도시철도 직류 비접지 급전계통에서의 선택 지락보호시스템의 성능평가

An Evaluation of Selective Grounding Fault Protective Relaying Technique Performance on the Ungrounded DC Traction Power Supply System

정 호 성* · 김 주 욱* · 신 승 권* · 김 형 철* · 안 태 풍** · 윤 준 석**

(Hosung Jung · Joouk Kim · Seongkuen, Shin · Hyungchul Kim · Taepung An · Junseok Yun)

Abstract - This paper presents to verify the selective grounding fault protective relaying technique for the ungrounded DC traction power supply system. This system selectively blocks fault section when grounding fault occurred. In order to perform this verification, field test facilities have been installed on Oesam substation and Worldcup-Stadium substation, and field test process has been suggested. Also, selective grounding fault protective relaying components and rail voltage reduction device have been tested with the various trial examinations. In order to compare and evaluate performance of the selective grounding fault protective relaying function, field test system was modeled and the system fault simulation results were compared and evaluated with the field test result. Performance of selective grounding fault protective relaying function was evaluated with the above-mentioned process, and the fact that the system recognizes fault section irrespective of insulation between rail and ground and fault resistance from grounding fault.

Key Words : Ungrounded dc traction, Selective grounding fault protective relay, Rail potential limit device, Field test, Dc traction system model

1. 서 론

도시철도 직류 급전계통에서는 전식으로 인한 지하 금속 매설물의 보호를 위해 귀환회로인 레일을 비접지하는 방식을 채택하여 운영 중이다. 이러한 비접지 계통에서 지락고장 발생시에는 변전소와 고장 지점간의 전기적인 폐회로가 만들어지지 않아 고장전류가 흐르지 않고, 레일과 대지 간에 전위차가 발생한다. 이러한 특성에 따라 지락고장 검출 기법으로 레일과 대지간의 일정 크기 이상의 과전압을 검출하여 전력공급을 차단하는 방식을 사용하고 있다. 하지만 이러한 전압 검출 방식에서는 고장이 발생한 선로뿐만 아니라 고장 선로가 연결된 모선의 모든 선로에서 전력공급이 차단되고 심지어는 고장이 발생되지 않는 구간에도 레일과 대지간의 전위차가 발생하여 여러 변전소의 전력공급이 차단되는 문제를 가지고 있다[1-3]. 이러한 문제점을 개선하고자 지락고장 발생시 비접지 계통을 접지 계통으로 변경하여 전압요소가 아닌 전류요소를 통해 고장 구간만을 차단하고자 하는 연구가 진행 중이다. 이러한 연구에서는 전력해석 프로그램을 통한 고장해석 및 선택 지락보호 알고리즘에 대한 연구가 수행되었으며, 모의고장 시뮬레이터

를 이용한 선택 지락보호계전기의 동작 성능을 검증하는 연구가 진행되었다[4-6].

실질적으로 도시철도 운영노선에 선택 지락보호기법을 적용하기 위해서는 실제 운영노선에서의 모의 지락고장 시험을 통한 성능 검증이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 선택 지락보호시스템의 성능을 검증하기 위해서 도시철도 운영노선에서의 모의 지락고장 시험을 통한 현장 시험을 수행하였다. 이를 위해 현장시험을 위한 시스템 구성 및 설비 사양과 시험 절차를 제시하였으며, 현장시험을 통한 선택 지락보호계전기의 시험 결과와 시뮬레이션 통한 결과 비교를 통해 성능을 평가하였다.

2. 선택 지락보호시스템 성능평가

2.1 도시철도 직류 비접지 급전계통에서 선택 지락보호기법

직류 비접지 급전계통에서의 지락고장 보호방식은 부극에서의 레일과 대지간의 전압을 측정하여 고장을 검출한다. 그림 1에서와 같이 지락고장이 발생하는 경우에 지락 고장이 발생된 B변전소와 C변전소의 상행선 구간뿐만 아니라 B변전소, C변전소에서 공급하는 모든 구간의 전력공급이 차단되며, 고장 상황에 따라 고장이 발생하지 않은 A변전소, D변전소에서도 레일과 대지간의 전압차가 발생하여 전력공급을 차단하는 문제가 발생하고 있다.

