|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **SGSGSGSG**  **SGSGSGS**  **SGSGSG**  **SGSGS**  **SGSG**  **SGS**  **SG** | | SGSF－011－3－4 |
|  | **구역형 집단에너지 마이크로그리드**  **— 제4부: 분산자원 안정화 특성지표**  SGSF－011－3－4:2019 | |
| **한 국 스 마 트 그 리 드 협 회**  **2019년 XX월 XX일 제정** | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **심 의： 운영위원회** | | | | | | | |
|  |  | 성명 |  | 근 무 처 |  | 직위 |  |
| (위원장) |  | 이 정 준 |  | LS산전 |  | 상무 |  |
| (위 원) |  | 김영명 |  | KT |  | 단장 |  |
|  |  | 안혁성 |  | LG전자 |  | 담당 |  |
|  |  | 신용식 |  | SK텔레콤 |  | 본부장 |  |
|  |  | 김병진 |  | 현대일렉트릭앤에너지시스템 |  | 상무 |  |
|  |  | 이준호 |  | 한국전력공사 |  | 처장 |  |
|  |  | 남성우 |  | 한전KDN |  | 본부장 |  |
|  |  | 양성배 |  | 한국전력거래소 |  | 본부장 |  |
|  |  | 박승용 |  | 효성 |  | 전무 |  |
|  |  | 서경훈 |  | 삼성SDI |  | 상무 |  |
|  |  | 위성복 |  | 한국토지주택공사 |  | 단장 |  |
|  |  | 장태헌 |  | 한국산업기술시험원 |  | 본부장 |  |
|  |  | 박응기 |  | 국가보안기술연구소 |  | 본부장 |  |
|  |  | 이동준 |  | 한국전기연구원 |  | 본부장 |  |
|  |  | 이백행 |  | 한국산업기술평가관리원 |  | PD |  |
|  |  | 성길웅 |  | 한국스마트그리드사업단 |  | 실장 |  |
|  |  | 이경훈 |  | 산업통상자원부(분산에너지과) |  | 과장 |  |
|  |  | 배진석 |  | 국가기술표준원(전기전자정보표준과) |  | 과장 |  |
|  |  | 김동재 |  | 한국스마트그리드협회 |  | 본부장 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **심 의： 표준관리위원회** | | | | | | | | | | | |
|  |  | 성명 | |  | 근 무 처 | | |  | 직위 | |  |
| (위원장) |  | 이중호 | |  | 한국전력공사 | | |  | 처장 | |  |
| (위 원) |  | 서정원 | |  | 한국전력공사 | | |  | 부장 | |  |
|  |  | 임용배 | |  | 한국전기안전공사 | | |  | 부장 | |  |
|  |  | 정진범 | |  | 자동차부품연구원 | | |  | 팀장 | |  |
|  |  | 공재준 | |  | 한전KDN | | |  | 부장 | |  |
|  |  | 이일우 | |  | 한국전자통신연구원 | | |  | 단장 | |  |
|  |  | 김응상 | |  | 한국전기연구원 | | |  | 책임 | |  |
|  |  | 이상현 | |  | KT | | |  | 팀장 | |  |
|  |  | 김경호 | |  | LS산전 | | |  | 수석 | |  |
|  |  | 권영진 | |  | 효성 | | |  | 수석 | |  |
|  |  | 김지효 | |  | 옴니시스템 | | |  | 소장 | |  |
|  |  | 김정훈 | |  | 홍익대학교 | | |  | 교수 | |  |
|  |  | 홍승호 | |  | 한양대학교 | | |  | 교수 | |  |
|  |  | 이현기 | |  | 한국스마트그리드협회 | | |  | 팀장 | |  |
| **원안 작성 및 협력** | | | | | | | | | | | |
|  |  | 성명 | |  | 근 무 처 | | |  | 직위 | |  |
| (위원장) |  | 박 완 기 | |  | 한국전자통신연구원 | | |  | 실장 | |  |
| (위 원) |  | 김종원 | |  | 한국전자통신연구원 | | |  | 책임 | |  |
|  |  | 허세완 | |  | 한국전자통신연구원 | | |  | 선임 | |  |
|  |  | 박진상 | |  | 전략기술경영연구원 | | |  | 부원장 | |  |
|  |  | 홍대승 | |  | ㈜제니스텍 | | |  | 책임 | |  |
|  |  | 신만철 | |  | ㈜파워이십일 | | |  | 이사 | |  |
|  |  | | 이철송 |  | | ㈜대은 |  | | 소장 |  | |
|  |  | | 정재성 |  | | 아주대학교 |  | | 교수 |  | |

표준열람 : 스마트그리드 표준화 포럼 (http://www.ksga.org/sgstandard)

━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━

제 정 자：운영위원회 위원장

제 정：2019년 XX월 XX일

심 의 : 운영위원회

원안작성협력：한국전자통신연구원

━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━

이 표준에 대한 의견 또는 질문은 한국스마트그리드협회(스마트그리드 표준화 포럼)로 연락하거나 웹사이트를 이용하여 주십시오

목 차

[머 리 말 ii](#_Toc26867557)

[개 요 iii](#_Toc26867558)

[1 적용범위 1](#_Toc26867559)

[2 인용표준 2](#_Toc26867561)

[2.1 국제표준 2](#_Toc26867562)

[2.2 국내표준 2](#_Toc26867563)

[3 용어와 정의 및 약어 3](#_Toc26867565)

[3.1 용어와 정의 3](#_Toc26867566)

[3.2 약어 6](#_Toc26867570)

[4 분산자원(DER) 시스템 구성 7](#_Toc26867572)

[4.1 일반사항 7](#_Toc26867573)

[4.2 시스템 구성 7](#_Toc26867574)

[4.3 적용 시스템 구성 방법 8](#_Toc26867575)

[5 매개변수(Parameter) 9](#_Toc26867710)

[5.1 측정데이터 및 측정값 9](#_Toc26867711)

[5.2 매개변수(Parameter) 10](#_Toc26867714)

[6 분산자원 안정화 특성지표 11](#_Toc26867855)

