

# 수변전실 및 지상 전력기기 침수방지 대책에 관한 연구

(Countermeasures for Flood Protection of Power Facility at Substation and Ground)

김기현\* · 최명일 · 배석명 · 이재용

(Gi-Hyun Kim · Myeong-Il Choi · Suk-Myong Bae · Jae-Yong Lee)

## 요 약

매년 집중 호우 및 태풍·해일 등에 의해 도심 저지대 및 해안가 지대 수변전실 및 지상 전력기기의 침수 현상이 매년 발생하고 있다. 그로 인한 설비 교체 비용 및 정전으로 인한 사회, 경제적 손실이 더욱 크게 발생을 하고 있다. 또한 국내 환경 변화로 전기설비 침수 발생 빈도는 증가될 것으로 판단된다. 따라서 국내 수변전실 및 지상 전력기기의 설치 현황과 침수 피해에 대해 실태조사 및 국내외 관련 제도를 분석하였다. 분석 결과 국내의 침수방지 대책이 현장 시설 부분과 제도적으로 미비한 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문은 현장실태조사 결과와 국외 침수방지대책에 관한 규정 분석을 토대로 침수위험지구에서의 전력기기 침수방지 대책을 위한 내용을 제시하였다. 또한 본 내용은 국내 관련 규정을 개정하는데 객관적 자료로 사용될 것으로 사료된다.

## Abstract

Inundation of substation and ground power equipment broke out every summer season in low-lying downtown and low-lying shore by localized heavy rain, typhoon and tidal wave. In case inundation excluding the exchanging cost of equipment, it occurs a great economic and social loss owing to recovery time and events of electric shock occur by inundation electrical facility. So we researched the installation situation of substation and power equipment and inundation loss at Flood Danger Area. And we analyzed regulation or law relating to the flood protection counterplan of US, England, Australia. We present flood protection countermeasures by survey and analyzing the internal standard and his paper will be used to present a reform proposal of electrical related law about flood protection.

Key Words : Flood Danger Area, Power equipment, Substation, Flood Protection

## 1. 서 론

지구 환경변화에 따른 집중 호우, 해일 등에 의한 도심 저지대 및 해안가의 전력설비의 침수가 많이 발생을 하고 있다. 한번 침수된 전력설비는 복구에 많은 시간이 걸리기에 그에 따른 경제 활동의 손실 및 설비 활용에도 큰 문제점을 발생시키고 있다. 또

\* 주저자 : 전기안전연구원 연구원  
Tel : 031-580-3078, Fax : 031-580-3111  
E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr  
접수일자 : 2007년 12월 5일  
1차심사 : 2007년 12월 7일  
심사완료 : 2007년 12월 18일

한, 침수된 설비에 의한 감전사고 및 전기재해 발생으로 인한 인명 및 재산 피해가 발생하고 있다. 여름철 집중호우 시 공사장, 신호등·가로등, 저지대 반 지하 주택 등에서 침수에 의한 감전사고가 증가하고 있는데, 최근 3년간(2002~2004)의 감전사고 발생건수를 보면 여름철 우기시(6~8월) 안전사고가 가장 많이 발생하고 있다[1]. 안전사고 발생유형을 보면, 수도권 저지대 등 침수위험지구 밀집지대와 입간판, 가로등·신호등 및 맨홀 등에서 감전사고로 인해 사망에 이르는 경우가 많은데, 지난 2001년 7월 수도권 집중호우 시 가로등, 신호등 침수로 인한 감전사고로 19명이 사망하였으며, 최근 3년간 감전사고발생은 연평균 780건으로 이 중 장마기간이 포함된 6~7월중에 발생한 사고는 188건으로 사망 22명, 부상이 166명으로 나타나고 있으며, 지역별로는 공사장과 저지대 반 지하 주택이 밀집되어 있는 서울·경기 등 수도권에서 가장 많이 발생하고 있다. 따라서 본 논문은 침수로 인한 수변전실, 지상 전력기기(지상 변압기, 지상 개폐기)의 침수 피해에 대한 현장 실태 조사를 실시하였다. 침수의 원인 및 침수 피해에 대한 실태 조사를 통해 본 논문에서는 수변전실 및 지상에 설치되어 있는 전력기기의 침수 방지대책의 필요성을 제시하였다. 또한 외국의 경우에서 침수지역 전기설비 설치에 관한 규정들을 조사 분석하여 국내 관련 법 개정의 필요성을 제시하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 국내 침수위험지구 현황 및 지중 배전기기 설치 현황

