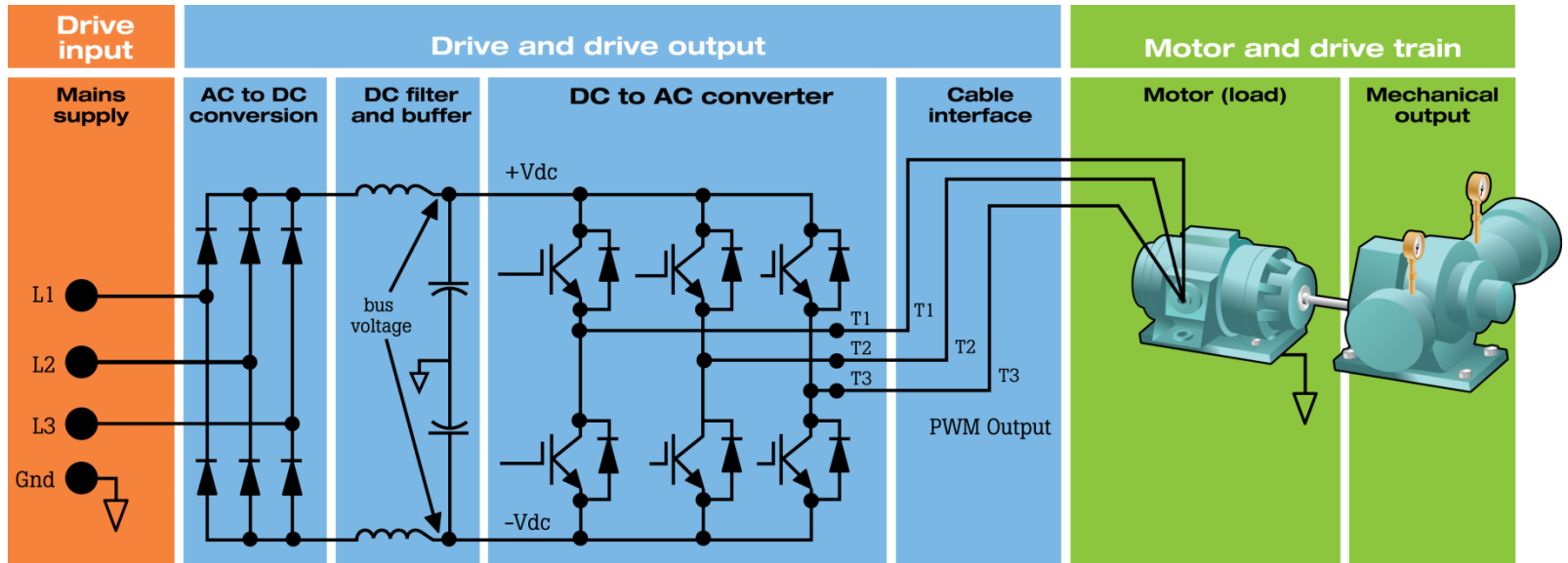


*Keeping your world up and running.®*

# Measurement best practices for troubleshooting motors and drives

(주) 한국플루크  
백준호 과장

# 드라이브 시스템의 측정 항목



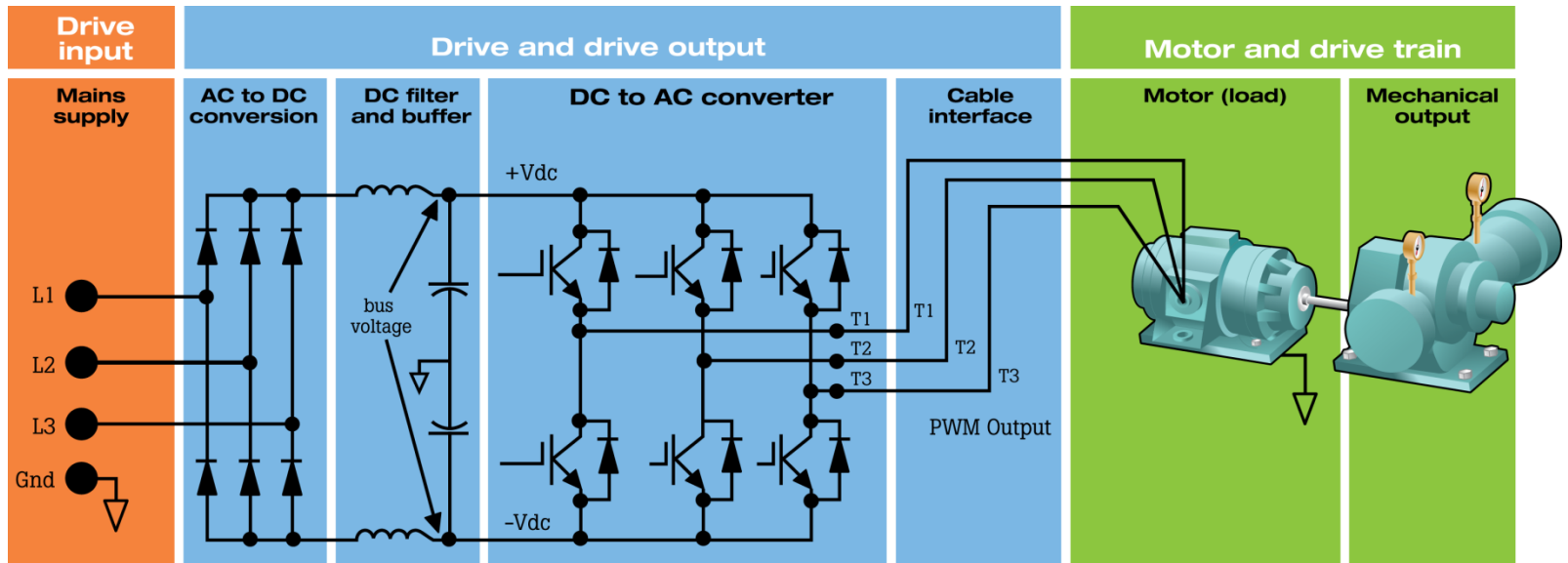
## Problems

Nominal supply voltage  
Voltage unbalance  
Transients  
Harmonics  
Power factor

Voltage Unbalance  
Current Unbalance  
Sigma Current and PE Current  
Control Signal  
Output Transients  
Disturbances  
Harmonics  
Volt to Hertz Ratio  
Diagnostic Shutdown