[6.1 신뢰지표(RI) 11](#_Toc26867863)

[6.2 변동지표(VI) 12](#_Toc26867864)

[부속서 A (참고) 특성지표를 활용한 인센티브지급률 산정 13](#_Toc26867865)

[A.1 인센티브지급률(Incentive Rate; IR) 13](#_Toc26867866)

[A.2 신뢰지표 인센티브지급률(IRRI) 산정 방법 13](#_Toc26867867)

[A.3 변동지표 인센티브지급률(IRVI) 산정 방법 14](#_Toc26867868)

[A.4 결합지표 인센티브지급률(IRCI) 산정 방법 15](#_Toc26867869)

[부속서 B (참고) 16](#_Toc26867870)

[B.1 비즈니스 유스케이스 16](#_Toc26867871)

[SGSF-011-3-4:2019 18](#_Toc26867872)

[해 설 18](#_Toc26867873)

[1 제정의 취지 18](#_Toc26867874)

[2 제정 경위 18](#_Toc26867875)

[참고문헌 19](#_Toc26867876)

머 리 말

이 표준은 사단법인 한국스마트그리드협회에서 원안을 갖추고 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진 운영 요령에 따라 스마트그리드표준화포럼 운영위원회 심의를 거쳐 제정한 단체표준이다.

이 표준의 일부가 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개후의 실용신안등록출원에 저촉될 가능성이 있다는 것에 주의를 환기한다.

한국스마트그리드협회(KSGA) 및 스마트그리드표준화포럼(SGSF) 운영위원회는 이러한 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허 출원, 실용신안권 또는 출원 공개 이후 실용신안등록출원에 관계되는 확인에 대하여 책임을 지지 않는다.

개 요

구역형 집단에너지(CES, Community Energy System) 시설은 에너지 소비 밀집 지역을 대상으로 열병합 발전 시설을 활용하여 일정 범위의 지역에 열과 전기를 공급하는 에너지 공급 사업자 시설이다.

CES시설 기반 마이크로그리드(이하 CES-MG로 기술함)는 에너지 소비 밀집 지역을 대상으로 열병합발전시설 및 CES 사업자에 의해 운영되는 지역적으로 국한된 배전 설비를 기반으로 신재생에너지 및 전기에너지저장장치(EES, Electric Energy Storage)를 포함한 다양한 분산자원(DER, distributed energy resources)의 추가 설치 및 활용을 통하여 에너지 소비 밀집 지역의 구역형 집단에너지 환경에서 마이크로그리드화를 위해 체계적인 접근 방식으로 깨끗하고 재생 가능한 에너지를 사용하는 방법을 제시할 수 있는 시스템이다.

CES-MG에서 제공하는 응용 서비스들은 CES-MG 의 열병합발전(CHP, Combined Heat Power), 분산자원(DER, Distributed Energy Resouurces) 및 부하자원을 적절히 통제함으로써 전력 계통의 우발적인 상황에 대한 안정적 관리와 CES-MG 에너지 자원의 효율적이고 경제적인 사용을 위해 용이한 수단으로 다룰 수 있다.

특히 이 표준은 간헐적 발전 특성을 갖는 태양광발전시스템이 전력계통에 영향을 미칠 수 있기 때문에 전기에너지저장장치를 활용하여 간헐적 특성을 반영하고 발전 예측의 신뢰와 변동을 확보할 수 있는 특성지표를 개발하였고 특성지표를 활용하기 위한 가이드를 제시한다.

표준 구성 및 내용은 국가에너지기술개발사업 내용을 근간으로 작성하였으며, 여러 서비스 사업자가 자유롭게 새로운 서비스 구현을 할 수 있는 활용 가이드를 지원하고자 한다.

CES-MG 구현 및 관리에 대한 시리즈 표준은 IEC의 마이크로그리드 관련 표준들을 참조하여 CES-MG 에 특화되어 적용되는 기술 내용에 대한 표준으로 CES-MG 의 특성에 맞게 IEC의 마이크로그리드 표준의 일부 확장 또는 축소하고 CES-MG 에 특화되어 적용할 수 있는 내용을 추가하여 개발하였다. 따라서, 이 표준에서 별도록 언급되지 않은 사항에 대해서는 IEC에서 권고하는 마이크로그리드 관련 표준의 기본 사항들을 준용한다.

**한국스마트그리드협회 단체표준**

SGSF-011-3-4:2019

|  |
| --- |
| **구역형 집단에너지 마이크로그리드**  **— 제4부 : 분산자원 안정화 특성지표** |

|  |
| --- |
| Community Energy System(CES) based Microgrids  **—** Part 4: Stability Indices for DER |

# 적용범위

본 표준은 구역형 집단에너지(CES, Community Energy System) 사업자 시설을 기반으로 구축되는 마이크로그리드(이하 CES-MG로 기술함)의 계통 연계운전, 독립운전 및 운전 모드 전환과 제어 요구사항을 제공하기 위한 것이다.

특히 CES-MG의 발전계획에 도움이되도록 분산자원을 활용하기 위하여, 전기에너지저장장치(EES)를 활용하여 태양광발전(PV)의 발전량을 CES-MG의 발전계획에 반영하여, 계획된 목표값을 추존하는 신뢰 기반 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템(PV-ESS) 운전을 할 수 있는 특성지표를 제시한다.

이 표준은 태양광발전(PV)과 전기에너지저장장치(EES)가 연결되어 그리드에 직접 연계되는 시스템에 대하여 적용되며, 시스템의 그리드 연계 규모에 상관없이 모든 시스템에 적용될 수 있다.

이 표준은 유지보수와 관련된 모든 안정측면은 다루지 않는다.

본 표준에서 다루는 CES-MG는 구역형 집단에너지 환경에서의 발전시설, EES시스템 및 전력 부하를 포함하고 저압 또는 고압의 자체 배전망을 갖추고 있는 AC 전력망으로 구성되는 전력망에 한정한다. 그리고, 계통연계형 CES-MG로 한정하여 적용한다.

본 표준에서 언급되지 않는 CES-MG의 요구사항은 IEC/TS 62898-2의 내용을 따른다.