소방방재청의 자료에 의하면 2007년 1월 기준 국내 재해위험지구 지정 현황 중에 침수위험지구의 선정은 표 1과 같이 총 420곳으로 지정되어 관리를 하고 있다. 물론 이 수치는 지정된 곳에 대한 배수 처리 장치 등을 침수 방지 시설이 설치되면 위험지구에서 제외 되고 또한 지역적으로 새롭게 선정되어 그 수치는 유동적이다. 하지만 국내 침수 피해 회수는 2000년 500회, 2001년은 534회, 2002년은 773회, 2003년 823회로 매년 증가 되고 있는 것을 확인 할

수 있다[2]. 침수로 인한 피해 또한 연 2조원으로 조사되고 있다. 물론 이부분에 전력기기 침수 피해가 포함이 될 것으로 판단된다. 하지만 전력기기 침수는 2차적으로 경제적 피해가 유발되므로 그 피해가 더욱 크다고 할 것이다.

표 1. 국내 침수위험지구 선정 현황(2007년)  
Table 1. Situation of Interior flood danger area(2007)

구분	서울	부산	대구	인천	광주	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	계
침수위험지구	2	11	5	6	7	4	18	31	39	51	47	63	54	61	21	420

수·변전설비 시설현황은 수전전압별로 구분하여 한국전기안전공사에서 실시하고 있는 검사 대상인 자료를 분석하였다. 수변전실의 전압별 설치 현황을 확인한 결과는 수전 전압이 22.9[kV]가 전체의 76.7[%] 대부분을 차지하고 있었다. 수전전압이 22.9[kV]를 대상으로 도심 저지대 및 해안가 저지대의 침수위험지구의 수변전실을 조사한 결과 전체 1,991개소 수·변전설비 중에서 37.67[%]에 차지하는 750곳의 시설이 건물 지하에 설치되어 있고, 건물 옥상에는 524곳(26.32[%])에서 설치되어 있는 것으로 표 2와 같이 조사되었다.

표 2. 침수위험지구 수변전실 위치 및 형태 현황  
Table 2. Situation of Transformer Vault location and form in flood danger area

구분	도심 저지대	해안가 저지대	합계	비율[%]	
조사 동/읍 수	41	46	87	-	
지하	노출 [갯수]	53	88	141	7.08
	큐비클 [갯수]	343	266	609	30.59
옥상	노출 [갯수]	95	269	364	18.28
	큐비클 [갯수]	90	70	160	8.04
지상	노출 [갯수]	44	70	114	5.73
	큐비클 [갯수]	41	83	124	6.23
건물 구내 [갯수]	23	77	100	5.02	
H 변대 [갯수]	144	235	379	19.04	
합계	833	1158	1991	100	

수변전실 및 지상 전력기기 침수방지 대책에 관한 연구

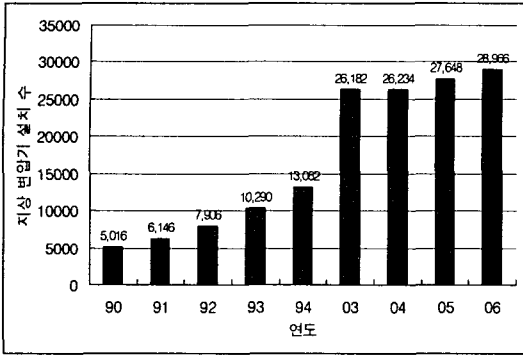


그림 1. 지상 변압기 설치 현황(1990~2006년도)  
Fig. 1. Installation situation of Pad-mounted Tr

지상 변압기는 1979년부터 도입이 되어 1983년 올림픽 유치준비를 위해 이들의 상용이 급속히 확대되었다. 대도시 중심에는 전주가 없어지고 대부분 지중화 현상이 두드러지고 있다. 그림 1은 1990년도부터 2006년 12월까지의 지상 변압기(Pad-mounted Transformer) 설치 대수의 증가를 표시한 그림이다.

