분 예방할 수 있을 것이다.

<그림 1>은 1988년부터 2004년도 까지 17년 간 발생한 전국 화력발전소 고장정지 현황을 나타내 주고 있다. 1988년도에 비해 2004년도에 설비운영 대수는 2.7배 가까이 증가하였으나 전체적인 고장정지 건수는 다소 감소하였다. 발전설비 1대 당 고장 정지율은 1988년도에는 약 1.1건/unit에서 2004년도에는 0.22건/unit으로 대폭 감소한 것으로 조사되었다.

이는 설비운영과 관련한 지속적인 투자와 운영기술 노후화가 축적되었기 때문으로 해석할 수 있다. 그렇지만 아직도 매년 40여 건의 고장정지가 발생하고 있고 인적오류로 인한 고장정지도 지속적으로 발생하고 있어, 발전소 종사자들의 궁극적인 목표인 고장정지 제로(Zero)화를 위한 노력과 투자가 필요하다.

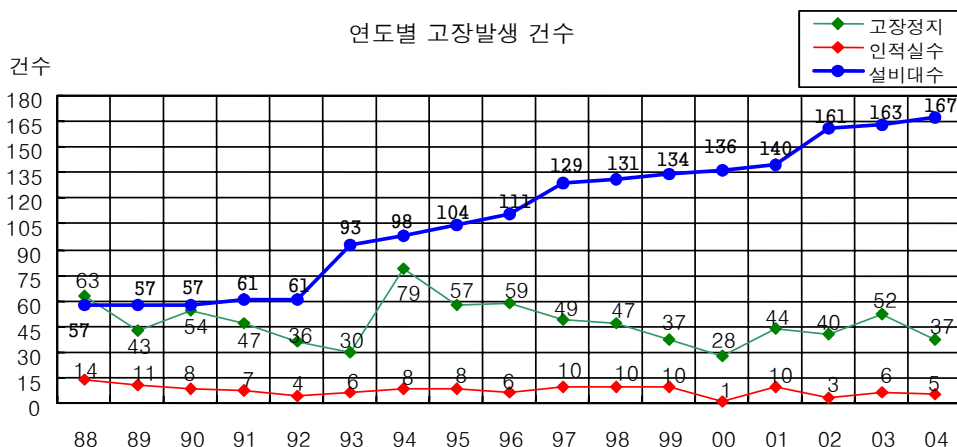


그림 1. 연도별 전국 화력발전소 고장발생현황

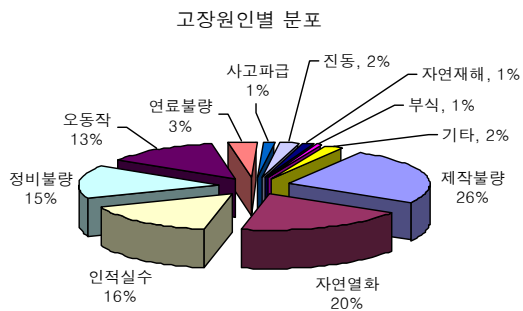
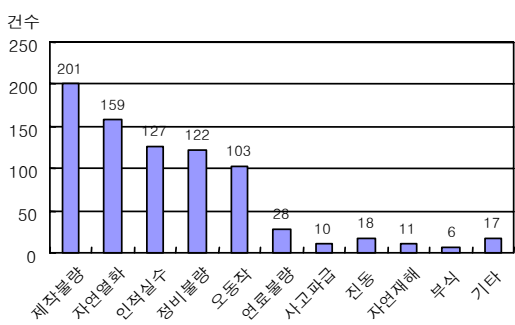


그림 2. 화력발전소 고장의 원인 분류

<그림 2>는 전국 화력발전소에서 1988년 부터 2004년 까지 발생한 고장사례에 대해 원인별로 분류한 그래프이다. 고장 원 인별로는 제작결함이 26%로 가장 높게 나타났으며, 이는 전력 수요의 급격한 증가에 따른 신규발전소 건설 증가에 기인된 것으로 보인다. 자연열화로 인한 고장 또한 20%로 매우 높게 나타났으며, 이는 사용연수가 25년 이상 된 구형 발전소 비율이 점차 증가하기 때문으로 해석된다. 세 번째로 많은 부분을 차지하는 것이 인적오류로서 다음장에서 자세하게 분석하도록 하겠다.

