

독립형 발전 시스템의 운전제어 알고리즘

전병진*, 권경민*, 최재호
(주)우진산전*, 충북대학교

Operation Control Algorithm of Stand-alone Power System

Byoungjeen Jone*, Kyoungmin Kwon*, Jaeho Choi
Woojin Co*, Chungbuk National University

ABSTRACT

본 논문은 한국전력공사의 상용 계통 전원을 공급 받기 어려운 도서지역에 신재생 에너지를 활용한 전력 공급 발전 설비 구축을 위한 운전제어 알고리즘 제안하였다. 구성된 독립형 발전 시스템 설비는 풍력 발전설비, 태양광 발전설비, 비상용 디젤 발전설비, 전력저장용 배터리, 배터리 충전장치와 이러한 구성 요소들을 통합 제어 감시를 하기 위한 EMS(Energy Management System)로 구성되었다. 본 논문에서는 이러한 각각의 발전 설비에 대한 제어 운용 알고리즘을 제안하고, 이를 실증단지에서 적용함으로써 제안된 운용알고리즘의 적합성을 검증하였다.

1. 서 론

우리나라의 유인도서는 약 510개 이고, 이중 약 230여 개의 도서 지역 만이 한국전력공사의 상용 계통 전원을 공급 받고 있는 실정이다. 나머지 잔여 280여개의 도서는 한전의 상원전원이 공급되지 않고, 디젤발전기를 통한 자체 전력 수급 시스템을 갖추고 있거나 전혀 전기를 공급 받지 못하고 있는 실정이다. 이러한 도서지역의 경우에는 디젤 발전기의 유류 수송, 유지관리 및 환경오염 등에 대한 문제가 대두되고 있고, 또한 해저 케이블을 통한 계통 연계 검토 또한 설비비용 투자 및 기술상의 문제점이 예상되고 있다. 이러한 문제 상황들로부터 제안되고 있는 방안이 신재생에너지를 활용한 독립형 발전 시스템이다. 본 논문에서는 이러한 독립형 발전 시스템을 구성하는 풍력발전설비, 태양광 발전설비, 전력용 배터리 저장 설비 및 비상 발전설비들을 부하에 따라 효율적으로 활용하기 위한 방안을 검토 하였고, 이를 실증단지에서 적용하여 그 타당성을 검증하였다. 제안된 알고리즘을 통하여 국내 뿐 아니라 해외의 수많은 도서지역에 적용하여 운전할 경우 유용한 역할을 수행 할 것으로 예상된다.



그림 1 독립형 발전 시스템 구성도
Fig. 1 Schematic of Stand-alone power system

2. 본 론

2.1 독립형 발전 시스템의 구성

일반적으로 독립형 발전 시스템은 그림 1에서 보는 것과 같이 신재생 에너지를 활용한 태양광 발전, 풍력 발전시스템으로 구성되며, 수용가에 안정적인 전원을 공급하기 위한 배터리 저장 설비 및 비상 발전설비로 구성된다.

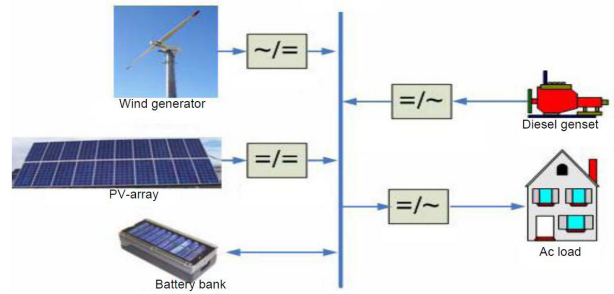


그림 2 독립형 발전 시스템 실증단지 단선도
Fig. 2 Single line diagram of Stand-alone power system

표 1 독립형 발전 시스템 구성품
Table 1 Stand-alone power system elements

항 목	사 양	
태양광발전설비	정격 출력 : 20kW 구 성 : 10kW 2대	
풍력발전설비	정격 출력 : 23kW, 구 성 : 10kW 2대, 3kW 1대	
디젤 발전기	정격출력 : 26kW, 380/220V, 60Hz	
축전지용량	정격 용량 : 115kWh 공칭 전압 : 288V, 구성 : 144직렬	
전원 제어 설비	Load bank	3P 380V, 50kW (부하 가변형)
	Transformer	정격 용량 : 60kVA Δ Y결선 : 150V/380V, 60Hz
	Static Inverter	정격 용량 : 60kVA 용 도 : 수용가에 전원공급
	PV MPPT Charger	정격 용량 : 10kW*2ea 타 입 : Buck type Chopper
	WT MPPT Charger	정격 용량 : 10kW*2ea, 3kW*1ea 타 입 : Boost type Chopper
	Battery Charger	정격 용량 : 30kW 타 입 : Rec+Buck type Chopper
	EMS	시스템의 총괄 제어. 조작, 감시, 계측, 데이터의 수집