Motor Overload  
Single Phasing  
Bearing Failures  
Misalignment  
Imbalance  
Looseness  
Insulation Breakdown  
Shaft Voltage and Bearing Current

# 드라이브 시스템에서 대응할 수 있는 측정 장비



Input Power Quality with Fluke-435-II



Drive & Drive output with Fluke-190 Series-II ScopeMeter



Motor Load and winding resistances with Fluke-289 DMM



Motor Insulation and core temperatures with Fluke-1507 & Thermal Imagers

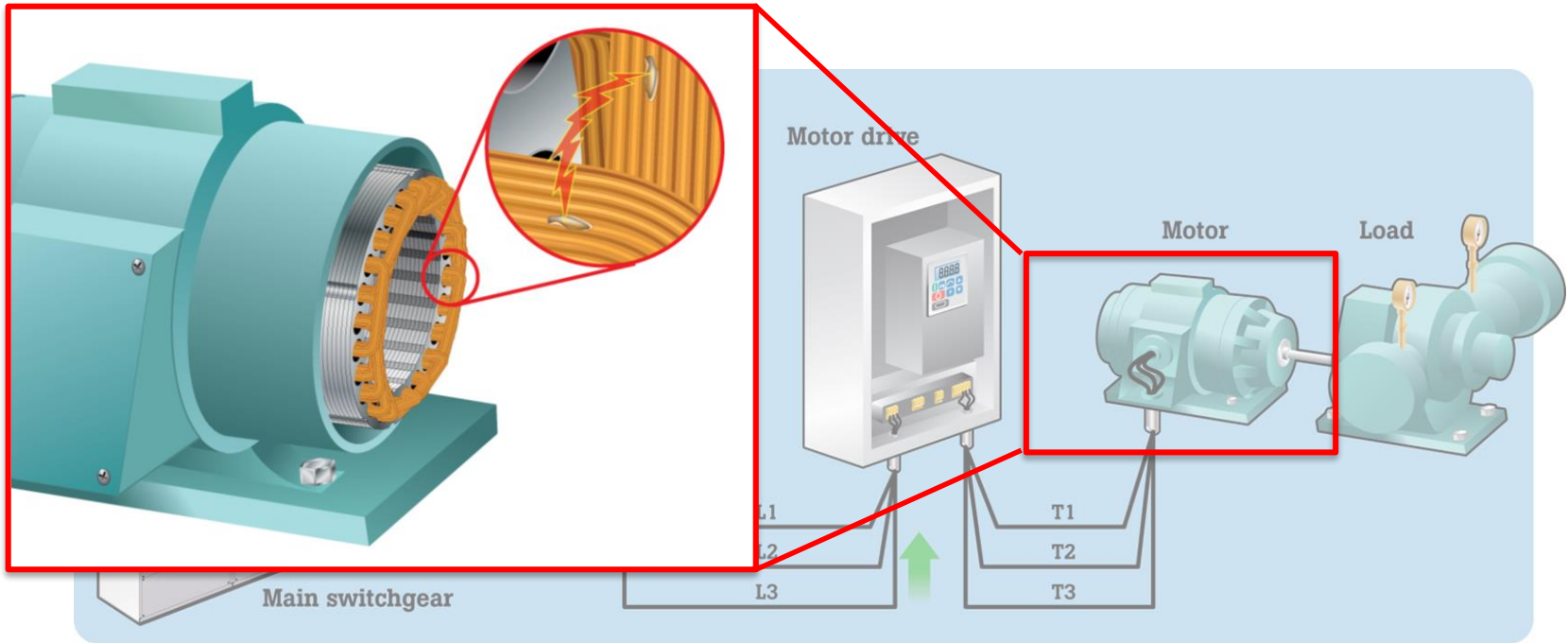


Mechanical Vibration with Fluke 810

