



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0054837  
(43) 공개일자 2009년06월01일

(51) Int. Cl.

G21D 3/04 (2006.01) G21C 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0121730

(22) 출원일자 2007년11월27일

심사청구일자 2007년11월27일

(71) 출원인

한국원자력연구원

대전 유성구 덕진동 150-1

한국수력원자력 주식회사

서울특별시 강남구 삼성동 167번지

(72) 발명자

김동훈

대전시 유성구 어은동 한빛아파트 130동 403호

허섭

대전시 유성구 전민동 엑스포아파트 408동 401호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인무한

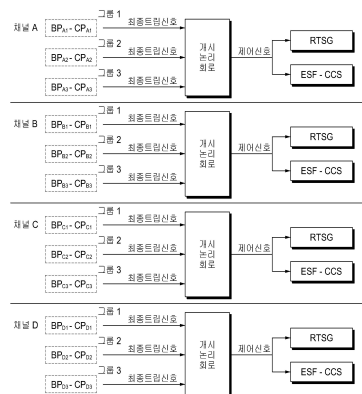
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 삼중화된 BP와 CP 및 2/3 논리의 개시회로 구조를 갖는디지털 원자로 보호계통 및 그 구동 방법

(57) 요약

본 발명은 안전등급 디지털 제어기기(PLC: Programmable Logic Controller)를 이용하는 디지털 원자로 보호계통에 있어서, 4 채널들로 구성되고, 각 채널에 대해 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서의 쌍이 삼중화된 그룹으로 포함되며, 상기 삼중화된 그룹으로부터의 출력을 2/3 보팅논리를 갖는 개시논리회로를 통해 제어신호로서 생성 함으로써 사고에 따른 원자로의 정지 또는 상기 사고의 완화를 위한 디지털 원자로 보호계통 및 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**이철권**

대전시 서구 월평동 무지개아파트 104동 1004호

**황인구**

대전시 서구 만년동 강변아파트 107동 1201호

**박기용**

대전시 유성구 어은동 한빛아파트 107동 702호

**이동영**

대전시 유성구 신성동 하나아파트 106동 1201호

**권기춘**

대구시 남구 봉덕3동 대덕맨션 102동 1508호

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

디지털 원자로 보호계통에 있어서,

3개의 비교논리 프로세서(Bistable Processor)와 3개의 동시논리 프로세서(Coincidence Processor)를 상호 대응하여 구성하는 (1) 삼중화의 그룹, 및 상기 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호 중 일부의 최종 트립신호를 이용하여, 원자로정지차단기(RTSG)를 구동하여 원자로를 정지시키거나, 또는 공학적 안전설비-기기 제어계통(ESF-CCS)을 구동하여 공학적 안전설비(ESF)를 작동하는 (2) 개시논리회로를 포함하는  $m$ 개의 채널을 포함하고,

상기 비교논리 프로세서는,

원자로 계통들의 상태를 나타내는 복수의 센서신호들을 기반으로 입력된 신호값을 기저장된 트립 설정치와 비교하여 트립신호를 발생하고, 상기 발생된 트립신호를 각 채널 내 동그룹의 동시논리 프로세스로 전송하며,

상기 동시논리 프로세서는,

각 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서 각각으로부터 수신한  $m$ 개의 트립신호 중에서 일부 트립신호에 대해 논리조합하여 상기 최종트립신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 개시논리회로는,

상기 삼중화의 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호를 2/3 논리조합하고, 상기 논리조합 결과에 따라 상기 원자로정지차단기(RTSG) 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 구동을 위한 제어신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기  $m$ 이 '4'일 경우,

상기 동시논리 프로세서는,

4개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서로부터 각각 전송되는 4개의 트립신호들을 2/4 논리조합하여 상기 최종트립신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 개시논리회로는,

상기 동시논리 프로세서의 CPU에 대한 고장을 감지하는 위치도그 타이머(WDT)를 포함하고,

상기 위치도그 타이머(WDT)에 의해 고장 감지된 동시논리 프로세서와 관련된 그룹을 제외한 나머지 그룹으로부터 출력되는 2개의 최종트립신호를 2/3 논리조합하며,

상기 논리조합 결과에 따라 상기 원자로정지차단기(RTSG) 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 구동을 위한 제어신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 채널은,

상기 각 그룹에 대해 구비되며, 상기 비교논리 프로세서에 대한 우회요구신호를 발생시키는 스위치를 더 포함하

고,

상기 동시논리 프로세서는,

상기 우회요구신호가 발생된 비교논리 프로세서를 제외한,  $m-1$ 개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서로부터 전송되는  $m-1$ 개의 트립신호들을 논리조합하여 상기 최종트립신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 비교논리 프로세서 또는 상기 동시논리 프로세서에 대한 운전상태를 수집하여 건전성을 진단하는 자동 시험 및 연계 프로세서(Automatic Test and Interface Processor)

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통.

#### 청구항 7

3개의 비교논리 프로세서와 3개의 동시논리 프로세서를 상호 대응하여 구성하는 삼중화의 그룹을,  $m$ 개의 채널에 대해 각각 구성하는 단계;

상기 비교논리 프로세서에서, 원자로 계통들의 상태를 나타내는 복수의 센서신호들을 기반으로 입력된 신호값을 기저장된 트립 설정치와 비교하여 트립신호를 발생하고, 상기 발생된 트립신호를 상기  $m$ 개의 각 채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서로 전송하는 단계;

상기 동시논리 프로세서에서, 각 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서 각각으로부터 수신한  $m$ 개의 트립신호 중에서 일부 트립신호에 대해 논리조합하여 최종트립신호를 출력하는 단계; 및

상기 각 채널에 구비되는 개시논리회로에서, 소속되는 상기 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호 중 일부의 최종트립신호를 이용하여, 원자로정지차단기(RTSG)를 구동하여 원자로를 정지시키거나, 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)을 구동하여 공학적 안전설비(ESF)를 작동하는 제어 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제어 단계는,

상기 삼중화의 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호를 2/3 논리조합하고, 상기 논리조합 결과에 따라 상기 원자로정지차단기(RTSG) 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 구동을 위한 제어신호를 출력하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법.

#### 청구항 9

제7항에 있어서,

상기  $m$ 이 '4'일 경우,

최종트립신호를 출력하는 상기 단계는,

4개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서로부터 각각 전송되는 4개의 트립신호들을 2/4 논리조합하여 상기 최종트립신호를 생성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법.

#### 청구항 10

제7항에 있어서,

상기 제어 단계는,

상기 동시논리 프로세서의 CPU에 대한 고장을 감지하는 워치도그 타이머(WDT)에 의해 고장 감지된 동시논리 프로세서와 관련된 그룹을 제외한 나머지 그룹으로부터 출력되는 2개의 최종트립신호를 2/3 논리조합하는 단계; 및

상기 논리조합 결과에 따라 상기 원자로정지차단기(RTSG) 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 구동을 위한 제어신호를 출력하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법.

#### 청구항 11

제7항에 있어서,

상기 비교논리 프로세서에 대한 우회요구신호가 발생하는지를 식별하는 단계를 더 포함하고,

최종트립신호를 출력하는 상기 단계는,

상기 우회요구신호가 발생된 비교논리 프로세서를 제외한, m-1개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서로부터 전송되는 m-1개의 트립신호들을 논리조합하여 상기 최종트립신호를 생성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법.

#### 청구항 12

제7항에 있어서,

상기 비교논리 프로세서 또는 상기 동시논리 프로세서에 대한 운전상태를 수집하여 건전성을 진단하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법.

