

배전자동화 시스템용 MMI 개발 가능성

류 재 택 박 세 응

한국전력공사 기술연구원

The Development Feasibility of MMI for Automated Distribution Systems

Jae-tack Yoo Se-eung Park

Research Center

Korea Electric Power Corporation

ABSTRACT

It is necessary to develop graphic MMI (Man-Machine Interface) for the maximum utilization of our installed ADS (Automated Distribution System) for which an operator types and executes string commands. Considering the restrictions and characteristics of the installed ADS and the data for modelled distribution lines, we calculated the time of periodic data acquisition for large number of points. And we presented the performance and characteristics of the graphic MMI system which will be developed and which will facilitate SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) functions.

1. 서 론

최근 사회의 각 분야가 고도정보화 되고 산업기술의 발전으로 전기사용 의존도가 점점 높아가고 있으므로 전력회사에서는 무정전, 일정전압, 일정주파수의 양질의 전기를 공급하여야 할 필요 및 의무가 있다. 그러기 위해서는 전력계통 전반을 컴퓨터등 최선의 기술을 이용하여 자동운전할 필요가 있다고 하겠다.

배전계통은 전력계통의 일부로서 수용가 서비스와 직접 관련이 있으며, 배전자동화시스템은 배전설비에 컴퓨터와 전자통신 기술을 이용하여 원방감시기능을 주축으로 제어소(보선사령실)에서 운전원이 원격제어토록 하므로써 설비운용의 효율성을 높이는 시스템으로서 국내에서는 실증시험 시스템이 설치 및 시험완료되어 있으며, 배전자동화 시스템 기술이 축적되어 가고 있는 중이다.

도입된 설비는 배전계통에 대한 원방감시 제어, 부하제어 자동검침등의 목적으로 미국에서 개발된 EMETCON_(Energy MEtEring and CONtrol) 시스템으로서 PLC(Power Line Carrier)

방식을 채택하여 전력선을 통신 매체로 이용하는 경제적인 시스템이다. 이 설비는 배전계통의 운용상황 및 자동화에 관련된 정보의 디스플레이 기능등에 관한 MMI는 주로 운전원에 의한 문자열 명령어를 사용하여 감시 및 제어하는 단계로 속도가 느리고 운전원의 실수등이 유발될 수 있고 배전계통 전체에 대한 디스플레이 기능이 없으므로 사용이 불편하여, 효율적인 자동화 운전과 실용화가 촉진되기 위해서는 운전원 또는 관리자가 신속한 상황판단 및 사고대처에 도움이 되도록, 간편하고 용이하게 감시, 조작 및 제어할 수 있게 그래픽 디스플레이 기능을 주축으로 현재의 EMETCON 시스템에 MMI 기능을 구현하는 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 기능 개발을 하여야 한다.

본 논문에서는 PLC 방식의 느린 전송속도하에서 개발될 시스템의 성능에 관하여 SCADA 기능구현 가능성에 관하여 고찰한다.

II. MMI 개발관련 시스템

본 논문의 연관기술로서 현재 설치된 EMETCON 시스템의 특성, 일반적인 SCADA 기능, 전력회사의 운영형태 및 미국전력회사의 적용에 등에 관하여 알아보자.

가. EMETCON 시스템

미국의 Westinghouse사가 80년대 초반에 PLC 방식으로 배전계통 자동화를 할 수 있는가를 연구한 결과 통신속도 및 통신 신뢰도가 적합한것으로 나타나서 그후 계속 MMI도 개발을 하여 보급시키고 있는 시스템이다.

미국 전력회사는 전기 공급 신뢰도를 향상시키고 설비를 효율적으로 이용하거나 보수요원의 인력을 감축시키는 등의 목적으로 이 시스템을 도입하고 있으며, 이 시스템의 주된

내용은 변전소 차단기, 선로용 개폐기 등의 감시제어는 물론 사고구간 분리와 건전구간의 송전 복구 등이다.

