

# HVDC 제어 시스템 신뢰성 향상을 위한 이중화 방안에 대한 고찰

이일화  
LS산전 HVDC 연구팀

## Study of Redundancy for the Stability of HVDC Control System

LEE YIL HWA  
LS Industrial System

전형적인 HVDC 제어 시스템을 나타낸다. 각 구성 요소들에 대한 이중화 방안을 다음에서 살펴보기로 한다.

### ABSTRACT

HVDC는 오늘날 전세계가 주목하고 있는 기술 및 시장이다. 전력 설비의 노후화로 많은 설비들이 교체 예정이며, 그리드 전력망을 구성하기 위하여 국가간 대규모 전력 전송망이 설치되고 있으며, 신재생 에너지 수요 급증에 따라 새로운 전력망이 구축되고 있으며 구축 예정이다. 전력용 반도체 기술의 발전으로 DC 대용량 송전이 가능해졌고, 전송 효율 및 여러가지 장점으로 인하여 HVDC가 AC 송전의 대안으로 급부상하고 있다. HVDC 제어 및 보호 시스템을 디자인 하고 개발함에 있어서 가장 중요한 것은 안정성과 신뢰성이다. 안정성과 신뢰성을 확보하기 위하여 시스템은 이중화로 구성된다. HVDC 제어 및 보호 시스템은 여러 단계로 구분되어 지는데 엔지니어 디자인 관점에 따라서 단계별 이중화 구성 여부가 결정된다. 단계별 이중화 여부는 H/W 및 S/W 관점에서 심도 있게 결정되어야 한다. 본 논문에서는 이중화의 개념과 각 단계별 이중화 구성 가능 여부 및 장단점을 알아보고 최적의 이중화 구성을 도출하는 방안을 제시하고자 한다.

## 1. 서론

이중화는 시스템을 안정적으로 운영하기 위한 기본 수단으로 사용된다. 구조적으로 여러 부분으로 이루어진 시스템의 각 부분들을 시스템 운영 관점에서 중요도 및 취약 정도를 판단하여 이중화 여부를 결정한다. HVDC 제어 시스템을 안정적으로 운영함에 있어서, 이중화는 필수 사항이다. 시스템 엔지니어는 HVDC 제어 시스템 구조를 설계함에 있어서 이중화 여부를 신중하게 결정해야 한다. 이중화 여부를 결정하였으면, 이중화 방법을 선택하고, 구조적으로 결함이 없는지 분석하여 제품에 적용해야 한다. 본 논문에서는 HVDC 제어 시스템의 구조를 분석하고, 각 구조에 맞는 이중화 방법 및 타당성 여부를 검토하고, 최종적으로 제어기의 이중화를 담당하는 COL(Change Over Logic)에 대해서 고찰하고자 한다.

## 2. 본론

### 1.1 HVDC 시스템

HVDC 제어 시스템은 크게 SCADA Level, Control & Protection Level, 그리고 Field Level로 구성된다. 그림.1은

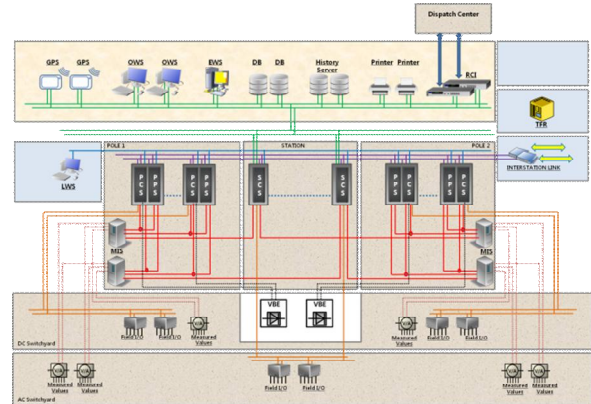


Figure 1. HVDC 제어 시스템 구성

#### 1.1.1 SCADA Level

SCADA Level은 운영자가 HVDC 시스템을 감시 및 모니터링 하는 영역이다. 이중화가 반영되는 요소로는 DB, 통신 선로 및 HMI를 꼽을 수 있다. 그림.1에는 GPS도 SCADA Level에 있는 것으로 나타나 있는데, GPS는 일반적으로 Control & Protection 레벨에 설치되며, GPS 서버의 그림은 이더넷 선로와 연결하여 이중으로 NTP역할을 수행하는 모습을 나타낸다.

#### 1.1.2 Control & Protection Level

Control & Protection Level은 실시간으로 상태 정보를 수집하고, 이를 바탕으로 제어 및 보호 기능 수행 여부를 판단하고 실행 명령을 내리는 HVDC의 중추 영역이다. 그림.2는 제어기 및 I/O 이중화의 기본 구성을 보이고 있다.

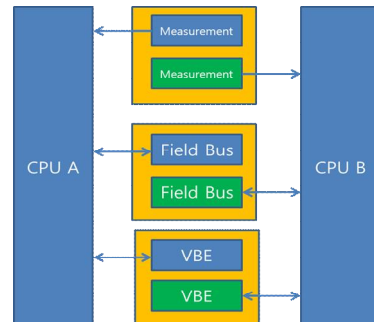


Figure 2. 이중화로 구성된 C&P 영역

제어기 하나에 Measurement, Field Bus, VBE가 하나의 세트로 엮여서 이중화 절체시 관련된 모든 요소가 같이 절체되는 구조로 H/W 구성 및 개발이 쉽다. 하지만, 일부 요소의 에러로 인하여 다른 요소들을 함께 사용하지 못하게 되는 단점이 있다.

