

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

• 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건 을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖃





공학전문석사학위 연구보고서

운용데이터 분석 알고리즘 적용을 통한 비정상 태양광 발전설비의 정상화에 관한 연구

A Study on the Normalization of Abnormal Photovoltaic Power Generation Facility by Applying Operational Data Analysis Algorithm

2019년 2월

서울대학교 공학전문대학원 응용공학과 응용공학전공 박 선 일

운용데이터 분석 알고리즘 적용을 통한 비정상 태양광 발전설비의 정상화에 관한 연구

A Study on the Normalization of Abnormal Photovoltaic Power Generation Facility by Applying Operational Data Analysis Algorithm

지도교수 문 승일

이 프로젝트 리포트를 공학전문석사 학위 연구보고서로 제출함 2019년 2월

> 서울대학교 공학전문대학원 응용공학과 응용공학전공 박 선 일

박선일의 공학전문석사 학위 연구보고서를 인준함 2019년 2월

- 위 원 장 <u>박 종 남 (인)</u>
- 위 원 문 승 일 (인)
- 위 원 <u>곽 우 영 (인)</u>

국문초록

현재 국내에서는 정부의 소규모 신재생 발전설비 보급 확대정책으로 신·재생에너지 발전설비 설치자가 증가하고 있다.

국내 태양광 발전시스템은 2004년 3만호 주택보급 사업을 시작으로 설치되어 운영되고 있으며, 이러한 주택용 태양광 발전시스템의 경우 주로 상계거래 목적으로 설치되어 운영 중이다.

국내 전력거래 유형 중 상계거래는 10kW이하 신·재생에너지 발전설비 설치자가 자가소비 후 잉여전력량을 전력판매사업자에게 공급하고, 그 잉여전력량을 발전설비 설치자가 전력판매사업자로 부터 수전하는 전력량에서 상계하는 거래방법이다.

상계거래를 목적으로 설치되어 운영되고 있는 주택용 태양광 발전시스템의 설치지역은 농어촌 및 도심지 외곽 단독주택에 집중 되어있다.

주택용 태양광발전 상계거래의 경우 발전설비가 3kW인 주택이 다수를 점유하고 있으며, 옥상에 설치된 태양광 어레이(Array)를 지지하는 구조물체 또는 건물벽에 인버터가 설치되어 있다.

인버터 외부에 부착된 소형 LCD창을 통하여 순환 표시되는 현재출력 (kW), 금일발전량(Day)등을 확인할 수 있다.

발전량에 대한 관심도 측면에서 살펴보면 설치 초기에는 높으나 시간 이 흘러갈수록 발전량에 대한 관심도는 점차 하락하게 된다. 그 이유는 직접 인버터 설치 장소까지 이동하여야 하며, 조그마한 LCD창을 통하여

발전량을 읽어야 하는 번거로움 때문이다.

발전설비 설치자의 경우 태양광 발전시스템에 대한 이해도 부족으로 발전설비 구성품에 대한 설비 고장 시 신속한 인지가 되지 않아 1개월 에서 길게는 수개월간 수전전력량 증가로 전기요금 과다청구에 대한 민 원분쟁이 증가하고 있다.

본 연구에서는 실제 한국전력공사(한전) 인천지역본부 관내 설치·운영 중인 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객에 대하여 잉여전력량 및 수전전력량 운용데이터 분석시행으로 비정상 발전설비를 판정할 수 있는 알고리즘을 제시 하였으며, 엑셀기반 VBA(Visual Basic for Application)를 활용하여 상계거래 고객 대상 발전량 비정상 여부 판정용 분석 프로그램을 구현 하였다.

이 분석 프로그램을 이용하여 비정상 발전고객을 추출 하였으며, 비정상 발전고객에 대해서는 현장점검을 통하여 추출 프로그램의 타당성을 검증 하였다.

그리고 비정상 발전고객에 대한 태양광 발전설비 관리 매뉴얼 제공, 현장 컨설팅 시행 및 발전량 정상화 조치시행으로 한전 인천지역본부 관 내 연간 태양광 발전량 226MWh의 발전량 상승효과에 기여하였다.

주요어 : 상계거래, 주택용 태양광발전, 잉여전력량, 수전전력량, VBA

학 번: 2017-20787

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구배경 및 목적	1
제 2 절 논문의 구성 및 개요	4
제 2 장 상계거래 개요	5
제 1 절 상계거래의 전력거래 개념	5
제 2 절 태양광발전 상계거래 발전설비 구성	7
제 3 절 태양광 발전설비 이용률 분석	10
제 4 절 주택용 태양광발전 상계거래 문제점	12
제 3 장 운용데이터 분석 프로그램 개발	15
제 1 절 엑셀기반 VBA 특성 및 판정 알고리즘	15
1. 엑셀기반 VBA ······	15
2. 표준편차 및 경험적 법칙	
3. 비정상 발전설비 판정 알고리즘	
제 2 절 고객별 데이터 분석	
1. 상계거래 고객 데이터 현황	
2. 상계거래 고객 월별 평균 잉여량 Data 산출	
3. 수전량·잉여량 데이터 활용 증감률 분포도 구현	
4. VBA 활용 상계거래 고객 분석 프로그램 구현	
5. VBA 활용 비정상 발전고객 판정	25
제 4 장 비정상 발전고객 현장점검 사례	
제 1 절 비정상 발전고객 현장점검	27

제 2 절 현장점검 데이터 분석	31
제 5 장 결론	35
참고문헌	37
Abstract	39

표 목 차

[丑	1-1]	태양광발전 상계거래 고객 국내현황	2
[丑	2-1]	요금 상계거래 개념	6
[丑	2-2]	태양광 발전설비 전기 흐름도	8
[丑	2-3]	태양광 발전시스템 용어정의	9
[丑	2-4]	주택용 3kW 태양광발전 발전량 산출내역	12
[丑	3-1]	엑셀 VBA의 주요기능	16
[丑	3-2]	비정상 고객 판정 알고리즘 흐름도	19
[丑	3-3]	동월대비 잉여량 증감률(%) 계산식	19
[丑	3-4]	상계고객 비정상 범위 통계분포 판정표	19
[丑	3-5]	VBA 활용 비정상 고객 판정 구현도	20
[丑	3-6]	한전 인천지역본부 태양광 상계고객 현황	21
[丑	3-7]	한전 인천지역본부 태양광 상계고객 비정상 현황	25
[丑	4-1]	현장방문 시 발전시스템 중점 점검항목	27
[丑	4-2]	현장점검 대상	31
[표	4-3]	현장점검 결과표	31

그림 목차

[그림	2-1]	주택용 태양광발전 상계거래 발전설비도	7
[그림	2-2]	계절별 태양광 발전 이용률	11
[그림	2-3]	지역별 태양광 발전 이용률	11
[그림	3-1]	표준편차 정규분포 구상도	17
[그림	3-2]	상계고객별 평균 잉여량 Data 산출도	22
[그림	3-3]	김포지사 잉여량 증감률 분포도	23
[그림	3-4]	VBA 활용 상계고객 지사별/고객별 분석 프로그램 화면 …	24
[그림	3-5]	지사별 상계고객 상태판정 종합화면	26
[그림	4-1]	현장 점검표	28
[그림	4-2]	지사별 현장 점검표 예	29
[그림	4-3]	지사별 현장 점검표 사진 예	30
[그림	4-4]	고장내역별 그래프	32
[그림	4-5]	발전량 Zero 세부내역 그래프	32
[그림	4-6]	설비 비정상 발전량 Zero 세부내역 그래프	33
[그림	4-7]	고객자체 차단 발전량 Zero 세부내역 그래프 …	33

제 1 장 서론

제 1 절 연구배경 및 목적

전 세계적으로 증가하고 있는 친환경 에너지에 대한 관심 고조에 맞추어 국내에서는 제8차 전력수급기본계획 수립시 재생에너지 등 분산형전원 확대로 2030년 재생에너지 발전량 비중 20%(132TWh) 목표 달성을 위하여 청정에너지 보급 확대방안을 다각적으로 추진 및 계획하고 있다.

이중 신규 설비용량의 95% 이상을 태양광·풍력 등 청정에너지로 공급할 계획이다[1-2].

국내 전력거래 유형으로는 시장거래, 전력거래, 상계거래, 보완공급으로 구성되며, 이중 상계거래는 10kW이하(태양에너지 발전설비는 1,000kW 이하) 신·재생에너지 발전설비 설치자가 자가소비 후 잉여전력을 전력판매사업자에게 공급하고, 그 잉여전력량을 발전설비 설치자가 전력판매사업자로부터 수전하는 전력량에서 상계하는 거래방법이다.