4. 인적오류 분류 및 개선방안

발전설비는 기계, 전기, 제어 장치 등이 복잡하게 구성된 점

단 설비로 발전소를 운영하는 과정에서 불가피하게 여러 종류의 고장정지가 발생하게 되나, 그 중에서도 인적오류로 인한 고장 발생시에는 당사자에 대한 책임규명은 물론 조직 전체의 분위기를 저하시키는 등 그 후유증이 막대하므로 인적오류 방지를 위한 다양한 노력들이 시도되고 있다. 그러나 이제까지는 <그림 2>에 나타난 바와 같이 인적오류를 고장발생 원인 중의 하나의 요인으로 분류하여 관리하고 있어 보다 근원적인 원인규명이 미흡한 실정이다. 외국에서는 화학플랜트, 항공산업과 원자력발전 분야에서는 인적오류를 심리학적, 인간공학적으로 접근하려는 노력이 활발히 진행되고 있으며, 과학적이고 체계적인 분류작업을 통한 근원적 해결방안을 시도하고 있는 실정이다(Im Wan-Hee, 2004). 따라서 본 연구에서는 과거 10년 간(1995년~2004년) 전국 화력발전소에서 발생한 인적오류를 보다 체계적이고 심도있게 분석하고자 노력하였다.

4.1 발생시기별 인적오류

(1) 연도별 발생현황

인적오류로 인한 고장정지는 <그림 3>에서 보여주는 바와 같이 2001년 분사 이후 최근 몇 년간 상당히 감소하였다. 그러나 아직도 매년 5~6건씩 인적오류로 인한 고장정지가 발생하고 있는 실정이다. 따라서 인적오류 감소를 위해 보다 심도 있는 분석과 대책마련이 필요하다.

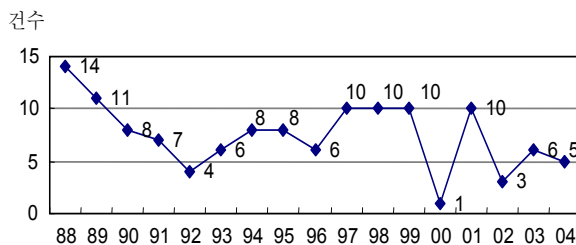


그림 3. 연도별 인적오류 발생현황

(2) 월별 발생현황

인적오류는 <그림 4>에서 보는 바와 같이 봄철이나 여름철이 아닌 10월과 12월에 많이 발생하는 것으로 조사되었다. 이는 여름철 피크(peak) 부하가 끝난 다음에 계획예방정비(Overhaul)가 9월 이후에 집중되면서 정비 후 여러 가지 조작들이 많아져 인적오류가 증가한 것으로 추정된다.

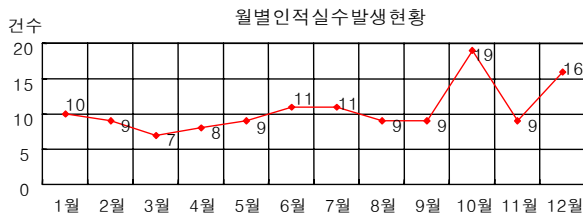


그림 4. 월별 인적오류 발생현황

<그림 5>는 일본 원자력발전소의 계획예방정비 후의 고장 통계자료로써 모순되게도 고장정지를 예방하기 위해 수행한 Overhaul정비 후 1주일 이내에 오히려 고장발생이 크게 증가하는 것으로 나타났다(Toshio Toyota, 2004).

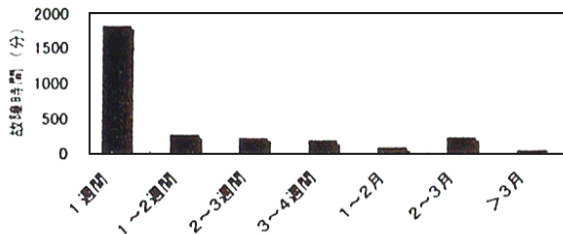


그림 5. Overhaul 정비 후 고장정지

일반적으로 발전소와 같이 첨단 복합설비의 경우 건설이나 정비 후 설비가 안정화될 때까지 고장발생은 증가하는 경향을 보인다. 또한 심리적으로는 하계 피크(peak)부하 기간에 안정적인 전력공급에 대한 긴장으로부터 해방되어 동절기로 접어들면서 육체적, 정신적으로 해이될 수 있는 요인도 작용한 것으로 추정된다.