선택 지락보호기법은 부극단에 접지스위치를 64P 계전기

* Korea Railroad Research Institute

** ENTEC Electric & Electronic Co. Ltd.

† Corresponding Author : Korea Railroad Research Institute, Senior Researcher

E-mail : hsjung@krii.re.kr

Received : September 25, 2012; Accepted : November 7, 2012

와 병렬로 설치하고, 지락고장 발생시 64P 계전기에서 일정 전압 이상의 전압을 감지하면 접지스위치를 동작시켜 비접지 계통을 일시적으로 접지 계통으로 변경시켜 각 피더에 고장전류를 흐르게 하는 방식이다. 접지스위치에 의한 접지 계통은 설정 시간 후에 다시 열림 상태가 되며 이 설정 시간 동안 전류 변화량이 적분되어 접지회로 개방 후 각 피더의 전류 변화량을 비교하여 변화량이 가장 큰 피더와 전류 방향이 고장점을 향하는 동일한 방향을 갖는 구간을 변전소 간 보호계전기간의 통신을 이용하여 선택하게 되고 차단기를 동작시킴으로써 고장 구간만을 차단하는 기법이다[4-6].

그림 1 선택 지락보호기법의 동작

Fig. 1 Operation of the selective grounding fault protective relaying technique

2.2 현장시험설비의 구성 및 절차

선택 지락보호기법의 성능평가를 위한 현장시험은 그림 2에서와 같이 2개의 변전소(외삼기지 변전소, 월드컴경기장변전소)에 선택 지락보호를 위한 통합보호계전기와 레일전위억제장치(접지스위치) 및 전류량 계측을 위한 CT를 설치하였으며, 선로에서의 지락고장을 모의하기 위한 고장모의반을 상행선에 설치하였다. 통합보호계전기는 기존의 직류 보호계전기에 선택 지락차단을 수행하기 위한 지락전압검출과 지락과전류를 검출하기 위한 선택 지락보호요소가 추가되었으며, 레일전위억제장치는 통합보호계전기에서 과전압 검출시 신속하게 투입/개방을 위한 사이리스터 스위치와 지속적인 고장발생으로 인한 과전압, 과전류에 대응하기 위한 기계적 개폐기로 구성하였다. 또한 지락고장을 모의하기 위한 고장모의반은 일정 크기의 저항을 직렬로 구성하여 탭 절환을 통해 지락고장 모의시험시 발생하는 고장전류를 적절하게 감소시키도록 구성하였다. 현장시험용 설비의 사양은 표 1~표 3과 같다.

그림 2 성능검증을 위한 현장시험 시스템 구성

Fig. 2 System configuration of the field test for performance evaluation

표 1 통합보호계전기반 사양

Table 1 Specification of the integrated protective relay

설치장비	보호 요소
통합보호계전기반 (변전소 당 2대)	과전류 보호요소
	연락차단 보호요소
	부족전압 보호요소
	과전압 보호요소
	차전압 보호요소
	열적 보호요소
	선택 지락차단 보호요소
	(지락전압검출 : 10V~2,000V, 지락과전류 : 10A~20,000A)

※ 변전소당 1대는 상대방 변전소에 설치된
통합보호계전기 기능 수행(광통신 대체 기능)

표 2 레일전위억제장치 사양

Table 2 Specification of rail potential limit device

설치장비	주요 사양		
레일전위 억제장치 (접지 스위치) (변전소 당 1대)	기계적 개폐기	정격전압	1,500Vdc
		정격전류	1,250A
		주회로 구성	1P구성
		차단용량	10kA(@660V, 2P, τ=15ms)
		단시간 용량	18kA, 0.25sec(@1P)
	사이리 스터 스위치	연속최대사용 전압	1,800 ~ 2,200Vdc
		역피크전압	1,800 ~ 2,200Vdc
		정격전류	5,946A (@55℃), 4,073A(@85℃)
		순간저지전류	72kA(@10ms)
		턴온지연시간	0.9~3.0μs
		턴오프시간	300~500μs

표 3 고장모의반 사양

Table 3 Specification of the fault simulation device

설치장비	주요 사양	
고장 모의반 (1대)	정격전류	1,500A
	정격단시간전류	50kA
	저항	5개 저항 직렬구성(Tap 구성) (1Ω, 1.5Ω, 2Ω, 4Ω, 7.5Ω)

선택 지락보호를 위해서는 변전소간의 통합보호계전기간의 통신이 요구된다. 실 계통에서는 변전소간 통합보호계전기간의 통신을 위해 그림 3(a)와 같이 광케이블을 통한 상호 연결이 요구되지만 현장시험에는 광케이블 포설이 용이하지 않아 그림 3(b)와 같이 광케이블을 통한 통합보호계전기간의 연결이 아닌 타 변전소의 통합보호계전기를 대신하여 임시의 통합보호계전기를 설치하여 현장 시험을 수행하였다.

