

태양광-풍력 혼합 신재생 에너지 시스템

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 신호순
(0637shin@reseat.re.kr)

1. 머리말

- 태양광과 풍력에너지시스템의 활용은 모듈식 및 환경 친화적 성질 때문에 점점 인기를 끌고 있다. 전력망과 통합된 혼합 신재생 에너지시스템은 태양광과 풍력자원의 확률론적 불예측성의 단점을 극복한다. 태양광과 풍력에너지원을 결합한 혼합 신재생 에너지시스템(HRES, hybrid renewable energy system)은 동시와 순차적인 두 방식으로 작동한다.
- 동시 방식에서는 태양광과 풍력 에너지시스템이 에너지를 동시에 생산하고 반면 순차적 방식에서는 전기를 번갈아 생산한다. HRES의 중요한 특징은 그들의 운영 특성을 적절히 사용하여 단일 전력원에서 얻을 수 있는 것보다 더 높은 효율을 얻는 것이다.

2. HRES의 사전 타당성 평가

- 설치와 작동 전에 혼합 에너지시스템의 사전 타당성 연구가 관례적으로 수행된다. 사전 타당성 분석은 제안된 현장의 기후 조건, 신재생 에너지원의 유용성, 잠재적 부하의 평가 및 적용 현장의 부하 수요를 포함한다.
- 사전 타당성 연구는 태양광-풍력 혼합 신재생에너지시스템을 개발할 최선의 위치 발견을 돕는다. 경제적 분석은 주어진 경제적 수명에 걸친 제조와 보존 비용을 포함한다. 퍼지논리와 지리정보시스템 도구는 재정적 생태학적 기준 혜택을 주는 대상 영역의 최고 대체 위치를 검색하는 데 사용된다.

3. HRES의 최적 크기

- 사전 타당성 분석 후의 다음 단계는 부하 수요를 경제적으로 만족할 수 있는 각 구성 요소의 크기를 평가하는 것이다. 선형 프로그램이 전기 비용이 최소화되도록 설정한 목적 함수와 함께 분석을 위해 사용된다. 최적화 모델에서 모든 파라미터에 있는 확률적 속성이 전력 신뢰성을 추정하기 위해 고려된다.
- Kellog는 간단한 산술 알고리즘에 의하여 태양광-풍력 HRES의 단위 크기를 결정하였다. 발전과 저장시스템이 연간 부하를 만족하고 수요자에게 총 연간 비용을 감소하기 위해 적절한 크기를 선정하였다.
- Laterra 등은 다중 목적 최적화 아이디어 기반의 퍼지 로직을 사용한 전력망에 연결된 태양광 풍력 HRES의 단위 크기를 개발하기 위한 절차를 설명했다. 과학적 및 비용효율적 목적함수가 최선의 최적 구성을 발견하기 위하여 사용되었다.

4. HRES의 모델링

- 태양광, 풍력, 수력, 바이오매스, 연료전지 및 조력과 같은 다른 종류의 신재생에너지원들이 있다. 모델링은 다른 매개변수와 제약에 따라 시스템을 설계하기 위한 첫 단계이다. Marchetti 등은 연간 비용, 배터리 자주 기능, 크기 기준 및 생태학적 통계 요인에 근거한 태양광 풍력 HRES의 통계적 모델을 제공했다.
- Ghali 등은 통합된 신재생 에너지시스템 모델을 개발하기 위해 전력 공급 손실 확률(LPSP: loss of power supply probability)을 사용하였다. 부하 분배에 근거해서 저장 확률 밀도 함수가 얻어졌고 결과적으로 배터리 크기가 시스템 신뢰도의 적절한 수준을 얻기 위하여 LPSP 기술을 사용하여 계산되었다.
- Belfkira 등은 HRES의 크기를 모델링하고 최적화 했으며 에너지의 접근성을 보장하면서 시스템의 수명주기 비용을 감소하기 위해 결정론적 알고리즘을 사용하였다. 혼합 풍력-태양전지 시스템 원칙 요소의 통계적 모델링이 핵심 크기 변수를 보여주었다.

5. HRES의 제어

- 혼합시스템에서 전력의 가용도가 시스템 설계과정에서 적절한 제어시스템을 선택하여 경제적으로 극대화될 수 있다. Jonathan 등은 명확한 배터리 충전 상태에 근거한 추적과 제어 결정이 다른 방법에 비해 상당한 장점을 제공하는 HRES 제어기술을 제시했다.
- jinhong 등은 정상 운영, 급전, 전력 평균 일치 및 인버터의 효율적 제어 같은 여러 가지 전력제어 모듈을 개발하였다. 제어 모듈은 전력망으로 전력 주입이 덜 변동하도록 하는 환경과 전기 친화적인 운영 정책을 갖고 있다.
- Budh 등은 HRES에 근거한 배터리 에너지 저장시스템을 위한 평형 제어를 설명하였다. 전기 출력 수준의 효율적인 규정을 위한 평형 제어시스템을 개발하기 위해 컴퓨터 지원 설계를 위한 전문적 모사도구를 사용하였다.

