

배전 종합 자동화 시스템의 현장 실증시험 연구

이원빈\*, 신창우\*\*, 양완식\*  
 한국전력공사 \*기술연구원, \*\*전자통신처

A Study On Field Trial Systems for Distribution  
 Automation In KEPCO

WON BIN LEE\*, CHANG WOO SHIN\*\*, WAN SHIK YANG\*  
 \*Research Center, KEPCO, \*\*Electronic & Commun. Dept., KEPCO

ABSTRACT

A study on distribution automation system suitable to distribution system of KEPCO has started since 1984, and the field trial system for ADS will be operated for testing. This paper will describe project and planning for field trial of KEPCO.

1. 서론

컴퓨터와 정보통신기술의 발전으로 전력계통의 각 계층별로 자동화시스템이 설치 운용되고 있다. 전국의 전력계통을 관장하는 중앙급전 자동화시스템 (EMS: Energy Management System)을 비롯하여 변전소원방감시 제어시스템 (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition)이 지역급전의 기능을 수행하면서 점차 확장되고 있다. 그러나 전력계통의 마지막 소비단체인 배전계통(수용가 포함) 자동화시스템은 아직까지 설치 운용되지 않고 있다.

배전계통의 특성은 복잡, 방대하게 산재되어 있고 또한 수많은 수용가를 대상으로 하여야 하기 때문에 자동화하기 위해서는 자동화대상기기의 개발은 물론 효율적인 컴퓨터 통신망을 구성하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해서는 많은 연구검토가 필요하다.

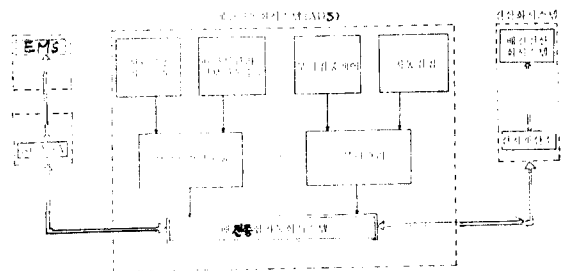
본 논문에서는 우리나라 배전계통에 적합한 배전자동화 방식을 선택하기 위한 연구, 검토내용과 계획중인 현장실증시험 시스템에 관하여 기술하고자 한다.

2. 배전자동화시스템의 개요

배전자동화시스템 (ADS: Automated Distribution Sys.)은 각 나라마다 또는 각 전력회사마다 그 필요성과 도입목적이 상이하며, 그 시스템도 다종다양하다. 주요기능별로 분류하면 주로 선로개폐기의 원방감시 제어를 위한 선로자동화시스템 (Feeder Automation)과 부하관리시스템 (Load Management) 및 수용가 자동원방검침시스템 (Automatic Meter

Reading) 등으로 구분할 수 있다.

그러나 최근에는 컴퓨터와 정보통신기술의 발전으로 상기 기능들을 종합적으로 수행하는 배전종합자동화시스템으로 발전되어가는 추세이며, 이들의 관계를 도시하면 그림 1과 같다.



3. 배전자동화의 수행기능

- (1) Automatic Control
  - o Automatic Bus Sectionalizing
  - o Feeder Deployment Switching and Sectionalizing\* (Fault Location, Service Restoration, Feeder Reconfiguration)
  - o Integrated Volt/VAR Control
  - o Substation Transformer Load Balancing
  - o Cold Load Pickup (Feeder)
- (2) Manual Control
  - o ADS Center/SCADA Interface\*
- (3) Data Acquisition And Processing
  - o Analog Data Monitoring\*
  - o Data Logging\*
- (4) Distribution Communication Interface

- DLC (Distribution Line Carrier)\*
- Radio
- Telephone\*
- (5) Protection
- (6) Load Management\*
- Load Control
- Remote Service Connect/Disconnect
- Pass-Through Commands  
(Load Shedding, Time-of-use Signal)
- (7) Remote Metering
- Load Survey\*
- Peak Demand Metering\*
- Remote Meter Reading\*
- Remote Programming of Meter
- Tamper Detection\*

이상과 같이 배전자동화의 기능은 매우 다종다양하나, 필요에 따라 부분적으로 선택하여 시스템을 구성할 수 있으며, 지금까지는 배전선로의 개폐기원방감시제어 (Capacitor Bank 포함)와 Load Control 시스템이 주축이 되고 있다.

