

# 지능형 분전반운용 알고리즘을 이용한 부하관리 시스템

황정구, 정승태, 이화춘, 박성준  
전남대학교

## Load Management System using Smart distribution Panel Management Algorithm

Hwang Jung Goo, Seung Tae Jung, Hwa Chun Lee, Sung Jun Park  
Chonnam National University

### ABSTRACT

현재 지능형 빌딩시스템에 도입되어 있는 스마트 분전반은 스마트 그리드 시스템과 연계하여 전력 수요를 분산시키는 기능 등 다양한 기능을 갖는다. 하지만 예측 불가능한 부하 종류와 운전 패턴에 따른 부하 불평형에 의해 발생하는 전력품질 저하, 전력기기 오작동 등에 능동적인 대처는 역부족이다. 따라서 본 논문에서는 지능형 분전반 운용 알고리즘을 통한 부하관리 시스템을 제안하여 부하 불평형에 따른 피해를 최소화하고자 한다.

### 1. 서론

최근 전력산업에 스마트 그리드와 더불어 빌딩의 자동화 시스템이 도입되고 있으며, 각각의 기능과 특성으로 해당 설비분야를 제어 할 수 있는 능력을 갖춘 지능형 고효율 수배전반이 적용되고 있는 추세이다. 전력 설비, 조명 등 각 시설을 하나로 통합한 자동제어 시스템을 운영하여 서로 유기적인 연동제어를 수행함으로써 경제성, 효율성, 신뢰성, 안전성 등에 중점을 두고 있다. 기존 분전반 시스템이 예측 불가능한 수요 변동에 따른 전류 불평형 손실을 고려하지 않는 상태에서, 전력 사용량과 요금 정보 제시, 시간대별 차등 요금제를 적용하며 전력 수요 분산 등을 통해 경제성 및 효율성을 확보하려 하고 있다.<sup>[1]</sup>

따라서 본 논문에서는 예측 불가능한 부하 종류와 운전 패턴에 따른 전류 불평형 문제점을 해결하기 위해 전류 불평형을 평형으로 제어하는 지능형 분전반을 제안함으로써 분전반 시스템의 경제성 및 효율성을 확보하고자 하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

### 2. 제안하는 지능형 부하관리 시스템

#### 2.1 불평형 시스템이란?

전압 불평형 및 전류 불평형, 설비 불평형은 모두 독립적 요인이 아니고, 종속적인 관계 놓여 있다. 설비의 비대칭 구조는 전류의 불평형을 발생하고, 부하에 인가되는 단자전압은 선로의 전압강하를 제외한 불평형 전압이 인가된다. 또한, 전압 불평형은 전원측 보다는 부하측에 의해 주로 많이 발생하며, 고조파와 같이 주파수 대역은 낮지만, 부하의 운전 중에 지속적으로 나타나는 현상으로 부하의 종류와 운전 패턴에 따라 달라진다. 약간의 전압 불평형은 높은 전류 불평형으로 이어져 부