# Measurement best practices for troubleshooting motors and drives

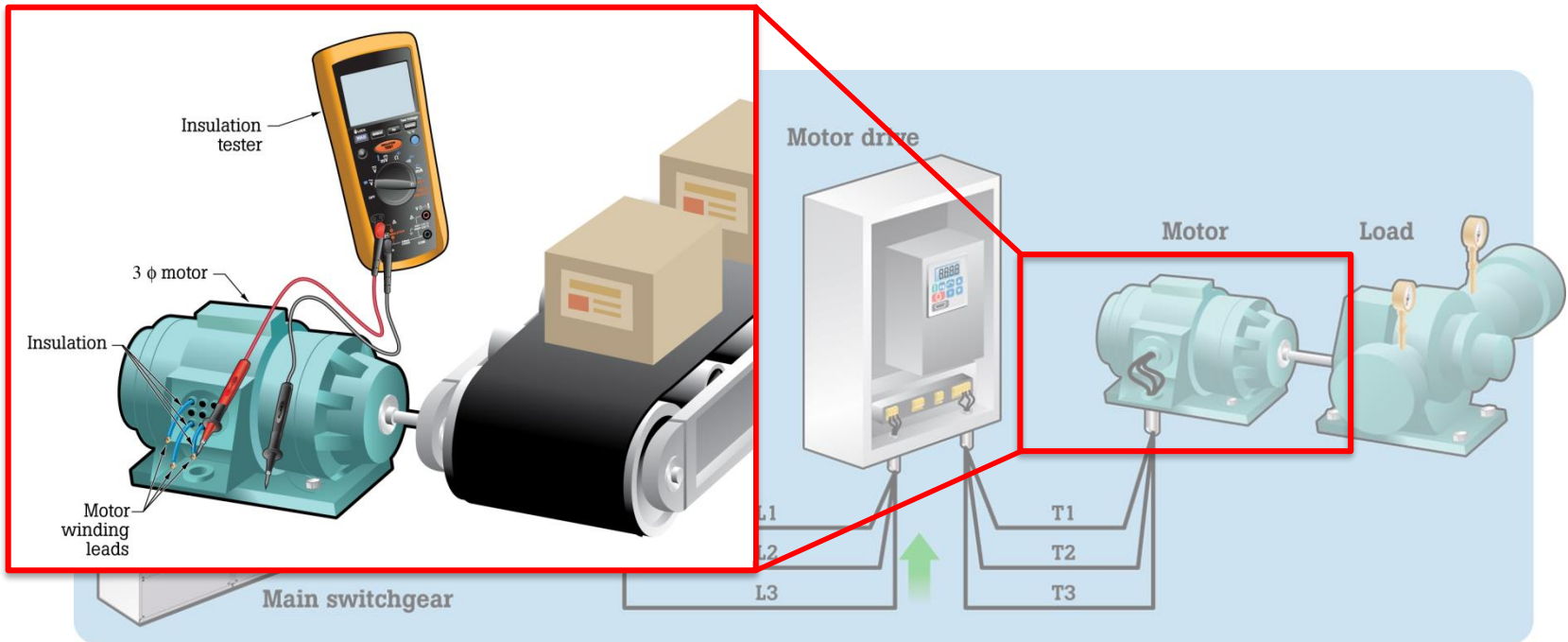
절연저항 및 온도 측정

# 절연파괴란 무엇인가?



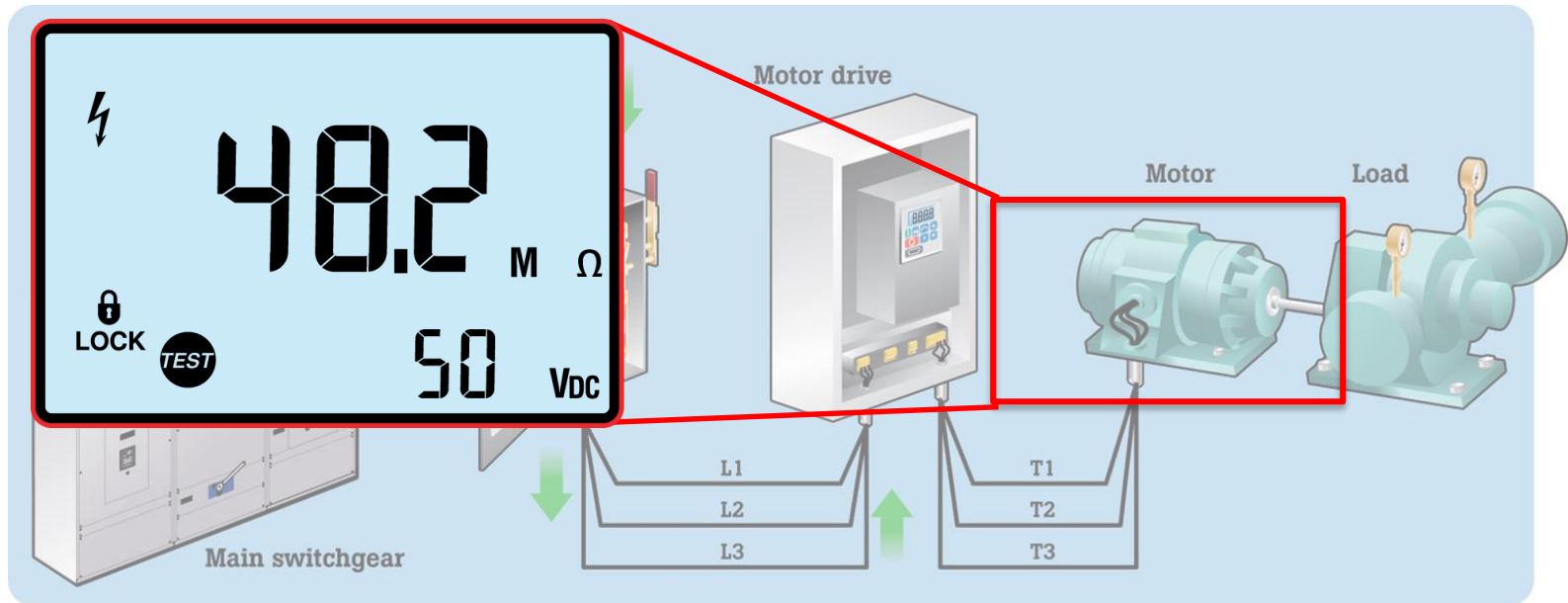
모터 권선 사이의 절연이 저하되어 권선에 단락이 발생할 때 발생합니다. 과도한 열, 높은 습도, 먼지 등 이물질에 의한 오염, 고전압의 반사파, 과도전류등으로 인해 이러한 고장이 발생할 수 있습니다.

# 절연저항 측정방법



절연 저항 테스터를 사용하여 모터 고정자 권선의 각 위상과 외함의 저항 값을 측정하십시오.

# 절연저항 측정값의 해석



- 일반적으로 1KV 당 최소 1MΩ 이상의 절연 저항이 요구.
- PI, DAR 지수 확인.
- 어떤 전동기를 시간 저항법으로 절연 저항을 측정 시 60초 때 값을 30초 때의 값으로 나눈 값은 유전 흡수율이라 하고 또 10분 때의 값을 1분 때의 값으로 나누어 얻어지는 값을 분극지수라 한다.