\* 표시된 기능은 상대적으로 경제성이 높은 것으로 평가 되고 있으며, 본 현장실증시험 시스템에서 시험대상으로 하고 있는 기능들이다.

#### 4. 배전자동화의 통신방식

자동화의 목적과 대상설비 및 시스템 구성방식에 따라 경제성 등을 고려하여 아래와 같은 여러방식이 이용 또는 연구되고 있다.

- (1) 배전선반송방식
  - Waveform Distortion (60Hz)
  - Ripple Control (150-50 Hz)
  - DLC (5-20 KHz)
- (2) Radio
  - VHF (150-170 MHz), UHF(900 MHz Band)
  - AM/FM Broadcast
- (3) 통신 케이블 (전용선, 차용선)
- (4) Hybrid System
- (5) Cable TV
- (6) Satellite
- (7) Fiber Optics

이상과 같은 통신방식들은 각각 장·단점이 있으며, 가 장 많이 보급되어 있는 방식을 비교하여 부록에 기술하였다.

#### 5. 자동화대상기기 및 예상효과

##### (1) 배전선로자동화 (Feeder Automation)

자동화대상기기는 배전선로에 설치된 Recloser, Sectionalizer, Switch, Capacitor Bank 등의 개폐기류와 주상변압기, 전압조정기 등이 있으며, 예상되는 효과는 다음과 같다.

○ 정전시간의 단축 : 사고구간의 신속한 발견과 복구 개폐기 조작의 신속정확, 탁 계통과의 효율적인 연계, 보수인력의 효율적인 관리를 기할 수 있다.

○ 양질의 전력확보 : 정상시의 전압관리와 부하감시, 역률개선 및 합리적인 계통구성 운용으로 전력손실을 감소시키고, 과부하절체로 사고를 예방할 수 있으며, 상전류의 불평형을 개선할 수 있다.

○ 관리정보의 자동수집 : 전압, 전류값의 원격측정, 정전시간과 정전회수 등을 자동으로 기록할 수 있다.

##### (2) 부하집중제어 (Direct Load Control)

전력을 반드시 지속적으로 공급해야 할 필요성이 적고, 수용가의 전력사용에 불만을 주지 않는 범위내에서 아래 대상기기를 전력회사의 필요에 따라 일정시간을 직접 제어 한다. 즉, 전기온수기, 에어컨, 히트펌프, 가로동, 관개용 및 수염장펌프 등 이다.

예상되는 효과로는 첨두부하의 분산 (Power Shift) 으로 발전설비 등 투자의 감소 또는 지연을 시킬 수 있으며, 심야전력의 이용을 유도함으로써 부하율 및 설비이용율의 제고와 에너지의 효율적 이용을 도모할 수 있다.

##### (3) 자동원방검침 (Automatic Meter Reading)

수용가까지 높은 신뢰도를 가진 정보통신망(양방향 통신기술이용)을 구성하여 중앙컴퓨터에서 직접 자동으로 검침하여 일괄 처리할 수 있다.

검침기능은 3항 (7)절과 같이 다양하며, 전력검침뿐만 아니라 수도 및 가스사용량의 검침도 가능한 것이 일반적이다.

예상효과로서는 검침효율을 향상시키고 요금체제의 개선을 위한 기반을 구축하는 한편 부하조사 및 분석을 용이하게 할 수 있다. 또한 계량기의 상태감시와 무단조작을 검출할 수 있다.

#### 6. 현장실증시험시스템

##### (1) 기본구상

여러가지 기능을 한 개의 시스템으로 수행할 수 있는 배전종합자동화 시스템의 구축이 세계적인 추세이므로 이에 부응하고, EMS-SCADA-ADS 로 이어지는 전력계통의 계층제어시스템과 장치 전력설비 종합자동화를 구축하는데 유연성이 있는 시스템을 설치하여야 한다. 따라서 현재 선진외국에서 연구개발 및 실용화 단계인 양방향통신의 배전선반송방식 (DLC)을 채택하여 실제로 우리 배전계통에서 다양한 기능의 현장 실증시험과 연구를 추진할 계획

이다.

(2) 실증시험 세부 계획

수원시내의 일부 22.9KV 배전계통에 (2개 변전소의 4개 Feeder) 소규모의 실증시험시스템을 시설하였으며, 시험대상기기는 다음과 같다.

