

# IEC 60364 적용 및 TN-S 시스템에서 보호 도체 산정 및 적정성에 관한 연구

(Assessment Method and Calculations for Protective Conductor of TN-S System  
and IEC 60364 Application)

김기현\* · 이주철 · 최영규 · 김한수 · 이영철

(Gi-Hyun Kim · Ju-Chul Lee · Young-Kyu Choi · Han-Su Kim · Young-Chul Lee)

## Abstract

A conductor has been produced according to IEC standard and low voltage electrical facility has been installed according to IEC 60364. So we must comply with international standard for design, construction and inspection. But because of many related and varied standards, it is difficult to apply to design and inspect for electrical equipment. We researched the necessity of design guide which is detailed and systematization from survey. For detailed design guide, we suggest calculation method of protective conductor cross-sectional area at TN-S system according to BS 7671 regulation and KS C IEC 60364 standard.

Key Words : Cross-Sectional Areas, Protective Conductor, Earth Fault Loop Impedance, IEC 60364, TN-S System

## 1. 서 론

전선이 국제표준과 부합화된 한국산업표준에 따라 생산이 되고 있고, 전기설비의 설계, 시공, 감리 및 검사에 사용되는 전기설비기술기준에 WTO/TBT 협정의무준수를 위하여 2005년 1월에 KS C IEC 60364를 도입하였다[1]. 국제표준 도입 후 7년이 지난 현시점에서 국제표준 적용에 관한 문제점을 확인하기 위하

여 설계기관, 감리기관, 공공기관 등 관련 기관에 국제표준 적용과 관련하여 현장실태조사를 하였다. 현장 실태조사에 대한 분석 결과 관련표준이 많고 산재되어 있어 현장에서 전기설비의 설계에 적용하기가 쉽지 않아 상세하고 체계화된 설계지침 등 설계관련 기술 자료가 필요한 것으로 나타났다. 그 중 하나로 전기설비기술기준의 판단기준에서는 보호 도체의 굵기 선정을 국제표준에 따른 표에 의해 산정하는 방법을 제시하고 있고, 그 이외의 방법에 대해서는 KS C IEC 60364에 따르도록 하고 있으나, 이에 따른 자세한 경제성, 안전성에 대한 검토와 적정성을 확인하기가 어려운 실정이다. 따라서 국제표준에 따라 적용하는 구체적인 보호 도체 산정 방법을 제시하고 보호 도체 단

\* 주저자 : 대한전기협회 기술기준처 부장  
Tel : 02-3393-7664, Fax : 02-3393-7689  
E-mail : ghkim51@electricity.or.kr  
접수일자 : 2011년 12월 21일  
1차심사 : 2011년 12월 27일  
심사완료 : 2012년 1월 13일

면적 산정 시 경제성 및 안전성에 대해 비교 분석하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 국제 표준 적용 관련 조사 분석

전기설비기술기준에 국제표준 KS C IEC 60364를 도입한지 7년, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에 건축물피뢰설비 IEC 62305를 도입한지 9년이 지난 현재 국내 전기관련 산업 중에 전기설계 분야 종사자를 대상으로 국제표준 적용에 대한 설문은 2011.11월 ~ 2011.12월에 걸쳐 실시하였다. 설문 참여기관으로는 그림 1과 같이 설계기관, 공공기관 등 총 67명이 12개 항목에 대하여 부산, 대구, 광주, 서울, 경기 지역 전기설계 관련 종사자들에 대한 의견을 조사하였다.

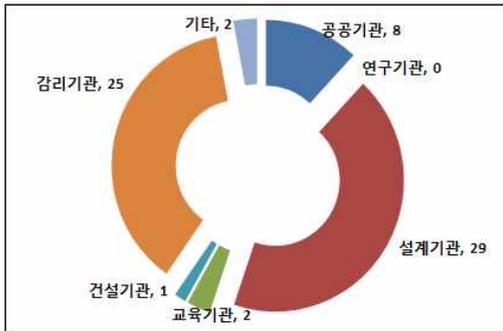


그림 1. 설문 참여 기관 현황  
Fig. 1. The status of survey authority

그림 2에서처럼 국내 전기설비의 설계 기준에 KS C IEC 60364 및 피뢰설비의 KS C IEC 62305가 도입되어 적용되고 있는 부분에 대하여 잘 모르고 있다는 응답도 전체 18%를 차지하고 있다. 이는 아직 국제표준이 현장에 적용이 제대로 이루어지지 않고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3은 현재 국내 건축물 설계 시 검토되고, 반영되어야 하는 표준 및 규정에 대한 설문으로 대부분 전기설비기술기준 및 내선규정이 활용되는 것을 확인할 수 있다. 또한 유럽의 IEC 표준, BS, 북미의 IEEE, NEC, NESC 표준도 설계에 검토·활용되고 있는 것을 확인할 수 있었다.