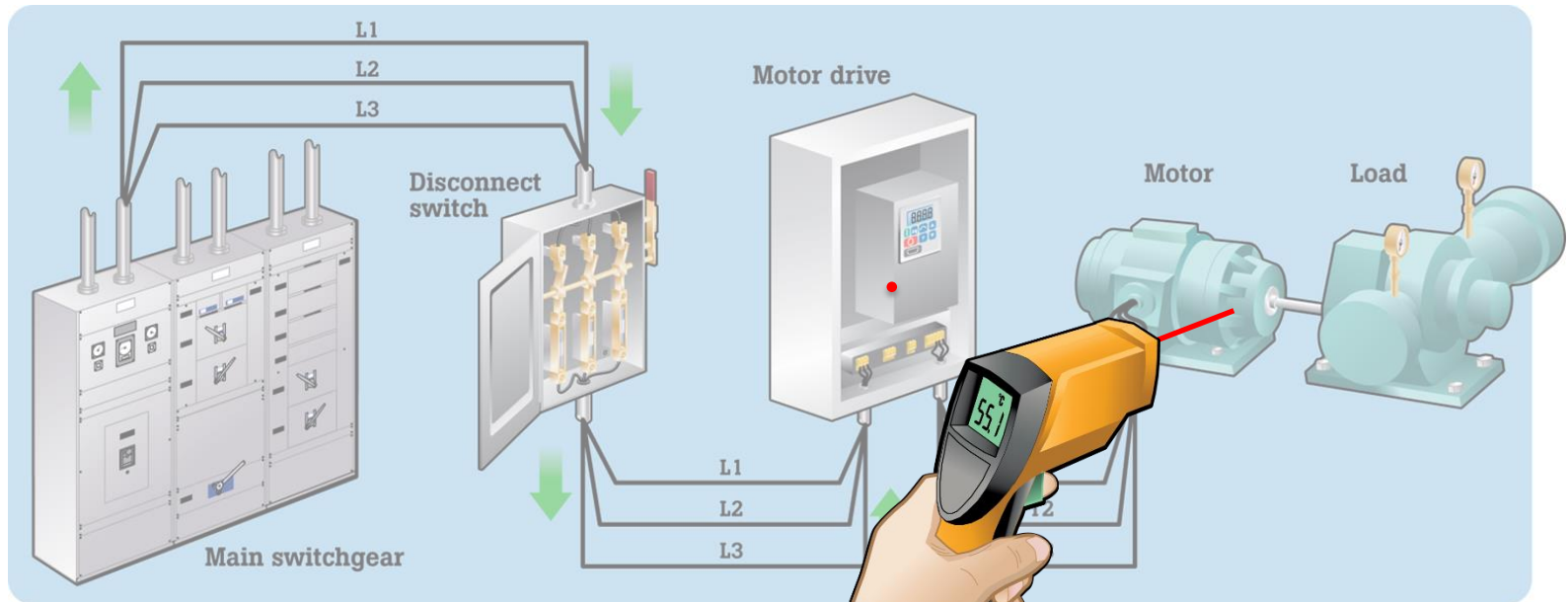
# PI / DAR 지수의 기준값

절 연 상 태	유 전 흡 수 율 (60초 값 / 30초 값)	분 극 지 수 (10분 값 / 1분 값)
위 험 (Dangerous)		1 이하
불 량 (Poor)	1.1 이하	1 ~ 1.5
우 려 됨 (Questionable)	1.1 ~ 1.25	1.5 ~ 2.0
사 용 가 (Satisfactory)	1.25 ~ 1.14	2.0 ~ 3.0
양 호 (Good)	1.4 ~ 1.6	3.0 ~ 4.0
매우 양호 (Very Good)	1.6 이상	4.0 이상

$$\text{※ 유 전 흡 수 율} = \frac{\text{전압인가 60초때의 절연저항}}{\text{전압인가 30초때의 절연저항}}$$

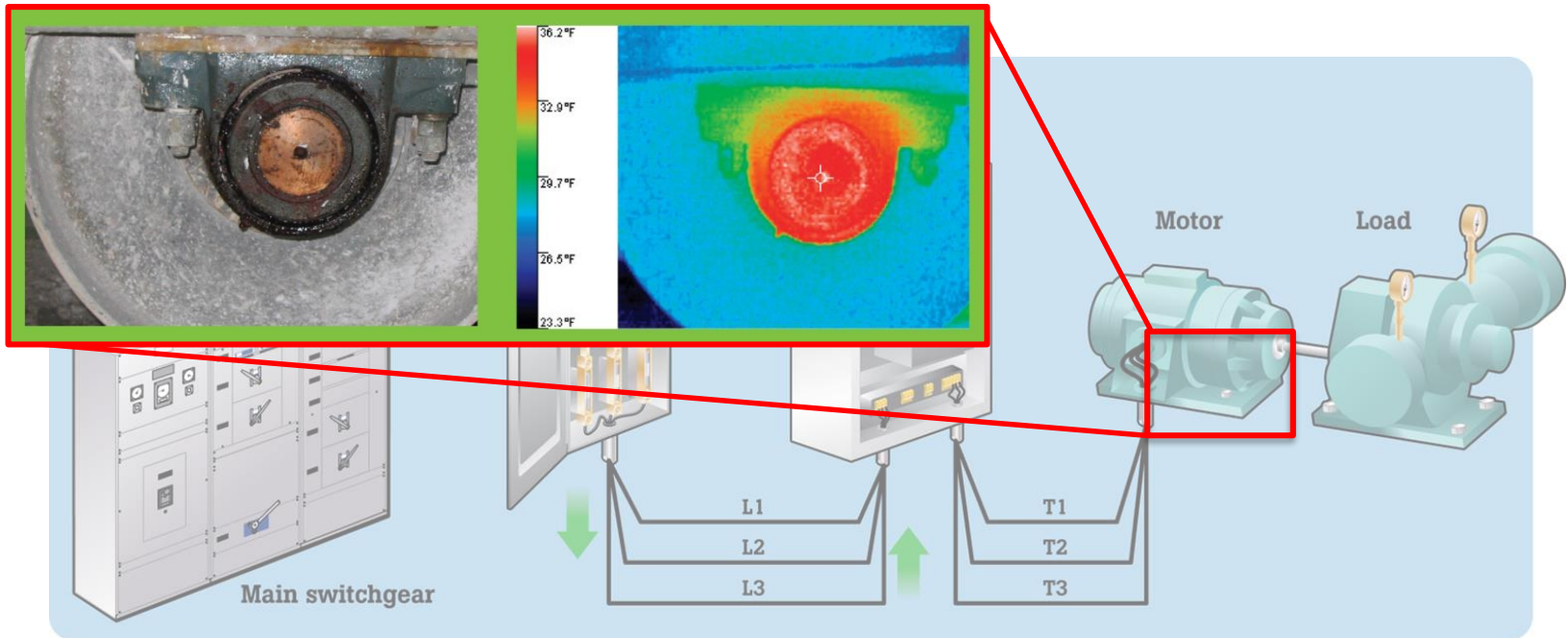
$$\text{※ 분 극 지 수} = \frac{\text{전압인가 1분때의 전류}}{\text{전압인가 10분때의 전류}} = \frac{\text{전압인가 10분때의 절연저항}}{\text{전압인가 1분때의 절연저항}}$$