- 선로 개폐기 원방감시제어 : 7개소 (Recloser 2대, Sectionalizer 2대, SF<sub>6</sub> Gas SW. 3대)
- 선로전압 및 부하전류의 원격측정 : 4개소

(3상 측정용)

- 부하집중제어 : 20개소 (단방향)
- 자동원방검침 : 30개소 (양방향)

이상과 같이 다양한 기능을 약 1년간 시운전하므로써 시스템의 신뢰도 측정과 운전효과 등을 종합적으로 분석, 평가할 예정이다.

통신방식으로는 컴퓨터설비가 있는 중앙제어소와 변전소까지는 기존의 통신케이블 (300 BPS Modem 사용)을 이용하며, 변전소에서 각 배전선로 및 수용가까지는 9.6 KHz 를 사용하는 PSK 방식의 배전선반송 (DLC)을 채택 하였다. 전송속도는 72 BPS 정도이며, 마이크로 프로세서를 응용한 통신제어장치 및 단말장치들을 사용하고 있다.

배전선 반송방식의 일반적인 계통도는 그림2. 와 같으며, 실제로 설치된 실증시험시스템의 계통도는 그림3.과 같다.

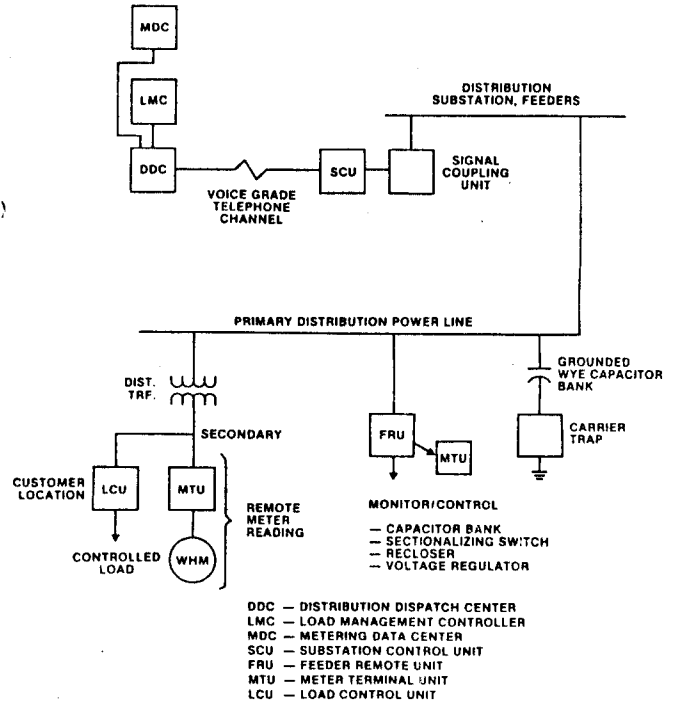


그림2. Distribution Line Carrier System

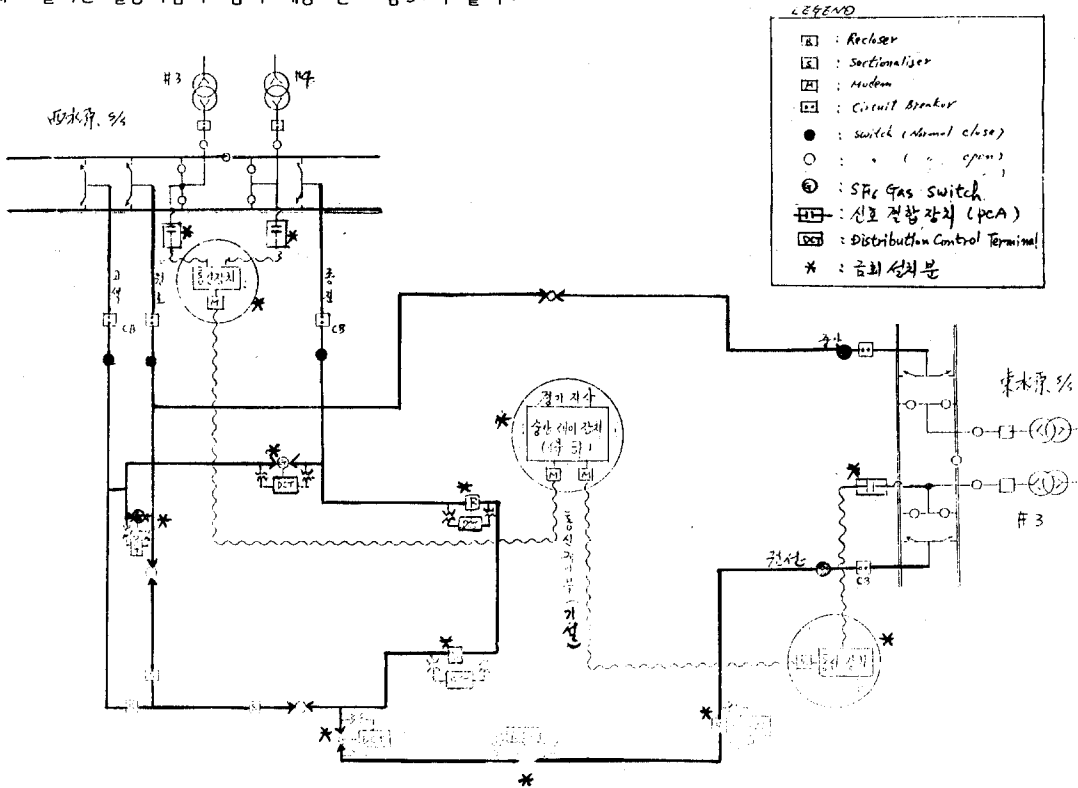


그림 3. 현장시험 시스템 계통도