이때 발전전력이 수전전력보다 많은 경우 기본요금만 부과하고 그 차이분은 별도 지급하지 않고 다음달 수전전력에서 차감(발전, 수전단가 동일 간주)하여 정산하는 방식이다[1].

한국전력공사(한전) 영업통계시스템 자료에 따르면 국내 태양광 상계 거래 고객 236,699호수(2017년 기준) 중 주택용 태양광발전 상계거래 고객이 226,093호수로 전체 95.52%를 점유하고 있다[5].

[표 1-1] 태양광발전 상계거래 고객 국내 현황(2017년)[5]

계약종별	고객호수	점유율(%)
주택용	226,093	95.52
교육용	69	0.03
일반용	10,027	4.24
산업용	245	0.10
농사용	203	0.09
가로등	57	0.02
심 야	5	0.00
합 계	236,699	100

정부는 2002년 태양광 에너지개발 보급 활성화 전략을 발표하면서 태양광주택 보급을 위한 계획을 완료하였다. 또한 주택용 태양광 발전시스템 보급을 위한 노력으로 정부는 2004 년을 신재생에너지 보급 원년으로 선포하며, 태양광 발전설비 시설비의 60%를 정부에서 지원하는 등 보급 확대를 위한 각종 노력을 경주하였 다.

주택용 태양광 발전시스템의 주요 구성품을 살펴보면 태양전지 어레이(Array), 접속함 및 인버터로 구성되어 있다.[3]

이러한 주택용 태양광 발전시스템의 경우 상계거래의 목적으로 설치 되어 운영 중에 있으며, 주로 단독주택에 설치가 집중되어 있다.

주택용 태양광발전 상계거래의 경우 발전설비가 3kW인 주택이 다수이며, 실제 발전설비 설치자의 경우 발전시스템에 대한 이해도 부족으로 발전설비 구성품의 고장발생시 이를 즉시 발견하기란 어려운 실정이다.

이 연구에서는 2030년 재생에너지 발전량 비중 20% 목표 달성에 조금이나마 기여 하고자 한전 인천지역본부 관내(김포지사 등 9개 지사)에 설치·운영 중인 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객 총 5,092호수(2017년 기준)에 대하여 잉여전력량 및 수전전력량 운용데이터 분석시행으로 비정상 발전고객을 판정할 수 있는 알고리즘을 제시 하였다.

그리고 엑셀기반 VBA(Visual Basic for Application)를 활용하여 상

계거래 고객 대상 발전량 정상·비정상 여부 판정용 분석 프로그램을 구현 하고자 한다.

분석 프로그램에서 추출된 비정상 발전고객에 대하여 현장점검 및 고객 컨설팅을 시행하고 이를 통하여 비정상 발전량에 대한 조기 정상화에 기여하고자 함이다.

또한 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객에게 태양광 발전설비에 대한 관심도와 이해도 제고로 태양광 발전효율 향상에 기여 하고자 한다.

제 2 절 논문의 구성 및 개요

제 1장에서는 연구의 배경과 목적 그리고 개요에 대하여 소개하였다.

제 2장에서는 전력거래 유형 중 상계거래의 개념, 태양광발전 시스템 및 주택용 3kW 태양광발전 상계거래에 대하여 살펴보고자 한다.

제 3장에서는 엑셀기반 VBA 이해 및 통계법칙인 경험적 법칙에 대해 살펴보고 이를 바탕으로 한전 인천지역본부 관내(김포지사 등 9개지사) 설치·운영 중인 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객 총 5,092호수(2017년 기준)에 대하여 잉여전력량 및 수전전력량 운용데이

터 분석시행으로 비정상 발전고객을 판정할 수 있는 알고리즘을 제시하고, VBA를 활용하여 상계거래 고객 발전량 정상 여부 판정용 분석 프로그램을 구현 하고자 한다.

제 4장에서는 엑셀기반 VBA 프로그램을 활용하여 판정된 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 비정상 발전고객 86호수를 현장 방문하여 점검함으로써 비정상 발전고객 판별의 정확도를 실증 하였다.

제 5장에서는 본 연구의 연구사항을 종합 정리하였다.

제 2 장 상계거래 개요

제 1 절 상계거래의 전력거래 개념

소규모 신재생에너지 발전설비용량 10kW 이하 신·재생에너지 발전설비 설치자 또는 전기발전보일러 설치자, 총 충·방전설비용량이 10

kW 이하 전기저장장치 또는 전기자동차시스템 설치자가 전력판매사업 자에게 역송한 잉여전력을 수전량에서 차감, 전기요금을 절감할 수 있는 전력거래 방법이다. 다만, 태양에너지 발전설비는 1,000kW 이하로 한다 [1].

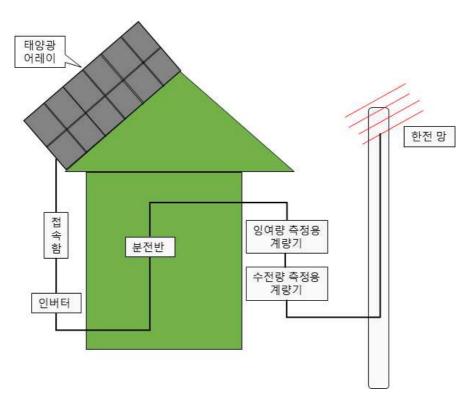
[표 2-1] 요금 상계거래 개념[1]

구분	요금 상계거래
설비용량	10kW이하 (태양에너지는 1,000kW이하)
시설목적	전량 자가소비, 잉여전력량 현금정산 없음
정산기준	전기요금에서 차감 (수전량-잉여전력량 기준 요금계산)

[표 2-1]은 요금 상계거래 개념으로 설비용량, 시설목적, 정산기준 에 대하여 설명하고 있다.

제 2 절 태양광발전 상계거래 발전설비 구성

주택용 태양광 발전시스템은 [그림 2-1]과 같이 지붕 위 등에 설치한 태양전지 어레이(태양전지 모듈, 가대 등을 포함), 실내 또는 실외에 설치한 접속함 및 인버터 그리고 이들을 접속하는 배선과 잉여량 측정용계량기·수전량 측정용계량기 등으로 구성되어 있으며, 발전설비 용량 3kW에 경우 250W 태양광 모듈 12장으로 구성되어 있다[3.6.7]



[그림 2-1] 주택용 태양광발전 상계거래 발전설비도

[표 2-2]는 주택용 태양광 상계거래 발전설비에서 생산된 전기가 자가소비 또는 한전망에 연결되기까지의 전기 흐름도를 설명하고 있 다.

[표 2-2] 태양광 발전설비 전기 흐름도[3,6,7]

전기생산	접속함	인버터	자가소비 · 역송
■ 태양광 모듈	■ 직류전기	■ DC ⇒ AC	■ 자가소비 후
직류전기 생산	이동경로	변환	한전송전

주택용 태양광 상계거래 발전설비의 세부 구성을 살펴보면 우선 태양 전지는 태양광에너지를 전기에너지로 변환하는 기능을 가진 최소단위인 태양전지 셀이 기본이다.

이 전지 셀은 10~15cm 각 판상의 실리콘에 pn접합을 형성한 반도체의 일종이며, 태양전지 셀(Cell) 그 자체로는 발생전압이 약 0.5V로 낮기 때문에 직렬로 접속하여 모듈로 이용한다[3,4,6]

태양전지 모듈은 수십 장의 태양전지 셀을 내후성 패키지에 넣어 구성되며, 태양전지 어레이는 전지 모듈을 강재 등을 이용해서 지붕이나지상에 설치한 전체를 태양전지 어레이(Array)라 한다. 태양전지 어레이는 몇 장의 태양전지 모듈을 직렬 및 병렬로 접속하여 필요한 직류전압과 발전전력을 얻을 수 있게 구성되어 있다.

인버터는 태양전지 어레이에서 발전한 직류전력을 전력판매사업자에 게서 공급되는 전력과 같은 전압과 주파수의 교류전력으로 변환하는 장 치이다.

[표 2-3]은 주택용 태양광 상계거래 발전시스템 구성기기에 대한 용어를 간단히 정의 하여 설명하였다.