# 인용표준

다음의 인용표준은 이 표준의 적용을 위해 필수적이다.

발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

## 국제표준

IEC TS 62898-1, Micorgrids - Part 1: Guidelines for general planning and design of microgrids

IEC TS 62898-2(DTS), Micorgrids - Part 2: Guidelines for Microgrid Operation (and Control)

## 국내표준

SGSF-011-3-1:2017, 구역형 집단에너지 마이크로그리드 - 제1부: 일반 요구사항

SGSF-011-3-2:2017, 구역형 집단에너지 마이크로그리드 - 제2부: 설치 및 관리

SGSF-011-3-3:2017, 구역형 집단에너지 마이크로그리드 - 제3부: 운전 및 제어

SGICT-2-001, 스마트그리드 Use Case SGSF/TR-025-7 IEC61850을 이용한 DER 그리드 통합

SGSF/TF-025-8, 전기에너지저장장치 지원을 위한 객체모델

SGSF-001-1, 스마트그리드 용어

SGSF-011-1, 마이크로그리드 공통참조 모델

SGSF-011-2, 마이크로그리드 공통플랫폼 보안 요구사항

SGSF-025-1, 분산자원시스템-통신 및 정보 표준 가이드라인

SGSF-043-2, IEC CIM 스마트그리드 사용자 인터페이스

SGSF-045-2, 분산자원 - 제1부: 아키텍처 및 일반요구사항

SGSF-045-2, 분산자원 - 제2부: 유스케이스

# 용어와 정의 및 약어

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

**비고** 용어는 IEC TS 62898-1에 정의된 것을 참고하고 국내표준화 과정에서 정의된 용어로 정의한다. 본 절에서 정의되지 않은 용어의 경우 IEEE 표준사전 온라인(IEEE Standards Dictionary Online)을 참고한다.

## 용어와 정의

**구역형 집단에너지 마이크로그리드(CES-MG)**

CES-MG는 상가중심 지역, 공동주택, 병원 및 백화점 등 소규모의 집중적인 에너지소비지역을 대상으로 소형 CHP를 활용하여 냉방, 난방 및 전기를 일괄 생산하여 공급할 수 있는 사업장을 대상으로 한다. 열병합발전 시설을 중심으로 EES시스템이나 신재생에너지의 신규도입을 용이하게 하기위해 마이크로그리드를 구현하여 부하를 운전 및 제어하는 시스템 혹은 서비스이다.

[출처: SGSF-011-3-1:2017, Part 1]

**분산자원(DER)**

출력이 1,000kW부터 100kW 정도의 소규모 발전기, 풍력발전, 태양광발전, 연료전지, 폐기물발전, 바이오매스 발전, 소수력발전 및 마이크로 가스터빈발전 등이 있음. 이는 경제성이 높고 수요지에 근접하여 건설할 수 있으며, 친환경적이며, 송전비용이 없고, 배전비용은 약 절반이면 됨

[출처: 스마트그리드용어사전]

**분산전원(DG, Distributed Generation)**

소용량의 모듈화된 발전원으로서 제어 가능한 전원과 제어가 불가능하거나 제한적인 전원이 있다.

* 제어 가능 전원：가스터빈, 가스엔진, 연료전지 등 가스기반의 열병합 발전원과 디젤 발전, 소수력 발전 등
* 제어 제한적 전원：태양광 발전, 풍력 발전 등이 대표적인 전원이다

[출처: **SPS-SGSF-03-2012-06-1975(단체표준)\_Ed1.0]**

**신재생에너지(Renewable Energy)**

태양, 풍력, 해양온도차, 조수차이, 연료전지, 매립지 가스 및 기타 생물자원을 이용하는 지속가능한에너지 기술

[출처: 스마트그리드용어사전]

**간헐적 발전자원**

신재생에너지의 태양광과 풍력 등과 같이 지역적, 계절적, 시간적으로 발전 특성이 일정하지 않고 간헐적인 특성을 가지는 발전 자원

[출처: SGSF-011-3-1:2017, Part 2]

**스마트미터(Smart Meter; SM)**

ICT 기술의 양방향 통신 기반하에 디지털 계량방식이 탑재되어 전력사업자와 실시간으로 전기관련 정보를 주고 받을 수 있는 계량기. 전력사용량을 디지털 방식으로 기록하여 원격통신을 통해 보고하기 때문에 가정에서 실시간으로 전력사용량과 사용요금을 체크할 수 있는 기기임

스마트미터는 CES-MG 내에 설치된다. 이 표준에서는 메인그리드로부터 공급받는 전력과 전력량을 측정한다. 에너지저장장치의 전력과 전력량을 측정한다. 태양광발전시스템에서 생산되는 전력과 전력량을 측정한다. 각 구성성분에서 측정한 측정값을 마이크로그리드 관리시스템으로 데이터를 보낸다.

본 표준에서는 전력과 전력량을 측정할 수 있는 것을 스마트미터로 정의하며 1분 단위 평균전력과 5분단위 평균전력량을 측정하고 데이터를 수집한다.

**비고** 기존의 전력량계나 신규의 새로운 기능이 포함된 전력량계를 통칭한다

[출처: 스마트그리드용어사전]

**전력 품질(power quality; PQ)**

전력계통의 일정한 지점에서의 전력의 질적 상태를 의미하며, 규정된 전압과 주파수 그리고 제정된 파형과 대칭성을 기준으로 함

[출처: 스마트그리드용어사전]

**비고** 이 매개 변수는 경우에 따라 전력 시스템에 공급된 전기와 해당 전력 시스템에 연결된 부하 간의 호환성에 관련 될 수 있다.

[출처: IEV 617-01-05]

**신뢰도(성)(reliability)**

소비자가 요구하는 양만큼의 전력을 인정된 기준 내에서 전송할 수 있는지를 나타내는 지표. 적정성과 안전성으로 나뉘는데, 적정성은 계통설비의 계획정지, 비계획정지를 고려하여 언제라도 수요자의 총 전력수요에 대해 전력을 공급할 수 있는 능력을 말하며, 안전성은 전력시스템의 단락이나 예기치 않는 설비손실 사고와 같은 갑작스런 외란에 대해서도 전력시스템이 견뎌낼 수 있는 능력을 뜻함

[출처: 스마트그리드용어사전]

주어진 시간 간격 동안 주어진 조건 하에서 전력 시스템이 요구되는 기능을 수행할 수 있는 확률

**비고** 1 신뢰성은 장시간의 정전이 거의 없이 거의 지속적으로 적절한 전기 서비스를 제공하는 전력 시스템의 능력을 정량화한다.

**비고** 2 신뢰는 전력 시스템 설계 및 운전의 전반적인 목표이다.

[출처: IEV 617-01-01]

**평균절대백분률오차(Mean Absolute Percentage Error; MAPE)**

예측 데이터와 실측 데이터의 절대 오차를 백분율로 나타내어 평균한 값으로 예측 데이터가 실제 데이터와 유사한 정도를 나타내는 방식이다.