(3) 요일별 발생현황

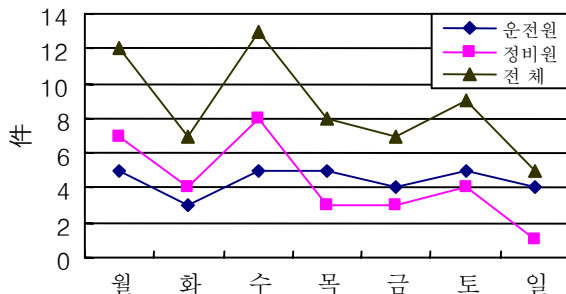


그림 6. 요일별 인적오류

<그림 6>은 1995년 부터 2004년 까지 10년 간 국내 화력발전소에서 발생한 인적오류로 인한 고장정지를 요일별로 분석한 결과이다. 전체적으로 주 초반에 인적오류가 가장 많이 발생하였고 일요일이 가장 적게 발생하는 것으로 조사되었다. 이는 일요일에는 조작과 정비작업이 거의 없기 때문에 인적오류가 적게 발생하였고, 월요일에는 주말에 발생한 고장 해소를 위한 조작사항이 증가하여 인적오류가 증가한 것으로 분석된다. 한편 운전원의 경우 연중 24시간 4조 3교대로 근무를 하기 때문에 요일별로 인적오류 발생건수에 있어서 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 판단된다.

(4) 시간대별 발생현황

<그림 7>은 시간대별 인적오류 발생 현황을 나타내었다. 운전원이나 정비원 모두 오전 10시에서 12시 사이에 가장 많이 발생하였고, 다음으로는 오후 2시에서 4시 사이에 인적오류가 많이 발생한 것으로 파악되었다.

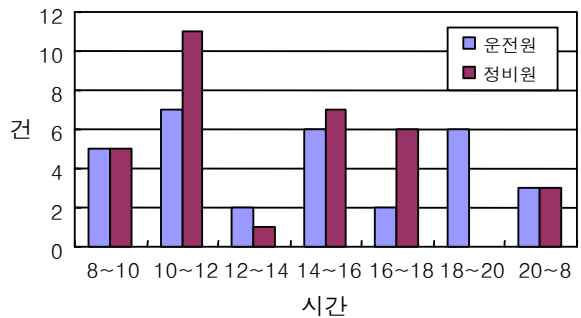


그림 7. 시간대별 인적오류

특히 운전원의 경우는 일근부서가 현장에서 철수한 이후 오후 6시에서 8시 사이에 인적오류가 많이 발생한 점이 주목된다. 다른 연구결과에 따르면 화학공장의 경우에는 오전 12시에서 오후 4시 사이에 전체 발생 인적오류의 34%가 발생하였고, 다음으로는 오전 8시에서 12시 순으로 인적오류가 많이 발생하는 것으로 보고되고 있다(Kim Du Whan, 1998). 따라서 24시간 운전되는 플랜트산업(석유화학, 발전소 등)의 경우 오전 10시에서 12시, 오후 2시에서 4시 사이에 인적오류에 대한 주의가 요구된다.

4.2 조작 담당자별 인적오류

<그림 8>은 조작 담당자별로 인적오류 발생현황을 분석한 그림이다. 전체 인적오류로 인한 고장정지 가운데 운전원이 51%, 정비 담당자가 49%를 차지하고 있다. 특히 정비담당자 가운데에는 협력업체 직원의 인적오류가 33% 이상을 차지하고 있으며, 이들 오류의 주요원인은 <그림 16>에 나타난 바와 같이 오조작(75%)과 업무미숙(17%)에 의한 것이어서 정비부서의 철저한 사전 작업검토 및 감독활동 강화가 필요한 것으로 추정된다.