# 베어링 고장 측정



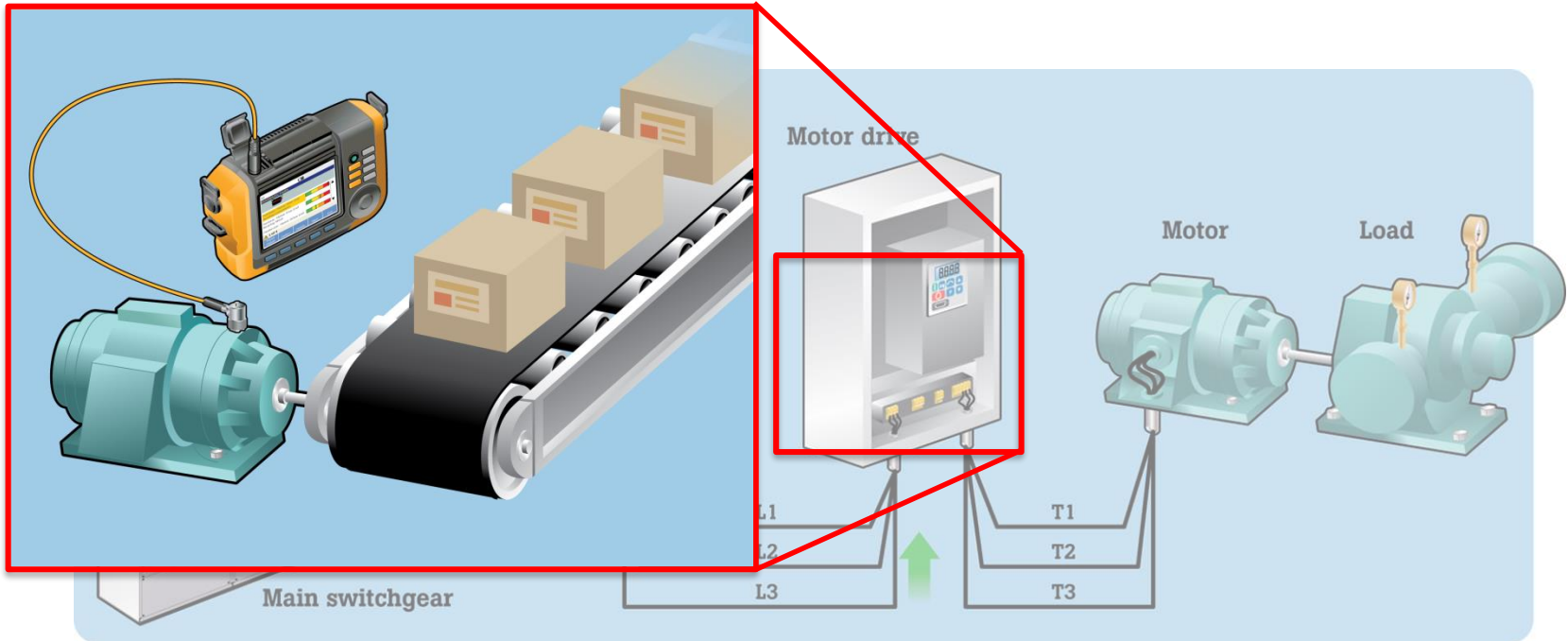
- 정밀급 적외선온도계 또는 열화상카메라로 온도측정
- Fluke 810 진동분석기를 사용하여 기계적 결함, 심각도 및 위치 확인.

# 베어링 고장 측정값의 해석



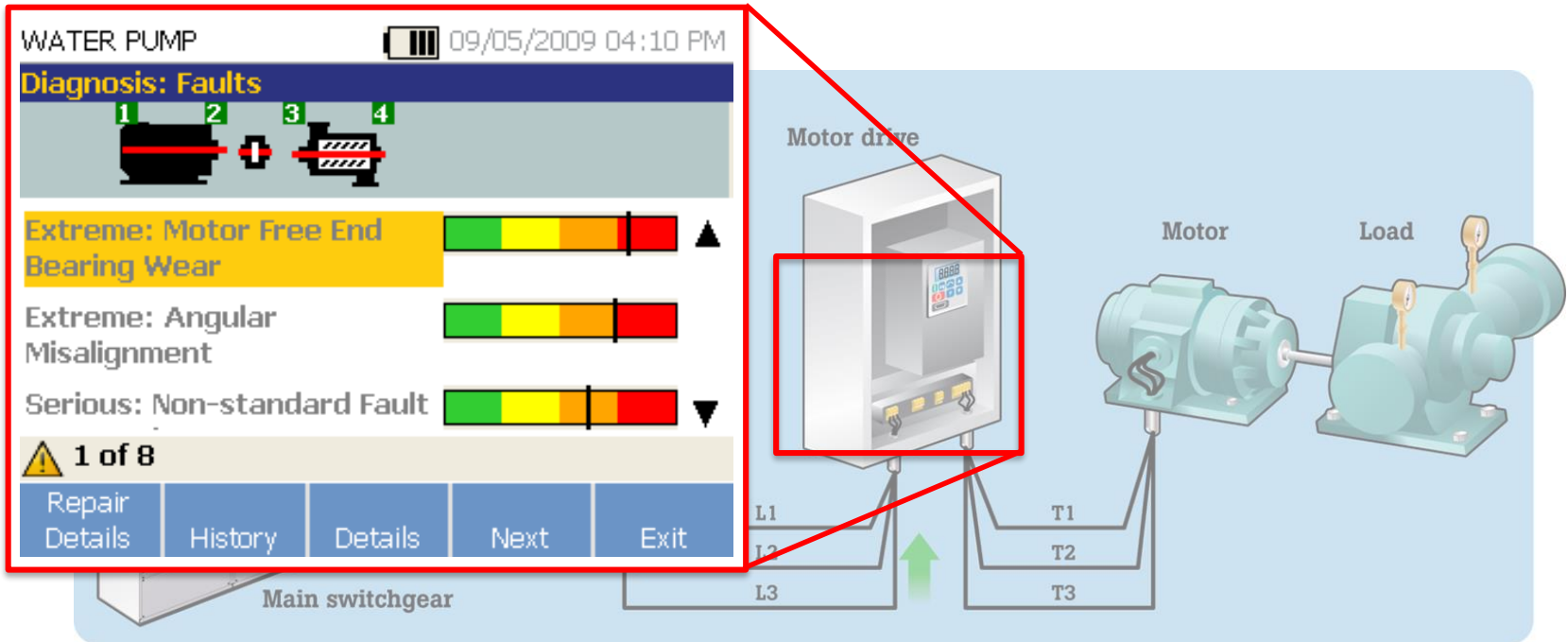
- 모터 절연 등급에 따른 최대 작동 온도
  - Class A 105 degrees C
  - Class B 130 degrees C
  - Class F 155 degrees C
  - Class H 180 degrees C

# Fluke 810 진동계 측정.



- 진동 테스터를 사용하여 진동 문제 확인
- 어긋남이 있는 경우 다이얼 표시기 또는 레이저 정렬 장치를 사용하여 장치를 올바르게 다시 정렬하십시오.