또한 이러한 발전설비 들을 효과적으로 운용 관리하기 위한 에너지 관리 시스템(EMS)이 추가적으로 설치되게 된다. 표 1은 이러한 독립형 발전 시스템을 모델링 하여 실증하기 위하여 설치한 실증단지의 구성품과 용량을 나타낸 것이다. 실증단지에 설치된 독립형 발전 시스템은 부하에 안정적인 전원을 공급하기 위하여 DC 커플링 방식을 채택하였고, 이렇게 구성된 실증단지는 그림 2에서 보는 것과 같다.

2.2 독립형 발전 시스템 운용모드

독립형 발전 시스템의 운용모드는 그림 3의 시퀀스 블록도에서 보는 것과 같이 외부(EMS)의 지령에 의해 부하전력 조절모드(LB)와 발전전력 조절모드(PB)가 전환되고, 이 두 가지 모드는 배터리 전압 셋팅값에 의해 과전압/저전압(BOV/BLV) 모드로 전환된다. 여기서 BOV/BLV 모드는 그림 3에서 보는 것과 같이 반드시 상위 우선순위를 갖도록 처리하여야 한다. 왜냐하면 DC 커플링 형태의 독립형 발전 시스템에 있어 배터리의 관리는 주위의 모든 전력변환장치에 영향을 주는 요소가 되기 때문에 가장 엄격하게 관리하여야 하는 항목이 된다. 이러한 각 모드에 따른 기능 및 역할은 표 2에서 요약하여 정리하였다.

표 2 시스템 운용모드에 따른 기능
Table 2 Functions of system operation mode

목 록	기 능
LB Mode	발전 설비들의 최적화 특성 검출 부하에 따른 디젤 발전기 출력제어 각 신재생 발전 설비 최적화 계인 획득
PB Mode	설치소 정상 운용 시 사용되는 모드 수용가의 부하 패턴에 따른 최적의 전력공급을 위한 모드
BOV Mode	배터리 과전압 방지와 병행하여 수용가에 전력공급을 원활히 수행하기 위한 운용모드
BLV Mode	배터리 저전압 방지와 병행하여 수용가에 전력공급을 원활히 수행하기 위한 운용모드 cf. 배터리 충전시 정전류 충전을 통한 배터리 수명 향상 알고리즘 적용

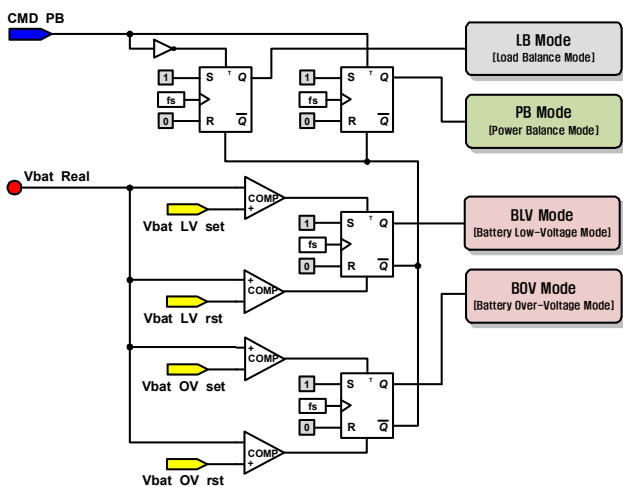


그림 3 운용 모드 전환 시퀀스 블록다이어그램
Fig. 3 Block diagram of operation Mode Switching Sequence

2.2.1 부하전력 공급 조절 모드

LB(Load Balance) Mode는 그림 4의 시퀀스에 의해 운용되는 모드로서 시스템이 초기 설치소에 설치되거나 유지 보수시에 주변 환경(풍속/일사량/온도/습도)에서의 신재생 에너지의 출력 특성 및 디젤 발전기의 효율 측정을 확인 할 때 사용되는 모드로서 초기에 발전 설비의 최적값 셋팅시에 사용될 수 있다. 또한 LB 모드에서 발전원의 출력 특성을 확인 시에도 수용가에 원활한 전원 공급을 위하여 그림 4에서 보여진 것 같이 디젤 발전기는 항상 부하전력과 신재생 발전 전력을 계산하여 전력을 공급할 수 있어야 한다. 결과적으로 부하전력 공급 조절 모드에서는 모든 신재생 에너지의 발전 전력이 주어진 환경에서 100[%] 발생되도록 함으로서 풍력/태양광의 MPPT성능 및 배터리의 수명 예측을 하기 위한 모드이다.