우리나라에서 1987년에 소규모의 실증시험 설비를 도입 설치하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

1) ADS (Automated Distribution System) 설비의 자동화 기능과 관련된 주요설비를 살펴보면 다음과 같다

가) 중앙제어장치 (Central Station : CS)

- 원격제어와 기기상태 감시 및 측정
- 한정된 그룹 또는 시스템 전반의 릴레이 원격제어
- 시스템을 표시하는 데이터 베이스의 유지
- 운전원 요구에 의하여 데이터 베이스에 대한 정보 또는 배전선 반송 시스템에 의한 정보 출력

나) 맵보드 (Mapboard)

개폐기의 ON/OFF 상태표시 및 선로의 연결상태를 표시한다.

다) 통신제어 장치 (Carrier Control Unit : CCU)

중앙제어소로부터 통신선을 타고온 명령어나 데이터를 수신하여 각 선로장치에 PLC 신호로 변환시켜 송신하며, 또한 배전선에서부터 수신되는 신호를 역변환시켜 중앙제어소로 송신한다.

라) 배전제어 단말기 (Distribution Control Terminal : DCT)

자동화를 위한 전동기형 스위치, Recloser, Sectionalizer, Capacitor Bank, 전압조정기 등을 위한 제어 및 상태감시를 하며, 배전선로 운영에 필요한 전압, 전류, 무효전력등의 각종 계측정보를 수집하기 위한 Analog 값을 읽어들이기 위한 장치이다.

마) 부하관리 단말기 (Load Management Terminal : LMT)

수용가 부하를 측정 및 제어하는 장치이다. 제어시에 는 수용가 부하에 부착된 한시 timer 에 차단 명령을 내려 일정시간 후에 자동 투입되도록 한다.

바) 계측제어 변환기 (Metering and Control Transducer : MCT)

수용가의 전력사용량 및 수용가 정보 취득용 장치이다.

2) 수행기능

모든 기능은 스케줄러에 의하여 자동으로 작동되거나 키 보드를 통한 운전원의 요구입력에 의해 컴퓨터에서 작동된다

가) 배전선로 자동화 기능 (Feeder Automation)

(1)제어기능

다양한 용도의 Relay 와 연결되어 있는 DCT 의 Relay 를 구동시킴으로서 제어기능을 수행

(2)상태감시 및 원격 계측 기능

선로개폐기나 차단기의 상태를 감시하기 위해서 부하관리 단말 (LMT, DCT) 이나 배전제어 단말기 (DCT)를 이용한다.

나) 부가기능

(1)부하조사 기능 (Load Survey)

LMT 를 사용하여 수용가의 부하조사를 할 수 있다.

(2)부하제어 (Load Control)

LMT 로 전기온수기, 에어컨, 열펌프, 온방기등 부하를 제어할 수 있다.

(3)자동검침 (Automated Meter Reading : AMR)

MCT 로 수용가의 사용전력량에 대한 원격검침을 수행.

(4)시간대 사용량 계측기 (Time of Use Metering)

침두부하 폭은 각 시간대별 전력사용량을 원격 계측.

나. 일반적인 SCADA 기능

○ 원격제어

키보드 명령어나 그래픽 인터페이스를 통한 명령어등으로 CB등의 원격 장치를 제어한다.

○ 디지털 입력 신호 감시 및 경보(Alarm)

원격장치로부터 오는 디지털 입력 신호의 상태를 표시하며, 경보로 정의된 입력에 대하여는 경보를 내고 디스플레이 하며 기록 (Log) 한다.

○ 아날로그 (Analog) 입력 신호 감시 및 경보

원격장치로부터 오는 아날로그 입력신호의 값과 경보상태를 표시한다. 경보한계값은 사용자가 입력하고, 경보상태는 경보를 내고 디스플레이하며 기록한다.

○ 기록 (Logging)

경보기록 이외에도 운전원의 모든활동, 모든 제어활동 및 상태변화등을 기록한다.

○ 보고서 생성

운전원의 요구에 의하여 자동으로 필요한 보고서를 생성한다.