# 진동 측정값의 해석.

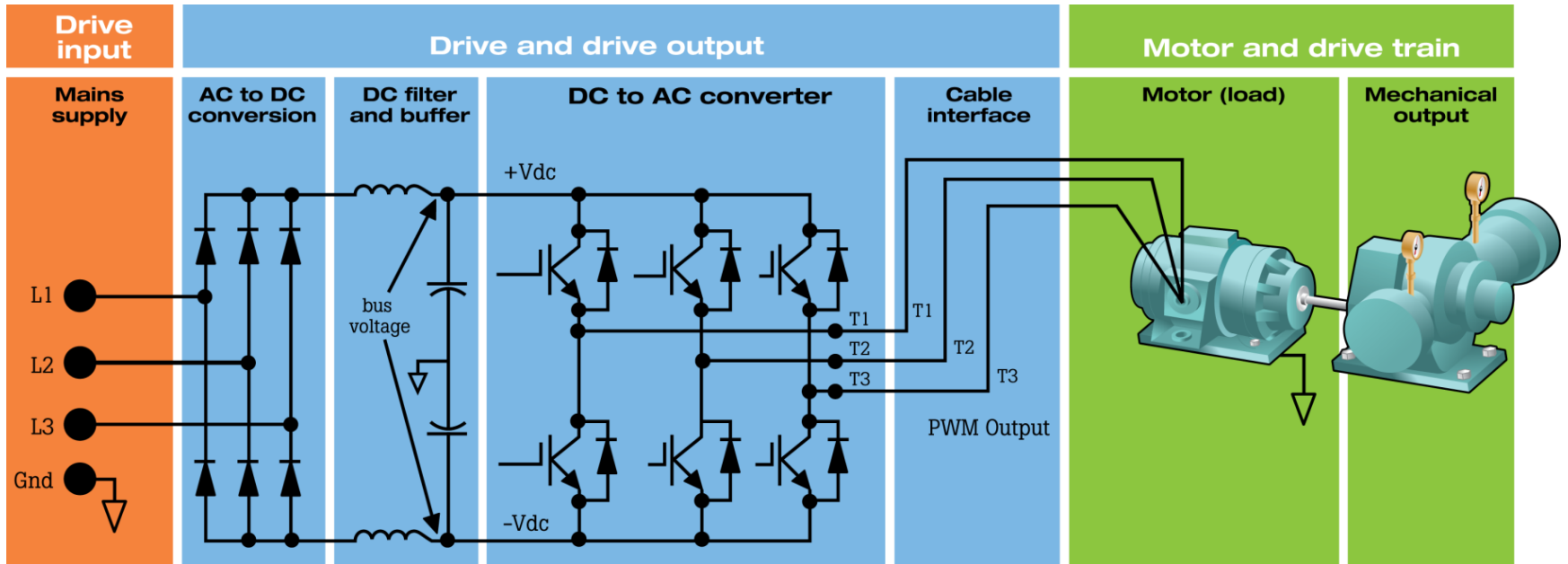


- Fluke 810은이 부분을 쉽게 만듭니다.
- 810은 진동 데이터를 광범위한 데이터베이스와 비교하여 분석을 생성합니다.

# Measurement best practices for troubleshooting motors and drives

모터 드라이브 원리

# Inverter 의 원리



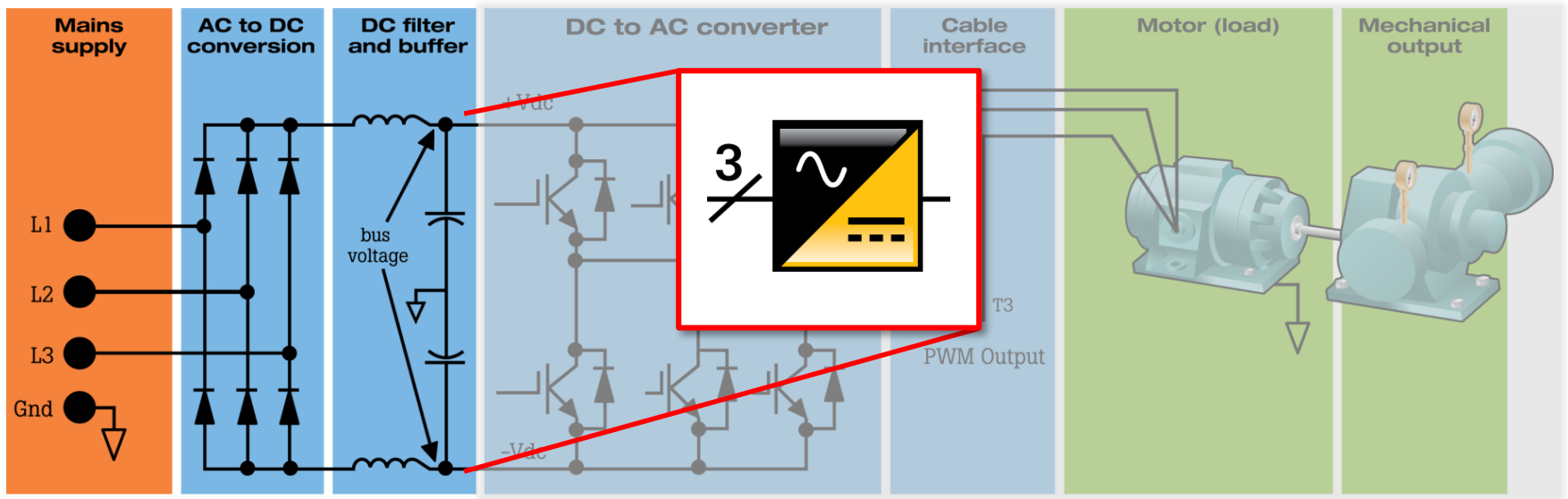
- AC 를 DC로 정류 (다이오드, 평활 회로)
- 필터를 통하여 리플 성분 및 노이즈를 제거.
- DC전압을 전자 스위치 / 게이트로 펄스 폭 변조 (PWM)
- 전압 및 주파수로 제어되는 출력 PWM 신호
- 모터는 기계적 부하를 제어하는 토크를 생성.