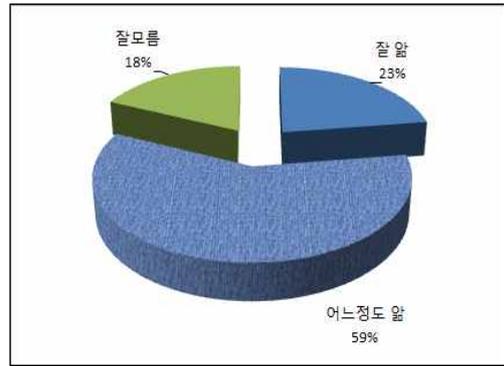


그림 2. 국제표준 도입에 대한 인식 현황  
Fig. 2. The status of awareness for IEC standard

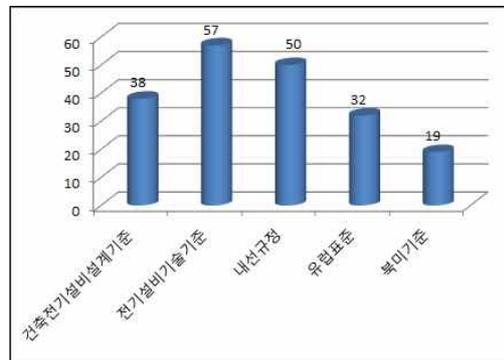


그림 3. 현재 국내 설계 시 반영되는 규격 현황  
Fig. 3. The status of internal code applied at planing

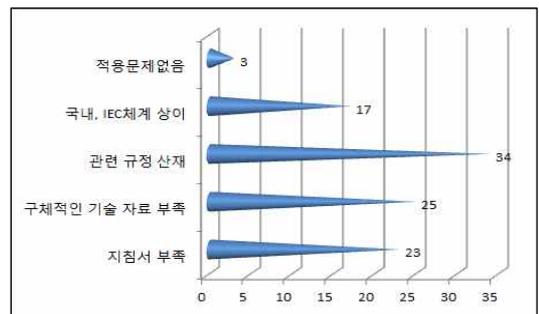


그림 4. 국제 표준 현장 적용의 어려운 원인  
Fig. 4. The cause of problems at applying IEC standard

그림 4는 IEC 국제표준을 적용하여 설계를 할 경우 문제점이나 어려움에 대한 설문으로 가장 적용하기 어려운 이유로는 설계 관련 표준이 많고 산재되어 있어 설계 시 찾아 적용하기 어렵다는 응답이 전체

50[%]를 차지하고 있다. 또한 구체적인 설계 기준 자료 및 지침서 부족도 적용하기 어려운 이유로 들고 있다.

### 2.2 TN-S 시스템에서의 보호 도체 산정

TN 시스템은 전원의 한 점에서 계통을 접지하는 것으로 중성선 및 보호 도체를 전원의 한 점에서 접속하는 방식이다. 모든 전기기기의 노출 도전부는 감전 보호의 목적으로 보호 도체에 접속한다. 그림 5에서처럼 TN-S 계통은 보호 도체(Protective Earth Conductor : PE)와 중성선(Neutral : N)이 완전히 분리되어 있는 접지방식으로, 이 접지방식은 기기의 외함 등 노출 도전부를 보호 도체에 접속하며, 보호 도체를 중성선 N의 접지점에 접속하는 방식이다.