(a) 광케이블 이용한 통합보호계전기간의 통신(실제운영)

(b) 임시 통합보호계전기를 설치를 통한 통합보호계전기간의 통신(현장시험)

그림 3 현장시험을 위한 통합보호계전기간의 통신 방법

Fig. 3 Communication method between integrated protective relay for field test

선택 지락보호기법의 성능검증을 위한 현장시험에서는 모의 지락고장 발생시 선택 지락차단 보호요소가 정상적으로 동작하는 것을 확인하는 것이다. 이를 위해 현장시험에서는 외삼기지 변전소와 월드컵경기장변전소 사이에 설치된 고장 모의반을 통해 지락고장을 발생시킨다. 고장 전류에 따른 영향을 평가하기 위해서 직렬로 구성된 저항을 7.5Ω, 4Ω 그리고 2Ω순으로 투입한다. 모의 지락고장 발생시에 통합보호계전기에서의 대지전압을 감지하여 레일전위억제장치의 접지스위치를 동작시키며, 접지스위치 동작 후 각 피더별 흐르는 전류의 크기와 방향을 판별하여 선택 지락차단 보호요소를 동작시킨다. 선택 지락차단 보호요소에 따라 고장 구간에만 차단 신호가 발생하는 것을 확인한 후 접지스위치를 개방한다. 선택지락보호요소의 성능이 확인된 후 고장모의반을 개방시켜 고장을 제거한다. 그림 4는 현장시험에 따른 각 설비별 동작 상황을 나타낸 것이다.

그림 4 현장시험 설비별 동작 순서

Fig. 4 Operation sequence of facilities on field test

2.3 현장시험결과

현장시험은 외삼기지변전소(F4)와 월드컵경기장변전소(F2) 상행선 구간의 외삼기지 인근 상행선에서 지락고장을 발생시킨 후에 선택 지락차단 보호요소의 성능을 검증하였다. 지락고장시 고장저항에 대한 영향을 고려하기 위해 7.5Ω, 4Ω, 그리고 2Ω으로 낮춰가면서 시험을 실시하였다. 실제 운영 노선에서 현장시험을 수행하기 때문에 모의 지락고장시 타 설비의 피해를 최소화하기 위해 평상시 차량 1대의 운전시 최대전류 수준인 1,000A가 넘지 않는 범위의 고장전류를 발생시키기 위해 고장저항의 크기를 결정하였다. 그림 5는 현장시험시 통합보호계전기에서 고장저항이 2Ω인 경우에 계측된 접지전압(64P, 파란색 파형)과 상행선의 피더 전류(녹색 파형) 그리고 하행선의 피더 전류(빨간색 파형)를 나타낸 것이다. 지락고장 발생은 70ms 시점이며, 80ms 시점에서 64P 계전기에서 일정 크기 이상의 전압을 감지하기 시작하였으며, 120ms 시점에서 사이리스터 스위치가 동작하였다. 또한 175ms 시점에서는 기계적 개폐기의 동작신호가 발생하였으며, 190ms 시점에서 두 변전소의 기계적 개폐기가 동작하여 비접지 계통이 접지 계통으로 변경되었다. 두 변전소의 계통이 접지계통으로 변경된 후 각 피더의 전류 크기 및 전류 방향을 비교하여 고장을 판별하였다. 외삼기지 변전소의 통합보호계전기의 선택지락요소(SGFACT)가 고장 후 90ms부터 동작을 하였으며, 상행선 피더(F4)만 보호요소(POTT4)가 동작되었으며, 월드컵경기장변전소의 통합보호계전기의 선택지락요소(SGFACT)가 동작 후 상행선 피더(F2)의 보호요소(POTT2)와 하행선 피더(F1)의 보호요소(POTT1)이 동작하였다. 고장 구간을 검출하기 위해 선택 지락차단 보호기능에서는 전류크기와 방향이 일치하는 경우 동작하기 때문에 외삼기지변전소에서는 상행선에 지락보호요소(SGFTR4)가 동작하였으며, 월드컵경기장변전소에서는 상행선에서만 지락보호요소(SGFTR2)가 동작하였다.

