

신재생에너지 분산전원의 계통 수용률 개선과 발전제한 최소화를 위한 분산전원 관리시스템의 운영제어기법

한아연, Avadiana Putri, 조용수, 정일엽, 반민호*, 조성수*

국민대학교, *한전 전력연구원

dkdjsdl96@kookmin.ac.kr, chung@kookmin.ac.kr

Operational Control Technique of Distributed Energy Resource Management System for Improving Hosting Capacity and Minimizing Curtailment of Renewable Energy Resources

A-Eon Han, Avadiana Putri, Yung Su Cho, Il-Yop Chung, Minho Ban*, Seong-soo Cho*

Kookmin University, *KEPCO Research Institute

요약

배전계통의 분산전원 관리시스템(Distributed Energy Resource Management System, DERMS)은 분산전원 및 계통의 정보를 체계적으로 취득 및 관리하여 계통의 안정적 운영을 위해 분산전원의 출력을 제어하는 ICT 기반 시스템이다. 본 논문은 DERMS를 사용해 최근 증가하고 있는 신재생에너지 분산전원에 따른 접속 대기, 과전압, 과부하 등의 문제를 해결한다. 다양한 측정점에서 취득한 데이터를 바탕으로 과전압 시에는 무효전력을 통한 선로 전압관리, 과부하 시에는 다양한 기준을 통한 유효전력 발전제한을 수행하여 분산전원 계통 수용률 개선을 도모한다. 특히, 분산전원 발전량 및 부하예측에 기반하여 효과적인 선로 재구성을 통해 배전계통의 분산전원 유효전력 발전제한(Curtailment)을 최소화하는 방안을 구현하여 효과를 분석한다.

I. 서론

최근 정부의 '재생에너지 3020' 정책 및 1MW 이하의 소규모 신재생발전의 전력망 접속보장 정책에 따라 배전계통 내 다양한 형태의 신재생에너지 기반 분산전원의 비율이 증가하고 있다. 이에 따라, 배전계통 내의 과전압, 과부하, 선로용량 한계 등의 문제가 발생하고 있다.

특히, 전력망의 선로용량 한계 등의 문제로 인해 소규모 발전사업자의 배전계통 접속 대기가 증가하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 추가적인 전력망 보강 이외에도 효율적인 분산전원 관리를 통해 배전계통의 수용률을 높이는 방안의 필요성이 증가하고 있다. 이를 위해, 배전계통 내의 분산전원에 대한 데이터를 체계적으로 취득하고, 이를 기반으로 분산전원을 제어할 수 있는 ICT 기술의 필요성이 대두되고 있다.

분산전원 관리시스템(Distributed Energy Resource Management System, DERMS)은 배전계통에 접속된 모든 분산전원을 그룹 단위로 상시 모니터링 및 제어할 수 있는 ICT 기반의 시스템이다 [1].

본 논문에서는 분산전원 관리시스템의 계통 내 부하/발전량 예측에 기반한 개폐기 제어를 통한 선로 재구성을 이용하여 배전계통의 분산전원 수용률 개선 및 계통 내 분산전원 유효전력 출력제한(Curtailment) 최소화에 대한 효과를 검증한다.

II. 분산전원 관리시스템을 통한 계통 유지 방법

앞서 언급한 바와 같이 분산전원 관리시스템(DERMS)은 배전계통을 안정적으로 운영하기 위해 측정점에서 계통 및 다양한 분산전원의 데이터를 취득한다. 취득한 데이터를 통해 계통 내 부하 및 발전량을 예측할 수 있다. 이를 기반으로 과전압, 과부하 상황을 모니터링하고 적절한 급전(Dispatch) 스케줄링을 할 수 있다. 이때, 분산전원의 역률 제어, 전압에 따른 무효전력 급전 등을 통해 계통 내 연계점의 전압을 제어한다.

배전계통 선로 내 과부하 문제 발생 시에는 분산전원의 유효전력 출력을 제한하는 방법을 사용한다 [1], [2]. 표 1과 같이 유효전력 발전제한 시

다양한 기준에 따라 진행한다.