6. HRES의 혁신적 기술

- 유전자 알고리즘
 - 유전자 알고리즘(GA: genetic algorithm)은 자연 선택과 유전학의 혁신적 아이디어에 근거한 적응할 수 있는 체험적 탐색 알고리즘이다. Daming 등은 제약조건으로 전력공급의 손실 확률을 유전 알고리즘을 사용하여 독립형 혼합 태양광 전지-풍력 발전시스템의 최적 크기의 엘리트 전략을 설명하고, 전체 시스템의 총 자본을 최소화했다.
 - Ben 등은 태양광 전지 패널, 풍력터빈 및 저장 단위의 최적 수량을 결정하는 퍼지 적응할 수 있는 GA를 사용하여 혼합 태양광 전지/풍력발전의 최적 크기를 개발했다. 또한 GA가 전력망을 사용하지 않은 합성 신재생 에너지시스템의 최적 전력배치를 결론내리기 위하여 사용되었다.

○ 입자 무리 최적화

- 입자 무리 최적화(PSO: particle swam optimization)는 새 떼나 물고기 무리들이 다수의 자체 추진 독립체의 집단운동의 사회적 거동에 의한 체계군 기반 확률 관례이다. Zhao 등은 독립적 풍력/태양광 전지 혼합 전력 공급시스템의 최적용량 배열을 위한 PSO 알고리즘의 향상을 보여 주었다.
- Sanchez 등은 멕시코 남동부 지역에 있는 고립된 태양광 풍력 에너지시스템의 환경을 설정하고, 과학적 재정적 분석이 최선의 가능한 크기를 탐색하는 PSO 기술을 사용하여 시스템의 총 비용을 최소화하는 에너지 시스템을 매우 효과적으로 수행하였다. 결과는 PSO 성능이 더 빠르고 통합시스템의 총 비용의 약 10%를 절감하는 최적화 양식을 제공할 수 있었다.

○ 퍼지

- Chakraborty 등은 퍼지 고급 양자 혁신법에 의한 스마트 그리드의 최적 경제적 운영을 제시했다.
- Adhikari 등은 풍력 터빈에 의하여 구동되는 영구자석 무 브러시 직류(PMBLDC: permanent magnetic brushless direct current)발전기의 직류전압, 태양광 전지의 출력 및 정류 출력전압을 감지하여 퍼지 논리 제어방식에 근거한 독립형 통합 비전통적인 에너지 변환 시스템의 분석, 설계 및 제어를 설명하였다.

○ 신경망

- 신경망은 연산에 연결주의 접근법에 근거한 정보처리를 위해 수학적 모델이나 연산 모델을 사용하는 인공 신경의 상호 연결된 그룹이다. Fidalgo 등은 대형 혼합 신재생 에너지시스템을 위한 예방 제어전략을 적용하기 위해 인공신경회로망(ANN: artificial neural network)을 적용하였다. ANN은 동적 보안 양식 급에서 관례적인 통계적 방법보다 더 좋은 필수적 부분이고 보안 수준을 평가도 한다.

- Duang 등은 태양광 전지-풍력 신재생 에너지시스템의 매시간 예보를 위한 혼합모델을 개발했고 예보 오류의 다른 정의를 계산하기 위해 PSO의 계산적 지능을 사용하였다.

7. HRES의 게임 이론

- Mei 등은 통합된 전력시스템 계획을 위해 게임(game) 접근법을 개발했다. 게임이론이 풍력터빈, 태양광 전지 패널 및 저장배터리로 구성되는 전력망에 연결된 통합된 전력시스템의 계획을 모델링하기 위해 소개하였다.
- Wei 등은 대규모 풍력발전 통합을 갖는 현대 발전시스템의 스케줄 기반 게임이론을 제시하였다. 혼합 정수 슈타켈버그 게임모델이 불확실성의 발전 배열 문제를 언급하기 위해 제안되었다.
- Vikas 등은 태양광 풍력 HRES를 위한 꾸르노의 모델 기반 게임이론을 개발했고 태양광전지와 풍력에너지 시스템으로부터 최선의 반응을 발견하기 위한 전략적 결정을 제공한다.

8. HRES의 신뢰성

- 신뢰성은 장비나 시스템이 의도한 기간 동안 적절히 그 목적을 수행하는 확률로 정의한다. 그것은 또한 전력시스템이 신뢰성 있는 연속성과 공급의 품질을 갖는 시스템 부하를 공급하는 능력으로 정의된다.
- Zhao 등은 단지 투자비용만 포함한 것이 아니라 시스템의 신뢰도와 최적 운영도 포함하는 종합적인 목적함수를 다루었다. 목적함수는 풍력터빈, 태양광 전지 투자 및 신뢰성에 의해 계산될 수 있는 시스템의 전력에너지의 손실비로 구성된다.
- Zhao 등은 신재생에너지 침투가 규제 완화 전력시스템에서 점점 가격과 점점 신뢰성에 미치는 영향을 제시하였다. 풍력과 태양광 전력의 신뢰성이 공동출자 공동마케팅 운영에서 조사되었다. 이 방법은 열거형 신뢰성 분석의 연대순의 성능을 포착한다.