[표 2-3] 태양광 발전시스템 용어정의[3,6]

설비명	설 명
태양전지(셀)	태양전지의 가장기본 소자
태양광 모듈	약 1m×1.6m 크기로 태양전지(셀)를 직·병렬로 연결하여 하나의 모듈(판) 형태로 만든 것
태양광 어레이	여러 개의 모듈을 연결하여 용도에 맞게 구성한 발전장치
접속함	모듈을 통해 발생된 직류전기를 모아 인버터로 전달 및 과전류 보호
인버터	직류전기를 가정에서 사용할 수 있는 교류전기로 변환하는 장치
구조물	태양광 모듈을 지지하는 시설물

제 3 절 태양광 발전설비 이용률 분석

대양광발전은 기본적으로 햇빛을 이용한 발전이므로, 태양광 발전설비 이용률¹⁾은 일조량에 의한 영향이 제일 크다 할 것이다.

이 일조량만을 고려하여 계절별, 지역별 태양광발전 이용률 분석 중① 계절별 태양광발전 이용률을 살펴보면 [그림 2-2]의 계절별 태양광발전 이용률을 삼펴보면 [그림 2-2]의 계절별 태양광발전 이용률 처럼 봄·가을철에는 최고 20% 이상의 높은 이용률을 나타내는 반면, 여름·겨울철에는 10% 전·후반대의 낮은 이용률을 보인다.

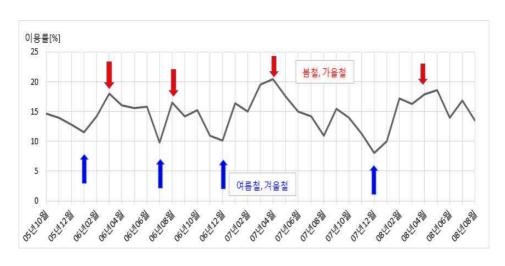
단순히 생각하면, 일조량이 많은 여름철에 가장 높은 이용률을 보여 야 하지만, 실제로는 겨울철과 비슷한 낮은 수준의 이용률을 나타낸다.

이는 첫 번째 이유로는 날씨 요인으로써 여름철에 발생하는 장마로 인해 일조량이 부족하기 때문이다.

두 번째 이유로는 반도체로 구성된 태양광 셀의 특성상 높은 열에는 효율이 낮아지기 때문이다.

이러한 이유로 4계절이 뚜렷한 우리나라에서는 날씨가 맑고, 기온이 서늘한 봄·가을철에 태양광발전 이용률이 가장 높게 나타난다[8].

¹⁾ 이용률 = $\frac{$ 발전량 $(kWh)}{설비용량<math>(kW)$ \times 발전시간(h) \times 100(%)



[그림 2-2] 계절별 태양광발전 이용률[8]

② 지역별 태양광발전 이용률을 살펴보면 [그림 2-3]의 결과에서 보 듯이 전국 평균이용률은 15.5%로 나타났으며, 일조량 확보를 위해 상대적으로 위도가 낮고 산이 적은 입지조건을 갖춘 전라남도와 전라북도가 각각 16.2%와 16.8%로 전국 평균보다 높은 결과임을 알 수 있다[8].



[그림 2-3] 지역별 태양광발전 이용률[8]

주택용 태양광 상계거래 고객의 계절별·일간·월간별 발전량 산출은 [표 2-4] 주택용 태양광 발전시스템 발전량 산출내역과 같이 산출할수 있다.

[표 2-4] 주택용 3kW 태양광발전 발전량 산출내역[8]

구 분	이용률(%)	일간 발전량(kWh)	월간 발전량(kWh)
봄·가을	20	14.4	432
여름·겨울	10	7.2	216
전국평균	15.5	11.2	336

· 이용률 =
$$\frac{$$
발전량 $[kWh]}{$ 설비용량 $[kW] \times$ 발전시간 $[h]$ $\times 100[\%]$

· 발전량 산출 세부내역(전국 평균이용률 적용시)

- 일간 발전량 : 3kW×24시간×15.5%(이용률)=11.2kWh

- 월간 발전량 : 3kW×24시간×30일×15.5%(이용률)= 336kWh

제 4 절 주택용 태양광발전 상계거래 문제점

현재 국내 태양광 발전시스템은 2004년 3만호 주택보급 사업을 시작으로 설치되어 운영되고 있으며, 이에 따라 태양광 발전시스템의 다양한 고장사례로 제작사, 시공사, 발전사업자 또는 전력판매사업자간 민원

분쟁이 발생하고 있다[4]

주택용 태양광 발전설비의 주요구성으로는 태양광 모듈을 통하여 직류전기를 생산하는 태양전지 어레이, 터미널 단자와 차단기, 퓨즈 등으로 구성되어 직류전기의 이동경로인 접속함, 직류전기를 주택에서 사용할 수 있는 교류전류로 변환해주는 인버터로 구성되어 있다[3,7].

이러한 주택용 태양광 발전시스템의 경우 상계거래의 목적으로 설치되어 운영 중에 있으며, 설치지역으로는 농어촌 및 도심지 외곽 단독주택에 설치가 집중 되어있다.

주택용 태양광발전 상계거래의 경우 발전설비가 3kW인 주택이 다수를 점유하고 있으며, 실사용자의 경우 Silver세대가 거주하는 농어촌지역으로 옥상 또는 건물벽에 인버터가 설치되어 있으며, 인버터 LCD창(가로×세로 약 10cm 크기)을 통하여 ① 현재출력(kW), ② 금일발전량(Day): ○○kWh, ③ 최초 발전 시부터 누적된 누적발전량(Total): ○○○kWh, 그리고 전압과 전류가 순차적으로 순환 표시되어진다.

이러한 순환표시 되는 발전량의 고객측 점검주기를 살펴보면 최초 설치 시 관심도가 높아 매일 확인에서 월별 확인, 생각날 때 확인 순으로 진행하다 결국 발전량에 대한 관심도 하락으로 이어진다. 그리고 Silver 세대 특성상 발전시스템에 대한 이해도 부족으로 발전설비 구성품에 대한 설비 고장 시 신속한 인지가 되지 않아 1개월에서 길게는 수개월간

수전량 증가로 전기요금 과다청구에 대한 민원분쟁이 발생하고 있다.

주택용 태양광발전 상계거래 시 고객의 태양광 발전량은 고객이 자가소비 후 잉여전력량을 전력판매사업자가 설치한 계량기에 적산됨으로 순수 고객발전량은 전력판매사업자가 알 수 없으며, 별도의 태양광 발전시스템의 경우 설치고객 재산으로 전력판매사업자에게 태양광 발전설비 고장 의심시 고객안내시스템 또한 부재한 실정이다.

제 3 장 운용데이터 분석 프로그램 개발

제 1 절 엑셀기반 VAB 특성 및 판정 알고리즘

1. 엑셀기반 VBA

VBA는 사용하기 쉽고 강력한 프로그래밍 기능이 포함된 Microsoft 사의 Window Office 응용프로그램용 매크로 언어이다[10].

매크로(Macro)는 일련의 반복되는 작업을 미리 기억시켜 두었다가 필요할 때 일괄적으로(Batch) 실행하도록 하는 기능을 말하며 VBA (Visual Basic for Application)는 매크로를 Visual Basic 프로그램 언어를 활용하여 일련의 순서대로 수행되는 형태에서 벗어나 다양한 논리를 부가하고 추가 적인 기능을 구현할 수 있는 습득하기 쉽고 생산성이 매우 높은 프로그램 도구라 정의할 수 있다.

VBA는 기존의 Visual Basic 언어를 모태로 하기 때문에 전문 프로그래밍에서 제공하는 대부분의 기능을 제공하고 있으며, 조건 분기 처리나 순환반복 작업 등을 통해 매크로만으로는 해결할 수 없는 복잡한 작업을 척척 수행할 수 있는 프로그래밍 언어이다[9.10].

엑셀 VBA는 사용환경 및 적응성이 용이하며, 오피스 프로그램과 연계가 용이하지만, 복잡한 요구사항 수용에 어려움으로 대규모 프로그램 구축에는 어려우나, 단위업무 위주의 소규모 프로젝트 도입에는 무리가 없다.