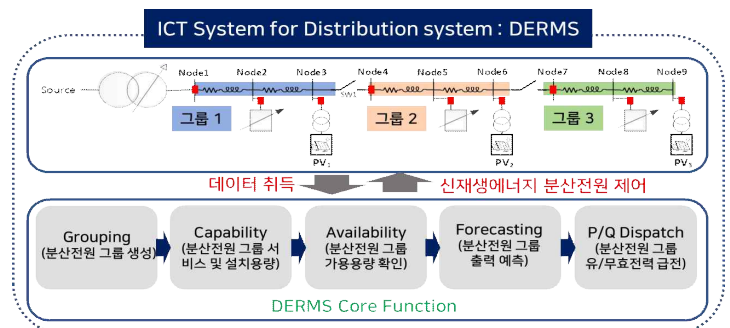


그림 1. 배전계통을 위한 ICT system (DERMS) [1],[2]

발전제한(Curtailment) 방법	설명
Last-in-first-out(LIFO)	계통 접속 순서 반대로 발전제한 시킴
Pro-rata	그룹 내 모든 분산전원에 동등한 비율 계수 부여
Competitive bidding	가장 낮은 입찰가격의 분산전원부터 발전제한 시킴
Emission-based priority	배출량이 많은 분산전원부터 발전제한 시킴
Sensitivity Priority	제어민감도가 높은 분산전원부터 발전제한 함
FRR (Fractional Round Robin)	발전기 설비용량을 고려한 순환 발전제한 수행

표 1. 유효전력 발전제한 시 고려되는 기준 [1], [3]

III. 발전제한 최소화를 위한 DERMS 운영 제어방법

신재생에너지 분산전원의 발전제한을 최소화하기 위해 배전선로의 개폐기 제어를 통한 선로 재구성 방안을 고려한다. 발전제한 최소화를 위한 순서는 그림 2와 같다.

본 논문에서 개폐기 조작 스케줄링은 DERMS의 예측 데이터를 기반으로 한다. 이를 이용하여, 과부하 문제 발생 시 개폐기 위치에 따른 선로 재구성 가능한 구간을 인식하고, 각 구간의 수용 가능 용량을 계산한다. 계통해석과 분산전원 선로용량 한계 기준(12MW)을 통해 재구성 전, 후의 유효전력 발전제한량을 계산하며, 이를 비교한다. 최종적으로 최적 선로 재구성을 하여 유효전력 발전제한을 수행한다.

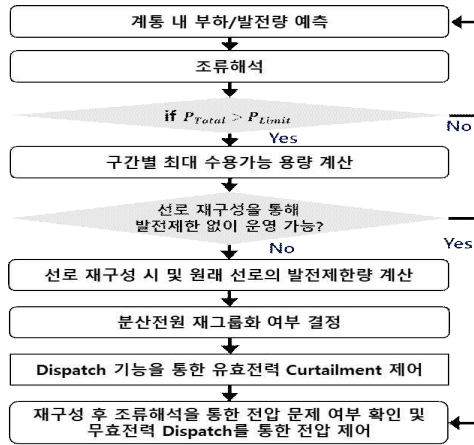


그림 2. 선로 재구성을 통한 발전제한 최소화 과정

IV. 선로 재구성 효과 검증을 위한 시뮬레이션

시뮬레이션을 위해 OpenDSS를 통해 가상의 모의계통을 모델링 하며, MATLAB에서 DERMS의 기능을 구현한다. 모의계통은 배전계통 과부하 상황에 따른 선로 재구성을 통한 분산전원 발전 최소화 방안을 모의하기 위해, 그림 3과 같이 세 개의 선로에 상시 배전선로 연계기준인 12MW 이상의 분산전원을 끌고루 분포하며, 부하는 균등하게 1MW씩 배치한다. 시뮬레이션을 위한 모의계통의 파라미터는 표 2와 같다.

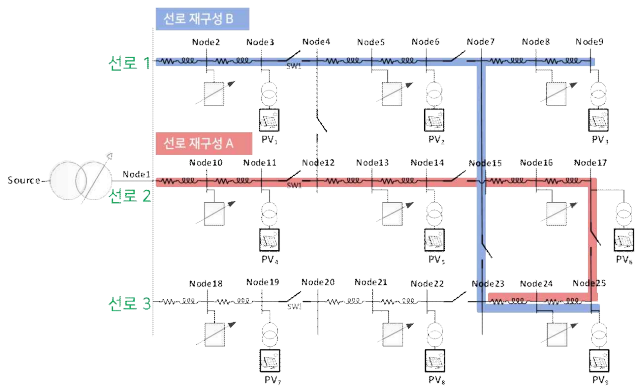


그림 3. 시뮬레이션을 위한 테스트 배전계통

Parameters	Values
S_{base}	20 [MVA]
V_{base}	22.9 [kV]
f_{base}	60 [Hz]
송출전압	1.00 [p.u]
R	0.181970 [Ω/km]
X	0.391210 [Ω/km]

