

PV-ESS 수요관리 모형 설계 프로그램(ESSD) 개요

스마트배전연구센터



한국전기연구원
KOREA ELECTROTECHNOLOGY
RESEARCH INSTITUTE

차 례

- 1 PV-ESS연계 정책배경
- 2 PV-ESS 수요관리 모형
- 3 설계 방법
- 4 분석 사례
- 5 프로그램 실행



차 례

1

PV-ESS연계 정책배경

2

PV-ESS 수요관리 모형

3

설계 방법

4

분석 사례

5

프로그램 실행





PV-ESS연계 정책배경

◆ ESS 전기요금 할인제도 확대

- 출처: 한국전력공사, ESS 전기요금 할인제도, 2017. 2. 15.
- ESS 전기요금 할인 확대

구분	확대 전	확대 후
적용대상	일반용, 산업용(을)	일반용•산업용(갑) II 일반용•산업용•교육용(을)
요금할인 폭 및 적용기간	경부하 충전요금 10%	경부하 충전요금 50% 할인 *적용기간 : '17.01.01 ~ '19.12.31
	ESS 이용 최대부하감축 대비 기본요금 1배 할인	ESS 이용 최대부하감축 대비 기본요금 3배 할인 *적용기간 : '17.01.01 ~ '20.12.31(3배), '21.01.01 ~ '26.03.31(1배)
	-	계약전력 대비 배터리용량 비율에 따른 할인 *적용기간 : '17.01.01 ~ '19.12.31

(단, 기본요금할인 적용한도는 기본요금이며, 최대부하감축 적용한도는 배터리용량)

***2018년 ESS 운영시작 기준으로 경제성분석 적용**



PV-ESS연계 정책배경

◆ 신재생에너지 전기요금 할인제도 개정

- 출처: 한국전력공사 사이버지점 공지사항, 2017. 4. 26.

✓ 신재생에너지 전기요금 할인

현 행	개 정
신재생에너지 자가소비량 비율에 따라 총 전기요금의 10~20% 할인 (자가소비율이 20% 미만인 경우 할인 제외)	신재생에너지 자가소비로 절감되는 전기요금의 50% 할인 (자가소비량 × 전년도 해당 종별 중간 및 최대부하시간대 평균 판매단가 × 50%)

✓ “ESS + 신재생에너지” 를 함께 설치한 고객에 대한 인센티브

계약전력 대비 ESS 배터리용량 비율	추가 할인금액
5% 미만	없 음
5% 이상 ~ 10% 미만	신재생에너지 할인금액의 20%
10% 이상	신재생에너지 할인금액의 50%