[표 3-1] 엑셀 VBA의 주요기능[9]

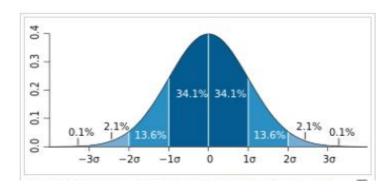
구분	내용	비고
DB연결	· DAO(Data Access Object)를 활용하여 MS-Access, MS-SQL, Oracle 등의 DB와 직접 연결이 가능하다.	네트워크 기반 공유가능
엑셀기능 활용	· 자료 및 시트의 입력, 수정, 삭제 등을 자동화할 수 있다. · 엑셀의 필터, 피벗테이블 등의 대량의 자료를 쉽게 요약 가능하다. · 차트 등 그래프의 생성, 수정, 변경 등을 자동화 할 수 있다.	
엑셀함수 활용/확장	· 강력하고 다양한 엑셀 함수등을 그대로 활용 가능하다. · VBA를 활용해 수식이나 계산을 간편하게 해주는 사용자 정의 함수를 만들 수 있다.	
컨트롤관리	· 워크시트에 단추, 목록상자 등을 추가하여 개발이 가능하다. · 상용 컨트롤을 추가하여 기능 확장이 가능하다.	
프로그래밍	· Visual Basic 프로그래밍 언어를 기반으로 반복, 조건문 등을 쉽게 처리하고 통제 가능. · 작성된 VBA 프로그램을 관리/실행 가능.	
개발환경	· 프로그램의 진행단계별로 세부적인 속성 및 결과를 개발자가 쉽게 확인하고 보완할 수 있는 통합 개발환경을 제공할 수 있다. · 엑셀 프로그램만으로 개발/운영 환경 구축 가능.	

[표 3-1]은 DB연결 특징에서 개발환경까지 엑셀 VBA의 주요기능 별 장점을 잘 설명하고 있다.

2. 표준편차 및 경험적 법칙

표준편차(Standard Deviation)는 자료의 산포도를 나타내는 수치로, 분산의 양의 제곱근으로 정의된다. 통계학과 확률에서 주로 확률의 분 포, 확률변수 혹은 측정된 인구나 중복집합을 나타내며, 일반적으로 모 집단의 표준편차는 시그마(σ)로 나타낸다[11].

표준편차는 자료의 변동을 설명하는 척도로 표준편차가 0이면 모든 자료가 한 점에 모여 있다는 뜻이 된다. 그리고 표준편차가 점점 커지면 자료의 산포 정도도 점점 커지며, 자료가 한 점에 모여 있지 않고 멀리 멀리 퍼져 있다는 뜻이 된다. 이러한 표준편차와 평균값을 가지고 자료의 대략적인 분포를 알수 있는 분포판정 그래프를 엑셀기반 VBA를 활용하여 구현하고자 한다.



[그림 3-1] 표준편차 정규분포 구상도[11]

[그림 3-1]은 각 밴드의 너비가 ±1 표준편차인 정규분포의 구상이다. 통계학에서 적용되는 경험적 법칙(Empirical Rule)은 정규분포를 나 타내는 규칙으로 [그림 3-1]를 통해 살펴보면

- \cdot 68.2% 이상의 데이터가 μ (평균) $\pm 1\sigma$ (표준편차) 사이에 있음
- 95.4% 이상의 데이터가 μ (평균) $\pm 2\sigma$ (표준편차) 사이에 있음
- · 99.7% 이상의 데이터가 μ (평균) $\pm 3\sigma$ (표준편차) 사이에 있음 으로 데이터 분포도를 잘 알 수 있다[11].

3. 비정상 발전설비 판정 알고리즘

지사별 상계거래 고객대상(3kW) 과거 월별 잉여량 Data 자료수집

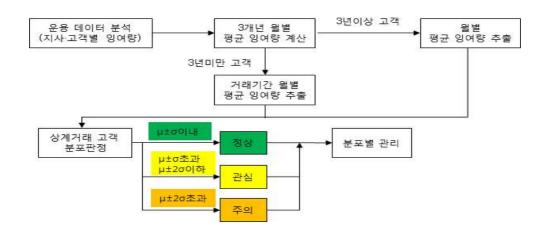
 \downarrow

월별 발전특성을 고려한, 상계거래 고객 집단 분포도 산출

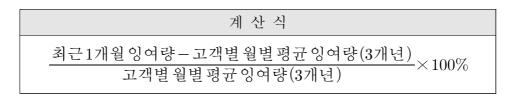
통계분포 활용, 비정상고객 추출 및 맞춤서비스 시행

[표 3-2]는 한전 인천지역본부 지사별 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객별 발전량 비정상 고객 추출 알고리즘 흐름도를 나타내고 있다.

[표 3-2] 비정상 고객 판정 알고리즘 흐름도



[표 3-3] 동월대비 잉여량 증감률(%) 계산식



[표 3-4] 상계고객 비정상 범위 통계분포 판정표[11]

통계 분포도 (μ : 평균, σ: 표준편차)	범 위	분포량	상태 판정
	$\mu \pm \sigma$ 이내	68.2%	정상
2.1%	μ±σ초과 μ±2σ이하	27.2%	관심 (효율저하)
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	μ±2σ초과	4.6%	주의 (비정상)

3. 증감률 분포도 1. 월별 지사 상계거래데이터 분석 표준편차 및 잉여량 활용 인천지역본부 ▼ 리포지사 ▼ 분석휠 ^{6월} ▼ 증감률 증감율평균 분산(모) 표준편차(모) 분산(표본) 표준편차(표본) 분포도 10.31% 32.10% 10.32% 32.12% 프로그램 (μ-2σ<) (μ-2σ~μ-σ) (μ+σ~μ+2σ) (<µ+2σ) -57.73% 이하 -25.63% 이하 38.57% 이상 70.67% 이상 구현 해당지사 함계 비정상 추출 평균 월 수전량 평균 월 양여발전 대상개소 229.kW 772개소 2. 당월 개별고객 사용패턴분석 4. 월평균별 개별고객 잉여발전량 인천지역본부 ▼ 리포지사 ▼ 분세월 659 **▼** 고객번호검색 고객별 잉여량 분석 고객번호 성명(상호) 주소(소재지) 상계거래시작년월 최근요금년월 11-3588 경기도 김포시 고촌읍 483-9 201203 김장 3개년 평균 구분 사용패턴 증감률분석 해당월수전량 월 잉여발전량 잉여발전량 174.00kW 수전량<잉여량 관심(μ+σ~μ+2σ)

[표 3-5] VBA 활용 비정상 고객 판정 구현도

제 2 절 고객별 데이터 분석

1. 상계거래 고객 데이터 현황

[표 3-6]은 2017년 06월 기준 한전 인천지역본부 관내 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객 현황을 보여주고 있다.

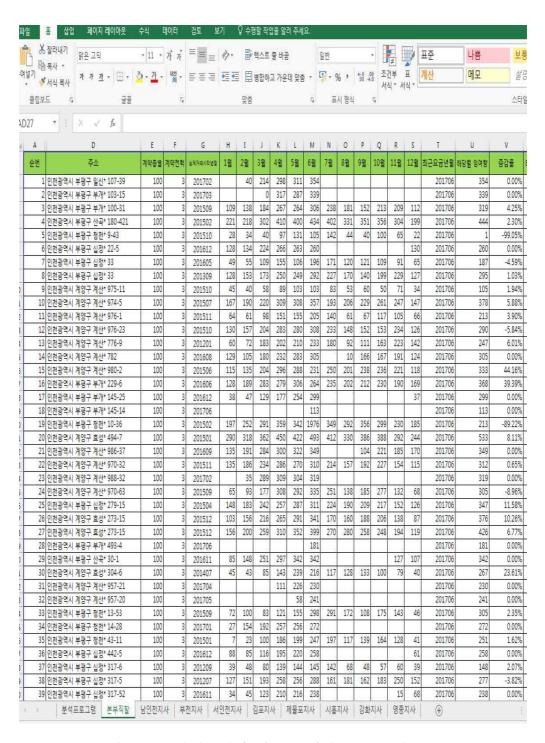
[표 3-6] 에서 알 수 있듯이 농어촌인 강화지사와 도·농복합 도시 인 김포지사 순별로 주택용 태양광발전 상계거래 고객이 분포되어 있는 것을 알 수 있다.