9. 미래 범위

- 태양광 풍력 혼합 신재생 에너지시스템의 활용은 나날이 증가하고 있고, 전 세계에 걸쳐 생산을 위하여 지난 몇 십년간 엄청난 성장을 보였다. 태양광풍력 혼합 신재생 에너지시스템 분야에서 신기술의 발전과 함께 해결되어야 할 훨씬 더 매혹적인 새로운 문제가 발생한다. 이들 문제는 각 분야에서 미래연구에 의해 보상될 것이다. 다음 목록이 미래 연구의 분야를 짐작케 한다.
- 일부 문제는 획득하기 어려운 외딴 위치에서 필요한 위치별 데이터인 정확한 위치와 기후조건을 발견하는 것이다. 이런 이유로 태양광 복사와 풍속의 잠재력을 발견하기 위한 정확한 최적화기술과 지리적 소프트웨어 개발이 필요하다.
- 반복법과 인공지능법과 같은 사용된 다른 형태의 크기 조정방법이 있으나 이 방법들은 태양광과 풍력에너지시스템의 정확한 동적성능을 대표하지 않는다. 이런 이유로 시스템설계에서 복잡성을 피하고, 동적성능 기준에서 시스템의 주파수 응답을 완전하게 설명하는 단위 크기 법을 개발하는 것이 필요하다.
- 통신 시스템의 잠재적인 복잡성과 단일 점의 실패를 받는 대규모 계산 부담을 피하는 중앙 및 다중 수준의 제어기술을 개발하는 것이 필요하다.
- 게임시스템은 태양광전지 풍력 혼합 신재생 에너지시스템 분야에서 최근 주제이다. HRES의 설치가 나날이 증가하는 견지에서 통합시스템의 정확한 시스템 비용과 잔존 가치를 발견하기 위하여 쿠르노, 스타켈 베르그, 버트란드 복점(duopoly) 개념을 사용하는 것이 필요하다.

출처 : Vikas Khare, Savita Nema, Prashant Baredar, "Solar-wind hybrid renewable energy system: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 2016, pp.23~33

◁ 전문가 제언 ▷

- 전기의 수요는 매일 증가하고 있어 비신재생 에너지만으로는 충족될 수 없다. 태양광과 풍력과 같은 신재생 에너지원은 어디에나 있고 환경 친화적이다. 신재생 에너지원은 에너지 수요를 충족하기 위한 선택이지만 이들 발생의 확률론적 본성 때문에 신뢰할 수 없다.
- 혼합 신재생 에너지시스템(HRES: hybrid renewable energy system)은 풍력 터빈과 태양광 전지 시스템 같은 둘 또는 그 이상의 신재생 에너지를 결합한다. 이 논문의 목적은 HRES의 다양한 측면의 종합적 검토를 제공하는 것이다. 이 논문은 사전 타당성 분석, 최적 크기, 모델링, 제어 측면 및 신뢰도 문제를 논의한다. 혼합 신재생에너지의 혁신적 기술과 게임 이론도 제시되었다.
- 태양광전지, 풍력발전기 및 부하와 슈퍼커패시터, 배터리 및 변환기를 포함한 완전한 모듈형 혼합 저장 신재생에너지 시스템이 모사되었다. 가변 기후조건에 대한 결과로 다른 과도현상이 분석되고 혼합 저장시스템이 만족스럽게 운영되었다.
- 서울 대학교 안성훈 등은 독립 망을 사용하는 신재생 에너지가 산악지역에서 중요한 전력시스템이 될 수 있는 것을 보여 주었다. 두 가지 이상의 혼합 발전장치로 독립 망을 구성할 때 물 펌프, 소형 제조장치 등 독립 망 발전시스템을 장기간 유지보수하기 위한 비용을 마련하려면 전기를 사용한 직접적 소득증대 모델을 가져야 한다.
- 전남대학교 안재영 등은 혼합 풍력발전기와 디젤발전기 모니터링 시스템 및 중앙 제어기의 전반적인 운영에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 부하 시뮬레이터를 사용하여 부하 패턴을 분석함으로써 소요 전력량을 예측할 수 있었으며 영구 자석 동기발전기를 개발하여 현장에 적용하였다.
- 혼합 신재생 에너지시스템의 중요한 특징은 그들의 운영 특성을 적절히 사용하여 단일 전력원에서 얻을 수 있는 것보다 더 높은 효율을 얻는다. 우리나라도 태양광 전지와 풍력의 혼합 신재생 에너지시스템을 적극 개발해야 한다.

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.