그림 2는 지역별 지상 변압기 2007. 4월 기준 설치 현황이다. 그림에서 확인할 수 있는 것처럼 대도시에 설치되어 있어 특히 서울의 설치가 전체 21%를 넘는 것으로 조사 되었다. 지상 변압기는 대도시에 설치되어 도심의 상업용 건물 부하를 공급, 대단위 아파트 단지에서 전원을 공급하고 있다.

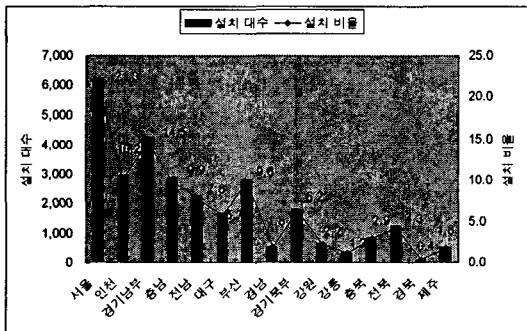


그림 2. 지역 별 지상 변압기 설치 현황(07.4.30)  
Fig. 2. Installation situation of Pad-mounted Tr by area(07.4.30)

그림 3는 지상 변압기 용량은 30[kVA]에서 1000 [kVA]까지 설치되어 도심 부하 집중화와 미관을 고

려하여 계속적으로 지상용 변압기는 증가 추세에 있다. 따라서 집중 호우 및 저지대의 침수로 인한 지상 변압기 침수 등으로 인한 전력 차단 등 침수 피해에 대한 대책이 필요하다고 판단된다.



그림 3. 지상 변압기 설치(3상 300(kVA))  
Fig. 3. Installation of Pad-mounted Tr(3Φ300(kVA))

그림 4는 지역별 지상 개폐기(2007. 3월)의 설치 현황이다. 그림에서 확인할 수 있는 것처럼 지역 별 지상용 변압기 설치 비율이 거의 동일한 수치로 설치 된 것을 확인할 수 있다. 지상 개폐기는 회로 구성 수에 따라 4회로 4스위치, 4회로 2스위치, 3회로 3스위치 형으로 나눌 수 있고, 그림 5처럼 지상 개폐기는 지중설치가 곤란한 장소에서 지상으로 설치하며 외함 내에 개폐기 본체가 내장되어 있다.

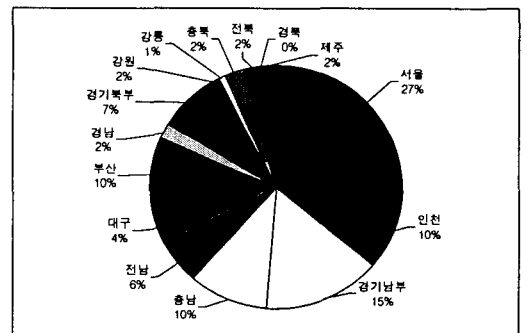


그림 4. 지역별 지상개폐기 설치 현황(07.03)  
Fig. 4. Installation situation of Switches by area

여기서 지중설치 장소는 맨홀, 전력구, 공동구, 수용가 지하 수변전실 등에 설치가 된다. 따라서 집중 호우 및 저지대의 침수로 인한 지상 개폐기 침수 등

으로 인한 전력 차단 등 침수 피해에 대한 대책이 필요하다고 판단된다.



그림 5. 지상 개폐기(25.8(kV) 가스개폐기)  
Fig. 5. Installation of Switches(25.8(kV) GIS Switches)

## 2.2 수변전실 및 지상 전력기기 침수 피해 및 현장 실태조사

조사된 자료에서 보는 것처럼 침수위험지구에서 전체 수·변전설비의 37.67[%]에 해당 되는 수변전실이 지하 공간에 설치되어 있어, 침수에 대한 대책이 없는 국내 현 상황에서는 집중 호우 및 해일 등에 대해 무방비 상태로 수변전설비가 노출되어 있다고 볼 수 있다. 그림 6은 2007년 8월 4일 천안 구성동 호우와 하천 범람으로 인근 도로 침수 및 지하 수변전실(500[kW])의 침수 피해해로 인한 MOF, 배전반의 피해 사진이다. 피해 현장은 침수 피해로 인해 설비 수리가 불가능해서 임시 전력을 공급받고 있었고 수변전설비는 추후 옥상에 재건설을 추진하고 있었다. 이 침수 피해로 건물 및 인근 장소에 약 30분 정도 정전이 발생하였다.

