

송전선로의 고주파 노이즈와 대책법

김기채 (영남대학교 전기공학과 교수)

1 서 론

정보화 사회의 진전과 함께 전기 에너지의 안정적인 공급은 정보화 사회의 구축을 위해 필요한 가장 중요한 요소이다. 전력 사용의 증가는 송전전압의 상승으로 이어지고 이와 더불어 송전선로 등의 전력설비에 대한 전자파 환경이 문제가 되고 있다. 전력설비의 전자파 환경 문제를 해결하지 않으면 전력설비 및 송전계통의 운용에 많은 어려움이 따른다. 특히 송전선로에서 발생하는 전자계의 인체에 대한 영향 가능성이 마스크 등을 통하여 자주 언급되고 있으나, 본 고에서는 송전선로와 관련된 전자파 노이즈 문제에 관해서만 논의하고자 한다.

문헌 [1]에서 이미 초고압 전력설비의 전기환경 문제에 대하여 자세히 다루고 있으므로 여기서는 송전선로의 고주파 노이즈와 대책법에 대하여 개관하고자 한다. 문헌 [1]에서는 송전선로의 환경문제를 포괄적으로 분류하고 있는데 본 고에서는 주로 송전선로와 고주파에 관계되는 전자파 환경 문제를 설명하고 있다. 이 분야의 연구자에게 있어서 연구 분야의 선택 및 연구 방향의 설정에 도움이 될 것으로 생각한다. 본 고의 주요 내용은 문헌 [2~4]를 참조하여 작성되었다.

2 송전선로와 방송전파

방송에 사용하는 전자파는 저주파 대역의 AM방송 전파와 고주파 대역의 FM방송 전파 및 UHF대역의 TV방송 전파가 있으며 일반적으로 산악과 고층빌딩 및 송전철타, 송전선로의 영향을 받는다. 영향을 받는 이유는 산악과 고층빌딩 및 송전철타 등에 의한 전파의 회절, 산란, 반사의 특성을 고려한 최적 수신점이 존재하기 때문이다. 이와 같이 방송전파가 반사나 회절을 일으키게 하는 건축 구조물 (고층 빌딩, 교량, 철타 등), 산악, 송전선로 등은 방송전파의 전파 장애(RFI: Radio Frequency Interference)를 일으키는 원인이 된다.

송전선로와 방송전파의 관계를 생각해 보자. 일반적으로 전송선로는 전기에너지의 전송 효율을 고려하여 3상 방식을 이용하며 지상에서 높이 수 m 이상의 위치에 가설되므로 AM방송과 FM방송 및 TV방송 전파가 입사하게 되면 방송전파와 송전선로 사이에서는 여러 가지 형태의 전자파 간섭(EMI: Electromagnetic Interference)이 발생하게 된다.

송전선로에 의한 방송전파의 반사와 산란은 전자파 간섭 중에서 가장 현저한 것이다. 송전선로는 방송전파의 사용 파장에 비교하여 무시할 수 있을 만큼 작은 직경을 가지는 동선이지만 3상인 경우 최소한 3개의 동선이 인접하여 평행하게 가설되므로 선간의 간격은 FM 및 TV 방송전파의 사용 주파수에 대해 파장 정

도의 크기를 가지게 된다. 따라서 3상 송전선로는 방 송전파의 입사 방향에 따라서는 방송전파의 사용 파 장에 비해 충분히 큰 금속 도체가 존재하는 것과 같은 상황이 만들어지게 된다. 그러므로 송전선로는 방 송전파의 반사체로 작용하게 되고 경우에 따라서는 송 전선로가 차폐의 역할을 할 수도 있다.

전송선로가 방송전파에 대한 반사체 또는 차폐체로 작 용할 수도 있지만, 송전선로에 의한 방송전파의 전달과 송 전선로가 2차 파원이 되어 발생하는 2차 방사 문제를 생 각할 수도 있다. 방송전파가 3상 송전선로에 결합하면 아 주 먼 거리까지 전송될 수 있지만 전송손실은 매우 크다.

