

# 전력 품질 개선을 통한 비용 절약 및 장비 수명 연장

---

---

2021.09

---

정상훈

---

# 목차

---

1. 프로젝트 일정관리

---

2. 프로젝트 목적

---

3. 프로젝트 데이터 및 개발환경

---

4. 프로젝트 수행

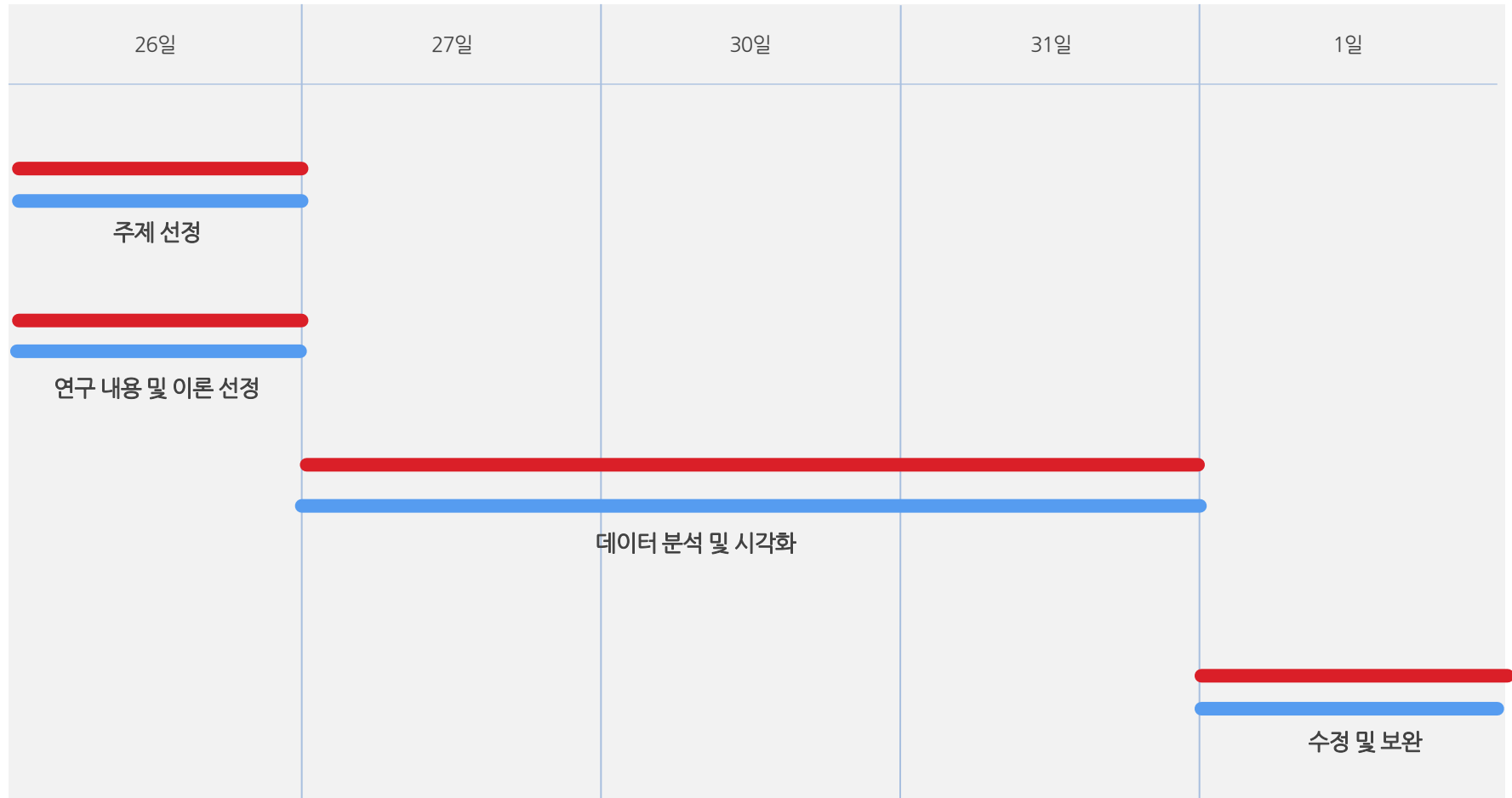
---

5. 결론

---

# 1. 프로젝트 일정 관리

# 일정



## 2. 프로젝트 목적

# 전력품질 관리

- 전력 품질의 중요성
  - 좋지않은 품질의 전력 -> 설비에 고조파 발생 -> 기기 고장 ->  
-> 설비 수명감소, 설비 고장시간 증가, 작업장 안정도 감소
  - 좋은 품질의 전력 -> 공장의 효율성 극대화

\* 고조파 : 고조파(harmonics)는 기본 진동수를 기준으로 그 진동수의 정수배가 되는 파동들을 의미한다.

# 전기 비용 절감

- 한전의 전기공급약관 제5장 43조  
: 시간대별 역률에 따른 요금의 추가 또는 감액 규정
- ex) 09시 ~ 23시 : 90% - 95% 사이일 경우 1%당 0.2%감액  
                  : 60% - 90% 사이일 경우 1%당 0.2% 가액
- 23시 ~ 다음날 09시 : 95%이하의 경우 1%당 0.2%가액