침수위험지구의 지하 수변전실 배수시설 55곳에 대하여 조사를 하였다. 그림 7의 우측에서 보는 것처럼 지하 수변전실에 배수로 및 배수펌프 시설이 안 되어 있는 경우도 전체의 35[%](19곳)를 차지하였고, 그림 8의 좌측처럼 시설되어 있는 경우에도 유지관리가 되지 않아 배수펌프 작동 및 배수로 관리가 되지 않은 곳도 많이 있었다. 또한 옥상에 수변전실의 경우에 배수로가 막혀 있어 배수 역할을 못하는 경우도 있었다.



그림 6. 수변전설비(MOF, 배전반) 침수 피해  
Fig. 6. Flood damage of Substation (MOF, Switchboard)

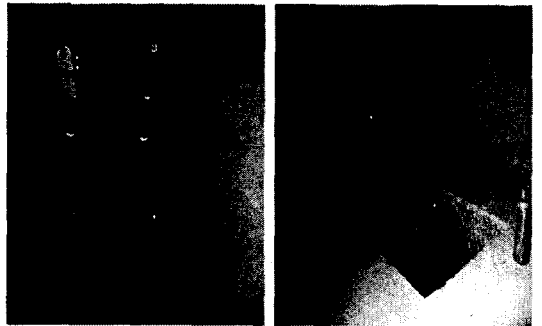


그림 7. 지하 수변전실 배수 시설 현황  
Fig. 7. Situation of drain equipment at cellar Transformer Vault

또한 배수펌프의 역할이 고여 있는 물의 배수 역할 정도로 시설되어 집중 호우 및 하천가 근교는 범람으로 인해 물이 지하로 유입이 될 경우에는 배수펌프로 인한 설비 안전 보호에는 한계가 있는 것으로 조사되었다. 침수방지장치에 관해서 지하 수변전실의 침수에 대한 대비시설(방수문, 방수판 등)이 되어 있는 곳은 조사한 55개소 중에 9곳(16.3[%])으로 조사되었다. 실태 조사한 55 개소 중 12(21.8[%]) 곳에서 침수 경험이 있었고, 건물 옥상 및 옥외 지상 수변전설비 중에 침수에 의해 지하에서 있다가 옥상 및 지상으로 재시설한 곳이 실태조사 63 개소 중에 9곳(14.3[%])으로 조사되었다.



그림 8. 지상변압기(좌), 개폐기(우)의 지면부터 높이  
 Fig. 8. Installation hight of Pad Tr and Switches

지상 변압기, 개폐기는 주로 도로 위에 시설이 되어 지면과의 높이는 보통 15~25[cm] 정도 높여로 시설이 되어 있는 것으로 조사되었고, 지하에서 지면과의 높이를 120[cm] 공간을 두고 시설하도록 한국전력공사 시방서에 규정 되어 있다[13]. 지상 개폐기는 개폐기 형태에 따라 다르지만 그림 8의 우측에서 보는 형태는 지면으로부터 상별 50에서 70[cm] 정도의 이격 거리를 두고 시설 된다. 그림 9 좌측은 2006년 경기도 고양시 주교동 도로변 침수 지상 변압기 피해를 입은 사진이고, 그림 9 우측은 2007년 8월 4일 천안 구성동 호우와 하천 범람으로 인근 도로 침수로 도로변 지상 변압기 침수로 인한 인근 정전 피해를 입은 곳의 지상 변압기 사진이다. 이처럼 국내의 기후 및 지역적 여건에 의해 상습 침수지역 외에도 많은 곳에서 침수로 인한 전력시설물 피해 및 정전으로 인한 경제적 손실을 입고 있는 것으로 조사 되었다.