차 례

- 1 PV-ESS연계 정책배경
- 2 PV-ESS 수요관리 모형
- 3 설계 방법
- 4 분석 사례
- 5 프로그램 실행



PV-ESS 수요관리 모형

◆ PV-ESS 수요관리 모형 수익 계산식

- 전기요금 수익 = 기본요금 수익(절감, 할인) +
전력량요금 수익(절감, 할인) + 신재생 요금 할인



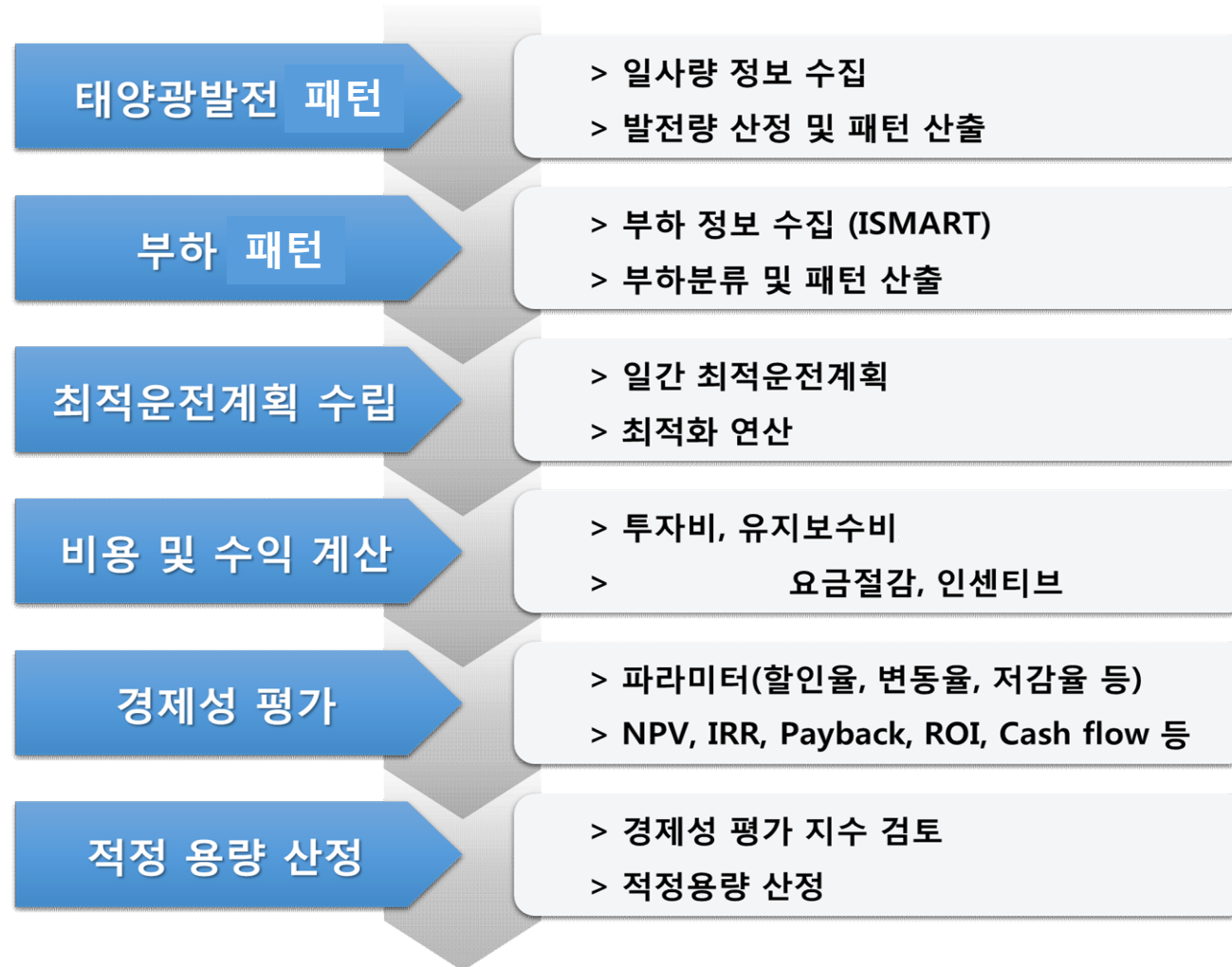
차 례

- 1 PV-ESS연계 정책배경
- 2 PV-ESS 수요관리 모형
- 3 설계 방법**
- 4 분석 사례
- 5 프로그램 실행



설계 방법

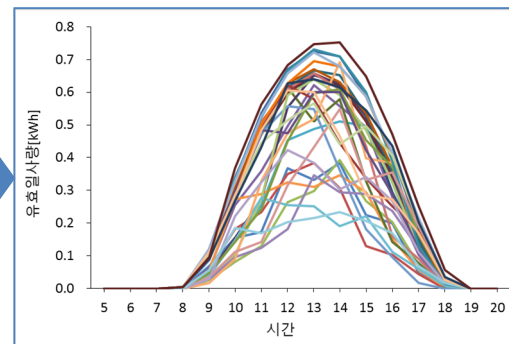
◆ PV-ESS 수요관리 모형 설계 절차



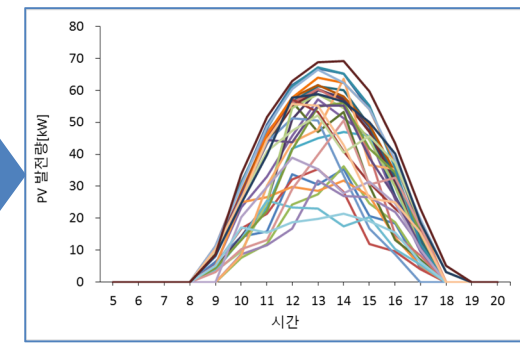
설계 방법

◆ 태양광발전 패턴 산출

- ① 일사량 정보 수집: 기상청 전자민원 사이트 → 설치위치 및 해당 연도 입력 → 1시간단위 일사량(수평면) 정보 다운로드
- ② 유효일사량 계산
- ③ PV 발전량 계산 및 일간 발전곡선 산출