(3) 하드웨어의 구성

○ 중앙제어장치

컴퓨터장치로는 미국 DEC 사의 -VAX II기종을 선택하였으며, 구성도는 그림 4. 와 같다.

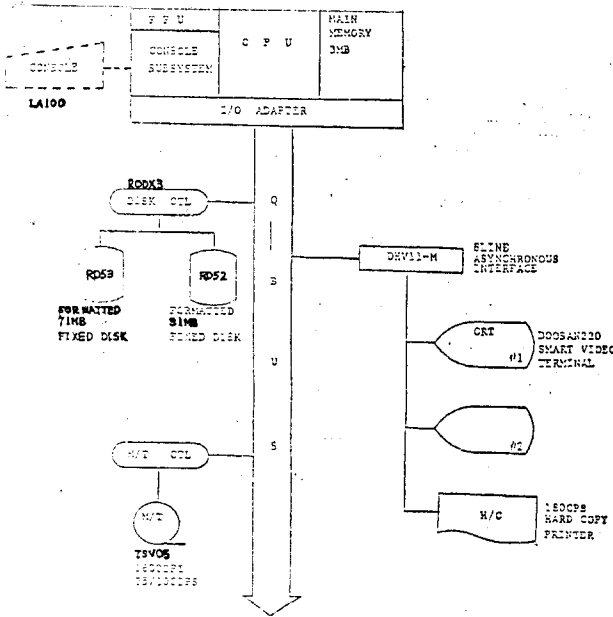


그림 4. 마이크로 VAX-II 컴퓨터 구성

○ 변전소장치

변전소장치로는 중앙제어장치와 배전선반송 계통을 연계하기 위한 인터페이스장치가 내장된 통신제어장치 (CCU)가 있다. 또한 반송신호를 고압배전 계통 (22.9 BUS 1차측)에 결합하기 위한 신호 결합장치 (PCA) 로 구성되어 있다.

○ 선로단말장치

자동화대상 선로기기와 컴퓨터통신을 하기 위한 단말장치 (DCT)가 주상변압기 2차측에 설치되며, 주상 변압기는 DCT의 전원을 공급하며, 반송신호의 송수신용으로 이용된다. 또한 선로전압이나 부하전류를 원격계측하기 위한 Sensor 류가 설치되어 같은 단말장치 (DCT)로 전송된다.

○ 수용가 단말장치

부하를 직접제어하기 위한 단방향의 단말장치와 자동검침을 하기 위한 양방향 단말장치가 각 수용가마다 설치된다.

○ 기타장치

반송신호의 감쇄를 보상하고 신호전성률을 다양하게 구성할 수 있는 신호중계장치 (Repeater)가 있으며, 반송신호의 누설을 방지하기 위한 블록킹장치 (CBU)가 전력용콘덴서 2차측에 설치된다.

