

공학적 안전설비 작동 계통 보조계전기 캐비넷 설계

한 상인^{*}, 장우현, 신현국

한국원자력연구소 발전로 제어계통설계실

Design for ESFAS ARC

Sang-in, Han · Woo-hyun, Jang · Hyun-kook, Shin
KAERI, Nuclear Power Projects, Control System Design Department

1. 개요

본 고는 공학적 안전설비 작동계통 보조계전기 캐비넷의 설계과정을 위하여 작성되었다. 공학적 안전설비 작동계통 설계는 순차적인 과정을 밟아서 진행이 되므로, 설계담당자 (Cognizant Engineer)는 그 작업순서를 이해하여야 하며, 각 과정마다 필요한 자료들과 생산해야 할 결과물들을 정확히 파악하여야만 설계가 원활히 수행될 수 있다. 또한, 설계과정은 많은 연계 업무가 있으므로, 서로 주고 받아야 할 자료들의 종류 및 그 시기를 예상할 수 있어야 한다. 그리하여, 본 내용에서는 공학적 안전설비 작동계통 보조계전기 캐비넷의 특성에 따라 연계요건서, 설계시방서 및 개념적인 도면을 중점적으로 기술하였으며, 기기설계 (Component Design)와 제작설계 (Manufacturing Engineering) 및 현장지원 (Field Supports)은 아직까지도 미비한 점이 많으나, 담당자 (Cognizant Engineer)가 아는 바대로 작성하였다.

1.1 적용범위

본 고는 공학적 안전설비 작동계통 보조계전기 캐비넷 설계에 한하여 적용된다. 여기서 설계란 광의의 의미로서 계통설계 (System Design), 기기설계 (Component Design) 및 제작설계 (Manufacturing Engineering)를 위한 검토와 승인 (Review and Approval)을 포함한다. 본 고에서는 보조계전기 캐비넷의 특성에 따른 부분만을 기술하며, 광범위한 부위인 감지기, 신호처리, 논리 회로, 동작을 위한 회로 및 구동자 (Actuator)는 포함하지 않는다.

1.2 작성방법

설계항목 (Design activity)를 중심으로 하여 작성하였다. 즉, 설계과정 전체에 대하여 발생하는 설계항목 (Design activity)를 진행순서에 따라 열거하고 각 항목마다 필요한 입력자료 및 설계 결과물들을 전체적으로 제시하였으며, 각각의 입력자료 및 설계결과물에 포함되어야 할 주요내용을 나열하였다. 항목 및 설계입력자

료와 결과물들간에 표시된 화살표는 업무의 일반적인 진행방향을 표시하고 있으나, 각 업무간에는 서로 연관관계를 가지고 있으므로 경우에 따라서는 화살표 반대방향으로의 재입력이 발생할 수도 있다.

2. 설계절차 개요 (Overall Design Process)

2.1 주요 기능 (Major Function)

공학적 안전설비 작동계통 보조계전기 캐비넷 (ESFAS ARC)은 발전소 보호계통 캐비넷 (PPS Cabinet)과 ESF 작동장치 사이의 연계를 위한 계통으로서, 2개의 보조계전기 캐비넷은 선택적인 2/4 논리를 수행하며, 신호작동을 위한 장치이다.

2.2 일반 설계절차

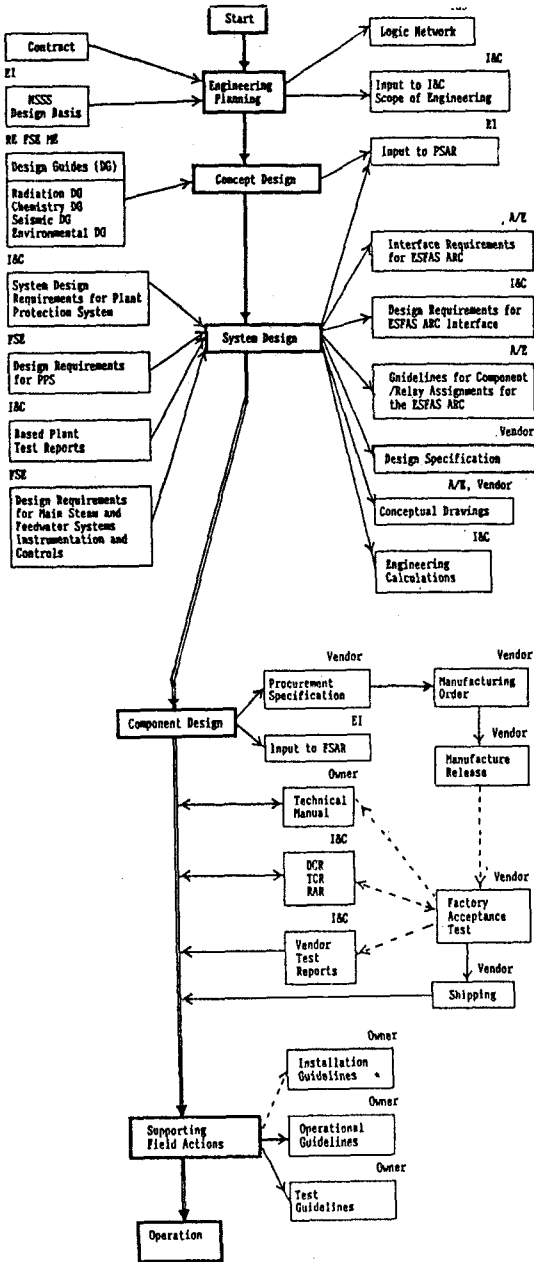
공학적 안전설비계통은 발전소 보호계통의 일부이며, NSSS 설계사업 시작과 함께 설계가 시작되어 발전소가 정상가동이 되면 종료된다. 그림 1에서 일반적인 설계절차를 제시하였다.