### 3. 프로젝트 데이터 및 개발환경



# 데이터(AI HUB 학습용 데이터)

- 데이터를 센서를 통해 1분 간격으로 설비 데이터 약 4개월간 수집

|   | 220v 직기 1<br>열~5 개수 | 3호기 SEC1<br>개수  | 3호기 SEC2<br>개수  | 3호기<br>SEC3 개<br>수         | 4호기<br>SEC1 개<br>수 | 4호기 SEC2<br>개수            | 4호기<br>SEC3 개<br>수    | AC motor<br>PLC part<br>개수 | A동-A직<br>기 Main<br>개수 | B동<br>Main<br>개수 | B동 축<br>소기 개<br>수 | B동<br>검사<br>기 개<br>수  | C동 MAIN<br>개수          | 세정기<br>26K-160<br>개수 |
|---|---------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 0 | 37                  | 28              | 28              | 28                         | 28                 | 28                        | 28                    | 16                         | 14                    | 27               | 12                | 14                    | 19                     | 15                   |
| 1 | TENTER1호<br>개수      | TENTER3호<br>개수  | TENTER4호<br>개수  | TR7<br>MAIN<br>575V 개<br>수 | 가스스쿠<br>러버 개<br>수  | 검단기 개<br>수                | 직기3 개<br>수            | 직기4 개수                     | 직기5 개<br>수            | 직기6<br>개수        | 직기7호<br>기하 개<br>수 | 직기8<br>호기<br>상 개<br>수 | 직기8호기<br>하 개수          | 수분제<br>거기_1<br>개수    |
| 2 | 16                  | 16              | 16              | 35                         | 7                  | 34                        | 32                    | 32                         | 32                    | 32               | 23                | 23                    | 23                     | 30                   |
| 3 | 겐트리 개수              | 고주파발생<br>기_1 개수 | 고주파발생<br>기_2 개수 | 교정기 개<br>수                 | 니더기1<br>호 개수       | 다이아1,2,3<br>호기 냉각<br>수 개수 | 다이아코<br>팅 냉각수<br>2 개수 | 드라이기<br>개수                 | 믹서기_2<br>개수           | 믹서기<br>_3 개수     | 버닝수<br>세기 개<br>수  | 샤처리 개<br>수            | 서포트 라<br>인 로봇메<br>인 개수 | 수분제<br>거기_2<br>개수    |
| 4 | 27                  | 44              | 30              | 31                         | 24                 | 15                        | 15                    | 32                         | 30                    | 30               | 19                | 27                    | 25                     | 30                   |
| 5 | 용접라인 메<br>인 개수      | 우측메인 개<br>수     | 인버터 개수          | 인버터1<br>동력 개수              | 인쇄실<br>Main 개<br>수 | 자동창고<br>개수                | 정수기평<br>평 개수          | 좌측메인<br>개수                 | 지거7호송<br>무상압자<br>거 개수 | 직기1<br>개수        | 직기1호<br>기상 개<br>수 | 직기1<br>호기<br>하 개<br>수 | 직기2 개수                 | 스카차1<br>호 개수         |
| 6 | 25                  | 12              | 32              | 17                         | 14                 | 33                        | 32                    | 11                         | 19                    | 32               | 23                | 23                    | 32                     | 15                   |
| 7 | C동라인 설비<br>SL-1 개수  | NO1 정유기<br>개수   | NO2 정유기<br>개수   | NO3 정유<br>기 개수             | NO4 정<br>유기 개<br>수 | NO5 정유<br>기 개수            | 쿨링타워<br>개수            | 크레인 전<br>원 개수              | 퍼블기 개<br>수            | 펌프 개<br>수        | 폐수<br>Main 개<br>수 | 호이<br>스트 개<br>수       | 세정기<br>26K-070<br>개수   | 스카차2<br>호 개수         |
| 8 | 9                   | 16              | 16              | 16                         | 16                 | 16                        | 20                    | 25                         | 17                    | 63               | 20                | 32                    | 15                     | 10                   |

# 개발환경

|          |             |   |
|----------|-------------|---|
| 개발<br>환경 | OS          | Window 10 Pro   |
|          | Language    | Python 3.9.6  |
|          | Tool        | Anaconda jupyter notebook                                     |
|          | Open Source | Tensorflow 2.5.0, Selenium 3.3.4,<br>Matplotlib 3.3.4 Seaborn |

## 4. 프로젝트 수행

- 가동비가동구분 및 시각화
- 전력품질 데이터 머신러닝
- 설비 역율 개선시 효과

## 4-1 가동 비가동 구분 및 시각화

# 가동, 대기, 비가동 구분의 원칙적 기준

가동

전류 정격의 80% 이상

대기

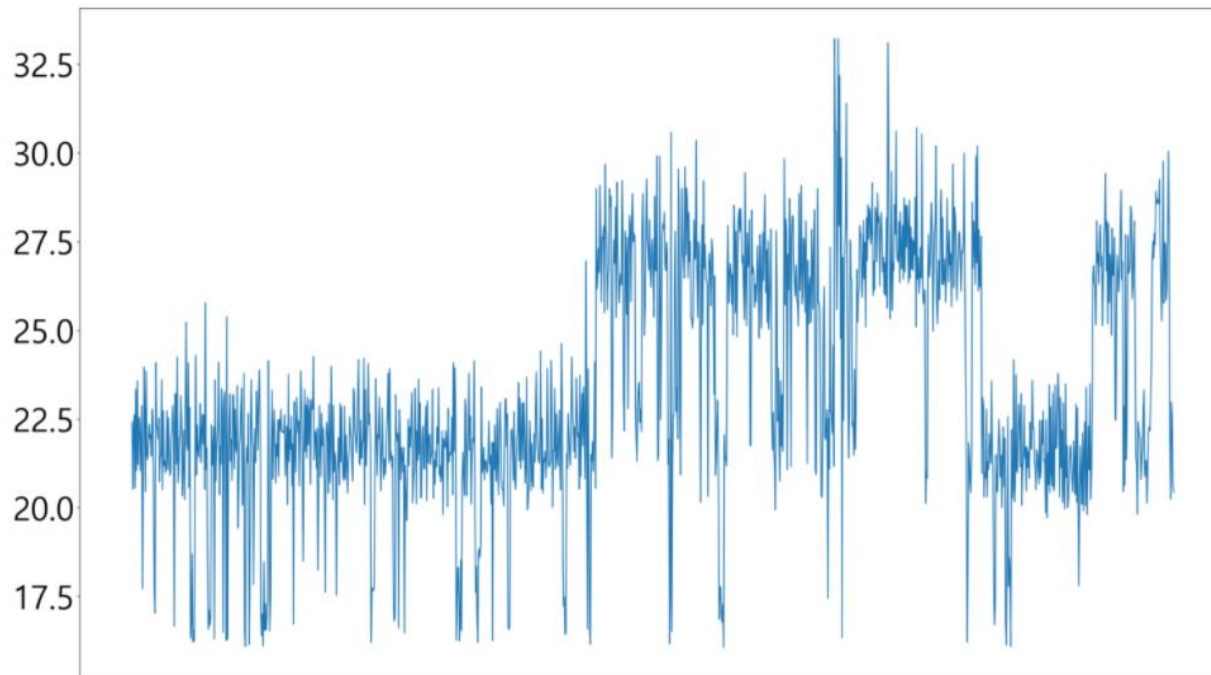
전류 정격의 10% - 80%

비가동

전류 정격의 10% 이하

# 가동 비가동 시간대 임의 구분 근거

- 261번 설비의 전류평균 그래프(2021-01-22)