#### 청구항 13

제7항 내지 제12항 중 어느 한 항의 방법을 수행하는 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능 기록매체.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술 분야

- <1> 본 발명은 안전등급 디지털 제어기기(PLC: Programmable Logic Controller)를 이용하는 디지털 원자로 보호계통에 있어서, 4 채널들로 구성되고, 각 채널에 대해 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서의 쌍이 삼중화된 그룹으로 포함되며, 상기 삼중화된 그룹으로부터의 출력을 2/3 보팅논리를 갖는 개시논리회로를 통해 제어신호로서 생성 함으로써 사고에 따른 원자로의 정지 또는 상기 사고의 완화를 위한 디지털 원자로 보호계통 및 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법에 관한 것이다.

##### 배경 기술

- <2> 원자력 발전소는 보통 100개 이상의 개별적인 기능을 가진 계통(system)으로 구성된다. 이들 계통은 크게, 원자로를 중심으로 한 핵 증기 공급계통(NSSS: Nuclear Steam Supply System), 증기를 발전기로 전달하는 2차 순환냉각계통, 상기 2차 순환냉각계통으로부터 증기를 공급 받아 발전기를 돌리는 터빈 발전기 계통, 및 기타 부수설비로 구분된다. 현재 한국 원자력발전소의 주종을 이루고 있는 가압 경수로형 발전소를 살펴보면 원자로를 중심으로 한 1차 계통과, 증기발생기, 터빈, 발전기 및 복수기를 포함하는 2차 계통과, 사고에 대비한 공학적 안전설비계통과, 송배전계통과, 계측제어계통, 및 기타 보조계통들로 구성되어 있다.
- <3> 원자력 발전소의 운전을 수행하면서 각 계통의 건전성을 감시하기 위해서는, 여러 종류의 센서를 원자로 계통에 설치하고, 상기 센서로부터 입력되는 신호를 감시하여 원자력 발전소의 상태를 파악해야 한다. 이때, 원자력 발전소 운전 중 원자로의 안전에 영향을 미치는 계통의 이상이나 핵증기 공급계통내의 냉각 기능의 이상이 발생하는 경우, 이러한 이상 상태를 감지하여 제어봉 낙하에 의한 원자로 정지기능을 개시하고, 공학적 안전설비작

동계통을 구동하여 원자로를 냉각시켜야 하며, 이러한 과정을 실질적으로 수행하는 것이 원자로 보호계통이다.

- <4> 원자로 보호계통은 원자로 보호 기능을 수행함으로써, 원자력 발전소에 사고가 발생하더라도 원자력 발전소를 안전한 상태로 유지하고, 방사선 및 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록 하는 기능을 한다. 따라서 원자로 보호계통은 원자력 발전소의 안전성 및 신뢰성에 가장 중요한 역할을 담당하는 계통이라 할 수 있다.
- <5> 발전소 현장에 대한 원자로 보호계통의 최적한 적용을 위해서는, 높은 신뢰도 및 높은 정밀성을 갖는 원자로 보호계통을 구현하여야 하고, 또한 원자로 보호계통 내부 및 외부에서 사소한 고장이 발생하더라도 원자로를 정지시키는 기능에 지장이 없어야 한다.
- <6> 이를 위하여 원자력 발전소는 보통 복수개(일반적으로 4개)의 채널로 원자로 보호계통을 구성한다. 채널이 4개로 구현되는 경우, 상기 4개의 채널은 각기 그 채널에 속한 센서 혹은 기기로부터 플랜트의 상태 신호를 받아 원자로 정지 혹은 안전기기 작동조건을 판단하고 있고, 원자로 보호계통은 4개의 채널 중 2개 이상의 채널로부터의 판단 결과를 고려하여 설정된 조건이 만족되면 원자로를 정지하거나 안전기기를 작동하도록 작동신호를 발생한다.
- <7> 현재까지 국내에서는 상기와 같이 하나의 채널에서 단일한 정보에 근거한 하나의 판단 결과 만을 출력하는 아날로그형 원자로 보호계통 또는 디지털 원자로 보호계통 만을 사용하고 있어, 각 채널에서 출력되는 판단 결과에 대한 신뢰성은 그리 높지 않는 경향이 있다.
- <8> 예컨대, 울진 5, 6호기에 사용되는 DPPS(Digital Plant Protection System)는 비록 4개의 동시논리 프로세서를 사용하고 있지만, 상기 DPPS 역시 채널 당 단일한 정보에 근거한 하나의 판단 결과 만을 출력하고 있어, 판단 결과의 신뢰성이 높다고는 보장할 수 없다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- <9> 본 발명은 상술한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 각 채널에서 완전히 독립된 삼중화 구조를 이루는 디지털 원자로 보호계통과 이를 실현하는 실행논리를 개발하는 디지털 원자로 보호계통 및 상기 디지털 원자로 보호계통을 구현하는 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- <10> 또한, 본 발명은 디지털 원자로 보호계통의 각 채널에 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서를 상호 대응하는, 3개의 그룹을 포함하고, 타채널의 비교논리 프로세서로부터 전달받은 복수의 트립신호를 이용하여 그룹 각각으로 최종트립신호를 출력하며, 이들 최종트립신호를 논리조합하여 디지털 원자로의 이상 여부를 정확하게 판단하여 적절한 안전화 절차가 진행되도록 하는 디지털 원자로 보호계통 및 상기 디지털 원자로 보호계통을 구현하는 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- <11> 또한, 본 발명은, 원자력 발전소에 사고가 발생하더라도 원자력 발전소를 안전한 상태로 유지하고 방사선 및 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록, 원자력 발전소 안전성 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있는 디지털 원자로 보호계통 및 상기 디지털 원자로 보호계통을 구현하는 방법을 제공하는 데에 다른 목적이 있다.

### 과제 해결수단

- <12> 상기의 목적을 달성하고, 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 일실시예에 따른 디지털 원자로 보호계통은, 3개의 비교논리 프로세서(Bistable Processor)와 3개의 동시논리 프로세서(Coincidence Processor)를 상호 대응하여 구성하는 (1) 삼중화의 그룹, 및 상기 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호 중 일부의 최종트립신호를 이용하여, 원자로정지차단기(RTSG)를 구동하여 원자로를 정지시키거나, 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)을 구동하여 공학적 안전설비(ESF)를 작동하는 (2) 개시논리회로를 포함하는 m개의 채널을 포함하고, 상기 비교논리 프로세서는, 원자로 계통들의 상태를 나타내는 복수의 센서신호들을 기반으로 입력된 신호값을 기저장된 트립 설정치와 비교하여 트립신호를 발생하고, 상기 발생된 트립신호를 각 채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서로 전송하며, 상기 동시논리 프로세서는, 각 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서 각각으로부터 수신한 m개의 트립신호 중에서 일부 트립신호에 대해 논리조합하여 상기 최종트립신호를 출력하는 것을 특징으로 한다.
- <13> 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법은, 3개의 비교논리 프로세서와 3개의 동시논리 프로세서를 상호 대응하여 구성하는 삼중화의 그룹을, m개의 채널에 대해 각각 구성하는 단계; 상기

비교논리 프로세서에서, 원자로 계통들의 상태를 나타내는 복수의 센서신호들을 기반으로 입력된 신호값을 기 저장된 트립 설정치와 비교하여 트립신호를 발생하고, 상기 발생된 트립신호를 상기  $m$ 개의 각 채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서로 전송하는 단계; 상기 동시논리 프로세서에서, 각 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서 각각으로부터 수신한  $m$ 개의 트립신호 중에서 일부 트립신호에 대해 논리조합하여 최종트립신호를 출력하는 단계; 및 상기 각 채널에 구비되는 개시논리회로에서, 소속되는 상기 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호 중 일부의 최종트립신호를 이용하여, 원자로정지차단기(RTSG)를 구동하여 원자로를 정지시키거나, 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)을 구동하여 공학적 안전설비(ESF)를 작동하는 제어 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