[표 3-6] 한전 인천지역본부 태양광 상계고객 현황(2017년)[5]

사	직	남	부	서	김	제	시	강	영	하
소	할	인 천	천	인 천	五	물	<u>ö</u> 0	화	종	계
고객 호수	408	516	514	374	772	385	279	1,352	492	5,092

2. 상계거래 고객 월별 평균 잉여량 Data 산출

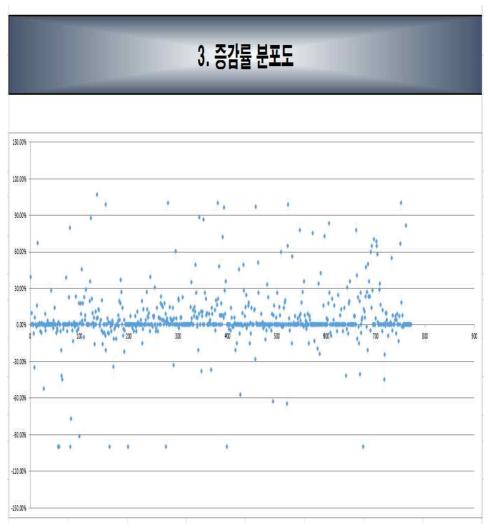
[그림 3-2]는 한전 인천지역본부 관내 지사 중 본부직할 대상으로 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객의 수전량, 잉여량 Data를 활용하여 상계신청 시점부터 월별 3개년 평균 잉여량을 고객개별로 산출한 엑셀파일 화면이다.



[그림 3-2] 상계고객별 평균 잉여량 Data 산출도

3. 수전량, 잉여량 데이터 활용 증감률 분포도 구현

[그림 3-3]은 한전 인천지역본부 김포지사 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 772호수에 대한 잉여량 증감률 분포도 현황이다.



[그림 3-3] 김포지사 잉여량 증감률 분포도

4. VBA 활용 상계거래 고객 분석 프로그램 구현

[그림 3-4]는 한전 인천지역본부 김포지사 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 772호수에 대한 2017년 6월 상계거래 데이터 분석 및 증감률 분포도 등 엑셀기반 VBA 분석 프로그램 구현 화면이다.



[그림 3-4] VBA 활용 상계고객 지사별/고객별 분석 프로그램 화면

5. VBA 활용 비정상 발전고객 판정

[표 3-7]은 한전 인천지역본부 관내 2017년 06월 기준 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객 비정상(잉여량 감소고객) 현황으로 한전 인천지역본부 관내 비정상 의심고객은 총 86호수 이다.

[표 3-7] 한전 인천지역본부 태양광 상계거래 비정상 현황

사	직	남	부	서	김	제	시	강	영	합
업 소	할	인 천	천	인 천	至	물 포	<u>উ</u>	화	종	계
고객 호수	408	516	514	374	772	385	279	1,352	492	5,092
비 정상 호수	10	6	5	8	12	9	4	23	9	86
점 유율 (%)	2.5	1.2	1.0	2.1	1.6	2.3	1.4	1.7	1.8	1.7

[그림 3-5]는 한전 인천지역본부 관내 9개 지사 주택용 3kW 태양 광발전 상계거래 고객의 VBA 프로그램을 활용하여 지사별 상태판정을 추출한 종합화면이다.

1.직할			E. 99				
구분	주의	관심	정상	관심	주의		
구는	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)	합계	
범위 -51.66% 이ㅎ		-22.81% 이하	6.04%	34.89% 이상	63.74% 이상		
값	10개소	17개소	344개소	23개소	14개소	408개소	
2.남인천						24	
구분	주의	관심	정상	관심	주의		
	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)	합계	
범위	-49.76% 이하	-20.84% 이하	8.08%	37% 이상	65.92% 이상	5,01,9814	
값	6개소	10개소	458개소	24개소	18개소	516개소	
3.부천			G00000 (20 000)			300000000000000000000000000000000000000	
	주의	관심	정상	관심	주의	합계	
구분	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)		
범위	-59.3% 이하	-26.48% 이하	6.34%	39.16% 이상	71.98% 이상	BAIL	
값	5개소	4개소	475개소	12개소	18개소	514개소	
	3/11-2	4/ -2	4/3/ 1	12/ -	10/ 12	214783	
4.서인천			No. of the last	70.11	cl		
구분	주의	관심	정상	관심	주의	합계	
	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)		
범위	-35.83% 이하	-15.65% 이하	4.53%	24.71% 이상			
값	8개소	3개소	331개소	19개소	13개소	374개4	
5.김포							
구분	주의	관심	정상	관심	주의	0.000	
7-2	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)	합계	
범위	-57.73% 이하	-25.63% 이하	6.47%	38.57% 이상	70.67% 이상	100 miles	
값	12개소	13개소	698개소	25개소	24개소	772개소	
6.제물포			•				
	주의	관심	정상	관심	주의	합계	
구분	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)		
범위	-29.5% 이하	-12.93% 이하	3.64%	20.21% 이상	36.78% 이상		
값	9개소	7개소	331개소	23개소	15개소	3857#4	
7.시흥							
- 10	주의	관심	정상	관심	주의	· ·	
구분	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)	합계	
범위	-52.93% Olst	-25.61% Olah	1.71%	29.03% 이상	56.35% 이상	8/11	
값	4개소	4개소	258개소	7개소	6개소	279개념	
	4/11-2	4/ -2	250/ 12	7711-12	0/11-2	2/3/113	
8.강화						ranna	
구분	주의	관심	정상	관심	주의	*1 -11	
	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)	합계	
범위	-76.38% 이하	-35.77% 이하	4.84%	45.45% 이상	86.06% 이상	-	
값	23개소	25개소	1247개소	35개소	22개소	13527#	
9.영종	- 00		E: 0		8		
구분	주의	관심	정상	관심	주의		
	(μ-2σ<)	(μ-2σ~μ-σ)	(μ±σ)	(μ+σ~μ+2σ)	(<μ+2σ)	합계	
범위	-44.62% 이하	-18.77% 이하	7.08%	32.93% 이상	58.78% 이상		
값	9개소	9개소	427개소	31개소	16개소	492개소	

[그림 3-5] 지사별 상계고객 상태판정 종합화면

제 4 장 비정상 발전고객 현장점검 사례

제 1 절 비정상 발전고객 현장점검

각 지사별 비정상 추출고객(잉여량 감소고객) 총 86호수를 대상으로 현장방문을 2017년 7월에 시행 하였으며, 현장방문 시 [그림 4-1]의 현장 점검표를 휴대하고 [표 4-1]의 발전시스템 중점 점검항목인 태양 광 모듈, 인버터, 접속함 등 현장 설비점검과 고객 컨설팅을 시행 하였다.

[표 4-1] 현장방문 시 발전시스템 중점 점검항목[4]

점검 구분	주요내용		
모듈점검	표면 이물질, 분진 부착 및 음영 여부 확인		
인버터 점검	LCD창 동작 사항, 기기의 직사광선 노출 여부 점검		
접속함 점검	접속함내 LED 등 점검(LED 점등시 휴즈정상) 및 누수점검		
차단기 점검	보호용 차단기 투입여부 점검		
계량기 및	발전량 정상 계량 여부, 결선도,		
기타점검	전선 및 지지대 등 상태점검		

고 켁 명		고객번호	
연락 처	Tel)	연계용량	kW
주 소		상계거래 년월	

테그 하모	점검절파		-11 1 - p	정검절:	
체크 항목	양호 불량		체크 항목		養勢
1. 태양광모듈 점검 체크모인트			3. 천선·커넥터·구조물(지지대) 첨검		
- 이물질 분진등 세척여부			- 단선·과복훼손 파손여부		
- 표면상부 음영여부			- 외관 의상육무		
2. 인버터 참검 체크포인트			4. 첩속한·차단기 첨검 제글모인트		
- LCD창, 전원·고창표시등 첨등여부		13 ee	- 수분침투 및 여부		
- Vnc Inc 입력여부			- 철속함내 퓨즈 단선유무		
- Vac Jac P 출력여부		2 2	5. 수선· <u>발천용계기</u> 점검		
- 기기의 직사광선 노출여부		8 3	- 계기부동참·오결선 여부		

293728-253727	종합판정	□ 적합 □ 부적합		
검검결과	고장설비	□ 태양광모듈 □ 인버	터 🗌 기타()
종 합	조치사항	□ 현장시정 □ 관리』 □ 시공사A/S요청 □	요망 제조사A/S요청 □ 에너기	기공단A/S요청
확인자	소속 : 한	국전력공사 00지사	점검자 :	(인)

□ 한국에너지공단 고장점수 지원센터

- <u>지원대성</u> : 정부지원사업으로 보급된 신재생에너지 설비 중 설치 업체가 폐업한 경우
- 운영기간 : 주5일 09:00~18:00(토요일, 휴일 및 야간은 ARS : 1544-0940 활용)
- ㅇ 고장점수 흐름도