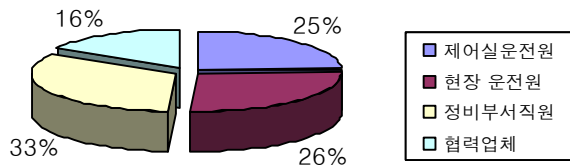


그림 8. 인적오류 담당자

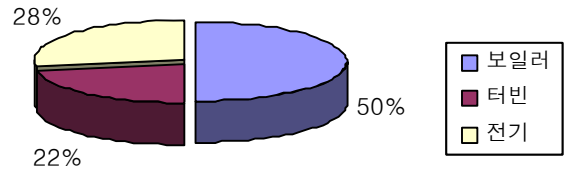


그림 11. 제어실 운전원 인적오류 기기

(1) 현장운전원
 <그림 9>와 <그림 10>은 현장 운전원들이 자주 범하는 인적오류 기기와 요인들을 분류한 것이다.



그림 9. 현장운전원 인적오류 기기

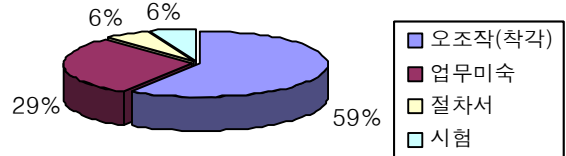


그림 12. 제어실 운전원 요인별 인적오류

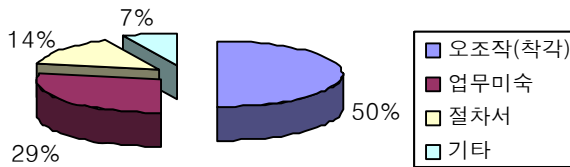


그림 10. 현장운전원 인적오류 요인

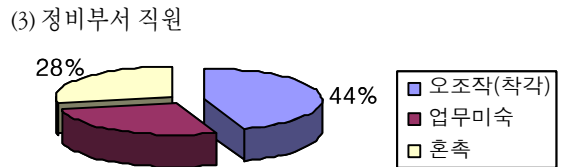


그림 13. 정비부서 직원 인적오류 요인

<그림 9>와 <그림 10>에서 보는 바와 같이 현장운전원은 밸브 조작과 관련한 인적오류가 가장 많았으며, 다음은 차단기 관련 오류 순이었다. 현장운전원들이 자주 범하는 인적오류의 주요원인으로는 착각에 의한 오조작과 업무(조작) 미숙이 그 뒤를 이었다. 따라서 주요기기 조작시에는 관리감독자의 입회하에 2인 1조 조작이 매우 중요하며, 이를 준수하도록 하기위해 운전원들에 대한 지속적인 직무교육이 필요하다.

(2) 제어실 운전원

제어실 운전원들의 경우 보일러 제어와 관련한 오류가 전체 오류중 50%를 차지하였고(<그림 11>), 원인별로는(<그림 12>) 착각에 의한 오조작이 59%를 차지하였으며 업무미숙(29%)으로 인한 인적오류가 그 뒤를 이었다. 이는 운전원들의 보직이동으로 인하여 제어실 운전원의 경우(특히 기동정지가 거의 없는 기저부하 발전소) 자신의 직무에 대한 업무경험이 충분하지 않아 오류가 많이 발생된 것으로 판단된다. 따라서 대용량 발전소의 경우 모의 제어반(simulator) 설비의 확충과 반복적인 교육훈련이 필요하며, 아울러 정확한 조작절차서의 개발과 활용이 요구된다.

정비부서 직원의 경우는 <그림 13>처럼 오조작에 의한 오류가 가장 많이 발생하였고 이어서 업무미숙과 전기전자 단자 작업시 흔촉에 의한 고장정지가 많이 발생하였다.

최신 설비 경우 첨단화 및 compact화 추세에 따라 기기 배치 및 정비작업 공간이 협소하므로 사소한 부주의로 인한 오류 발생 가능성이 높아지고 있다(<그림 14>). 따라서 전기단자 절연 및 정비 작업시 적정규격의 공구를 사용하는 등 흔촉 원인을 근원적으로 차단하는 노력이 필요하다.

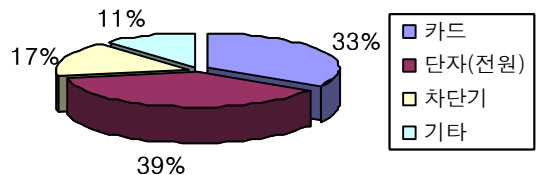


그림 14. 정비부서 직원 인적오류 기기

(4) 협력업체 직원

협력업체 직원들은 <그림 15>에 나타난 바와 같이 작업 과정에서 제어실원이나 스위치, 차단기 등을 조작하다 인적오류를 범한 것으로 조사되었다. 정비 작업시 협력업체 직원들은 발전소 전체적인 운전시스템을 모르기 때문에 기기의 조작은 운전부서나 정비부서 직원들이 수행하여야 함에도 불구하고 이를 위반함으로써 인하여 많은 고장이 발생하였다.