하기기의 손실 증가와 출력 감소 및 소음 증가로 시스템의 신뢰도를 저감 시킨다.<sup>[2][3]</sup>

### 2.2 개요

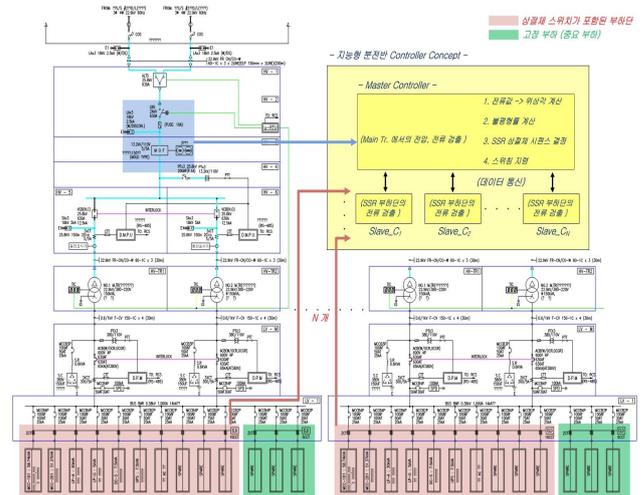


그림 1 시스템 설계도  
FIG.1 System design

그림 1은 본 논문에서 제안한 시스템을 적용하기 위한 실제 수·변전 설비 설계도이다. 지능형 분전반의 제어는 상 절체 스위치가 포함된 모든 부하에 흐르는 전류를 각 슬레이브단에서 계측하여 마스터단과 통신을 통해 얻은 정보를 바탕으로 불평형율을 계산한 후, 각 상에 부하가 평형하게 걸리도록 상 절체 스위치에 지령을 내려 부하를 평형하게 분배한다. 여기서 컴퓨터, 서버 등과 같은 중요 부하는 상 절체를 하지 않고 고정부하로 선정하여 안정성 및 신뢰성을 확보하였다.

### 2.3 제안된 알고리즘 흐름도

그림 2는 제안된 알고리즘 흐름도를 간략하게 표현한 것이다. 초기 시작되면, 시스템 변수 초기화와 Count\_Scheduler를 실행한다. 그리고 3가지의 모드를 거쳐 상 절체 동작을 수행한다. 첫 번째 모드에서는 각상의 전류검출 및 위상각 검출을 수행한다. 두 번째 모드에서는 고정부하 총 복소전류를 계산하고 SSR 부하를 전류의 크기순으로 정렬하며 테이블화를 수행함으로써 상 절체 스위치의 상태를 결정한다. 마지막으로 각 SSR 스위치를 절체하여 불평형 최소화 알고리즘을 구현한다.

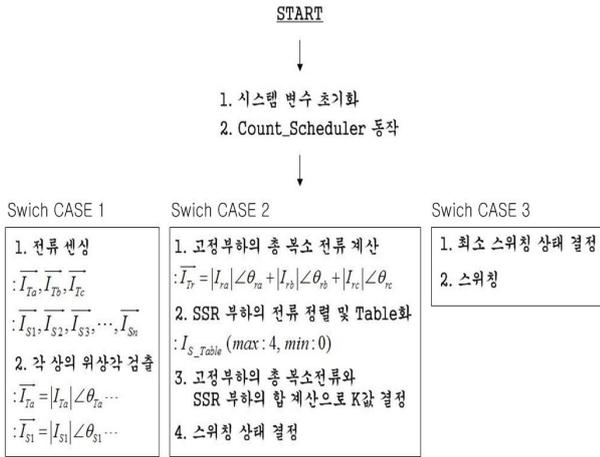


그림 2 제안된 알고리즘의 흐름도  
FIG.2 Flowchart of the proposed algorithm

### 2.4 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 3은 Psim 프로그램을 이용한 시뮬레이션 회로이다. 부하조건은 크게 상절체 가능한 부하(5개)와 고정부하(3개), 3상 유도전동기 부하(1개)로 이루어져 있다. 고정부하는 0.6[sec], 1.0[sec], 1.5[sec]에 각각 A상, B상, C상에 투입된다. 전원은 선간 전압 380[V], 상전압 220[V]이고, 제안한 알고리즘은 DLL과 일로 구성하였다. 시뮬레이션 회로와 시뮬레이션 구성 및 부하 조건에 관한 자세한 사항은 그림 3과 같다.