다. 계통 운영 형태

전력회사에서의 배전계통은 변전소 배전용 Bus 로부터 수용가 인입부분까지의 범위로 한정될 수 있으며, 국내의 운영 체계에서는 변전소와 수용가 사이 배전선의 보수와 조작등의 운영만을 하고 있으며, 이를 위해서 필요로 하는 변전소 인출 CB 조작등은 변전소측에 의뢰하여 조작하고 있으며 이러한 업무를 보선업무라 하며, 보선업무의 범위는 아래와 같다.

○ 계획휴진 작업시 배전설비기기의 조작 지령

○ 돌발사고 발생시 신속한 복구지령

○ 선로사고 및 정전사고 신고 접수 처리

라. 미국 전력회사의 적용에

미국 Westinghouse사의 Technical Proposal에 나타난 시스템 구성 Block diagram 및 주요 구성요소들의 기능을 살펴보면 아래와 같다.

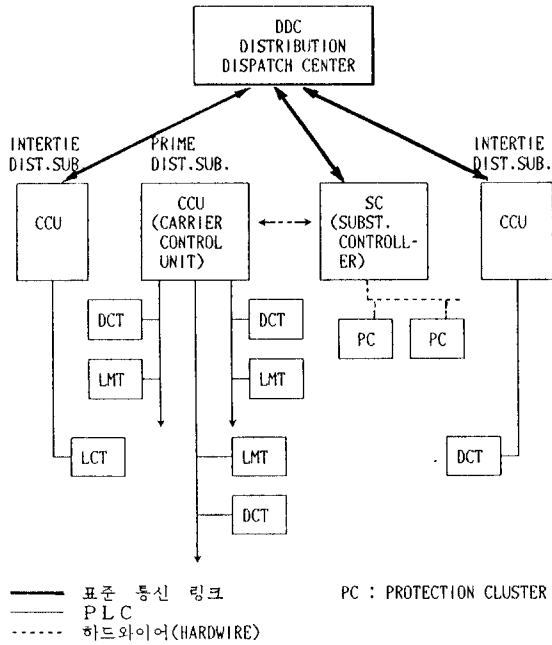


그림 1. 시스템 통신 블록 다이어그램

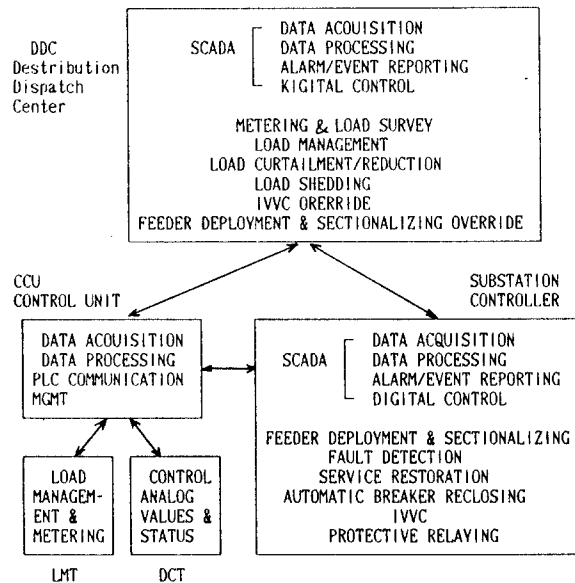


그림 2. 주된 시스템 컴포넌트의 기능

위의 그림에서 보면 우리에게는 설치가 안된 Substation

Controller (SC) 라는것이 있는데, 그 기능은 일부지역에 대하여 변전소내의 상태에 관하여는 바로 감시들하고 원거리의 각종 단말기의 상태에 관하여는 CCU 를 통하여 감시들 하며 SCADA 기능을 수행하고 있으며, 우리의 Control Station 에 해당하는 DDC 의 SCADA 기능을 뒷받침해 주는 것이다.