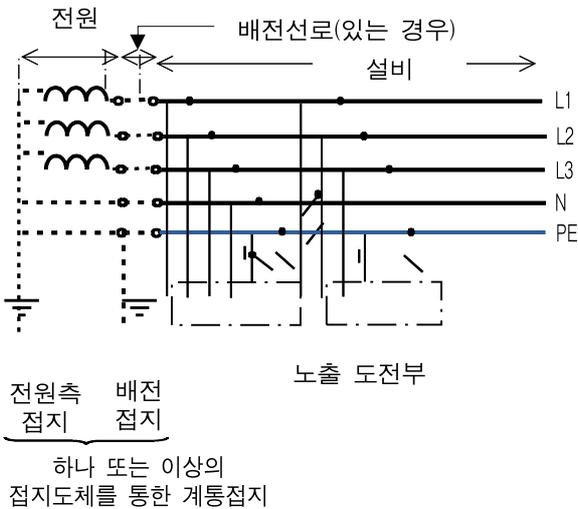


그림 5. TN-S 계통 시스템  
Fig. 5. TN-S power system

정상 시에는 보호 도체와 중성선이 완전히 독립되어 있으므로 보호 도체에 부하전류가 흐르지 않지만, 고장 발생 시 고장 전류를 차단하기 전까지 견뎌 낼 수 있도록 설계를 하여야 한다. 현재 전기설비기술기준의 판단기준 제19조제5항에 따르면 공통접지(제18조 제6항), 통합접지(제18조 제7항), 주택 등 저압수용장소 접지(제22조의2)의 경우 보호 도체는 표 1에서 규

정한 값 이상의 단면적을 가지도록 규정하고 있다. 또한 ‘불평형 부하, 고조파전류 등을 고려하는 경우는 상도체와 같게 하고, 이 때 전압강하에 의한 단면적 증가는 고려하지 않는다.’라고 규정하고 있다[1]. 판단기준에서 제시하는 보호 도체의 산정 방법과 보호 도체의 굵기 산정시 고조파 전류 및 불평형 부하 등을 고려하여 상도체와 같게 하는 부분에 대해서는 KS C IEC 60364에서 정하는 단면적 계산식에 의한 굵기 산정에 대한 검토가 필요하다고 판단된다.

표 1. 보호 도체 최소단면적 산정  
Table 1. Calculation for minimum cross-sectional areas of PE

상도체의 단면적 S (mm <sup>2</sup> )	대응하는 보호 도체의 최소 단면적(mm <sup>2</sup> )	
	보호 도체의 재질이 상도체와 같은 경우	보호 도체의 재질이 상도체와 다른 경우
S ≤ 16	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
16 < S ≤ 35	16 <sup>a</sup>	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
S > 35	$\frac{S^a}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$

여기서

$k_1$  : 도체 및 절연의 재질에 따라 KS C IEC 60364-5-54 부속서 A(규정)의 표 A54.1 또는 IEC 60364-4-43의 표 43A에서 선정된 상도체에 대한  $k$ 값

$k_2$  : KS C IEC 60364-5-54 부속서 A(규정)의 표 A54.2~A54.6에서 선정된 보호 도체에 대한  $k$ 값

<sup>a</sup> PEN도체의 경우 단면적의 축소는 중성선의 크기 결정에 대한 규칙에만 허용된다.

먼저 보호 도체 산정시 고조파 전류 및 불평형 부하 등을 고려하는 부분은 중성선 또는 PEN 도체의 굵기 선정에 필요한 부분이다. 왜냐하면 보호 도체와 중성선은 완전히 분리되어 있어 정상 상태에선 고조파 및

불평형 전류가 보호 도체에 흐르지 않고, 보호 도체는 고장이 발생했을 때 안전을 고려하여 고장 전류에 견딜 수 있도록 도체 단면적을 산정하도록 되어 있기 때문이다.