## Inverter 사용의 장단점

- 연속적인 광범위한 운전이 가능함
  - 기존 상용 3상 전원을 사용하는 경우에는 별도의 변속 장치 (벨트, 감속기)가 필요하고, 이 또한 단계적인 변속만 가능함.
- 시동 전류의 감소
  - 인버터 제어의 경우 Soft start /stop이 가능하므로 시동 전류가 정격 전류의 1.5~2배 수준으로 저감이 가능
- 1대의 인버터로 여러 대의 모터를 제어 가능.

**하지만 고조파 발생의 가장 큰 원인이 된다.**

# 1st step AC to DC 변환

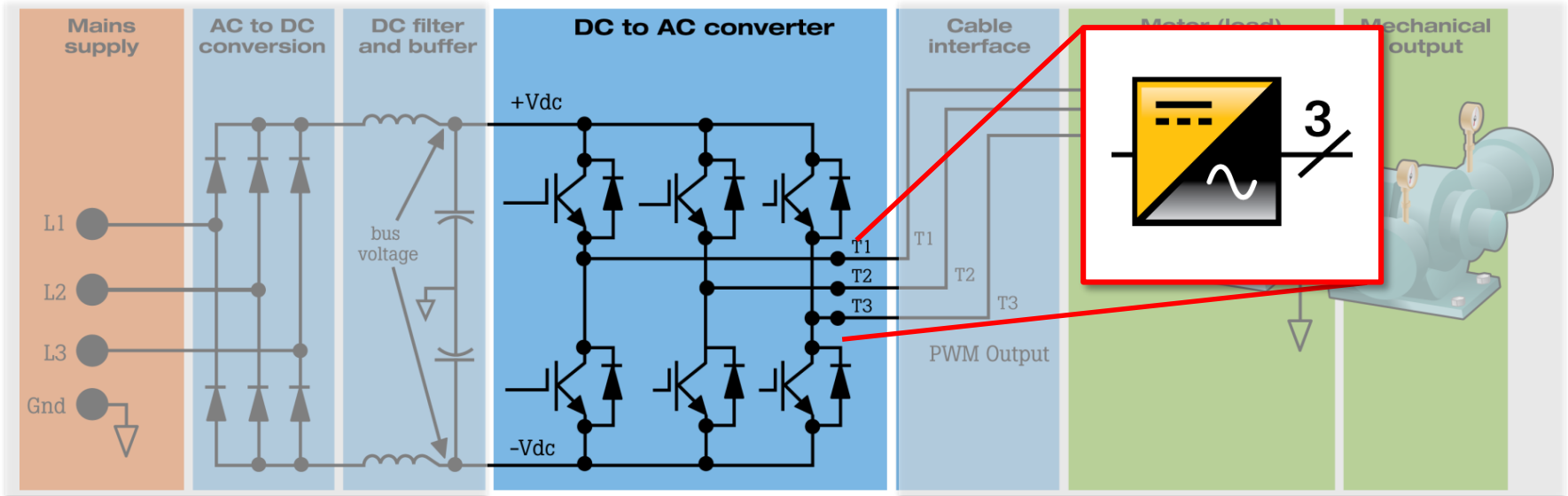


3상 교류 전압은 일정한 DC전압으로 정류됩니다.

DC bus : 직류 전원을 공급하는 모체가 되는 선을 뜻한다.

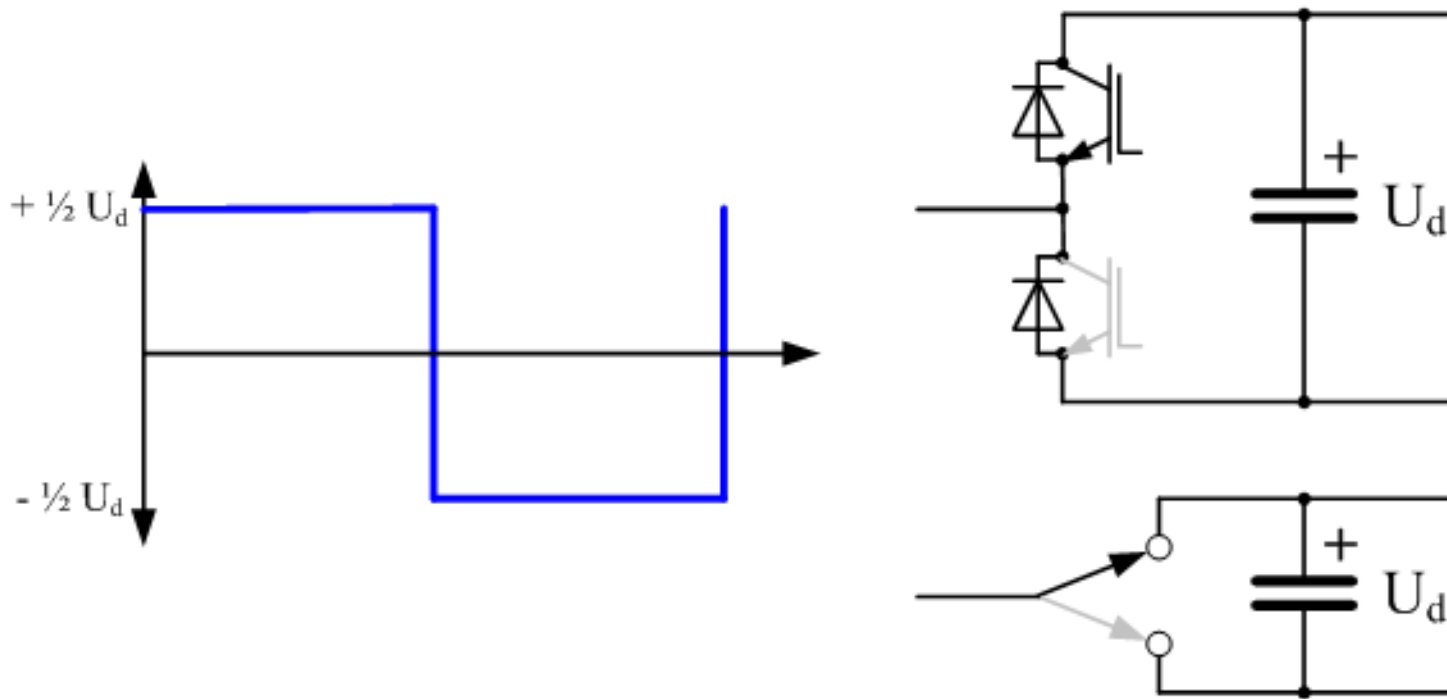
여기서 다른 곳에 직류 전원이 필요하면 이 선에 연결하여 사용한다.