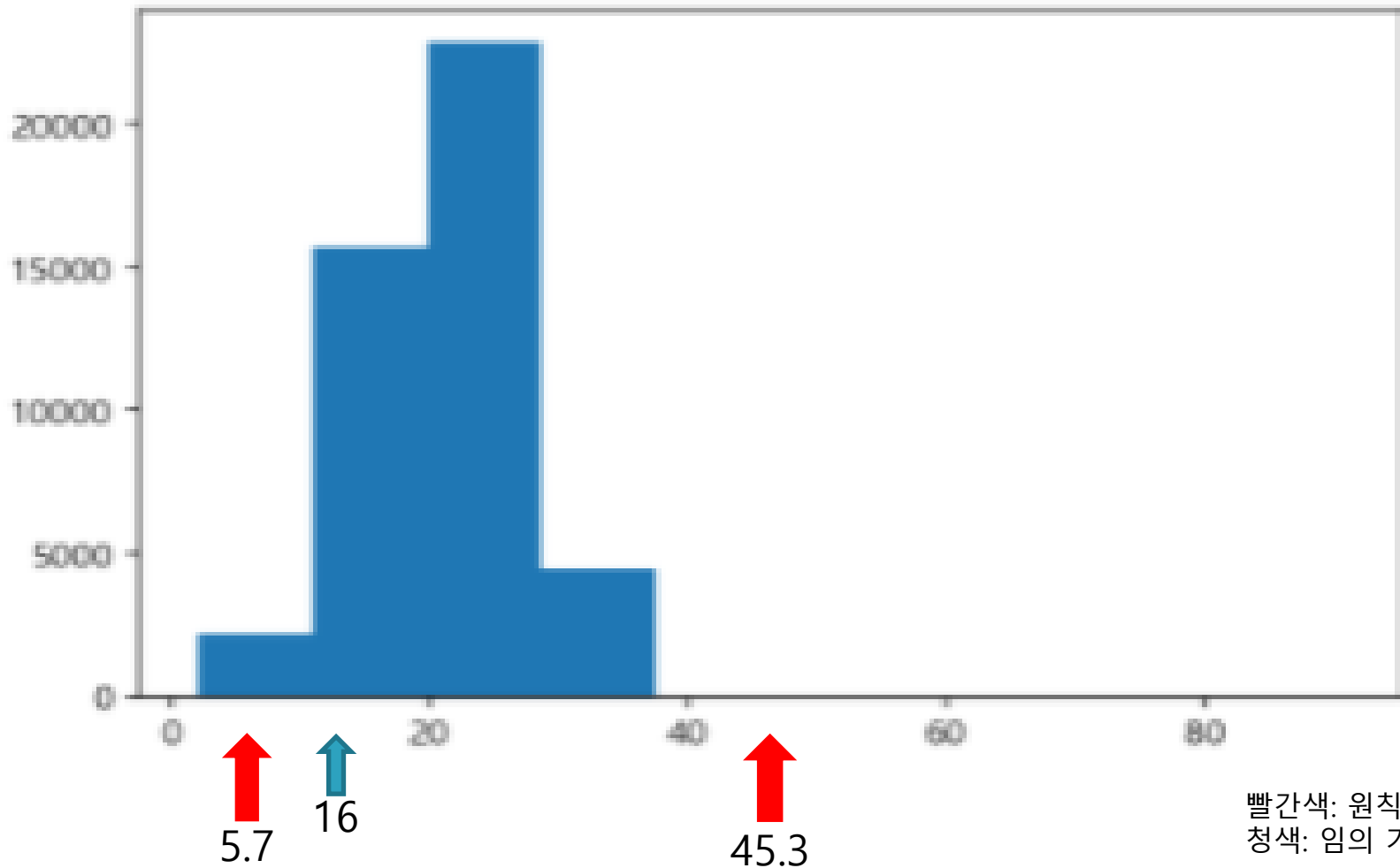


측정전류 = 24A  
정격전류 = 56.67A  
( $38000 / (1.7 * 380)$ )