평균절대비율오차(Mean Absolute Percent Error)는 실제 발전량과 예측 발전량에 대한 상대오차의 비율을 모두 더한 다음기간수로 나눈 값이다. 평균절대비율오차는 기간에 따라 수요의 크기가 크게 달라질 때 유용한 예측오차의 측정방법이다.

**비고**  일반적으로는 실측 데이터를 기준으로 하지만 태양광 발전 신뢰를 위해 본문에서는 입찰량을 기준으로 하여 계산한다.

**신뢰지표(Reliability Index; RI)**

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 운영시 입찰한 발전량을 기준으로 실제 발전량이 유사하게 추종하는지를 나타내는 특성지표로서 이 표준에서는 입찰한 발전량과 실제 발전량을 5분단위로 비교하여 평균절대백분률오차를 통해 계산되는 값이다.

**비고** 1 본문 6.1 신뢰지표 참조

**변동지표(Variance Index; VI)**

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 운영시 태양광 발전의 설치용량을 기준으로 실제 발전량의 변화 정도를 나타내는 특성지표로서 이 표준에서는 실제 발전량의 변화를 1분단위로 확인하여 평균절대백분률오차를 통해 계산되는 값이다.

**비고** 본문 6.2 변동지표 참조

**결합지표(Combined Index; CI)**

신뢰지표와 변동지표의 결합에 의하여 나타나는 특성지표로서, 이 표준에서는 적정 변동지표를 기준으로 할 때 나타나는 신뢰지표의 정도

**비고** 신뢰지표와 변동지표에서 지표값의 결합 또는 두 지표간의 상호조건화 할 때 사용한다.

**신뢰지표 인센티브지급률(Incentive Rate by Reliability Index; IRRI)**

CES-MG의 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템이 신뢰지표가 좋은 운영을 하는 경우에 신뢰지표의 값에 대응하여 인센티브를 지급하기 위한 인센티브단가의 비율

**비고** 1 신뢰지표에 대응하는 신뢰지표 인센티브지급률은 인센티브단가의 배수로 사용됨

**비고** 2 부속서 A.2절 참조

**변동지표 인센티브지급률(Incentive Rate by Variance Index; IRVI)**

CES-MG의 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템이 변동지표가 좋은 운영을 하는 경우에 변동지표의 값에 대응하여 인센티브를 지급하기 위한 인센티브단가의 비율

**비고** 1 변동지표에 대응하는 변동지표 인센티브지급률은 인센티브단가의 배수로 사용한다.

**비고** 2 부속서 A.3절 참조

**결합지표 인센티브지급률(Incentive Rate by Combined Index; IRCI)**

CES-MG의 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템이 신뢰지표와 변동지표가 좋은 운영을 하는 경우에 신뢰지표 및 변동지표를 통해 만들어진 결합지표의 값에 대응하여 인센티브를 지급하기 위한 인센티브단가의 비율

**비고** 1 변동지표가 미리 정해진 범위 이내를 만족하는 조건에서 신뢰지표에 의해 결정되는 결합 인센티브지급률

**비고 2** 결합지표에 대응하는 결합지표 인센티브지급률은 인센티브단가의 배수로 사용한다.

**비고** 3 부속서 A.4절 참조

## 약어

위의 정의에서 사용된 약어는 다음과 같다.

CES Community Energy System 구역형 집단에너지

CHP Combined Heat Power 열병합발전

MG Microgrid 마이크로그리드

EMS Energy Management System 에너지관리시스템

EES Electric Energy Storage 전기에너지저장장치

DER Distributed Energy Resource 분산자원

CES MG CES-based MG CES 시설기반 마이크로그리드

SM Smart Meter 스마트미터

PV Photo Voltaic 태양광발전

PCS Power Conversion System 전력변환시스템

RI Reliabilty Index 신뢰지표

VI Variance Index 변동지표

CI Combined Index 결합지표

IRRI Incentive Rate by Reliability Index 신뢰지표 인센티브지급율

IRVI Incentive Rate by Variance Index 변동지표 인센티브지급율

IRCI Incentive Rate by Combinded Index 결합지표 인센티브지급율

# 분산자원(DER) 시스템 구성

## 일반사항

CES 시설은 에너지 소비 밀집지역을 대상으로 열병합발전(CHP, 열병합발전)을 활용하여 일정 범위의 지역에 열과 전기를 공급하는 에너지 공급 사업자 시설을 일컫는다.

CES-MG는 설치목적 및 주변 환경여건에 따라 대형 전력 사업자의 계통과 연계되어 구성되거나 분리되어 독립적으로 운전될 수 있어야 한다. 이러한 특성을 고려하여 CES-MG는 대형 전력 사업자의 계통과의 연계성에 따라 계통연계형 CES-MG와 독립형 CES-MG로 구분한다.

CES-MG는 우발적인 상황의 발생 또는 마이크로그리드 운영자에 의해 계획된 의도에 의해 CES-MG가 계통연계운전 모드, 독립운전 모드, 또는 이들 사이에서 운전 모드 전환이 이루어질 때 가장 중요한 사항은 중요도에 따라 분류되는 민감부하의 정상적인 작동을 보장하고, 대형 전력 사업자 계통의 무결성이나 안전을 해치지 않는 것이다.