### 2.3 보호 도체 단면적 계산 방법 및 계산(예)

보호 도체의 단면적을 계산하기 위해서는 먼저 상도체의 전선에 대한 굵기를 선정해야 한다. 그림 6은 KSC IEC 60364에서 제시하는 상도체의 전선 굵기 선정에 대한 순서를 나타낸 것이다[2-4]. 그림 6에서 보는 것처럼 ①번은 전선 허용전류에 의한 도체 단면적을 산정하는 방법으로 공사 방법, 시공 방법, 전선 절연체 종류, 온도 및 집합 감소 계수 등을 고려하여 상도체 굵기를 산정하는 방법으로 신뢰도가 높은 대신 방법이 매우 복잡하다. ①번 방법에 의해 계산된 상도체의 굵기에 ②번에서처럼 허용전압강하, 단락전류에 의한 도체 단면적을 검증하는 방법으로 배선 방식, 부하전류, 선로길이 및 전압강하를 이용하여 전선의 단면적을 ①번에서 구한 굵기에 대하여 안전한지를 검토하여 조정을 하여 전선 굵기를 최종적으로 산정을 하게 된다. 상도체의 선정 방법에 따라 상도체의 단면적이 산정이 되면 마지막에 보호 도체의 단면적을 계산하게 된다. 보호 도체 단면적의 굵기 선정은 표 1에 제시된 것처럼 현재 판단기준 제19조제5항에 의한 방법으로 산정하도록 하고 그 이외 방법에 대해서는 KSC IEC 60364에 따르도록 하고 있다. IEC 60364-54와 굵기 선정 예가 제시되어 있는 BS 7671(2008)는 표 1에서 제시하는 방법과 보호 장치에 의해 고장 발생 시 차단시간이 5초 이하인 경우에는 단면적은 계산 식 (1)에 의한 방법으로 굵기가 산정이 된다[5-6].

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \quad (1)$$

여기서 S : 단면적 [mm<sup>2</sup>]

I : 보호 장치를 통해 흐를 수 있는 예상 고장 전류 [A]

t : 자동차단을 위한 보호 장치 동작 시간[s]

k : 보호 도체, 절연, 기타 부위의 재질 및 초기온도와 최종온도에 따라 정해지는 계수  
KSC IEC 60364-5-54 부속서 A 표에 및 BS 7671(2008) 543.1.3에서 k 값 제시[4-5]

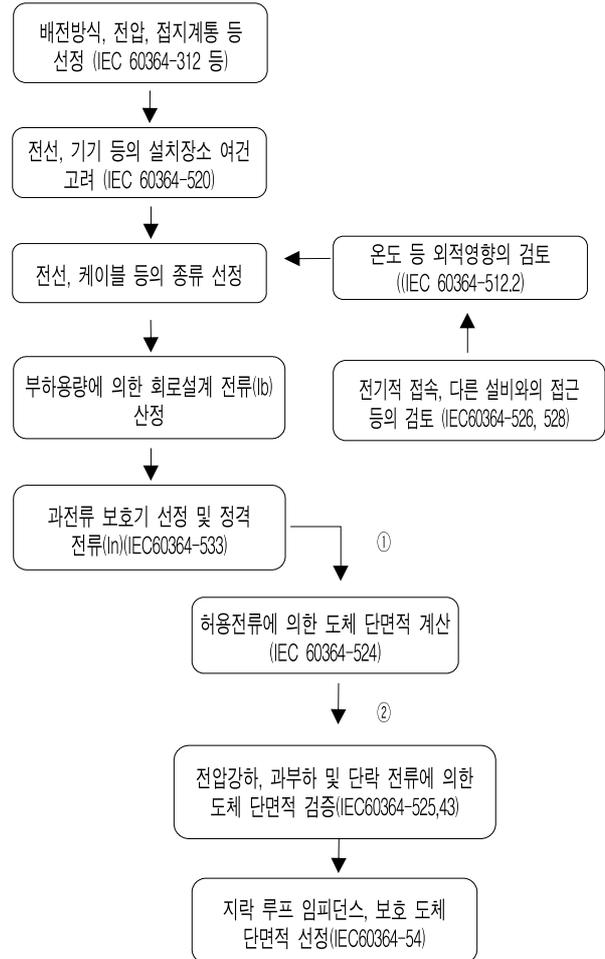


그림 6. 도체 단면적 계산 흐름도  
Fig. 6. Calculation flow of conductor cross-sectional areas

또한 보호 도체가 케이블의 일부를 구성하지 않거나 또는 외함에 수납되어 있지 않는 경우, 보호 도체의 단면적은 어떠한 경우에도 다음 값 이상의 면적으로 하도록 되어 있다[4,5].