### 효 과

- <14> 위에서 기술한 바와 같이, 본 발명에 따른 디지털 원자로 보호계통 및 그 방법에서는 디지털 원자로 보호계통의 각 채널에 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서를 포함하는 세 그룹이 완전히 독립적으로 동작하도록 하는 삼중화 리던던시 구조를 채용함으로써, 원자력 발전소에 사고가 발생하더라도 원자력 발전소를 안전한 상태로 유지하고 방사선 및 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록, 원자력 발전소 안전성 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있다.
- <15> 또한, 본 발명에 따르면, 디지털 원자로 보호계통의 각 채널에 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서를 상호 대응하는, 3개의 그룹을 포함하고, 타채널의 비교논리 프로세서로부터 전달받은 복수의 트립신호를 이용하여 그룹 각각으로 최종트립신호를 출력하며, 이들 최종트립신호를 논리조합하여 디지털 원자로의 이상 여부를 정확하게 판단하여 적절한 안전화 절차가 진행되도록 하는 디지털 원자로 보호계통 및 상기 디지털 원자로 보호계통을 구현하는 방법을 제공할 수 있다.
- <16> 또한, 본 발명에 따르면, 원자력 발전소에 사고가 발생하더라도 원자력 발전소를 안전한 상태로 유지하고 방사선 및 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록, 원자력 발전소 안전성 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있는 디지털 원자로 보호계통 및 상기 디지털 원자로 보호계통을 구현하는 방법을 제공할 수 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <17> 이하, 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- <18> 도 1은 본 발명에 따른 디지털 원자로 보호계통에 대한 구체적인 구현 구성을 도시한 도면이다.
- <19> 본 발명의 디지털 원자로 보호계통은 3개의 비교논리 프로세서(BP)와 3개의 동시논리 프로세서(CP)가 각각 상호 연결되는 삼중화의 그룹과, 상기 삼중화의 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호를 이용하여 원자로 보호를 위한 장비(원자로정지차단기(RTSG), 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS) 등)와 연관된 제어신호를 출력하는 제어회로로 구성되는  $m$ 개의 채널을 포함한다.
- <20> 상기  $m$ 은 1 이상의 임의의 자연수일 수 있으며, 본 명세서에서는 발명 이해의 편의를 위해 상기  $m$ 을 4, 즉 4개의 채널로 구성하였을 때를 상정하여 본 발명의 디지털 원자로 보호계통을 설명한다.
- <21> 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 디지털 원자로 보호 계통은 4개(채널 A, 채널 B, 채널 C, 채널 D)로 구성되며, 각 채널은 비교논리 프로세서(BP)-동시논리 프로세서(CP) 쌍으로 구성된 3개의 그룹(그룹 1, 그룹 2, 그룹 3)과, 각 그룹에서 출력되는 최종트립신호를 이용하여 제어신호를 출력하는 제어 회로로 구성된다.
- <22> 우선, 비교논리 프로세서(BP)는 원자로 계통들의 상태를 나타내는 복수의 센서신호들을 기반으로 입력된 신호값을 기저장된 트립 설정치와 비교하여 트립신호를 발생하는 역할을 한다.
- <23> 또한, 비교논리 프로세서(BP)는 발생한 트립신호를, 상기 비교논리 프로세서(BP)와 동채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서(CP), 및 타채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서(CP)로 전송한다. 즉, 비교논리 프로세서(BP)는 발생시킨 트립신호를, 각 채널에서 상기 비교논리 프로세서(BP)에 의해 식별되는 그룹과 동일 그룹의 동시논리 프로세서(CP)로 전달하는 역할을 한다.
- <24> 도 2는 비교논리 프로세서(BP)에서 발생시킨 트립신호가 각 채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서(CP)로 전송되는 구체적인 일례를 도시한 도면이다.
- <25> 도 1에서와 같이, 본 발명의 디지털 원자로 보호계통을 구성하는 채널 각각은, 삼중화의 그룹 1, 그룹 2, 그룹

3을 포함한다. 하나의 그룹은 타채널 내 동일 그룹과 정보적으로 상호 연관성을 갖게 되며, 예를 들어 채널 A의 그룹 1은, 채널 B의 그룹 1, 채널 C의 그룹 1, 채널 D의 그룹 1과 정보적으로 상호 연관성을 가질 수 있다.

<26> 도 2의 i)와 같이, 예컨대 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{A1}$ 에서 외부로부터 센서신호를 받고, 그에 따른 트립신호를 발생하는 것을 가정한다. 상기  $BP_{A1}$ 은 각 채널에서 자신의 그룹인 '그룹 1'과 연관된 동시논리 프로세서, 즉 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 과, 채널 B 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{B1}$ 과, 채널 C 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{C1}$ 과, 채널 D 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{D1}$ 로, 발생시킨 트립신호를 전달할 수 있다.

<27> 유사하게, 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $BPA1$ 은, 각 채널에서 자신의 그룹인 '그룹 1'과 연관된 비교논리 프로세서 각각으로부터 트립신호를 수신하게 된다.

<28> 도 2의 ii)와 같이, 예컨대 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 은 각 채널에서 '그룹 1'과 연관된 비교논리 프로세서, 즉 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{A1}$ 과, 채널 B 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{B1}$ 과, 채널 C 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{C1}$ 과, 채널 D 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{D1}$ 로부터 트립신호를 수신할 수 있다.

<29> 다시 도 1을 살펴보면, 4개의 채널 내 비교논리 프로세서(BP) 각각으로부터, 트립신호를 수신한 동시논리 프로세서(CP)는, 수신한 4개의 트립신호 중에서 일부 트립신호에 대해 논리조합하여 최종트립신호를 출력하게 된다. 즉, 동시논리 프로세서(CP)는 4개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서(BP)로부터 각각 전송되는 4개의 트립신호를 2/4 논리조합하여 최종트립신호를 생성하는 역할을 한다.

<30> 본 발명의 디지털 원자로 보호계통은 각 채널에 대해, 그룹 각각으로 구비되는 스위치를 더 포함할 수 있고, 상기 스위치를 이용하여 상기 비교논리 프로세서(BP)에 대한 우회요구신호를 발생시킬 수 있다. 이러한 스위치가 구비된 환경하에서, 동시논리 프로세서(CP)는 상기 우회요구신호가 발생된 비교논리 프로세서(BP)를 제외한, m-1개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서(BP)로부터 전송되는 m-1개의 트립신호들을 논리조합하여 최종트립신호를 생성하게 된다.

<31> 예컨대, 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{A1}$ 에 대해 우회요구신호가 발생하는 경우, 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 은, 상기  $BP_{A1}$ 을 제외한, 비교논리 프로세서  $BP_{B1}$ ,  $BP_{C1}$ ,  $BP_{D1}$ 로부터 3(='4-1')개의 트립신호를 수신하고, 이들을 2/4 논리조합하여 최종트립신호를 생성할 수 있다.

<32> 개시논리회로는 상기 삼중화의 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호를 2/3 논리조합하고, 상기 논리조합 결과에 따라 원자로정지차단기(RTSG) 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 구동을 위한 제어신호를 출력한다. 즉, 개시논리회로는 복수의 체크 과정을 통해 디지털 원자로의 이상 여부를 정확하게 인지하고, 인지된 정보에 따라 상기 디지털 원자로에 대한 보호 프로세서가 이루어지도록 하는 역할을 한다.

<33> 또한, 개시논리회로는 동시논리 프로세서(CP)의 CPU에 대한 고장을 감지하는 워치도그 타이머(WDT)를 포함하고, 상기 워치도그 타이머(WDT)에 의해 고장 감지된 동시논리 프로세서와 관련된 그룹을 제외한 나머지 그룹으로부터 출력되는 2개의 최종트립신호를 2/3 논리조합 할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 개시논리회로는 정상 상태의 동시논리 프로세서로부터 신뢰할 수 있는 최종트립신호 만을 이용하여 제어신호를 출력할 수 있어, 디지털 원자로에 대한 이상 판단이 보다 정확하게 이루어지도록 하는 환경을 마련할 수 있다.