CES-MG가 두 운전모드 간의 모드전환 시 CES-MG의 전압과 주파수는 허용 가능한 한도 내에 있어야 한다.

## 시스템 구성

날씨의 변화에 따라 발전량이 크게 달라짐으로써 전력 계통으로의 발전 변동이 크게 나타나는 태양광발전시스템의 그리드 연계 신뢰지표 향상을 위해서는 다음의 두 가지 사항을 고려하여 구성할 수 있다.

* 정확도가 높은 발전 예측
* 에너지저장장치를 활용한 발전 예측 오차 보정 제어

본 표준에서는 두 가지 구성의 고려사항 중 “에너지저장장치를 활용한 발전 예측 오차 보정 제어” 기능을 구비한 태양광발전에 대하여 다룬다.

에너지저장장치를 활용하여 발전 예측 오차를 보정하는 제어 기능을 구비한 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구조는 전력계통 연계를 포함하여 다음과 같은 구성요소를 갖는다.

* 태양광발전부(PV)
* 에너지저장장치부(EES)
* 스마트미터(SM1, SM2, SM3)
* 케이블 어셈블리 등의 기타 구성요소

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 안정화 특성지표의 평가를 위해서는 전력계통과 공통접속점에 스마트미터를 구비하여야 하며, 이를 통하여 주기적으로 계통으로 발전되는 전력, 전력량을 측정 및 수집할 수 있어야 한다.

전력계통과의 공통 접속점에 설치된 스마트미터에서 계측되는 값을 기준으로 그리드 연계 안정화 지표에 대한 값이 산출된다.

## 적용 시스템 구성 방법

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법은 그림 1과 같다. 그림 1에서 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템은 태양광발전의 AC발전과 에너지저장장치의 AC출력이 병합되어 계통에 연결되는 구조이다.

**비고** 1 이 표준에서는 SGSF-011-3-1 제1부의 구성도에서 설명을 위해 필요한 구성요소를 스마트미터(SM), 전기에너지저장장치(EES), 태양광발전장치(PV) 만을 구성한다.

스마트미터 SM3는 태양광발전의 발전 전력과 전력량을 측정 및 수집하고, 스마트미터 SM2는 태양광발전의 발전전력을 충전하거나 전력계통으로 방전하는 전기에너지저장장치의 충전 및 방전 전력과 전력량을 측정 및 수집한다.

스마트미터 SM1은 태양광발전의 발전과 전기에너지저장장치의 출력의 합이 전력계통으로 발전되는 1분단위 연계시스템 발전 전력과 5분단위 연계시스템 발전 전력량을 측정 및 수집한다.



그림 1 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법

# 매개변수(Parameter)

## 측정데이터 및 측정값

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템에서 사용하는 측정데이터는 스마트미터를 통해서 측정하고 측정값들은 운영시스템에서 활용할 수 있다.

태양광 발전에 따른 발전전력(POPV)과 발전전력량(EOPV)은 스마트미터(SM3)에 의해 측정되고 항상 0 이상의 값을 가진다.

에너지저장장치의 충전 및 방전에 따른 충방전전력(POESS)과 전력량(EOESS)은 스마트미터(SM2)에 의해 측정된다. 에너지저장장치의 경우 충전시에는 수전 전력이 증가하고 방전시에는 송전 전력이 증가하므로 에너지저장장치의 전력(POESS)는 방전을 기준으로 송전 - 수전으로 산정한다. 따라서 태양광발전의 전력과 달리 0 이상 또는 0 이하의 값을 가질 수 있다. 에너지저장장치의 전력량(EOESS) 또한 송전 전력량 - 수전 전력량으로 산정한다.

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 전력(POACT)과 전력량(EOACT)은 스마트미터(SM1)에 의해 측정된다. 에너지저장장치의 출력이 제한되어 운영됨에 따라, 태양광 발전 전력 이상 충전하지 못하여 항상 0 이상의 값을 가진다. 연계시스템의 전력은 태양광 발전의 발전과 에너지 저장장치의 출력이 합쳐진 것이다. 연계시스템의 전력량은 두 출력의 합이 누적되는 값을 나타낸다.

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 발전은 신뢰지표(RI)와 변동지표(VI)를 산정하는 대상으로서, 신뢰지표를 위해 5분 단위 발전전력량과 변동지표를 위해 1분 단위 발전전력 데이터가 사용된다.

**표1 – 측정데이터 및 측정값**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NO | 측정데이터 | 약어 | 단위 | 값의 범위 | 측정지점 |
| 1 | 태양광발전전력 | POPV | kW | 0 이상 | SM3 |
| 2 | 태양광발전전력량 | EOPV | kWh | 0 이상 | SM3 |
| 3 | 에너지저장장치전력 | POEES | kW | 0 이상 또는 0 이하 | SM2 |
| 4 | 에너지저장장치전력량 | EOEES | kWh | 0 이상 또는 0 이하 | SM2 |
| 5 | 연계시스템발전전력 | POACT | kW | 0 이상 | SM1 |
| 6 | 연계시스템발전전력량 | EOACT | kWh | 0 이상 | SM1 |

## 매개변수(Parameter)

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템에서 사용하는 매개변수들은 다음과 같다.

태양광발전 용량(PVCAP)은 초기 설치시에 계통 연계 용량을 고려하여 산정된 값으로서, 태양광 발전은 해당 용량 이상으로 발전할 수 없으므로 최대 발전전력을 의미한다.

에너지저장장치의 출력 장치에 해당하는 전력변환장치 용량(PCSCAP)은 에너지저장장치가 충전 또는 방전하기 위해 출력하는 최대의 발전전력을 의미한다.

태양광발전과 에너지저장장치 연계시스템의 발전은 태양광발전의 전력량과 에너지저장장치의 전력량이 합쳐진 것으로서, 해당 연계시스템의 예상 발전을 미리 결정하여 1시간 단위의 입찰전력량(EOBID)을 전력시장에 입찰하게 된다.

신뢰지표 계산 시에는 입찰전력을 매 5분마다 유지하는 것을 기준으로 하여 실제 발전전력과 비교하고, 변동지표는 1분 단위로 연계시스템발전전력(POACT)의 변화를 측정하여 계산한다.