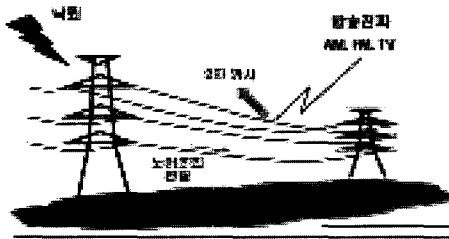


그림 1. 송전선로의 고주파 노이즈

3. 송전선로의 전자파 노이즈

발전소에서 만들어진 60(Hz)의 전기 에너지를 수 용가로 전달하는 과정에서 발생하는 장애 전자파 노이 즈는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 발전 및 송변전 시스템 전체의 송전계통이 장애 전자파 노이즈를 발생 하는 경우와, 송전선로가 장애 전자파 노이즈의 결합 경로로 작용하거나 또는 전송선로가 2차 파원이 되어 2차적인 장애 전자파 노이즈의 발생원이 되는 경우이 다. 이들 각각에 대하여 구체적으로 살펴보기로 한다.

3.1 송전계통의 장애 전자파 노이즈

발전 및 송변전 시설에 설치된 제어계를 포함한 송 전선로가 장애 전자파 노이즈의 발생원이 되는 경우 에는 거시적인 관점에서 균일 송전선로로 근사할 수

있다. 그러나 미시적인 관점에서는 송전철탑과 애자, 변압기 등이 주기적으로 설치되어 있으므로 송전선로 는 불연속 선로로 생각할 수 있다.

송전철탑 등에 설치된 애자의 특성 열화는 코로나 방전을 발생시키며 코로나 방전에 동반한 강한 전자 파 노이즈가 방사된다. 발전 및 송배전 계통에는 송배 전 제어를 위한 릴레이에서 서지 전류가 발생하며 변 압기의 비선형 특성에 의해서도 강한 장애 전자파를 발생시킨다. 원격 측정, 전화, 원격 감시를 위한 제어 장치에는 50~450[kHz]를 사용하므로 송전선로가 이 주파수 대역의 정보전송에 적합한 선로라고 할 수 없다. 따라서 PLC방식에서는 누설 전자계가 많으며 방송과 대역의 노이즈 뿐만 아니라 비선형 특성에 의 한 고주파 성분의 많은 노이즈가 발생한다.

3.2 송전선로에 의한 2차적 전자파 노이즈

전자파 장애 문제가 성립되기 위해서는 전자파 노 이즈의 발생원, 결합경로 및 피해기기의 3가지가 동 시에 존재하여야 한다. 송전선로가 노이즈의 결합경 로 역할을 하여 장애 전자파 노이즈를 전달하게 되고 2차적인 노이즈 방사를 발생시킬 수 있다.

뇌 방전에 의한 노이즈는 전자파의 형태로 공간으 로 방사되고 주위의 전기 전자기기에 직접적으로 영 향을 미치지만, 직격뇌인 경우에는 노이즈 문제 이전 에 시스템의 파괴 및 인명피해를 일으킬 수도 있다. 뇌 방전에 의한 복사성 장애 전자파의 크기는 원격장 영역에서는 충분히 작은 값이지만, 송전선로와 통신 회선에 의해 여러 가지 형태의 전자파 장애 문제가 발 생한다. 뇌 방전시에 발생한 노이즈는 송전선로와 결 합하여 60(Hz)에 중첩하고 서지 전압 및 서지 전류 의 형태로 송전선로를 따라 전달된다. 이와 같은 서지 전압과 서지 전류는 전기 전자기기 및 시스템의 전원 회로에 침투하여 전자파 장애를 일으키게 된다.

전주에는 통신회선과 송전선로가 함께 설치된 경우 가 많으므로 송전선로에 서지 등의 이상 전류가 흐르

게 되면 고전압 서지가 통신회선에 쉽게 결합하게 된다. 통신회선과 결합한 서지는 정보 신호에 중첩되고 전기 전자정보처리 장치의 수신단자로 침입하여 정보의 오류전달과 정보의 파괴 및 기기 파괴 등 여러 가지 형태의 전자파 장애를 일으킨다.

낙뢰가 발생하든가 또는 전송선로에 지락이 발생하면 대지에는 큰 전류가 흐르게 된다. 대지는 유한한 저항(임피던스)값을 가지고 있기 때문에 대지에 흐르는 전류로 인해 대지 전위의 변동이 발생한다. 대지 전위는 전기 전자기기 및 시스템의 기준 전위로 이용되기 때문에 기준 전위가 변동하면 전기 전자기기 및 시스템의 동작에 장애를 일으킬 수 있다.