유효일사량

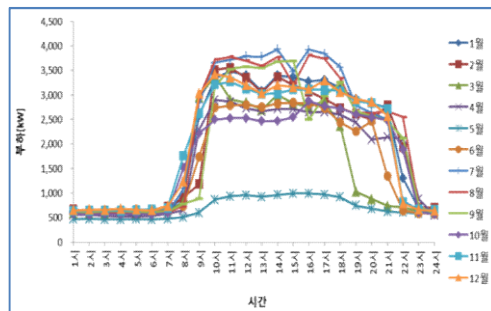
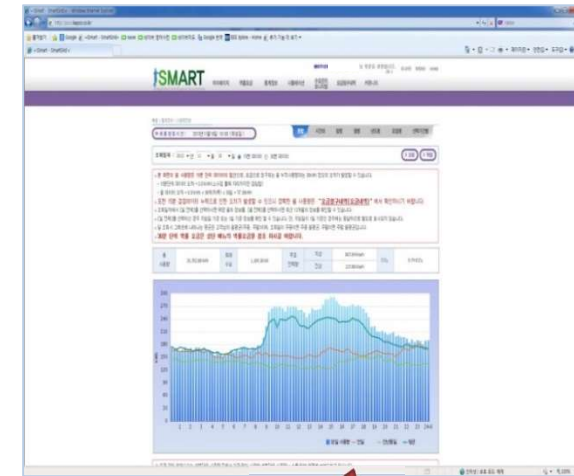


발전곡선

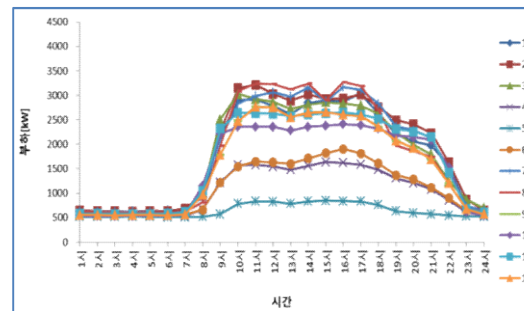
설계 방법

◆ 부하데이터 패턴 산출

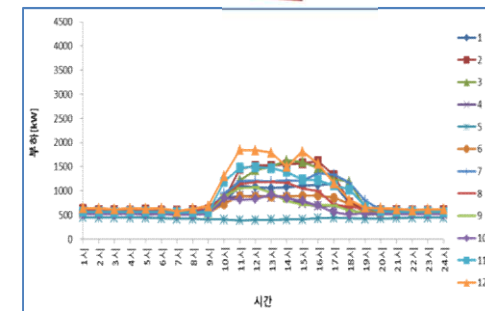
- 부하정보 수집: I-SMART에서 다운로드
 - 요금제정보, 계약전력
 - 요금적용 전력(피크), 전기요금
 - 15분/1시간 단위 부하곡선 (1년)
- 월별 최대부하일 부하곡선 생성
- 월별 근무일/토요일 평균부하곡선 생성