<34> 도 1에 명기하지 않았지만, 본 발명의 디지털 원자로 보호계통은, 비교논리 프로세서(BP) 또는 동시논리 프로세서(CP)에 대한 운전상태를 수집하여 건전성을 진단하는 자동 시험 및 연계 프로세서(Automatic Test and Interface Processor)를 더 포함할 수 있다.

<35> 이에 따라, 본 발명에 의해서는, 디지털 원자로 보호계통의 각 채널에 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서를 상호 대응하는, 3개의 그룹을 포함하고, 타채널의 비교논리 프로세서로부터 전달받은 복수의 트립신호를 이용하여 그룹 각각으로 최종트립신호를 출력하며, 이들 최종트립신호를 논리조합하여 디지털 원자로의 이상 여부를 정확하게 판단하여 적절한 안전화 절차가 진행되도록 할 수 있다.

<36> 또한, 본 발명에 따르면, 원자력 발전소에 사고가 발생하더라도 원자력 발전소를 안전한 상태로 유지하고 방사선 및 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록, 원자력 발전소 안전성 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있다.

- <37> 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 디지털 원자로 보호계통의 구성을 도시한 도면이다.
- <38> 도 3에 도시한 바와 같이, 디지털 원자로 보호계통(300)은 각 채널마다, 3개의 비교논리 프로세서(BP)와 3개의 동시논리 프로세서(CP)가 상호 대응하는 삼중화 구조의 4개 채널(채널 A, B, C, D)들, 원격정지실 운전원모듈(RSR OM), 주제어실 운전원모듈(MCR OM)을 포함한다. 상기 채널은 3,4,5,6,7,8 등 N개(N은 3이상 자연수) 이상으로 구성될 수 있으나, 리던던시의 효율과 회로의 복잡성 등을 고려하여 4개 채널의 리던던시 구조가 바람직할 수 있다. 상기 4개 채널 각각은 채널간의 물리적/전기적 독립성이 유지되도록 구성된다. 원격정지실 운전원모듈(RSR OM) 및 주제어실 운전원모듈(MCR OM)은 원자로 보호계통의 운전상태를 감시하고 제어하는 역할을 수행할 수 있다.
- <39> 또한, 디지털 원자로 보호계통(300)은 제어기기 및 시험/진단 관련 인간-기계 연계(MMI: Man-Machine Interface)가 장착되는 캐비닛 형태로 구성될 수 있다. 이때, 외부계통에는 'Tr. CPC', '원자로 트립 장치(RTSG)', '공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)'으로 구성될 수 있다. 여기서, Tr은 PI(Process Instrument)로 표기될 수 있다.
- <40> 상기 4개 채널들(채널 A, 채널 B, 채널 C, 채널 D)은 센서신호의 입력에서부터 상기 센서신호에 대한 출력신호의 출력까지 완전 독립적으로 각각 구동된다. 비교논리 프로세서(BP)와 동시논리 프로세서(CP) 간의 트립신호 송수신은 안전데이터링크(SDL: Safety Data Link)에 의한 통신방식을 통하여 이루어진다. 예컨대, 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서 BPA1은 상기 안전데이터링크를 통해, 각 채널 내 동그룹(그룹 1)의 동시논리 프로세서 CP<sub>A1</sub>, CP<sub>B1</sub>, CP<sub>C1</sub>, CP<sub>D1</sub>로, 발생시킨 원자로 계통들의 공정 변수 별 트립신호를 전송할 수 있다.
- <41> 센서에 의하여 측정하는 공정 변수별 센서신호는 각 원자로 계통의 공정입력과 노심 보호 연산기(CPC: Core Protection Calculator)에서 계산되는 원자로 내부의 인자 값, 노외 중성자속 감시시스템(ENFMS: Ex-core Neutron Flux Monitoring System)에서 측정되는 중성자속 출력 값 등을 포함하며, 이들 값들은 각 채널 별로 독립적으로 입력된다.
- <42> 입력단에 입력된 센서신호들은 비교논리 프로세서(BP)로 전송된다. 비교논리 프로세서(BP)는 사전에 설정되는 트립 설정치와 상기 전송받은 센서신호를 비교하고, 상기 비교 결과 상기 센서신호의 값이 트립 설정치를 초과하는 경우, 관련된 변수에 대한 트립신호를 발생하는 역할을 한다. 또한, 비교논리 프로세서(BP)는 발생시킨 트립신호를, 각 채널(4개의 채널)에서 상기 비교논리 프로세서(BP)에 의해 식별되는 그룹과 연관된 동시논리 프로세서(채널 A의 CP, 채널B의 CP, 채널C의 CP, 채널D의 CP) 각각으로 안전데이터링크를 통하여 전송하게 된다.
- <43> 동시논리 프로세서(CP)는 동일 채널에 속하는 비교논리 프로세서(BP)와 타 채널(3개 채널)에 속하는 비교논리 프로세서(BP)들로부터 채널 수(예, 4개)만큼의 트립신호를 수신하게 된다. 또한, 동시논리 프로세서(CP)는 수신된 4개의 트립신호 중에서, 일부, 예컨대 2개를 취하여 2/4 논리조합을 수행하고, 상기 수행된 2/4 논리조합의 논리결과를 만족하는 경우, 즉 4채널 중 2채널로부터 해당 논리 값이 같은 경우에, 최종트립신호를 생성하여 개시논리회로로 전송한다.
- <44> 개시논리회로는 동시논리 프로세서(CP)로부터, 즉 채널 내 포함되는 삼중화의 그룹 각각으로부터 최종트립신호를 수신하면, 원자로 트립 장치(RTSG: Reactor Trip Switch Gear)를 통한 제어봉 전원을 차단하여 제어봉 낙하에 의한 원자로 정지를 구동하고, 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS: Engineered Safety Features - Component Control System)을 구동하여 원자로를 냉각하게 된다.
- <45> 이하에서는 각 채널의 상세 구성을 설명하기 위하여 도 4를 참조하여 설명한다.
- <46> 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 채널의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- <47> 디지털 원자로 보호계통(300)의 각 채널(채널 A, B, C, D)은 삼중화 구조의 비교논리 프로세서 'BP<sub>1</sub>, BP<sub>2</sub>, BP<sub>3</sub>'와, 삼중화 구조의 동시논리 프로세서 'CP<sub>1</sub>, CP<sub>2</sub>, CP<sub>3</sub>', 및 2/3 개시논리를 갖는 개시논리회로로 구성된다.
- <48> 비교논리 프로세서 'BP<sub>1</sub>, BP<sub>2</sub>, BP<sub>3</sub>'와, 동시논리 프로세서 'CP<sub>1</sub>, CP<sub>2</sub>, CP<sub>3</sub>'은 PLC(Programmable Logic Controller) 또는 ASIC 등의 디지털 제어장치를 사용한다. 상기 디지털 제어장치는 아날로그 및 디지털 신호를 처리하는 입/출력모듈, 보호논리를 수행하는 CPU모듈, 데이터통신을 처리하는 통신모듈 및 전원모듈로 구성된다.
- <49> 디지털 원자로 보호계통(200)은 안전등급(Class 1E)을 만족하며, 내진범주 I(Seismic Category I)로 분류한다.