4. 송전선로의 전자기파 노이즈 대책

송전선로에서 발생하는 전자파 노이즈는 표 1과 같이 분류할 수 있다. 먼저, 노이즈 발생원인은 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

- 1) 송전 및 배전 시스템이 고주파 노이즈를 발생한다.
- 2) 자연 및 인공 전자파 노이즈가 송전선로에 결합하여 송전선로가 전자파 노이즈의 전달 매체가 되고, 또는 송전선로가 2차 파원이 되어 2차 방사의 원인이 된다.
- 3) 송전선로가 3상 선로인 경우, 방송전파에 대한 반사체 또는 차폐체로 작용하여 방송전파의 전자파 간섭을 일으키는 원인이 된다.

다음으로 발생된 전자파 노이즈가 전달되는 형태와 침입 형태는 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

- 1) 송전선로를 전송매체로 하여 전자파 노이즈가 전달되고 전기 전자기기 및 시스템의 전원단을 통해 전자기기 및 시스템의 내부로 침입한다.
- 2) 배전선은 통신용 케이블과 인접하여 설치된 경우가 많기 때문에 배전선을 전파하는 전자파 노이즈가 통신 케이블과 결합하고 신호선을 따라 전달되어 직접 전기 전자기기 및 시스템의 내부로 침입한다.
- 3) 노이즈 발생원으로부터 직접 공간으로 방사된

것과 재방사 된 것이 공간을 통하여 전달되고 전기 전자기기 및 시스템에 침입한다.

표 1. 송전선로 시스템에서 발생하는 노이즈.

요 소	노이즈 형태, 상황	원 인
변압기	60(Hz) 고주파	변압기의 비선형 특성 등에 의한
애자	코로나 잡음	애자의 열화(불량, 오염)
전력선 반송	반송파의 누설 전자계	보안용 전화 등
유도뇌 단락사고	대전류, 고전압 서지	통신회선과 결합하여 전파
방송파의 산란	차폐체로 동작 반사체로 동작 방송파가 결합하여 누설 전파	전파의 음영이 발생 TV 고스트의 원인

장애 전자파 노이즈의 대책법으로는 노이즈 결합의 종류에 따라 전도성 장애 전자파의 대책법 및 복사성 장애 전자파의 대책법으로 분류할 수 있다. 또한, 내부 전자파 간섭인 경우에 대한 대책법과 상호 전자파 간섭인 경우에 대한 대책법으로 구분할 수도 있다. 송전선로에서 발생하는 노이즈 대책법을 살펴보기로 한다.

5. 송전선로 시스템이 발생하는 노이즈 대책

송전선로 시스템이 발생하는 노이즈는 송배전 시에 송전선로 시스템이 발생하는 노이즈 가 있으며, 또한 효율적인 송배전을 위한 원격 감시, 제어, 보안을 위한 통신 시스템에서 발생하는 노이즈가 있다. 전자파 노이즈의 발생원과 전달 상황 및 원인을 표 1에 나타내었다.

전기에너지를 전송할 때 발생하는 노이즈는 주로 애자와 트랜스에서 발생한다. 애자의 기능 저하는 균열에 의한 열화 및 오염에 의한 것이다. 특히 바닷가에서는 염분에 의한 부식이 열화의 원인이 되며 이러한 열화는 노이즈의 발생으로 연결된다. 공장이 많은 공단지역에서는 매연에 의한 애자의 오염을 생각할 수도 있다. 이와 같은 오염에 의한 애자의 기능 저하는 세척

함으로서 회복할 수 있다. 애자의 균열에 의한 기능 저하는 애자를 교환하면 되므로 노이즈 발생원의 제거는 비교적 간단하며 불량 애자의 검출도 비교적 쉽다. 그러나 애자의 오염에 의한 기능 저하는 지역의 특성에 따라서는 부분적이 아니라 지역 전체에서 일어날 가능성이 있으므로 세심한 주의가 필요하다.

송배전의 경제성 및 보안상의 문제를 고려하여 제어 및 통신회선 망이 송전선로를 이용하여 구성된다. 제어 및 통신회선은 3상 송전선로 중의 2선 또는 1선과 대지를 이용한 회선으로 구성되는 것이 일반적이다. 3상 1회선이라도 피뢰용의 가공지선 및 실제의 대지가 존재한다. 따라서, 고주파 대역에서는 대지상에 4개의 선로가 있는 것으로 볼 수 있다. 일반적으로는 대지를 기준으로 거리가 모두 다른 대지상의 비대칭 4선 선로의 전송이 된다.