(a) 외삼기지변전소 통합보호계전기(R#1) 파형

(b) 월드컵경기장변전소 통합보호계전기(R#2) 파형

그림 5 통합보호계전기 동작 파형(고장저항 : 2[Ω])

Fig. 5 Operation wave for integrated protective relay (fault resistance : 2[Ω])

표 4는 현장시험시의 레일전위억제장치에 걸리는 접지전압과 접지스위치 투입시의 접지전류와 각 피더에 흐르는 전류크기를 나타낸 것이다. 위의 현장시험 결과에서 알 수 있듯이 고장저항의 크기가 작아질수록 접지전압 및 접지전류의 크기가 커짐을 알 수 있었다. 회로 구성상 외삼기지변전소 하행선(F3)과 월드컵경기장변전소 하행선(F1)의 전류 크기가 같고 방향만 반대여야 하나, 현장시험시 고장전류 측정오차 등으로 인해 고장저항이 7.5Ω, 2Ω에서는 일부 전류크기의 차이가 발생하였다. 또한 외삼기지변전소 상행선(F4) 인근에서 지락고장이 발생하여 상행선(F4)전류가 매우 증가하는 데에 반해 하행선(F3) 전류는 선로에서 상행선 방향으로 전류가 흘러 들어가 역전류가 발생하였다. 이에 반해 월드컵경기장변전소의 피더 전류는 고장 발생 지점으로부터 상대적으로 멀어 상, 하행선 피더 전류가 고장지점으로 흐름을 확인할 수 있었으며, 또한 월드컵경기장변전소 상행선(F2)의 전류가 하행선(F1) 전류보다 증가함을 확인할 수 있었다. 또한 그림 6과 같이 양쪽 변전소의 통합보호계전기의 선택 지락차단 보호요소가 동작하여 외삼기지변전소에서는 F2가 그리고 월드컵경기장변전소에서는 F4가 동작하였다.

표 4 현장시험 측정값

Table 4 Measurement value of Field test

고장 저항 [Ω]	접지전압[V] / 접지전류[A]		고장전류[A]			
	외삼기지 변전소	월드컵 경기장 변전소	외삼기지 변전소		월드컵 경기장 변전소	
			F3	F4	F1	F2
7.5	39/84	28/28	-10	107	7	18
4	47/114	38/38	-11	145	11	24
2	60/140	50/50	-23	175	18	36

Rly#1	F4 점등
Rly#2'	F2 점등

(a) 외삼기지변전소

Rly#2	F2 점등
Rly#1'	F4 점등

(b) 월드컵변전소

그림 6 통합보호계전기 동작화면

Fig. 6 Display of integrated protective relay operation

2.4 시뮬레이션과의 비교 평가

현장시험 결과의 성능을 검증하기 위해서 시뮬레이션을 통한 결과 값과의 비교를 통해 성능을 평가하였다. 이를 위해 그림 2의 시험계통을 전력해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 그림 7과 같이 모델링하였다. 현장시험과 동일하게 고장저항과 변전소의 접지저항의 크기를 변화시켜가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 7는 시뮬레이션 모델의 계통 구성도와 파라미터 값을 나타낸 것이다.

- 전원 전압 : 1620V DC(무부하 전압)
- 전차선 저항(R_{power}) : 0.0203 Ω/km
- 레일저항(R_{rail}) : 0.074 Ω/km
- 접지저항(R_e) : 비접지, 1Ω, 10Ω
- 지락고장모델(A→G) : 7.5Ω, 4Ω, 2Ω · 접지스위치 : BRK_SG,

그림 7 시뮬레이션 모델 계통도

Fig. 7 Model system of simulation

그림 8은 현장시험과 같이 외삼기지변전소 인근의 상행선에서 지락고장이 발생한 경우에 시뮬레이션시 전류 흐름을 나타낸 것이다. 외삼기지변전소 인근에서 발생한 고장이기 때문에 외삼기지변전소의 상행선 피더(F4)에는 큰 고장전류가 흐르는 반면에 하행선 피더(F3)의 경우 전류의 흐름이 반대됨을 확인할 수 있었다. 또한 반대편 변전소인 월드컵경기장변전소의 상행선 피더(F2)가 하행선 피더(F1)에 비해 큰 전류가 발생됨을 확인할 수 있었다.