- <50> 도 4에 도시한 바와 같이, 채널 A에 대해, 그룹 1은 비교논리 프로세서  $BP_{A1}$ 과 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 이 상호 대응되며, 유사하게 그룹 2는 ' $BP_{A2} - CP_{A2}$ ', 그룹 3은 ' $BP_{A3} - CP_{A3}$ '으로 구성된다.
- <51> 채널 내 그룹 1 내지 그룹 3은 입력모듈에서부터 출력모듈까지 완전히 분리되어 있고, 공정 변수 별 센서신호들이나 트립 변수별 소정 입력 신호들을 서로 공유한다. 즉, 각 그룹에 속한 프로세서 간에만 상호 연계되고, 다른 그룹에 있는 비교논리 프로세서 및 동시논리 프로세서는 독립적으로 구동한다. 비교논리 프로세서의 출력은 안전데이터링크(SDL)를 통해 동일 채널 및 타 채널의 동일 그룹 동시논리 프로세서로 전달될 수 있다.
- <52> 예를 들어, 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{A1}$ 의 출력은 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 과 함께, 채널 B, C, D 내 그룹 1의 동시논리 프로세서 ' $CP_{B1}, CP_{C1}, CP_{D1}$ ' 각각으로 전달될 수 있다.
- <53> 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 입력단 신호처리 프로세서를 통해 디지털 신호로 변환된 센서신호들로부터 신호값을 취득하고, 상기 취득한 신호값과 트립 설정치를 비교하여 트립 상태 또는 예비트립 상태를 결정한다.
- <54> 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 트립 설정치를 결정하는데, 상기 트립 설정치는 고정형 설정치, 수동리셋형의 가변 설정치, 및 비올제한형의 가변 설정치가 있다.
- <55> 또한, 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 입력된 신호값이 트립 설정치를 초과하거나, 또는 트립 설정치 이하로 감소하면, 각각 채널트립을 발생한다. 즉, 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 노심 보호 연산기(CPC)로부터의 디지털 입력 트립변수인 해당 센서신호에 대하여, 결정된 트립신호에 따라 채널트립(예비트립)을 결정한다.
- <56> 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 신호값이 트립 설정치의 허용범위 내에 있을 때 각 채널의 전면부의 스위치를 통해 운전원으로부터 각 채널의 우회(bypass) 요구신호를 요청받고, 운전우회를 개시한다. 운전우회가 입력되면 해당 트립변수(대수출력트립 및 가압기저압력트립)에 대한 비교논리 트립 및 예비트립은 우회되어 무효화된다. 상기 공정치가 상기 허용범위를 벗어나면 개시된 운전우회는 자동으로 제거된다.
- <57> 또한, 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 안전데이터링크(SDL)를 통해 상기 4채널들(자기 채널 및 타 채널) 내 동일 그룹의 동시논리 프로세서(CP)로, 트립과 예비트립, 우회요구와 우회 및 박동신호 등의 상태신호를 전송한다. 또한, 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )은 상기 상태 정보 및 운전정보를 채널내부통신망(ICN, Inter-Channel Network)을 통해 원격정지실 운전원모듈(RSR OM), 주제어실 운전원모듈(MCR OM), 캐비닛 운전원모듈(COM), 및 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)로 전송한다.
- <58> 동시논리 프로세서들( $CP_1, CP_2, CP_3$ )은 상기 4개 채널들 내 해당 그룹의 비교논리 프로세서들로부터 출력되는 4개의 트립신호를, 2/4 논리조합하여 최종트립신호를 생성한다. 동시논리 프로세서들( $CP_1, CP_2, CP_3$ )은 상기 생성된 최종트립신호를 개시논리회로(IC)로 전송한다. 동시논리 프로세서들( $CP_1, CP_2, CP_3$ )은 채널내부통신망(ICN)을 통해 트립상태, 트립채널우회 상태 등의 운전정보를 원격정지실 운전원모듈(RSR OM), 주제어실 운전원모듈(MCR OM), 캐비닛 운전원모듈(COM), 및 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)로 전송한다.
- <59> 본 발명에 따르면, 비교논리 프로세서의 정비 및 시험을 위해서 해당 고장 혹은 시험중인 채널의 출력을 우회할 필요가 있다. 이를 위해, 동시논리 프로세서들( $CP_1, CP_2, CP_3$ )은 개별 트립변수 우회와 전채널 우회의 트립채널 우회 수단을 제공한다. 상기 개별 트립변수 우회는 한 트립변수에 대하여 하나의 채널만 우회시키며 이미 트립채널우회(TCB, Trip-Channel Bypass)가 적용되어 있는 변수는 다른 채널의 트립채널요구를 무시할 수 있다. 이때, 한 채널내의 다른 변수에 대한 트립채널우회는 허용한다. 동일 시각에 두 개 이상의 채널에서 동일변수에 대한 트립채널요구가 입력되면 A, B, C, D 채널의 순서로 우선순위를 갖는다.
- <60> 상기 전채널 우회(ACB, All-Channel Bypass)는 한 개의 채널 전체를 우회시킬 수 있으며, 동시에 2개 이상의 채널에 대한 우회는 금지된다. 상기 전채널 우회는 3개 이상의 채널에서 우회하고자 하는 채널에 대한 우회를 요구할 때 개시된다. 즉, 채널 A의 전채널 우회를 개시하려면 채널 A, B, C, D 4개의 채널 중 3개 이상의 채널에서 채널 A에 대한 전채널 우회를 입력해야 한다.
- <61> 또한, 동시논리 프로세서들( $CP_1, CP_2, CP_3$ )은 상기 4개 채널 내 비교논리 프로세서들( $BP_1, BP_2, BP_3$ )로부터 수신

되는 4개의 트립신호에 대해 2/4 동시논리를 수행한다. 예컨대, 공정변수 입력부에 고장이 발생하여 어떤 변수에 대하여 트립채널우회가 존재하는 경우, 동시논리 프로세서들(CP<sub>1</sub>, CP<sub>2</sub>, CP<sub>3</sub>)은 그 변수에 대한 우회채널을 무시하고 나머지 3개의 채널신호 중에서 2/3 동시논리를 만족하면 트립을 발생한다.