**표2 – 측정데이터 연계 파라미터**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NO | 매개변수명 | 약어 | 단위 | 값의 범위 | 매개변수유형 |
| 1 | 태양광발전 용량 | PVCAP | kW | 0 이상 | 고정형 |
| 2 | ESS PCS 용량 | PCSCAP | kW | 0 이상 | 고정형 |
| 3 | 입찰전력 | POBID | kW | 0 이상, 태양광발전 용량 이하 | 변동형 |
| 4 | 입찰전력량 | EOBID | kWh | 0 이상 | 변동형 |

# 분산자원 안정화 특성지표

## 신뢰지표(RI)

신뢰지표(RI)는 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 운영시 입찰한 발전량을 기준으로 실제 발전량이 유사하게 추종하는지를 나타내는 특성지표로서 이 표준에서는 입찰한 발전량과 실제 발전량을 5분단위로 비교하여 평균절대백분률오차(MAPE)를 통해 계산되는 값이며 다음 식(1)과 같다.

  *(1)*

식(1)에서 RIMAPE는 신뢰지표(RI)이고 예측 데이터와 실측 데이터의 절대 오차를 백분율로 나타내어 평균한 값인 평균절대백분률오차값으로 예측 데이터가 실제 데이터와 유사한 정도를 나타내는 방식이다. 1시간 단위로 계산하는 값이며, 단위는 %이고, 값의 범위는 0 ~ 100 %이다.

EOBID는 입찰전력량이고, 5분 단위의 변동형 파라미터이며, 단위는 kWh이고, 값의 범위는 0 이상이다. 그림 2에서 EOBID는 POBID를 5분 동안 누적한 값이다.

EOACT는 연계시스템발전전력량이고, 스마트미터(SM1)이 5분 단위로 측정하며, 단위는 kWh이고, 값의 범위는 0 이상이다. 그림 2에서 EOACT는 POACT를 5분 동안 누적한 값으로서, RIMAPE는 식(1)과 같이 매 시간 12개의 EOBID와 EOACT를 연산하여 합쳐서 평균을 낸다.

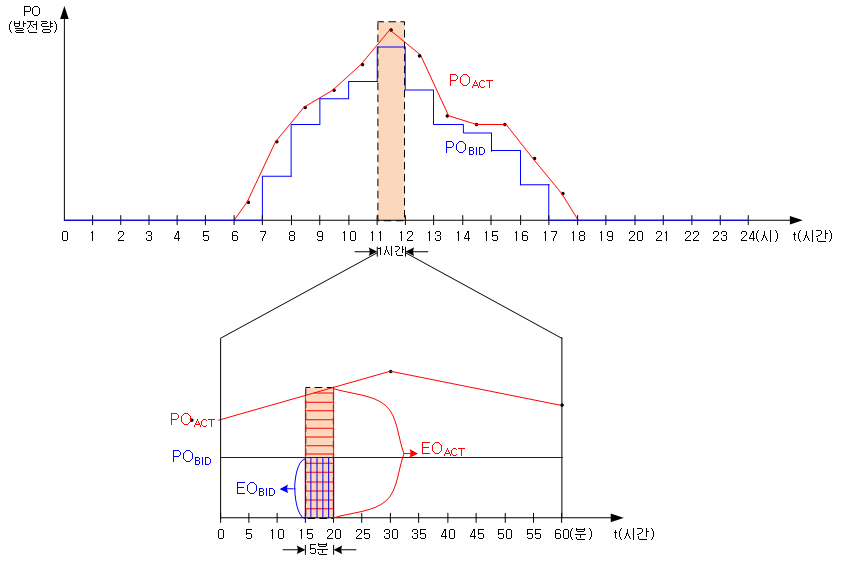


그림 2 신뢰지표

## 변동지표(VI)

변동지표(VI)는 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 운영시 태양광 발전의 설치용량을 기준으로 실제 발전량의 변화 정도를 나타내는 특성지표로서 이 표준에서는 실제 발전량의 변화를 1분단위로 확인하여 평균절대백분률오차(MAPE)를 통해 계산되는 값이며 식(2)와 같다.

 (2*)*

식(2)에서 VIMAPE는 변동지표이고, 1시간 단위로 계산하는 값이며, 단위는 %이고, 값의 범위는 0 ~ 100 %이다. 그림 3에서 VIMAPE는 식(2)와 같이 매 시간 60개의(POACT,i – POACT, i-1)를 PVCAP로 나누어서 합친후 평균을 낸다.

(POACT,i – POACT, i-1)는 전력 계통으로 발전되는 분당 연계시스템 발전 전력의 변화량이고, 1분 단위 변동형 파라미터이며, 단위는 kW이고, 값의 범위는 0 이상 또는 0 이하이다. 그림 3에서 (POACT,i – POACT, i-1)는 현재의 POACT를 1분 전의 POACT로 뺀 값이다.

PVCAP는 태양광발전 용량이고, 고정형 파라미터이며, 단위는 kW이고, 값의 범위는 0 이상이다.



그림 3 변동지표

1. (참고)  
     
   특성지표를 활용한 인센티브지급률 산정

이 부속서는 이 표준에서 다루어진 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 그리드 안정화 특성지표들을 활용하여 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 사업자에게 인센티브를 지급하는 방법을 설명함으로써 본문의 이해를 돕고자 한다.

첫번째 절은 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템에서 사용하는 인센티브지급률들을 정의하고, 두번째 절은 신뢰지표에 의하여 인센티브를 지급하는 방법을 기술하며, 세번째 절은 변동지표에 의하여 인센티브를 지급하는 방법을 기술하고, 네번째 절은 신뢰지표와 변동지표의 결합에 의하여 인센티브를 지급하는 방법을 기술한다.

A.1 인센티브지급률(Incentive Rate; IR)

태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템에서 사용하는 인센티브지급률들은 다음과 같다.