표 2. 모의계통 파라미터

PV의 용량은 PV(1)~(9) 순서대로 7MVA, 6MVA, 1MVA, 6MVA, 5MVA, 1MVA, 7MVA, 7MVA, 6MVA이며 역률은 1로 운전된다. 이때, 예측 기능을 통해 전일 부하 및 발전량을 도출한다고 가정하며, 예측값을 바탕으로 조류해석을 수행한다. 그 결과 그림 4와 같이 배전선로 3에서 선로용량 한계 기준(12MW)을 초과하는 과부하 상황이 발생한다. 이를 해결하기 위해 각 선로 구간 수용 가능 용량을 계산하여 충분한 수용력이 있는지 확인한다. 이때, 전 구간에 충분한 수용력이 존재하지 않아 발전제한이 불가피한 경우, 선로 재구성을 수행한 경우와 기존 선로의 발전제한량을 비교한다. 본 모의에서는 시간에 따른 발전량 부하 패턴을 전 구간 모두 같게 설정했으므로, 재구성 전 분산전원의 총 연계용량보다 재구성 후 연계용량이 커지는 조합은 고려하지 않는다.

그림 5는 재구성된 선로 조합과 기존 선로의 시간대별 발전제한량이며, 제어 주기는 10분이다. 그림 3과 같이 선로 A로 재구성하였을 때 발전제

한량이 가장 작은 것을 볼 수 있다. 이를 바탕으로 선로 A로의 재구성을 수행하여 계통의 안정적 운영을 위한 최소한의 발전제한을 수행한다. 이는 그림 6과 같다.

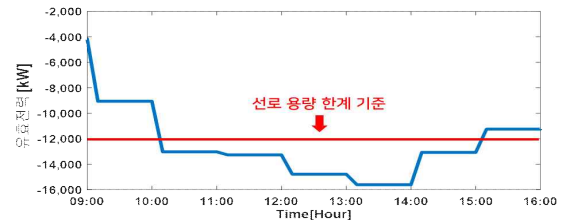


그림 4. 선로 3의 과부하 시, 유효전력 프로파일

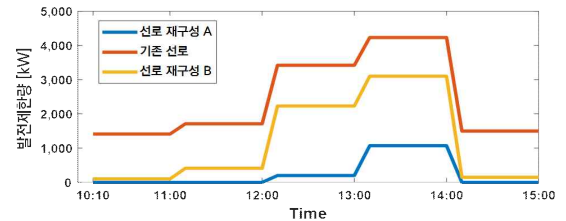


그림 5. 선로 재구성 및 기존 선로의 유효전력 발전제한량

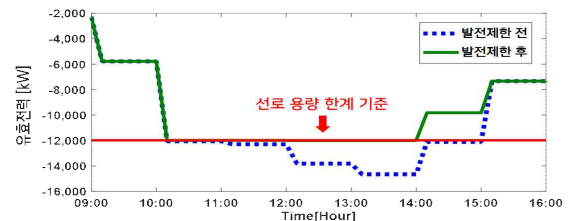


그림 6. A 선로 재구성 후, 발전제한 수행 결과

III. Simulation 분석 및 결론

본 논문에서는 ICT 시스템 기반 DERMS에서 취득된 데이터를 통해 실시간 제어뿐만 아니라, 축적된 데이터를 통해 부하 및 분산전원 출력량을 전일 예측하고 이를 기반으로 조류해석을 수행하여 계통 내 발생할 문제를 사전 인식하였다. 과부하 문제 해결을 위해, 최소한의 발전제한을 위한 선로 재구성을 가정하여 시뮬레이션하였는데, 그 결과 경우에 따라 단기간 선로 재구성이 효과적임을 확인하였다. 또한, 최종적으로 발전제한 수행을 통해 배전선로 분산전원 수용력 역시 개선됨을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 동일한 패턴을 지닌 분산전원과 부하를 사용하여 선로 내 접속 연계용량이 가장 작은 선로에 재구성하는 것이 발전제한을 최소화할 수 있었다. 하지만 실제 분산전원의 시간에 따른 발전량 및 선로 내 부하 패턴은 모두 다르다. 이를 고려하여 구체적인 선로 재구성 방안의 연구가 필요하다. 또한, DERMS를 통해 선로 내 부하를 예측한다면 기존 배전선로의 분산전원 수용률 개선 방안을 모색할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2021-2018-0-01396)

참고 문헌

- [1] G.Horst, B.seal, G. gray, "Common Functions for DER Group Management Third Edition", EPRI, November 2016
- [2] 한아연, 조용수, 정일엽, 반민호, 심준보, 조성수, "배전계통 분산전원의 수용력 확대를 위한 분산전원 관리시스템 설계 및 모의, 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회, pp. 221-222, 2021
- [3] 이상호, "재생에너지 출력제한 기준에 대한 연구", 신재생에너지 발전 제약 포럼, 2021