NSSS 설계가 시작이 되면 우선 공학적 안전설비계통 설계의 전체적인 일정을 잡고 기능 수행 및 계통과 관련하여 만족시켜야 할 요구조건들을 확립한다.

계통설계요건 (System Design Requirements)들을 기준으로 하여 보조계전기 캐비넷과 관련된 입력자료를 받아서 계통설계를 수행하고 필요한 결과물들을 생산한다.

계통설계과정에서 생산된 설계시방서 (Design Specification) 및 계통도면 (Cabinet & Conceptual Drawings)을 기준으로 하여 기기설계가 수행이 되어 설계의 적합성을 입증한다. 이때 보조계전기 캐비넷의 제작자 (Vendor)를 선정하여 설계시방서와 계통설계도면이 제작자에게 송부되어 제작이 시작되며 이 과정에서 설계자와 제작자간에 많은 연계업무를 갖게된다. 그림 2에서는 설계결과물을 현장에서의 설치, 작동 및 시험에 필요한 지침서를 작성하여 종합설계자 (A/E) 및 소유주에게 송부한다. 시운전을 완료하고 상업

운전이 시작되면 보조계전기 캐비닛의 준공문서(As-built Documentation)로서 설계과정이 완료된다.



* 기술문서(Technical Manual)는 설치지침서(Installation Guidelines)의 내용을 포함.
그림 1 Overall ESFAS Design Process

2.2 각 설계항목의 설명

2.2.1 설계공정표의 개발

- 1) 설계종합실에서 발행하는 NSSS Design Basis 문서 및 계약서 등을 근거로하여 전체 설계 일정에 대한 계획을 세운다.
- 2) Logic Network 작성기법에 따라 설계절차상의 activity를 상세히 분류하고, 각 Activity별로 입력자료 및 설계결과물, 연계사항, 및 일정등을 잡아서 Logic Network IC202을 작성한다.
- 3) 주요 설계 Activity 및 생산해야 할 문서등을 I&C Scope of Engineering 문서에 입력한다.
- 4) 주요결과물
 - Logic Network (IC202)
 - I&C Scope of Engineering 문서 관련 항목
 - Schedule Report

2.2.2 계통요건 (Developing System Requirements)

- 1) 이 Segment에서는 계통요건서 (System Requirements)를 작성하지 않으며, 발전소 보호계통에 포함된다. 그러므로, 발전소 보호계통 계통설계요건서를 참조하면 된다.
- 2) 유계계통에서 발행되는 설계요건서(Design Requirements for PPS)를 참조로 하여, 개념 설계를 한다.
- 3) 계통설계요건서 (System Design Requirements for PPS)와 설계요건서 (Design Requirements for PPS)를 근거로 계통 전만을 이해하며, PSAR 7.3장에 공학적 안전설비에 입력한다.

2.2.3 계통설계 (System Design)

발전소 보호계통 설계요건과 개념설계를 근거로 하여 세부적인 계통설계 업무를 수행하는데, 중요한 것만 나열하면 아래와 같다.

- 1) 공학적 안전설비와 관련하여 종합설계자(A/E)가 만족시켜야 할 요구사항들을 도출하여 연계요건서 (Interface Requirements for ESFAS ARC)을 발행한다.
- 2) 1항은 BOP와의 연계관계를 기술하며, I&C 내부의 연계관계는 연계설계 요건서 (Design Requirements for ESFAS ARC Interface)에 기술하여 DQ를 발행한다.
- 3) 설계시 고려해야 할 모든 사항을 종합하여 설계시방서 (Design Specification for ESFAS ARC)을 작성한다. 이 시방서는 제작자(Vendor)의 검토를 받으면서 제작상 문제점이 없는가를 논의한다.
- 4) 개념도면과 기본적인 전기도면을 생산한다. 이것은 개략적인 치수가 기입되며, 경우에 따라서 종합설계자(A/E)와 연관관계가 있는곳은 정확한 치수를 요구하므로, 기기설계도면을 참고한다.
- 5) 기존 발전소와 상이한 부분과 부분이 바뀌어진 부분에서는 해석과 시험이 다시 요구되므로, 이에 대한 보고서를 작성한다.
- 6) 계통과 관련된 각종 계산을 수행하여 설계철에 보관한다. (예, Heat Load, Electric Current Calculation, etc.)