(4) 소프트웨어의 구성

본 실증시험시스템의 소프트웨어는 -VAX II 기종에서 제공되는 VAX/VMS 의 오퍼레이팅시스템과 EMETCON 시스템 (미국 웨스팅 하우스회사 제공)의 응용프로그램으로 구성된다. 이 응용프로그램은 아래와 같이 데이터 수집기능과 조정기능으로 분류된다.

가. 데이터 수집기능

- 자동검침
- 부하조사
- Distribution Substation performance Monitoring
- Distribution Feeder performance Monitoring

나. 조정기능

- Switching Capacitor Banks
- Substation Transformer Control
- Sectionalizing
- Deferring Consumer Loads
- Controlling Consumer Service

시스템의 논리구조는 다레벨복수 계층구조 (Multilevel Dual Hierarchy)로 구성되어 있다. 가장 상위의 레벨은 Gold Level 이며, Silver, Bronze, Lead Level 순으로 구성된다.

복수 계층이란 단방향기기와 양방향기기를 나타내며, 이를 그림으로 표시하면 그림 5. 와 같다.

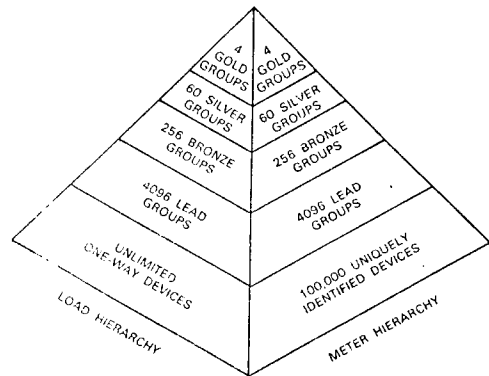


그림 5. Multilevel Dual Hierarchy

단방향기기는 Load Hierarchy 로 구성되며, 양방향기기는 Meter Hierarchy 로 구성된다.

가. Load Hierarchy의 일반적인 적용분야

- Controlling Consumer Load
- 선로계측기 조정 및 검침
- Controlling Application Associated with Maintenance

나. Meter Hierarchy의 일반적인 적용분야

- 검침데이터 수집

- 부하조사 데이터 수집
  - Analog 데이터 수집
- 배전자동화 시험시스템의 소프트웨어 Set up 순서는 다음과 같다.

- 가. 데이터베이스
  - 통신선로 정의
  - 조정레벨 정의
  - 배전자동화용 기기의 정의
- 나. Route 정의
- 다. 기기초기화 및 검증
  - LOCATE 명령
  - HEY 명령
  - DEVICE 명령
  - VERIFY 명령
- 라. 기기조정 및 데이터 검색
  - GETMETER 명령
  - SHED 명령
  - RESTORE명령
  - STROBE 명령
- 마. 기기상태 검증
  - GETSTATUS 명령
  - RESET 명령
- 바. SCHEDULER등록
- 사. 시스템기동 및 정지확인

## 7. 결 론

이상과 같이 실증시험시스템은 다양한 기능을 시험할 수 있도록 구성되었으며, 약 1년간 시운전이 계속될 것이다.

배전선 자체를 컴퓨터통신망으로 이용하는 데는 많은 이점이 있는 반면 또한 많은 문제점이 예상된다. 특히 수직상으로 복잡하게 구성된 국내 배전계통에서 우리 요구와 실정에 맞는 시스템으로 발전시키기 위해서는 자동화대상 기기의 연구 개발 뿐만 아니라 시스템의 하드웨어 및 관련 소프트웨어의 연구 개발이 체계적으로 추진되어야 할 것이다.

EMS 및 SCADA 등 상위계층과의 효율적인 연계와 자동으로 수집된 각종 데이터를 공유 또는 가공처리하기 위한 기존 전산시스템과의 연계 등 실질적인 배전종합 자동화시스템이 되도록 노력하여야 한다. 이를 위해서는 전력회사를 비롯하여 관련 연구기관, 학계 및 전문제작업체 연구진들과의 긴밀한 협동연구체제 구성과 공급선로가 아닌 연구 및 시험전용의 배전종합설비의 확보가 매우 중요한 실정이다. 또한 자동화시스템을 이용한 배전계통의 최적운영기법이 연구 개발되어야 할 것이며, 전력설비 종합자동화를 구축하기 위하여 능동적이며, 지속적인 노력이 요청되고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 한국전력 기술연구원, 한국전기통신연구소 "배전계통 자동화를 위한 원방감시제어 연구" May, 1985.
2. 한국전력 기술연구원 "연구발표회 논문집(초록)" Oct, 1985.
3. EPRI EL-3728 project 2021-1 Final Report Nov.1984 "Guidelines for Evaluating Distribution Automation"
4. L.Eugene Hayden "Distribution Line Carrier Communication System Here Today" Mer. 6, 1983
5. 일본 전기협동연구 제 36권 제5호 "배전자동화방식" Dec., 1980.