한국에너지공단	고장신고	A/S 전담기관매정	A/S 실시
• <u>신재생에너지센터</u>	• ARS	• 인천/경기남부	• 전담업체 수리
• 고장접수지원센터	1544-0940	• 전담업체 3개 有	

[그림 4-1] 현장점검표

주택용 태양광	상계:	거래 고객 설비점검	H
교객명 의 경	*	고객변호 //-	2599-639
영 학 최 Tell 0/0-		연계용광	3 kW
7 1 CHIN WE	का क्रिक	(8(-10) 살게기래 낙월 -	2012.00
체크 항목	重型型자	제크 항목	হাহা-৪গ
	松木 林松		10 to 10 W
1. 태양광모품 전검 제크포인트		3. 전선-커넥타-구조등(지지내) 선건	
- 이용권 문진당 세리어를	0	- 전선·괴로쉐한 과존여부	0
- 표단상부 증명여부	0	- 와틴 이상유부	0
2. 인메터 점점 제그루인트		4. 접속함-자단기 정점 #ㅋㅋ리드	
- LCD항, 전성·고장표시등 접등여	14 0	- 주본질두 및 아무	0
- Vrc. Inc. 임라여부	0	- 설속한대 품즈 단신유무	D
	0	5. 수전·발전용제기 정점	
- VAC IAC P 출판대부			
- 기가의 작사품선 노출어부	- 0	- 제기투중하 오픈전 이부	0
공한관점 🗆	45 4 4 2	19	
₹ ti □ 1	변장시점 🗆	✓ 인미터 □ 기타(관리요당	- '
3: NA 8	4 8 MA/S.S.	정 M ANA/SAN - 에너지공	
바 현 자 소약 : 한국전투		작 나는 전 전 전 기 등 등 등	-16th
□ 한국에너시공난 고장집수 지역 이 기위되사 : 정부지께시역으로		생에너지 설비 중 설치 업체가 폐업	한 경우
		일 및 야간은 ARS : 1544 0940 쌀	
이 고장적수 호종도			
한국에니지공단 교정	14131	A/S 전달기판매정 A/	/S 실시
- 신체생에너지센터 - ARS - 고장청주시원센터 1544		• 인천/경기남부 • 전략의	집제 수리
 고장철수시원센터 	0940	- 신답합체 S제 취	30.00
주택용 태양광	상계기	니래 고객 설비점 경	3 H
고객명 이 찬			
고 객 명	- PSIP -8	고객변호 // 인 출 연계용량	
고객명 이건	PSIP - 8 리 강기 및	고객변호 // 인 출 연계용량	
고 객 명	P51P - 8 진 진기 및	고객변호 // 인 출 연계용량	'
고 객명 이 찬 및 연락처 (Tel) 0/0- 주 소 있는건, 영영# 제크 항목	PSIP - 8 리 강기 및	고객변호 // 인계용당 9-/이 상개거래 년월 : 체크 항목	- ×3/- 14/ 3 kV シロン・, P 報報相 安変 最
교 객 명 이 찬 현 연 약 차 Tel) 010 ~ 주 소 오만간, 500m 제크 항목 태양광모듈 점점 세크포인트	왕조 설명 1 1 2 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	고객번호 // 연계용당 5-/이 상계거레 년월 : 제크 항목 3. 전선·커네터 구조물(지지대) 점	- ×3/- 14/ 3 kV シロン・, P 報報相 安変 最
고 객 명 이 전 및 인 라 기	P51 P - 8 전 건 보 및 원정전과 양호 분양	고객변호 // 연계용당 0-/이 상계기례 년월 : 제크 항목 3. 전선·커네터·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부	- ×3/- 14/ 3 kV シロン・, P 報報相 安変 最
고 객 명 이 찬 현 의 기 이 기 이 기 이 기 이 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기	왕조 설명 1 1 2 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	고객변호 // 연계용당 이 -/ 이 상계기례 년월 : 제 그 항목 3. 전선·커네터 -구조물(지지대) 점 - 단선·피목훼손 파손여부 - 외관 이상유무	- H9 - 1 W 1 W W W W W W W W
고 객 명 이 전 및 인 라 기	P51 P - 8 전 건 보 및 원정전과 양호 분양	고객변호 // 연계용당 0-/이 상계기례 년월 : 제크 항목 3. 전선·커네터·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부	
고 객 명 이 찬 현 의 기 이 기 이 기 이 기 이 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기	P51月 - 8 記 2124 リ 別 2124 リ リ 2 4 2 リ リ 3 2 4 2 リ リ 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	고객변호 // 연계용당 이 -/ 이 상계기례 년월 : 제 그 항목 3. 전선·커네터 -구조물(지지대) 점 - 단선·피목훼손 파손여부 - 외관 이상유무	- H9 - 1 W 1 W W W W W W W W
고 객 명 이 전 전 연락 저 Tel) 이 이 수 주 오십시 등 550 전 전 등 550 전 전 등 550 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전	P51月 - 8 記 2124 リ 別 2124 リ リ 2 4 2 リ リ 3 2 4 2 リ リ 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	고객변호 // 연계용당 연계용당 이 -/ 이 상계기례 년월 : 제 그 항목 3. 천선·커네터·구조율(지지대) 점 - 단선·피복훼손 파손여부 - 외관 이상유무 4. 접속함·차단기 점점 제크×인트	2 - A31 - 1 W 3 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R
교 객 명 이 전 현 학 기 Tel) 이 이 전 학 기 Tel) 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이	P51P - 87 2 22 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	고객변호 // 연개용량 ○ -/○ 상개기대 년월 : 체크 항목 3. 전선·커네터·구조물(지기대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유부 4. 접숙항·차단기 전점 제크보인트 - 수본전투 및 여부	2 - A31 - 1 W 3 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R
교 객 명 이 전 현 현 기 Tel) 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이	P51P - 87 2 22 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	기 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전	2 - A31 - 1 W 3 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R
교 객 명 이 전 및 연락 제 Tel) 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이	P51P - B2 234 4	고객변호 // 연계용량 ○ -/ ○ 상계기례 년월 : 제 그 항목 3. 전선·커네터·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유무 4. 접속항·차단기 전점 제크포인트 - 수본침두 및 여부 - 접속합내 퓨즈 단선유무 5. 수전·발전용계기 점점 - 계기부등자·오절선 여부	2 - A31 - 1 W 3 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R 1 R
고 객 명 이 전 한 한 연 약 최 Tel) 이 이 주 수 있다고, \$5% 7 기의 직사광선 노출여부 기기의 직사광선 노출여부 중합관경 □ 적	P51P - B 2	기 전 등 전 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등 등	- 1 (1) - 1 (
교 객 명 이 전 전 연 위 Tel) 010~주 소 2014, 5/37 제크 항목 태양광모듈 전집 세크포인트 이용될 문진등 세획여부 표면상부 음영여부 2. 인배터 점집 세크포인트 LCD장, 전원 고장표시등 전등여부 Voc. Ioc. 인백여부 기기의 직사광선 노출여부 기기의 직사광선 노출여부 고장설비 □ 배	P51P - B 2	고객변호 // 연계용당 연계용당 이 - / 이 상계기례 년월 : 제 그 항목 3. 천선·커네티·구조율(지지대) 전 - 단선·괴목훼손 파손여부 - 의관 이상유무 4. 접속함·차단기 전점 제크×인트 - 수분원투 및 여부 - 접속함내 퓨즈 단선유무 5. 수전·발전용계기 점점 - 계기부등작·오절선 여부 함	- 1 (1) - 1 (
교 객 명 이 전 전 연 위 Tel) 이 이 주 소 있다고, 함께 기고 항목 대항광모듈 전집 세크포인트 이용될 분진동 세획여부 표면상부 음영여부 인배터 정집 세크포인트 LCD장, 전원·고장표시등 전등여부 Voc. Ioc. 인백여부 기기의 직사광선 노출여부 기기의 직사광선 노출여부 고장설비 □ 배종 항 조치사항 등 전 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조지사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조지사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 전 조지사항 등 전 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전	PSIP - 8 2 건거 및 의리적자	기 한목 3. 전선·커네터 ·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유부 4. 접속항·차단기 전점 제크×인트 - 수문권무 및 여부 - 접속함내 퓨즈 단선유무 5. 수전·발천용계기 점점 - 게기부등작·오절선 여부 함 □ 인버터 ▷ 기타(▷, (전기) Q(-) 판리요망 청 □ 제조사A/S요청 □ 에너지	2 - X31 - 1 W) 3 - 1 K) 4 X 3 X 3 X 3 X 3 X 3 X 3 X 3 X 3 X 3 X
교 객 명 이 전 전 연 위 Tel) 이 이 주 소 있다고, 함께 기고 항목 대항광모듈 전집 세크포인트 이용될 분진동 세획여부 표면상부 음영여부 인배터 정집 세크포인트 LCD장, 전원·고장표시등 전등여부 Voc. Ioc. 인백여부 기기의 직사광선 노출여부 기기의 직사광선 노출여부 고장설비 □ 배종 항 조치사항 등 전 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조지사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조지사항 등 전 조치사항 등 전 조치사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 전 조지사항 등 전 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 조지사항 등 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전 전	P5[P - 8] 2 건거 및 33절과 92 보호 보호 1	기 한목 3. 전선·커네터 ·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유부 4. 접속항·차단기 점점 제크보인트 - 수분점두 및 여부 - 접속함내 퓨즈 단선유부 5. 수전·발전용계기 점점 - 개기부등작·오절선 여부 함 □ 인버터 ▷ 기타(>↓단기 ○ 단면의요망 청 □ 제조사A/S요청 □ 에너지	전 (
교 객 명 이 찬 이 연구 전 이 이 연락 저 Tel) 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이	PSIP - 8 2 전기 및 의정전화 약호 복약 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기 기	고객변호 // 연계용당 이 // 연계용당 이 // 연계용당 이 상계기례 년월 : 제크 항목 3. 천선·커네티·구조룡(지지대) 천 - 단선·피목훼손 파손여부 - 외관 이상유무 4. 천속항·차단기 천천 제코×인트 - 수분천두 및 여부 - 전숙함내 퓨즈 단선유무 5. 수천·발천용계기 천천 - 계기부등작·오철선 여부 함 □ 인버티 ☑ 기타(>↓단기 ○ ← 한 의료망 전 교조사A/S요청 □ 에너지 나 제조사A/S요청 □ 에너지 나 제조사A/S요청 □ 에너지	7 - 181 - 18
교 객 명 이 전 한 연 위 Tel) 이 이 주는 수 있다고, 함께 기고 항목 배양광모듈 전집 세크포인트 이용실·분진동 세획여부 표면상부 유영여부 2. 인배터 점집 세크포인트 LCD장, 전원·고장표시등 점등여부 Voc. Ioc. 인벡여부 기기의 직사광선 노출여부 기기의 직사광선 노출여부 교장실비 급배 공 함 조치사항 급 연 의 소속: 한국건택 1 전 기원 대상 : 정부지원사업으로 5 전원대상 : 정부지원사업으로 5 전원 기원대상 : 정부지원사업으로 5 전체 기원대	PSIP - 8 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	기 한목 3. 전선·커네터 ·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유부 4. 접속함·차단기 점점 제크포인트 - 수분점투 및 여부 - 접속함내 퓨즈 단선유무 5. 수전·발전용계기 점점 - 개기부등작·오절선 여부 함 □ 인버터 ▷ 기타(>↓단기 ○ 관리로망 청 □ 제조사A/S요청 □ 에너지 - 이시간 점검자 : ○ 1000 생애너지 설비 중 설치 업체가 표	- # # # # # # # # # # # # # # # # # # #
교 객 명 이 찬 이 연구 전 이 이 연락 저 Tel) 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이	PSIP - 8 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	기 한목 3. 전선·커네터 ·구조물(지지대) 전 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유부 4. 접속함·차단기 점점 제크포인트 - 수분점투 및 여부 - 접속함내 퓨즈 단선유무 5. 수전·발전용계기 점점 - 개기부등작·오절선 여부 함 □ 인버터 ▷ 기타(>↓단기 ○ 관리로망 청 □ 제조사A/S요청 □ 에너지 - 이시간 점검자 : ○ 1000 생애너지 설비 중 설치 업체가 표	- # # # # # # # # # # # # # # # # # # #
교 객 명 이 전 및 인 학 기 Tel) 이 이 전 및 인 학 기 Tel) 이 이 이 기 전 및 인 대 기 전 및 인 대 기 전 및 인 대 기 전 및 인 대 기 전 및 인 대 기 전 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 대 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 인 기 인 기 대 기 전 대 상 및 기 전 대 상	PSIP - 87 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	고객변호 // 연계용당 연계용당 연계용당 연계용당 연계용당 연계용당 기관 항목 3. 천선·커네티·구조율(지지대) 천 - 단선·피목훼손 파손여부 - 의관 이상유무 4. 접속항·차단기 천점 제코×인트 - 수분천두 및 여부 - 전수함내 쥬즈 단선유부 5. 수천·발천용계기 점점 - 계기부등작·오절선 여부 당 □ 인버티 □ 기타(교산기) 교전 관리요당 집 제조사A/S요천 □ 에너지 산기 전점 : ○	공단A/S 요 2 사건 기업
교 객 명 이 진 한 연 하 7cl) 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이 이	PSIP - 8 2 건거	고객변호 // 연계용당 연계용당 연계용당 연계용당 연계용당 연계용당 기관 항목 3. 천선·커네티·구조율(지지대) 점 - 단선·피복훼손 파손여부 - 의관 이상유무 4. 접속항·차단기 전점 제코×인트 - 수분원투 및 여부 - 전수함 대주 단선유부 5. 수천·발천용계기 점점 - 계기부등작·오절선 여부 함 □ 인버티 □ 기타(교산기) 이 관리요당 집 제조사사/S요청 □ 에너지 산기 집 점자 : ○	-