7) 주요결과물

- Interface Requirements for ESFAS ARC
- Design Requirements for ESFAS ARC Interface
- Design Specification for ESFAS ARC
- Conceptual Drawings
- Functional Block Diagrams
- ESFAS Operation Guidelines
- I&C Pre-Op TG ESFAS

8) 결과물과 설계철을 갖고, 현장에서 일어나는 문제점을 해결 해주는 지원을 한다.

9) 계통설계와 기기설계의 주요 결과를 FSAR 7.3항에 입력함으로 계통설계 업무는 끝난다.

10) 특히 사항으로서 8)항과 9)항 사이에는 기기설계 업무가 수행된다.

2.2.4 기기설계 (Component Design)

계통설계과정에서 생산된 설계시방서와 도면을 근거로 하여 아래와 같은 기기설계가 수행된다.

- 1) 설계시방서 (Design Specification)을 첨부하여 제작 주문 (Manufacturing Order)을 낸다.
- 2) 상세한 치수 및 재료가 명시된 기기 도면을 생산한다.
- 3) 각종 해석 (Analysis)을 수행한다.
- 4) 현장기기와 계전기 사이의 할당을 위한 지침서를 발행한다.
- 5) 제작자가 만드는 각종 절차서를 검토하고 승인 여부를 통보한다.
- 6) 제작자로부터 접수되는 DCR, TCR 및 RAR을 처리한다.
- 7) 주요결과물
 - Manufacturing Order
 - Wire List
 - Guidelines for Component/Relay assignment for the ESFAS ARC
 - Electrical Bill of Materials
 - Aging Analysis
 - Production Test Procedures
 - Seismic Test Procedure & Reports
 - Assembly Drawings
 - Relay Cycling General Test Procedures
 - Interconnection Diagrams
- 8) 제작이 끝난 후 공장 인수시험과 신적으로 기기설계는 완료된다.

2.2.5 제작설계 (Manufacturing Engineering)

제조업체 순수한 업무로서 아래와 같이 수행된다.

- 1) 제작주문서 (M.O)을 입수한후, 제작을 시작하며, 일단 문제점과 시방서에 상이한 점이 나타나면, 즉시 담당자에게 통보한다. 양식은 DCR을 사용한다.
- 2) 모든 제작문서는 RAR로 승인을 받는다.

3) 제작이 끝난후에는 공장인수시험 (FAT)을 수행한다.

4) 시험이 끝난후, 포장하여 선적한다.

5) 현장에서 문제점이 나올시는, 지원한다.

6) 주요 결과물

- Environment Qualification Test Report
- Technical Manuals
- Manufacturing Drawings
- Factory Acceptance Test Procedure & Reports
- Spare Parts List
- As-Built Drawings

2.2.6 현장지원업무 (Field Supports)

현장에서 건설시공하는 작업자와, 시운전하는 운전자에게 아래와 같은 지침을 제공한다.

1) 설치 (Installation)

설치하는 방법을 기술하며, 이것은 기술 운영서 (Technical Manual)에서 상세 기술되며, 설치자가 응징으로 해야 할 요구 사항을 포함한다.

2) 시험 (Test Guideline)

설치가 제대로 되었는지를 확인하기 위한 시험 (Construction Acceptance Test) 및 발전소 정상 가동후 주기적으로 행하여야 할 시험에 대하여 기술한다.

3) 운전 (Operation Guideline)

시운전 (Start-up)이 끝난 후에, 작성방법, 작동시 주의할 점 및 고장시에 대처해야 할 사항을 제시한다.

4) 이 업무는 시운전에서 수행하며, 제어계통 설계실은 직접 혹은 간접으로 참여할 수 있다.

2.2.7 기타

이상과 같은 업무 절차에서 결과물을 중점으로 정리하면 그림 2와 같다.

3. 참고문헌

- 3.1 S.I.Han, "Interface Requirements for ESFAS ARC", 10487-IC-IR564, Rev.02, May, 10, 1990.
- 3.2 S.I.Han, "Design Requirements for ESFAS ARC Interface", 10487-IC-DQ564, Rev.00, Nov. 14, 1988.
- 3.3 S.I.Han, "ESFAS Auxiliary Relay Cabinet Drawings", E-10487-455-001,002, Rev.00, Jun. 07, 1988.
- 3.4 S.I.Han, "Design Specification for the ESFAS ARC", 10487-IC-DS564, Rev.00, Dec. 21, 1988.

3.5 G.L.McCloskey, "Guidelines for Component/Relay assignments
for the ESPAS ARC," 10487-IC-GD564, Rev.00, Nov. 24,1989.

그림 2 ARC DESIGN PROCESS