- 기계적 보호가 된 것 2.5[mm<sup>2</sup>] Cu/ 16[mm<sup>2</sup>] Al
- 기계적 보호가 되지 않은 것 4[mm<sup>2</sup>] Cu/ 16[mm<sup>2</sup>] Al

보호 도체의 굵기 선정이 표 1 외에 식 (1)을 사용하여 회로에 적합하게 선정되었는지를 판단하기 위하여 그림 7과 같은 조건에서 계산하여 확인하였다. 계산 조건으로 1[Φ] 230[V], 70[°C] 비닐절연전선 2.5[mm<sup>2</sup>] $\times$ 2[Cu], 보호 도체는 상도체와 같은 재료로 1.5[mm<sup>2</sup>] 굵기, 선로 길이는 55[m], 외부 고장 루프임피던스( $Z_E$ )는 0.8[Ω]. 정격감도전류 30 [mA] 동작시간 0.04[s] RCCB 장치로 고장 보호하는 경우 보호 도체 굵기 선정 확인 방법은 다음과 같다[6].

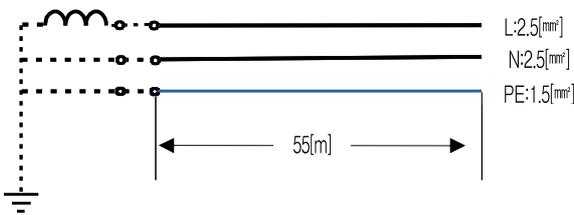


그림 7. TN-S 시스템 및 보호 도체 시설  
Fig. 7. TN-S system and PE installation

2.3.1 판단기준 제19조제5항에 의한 방법(PE 도체 최소 굵기)

회로설계전류에 의한 전선사이즈 선정 결과 상 도체의 단면적이 2.5[mm<sup>2</sup>] ( $S \leq 16$ 의 경우, 보호 도체 =S) 이므로 표 1에 따라 보호 도체 단면적  $S=2.5[mm^2]$ 를 선정한다.

2.3.2 KS C IEC 60364-54 및 BS 7671

(2008)의 계산식에 의한 선정(단락보호)

보호 도체의 단면적은 식 (1)에 의해 계산한 값 이상이어야 한다(이 식은 보호 장치에 의한 고장 차단시간이 5[s] 이하인 경우에만 적용한다).

식 (1)을 적용하기 위해서는 지락고장 전류( $I_{ef}$ ), 보호 도체 계수 값( $k$ )이 필요하다. 보호 도체 계수 값은 KS C IEC 60364-5-54의 표 54.4에 따라 115 값을 적용한다[4]. 고장 전류는 식 (2)에 의해서 다음과 같이 계산된다.

$$I_{ef} = \frac{U_o}{Z_s} \tag{2}$$

여기서  $U_o$  : 상전압 [V]

$Z_s$  : 지락 고장 루프 임피던스[Ω]

지락 고장 루프 임피던스( $Z_s$ )는 식 (3)과 같이 도체의 미터 단위 당 mΩ 값에 설비 외부의 고장 루프 임피던스( $Z_E$ ) 합에 의해 계산이 된다.

$$Z_s = R_1 + R_2 + Z_E \tag{3}$$

따라서  $Z_s$  값은 도체의 미터 단위 당 mΩ 값 23.6 [mΩ] (BS 7671 전기 설계 계산에서 제시 값[6])에  $Z_E$  값의 합에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$R_1 + R_2 = \frac{(23.4 \times 55)}{1000} \Omega = 1.29 \Omega$$

$$Z_s = (R_1 + R_2) + Z_E = (1.29 + 0.8) \Omega = 2.09 \Omega$$

따라서 지락고장 전류( $I_{ef}$ )는 식 (2)에 따라 다음과 같이 계산한다.

$$I_{ef} = \frac{U_o}{Z_s} = \frac{230}{2.09} A = 110A$$

이 값은  $5I_{\Delta n}$  ( $I_{\Delta n}$  : 누전차단기의 정격감도전류) 값을 초과하기에 RCCB(Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection)는 0.04s 안에 차단된다. 식 (1)에 의해서 단면적과 열적 용량 확인을 위한 식 (4)에 의한 값이 만족하는지를 검토하면,  $k^2 S^2$  값이  $I_{ef}^2 t$  값보다 크므로 이 회로는 식 (1)의 단열곡선식에 적합하다

$$k^2 S^2 \geq I_{ef}^2 t \tag{4}$$

$$k^2 S^2 = 115^2 \times 1.5^2 = 29756$$

$$I_{ef}^2 t = 110^2 \times 0.04 = 484$$

따라서 정격전류가 30[mA] 작동시간이 0.04[s]인 경우에는 보호 도체의 단면적 적합함을 확인할 수 있고, 보호 장치의 고장 차단 최대 시간 2.46[s]은 식 (1)에 의하여 다음과 같이 확인 할 수 있다.