- <62> 상기와 같은 전채널 우회는 비교논리 프로세서만을 우회하는 것으로, 동시논리 프로세서가 고장이거나 시험을 하는 등의 동시논리 프로세서의 출력모듈 비가용상태에서 출력신호를 차단하는 방법은 부재하다. 각 채널의 출력은 1/2 논리에 의하여 채널의 최종 원자로정지 혹은 안전기기 작동신호를 생산하므로 동시논리 프로세서의 정비 혹은 고장시에도 위의 작동신호가 실패 안전(Fail Safe) 설계에 의하여 정지/작동신호가 해당 채널에서 발생된다. 본 발명에 따른 또 다른 선택형 Package(B-형)는 삼중화 된 채널에서 고장이거나 정비중인 동시논리 프로세서를 우회(Bypass, Override) 시킬 수 있다. 이때, 단 한 채널에 있는 두 개의 동시논리 프로세서를 모두 우회할 수 없도록 연동구조로 구성한다.
- <63> 동시논리 프로세서들은 2/4 논리조합하여 최종트립신호를 생성하여 개시논리회로로 전송하는데 필요한 세장의 디지털 출력카드를 보유하며, 위치도그 타이머를 구동하기 위해 1개의 디지털 릴레이 출력모듈을 갖는다. 세장의 디지털 출력카드는 동일한 결과를 출력하게 되며, 이는 개시논리회로의 릴레이 점점으로 전송된다.
- <64> 개시논리회로(Initiation Logic Circuit)는 3개의 위치도그 타이머, 광전송기(ESFS), 릴레이 코일, 가변 콘덴서, 다이오드 및 전원 등의 회로장치들로 구성된다. 보다 구체적으로, 개시논리회로는 직렬의 위치도그 타이머를 이용하여 동시논리프로세서의 동작 정지(CPU fail)시 개시되도록 하는 것을 특징으로 한다.
- <65> 개시논리회로는 각 그룹의 동시논리 프로세서로부터 출력신호를 수신하여 원자로정지차단기(RTSG)를 통해 원자로를 정지하거나 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)을 통해 공학적 안전설비를 작동한다. 개시논리회로는 세 그룹의 동시논리 프로세서 출력을 2/3 논리로 보팅(voting)하도록 구현한다. 원자로 보호계통 개시논리회로의 출력은 해당 채널의 원자로정지차단기(RTSG)로 하드와이어를 통해 연결되고, 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS) 개시논리회로의 출력은 광케이블을 통해 공학적 안전설비-기기제어계통 각 디비전(Division)의 그룹 제어기로 연결된다.
- <66> 상기 위치도그 타이머(Watchdog Timer)는 동시논리 프로세서들의 박동신호를 감시하며, 박동신호에 오류가 발생하면 개시논리회로를 개방하여 원자로정지차단기(RTSG) 및 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)에 대한 제어신호를 발생시킨다.
- <67> 개시논리회로는 입력변수의 조건에 따라 원자로 정지, 공학적 안전설비 작동 및 제어봉인출 금지를 위한 제어신호를 생성할 수 있다. 상기 제어신호는 작동되고 있는 릴레이 코일이 비자화(de-energized)됨으로써 실현된다. 상기 제어신호의 종류에는 저전압(Under Voltage) 원자로 정지, 단락(shunt) 원자로 정지, 안전주입 개시, 주증기 격리 개시, 격납용기 격리 개시, 격납용기 살수 개시, 제1 보조급수 개시, 제2 보조급수 개시, 제어봉인출금지 작동 등이 있다.
- <68> 자동시험 및 연계프로세서(ATIP: Automatic Test and Interface Processor)는 채널 내부 및 타 채널의 비교논리 프로세서 및 동시논리 프로세서의 기능이 정확하게 작동하고 있는지를 시험하고 감시한다. 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 비교논리 프로세서로부터 변수값, 설정치, 트립/예비트립 상태, 운전우회 등의 상태를 채널 내부통신망(ICDN, Intra-Channel Data Network)을 통해 입력받아 비교논리 프로세서를 감시한다. 또한, 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 동시논리 프로세서로부터 트립, 트립채널우회, 전채널우회 등의 상태를 채널내부통신망(ICDN)을 통해 입력받아 동시논리 프로세서를 감시한다.
- <69> 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 공학적 안전설비-기기제어계통 시험 및 연계프로세서(ETIP, ESF-CCS Test & Interface Processor)와 안전데이터 링크(SDL)를 통해 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 상태정보를 제공받고, 이를 운전원모듈(OM)로 전송한다. 또한, 원자로정지차단기(RTSG)의 각 지선(leg)의 연결상태(전류의 흐름 유무)를 검출하여 감시하고, 캐비닛 내부 전원공급장치 및 온도검출기, 캐비닛 도어 개방신호, 개시논리회로 등 채널 내부기기의 작동상태를 취득하고 감시한다.
- <70> 또한, 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 디지털 원자로 보호계통의 Trouble 상태를 캐비닛 운전원모듈(COM)과 정보처리계통(IPS)에 제공한다. 디지털 원자로 보호계통의 Trouble 경보는 캐비닛 온도 이상, 하드웨어 고장 및 시험 오류를 포함한다. 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 채널 내에서 'Low DNBR'과 'High LPD'가 모두 우회될 경우 'CPC Test Enable' 출력신호를 CPC에 제공해야 한다. 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 캐비닛 내의 동시논리 프로세서가 위의 두 변수에 대하여 모두 트립채널 우회일 때 우회상태로 결정한다.

- <71> 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 비교논리 프로세서 및 동시논리 프로세서가 정확하게 기능을 수행하는지를 확인하기 위해 수동개시 자동시험 기능을 가져야 한다. 상기 자동 시험 기능은 운전원에 의해 필요시 수동 또는 자동으로 수행할 수 있다. 이를 위해, 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 자동 시험을 위한 시험 시작신호를 생성하여 비교논리 프로세서 및 동시논리 프로세서로 전송하고, 그 결과를 피드백 받아 건전성을 확인할 수 있다.
- <72> 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 건전성을 보증하기 위해 박동신호를 생성하여 그 신호를 디지털출력 모듈을 통해 개시논리회로의 위치도그 타이머로 전송한다. 또한 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)는 채널 내부 또는 타 채널의 자동시험 및 연계프로세서의 동작상태를 감시할 수 있도록 채널데이터통신망(ICDN)을 통해 박동신호(Heartbeat)를 전송한다.
- <73> 디지털 원자로 보호계통의 운전원 연계는 원격정지실 운전원모듈(RSR OM), 주제어실 운전원모듈(MCR OM) 및 캐비닛 운전원모듈(COM)로 구성된다. 여기서, 원격정지실 운전원모듈(RSR OM: Remote Shutdown Room Operator Module)과 주제어실 운전원모듈(MCR OM: Main Control Room Operator Module)은 운전우회 및 설정치 수동리셋 등 원자로 운전을 조작한다. 캐비닛 운전원모듈(COM: Cabinet Operator Module)은 예방정비 및 보수를 위한 제반 감시 및 조작을 수행한다. 이들 신호는 하드웨어 스위치를 통해 개시되고, 하드와이어를 통해 관련 비교논리 프로세서 또는 동시논리 프로세서로 전송된다.
- <74> 캐비닛 운전원모듈(COM)에서는 시험 및 보수를 위한 트립채널우회(TCB, Trip-Channel Bypass), 전채널우회(ACB, All-Channel Bypass), 원자로 보호계통 정지차단기 리셋(RPS Trip Circuit Breaker Reset), 공학적 안전설비(ESF) 작동신호 리셋 등을 하드웨어 스위치를 통하여 개시한다. 캐비닛 운전원모듈(COM)은 터치화면과 컴퓨터, 트랙볼, 키보드 및 수동제어패널로 구성되며, 각 채널당 한 개씩 캐비닛 전면부에 설치된다. 캐비닛 운전원모듈(COM)은 채널내부 통신망(ICN)을 통해 비교논리 프로세서, 동시논리 프로세서, 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)와 연결되며, 원자로 보호계통의 운전상태를 정보처리계통(IPS: Information Processing System)으로 전송하기 위한 게이트웨이(gateway)로 사용된다.
- <75> 디지털 원자로 보호계통은 각 프로세서 모듈간의 신호전송을 위하여 세 종류의 데이터 통신망을 갖는다. 안전 데이터링크(SDL)는 비교논리 프로세서 출력을 동시논리 프로세서로 전송하며, 단방향성 및 결정론적 프로토콜을 사용한다. 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)와 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS) 시험 및 연계프로세서(ETIP)간의 통신도 SDL로 이루어진다. 채널내부통신망(ICN)은 각 채널 내의 비교논리 프로세서, 동시논리 프로세서, 자동시험 및 연계프로세서(ATIP) 및 운전원모듈(OM)간에 정보를 교환하기 위해 사용된다. 채널간 데이터 통신망(ICDN)은 채널간을 서로 연결하는 통신망으로, 각 채널의 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)간에 운전정보를 서로 교환하고 경보계통(QIAS: Qualified Indication & Alarm System)과 자동시험 및 연계프로세서(ATIP)간의 통신을 수행한다.
- <76> 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법을 구체적으로 도시한 작업 흐름도이다.
- <77> 우선, 본 발명의 디지털 원자로 보호계통은 3개의 비교논리 프로세서(BP)와 3개의 동시논리 프로세서(CP)를 상호 대응하여 구성하는 삼중화의 그룹을, m개의 채널에 대해 각각 구성한다(S510).
- <78> 상기 m은 1 이상의 임의의 자연수일 수 있으며, 본 명세서에서는 발명 이해의 편의를 위해 상기 m을 4, 즉 4개의 채널로 구성하였을 때를 상정하여 본 발명의 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법을 설명한다.
- <79> 단계 S510에서 디지털 원자로 보호 계통은 비교논리 프로세서(BP)-동시논리 프로세서(CP) 쌍으로 구성된 3개의 그룹(그룹 1, 그룹 2, 그룹 3)을 포함하는 4개(채널 A, 채널 B, 채널 C, 채널 D)를 구성한다.
- <80> 또한, 디지털 원자로 보호계통은 각 채널 내 그룹의 비교논리 프로세서(BP)를 통해, 원자로 계통들의 상태를 나타내는 복수의 센서신호들을 기반으로 입력된 신호값을 기저장된 트립 설정치와 비교하여 트립신호를 발생시킨다(S520).
- <81> 계속해서, 디지털 원자로 보호계통은 비교논리 프로세서(BP)에서 발생한 트립신호를, 상기 비교논리 프로세서(BP)와 동채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서(CP), 및 타채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서(CP)로 전송한다(S530). 즉, 비교논리 프로세서(BP)는 발생시킨 트립신호를, 각 채널에서 상기 비교논리 프로세서(BP)에 의해 식별되는 그룹과 동일 그룹의 동시논리 프로세서(CP)로 전달한다.
- <82> 예컨대 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서 BP<sub>A1</sub>에서 외부로부터 센서신호를 받고, 그에 따른 트립신호를 발