III. MMI 개발 가능성

MMI 가 취약한 기존의 시스템에 MMI 를 개발하려면, 개발하려는 MMI 시스템에 기존의 시스템 특성이 얼마나 잘 맞아 들어가나 하는것을 고찰해 보아야 한다. 그러기 위하여 154KV 변전소의 2차측 CB 후단의 22.9 KV 피버 (Feeder) 에서 시작되는 배전선로를 감시하기위한 기존 EMETCON 시스템의 제약요건과, 전력회사의 Model 배전선로의 특성을 고려하여, 주기적 Data 취득 가능성을 살펴보아, SCADA 기능개발 가능성을 살펴보자.

가. 기존 시스템의 제약요건

기존 시스템의 MMI 관련 및 Data취득 관련 제약요건은 아래와 같다.

1) 맵보드 표시 기능

- 개폐기의 ON/OFF 상태 표시
- 선로의 연결상태 표시
- 개폐기등의 전압, 전류 상태 표시불가
- 선로의 활선, 사선상태 표시불가

2) 전압, 전류 및 ON/OFF 상태 감시

- 운전원의 문자열명령어에 의하여 한번에 한곳만 감시
- 이경우 소요시간은 운전원의 typing 시간을 제외하면 다음과 같다.

$$\text{소요시간 (초)} = 25 + \text{통신재시도 (retry) 횟수} \times 4$$

- 연속적으로 여러 개소를 감시하려면 시간이 많이 들므로 SCADA 와 같은 감시제어 기능에 부적합

3) 데이터 취득 소요시간

가) 운전원의 문자열 명령어

Operator Console에서 문자열 명령어를 typing하여야 하므로 사용이 어렵고 운전원의 실수가 나올 수 있음.

나) One Shot Scheduler 사용

One Shot Scheduler에 감시 명령어를 한꺼번에 여러 개를 입력시키고 입력 파일 (file) 을 콤파일 (Compile) 하여 실행시키면 명령어를 분단위로 주기적으로 수행시킬 수 있으며 명령어 1 개당 소요시간은 다음과 같다.

$$\text{소요시간 (초)} = 4 + \text{통신재시도 (retry) 횟수} \times 4$$

4) 명령어 병렬 수행

명령어는 중앙제어소에서 발신되어 변전소에 설치된 CCU 를 통하여 각종 단말기로 보내지며 응답은 역순으로 된다. 이경우 변전소내에 변압기뱅크(Bank) 별로 CCU 를 설치하여 통신경로를 다중화하여 다른 통신경로간에는 명령어를 병렬수행시킬 수 있음이 확인되었다.

이경우 운전원의 문자열 명령어는 병렬수행이 안되고 One Shot Scheduler로 수행되는 명령어간에만 병렬수행이 된다.

나. 배전선로 모델링 (Modeling)

1) 샘플 (Sample) 데이터

기존의 실증시험 시스템이 설치되어 있는 지역은 도시지역으로서 배전선로의 복잡도나 개폐기등의 숫자면에서 꽤 복잡한 지역에 속하므로 이 지역 관내의 데이터를 보면 다음과 같다.

○ 개폐기 현황

개 폐 기 형 태	설치숫자	차단능력
Recloser	33 개	능 동
Sectionalizer	23 개	수 동
Interrupter Switch	305 개	수 동
Gas Switch	15 개	능 동
ALTS	7 곳	능 동

○ 기 타

- 변전소 3 곳
- 변전소 CB 50 개
- 변압기 Bank수 10 개

2) MMI 용 선로 모델링

가) 샘플 데이터 분석

○ 능동차단 개폐기

Recloser, Gas Switch, ALTS 등으로 55개소이며 빠른 주기로 감시가 필요하다.

○ 수동조작 개폐기

Sectionalizer, Interrupter Switch 등으로 328 개소이며 운전원이 필요시에만 감시가 필요하다.

나) 모델링

위의 데이터를 기준으로 차후의 배전선로 확장성까지 고려하여 여유를 두고 다음과 같이 모델링하여 개발 될 MMI 시스템의 성능평가 기준으로 잡는다.

- 능동차단 개폐기 : 100 개소
- 수동조작 " : 700 개소

다. 데이터 취득 가능성

1) 데이터 취득원의 특성

기존 시스템으로 부터의 데이터 취득원 및 특성은 다음과 같다.