월별 최대부하일



월별 근무일 평균



월별 토요일 평균

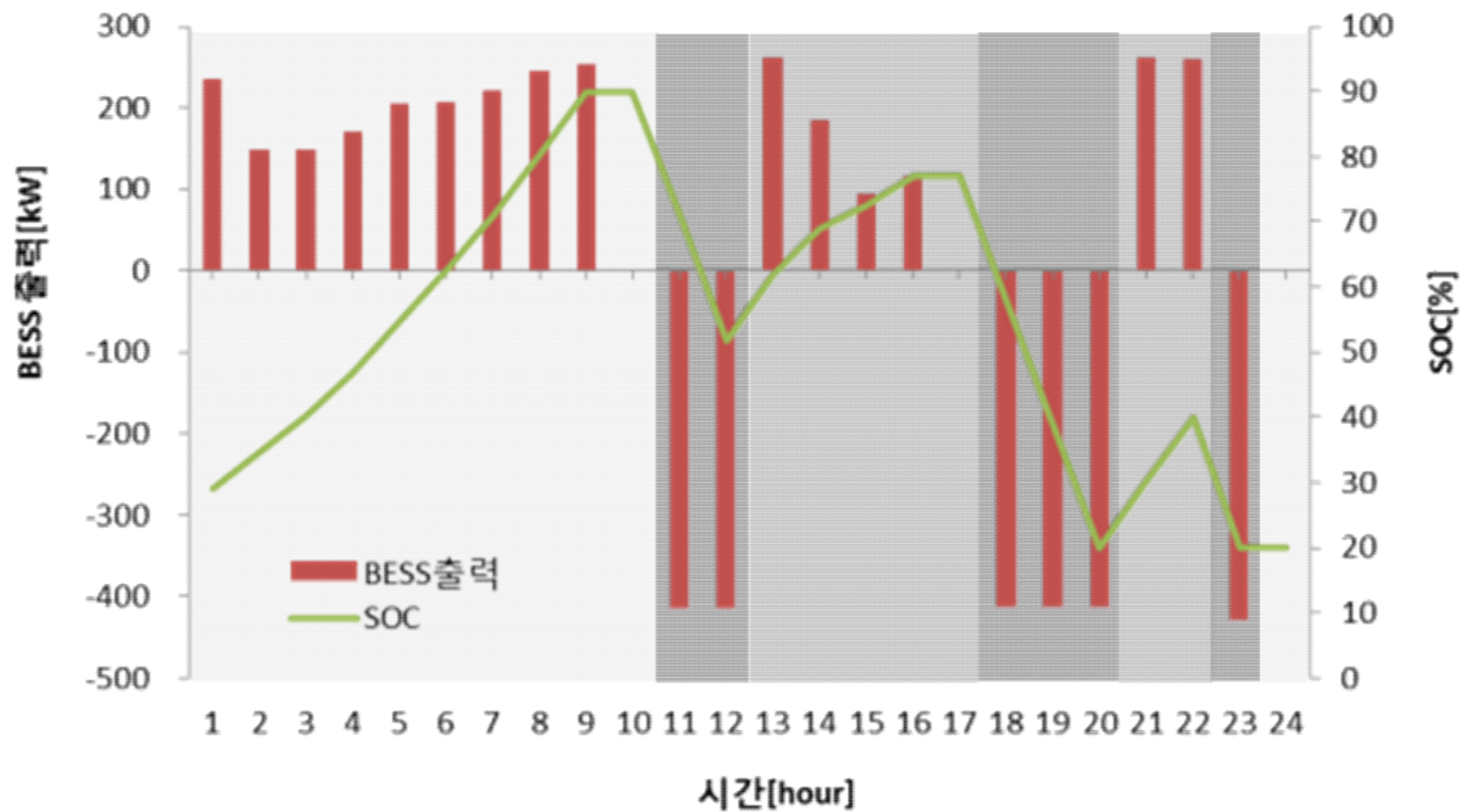
설계 방법

◆ ESS 최적운전계획 수립

	수요관리 모형
변수	일간 시간별 ESS 총방전량
목적함수	Max. $[\sum_{i=1}^{24}(\text{기본요금 수익}_i + \text{전력량요금 수익}_i)]$
제약조건	<ul style="list-style-type: none">• ESS 출력 제약• 전지 SOC 제약• 피크 제약 및 역전력 제약
결과물	일간 전기요금 수익

설계 방법

◆ ESS 최적운전계획 예시





설계 방법

◆ 비용 및 수익 계산

● 일간 수익 (월별 근무일/토요일 평균)