○ 부록 : 통신망식별 특성비교표

시스템분류		배전선 반송 방식		통신 케이블	무선
항목	Ripple	DLC			
시스템구상					
中央制御装置	通信制御装置	전압신호 지령장치 전류신호 수신장치 (기능별장치 별도 구성)	단일 컴퓨터시스템 으로 구성	단일 컴퓨터시스템으로 구성 (케이블 반송장치 필요)	무선송수신 기지국
	情報處理	별도 컴퓨터시스템 연결구성			별도 컴퓨터시스템 연결구성
変電所装置	전압신호 주입장치 (주파수 변환장치 및 고압결합장치) 전류반송수신 CT 장치 뱅크집체장치	반송신호 송수신장치 신호결합장치	변전소 정보취득시 별 도의 단말장치 필요	좌 동	
柱上装置	전압신호 수신단말 전류신호 송신장치 자동검침시 중계장치 별도설치	반송신호 송수신단말 (조건에 따라 신호 중복 및 보류장치 필요)	신호송수신 단말	무선 송수신 단말	
需用家装置	부하제어용 단말 검침단말	좌 동 검침 및 부하조사 단말	좌 동 좌 동	좌 동 검침단말	
情報伝送	周波数	음성 주파수	3 ~ 15KHz	직류신호	FM : 154-956MHz AM : 535-1605MHz
	変調方式	ASK, FSK	FSK, PSK	FSK	FSK
	伝送速度	1.7 ~ 30 BPS	50~300 BPS	150 ~1200BPS	128BPS 이상
電力스모	특고압주입시 55KW 고압 주입시 35KW	평상시 25W 동작시 600W			
設置면적	특고주압(25×11)	1.5×1.0m			
長点	伝送路를 配電線 利用 負荷制御用으로는 最 多 需要 配電線 도달점까지 電送 可能	좌 동 單一매체에 의한 兩方向通信 変電所母線(Bus)注入 범용컴퓨터 응용 配電線 도달점까지 伝送 可能 將來性이 가장 크다 (양방향 및 전송속도 가능)	차용선 및 전용선 이 용가능 대상기기가 많고 간격 이 적을수록 유리 이용기술이 간단 주상설치기기가 가격저렴 범용컴퓨터 이용가능 전송속도가 빠름	고속전송에 유리 수신기 가격저렴 (단일방향) 廣域伝送에 유리 미국에서 최다수요 (부 하 직접 제어용)	
	가능법 확장시 별도 시스템 추가 필요 注入장치 설치면적 最大 伝送速度가 낮다 電力스모가 크다 배전선 환경에 의한 통신장애 초기설치비용이 高價 비가압 배전선 통신 불가	高周波 利用으로 구 제 대상 信號감쇄 누설방지 장치 필요 신호중계장치 필요	借用線(電話局線 이용 시 책임소재와 일괄제 어에 관한 진력선 첨가 케이블 이용시 유도장해 대책 및 유지보수 비용 지중화부분 통신선 확 보 곤란 대상기기가 장거리일수 특 불리 (교외지역) 수용가 대상기기 설치 시 곤란 배전계통 변경시 이설	주파수 확보곤란 전파장애 (기상, 지형잡 음 등의 변동, 도심지 영 장애) 양방향 통신구성시경 제성 불리 (송신기, 안 테나 가격이 고가) 柱上에 송신장치 등 설치곤란	

(참고)

—	: 배 전 선	SC	: 주파수 변환장치
---	: 통 신 선	SV	: 전류반송 수신장치
PT	: 주상변압기	AT	: 전압신호 지령장치
C	: 고압결합장치	CPU	: 정보처리장치 (컴퓨터시스템)
RTU	: 원격단말장치		