* 신뢰지표 인센티브지급률(IRRI) : 신뢰지표에 의한 인센티브지급률, 단위는 인센티브단가의 배수
* 변동지표 인센티브지급률(IRVI) : 변동지표에 의한 인센티브지급률, 단위는 인센티브단가의 배수
* 결합지표 인센티브지급률(IRCI) : 변동지표가 미리 정해진 범위 이내의 조건에서 신뢰지표에 의한 결합 인센티브지급률, 단위는 인센티브단가의 배수

A.2 신뢰지표 인센티브지급률(IRRI) 산정 방법

신뢰지표에 의하여 인센티브를 지급하는 방법은 그림 4와 같다. 그림 4에서 신뢰지표 인센티브지급률(IRRI)는 신뢰지표(RIMAPE)가 0%에 가까울수록 좋은 신뢰를 보유하므로, 일례로서 신뢰지표(RIMAPE)가 0%일 때 인센티브단가의 1.5배를 지급하고, 신뢰지표가 증가할수록 신뢰지표 인센티브지급률이 선형적으로 감소하여, 신뢰지표가 30 ~ 100%일 때 인센티브단가의 0배를 지급한다.

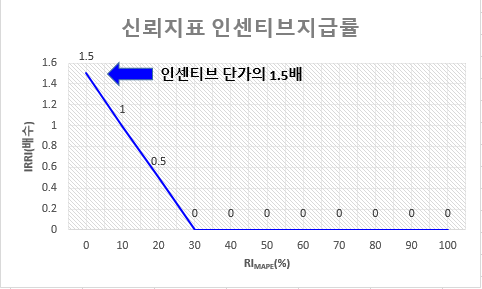


그림 4 신뢰지표 인센티브지급률

A.3 변동지표 인센티브지급률(IRVI) 산정 방법

변동지표에 의하여 인센티브를 지급하는 방법은 그림 5와 같다. 그림 5에서 변동지표 인센티브지급률(IRVI)는 변동지표(VIMAPE)가 0%에 가까울수록 좋은 변동지표를 나타내므로, 일례로서 변동지표가 0 ~ 30%일 때 인센티브단가의 1배를 지급하고, 30초과 ~ 100%일 때 인센티브단가의 0배를 지급한다.

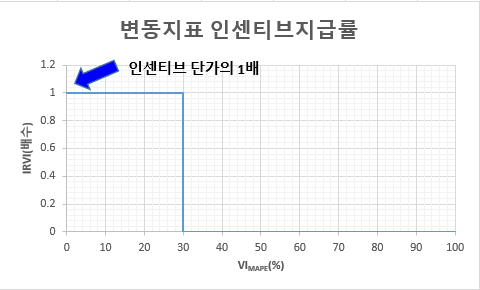


그림 5 변동지표 인센티브지급률

A.4 결합지표 인센티브지급률(IRCI) 산정 방법

신뢰지표와 변동지표의 결합에 의하여 인센티브를 지급하는 방법은 그림 6과 같다.

그림 6에서 결합지표 인센티브지급률(IRCI)은 일례로서 변동지표가 30% 이내인 조건에서 신뢰지표 가 0%일 때 인센티브단가의 1.5배를 지급하고, 신뢰지표가 증가할수록 신뢰지표 인센티브지급률 (IRCI)이 선형적으로 감소하여, 신뢰지표가 30 ~ 100%일 때 인센티브단가의 0배를 지급하며, 변동지표가 30%를 초과하면 인센티브단가의 0배를 지급한다.

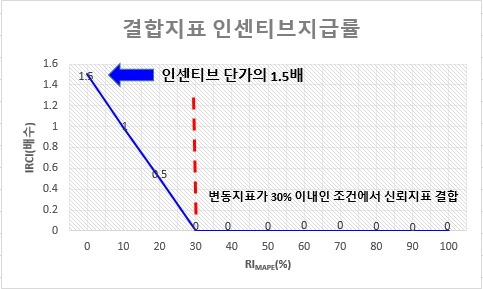


그림 6 결합지표 인센티브지급률

(변동지표가 30% 이내인 조건에서 신뢰지표에 의한 결합 인센티브지급률)

1. (참고)  
   1. 비즈니스 유스케이스

**이름: PV-EES 연계 그리드 안정화 특성 분석 시뮬레이션 기능 개발**

이 표준은 태양광발전시스템과 같이 간헐성과 더불어 발전출력 변동이 심한 분산발전원에서 예상발전량의 변동을 제어하여 보상하기 위해 전기에너지저장장치를 연계운영하여 PV-EES 전력량을 제어함으로써 보상하는 한 방법에 관한 것이다.

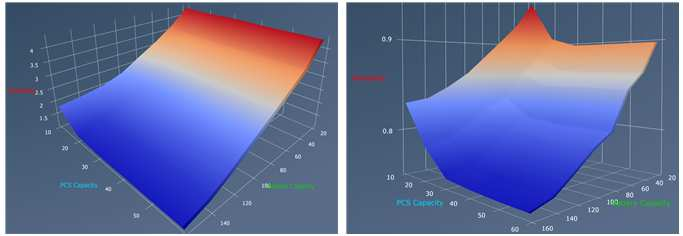
예상발전량의 변동을 제어하기 위한 방법으로는 신뢰지표(RI)와 변동지표(VI)로 구분할 수 있다. 이러한 지표를 사용하거나 두 지표를 결합하여 사용하면 예상발전량의 변동을 제어할 수 있고 궁극적으로 그리드 안정화에 기여할 수 있다. 또한 인센티브 기반의 수요관리에서 발전목표량을 보다 정교하게 관리하여 페널티를 방지 할 수 있고, 인센티브지급률을 높일 수 있어 사업자의 경영수익에 기여할 수 있다.

태양광 발전의 변화가 계통에 미치는 불안정성을 해소하기 위한 방안으로 PV-EES 연계 발전량을 계통의 발전계획에 반영하여 계획된 타겟을 추종하는 신뢰 기반 EES 운전을 통해 계통을 안정화시킬 수 있으며, 본 PV-EES 운영 시뮬레이션에서는 그리드 안정화 특성을 PV-EES의 신뢰와 변동지표를 통해서 나타낸다.