- 전력량요금 절감 = $\Sigma\{(PV \text{ 발전량} + ESS \text{ 충방전량}^*) \times \text{전력량요금 단가}\}$
- 전기요금 할인 = $\{ \Sigma(ESS \text{ 충전량} \times \text{할인차액})^{**} + (\Sigma ESS \text{ 방전량} - \Sigma ESS \text{ 충전량})^{***} \times \text{기본요금 단가} / \text{당월 근무일수} \} \times \text{배터리 용량 계수}^{****}$
- 신재생요금 할인 = $(PV \text{ 발전량} \times \text{할인단가}) \times (1 + \text{연계 인센티브 계수})$

● 월간 수익

- 기본요금 절감 = $\text{피크저감가능값} \times \text{기본요금단가}$
- 일간수익 합계 = $\text{근무일 평균 수익} \times \text{근무일수} + \text{토요일 평균 수익} \times \text{토요일수}$

● 연간 수익

- $\Sigma \text{ 월간수익}$

* 충전은 - 방전은 +
** 경부하시간 대에 한함
*** 최대부하시간 대에 한함
**** 계약전력 대비 배터리용량으로 계수 결정

설계 방법

◆ 경제성 평가

- NPV(순현재가화), IRR(내부 할인율), ROI (투자수익률), Payback Period (투자회수기간) 등

	항목	내용
시스템 비용	투자비	PV 설비, ESS 설비, 설치비, 운영시스템 개발비
경제성 분석 파라미터	유지보수비	연간 유지보수 비용
	용량저감률	PV 연간 출력 감쇄율, ESS 연간 용량 저감율
	전기요금 인상율	기본요금 인상율, 전력량요금 인상율
	투자 할인율	미래의 화폐가치를 현재의 화폐가치와 같게 하는 비율
수익	전기요금	기본요금 단가, 전력량 요금 단가(계절별 시간별)
	ESS 전기요금 할인	기본요금/충전요금 인센티브 비율 및 적용 기간
	신재생요금 할인	신재생 연계 인센티브 비율

설계 방법

◆ 경제성 평가 파라미터 Default값

	항목	Default값
시스템 비용	투자비	<ul style="list-style-type: none"> - PV 설비 : 17억/MWp - ESS 설비 : 리튬전지 5억/MWh, PCS 2.3억/MW) - 설치비 : 1억 - EMS : 0.3억
경제성 분석 파라미터	연간 유지보수비율	투자비의 1%/년
	평균 용량저감률	<ul style="list-style-type: none"> - PV 0.7%/년 - ESS 2%/년
	전기요금 평균 인상률	기본요금 및 전력량 요금 모두 3% (물가상승률을 고려한 현재수준으로 유지 가정)
	할인율	5%

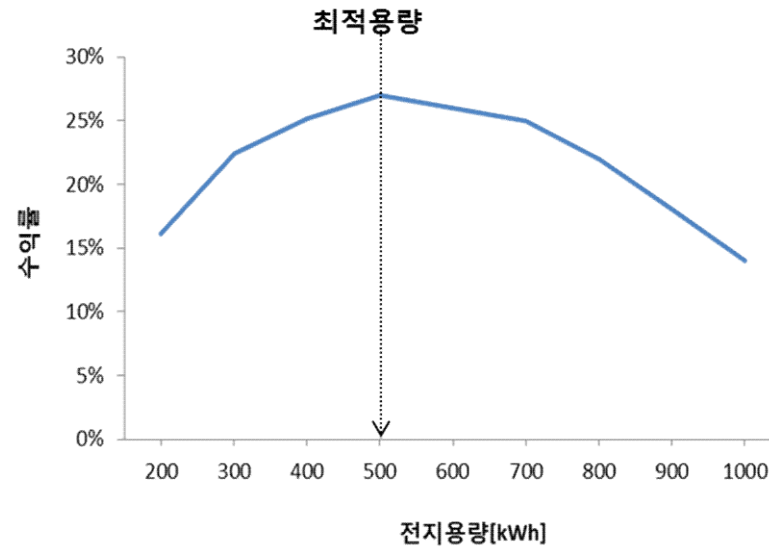
설계 방법

◆ 적정 용량 산정

- 경제성 분석 결과를 바탕으로 투자비 및 기대수익 등을 고려하여 적정한 PV 용량(kWp), ESS PCS 정격 (kW)와 전지용량 [kWh] 선정
- Full combination, Filtering 및 Optimal search 등