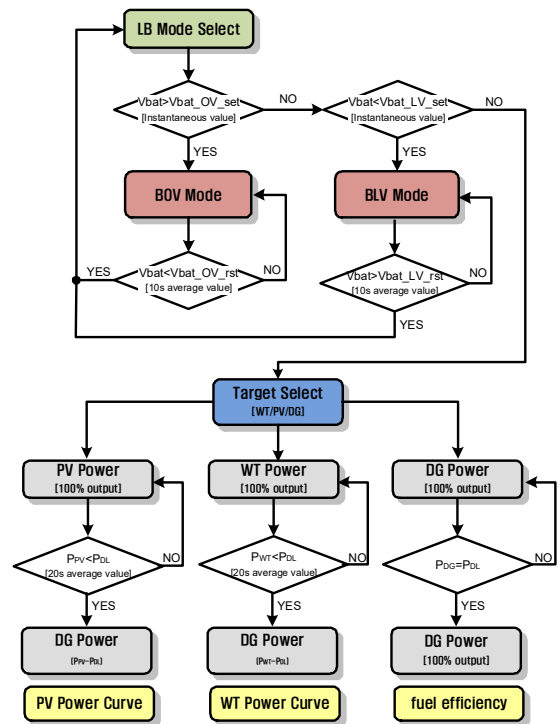


그림 4 부하 밸런스 모드 시 순서도
Fig. 4 Flow chart of load balance mode

2.2.2 발전전력 조절 모드

PB(Power Balance) Mode는 그림 5의 시퀀스에 의해 운용되는 모드로서 설치소에 일반적인 상황에서 사용되는 모드이다. 이 모드에서는 수용가의 부하에 따라 가급적 디젤 발전기의 운용을 최소화 하고, 신재생에너지의 전력 이용률을 극대화시키는 것이 무엇보다 중요하고, 이를 위해 부하와 발전설비의 전력을 순시로 제어하는 것이 매우 중요하다 하겠다. 또한, 배터리는 가급적 신재생 에너지에 의해 SOC가 80[%]이상에서 운용되도록 함으로서 주변환경(풍속/일사량)이 좋지 않은 경우에도 저장된 에너지를 적극 활용할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 발전 전력을 제한하여야 할 경우가 발생 시에는 발전 전력 조절이 수월한 디젤발전기를 먼저 조절하여 운용하고, 그 뒤에 PV의 통한 발전량 제한이 이루어지는 것이 유리하다. 이러한 관계에서 PV용 전력변환장치는 주어진 일사량에 대하여

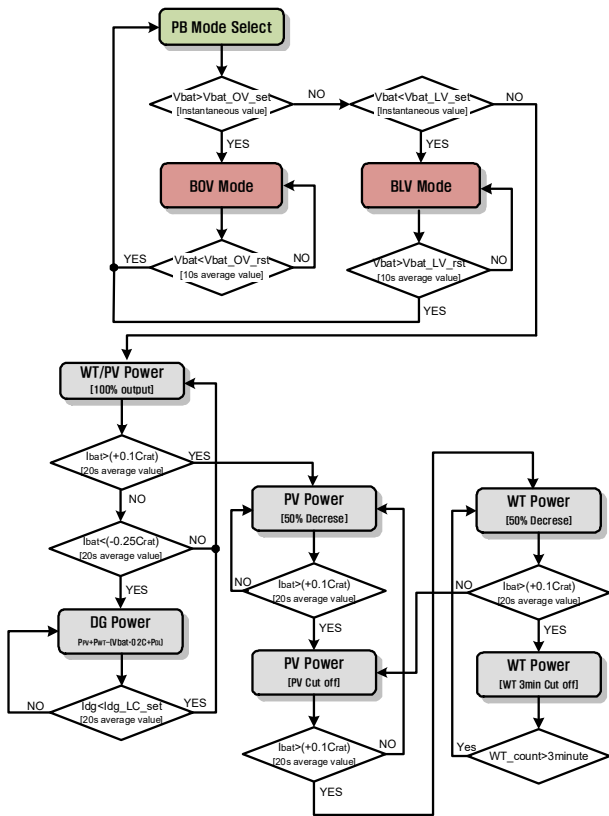
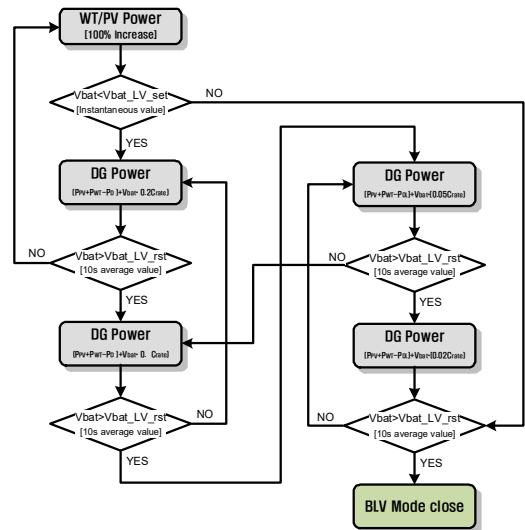