생하는 것을 가정한다. 상기  $BP_{A1}$ 은 각 채널에서 자신의 그룹인 '그룹 1'과 연관된 동시논리 프로세서, 즉 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 과, 채널 B 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{B1}$ 과, 채널 C 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{C1}$ 과, 채널 D 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{D1}$ 로, 발생시킨 트립신호를 전달할 수 있다.

<83> 또한, 디지털 원자로 보호계통은, 4개의 채널 내 비교논리 프로세서(BP) 각각으로부터, 트립신호를 수신한 동시논리 프로세서(CP)를 통해, 수신한 4개의 트립신호 중에서 일부 트립신호에 대해 논리조합하여 최종트립신호를 출력한다(S540). 즉, 동시논리 프로세서(CP)는 4개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서(BP)로부터 각각 전송되는 4개의 트립신호를 2/4 논리조합하여 최종트립신호를 생성한다.

<84> 상기 단계 S540에서, 디지털 원자로 보호계통은 상기 비교논리 프로세서(BP)에 대한 우회요구신호가 발생하는지를 식별할 수 있고, 디지털 원자로 보호계통의 동시논리 프로세서(CP)는 상기 우회요구신호가 발생된 비교논리 프로세서(BP)를 제외한, m-1개의 채널 내 동그룹의 비교논리 프로세서(BP)로부터 전송되는 m-1개의 트립신호들을 논리조합하여 최종트립신호를 생성하게 된다.

<85> 예컨대, 채널 A 내 그룹 1의 비교논리 프로세서  $BP_{A1}$ 에 대해 우회요구신호가 발생하는 경우, 채널 A 내 그룹 1의 동시논리 프로세서  $CP_{A1}$ 은, 상기  $BP_{A1}$ 을 제외한, 비교논리 프로세서  $BP_{B1}$ ,  $BP_{C1}$ ,  $BP_{D1}$ 로부터 3(='4-1')개의 트립신호를 수신하고, 이들을 2/4 논리조합하여 최종트립신호를 생성할 수 있다.

<86> 다음으로, 디지털 원자로 보호계통은 상기 삼중화의 그룹 각각으로부터 출력되는 3개의 최종트립신호를 2/3 논리조합하고, 상기 논리조합 결과에 따라 원자로정지차단기(RTSG) 또는 공학적 안전설비-기기제어계통(ESF-CCS)의 구동을 위한 제어신호를 출력한다(S550). 즉, 개시논리회로는 복수의 체크 과정을 통해 디지털 원자로의 이상 여부를 정확하게 인지하고, 인지된 정보에 따라 상기 디지털 원자로에 대한 보호 프로세서가 이루어지도록 한다.

<87> 또한, 단계 S550에서의 디지털 원자로 보호계통의 개시논리회로는 동시논리 프로세서(CP)의 CPU에 대한 고장을 감지하는 위치도그 타이머(WDT)에 의해 고장 감지된 동시논리 프로세서와 관련된 그룹을 제외한 나머지 그룹으로부터 출력되는 2개의 최종트립신호를 2/3 논리조합 할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 개시논리회로는 정상 상태의 동시논리 프로세서로부터 신뢰할 수 있는 최종트립신호 만을 이용하여 제어신호를 출력할 수 있어, 디지털 원자로에 대한 이상 판단이 보다 정확하게 이루어지도록 하는 환경을 마련할 수 있다.

<88> 도 5에 명기하지 않았지만, 본 발명의 디지털 원자로 보호계통의 구동 방법은, 비교논리 프로세서(BP) 또는 동시논리 프로세서(CP)에 대한 운전상태를 수집하여 건전성을 진단하는 과정을 더 포함할 수 있다.

<89> 이에 따라, 본 발명에 의해서는, 디지털 원자로 보호계통의 각 채널에 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서를 상호 대응하는, 3개의 그룹을 포함하고, 타채널의 비교논리 프로세서로부터 전달받은 복수의 트립신호를 이용하여 그룹 각각으로 최종트립신호를 출력하며, 이들 최종트립신호를 논리조합하여 디지털 원자로의 이상 여부를 정확하게 판단하여 적절한 안전화 절차가 진행되도록 할 수 있다.

<90> 또한, 본 발명에 따르면, 원자력 발전소에 사고가 발생하더라도 원자력 발전소를 안전한 상태로 유지하고 방사선 및 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록, 원자력 발전소 안전성 및 신뢰성 향상에 기여할 수 있다.

<91> 본 발명에 따른 디지털 원자로 보호계통의 삼중화 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

<92> 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이

가능하다.

<93> 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

### 도면의 간단한 설명

<94> 도 1은 본 발명에 따른 디지털 원자로 보호시스템에 대한 구체적인 구현 구성을 도시한 도면이다.

<95> 도 2는 비교논리 프로세서(BP)에서 발생시킨 트립신호가 각 채널 내 동그룹의 동시논리 프로세서(CP)로 전송되는 구체적인 일례를 도시한 도면이다.

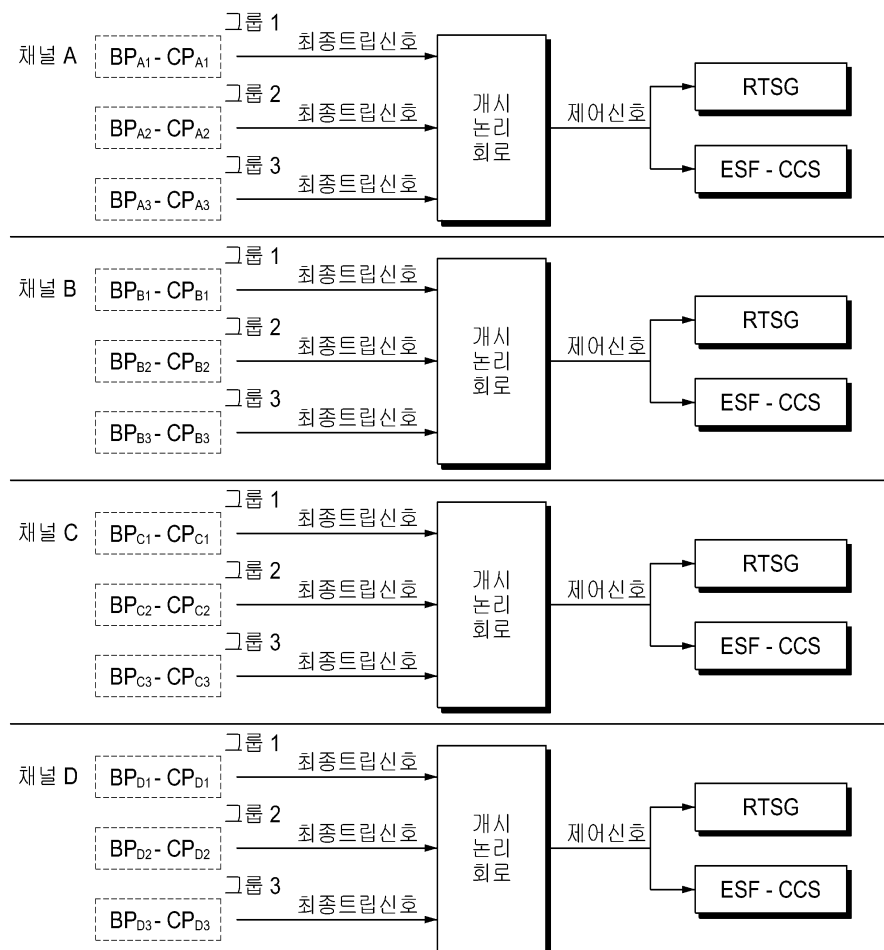
<96> 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 디지털 원자로 보호시스템의 구성을 도시한 도면이다.