[그림 4-2] 지사별 현장점검표 시행 예



[그림 4-3] 지사별 현장점검 사진 예

제 2 절 현장점검 데이터 분석

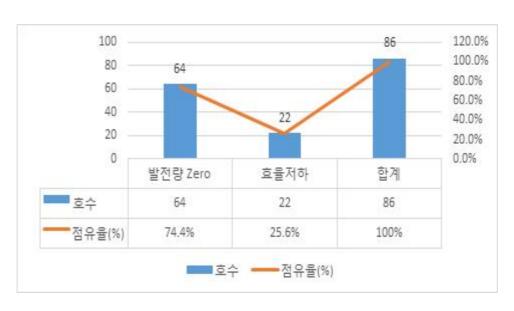
[표 4-2]는 한전 인천지역 본부 관내 9개지사의 주택용 3kW 태양 광 상계거래 고객 중 VBA 활용 검출된 비정상(잉여량 감소) 의심 고객의 현장점검 대상 이며 [표 4-3]은 한전 인천지역본부 관내 9개 지사에서 검출된 비정상 의심 고객 현장 설비점검 및 고객 컨설팅을 시행한종합결과이다.

[표 4-2] 현장점검 대상

구 분	상계거래 전체 호수 (한전 인천지역본부)	상계거래 비정상 고객 (VBA 활용 검출)	점유율(%)
고객호수(호)	5,092	86	1.7%

[표 4-3] 현장점검 결과표

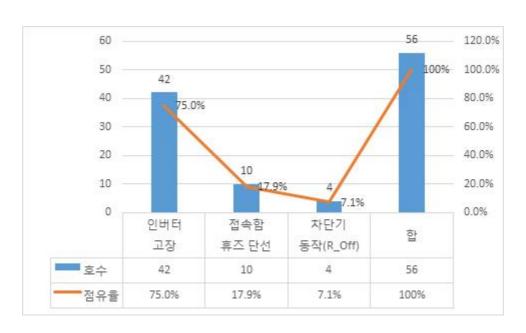
	,	설비 비정상	Zero	고객자체 차단 Zero			
고장내역	① 인버터 고 장	② 접속함 휴즈단선	③ 차단기 동작(R_Off)	④ 발 전 차 단	⑤ 설 비 철 거	⑥ 효 율 저 하	합계
य्यंर्ठर्त(र्ड)	42	10	4	2	6	22	86
점유율(%)	48.8	11.6	4.7	2.3	7.0	25.6	100
조치사항	○ 현장 설비점검 ○ 고객 컨설팅 시행						



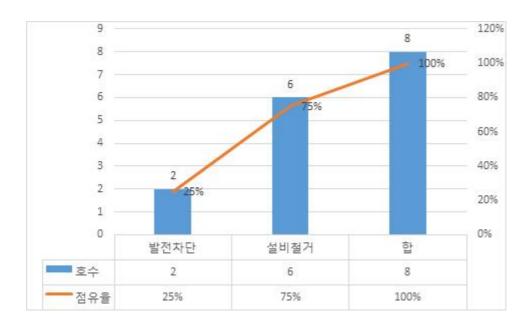
[그림 4-4] 고장내역별 그래프



[그림 4-5] 발전량 Zero별 분류 후 그래프



[그림 4-6] 설비 비정상 발전량 Zero 세부내역 그래프



[그림 4-7] 고객자체 차단 발전량 Zero 세부내역 그래프

[표 4-3] 현장점검 결과표를 요약 하면 발전량 비정상 86호수(잉여량 감소고객) 중

- · 발전량 Zero는 64호수(①, ②, ③, ④, ⑤)로 74.4% 점유
- · 발전효율 저하는 22호수(⑥)로 25.6% 점유하였다.