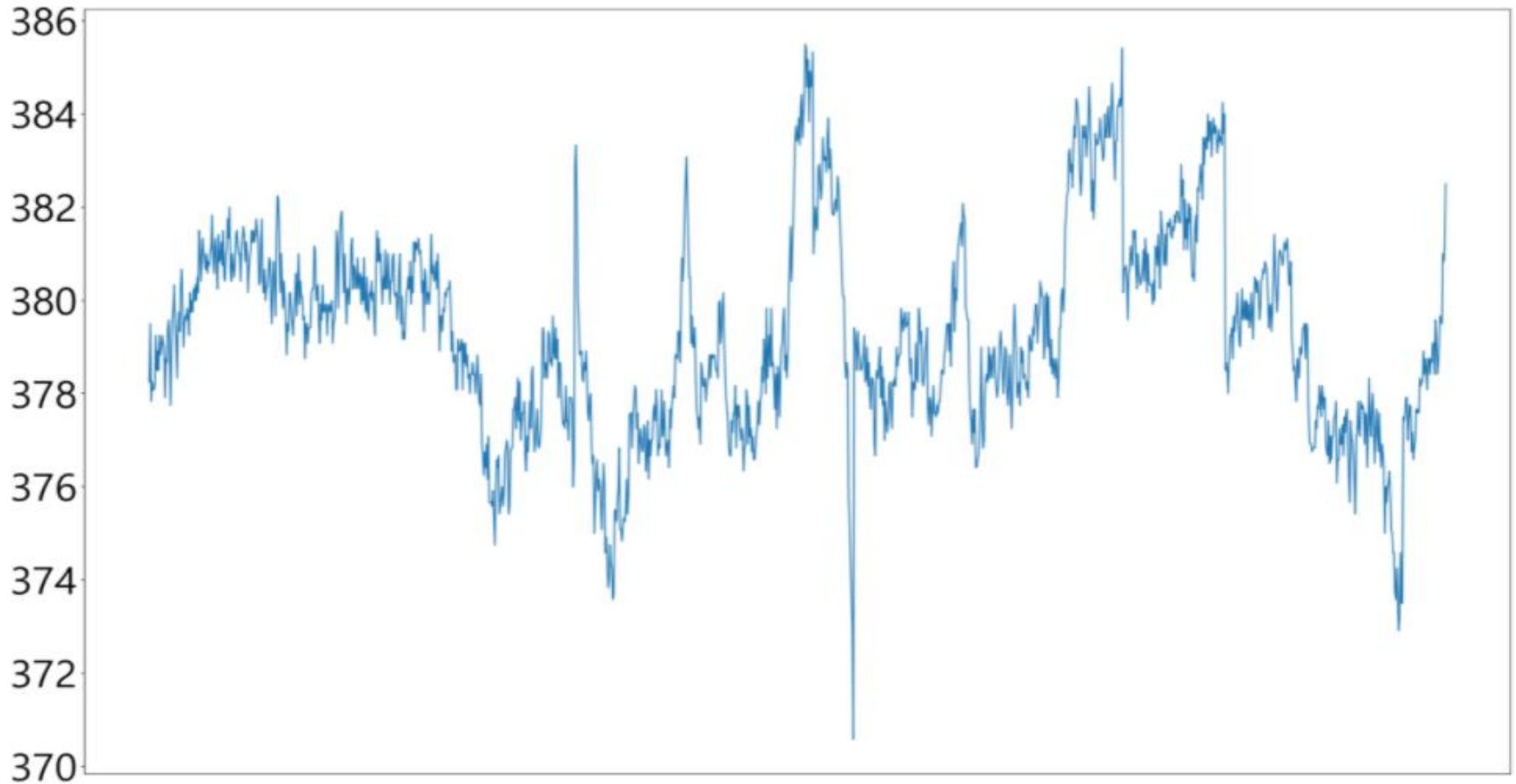


히스토그램을 사용해  
임의로 구분하기로 함

# 가동 비가동 시간대 구분(히스토그램)

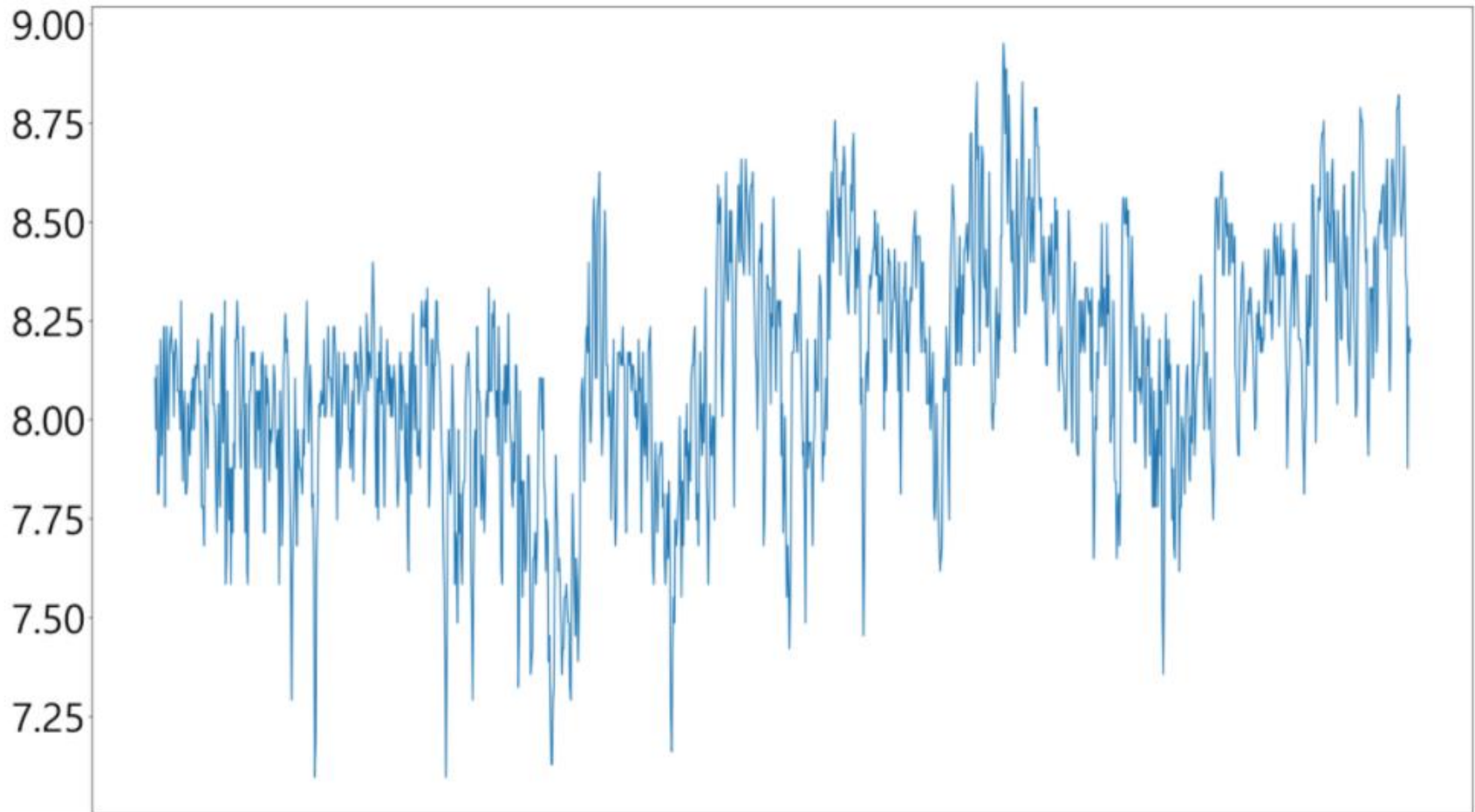


# 가동기간 선간전압 평균 그래프

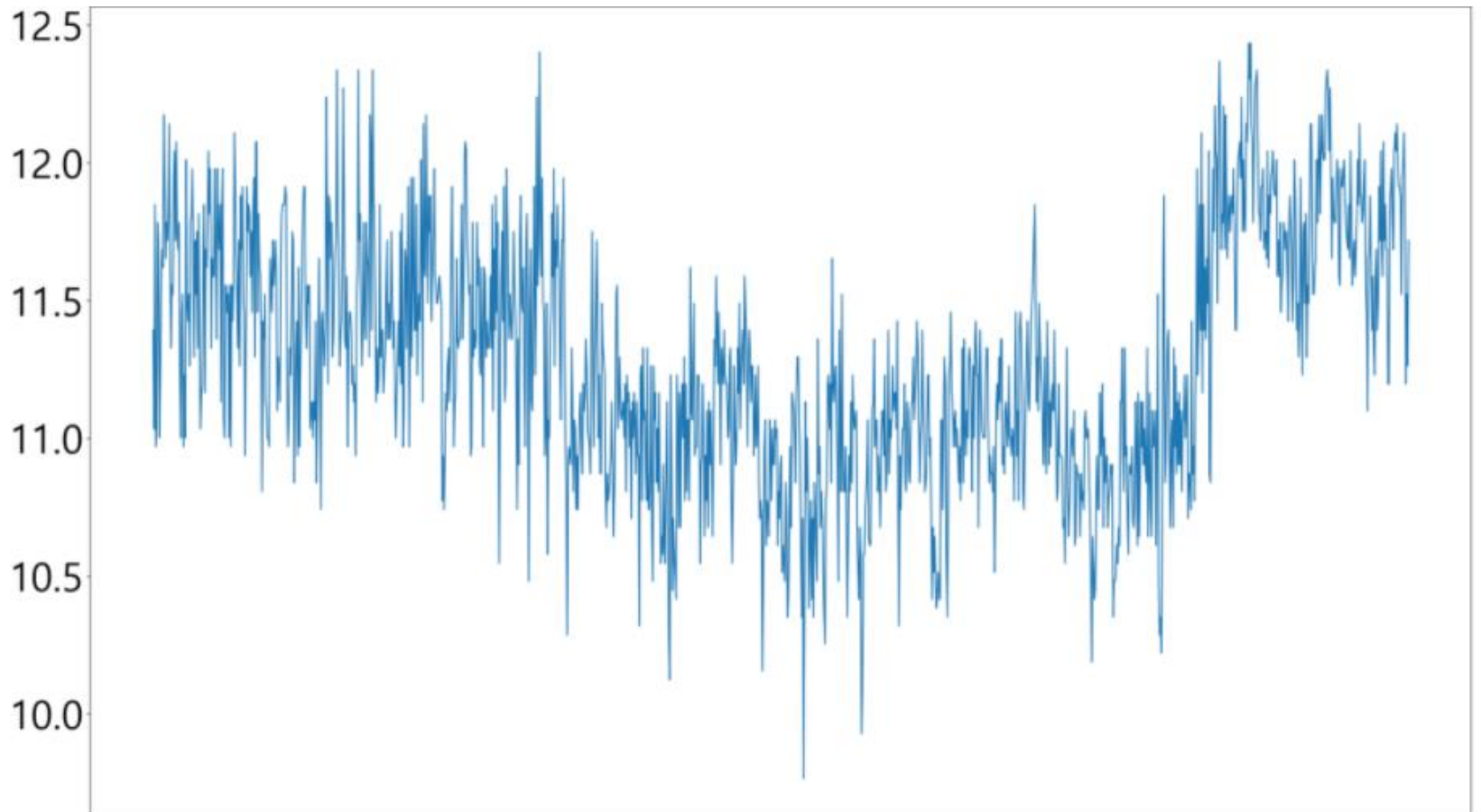




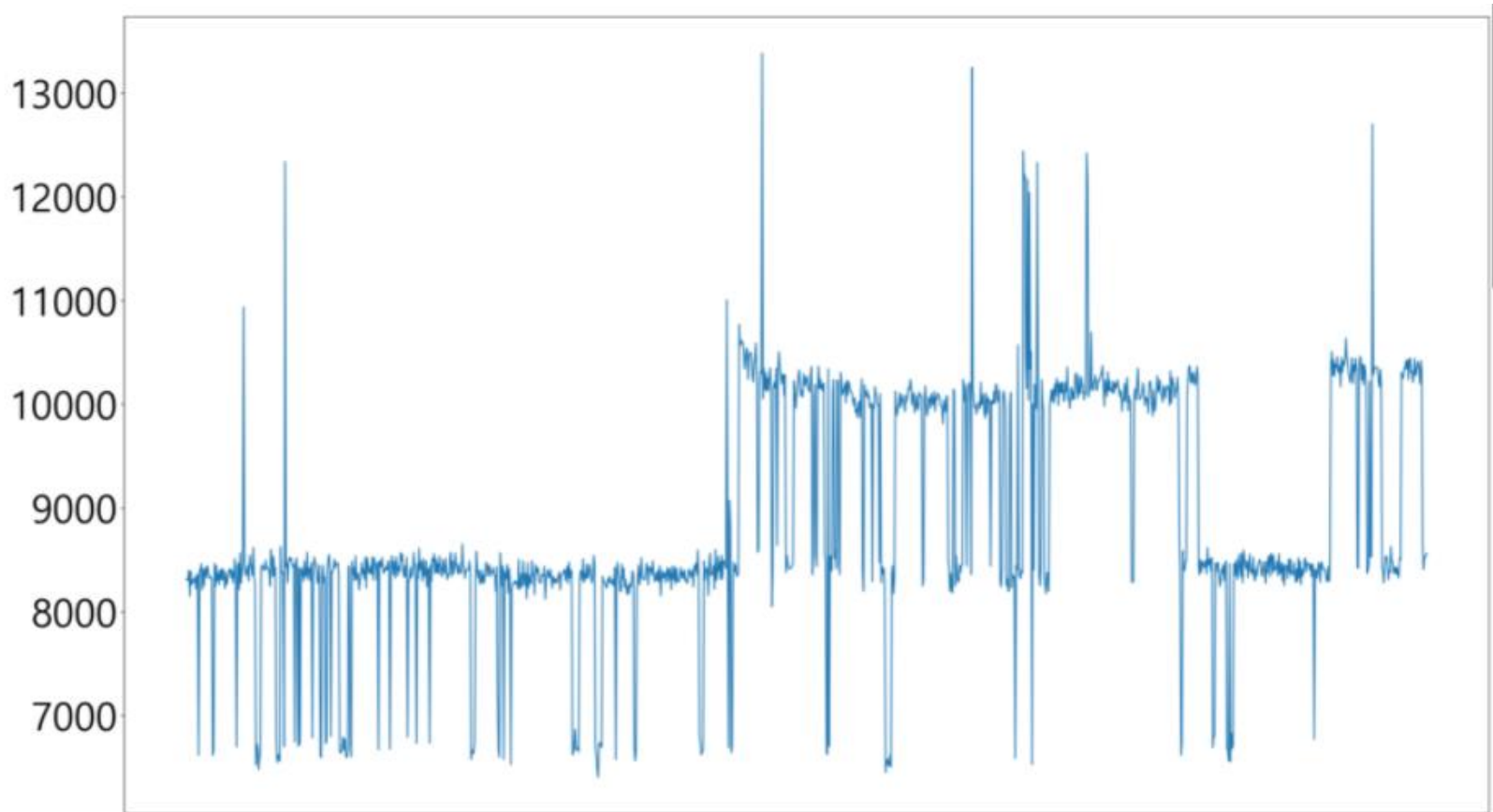
# 가동기간 전압고조파평균 그래프



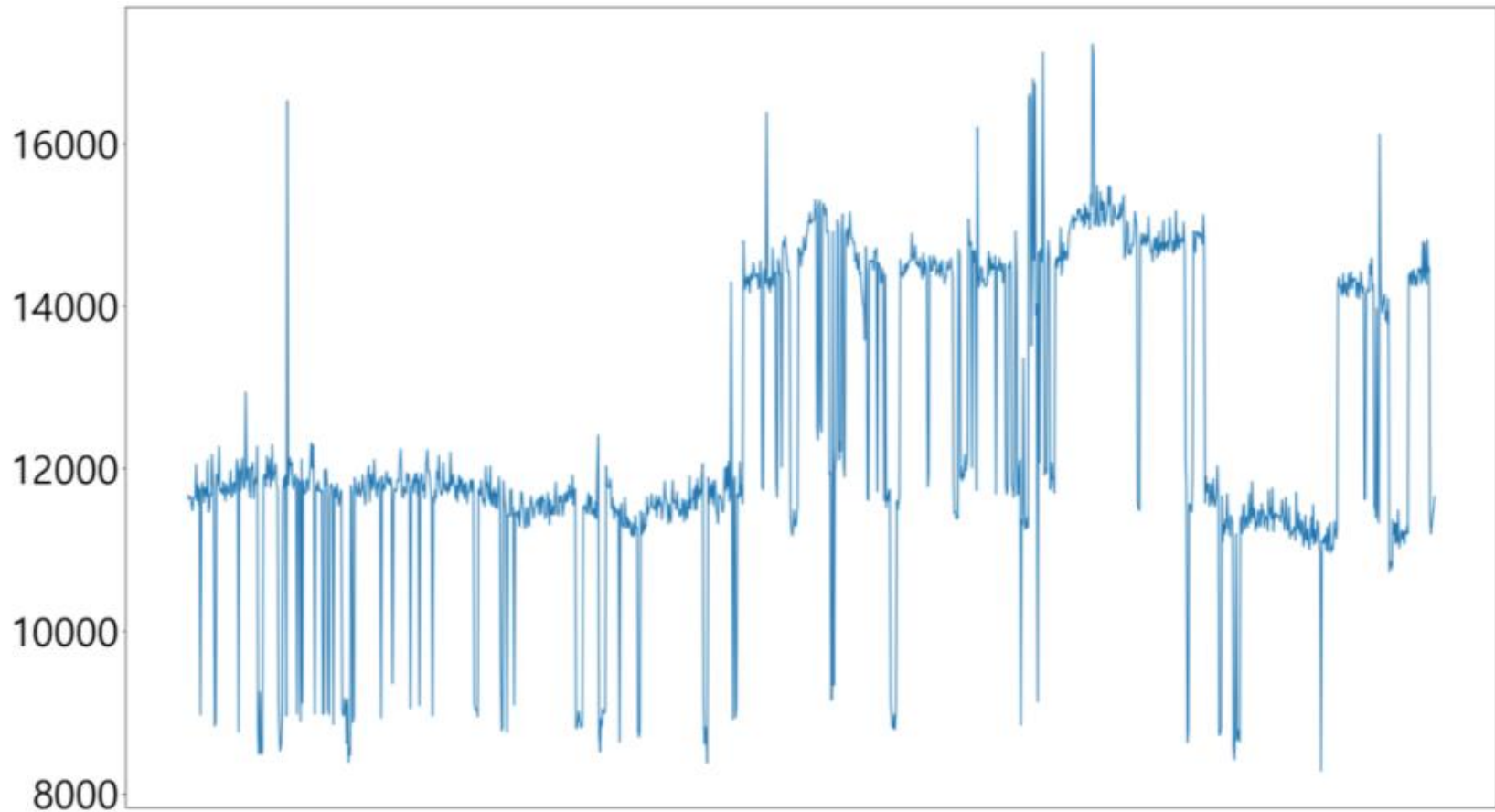