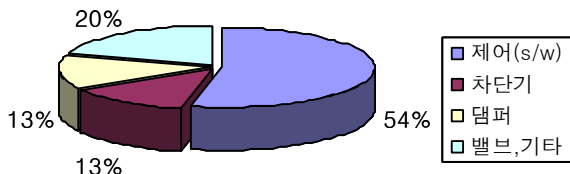


그림 15. 협력업체 직원 인적오류 기기

이는 <그림 16>에서 협력업체 직원들이 범한 인적오류 요인 중 업무미숙(조작미숙)이 75%를 점유하고 있다는 사실로부터 추정할 수 있다.

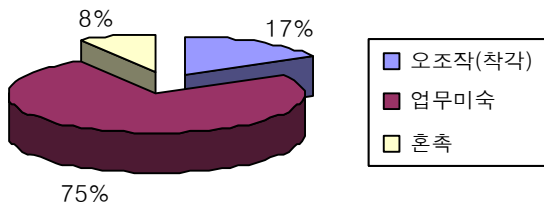


그림 16. 협력업체직원 인적오류 요인

4.3 인적오류 유발 요인 및 기기

인적오류의 주요 유발요인으로는 <그림 17>에 나타난 바와 같이 착각에 의한 오조작이 48%로 가장 많았으며, 이어서 조작미숙 또는 업무미숙이 32%, 절차서 검토 미흡 또는 절차서 미비로 인한 고장정지가 11%를 차지하였다. 따라서 착각에 의한 오조작 방지를 위해서는 정지를 일으킬 수 있는 주요 기기 조작시 간부 혹은 감독자의 입회를 의무화 하고, 신입(전입) 직원에 대한 직무교육의 강화가 필요하다.

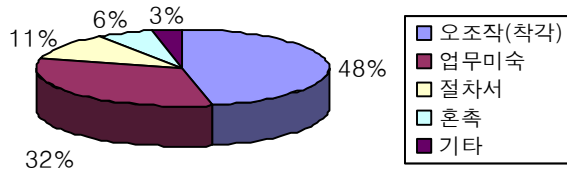


그림 17. 요인별 인적오류

또한 전기단자 작업과 관련한 혼축을 예방하기 위하여 설비를 지속적으로 개선해야 할 것이다. 인적오류가 발생한 기기를 분석한 결과 <그림 18>과 같이 기계장치에서는 밸브 오조작이 많았으며, 전기설비에서는 차단기 오조작이, 제어분야에서는 카드작업과 제어전원 정비와 관련한 인적오류가 많은 것으로 조사되었다. 이로인한 인적오류 저감을 위해서 중요기기에 대한 표준 조작 절차서의 제개정 및 국내외 화학공장 및 민영발전소에서 시행하고 있는 절차서의 핵심조항목(Check List)화가 필요하다.

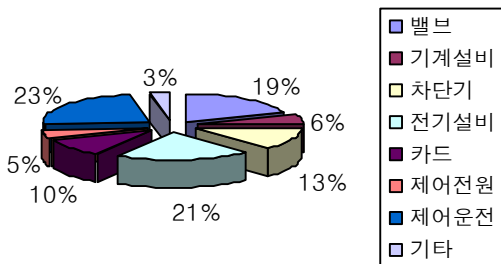


그림 18. 설비별 인적오류

5. 결론

우리나라 전체 전력생산 설비의 60% 이상을 차지하고 있는 화력 발전설비는 첨단기술의 복합체로서 운전조작 및 정비 작업시 정교함과 고도의 숙련도가 필요하다(Korea Electric Association, 2007)

발전소는 대부분 설계나 제작, 운영기술등이 입증된 설비로 구성되어 있으며, 동작원리가 비슷하기 때문에 상당수의 고장이 유사고장이라 할 수 있다(Park Min-Hyuk, 1997). 따라서 기 발생된 고장사태에 대한 체계적인 분류, 철저한 원인 규명 및 대책 마련시 많은 부분을 예방할 수 있다. 본문에서 지난 10년간 화력발전소의 고장정지사태를 심도있게 분석하여 그 대책을 효과적으로 도출하고자하였으며 그 결과는 아래와 같다.