[표] 용량별 경제성 비교 예시

용량	투자회수 기간[년]	수익률 [%]
100kW-200kWh	8.57	16.1
100kW-300kWh	8.09	22.4
100kW-400kWh	7.91	25.2
100kW-500kWh	7.82	27.0
100kW-600kWh	7.84	26.0
100kW-700kWh	7.92	25.0
100kW-800kWh	8.12	22.0
100kW-900kWh	8.43	18.0
100kW-1,000kWh	8.81	14.0



[그림] 최적용량선정 예시

차 례

- 1 PV-ESS연계 정책배경
- 2 PV-ESS 수요관리 모형
- 3 설계 방법
- 4 분석 사례**
- 5 프로그램 실행



분석 사례

◆ PV-ESS 연계

- PV 230kW, ESS 250kW-500kWh 적용 시
- 수요관리 적용: 계약전력 990kW, Peak 617kW, 산업용(을) 고압A 선택 II

PV [kW]	ESS [kW-kWh]	투자비 [백만원]	유지보수 [백만원]	PV+ESS		PV		ESS		누적 수익 [백만원]	IRR [%]	투자비 회수기간 [년]
				기본 요금 절감 [백만원]	인센 티브 [백만원]	전력량 요금 절감 [백만원]	신재생 요금 할인 [백만원]	전력량 요금 절감 [백만원]	요금 할인 [백만원]			
-	250-500	316	63	233		-		165	392	410	25.2	3.6
230	250-500	733	147	291	28	462	57	188	371	517	14.7	6.7

* 비용 및 수익은 투자시점으로 현가화

** 20년 운영 기준

분석 사례

◆ 적용 파라미터

	항목	Baseline
비용	투자비	<ul style="list-style-type: none"> - PV 설비: 17억/MWp - ESS 설비: 리튬전지 4.5억/MWh, PCS 2억/MW - EMS : 설비비 3억 미만 시, 6.5억 미만 시, 6.5억 이상 시 설비비 15%, 12%, 10%
	유지보수비	투자비의 1%/년
변동율	용량저감률	<ul style="list-style-type: none"> - PV 0.7%/년 - ESS 10년간 2%/년, 이후 10년간 3%/년
	전기요금 인상율	기본요금 및 전력량 요금 모두 3%(물가상승률을 고려한 현재수준으로 유지 가정)
	할인율	5%
수익	전기요금	- 산업용(을) 고압A 선택II
	ESS 인센티브	<ul style="list-style-type: none"> - 기본요금 인센티브 기준 3배: 3년 적용, 1배는 이후 7년간 적용 후 소멸 - 경부하 시 충전요금 할인 50%는 3년간 적용 - 계약전력대비 ESS배터리용량 비율에 따른 할인금액 차등 적용

분석 사례

◆ 연차별 수익 (수요관리)

연차	투자비	유지보수비	기본요금 절감	전력량요금 절감	기본요금 할인	충전요금 할인	연간 순 수익	누적 수익
1	316,250	3,163	17,372	12,301	61,586	4,301	-228,353	-223,853
2	-	3,163	16,700	11,826	60,822	4,134	90,319	-133,533
3	-	3,163	16,047	11,364	60,065	3,973	88,286	-45,247
4	-	3,163	15,414	10,915	59,314	-	82,480	37,233
5	-	3,163	14,798	10,479	25,410	-	47,525	84,758
6	-	3,163	14,201	10,056	24,384	-	45,479	130,237
7	-	3,163	13,621	9,646	23,388	-	43,492	173,729
8	-	3,163	13,058	9,247	22,421	-	41,563	215,293
9	-	3,163	12,511	8,860	21,483	-	39,691	254,984
10	-	3,163	11,981	8,484	20,572	-	37,874	292,857
11	-	3,163	11,323	8,018	-	-	16,178	309,035
12	-	3,163	10,685	7,567	-	-	15,089	324,125
13	-	3,163	10,068	7,129	-	-	14,035	338,159
14	-	3,163	9,470	6,706	-	-	13,014	351,173
15	-	3,163	8,892	6,297	-	-	12,026	363,199
16	-	3,163	8,332	5,900	-	-	11,069	374,268
17	-	3,163	7,790	5,516	-	-	10,144	384,412
18	-	3,163	7,266	5,145	-	-	9,248	393,660
19	-	3,163	6,759	4,786	-	-	8,382	402,043
20	-	3,163	6,268	4,439	-	-	7,545	409,587