그림 9. 고양시, 천안시 인근 지상변압기 침수 높이  
 Fig. 9. Flood hight of Pad-mounted Tr at Goyang and Cheonan

### 2.3 수변전실 및 지상 전력기기의 침수 방지 시설 및 규정에 관한 국내외 분석

수변전실 침수 관련 국내 규정으로는 전기설비기술기준(2006.7)에서는 규정에서 제21조에 발전소, 변전소, 개폐소 또는 이에 준하는 곳은 침수 우려가 없도록 방호장치 등 적절한 시설이 갖추도록 규정하고 있지만[7], 판단기준에는 이에 대한 구체적 방호장치 및 적절한 시설에 대한 규정이 명확히 제시되고 있지 않다. 내선규정 705-4항에서 수전실에 대해 물이 침입이 없도록 조치를 강구한 장소로 규정을 하고 있다. 하지만 현실적으로 규제 및 시설 방법 등에 대한 제시가 미흡한 상태이므로 매년 전력설비의 피해 및 정전 사고로 인한 제2의 피해는 증가되고 있다.

국외의 경우 그림 10, 11처럼 지하 전력시설물 출입구에서 물 침입 방지를 위한 방수문 및 방수판 시설에 사진이다. 영국의 경우 수해 방지 용품에서 철저한 시험을 거친 제품에 대해서만 인증 마크를 붙이고, 인증 마크를 받은 제품만 시판되도록 규제하고 있다. 또한 설치 방법에 대해서도 자세히 설명하도록 환경청에서 관리하고 있다[11]. 미국 연방긴급관리청(FEMA)에서 하수관로로 역류하는 물을 방지하기 위한 차단 밸브를 설치하고, 출입구로 유입하는 물을 차단하기 위해 방수판을 설치, 외벽의 경우 누수를 막기 위한 방수처리가 되도록 방안을 소개하고 있다[9].



그림 10. 침수시 출입구 침수 방지문 시설  
 Fig. 10. Installation of flood protection door at exit

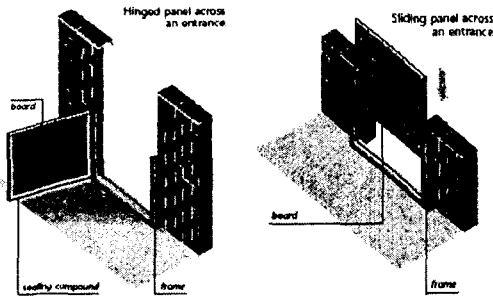


그림 11. 출입구 침수 방지문 및 방지판 시설  
 Fig. 11. Installation of flood protection door and protection panel at exit

국의 수변전실 및 전기설비 시설장소에서 관해서 NEC450.41, IEC 61936-1, 호주 AS/NZS 3000에서 규정을 하고 있다[8,10]. 호주의 경우 메인 전기 인입, 변전실, 측정설비는 침수예측수위(FPL : Flood Planning Level)에 1m 이상으로 설치로 규정하고, 미국의 침수가능지역(Flood prone)에서는 차단기, 대용량 스위치, 배전반, 변압기, 지중 케이블 등의 중요 전기설비를 설치할 경우 침수예방대책으로는 예측 침수위 이상 또는 그 값으로 시설하도록 규정하고 있다[9].

국내의 경우에서는 지방자치단체의 조례에 재해 관리구역(침수위험지구)에서 기계실, 전기실을 포함한 용도는 침수위 이상 및 침수위가 결정되지 않는 장소는 3[m] 이하에 시설할 수 없다고 규정이 되어 있다. 이 또한 이 부분에서 현실적으로 침수위험지구 선정 및 3[m] 이상 시설 등 어려움이 많은 것으로 조사되었다. 따라서 구체적 대안의 제시가 필요하다고 판단된다. 예로서 고압 또는 특별고압의 기계기구, 모선 등이 시설되는 발전소, 변전소, 개폐소 또는 이에 준하는 곳은 다음과 같은 침수방지시설을 하도록 한다.

1. 침수위험지구의 지하공간에 전력시설물을 설치하는 경우 출입구는 침수위 이상으로 침수 방지막을 시설한다. 다만 침수 방지문, 방지판 등을 시설한 경우는 예외이다.
2. 지하공간의 개구부(환기구, 장비 반입구, 출입구 등)는 침수위 이상 높이에 시설 할 것. 다만 방수판, 방수문 등으로 인해 침수고 이상 높이까지 폐쇄된 구조일 경우에는 예외이다.

3. 지상 전력기기의 경우는 충전부의 설치 높이를 침수위 이상으로 시설할 것. 다만 전력기기를 침수 방지 시설로 보호된 경우에는 예외다.