실제 송전선로의 결합방식은 모드를 무시한 방식을 채용하고 있기 때문에 모드 부정합이 발생하고 외부로 많은 전자기 에너지가 누설된다. 이러한 누설 전자기 에너지가 전자파 형태의 노이즈가 되어 공간으로 방사되고 복사성의 전자파 장애를 일으킨다. 3개의 송전선로를 유효하게 이용하면 전력선 반송파의 결합에서 임의의 2개의 모드를 효과적으로 억압할 수 있다.

6. 송전선이 매개하는 노이즈의 대책

송전선로는 고주파 노이즈와 결합하므로 상용 전력의 송전과 동시에 전자파 노이즈도 전송된다. 송전선로를 매개체로 하여 전송되는 고주파 노이즈를 크게 2가지로 나누어 생각할 수 있다. 즉 유도노이즈 또는 송전선로의 지락사고 등에 따른 대전류 서지와 대전류 서지보다는 매우 작은 일반적인 고주파 노이즈이다. 이들 각각에 대한 대책을 살펴보자.

6.1 대전류 서지에 대한 대책

유도노이즈 또는 송전선로의 지락 사고에 동반하는 반사전류 등이 송전선로를 통해 대전류 서지의 형태로

전달되면 전기 기기의 파괴뿐만 아니라 인명 사고로 이어질 수 있다. 인명에 관한 사고는 아주 사소한 사고라 할지라도 최우선으로 고려되어야 하므로, 대전류 서지에 대한 대책은 고주파 노이즈 대책 보다는 오히려 사고 방지 대책에 역점을 두어야 한다.

전기 기기의 경우, 실제로 문제가 되는 것은 상용 전원선을 통해 기기 및 시스템에 침입하는 서지가 아니라 송전선로로부터 통신회선에 결합한 서지가 통신회선을 통해 전달되어 기기 및 시스템에 장애를 주는 것이다. 통신회선에 유도되는 전자기 유도 문제는 앞으로 많은 관심을 가지고 연구되어야 할 부분이며 이에 대한 중요성이 증대되고 있다.

전자기 유도 문제와 전자파 노이즈 대책에 대해서는 정보화 사회의 도래와 함께 중요성이 증대되고 있는 전자파 환경 문제가 매우 중요하게 되었음에도 불구하고, 이에 대한 연구보다는 오히려 안전 대책이 중요시 되고 있는 실정이다.

송전선로의 전자기 유도에 대해서는 송전선로의 양측에서 각각 5(km) 폭 내에 있는 모든 통신회선을 대상으로 하여 유도 전압(유도 종전압 : 선로의 길이 방향에 생기는 전압, 일반적으로는 선로의 정전용량을 무시할 수 있으므로 전자기 유도 기전력과 같다)의 예측을 하도록 하고 있다. 유도 종전압이 430(V)를 넘는 통신회선에 대해서는 반드시 430(V) 이하가 되도록 대책을 세워야 한다. 그러나 실제로 통신회선의 보수 점검 작업과 정보기기의 보호를 생각할 때 문제가 되는 것은 유도 종전압이 아니라 통신회선의 대지 전압(통신회선의 심선과 대지면과의 사이에 발생하는 전위차)이다. 따라서 대지전압이 제한치를 넘기고 있는가 아닌가로 대책의 필요성을 검토하여야 한다. 대지전압의 최대치가 유도 종전압 보다 같거나 작아야 한다. 양자가 같아지는 것은 통신회선의 한쪽이 접지되어 있고 다른 쪽이 개방된 상태에서 개방측 단자에 생기는 대지 전압인 경우이다. 유도 종전압과 시스템 설계상 필요한 대지 전압과의 관계를 알면 대책이 용이해진다. 이 문제와 관

련하여 다음과 같은 내용을 검토 할 필요가 있다.

(가) 대지전압과 유도 종전압의 관계가 파악 된 상태에서 통신 시스템의 실태를 검토해야 한다. 전자기 유도의 관점에서 가입자 회선과 중계·시의 회선의 대표적인 설비 형태를 검토하고 모델을 설정해야 한다.

(나) 회선 모델을 기본으로 하여 대지 전압과 유도 종전압의 기본적 관계를 명확히 한다.

(다) 모델 회선에 피뢰관을 삽입한 경우 피뢰관의 방전에 의해 양 전압이 어떻게 대응하는지 검토해야 한다.