단위:천원

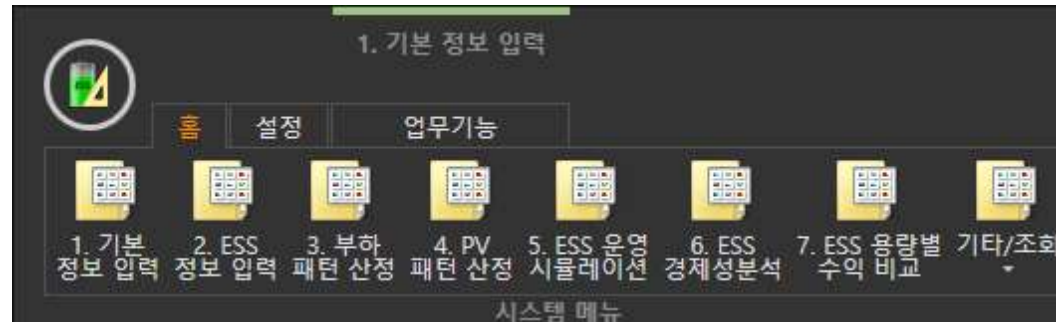
차 례

- 1 PV-ESS연계 정책배경
- 2 PV-ESS 수요관리 모형
- 3 설계 방법
- 4 분석 사례
- 5 프로그램 실행

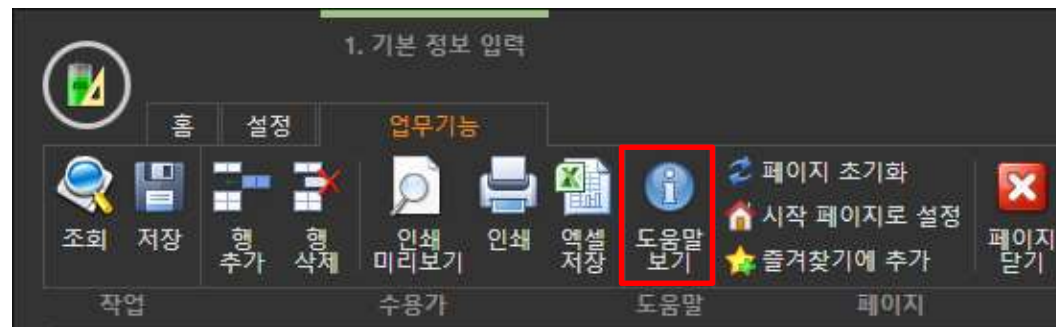


프로그램 실행

- ◆ ESS Designer 프로그램은 아래의 7단계로 진행



- ◆ 각 단계별 업무기능 탭 내의 “도움말 보기” 버튼을 클릭하여 참고 가능



◆ 참고문헌

- 1) “고속철도 변전소 피크부하 저감용 ESS 용량 산정 및 경제성 분석”, 김슬기 외, 대한전기학회 국문논문지, Vol.63, No.1, pp.27~34, 2014
- 2) “전력소비자 수요관리용 전지전력저장시스템의 적정 가격 산정”, 김슬기 외, 대한전기학회 국문논문지, Vol.62, No.10, pp.1390~1396, 2013
- 3) “수용가 수요관리용 전지전력저장시스템의 최적용량 산정방법”, 조경희 외, 대한전기학회 국문논문지, Vol.62, No.1, pp.21~28, 2013



감사합니다 !

Q&A

담당자) 전기연구원 스마트배전연구센터 조경희 연구원
연락처) 055-280-1365
이메일) kx1004xh@keri.re.kr