# 가동기간 전류고조파평균 그래프



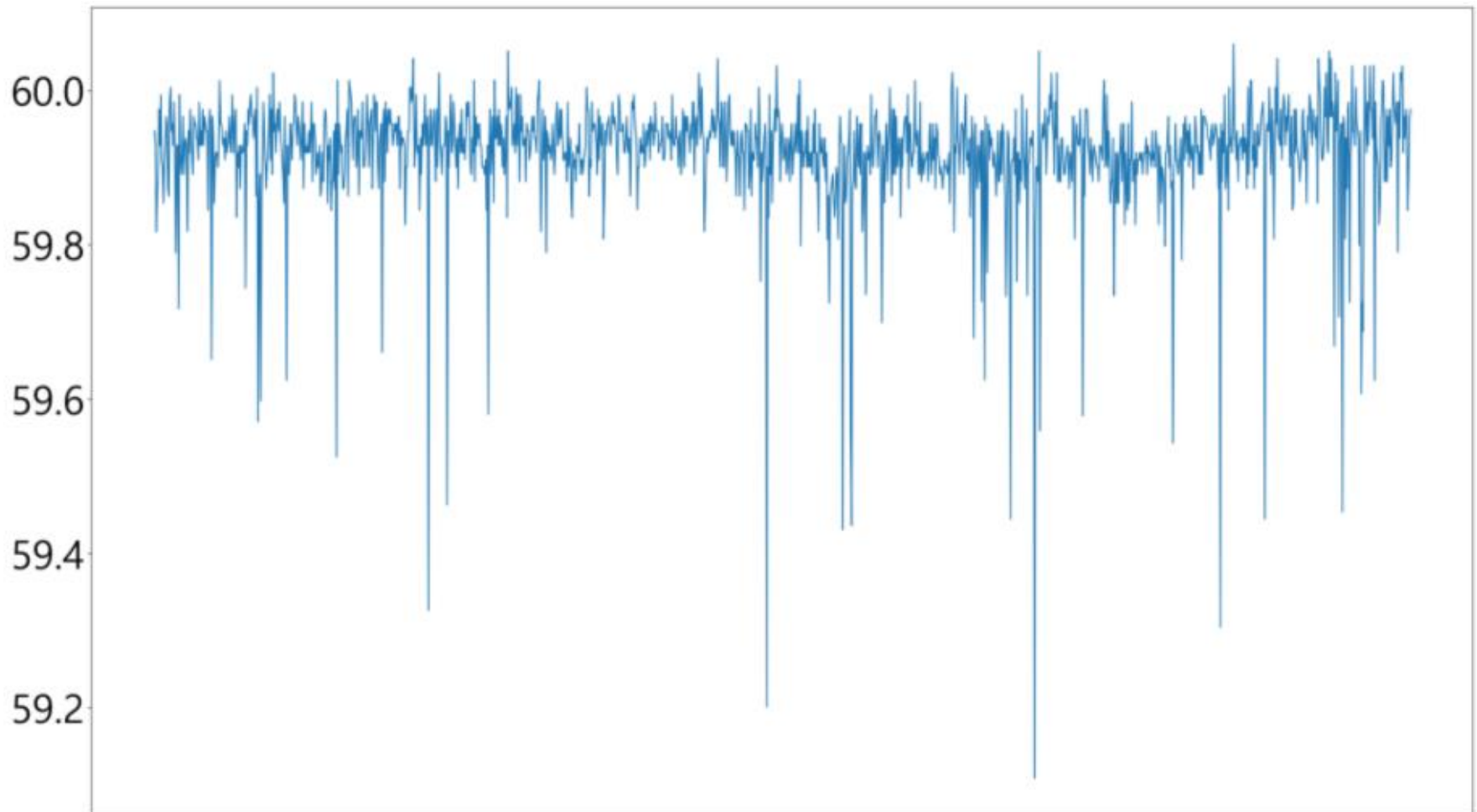
# 가동기간 유효전력평균 그래프



# 가동기간 무효전력평균 그래프



# 가동기간 주파수그래프



## 4-2 전력품질 데이터 머신러닝

# 전력품질 데이터 머신러닝 Y축 기준

정상

역률 80% 이상

주의

역률 60% - 80%

경고

역률 60% 이하

\*정상 : 전력 품질 데이터가 정상인 상태

주의 : 전력 품질데이터가 한전기준 이상으로 높아지거나 낮아질 경우

경고 : 전력 품질데이터가 한전기준 보다 과도하게 높아지거나 낮은 경우

# 전력품질 데이터 머신러닝 X축 기준

| x축 기준 | 근거  |
|-------|---|
| 전압    | 전기사업법시행규칙 제18조(우리나라의 전기 품질 기준) 110±6V, 220±13V, 380±38V |
| 주파수   | 전기사업법시행규칙 제18조(우리나라의 전기 품질 기준) 60±0.2Hz                 |
| 전압고조파 | 전압 전류 왜형률에 따른 분류(슈나이더 일렉트릭)                             |
| 전류고조파 | 전압 전류 왜형률에 따른 분류(슈나이더 일렉트릭)                             |
| 유효전력  | 역률  |
| 무효전력  | 역률  |