PV-EES의 출력계획을 의미하는 출력 목표값은 발전량 예측에 기반하여 입찰하는 것으로 가정하며, 시뮬레이션 시 EES의 타겟 추종운전의 여부와 무관하게 신뢰와 변동을 평가함에 따라, 신뢰 기반 EES 운전과 변동 기반 EES 운전의 경우 각각 신뢰와 변동지표를 통해 그리드 안정화 특성을 분석한다.

신뢰와 변동지표는 각각 평균화 하기 전에는 100% 이상의 값을 가질 수 있으나, 1시간 내에서 평균화 한 값은 100% 이상의 값을 가지지 않도록 제한하며, 지표의 값이 작을수록 그리드 안정화 특성이 좋은 것을 의미한다.

시뮬레이션은 신뢰지표와 변동지표를 산출하여 그리드 안정화 특성을 분석할 수 있으며, 태양광 발전량 및 정책, 파라 미터 등을 동일한 조건으로 유지하되 EES를 구성하는 PCS와 배터리의 용량을 변화하여 용량 변화에 따른 그리드 안정화 특성을 분석할 수 있도록 기능을 개발한다.



<EES 용량 변화에 따른 그리드 안정화 지표 변화: (좌) 신뢰지표, (우) 변동지표>

위 그림은 120kW 용량의 태양광 발전을 대상으로 태양광 보조용 신뢰 기반 EES 운전 정책으로 EES를 운전하여 PCS 용량을 10kW부터 60kW까지, 배터리 용량은 20kWh부터 160kWh까지 변화한 시뮬레이션을 통해 얻은 신뢰 및 변동지표 변화를 나타낸 것으로서, 출력 목표값이 0으로 설정된 이른 아침과 늦은 밤 시간대를 제외하여 1년간 운전하여 1시간 단위로 얻은 지표를 1년 내에 평균한 값을 의미하며, 지표값이 낮을수록 안정화 특성이 좋은 것을 의미한다.

신뢰지표의 경우 태양광 발전량 예측이 틀리더라도 오랜 시간 동안 타겟을 추종할 수 있기 때문에 배터리의 용량이 증가할수록 신뢰가 높게 나타나며, 부가 REC용 신뢰 기반 EES 운전과 다르게 태양광 보조용 신뢰 기반 EES 운전은 PCS의 높은 출력을 요구하지 않으므로, PCS가 매우 낮은 경우를 제외하면 PCS 용량 변화에 크게 영향을 받지 않는 결과를 보여준다.

변동지표의 경우 타겟을 추종하는 신뢰가 잘 지켜지면 변동지표도 좋게 나오기 때문에 배터리의 용량이 클수록 변동지표가 좋게 나오며, 태양광 발전의 급격한 변화를 잡기에 PCS의 큰 용량이 요구되므로 PCS의 용량이 클수록 변동지표가 높게 나타나는 경향을 보인다.

신뢰지표와 변동지표는 1시간 단위로 계산이 이루어지며 1시간 단위로 의미를 가지기 때문에 시뮬레이션 결과에서 하나의 값으로 PV-EES의 그리드 안정화 특성을 나타내기에는 부족함이 있으나, 지표를 산정할 수 없는 시간대를 제외하고 1년 내에 평균화 하여 특정 EES 용량에 대한 그리드 안정화 특성값으로 사용할 수 있다.

이러한 그리드 신뢰와 변동지표를 활용함으로써 상호연관성 분석에 따른 수익지표 경향성을 산출할 수 있고 EES 용량에 따른 수익 및 수익변화 경향성을 확인 할 수 있다.

SGSF-011-3-4:2019

해 설

이 해설은 본체 및 부속서에 규정ㆍ기재한 사항 및 이것에 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다.

# 제정의 취지

스마트그리드 및 마이크로그리드와 연계 가능한 다양한 형태의 마이크로그리드에 대한 실증을 기반으로 한 다양한 유형의 마이크로그리드 사업들이 국내외에서 활발하게 진행되고 있다.

특히 일반소비자를 포함하고 있으면서 보완전력 공급을 하고 있는 구역형집단에너지(CES) 시설을 기반으로 한 마이크로그리드를 위한 계획 및 설계에 필요한 일반 요구사항에 대한 가이드라인이 필요하다.

또한 CES-MG 내에 설치된 태양광발전설비와 에너지저장장치 연계 구성을 통한 그리드 안정화에 기여할 수 있는 지표와 이에 대한 가이드라인이 필요하다.

최근 IEC TS 62898-1 표준이 제정되어 공표되었고, IEC TS 62898-2 및 IEC TS 62898-3에 대한 표준화 작업이 이루어지고 있는 중이다.

# 제정 경위

본 표준은 국내 CES 시설 기반 마이크로그리드 실증사업 유스케이스를 근간으로 하여 국제수준 및 국제표준에 부합되도록 하기 위해 제정한다.

참고문헌

[1] 한국전자통신연구원, 신재생비율 및 그리드 특성에 따른 그리드 안정화 기술용 ESS 최적연계기술 개발 및 실증, 진도점검보고서, 2018.12

[2] 송배전용 전기설비 이용규정, 2017.3.28

[3] Ramping Performance Analysis of the Kahuku Wind-Energy Battery Storage System, 2013

[4] Review of PREPA Technical Requirements for Interconnecting Wind and Solar Generation, 2013

[5] Understanding Wind Ramp Events Through Analysis of Histrical Data, 2010

[6] Identifying Wind and Solar Ramping Events, 2013

[7] 신재생에너지와 전기에너지저장장치 융합 솔루션 실험결과, 2014.6

[8] APERs Ratinale for Compliance Methodology to PREPA Minimum Technical Requirements, 2013

[9] Power Qulality in Grid-Connected Wind Turbines

**SGSF-011-3-4:2019(Ed1.0)**

|  |
| --- |
| **SGSGSG**  **GSGSG**  **SGSG**  **GSG**  **SG**  **GSG**  **SGSG**  **GSGSG**  **SGSGSG** |

|  |
| --- |
| **Community Energy System(CES)** |
| **based Microgrids** |
| **Part 4: Stability Indices for DER** |
| **ICS** |