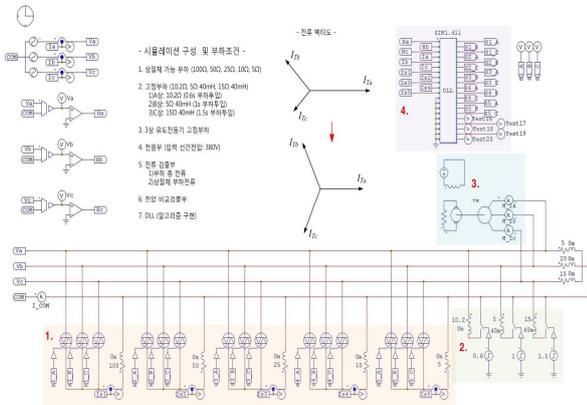


그림 3 지능형 분전반 시뮬레이션 회로도  
FIG.3 Smart distribution panel simulation schematic

그림 4는 본 논문에서 제안한 알고리즘과 부하조건을 바탕으로 한 시뮬레이션 결과 파형이다. 초기에는 상 절체 가능한 부하가 전부 A상에 연결된 상태에서 시뮬레이션이 시작된다. 따라서 시뮬레이션 초기상태는 부하의 불평형율이 상당히 높아 중성선에 매우 큰 전류(약49[A])가 흐른다. 하지만 0.05[sec] 이후 제안한 알고리즘이 적용되어 부하 평형을 유지하기 위해 단상 부하 상 절체가 이루어진다. 0.05[sec] 이후 중성선에 흐르는 전류가 급격히 줄어드는 것을 확인 할 수 있고 이로 인해 상 절체를 통한 부하 평형이 이루어지는 것을 확인 할 수 있다. 3상 4선식 시스템에서 완벽한 평형이 이루어지면 중성선에 흐

르는 전류는 0이다. 하지만 시뮬레이션에 적용된 부하조건에서 상 절체 가능한 부하로는 완벽한 평형을 만드는 것은 불가능하다. 따라서 본 시뮬레이션에서 제안한 알고리즘이 적용된 0.05[sec] 이후 시스템의 불평형율은 제한된 부하 조건에서 최적의 불평형율이 나타남을 알 수 있다.

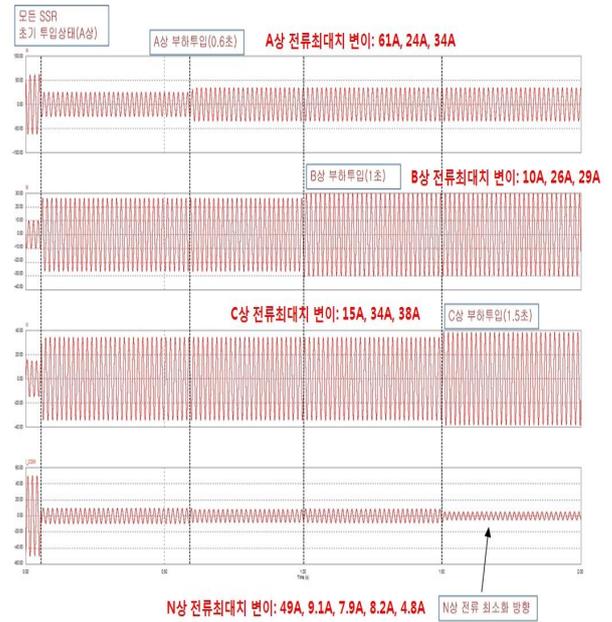


그림 4 시뮬레이션 결과 파형  
FIG.4 Simulation waveform

### 3. 결론

본 논문에서 제안한 지능형 분전반 시스템은 효과적인 알고리즘 제어로 인해 기존 분전반 시스템이 예측 불가능한 수요 변동에 따른 전류 불평형 손실을 전류 평형에 가깝게 제어함으로써 전류 불평형으로 인한 문제점을 해소 할 수 있다. 따라서 예측 불가능한 부하 종류와 운전 패턴에 따른 전류 불평형 문제점을 해결하기 위해 전류 불평형을 평형으로 제어하는 지능형 분전반을 제안함으로써 분전반 시스템의 경제성 및 효율성을 확보 하였다. 또한, Psim 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

향후 제안한 알고리즘을 실 분전반에 적용하여 검증할 것이고, 효율 분석을 통해 지능형 분전반 시스템의 타당성과 경제성을 검증할 계획이다.

### 참고 문헌

- [1] 자동제어실비협의회, 빌딩 에너지관리 시스템(BEMS) 보급과 활성화 방안, 2009. 7.
- [2] 김종겸, “부하 불평형율에 대한 새로운 해석”, Trans. KIEE, Vol. 55p, No. 2, Jun 2006.
- [3] 김종겸, 박영진, 이은용, “전압, 전류 및 부하 불평형율에 대한 비교 연구”, Trans. KIEE, Vol. 54p, No. 2, Jun 2005.