$$t = \frac{k^2 S^2}{I_{ef}^2} = \frac{29756}{110^2} s = 2.46s$$

이 계산 예는 보호 설비가 구성되어 운영될 때 보호 도체의 전선 굵기는 상도체의 단면적 굵기보다 작은 단면적을 사용할 수 있는 것을 확인하였다. 또한 상도체 단면적보다 작은 굵기의 보호 도체에도 안전성을 확보할 수 있는 것을 확인하였다. 따라서 보호 도체 선정 시에 회로 조건을 확인 하여 안전성 및 경제성을 검토하기 위해 단면적 계산식(식 1)을 확인하여 선정할 필요가 있다고 판단된다.

### 3. 결 론

2005년 1월에 전기설비기술기준에 국제표준 KS C IEC 60364를 도입한지 7년, 건축물의 설비기준 등에 관한 규정에 건축물피뢰설비 IEC 62305를 도입한지 9년이 지난 현시점에서 국제 표준 적용상에 문제점을 분석하기 위해 설문조사를 실시하였다. 국제 표준 적용 시 관련 규격이 너무 많고 산재되어 있어 적용하기 어렵고, 적용해도 적합성 부분에 대한 의문이 많이 있어 이를 해결하기 위한 상세 건축전기설비 설계 지침의 필요성을 확인하였다. 또한 국제 표준에서 정의하는 TN-S 시스템에서 보호 도체에 대한 설계 및 적정성 확인에 대하여 보호 도체 단면적 선정 시 단면적 계산식을 추가로 반영하여 필요시 상도체의 굵기 선정 값과의 비교 및 보호 도체의 안전성, 경제적인 전선 굵기를 확인할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구는 국토해양부 R&D 정책인프라사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### References

- [1] 전기설비기술기준 및 판단기준, 지식경제부, 2011.
- [2] 김선구, 정진수, 정종욱, 김광화, “국제표준(KS C IEC 60364)에 의한 허용전류 선정방법 간소화”, 한국조명전기설비학회 추계학술대회, 2010, pp 274-275.
- [3] IEC 60364와 기존 기술기준 혼용 사용의 타당성 또는 문제점 등에 관한 연구, 전기안전연구원, 2007. 6.
- [4] KS C IEC 60364-series : 2008.

- [5] IEE Wiring Regulations, 'Requirements for Electrical Installations' BS 7671, 2008.
- [6] Electrical Installation Calculations for compliance with BS 7671, Forth Edition, ECA, 2008.

### ◇ 저자소개 ◇



**김기현(金基鉉)**

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 졸업(석사). 2007년 동 대학원 졸업(박사). 2003~2011년 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원 근무. 전기안전기술사. 2011년 11월~현재 대한전기협회 기술기준처 부장.



**이주철(李柱喆)**

1960년 6월 4일생. 1994년 서울과학기술대 졸업. 2010년 서울시립대 전기공학과 석사과정. 한국전기안전공사 과장 근무. 2001년~현재 대한전기협회 기술기준처 실장.



**최영규(崔永圭)**

1963년 10월 19일생. 1986년 전북대학교 졸업. 1990~2005년 한국전력기술 근무. 2005~2011년 현대엔지니어링 등 근무. 2011년~현재 대한전기협회 기술기준처 팀장.



**김한수(金漢洙)**

1964년 7월 21일생. 1992년 부경대전기공학과 졸업. 1994년 경성대 산업공학과 졸업(석사). 2008년 서울과학기술대 신에너지공학과 졸업(박사) 1983~1997년 한국전력공사 근무. 1997년~현재 대한전기협회. 기술기준처 처장. 본 학회 사업이사.



**이영철(李永哲)**

1952년 6월 11일생. 1972년 조선이공대 1993년 광주대 전기공학과 졸업. 1996년 전남대 전기공학과 졸업(석사). 1979~2011년 한국전기안전공사 전기안전교육원 원장 근무. 건축전기설비기술사. 전기안전기술사. 2011년 10월~현재 대한 전기협회 기술기준처 연구위원.