(1) 인적오류 발생은 담당직무에 관계없이 착각에 의한 오조작과 업무 미숙이 가장 중요한 인자로 분석되었으며, 발생시기를 분석결과 작업자의 신체리듬 보다는 기기조작 및 작업빈도가 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

(2) 따라서 인적오류를 예방하기 위해서는 개인의 능력과 교육훈련에만 의존하는 것보다는 중요기기에 대한 Fool-Proof 시스템 도입 등 보다 적극적이고 근원적인 설비개선 노력이 중요하며, 또한 운전 및 정비와 관련 표준절차서의 정립과 기본수칙 준수에 대한 제도 보완이 필요하다.

(3) 중요설비는 한국인 표준 신체조건, 작업의 빈도 및 동선, 난이도를 고려하여 실제 비상사태 발생시 운전원원이 적절하고 신속하게 대응할 수 있도록 설비개선하며, 설계 단계 부터 인간공학적 요소를 고려하는 것이 중요하다.

(4) 고장발생시 서류상으로 보고서를 작성하고 대책을 마련하기 보다 그에 대한 추적관리가 매우 중요하다. 담당자나 부서장이 바뀌어도 끝까지 추적관리 할 수 있는 제도 마련이 필요하다.

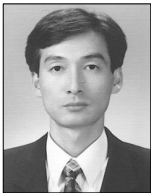
(5) 인적오류 발생시 행위자 위주의 책임전가를 할 경우 정확한 고장 규명이 지연 및 근원적인 원인 은폐로 인한 설비운영에 오히려 장애가 될 수 있다. 고의적으로 인적오류를 범하려는 사람은 없기 때문에 고장 발생시 개인의 책임규명 보다는 재발방지 대책 수립에 중점을 두는 조직 분위기 형성이 중요하다.

인적오류에 의한 고장정지는 개인과 조직의 특성, 작업환경 및 설비특성 등 인간의 심리적, 생리적 요인 등이 복합되어 발생하며, 고장사태에 대한 과학적이고 체계적인 연구를 통해 해결방안을 모색한다면 획기적인 개선을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

Im Wan-Hee (2004), A Case Study of Human Error according to Occupational

Category of Workers, *Journal of Korean Industrial Information Systems Society*, 9(4), 56-67.
 Kim Du Whan (1998), A Guide Book for Preventing Human Errors in Chemical Industries, Korea occupational Safety and Health Agency.
 Korea East-West Power Co., Ltd. (2006), TORSIM Project Final Report.
 Korea Electric Association (2007), Electricity Almanac 2007, 51-102.
 Lee Kwan Seok (2002), The cause of Human Error and Ergonomic Preventive Measures, *Safety and Health* 14-155, 18-26.
 Park Min-Hyuk (1997), A Case Study on Management of Power Plant Operation considering Power Auality, Chungnam National University.
 Toshio Toyota (2004), New Trend in Condition Diagnosis Technology and Condition Based Maintenance, *Turbo Machinery*, 129-137.



박영규
 한양대학교 금속공학과 학사
 연세대학교 금속공학과 석사
 충남대학교 재료공학과 박사
 현재: 한국동서발전(주) 기술기획실 연구기획팀장
 관심분야: R&D 기획, 산업안전



전상기
 한양대학교 화학공학과 학사
 한양대학교 환경대학원 석사
 한양대학교 화학공학과(환경학) 박사
 현재: 한국동서발전(주) 기술기획실장
 관심분야: 발전소 운영 및 관리



김봉빈
 전북대학교 정밀기계공학과 학사
 연세대학교 기계공학과 석사
 현재: 한국동서발전(주) 기술기획실 연구기획팀 차장
 관심분야: 기계, 산업안전



김윤경
 아주대학교 기계공학과 학사
 아주대학교 기계공학과 석사
 현재: 한국동서발전(주) 기술기획실 연구기획팀
 관심분야: 기계, 산업안전



정창우
 건국대학교 전기공학과 학사
 건국대학교 전기공학과 석사
 현재: 한국동서발전(주) 기술기획실 연구기획팀
 관심분야: 계통분석, R&D 기획