그림 8 상행선 지락고장시 전류 흐름
Fig. 8 Current flow on up-line ground fault

일반적으로 직류 급전계통의 귀환회로는 비접지로 설치 운영되고 있으나, 전식방지를 위한 배류기 설치, 차량기지의 경우 자갈케도로 인한 절연성능 감소, 궤도의 노후화에 따른 절연성능 저하 등으로 인해 완벽한 비접지 상태를 유지하는 것이 불가능한 상황이다. 따라서 지락고장 시뮬레이션시 지락고장의 고장저항의 변화뿐만 아니라 변전소의 접지 상태를 변화시키면서 성능을 비교 평가하였다. 표 5는 현장시험 결과 값과 다양한 시뮬레이션 조건에 따른 각 피더별 흐르는 전류의 크기를 비교한 것이다.

표 5 현장시험값과 시뮬레이션 값과 결과 비교
Table 5 Comparison of output between field test and simulation

고장 저항 [Ω]	고장전류[A]							
	외삼기지변전소							
	하행선(F3)				상행선(F4)			
	시뮬레이션 (접지저항[Ω])			측정	시뮬레이션 (접지저항[Ω])			측정
	비접지	1	10		비접지	1	10	
7.5	-34	-33	-21	-10	153	144	92	107
4	-62	-58	-29	-11	281	247	125	145
2	-123	-103	-38	-23	551	438	163	175

고장 저항 [Ω]	고장전류[A]							
	월드컵경기장변전소							
	하행선(F1)				상행선(F2)			
	시뮬레이션 (접지저항[Ω])			측정	시뮬레이션 (접지저항[Ω])			측정
	비접지	1	10		비접지	1	10	
7.5	34	33	21	7	55	53	34	18
4	62	58	29	11	101	92	47	24
2	123	103	38	18	198	163	60	36

고장저항의 크기는 현장시험시와 동일하게 7.5Ω, 4Ω 그리고 2Ω으로 크기를 달리하며 시뮬레이션을 수행하였으며, 변전소의 접지저항의 크기는 완전 비접지 상태와 1Ω 그리고 10Ω으로 변경시키면서 결과 값을 비교하였다. 현장시험값과 비교시에 전류의 방향은 변전소의 접지상태나 고장저항의 크기에 무관하게 동일한 방향을 나타내고 있어 고장 구간을 선택할 수 있음을 확인할 수 있었다. 다만 고장전류의 크기의 경우에 완전 비접지나 접지저항이 1Ω인 경우에는 현장시험시에 비해 고장전류가 상당히 큰 값을 확인할 수 있으며, 1종 저항의 크기인 접지저항이 10Ω의 경우에는 대체로 현장시험시와 시뮬레이션시의 고장전류의 크기가 유사함을 알 수 있다. 이를 통해 외삼기지변전소의 경우 차량기지로 인해 레일과 대지간의 완벽한 절연상태를 유지되지 않음을 확인할 수 있었으며, 실제 외삼기지변전소에는 인근 지하 금속매설관의 전식 피해를 최소화하기 위해 레일과 지하 금속 매설관간에 배류기가 설치되어 있으며, 레일과 지하 금속매설관을 연결하는 배류기로 인해 레일이 대지로부터 완전히 절연되어 있지 못하고 금속매설관에 의한 일정한 범위의 접지상태를 유지하고 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 현장시험 결과와 시뮬레이션 결과와의 비교를 볼 때 지락고장시 고장 저항 및 접지상태와 무관하게 고장전류의 방향과 크기 비교를 통해 선택 지락차단이 가능함을 확인할 수 있었다. 표 6은 통합보호계전기의 동작 결과를 비교한 것으로 현장시험과 동일하게 보호계전기가 동작하였음을 확인하였다.