위의 3가지에 내용에 대하여 검토하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

(가) 전자기 유도의 입장에서 통신 시스템의 형태를 검토하면 가입자 회선은 가입자 측을 개방하고 국측을 접지해야 하며 중계회선은 양단을 개방해야 한다.

또한 양 측단의 끝에는 원칙적으로 뇌 대책용의 피뢰관을 사용해야 한다.

(나) 통신회선의 대지 전압은 통신회선과 대지와의 전위차이다. 피뢰관이나 금속 시스의 접지극에 전류가 흐른 경우에는 접지점의 대지면과 심선 간의 전위차가 대지 전압이 된다. 그러나 피뢰관이 방전 했을 때의 방전 심선전류나 시스전류에 의한 접지점의 전위상승은 통신회선의 길이에 비교하여 아주 좁은 범위(수십 [m] 정도)에만 영향을 미친다. 선로의 대부분의 지점에서는 대지전압=심선전위로 볼 수 있다. 따라서 보안 작업의 면에서는 심선 전위를 대상으로 하면 된다.

(다) 유도 종전압과 대지 전압의 관계는 다음과 같다.

- 가입자 회선 : 국측(접지측) 과 대지에 대한 전압은 거의 0이다. 가입자단(개방단)에서는 유도 종전압과 같은 전압이 대지에 대한 전압으로 발생한다.
- 중계회선 : 중계회선은 양단 개방 선로이다. 이 때문에 양단 말에는 절대치가 유도 종전압의 1/2과 같고 극성이 다른 전압이 대지 전압으로 생긴다.

(라) 피뢰관을 사용한 가입자 회선에서는 대지에 대한 전압은 통신 회선의 어떤 장소에서도 유도 종전압보다 작다. 또한 피뢰관이 미방전의 회선에 대해서

도 대지에 대한 전압은 피뢰관의 방전 개시 전압 이하로 억제된다.

(마) 피뢰관을 사용한 중계회선에서는 피뢰관의 접지 저항을 같게 하면 다음과 같다.

- 미방전 심선의 대지에 대한 전압 최대치
= 0.5 × 유도 종전압
- 방전 심선의 대지에 대한 전압 최대치 < 0.5 × 유도 종전압

6.2 고주파 노이즈에 대한 대책

전기 기기 및 시스템에 장애를 주는 고주파 노이즈의 전달 경로는 전자파의 형태로 공간을 통하여 전달되는 것과, 상용 전원선 또는 통신선로를 통하여 전달되는 것이 있다. 이들 각각은 복사성 노이즈 및 전도성 노이즈로 알려져 있다.

전자파의 형태로 전달되는 복사성 노이즈는 송전선로를 포함하여 많은 종류의 인공 잡음 발생원이 있다. 따라서 송전선로에서 발생하는 고주파 노이즈를 구별해 내는 것은 매우 어렵다. 대책법으로서는 차폐기술과 회로 보호 대책기술 및 노이즈에 강한 통신방식을 선택 하는 것 등을 들 수 있다.

한편 전도성 노이즈는 상용 전원선 또는 통신용 선로를 통하여 기기 및 시스템에 전달되는데 상용 전원선에 대한 전도성 노이즈 대책기술은 다음과 같은 것이 있다. 상용 전원선은 60[Hz]의 전기에너지를 전송하기 위한 전송선로이다. 따라서 전도성 노이즈는 상용전원 주파수에 비교하여 주파수가 높은 것이 많으며 30[MHz]이하의 주파수는 전도성 노이즈가 주가 된다. 따라서 상용전원 주파수와 노이즈의 주파수 성분은 많은 차이가 나므로 전원필터를 사용하여 전도성 노이즈를 저감시킬 수 있다. 이 때 주의해야 할 것은 상용 전원선은 전기에너지를 전송하는 선로이므로 필터 구성용 소자의 선택에 주의해야 한다. 즉 전원필터는 저역 통과형 필터이므로 기본적으로는 직렬 임

피턴스가 사용된다. 인덕턴스를 구성하기 위해 고투자율을 갖는 재료를 사용하는데 고투자율을 갖는 자성체는 일반적으로 비선형특성을 가지므로 고전압 또는 대전류가 인가되면 포화특성을 가진다. 포화특성 영역에서 사용하게 되면 고주파 발생의 원인이 되므로 주의가 필요하다. 필터의 사용방법이 바르지 못하면 효과를 기대할 수 없기 때문이다.