\* 역률 -> 유효/피상 전력

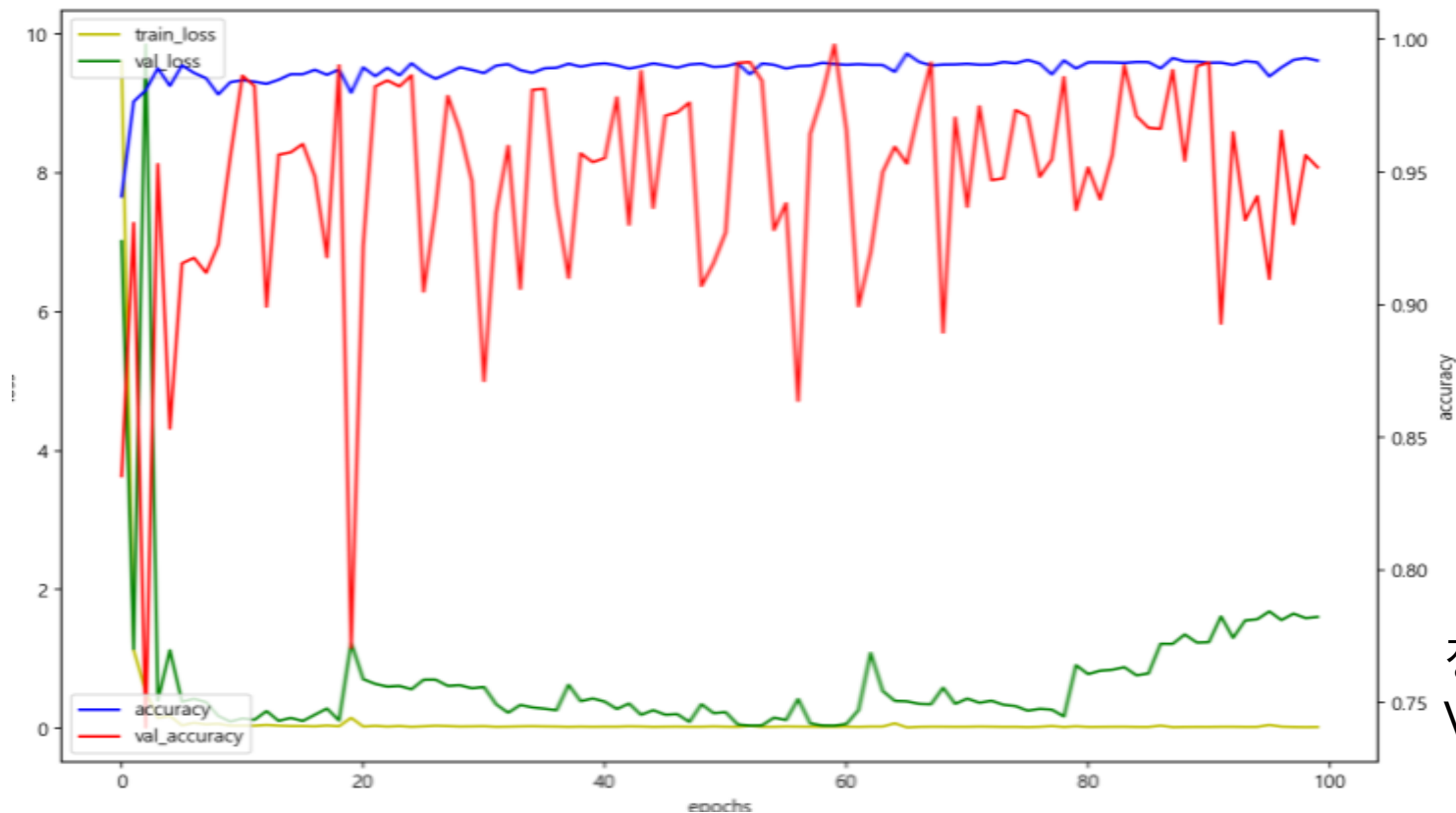
\* 왜형률  $THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V_1}$