발전량 Zero 64호수에 대하여 설비 비정상 발전량 Zero 56호수와 고객 자체차단 발전량 Zero 8호수에 대하여 차례로 자세히 살펴보면 아래와 같다.

첫 번째, 설비 비정상 발전량 Zero 56호수에 대한 내역은 인버터 고장 42호수, 접속함 휴즈단선 10호수, 차단기 동작(Relay Off) 4호수로 조사되었다.

여기서 인버터 고장 및 접속함 휴즈단선 호수에 대하여는 즉시 A/S(After Service)를 요청하였으며, 차단기 동작(Relay Off) 4호수는 차단기 이상유무 확인 후 투입하여 발전량 정상화 조치를 하였다.

설비 비정상 발전량 Zero 56호수에 대하여 비정상 설비를 수리 후 년간 발전량을 예측하여 보니 226MWh/년 산출되었으며, 산출내역은 아래와 같다.

· 225,792kWh=56호수×336kWh(전국평균 월간 발전량²))×12개월 두 번째, 고객 자체차단 발전량 Zero 8호수에 대한 내역은 발전차단 2호수, 설비철거 6호수로 조사 되었으며, 발전차단 2호수는 주택 내부리모델링을 위해 일정기간 발전을 차단한 상태였으며, 설비철거 6호수는 건물 재건축 5호수. 설비 타장소 이설 1호수로 조사 되었다.

²⁾ 전국평균 월간 발전량 : [표2-4] 주택용 3kW 태양광 발전량 산출내역 적용값

제 5 장 결론

본 연구에서는 2030년 재생에너지 발전량 비중 20% 목표 달성에 조금 이나마 기여 하고자 한전 인천지역본부 관내에 설치·운영 중인 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객에 대하여 잉여전력량 및 수전전력량 운용데이터 분석시행으로 비정상 발전고객을 판정할 수 있는 알고리즘을 제시 하였으며, 엑셀기반 VBA를 활용하여 상계거래 고객 대상의발전량 정상·비정상 여부 판정용 분석 프로그램을 구현 하였다.

이 분석 프로그램을 이용하여 비정상 발전고객을 추출 하였으며, 비정 상 발전고객 중 잉여량이 감소한 고객에 대해서는 현장점검을 통하여 추 출 프로그램의 타당성을 검증 하였다.

그리고 비정상 발전고객에 대한 태양광 발전설비 관리 매뉴얼 제공, 현장 컨설팅 시행 및 발전량 정상화 조치시행으로 한전 인천지역본부 관 내에서 태양광 발전량 226MWh/년 의 발전량 상승효과에 기여하였다.

향후 정부의 제8차 전력수급기본계획 및 재생에너지 3020 이행계획에 따라 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 고객은 점차 증가할 전망이다.

현재 태양광 발전시스템에 설치되는 주요기기는 한국에너지공단에서 발급하는 인증서를 가지고 설치되며, 최초 발전을 위해서는 한국전기안 전공사로부터 사용전검사를 받아야 한다.

이후 설치 완료된 주택용 3kW 태양광발전 상계거래 시스템 전반에 대하여 별도의 정기점검 기관이 존재하지 않아 설비 비정상으로 인한 발

전량 비정상 고객이 증가할 수밖에 없는 현실이다.

태양광 발전설비의 고장을 최소화하고 설비의 안정적 사용을 위하여 발전시스템 전반에 대한 공인된 기관으로부터 정기적인 점검을 의무화 하는 제도가 시급히 마련되어야 한다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 산업통산자원부, "소규모 신·재생에너지발전전력 등의 거래에 관한 지침", 산업통산자원부고시 제2016-169호, 2016
- [2] 산업통산자원부, "제8차 전력수급기본계획(2017-2031) 확정 공고", 보도자료, 2017
- [3] 김광호, 성한당 "태양광 발전시스템 설계 및 시공", 2018,
- [4] 강기환, 고석환 정영석, "태양광 발전시스템 고장과 민원발생 유형", 2015
- [5] 한국전력공사 사이버지점, http://cyber.kepco.co.kr/ckepco
- [6] Yoon Bok Kim, Doo Hyun Kim, "An Analysis of the Failure Mode Impacts in Grid-connected Photovoltaic Power Generation System below 20kW", Crisisonomy, Vol12, No3, pp157-167
- [7] 황계호, 김원곤, 윤종보, 문인호, 이봉섭, 정도영, "독립형 태양광 시스템에 적용한 태양광 모듈 시뮬레이션에 관한 연구", 조명·전기 설비학회논문지 23(2) pp131-137
- [8] 신용선, 정래혁, 고재환, 전종택, "우리나라 대용량 태양광발전현황 및 이용률 분석", 대한전기학회학술대회논문집, pp469-471, 2008.11
- [9] 김정현, 이석현, 정재정, 이계정, 성행기, 권영진, "Excel VBA를 활용한 중소 물류기업 창고 관리", 대한안전경영과학회 추계학술대회, 2011

- [10] 권현욱, 디지털북스, "엑셀 VBA 파워 코딩의 정석", 2018
- [11] 위키피디아, http://ko.wikipedia.org

Abstract

A Study on the Normalization of Abnormal Photovoltaic Power Generation Facility by Applying Operational Data Analysis Algorithm

Seon Il Park
Graduate School of Engineering Practice
Seoul National University

Currently, installers of new and renewable energy power generation facilities are increasing in Korea due to the government's policy to expand supply of small new and renewable power generation facilities.

South Korea's photovoltaic power generation system was installed and operated starting with its 30,000 housing supply business in 2004. In case of such photovoltaic power generation system, it was installed and operated mainly for offsetting

trading purposes.

Of the types of power trading in Korea, the set-off transaction is a method by which installers of new and renewable energy power generation facilities under 10kW supply surplus power to the power sales businesses after consuming their own electricity, and the surplus power is offset by the electricity supply from the power distribution operators.

The installation area of a residential photovoltaic power generation system, which is set up and operated for the purpose of offsetting transactions, is concentrated on single-family homes outside farming and fishing villages and urban areas.

In case of a residential photovoltaic power offset deal, many houses with power generation facilities of 3kW are occupied and inverters are installed on structures or building walls that support solar arrays installed on the roof.

Current output(kW) and Day power(Day) that are displayed rotated through a small LCD window attached to the outside of the inverter can be checked.

In terms of interest in power generation, interest in power generation is high at the beginning, but as time passes, interest in power generation decreases. The reason is that it is necessary to move directly to the installation site of the inverter

and read the power generation through a small LCD window.

As power plant installers do not have an understanding of the photovoltaic power system, it is not recognized quickly in the event of a facility failure, which has led to an increase in the amount of electric power for one month to several months, which has led to an increase in the number of requests for excessive charging of electricity.

In this study, we presented algorithms for determining abnormal power generation facilities through analysis of surplus power and quantity of electricity operation data for housing customers who are actually installing and operating KEPCO Incheon headquarters, and implemented an analysis program for abnormal development of target customers by utilizing Excel-based VBA (Visual Basic for Application).

Using this analysis program, we extracted abnormal power generation customers and verified validity of the extraction program through on—site inspection for abnormal power generation customers.

In addition, by providing manuals for managing photovoltaic power generation facilities for abnormal power generation customers, implementing on-site consulting, and implementing measures to normalize power generation, the company

contributed to the synergy effect of increasing the annual

photovoltaic power generation volume of 226MWh in its Incheon

headquarters.

Keywords: offset transactions, photovoltaic power generation for

housing, surplus, Amount of electric power, VBA

Student Number: 2017-20787

- 42 -