매년 침수로 인한 그 피해는 늘어나고 있다. 그에 대한 전력설비 침수 방지 대책에 대해서는 구체적으로 제시가 되어 있지 않은 상태로 유지가 되고 있어 그 피해가 더욱 증대가 될 것으로 예상되고 있다. 관련법에서 이 부분의 개정을 통하여 대책이 강구된다면 지금 피해의 많은 부분은 피할 수 있을 것으로 판단된다. 침수위에 관련해서는 그 지역 및 주변지역에서의 침수된 자료를 토대로 해당 자체에서 수집 및 관리를 해야 할 것이다.

### 3. 결 론

국내 환경 변화와 도심 저지대 및 해안가의 침수 지역에서의 수변전실 시설 환경 및 지상 전력기기에 대한 실태조사 및 침수에 피해에 대해 조사 분석하였다. 실태 조사 결과 침수위험지구에 전력 시설물 설치에 대한 대책이 미미한 것을 확인할 수 있었다. 또한 그에 대한 관련법 부분에서도 구체적으로 제시되어 있지 않은 부분도 확인할 수 있었다. 매년 집중 호우, 태풍 등에 의한 도심 저지대, 해안가 지역 뿐만 아니고 전국 많은 곳에서 전기설비 침수피해가 발생하고 있고 그 피해 가능성도 매년 증가 되고 있다. 또한 대도시 집중화 현상으로 지중화 시설이 크게 진행이 되고 있는 현실에서 지상 전력기기의 증가는 계속되고 있는 추세이다. 또한 지하 건물로 전력시설물이 설치가 됨으로 인해 침수 피해방지를 위한 현실적인 대책 방안을 위해 관련 법 제정 부분이 필요하다고 판단된다. 또한 침수 대책 설비에 대한 국가 지원 및 여러 방면에서 인센티브를 주는 방안도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

이 논문은 전력산업 연구개발 사업비의 지원에 의해 수행된 연구결과입니다.

References

- (1) 한국전기안전공사, www.kesco.net, 전기안전정보관리시스템, 2007.
- (2) 지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구 II, 한국환경정책평가 연구원, 2002. 12.
- (3) 풍수재해예방가이드, 한국화재보험협회, 2004. 7.
- (4) 소방방재청, 地下空間의 침수방지대책에 관한 연구, 국립방재연구소, 2004. 3.
- (5) 한국전기안전공사, 수변전설비의 안전실태조사 및 대책 연구, 전기안전연구원, 2004. 12.
- (6) 한국전기안전공사, 22.9(kV) 수·변전설비에서의 감전 위험성 연구, 전기안전연구원, 2002. 12.
- (7) 한국전기안전공사, 전기설비기술기준 및 판단기준, 2006.8.
- (8) National Electrical Code 2002. US.
- (9) Protecting Building Utilities From Flood Damage, 1999, US.
- (10) Electrical Installations(AS/NZS 3000: Wiring Rules), 2000, Australia.
- (11) Preparation of Floods, England.
- (12) Planning Policy Guidance 25 : Development and flood risk, England.
- (13) 한국전력공사, 한전표준구매 시방서, 지상설치형 변압기, 2001년 6월.

◇ 저자소개 ◇

**김기현 (金基鉉)**

1971년 5월 1일생. 1997년 2월 숭실대학교 전기공학과, 2000년 8월 동대학원 졸업(석사). 2008년 2월 동대학원 졸업(박사). 2000년 6월~2003년 6월 한국전기연구원 재직. 2003년 7월~현재 전기안전연구원 IT기술개발센터 근무. 2006년 전기안전기술사 취득.

**최명일 (崔明日)**

1975년 5월 30일생. 2002년 창원대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동대학원 졸업(석사). 2001~2002년 한국전기연구원 근무. 2003년~전기안전연구원 IT기술개발센터 근무.

**배석명 (裵錫銘)**

1956년 10월 22일생. 1984년 창원기능대학교 전기기기과 졸업. 1981~1997년 한국전기안전공사 근무. 1997년~전기안전연구원 근무. 현재 전기안전연구원 IT기술개발센터장.

**이재용 (李在容)**

1966년 10월 10일생. 1991. 02 경북대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동대학원 석사(졸업). 1996년 동대학원 박사(졸업). 1995년부터 현재 영남이공대학 로보테크과 교수.