# 머신러닝 결과

X = 유효전력, 무효전력, 주파수, 전압, 전류고조파, 전압고조파

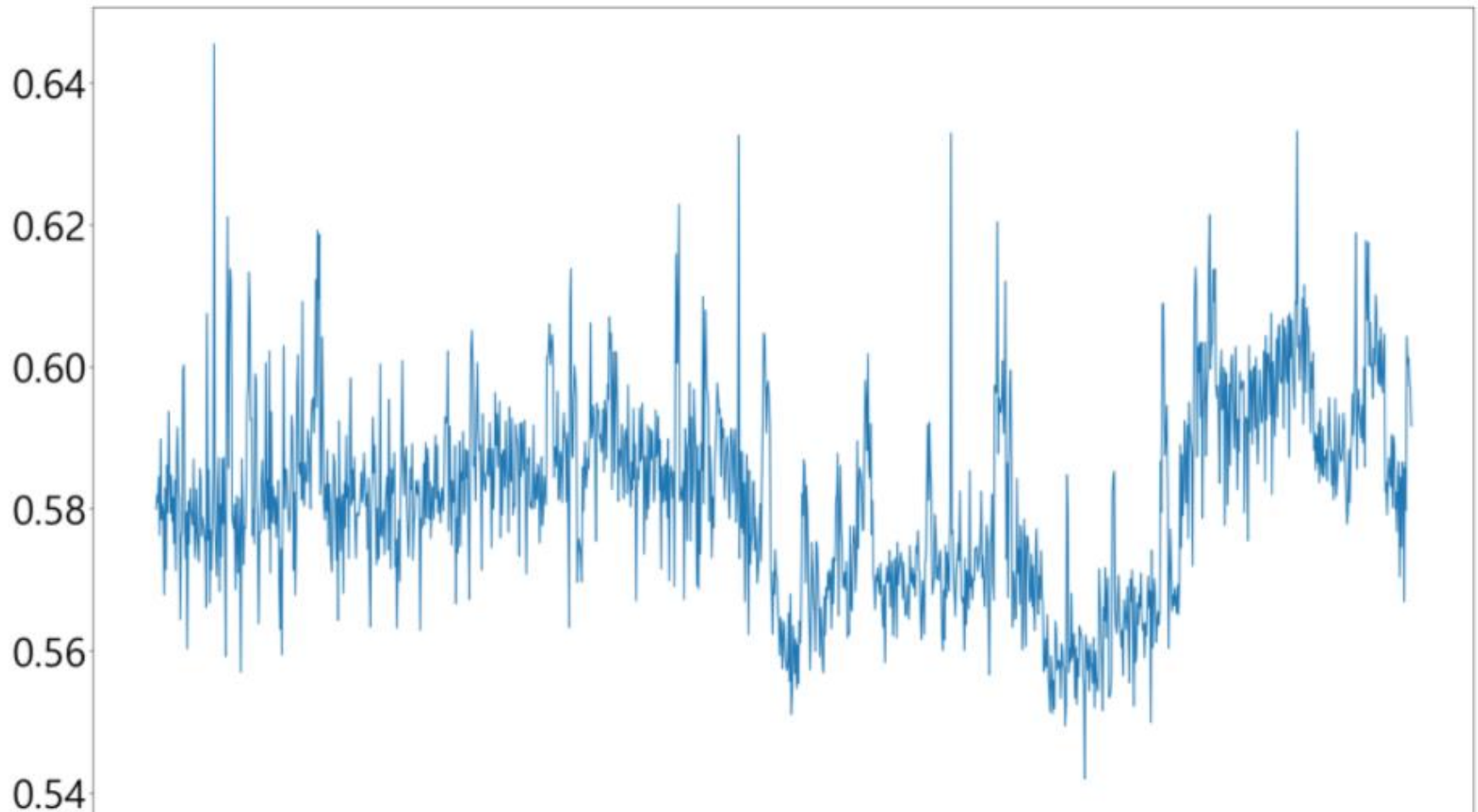
Y = 정상, 주의, 경고



정확도: 0.9518  
Val\_loss: 1.6054

## 4-3 설비 역률 개선시 효과

# 역률 그래프(2021-01-22)



# 전기요금 계산



261번 설비의 데이터는 한달정도 -> 추가적인 가정을 통해 계산 진행

# 간편한 요금절감 계산을 위한 가정

## 가정1

요금용 전력을 측정기간동안의 최대 수요전력이라 가정

## 가정2

요금계산용 역률을 측정기간 동안의 평균역률이라 가정

## 가정3

공장내 이 설비 외 전기를 소비하는 다른 제품들이 없다고 가정

## 가정4

제 5장 43조와 무관하게 모든 시간에 09-23시 사이 규정 적용

## 가정5

경부하 중간부하 최대부하는 총부하에서 그 시간의 비를 이용

## 가정6

계약전력 초과 부분은 고려하지 않음

# 최대수요전력, 전력량, 역률

| 항목     |      | 값                       |
|--------|------|-------------------------|
| 구분     |      | 산업용(을)2 고압A(날짜: 1월로 간주) |
| 최대수요전력 |      | 약 240kw(12kw)           |
| 전력량    | 총합   | 5929kwh                 |
|        | 경부하  | 2470kwh                 |
|        | 중간부하 | 1976kwh                 |
|        | 최대부하 | 1482kwh                 |
| 역률     |      | 0.597                   |

- 모든 계산 과정은 소수점 절삭
- 최대수요전력 : 15분 평균전력 중 가장 높은 전력
- 12월 1월
  - 경부하 23:00~09:00 (10)
  - 중간부하 09:00~10:00 12:00~17:00 20:00~22:00(8)
  - 최대부하 10:00~12:00 17:00~20:00 22:00~23:00(6)

# 전기요금표

## 산업용(을)

광업, 제조업 및 기타사업에 전력을 사용하는 계약전력 300kW 이상의 고객에게 적용

| 구분  |        | 기본요금<br>(원/kW) | 전력량 요금(원/kWh) |           |                  |            |
|-----|--------|----------------|---------------|-----------|------------------|------------|
|     |        |                | 시간대           | 여름철(6~8월) | 봄·가을철(3~5,9~10월) | 겨울철(11~2월) |
| 고압A | 선택 I   | 7,220          | 경부하           | 56.6      | 56.6             | 63.6       |
|     |        |                | 중간부하          | 109.5     | 79.1             | 109.7      |
|     |        |                | 최대부하          | 191.6     | 109.8            | 167.2      |
|     | 선택 II  | 8,320          | 경부하           | 51.1      | 51.1             | 58.1       |
|     |        |                | 중간부하          | 104.0     | 73.6             | 104.2      |
|     |        |                | 최대부하          | 186.1     | 104.3            | 161.7      |
|     | 선택 III | 9,810          | 경부하           | 50.2      | 50.2             | 57.5       |
|     |        |                | 중간부하          | 103.4     | 72.3             | 103.6      |
|     |        |                | 최대부하          | 173.7     | 96.0             | 150.5      |

# 전기요금 계산

| 항목             |      | 값  |
|----------------|------|--|
| 기본요금           |      | $8320 * 240 = 1,996,800$ 원                         |
| 전력량<br>요금      | 경부하  | $2470 * 58.1 = 143,507$ 원                          |
|                | 중간부하 | $1976 * 104.2 = 205,899$ 원                         |
|                | 최대부하 | $1482 * 161.7 = 239,639$ 원                         |
|                | 총합   | 2,585,845 원  |
| 역률로 인한<br>추가요금 |      | $2,585,845(1+0.06) = 2,740,995$ 원<br>(155,150원 추가) |
| 역률조정시 절감비용     |      | $2,585,845 * 0.07 = 181,009$ 원(7%절감)               |

- 역률 계산(추가요금율) :  $(90-60)*0.2 = 6\%$
- 95% 유지시 절감 :  $(95-60)*0.2 = 7\%$



## 5. 결론

# 프로젝트 결론

| 프로젝트 | 결론   |
|------|--|
| 전력품질 | 머신러닝 정확도: 95%<br>기준이 존재하는 데이터들에 머신러닝을 활용해 아쉬움이 남음  |
| 역률개선 | <p>(가동중일 경우)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계약전력을 낮출 필요가 있다.</li> <li>- 추가적인 개선을 위해 설비가 사용하는 전력의 낮은 역률을 보상하기 위한 동기전동기, SVC, 전력용 커패시터 등이 필요</li> <li>- 역률 개선을 위한 장비 추가 최적점을 계산하고 싶었으나 데이터의 한계로 수행하지 못함</li> </ul> <p>(가동중이 아닐 경우)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설비를 대기상태로 둘 필요가 없으니 off하는 것이 설비수명과 비용 면에서 좋을 것이다</li> <li>- 일시적인 가동 대기 및 중지 상태가 아니라면 계약전력 낮추자</li> </ul> |

# 출처

- <https://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/D/C/CYDCHP00105.jsp>
- <https://blog.kepco.co.kr/1825>
- <https://www.youtube.com/watch?v=b84pRtFbXbc&t=944s>
- <https://naverksdictionary.miraheze.org/wiki/%EA%B3%A0%EC%A1%B0%ED%8C%8C>
- <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%97%AD%EB%A5%A0>
- [https://gritmind.blog/2020/12/21/python\\_technique/](https://gritmind.blog/2020/12/21/python_technique/)
- [https://junpyopark.github.io/Jupyter\\_Extension/](https://junpyopark.github.io/Jupyter_Extension/)
- <https://gammabeta.tistory.com/1434>

감사합니다

---