통신선로에 대한 노이즈 대책에는 다음과 같은 것이 있다. 통신선로로 전송되는 정보신호는 여러 가지 종류의 주파수를 사용하고 있다. 신호용의 필터는 일반적으로 통과전력이 미약하므로 소자의 포화현상은 고려하지 않아도 된다. 신호용 필터는 3가지로 분류할 수 있다.

(가) 외부에서 정보신호가 유입할 경우, 정보신호 대역 이외의 노이즈를 제거하기 위한 필터

(나) 기기나 시스템 내부, 또는 시스템간의 정보 교환, 제어 등에 이용되는 인터페이스 케이블을 전도하는 공통모드 노이즈를 제거하는 필터

(다) 인터페이스 케이블 등의 통신선로를 전도하는 차동모드 노이즈 중에서 정보신호 대역 이외의 노이즈를 제거하는 필터

공통모드 노이즈는 제거되지만 차동모드 노이즈는 제거되지 않는 필터의 특성때문에 필터의 사용에 있어서는 세심한 주의가 필요하다. 위의 (가)로 분류되는 필터는 무손실회로소자(리액턴스소자)로 구성하며 대역을 벗어나는 신호 또는 노이즈를 반사시키는 필터이다. 따라서 정보신호 대역에서는 임피던스의 정합이 매우 중요하다. (나)와 (다)로 분류되는 필터는 EMC 대책용으로 개발된 필터이다. 페라이트 소자가 많이 이용되는데 페라이트의 복소 투자율에서 손실항을 이용하고 있다. 따라서 제거하고 싶은 성분을 페라이트에 흡수시키는 필터이다.

7. 맺음말

전기에너지의 발전 및 송배전을 위한 송전선로 시스템에서 발생하는 고주파 노이즈에 대하여 언급하였다.

송전선로 시스템에서 발생하는 전자파 노이즈의 발생은 다음과 같이 정리할 수 있다. 3상 송전선로가 방송전파에 대한 반사체 또는 차폐체로 동작하여 방송전파의 전자파 간섭 문제를 일으킬 수 있다. 또한, 전기에너지의 전송에 동반하여 송전선로에서 발생하는 고주파 노이즈가 있으며, 송전선로 시스템의 효율적인 운용을 위한 보수, 감시, 제어를 목적으로 송전선로 시스템을 이용한 정보신호 전송에서 발생하는 누설 전자계가 있다. 유도뇌에 의한 서지가 통신회선과 결합하여 전기기기에 영향을 미치는 전도성 노이즈도 있다. 송전선로의 고주파에 대한 노이즈 대책의 기본은 이들을 명확히 구분하여 각각에 대한 대책을 생각하여야 하는 것이다.

참고 문헌

- (1) 이동일, "초고압 전력설비의 전기환경장해와 대책기술 개발", 한국전자과학회지, 제12권, 제2호, pp.105-116, 2001.
- (2) 長澤 庸二, "송전선로부터 발생하는 고주파잡음대책(1)", 전지환경공학정보EMC, pp.6-9, 1990.
- (3) 長澤 庸二, "송전선으로부터 발생하는 고주파잡음대책(2)", 전지환경공학정보EMC, pp.21-26, 1990.
- (4) 長澤 庸二, "송전선으로부터 발생하는 고주파잡음대책(3)", 전지환경공학정보EMC, pp.65-68, 1990.

◇ 저자 소개 ◇



김기채(金基采)

1959년 10월 19일생. 1984년 영남대학교 전자공학과(학사). 1986년 Keio Univ. 전기공학과(석사). 1989년 Keio Univ. 전기공학과(박사). 1989년 4월 ~1993년 3월 한국표준과학연구원 전자파연구실 선임연구원. 1993년 4월~1995년 8월 일본 후쿠오카공업대학 정보공학과 조교수. 1995년 9월~현재 영남대학교 전기공학과 조교수, 부교수, 교수. 2004년 9월 현재 영남대학교 공과대학 부학장. 한국전자과학회 논문지 편집위원장, 한국전자과학회 상임이사, 평의원.

일본 전자정보통신학회 Young Engineer Award (1988) 일본 전기학회 논문발표상 수상(1994).

주관심분야 : EMC/EMI 안테나, 전자파 차폐, 전자파이론 및 응용