○ 맵보드 송출 데이터

중앙제어소에서 주기적으로 발신하는 맵보드 송출데이터로서 개폐기등의 ON/OFF 상태값을 얻을 수 있다.

○ 화면 출력 데이터

Operator Console에 나타나는 운전원에 의하여 발신된 명령어의 결과값을 얻을 수 있다.

○ 중앙제어소에서의 통신 데이터

중앙제어소의 Modem 에서 중앙제어소와 CCU 간의 통신 데이터를 취득하여 분석하는 Program 을 작성하므로써 전압, 전류, 개폐기등의 ON/OFF 상태값을 얻을 수 있다.

2) 빠른 데이터 취득방법

위의 데이터 취득원들중 One Shot Scheduler로 시스템을 구동하고 중앙제어소에서의 통신데이터 분석 취득 방법을 중심으로 하여야 가장 빠른 주기로 데이터를 취득할 수 있으며 앞의 배전선로 여유를 둔 Modeling data 를 고려하여 데이터 취득 주기를 보자

- 가) 주기별 감시 명령어 숫자 : 200 개
- 모든 능동 차단개폐기의 ON/OFF상태 : 100 개
- 선로 전체에 대한 전압, 전류 상태등 : 100 개

나) 1 개의 명령어 실행시간 : 4 초

다) 명령어 병렬수행 조건

- CCU 를 변압기뱅크마다 설치시 : 10개
- CCU 중 최다 명령어 수행 갯수
 $200 \text{ 명령어} \times 1/10 \times a = 30 \text{ 명령어}$
 단, a는 불평형 계수로서 1.5 로 가정

라) 데이터 취득 주기

데이터 취득 주기 > 120 초 (=30명령어×4 초)

위로 수식에서 One Shot Scheduler를 구동시키는 주기를 분단위 이므로 데이터 취득 주기는 배전선로 모델링 데이터에 대하여 3 분이다.

라. SCADA 기능 개발 가능성

개발될 시스템의 성능특성과 개발될 SCADA 기능에 관하여 알아보자.

1) 개발될 시스템의 성능 특성

가) 처리속도

MMI 를 위하여 별도의 그래픽 전용 워크스테이션을 사용하여 고속으로 데이터 및 그래픽 처리를하는 시스템을

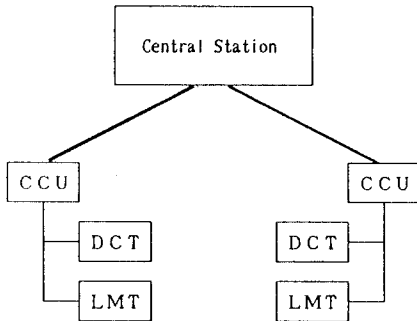
구현할 예정이므로 다음과 같이 가정한다.

○ 워크스테이션의 데이터 및 그래픽 처리시간 (Tw) 과 기존 시스템의 데이터 취득시간 (TD) 의 관계 :

$$TD \gg Tw$$

나) ADS 구성

(II. 라) 미국전력회사의 적용예에서 보인 그림 1 과 비교하여 개발 시스템의 통신 블록 다이어그램은 Substation Controller (SC) 가 없으므로 Central Station 과 CCU 등으로 구성되며 아래와 같다.



—— 표준통신링크
 —— PLC

그림 3. 통신 블록 다이어그램

미국 전력회사의 적용예와 틀린점은 SC가 없는 관계로 Central Station 에서 SCADA 기능에 필요한 데이터를 주기적으로 각종 원격 단말장치로부터 수집하여야 하므로 통신량이 증가한다는 것이며 이것을 고려할때의 데이터 취득 주기는 3 분으로 앞에서 계산된바와 같다.

2) 개발될 SCADA 기능

(II. 나) 일반적인 SCADA 기능을 구현하려고하며 개발될 SCADA 기능의 특징은 다음과 같다.

가) 데이터의 현장감

중앙제어소 판내의 모든 배전선로를 포함하는 가상 그래픽 공간의 데이터가 3 분을 주기로 개정되고 있으므로 운전원은 그중의 일부 그래픽 화면을 Console 에서 보게되므로 보고있는 데이터는 3 분이내에 측정된 값이다.