그림 5 전력 밸런스 모드 시 순서도
Fig. 5 Flow chart of power balance mode

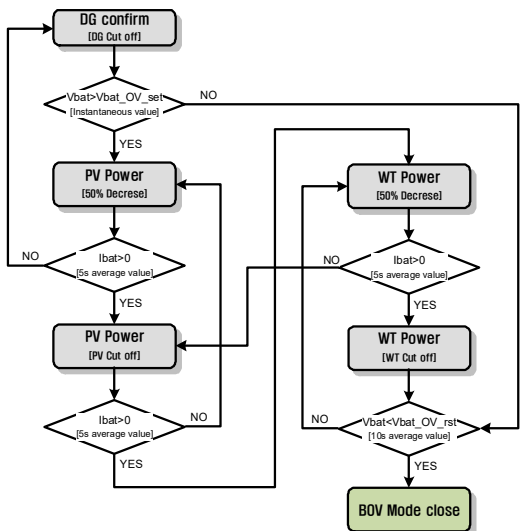
최대 전력운용으로부터 전력을 조절할 수 있는 기능을 가져야 한다. 또한 발전전력 조절 모드에서 역시 DC 버스에서의 배터리 보호가 매우 중요한 역할을 하기 때문에 배터리에 이상 상황이 발생 시에는 즉각적으로 비상 운전모드로 동작할 수 있도록 시퀀스 구성이 이루어 져야한다.

2.2.3 비상운전 모드

BLV(Battery low voltage) Mode는 주변의 어떠한 변위에 의해서든 배터리가 저전압 상태에서 운용되면, 진행되던 모드에서 즉시 BLV 모드로 전환되어 아래의 그림 6(a)의 순서도에 의거하여 운용된다. 이 모드에서는 모든 신재생 에너지의 발전원을 100%가동 시킴과 동시에 디젤 발전설비를 운용하여 수용가의 요구 전력에 차질이 없도록 하여야 한다. 또한 디젤 발전설비의 출력을 제어함으로써 수용가의 요구 전력 뿐 아니라 배터리가 정상상태로 운용 될 수 있도록 충전을 시켜 주어야 한다. 또한 배터리 충전 시에는 빠른 충전을 하면서도 수명에 악영향을 주지 않도록 다단 충전 전류 제어를 수행 하는 것이 유리하다. 이와 반대로 BOV(Battery Over voltage) Mode는 주변의 어떠한 변위에 의해서든 배터리가 과전압 상태에서 운용되면, 진행되던 모드에서 즉시 BOV 모드로 전환되어 아래의 그림 6(b)의 순서도에 의거하여 운용된다. 이 모드에서는 과전압 상황에서도 단계적으로 신재생 에너지의 출력 전력을 제한함으로써 최대한 신재생 에너지 발전 전력을 수용하면서 과전압이 해지 될 수 있도록 운용되어야 하며 또한, 수용가에서 요구하는 전력도 안정적으로 공급이 이루어 져야 한다.



(a) Battery low voltage operating



(b) Battery over voltage operating

그림 6 비상운전 모드 시 순서도
Fig. 6 Flow chart of Emergency operating mode

3. 결론

본 논문에서는 신재생에너지를 활용한 독립형 발전 시스템에서의 풍력발전설비, 태양광 발전설비, 전력용 배터리 저장 설비 및 비상 발전설비들을 부하에 따라 효율적으로 활용하기 위한 방안을 검토하였고, 이를 DC 커플링 방식의 독립형 발전 시스템 실증단지에서 실증함으로써 본 알고리즘이 안정적이고, 효과적으로 운용될 수 있음을 검증하였다.

참고 문헌

[1] Osama Omari, Egon Ortjohann, Alaa Mohd, and Danny Morton, "An Online Control Strategy for DC Coupled Hybrid Power Systems," *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, Tampa, FL, 23 July 2007, pp.1 8, ISSN:1932 5517, ISBN:1 4244 1298 6