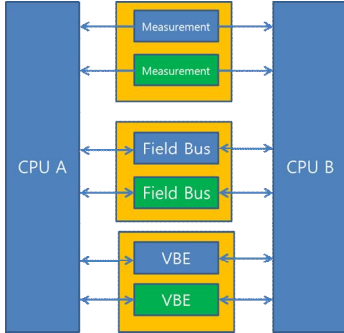


Figure 3 Full 이중화로 구성된 C&P 영역

그림3.은 모든 요소를 활용하기 위한 이중화 구조로, 어떤 요소의 에러가 다른 요소의 선택 여부에 영향을 주지 않으므로 활용성이 뛰어나지만, H/W 구성이 복잡해 지며, 설계 및 개발이 쉽지 않다. Measurement의 경우 입출력 채널의 수량이 많은 관계로 이를 이중화 처리하기란 쉽지 않다. 이를 해결하기 위한 방안으로 TDM통신을 이용하여 Multidrop 방식으로 두 개의 Ring구조를 형성해서 서로 간에 공유하는 방식을 사용하면 된다. Field Bus의 경우는 1:1로 구성되어 있다. Field Bus의 경우 Profibus나 CAN통신등을 주로 활용하는데, 이들을 활용할 경우 이중화로 구성하는 것은 어렵다. VBE도 엔지니어의 설계 컨셉에 따라서 1:1혹은 다대다로 구성을 할 수 있는데, 다대다의 경우 1:1보다 구조적으로 복잡해 지므로, 개발 비용 및 시간, 그리고 H/W 구조등을 감안해서 설계해야 한다.

제어기를 C&P Level의 이중화를 위한 기본 골격으로 두고, 이를 중심으로 Measurement, DI/DO처리를 위한 Field Bus, Valve 제어 및 모니터링을 위한 VBE, 사고 분석을 위한 TFR로 구성된다. Measurement는 제어를 위해서 CT와 PT로부터의 신호를 처리하여 제어기로 보내는 기능을 수행한다. Measurement는 기본적으로 이중화로 구성되어 있는데, 이 측정 값들은 AC 및 DC영역에 위치한 CT 및 PT로부터의 값을 실시간으로 측정하여 제어기로 보내는 Measurement는 제어에 있어서 이중화를 담당하는 장비로 COL(Change Over Logic)이 있다. COL은 이중화로 구성된 제어기의 출력이 동시에 HotStandby 방식에서 나가는 당연한 구성으로 판 AC를 DC로 송수신 하기 위하여, 전력을 변환하기 위한 제어하고 보호를 위한 판단을 하고 수행한다. 이곳에서는 AC 영역, DC영역에 대한

### 1.2 COL ( Change Over Logic)

HVDC시스템은 이중화로 구성된 두 개의 제어기가 동시에 동작하는 Hot Standby 방식으로 구성된다. 제어기 두 곳에서 동시에 출력이 나오므로, Field Bus의 DO는 한쪽만 동작해야 하며, VBE도 제어기 한쪽의 출력만 사용해야 한다. COL은 어느 제어기를 Active/Standby 로 할지 결정하는 역할을 수행한다.

### 1.2.1 COL 구조 및 성능

그림4.는 COL 수행 결과를 보여준다. 원편에 순간적으로 사고가 발생했을 경우, 이를 인지하고 2개의 제어기가 절체 되기 까지 걸리는 시간은 200us 이내로 이루어 지고 있다.

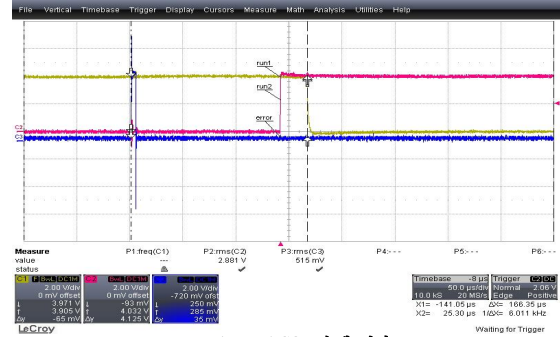


Figure 4 COL 수행 결과

### 3. 결론

시스템 이중화를 결정하는 것은 매우 신중한 일이다. 시스템의 구성 요소를 이중화로 구성하는 데서 오는 비용과 시간, 시스템의 복잡성은 급격히 증가한다. 시스템이 복잡한 것만이 능사는 아니다. 하지만, 이중화가 잘 이루어질수록 시스템의 활용성과 다양한 에러에 대한 내구성이 증가하므로 이중화에 대한 신중한 접근이 요구된다.

### 참고 문헌

- [1] DENG Guang-jiangl, "Study on Modeling and Control Strategy of CIGRE HVDC Benchmark System ", Jiangsu Electrical Engineering, January.
- [2] DLH Aik, "Nonlinear dynamics in HVDC systems ", IEEE Transactions on Power System, 1999
- [3] AE Hammad, "Stability and control of HVDC and AC transmissions in parallel", IEEE Transactions on Power System, 1999