나) 명령어

(1) 조작방식

운전원이 개폐기류의 조작명령이나 특정장소의 전압, 전류, ON/OFF 상태등을 감시하고자 할때는 그래픽 화면상에서 시각적으로 보면서 마우스로 커서를 움직여서 대상기기를 선택하여 메뉴드리븐 (Menu Driven) 방식을 이용하여 명령어를 발생시킨다.

(2) 명령어 발생방법

그래픽 화면 구성시에 입력된 데이터베이스의 데이터를 이용하여 문자열 명령어를 자동발생시켜서 기존의 시스템에 입력시켜 시스템을 작동시킨다.

다) 화면 구성

(1) 진 시스템 감시화면

- 각 배전선로를 Box 형태로 표시
- 정상상태 배전선로는 정상으로 정의된 색깔로 표시
- 비정상상태의 배전선로는 비정상으로 정의된 색깔로 깜빡거리게 표시하며 화면상의 경고선에는 경고내용을 표시함.

(2) 그래픽 One-Line Diagram 화면

- 배전선로의 One-Line 상태 표시
- 운전원 명령어 입력환경 제공
- 3 개의 경고선

라) 기타기능

○ 경보는 심각도에 따라 4 가지로 분류하고 각각 다른 색깔로 표시

○ 기록은 프린터로 기록할사항 발생시 빠짐없이 기록

○ 데이터베이스 : 그래픽 MMI 를 워크스테이션에서 작동시키기 위해 필요한 데이터를 저장.

IV. 결론 및 제언

배전계통 운영 및 보수를 위하여 현재는 운전원과 보수요원간에 전화를 이용하여 업무를 수행하고 있으므로 자동화 시스템이 도입되어 있지 않으나 자동화 시스템이 도입되어 보선업무를 자동화시켜 나가고 있는 상황이다. 자동화시스템이 실무에 적용되기 위하여는 그래픽 MMI 기능을 갖추어야 운전원이 사용하기 쉽게되고 자동화시스템의 성능이 증대된다. 자동화시스템 구성시 통신방식에 따라 시스템 성능과 비용이 크게 좌우되는데 PLC 방식의 경우 전력선을 통신선로로 이용하므로 경제적인 반면 단점은 데이터 취득시간이 많이 걸리므로 그래픽 MMI 개발에 불리하다.

가. 결 론

우리는 기존의 시스템에 그래픽 MMI 를 개발하기위하여 기존의 EMETCON 시스템에서의 Data 취득 능력을 기반으로 다음과 같이 결론을 내릴 수 있다.

○ 개발된 그래픽 MMI 시스템에서 운전원이 보고있는 데이터를 3 분마다 주기적으로 갱신하여 보여주므로써 배전계통 감시제어 운전 자동화에 크게 도움을 줄 것이다.

나. 제 언

기존의 시스템 활용 및 본 연구의 차후과제에 관한 제언을 다음과 같이한다.

- CCU 를 변전소내 변압기 뱅크별로 설치
- 그래픽 디스플레이 감시 개소를 줄이고도 그래픽 디스플레이에 지장을 안주며 감시할수있는 Speed up 알고리즘 정립 및 개발

References

1. 한전기술연구원 “배전계통 자동화를 위한 원방감시제어 연구 (최종)”, 1988
2. 현덕화, 문홍석, “배전계통의 자동화 운전”, 한국자동제어 학술회의 논문집 1989.10. PP 557 ~ 561
3. EPRI “Field Demonstrations of Communication Systems for Distribution Automation - phase 2 ” EL-3727 Project850-32 Final Report, 1984
4. Westinghouse, “A proposal for : Test and Evaluation of Large-scale Distribution Automation and Load Control” Technical Proposal,1986
5. Westinghouse “EMETCON TM 42-6000A, 60003A, 60004A ”
6. 한국전기연구소 “ADS 그래픽 기능개발 적용연구 (2 차 분기 보고서)”, 1990