표 6 통합보호계전기 동작 결과 비교
Table 6 Comparison of operation output

구분		계전기 동작	
		시뮬레이션 (예측)	현장시험
외삼기지 변전소	Rly#1	F4 동작	F4 점등
	Rly#2'	F2 동작	F2 점등
월드컵경기장 변전소	Rly#2	F2 동작	F2 점등
	Rly#1'	F4 동작	F4 점등

3. 결 론

본 논문에서는 현장시험을 통해 도시철도 직류 급전시스템에서 지락고장 발생시 고장 구간만을 차단하는 선택 지락 보호시스템에 대한 성능을 검증하였다. 이를 위해 대전 도

시철도 1호선 외삼가지변전소와 월드컵경기장변전소에 현장 시험 설비를 구축하였으며, 성능검증을 위해 현장시험 절차를 제시하였다. 또한 다양한 모의시험을 통해 통합보호계전기에서의 선택 지락차단 보호요소와 레일전위억제장치의 동작을 확인하였다. 현장시험을 통한 선택 지락차단 보호요소의 성능을 비교 평가하기 위해서 현장시험 계통을 모델링하고 다양한 고장 시뮬레이션을 통한 결과와 비교 평가하였다. 이를 통해 본 논문에서 제시한 선택 지락차단요소의 동작 성능을 검증할 수 있었으며, 또한 레일과 대지간의 절연 상태 및 지락고장시 고장저항의 크기에 무관하게 고장 구간을 판별함을 확인할 수 있었다.

References

- [1] Seong-Gil Kim, "Urban transit technology materials(7) Electricity", Subway Construction of Seoul Metropolitan Government Office, 2005
- [2] Myung-Hwan Min, "An Analysis on Rise of Rail Potential And A Study on Control Method for It in DC Feeding System", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.60, No.3, pp.680-685, 2011.3.
- [3] DC Electric Railway Protection Technology Investigation Committee "Investigation on Protection and Coordination of Protection System in DC Electric Railway", The Institute of Electrical Engineers of Japan, 1994
- [4] Sang-Hee Kang, "Integrated Protection Method for DC Railway Systems", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.60, No.2, pp.285-292, 2011.2.
- [5] Chang-young Choi, "Selective Ground Fault Protection Algorithm for DC Railway Systems", pp55-57, 2009.5.
- [6] Tae-Pung An, "Development of a Simulator and Algorithm Test for Selective-breaking Integrated Protective Relay for Ungrounded DC Traction Power Supply System", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.61, No.6, 2012.6.

저 자 소 개

정 호 성 (鄭 浩 聖)

1971년 10월생, 1998년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2002년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2002년 ~ 현재 한국철도기술연구원 스마트전력시스템연구단 선임연구원

Tel : 031-460-5116

Fax : 031-460-5459

E-mail : hsjung@krri.re.kr

김 주 욱 (金 周 煜)

1974년 10월생, 2000년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2011년 아주대 시스템공학과 졸업(공학석사) 2004년 ~ 현재 한국철도기술연구원 스마트전력시스템연구단 선임연구원

Tel : 031-460-5168

Fax : 031-460-5459

E-mail : jookim@krri.re.kr

신 승 권 (申 勝 權)

1972년 6월생, 1998년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2003년 ~ 현재 한국철도기술연구원 스마트전력시스템연구단 선임연구원

Tel : 031-460-5685

Fax : 031-460-5459

김 형 철 (金 炯 徹)

1967년 9월생, 1991년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2003년 Texas A&M 졸업(공학박사). 2004년 ~ 현재 한국철도기술연구원 스마트전력시스템연구단 책임연구원

Tel : 031-460-5450

Fax : 031-460-5459

E-mail : hckim@krri.re.kr

안 태 풍 (安 泰 豊)

1992년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1992년 2월~1996년 5월 일진전기공업(주) 기술연구소. 1996년 6월 ~ 현재 인텍전기전자(주) 기술연구소 상무이사

Tel : 031-299-8410

Fax : 031-299-8401

E-mail : tpan@entecene.co.kr

윤 준 석 (尹 駿 碩)

1976년 5월생, 2004년 명지대학교 전기공학과 졸업(공학석사), 2004년 1월~현재 인텍전기전자(주) 전력전자시스템 연구소 선임연구원

Tel : 031-299-8413

Fax : 031-299-8401

E-mail : jsyun@entecene.co.kr