<97> 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 채널의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

<98> 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 디지털 원자로 보호시스템의 구동 방법을 구체적으로 도시한 작업 흐름도이다.

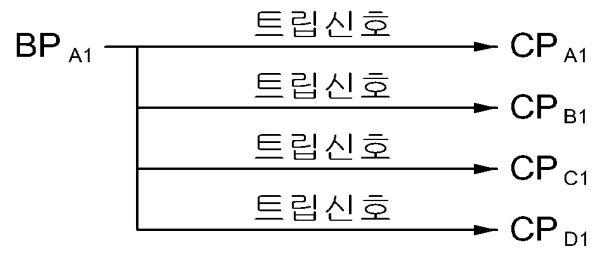
### 도면

도면1

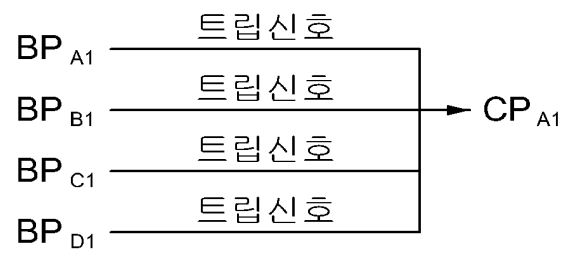


도면2

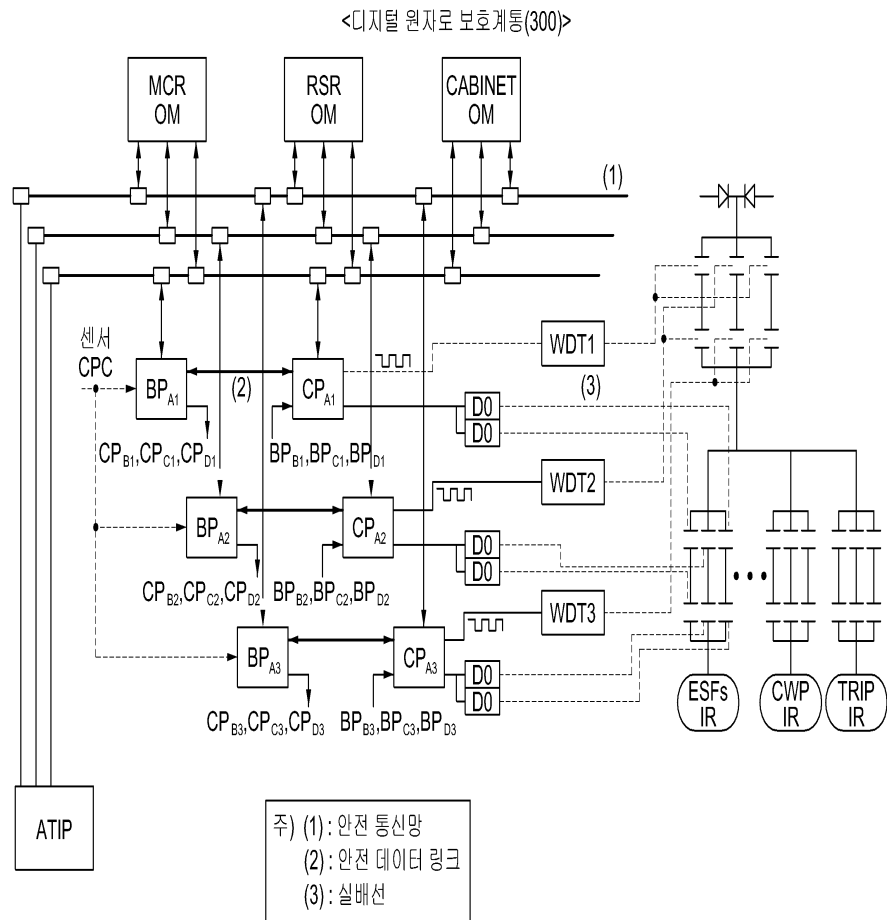
i)



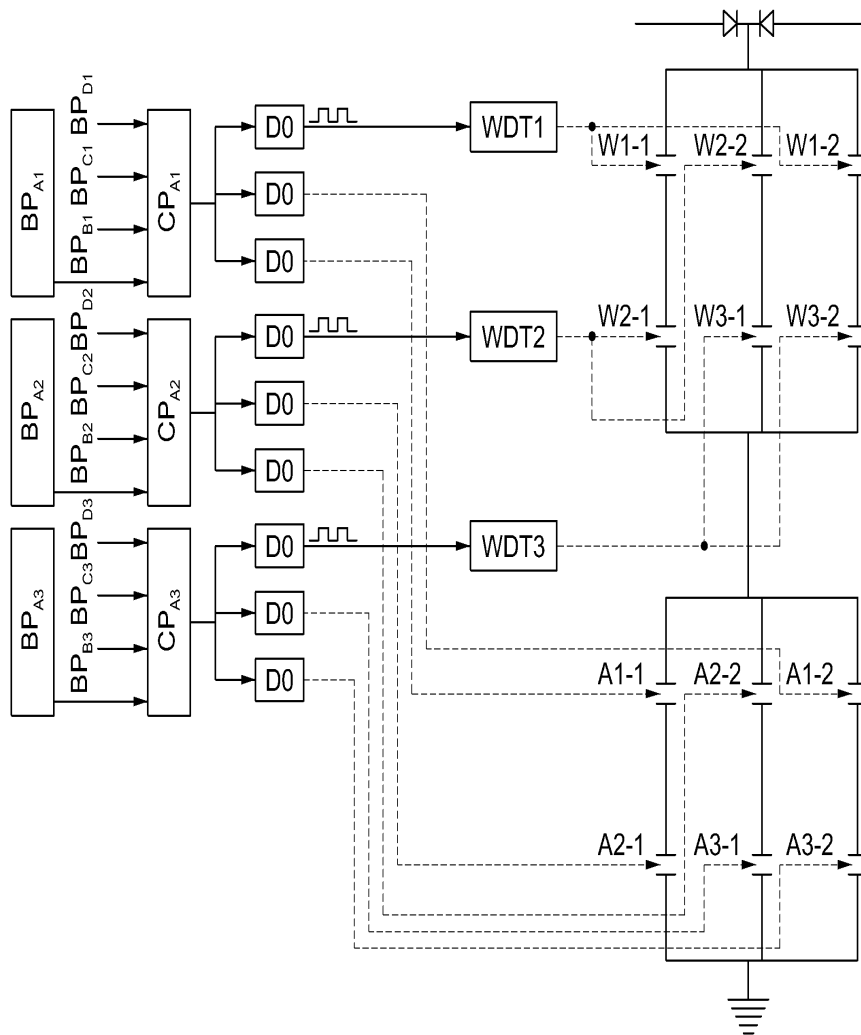
ii)



도면3



도면4



도면5