## 2nd step, pulse width modulate (PWM) 전압 생성



일련의 전자 스위치의 온 / 오프 시간을 제어하여 펄스 폭 변조된 출력 파형을 생성합니다.

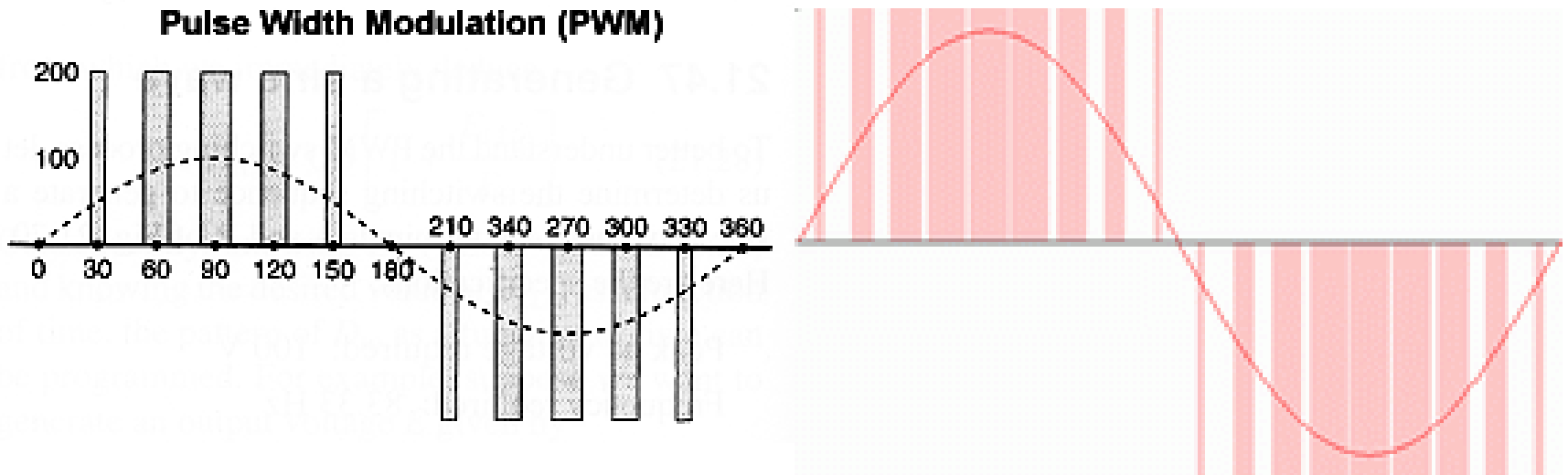
## 스위치와 게이트의 작동 방식.



1. 다이오드

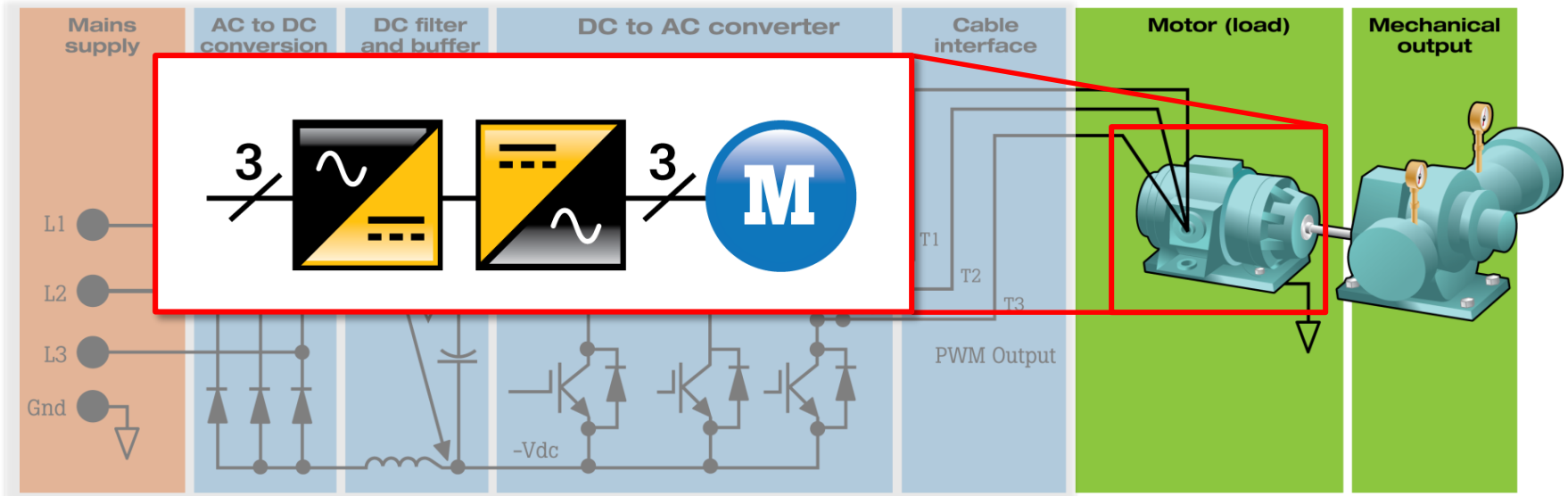
2. 절연 게이트 양극성 트랜지스터 (IGBT)  
-대전력의 고속스위칭이 가능한 반도체 소자.

## PWM 출력 파형



출력전압은 동일하지만 출력 시간(펄스 폭)을 다르게 하여 교류의 사인파와 비슷한 파형을 만들어 내는 것.

## 3rd step, 모터에서 토크 생성



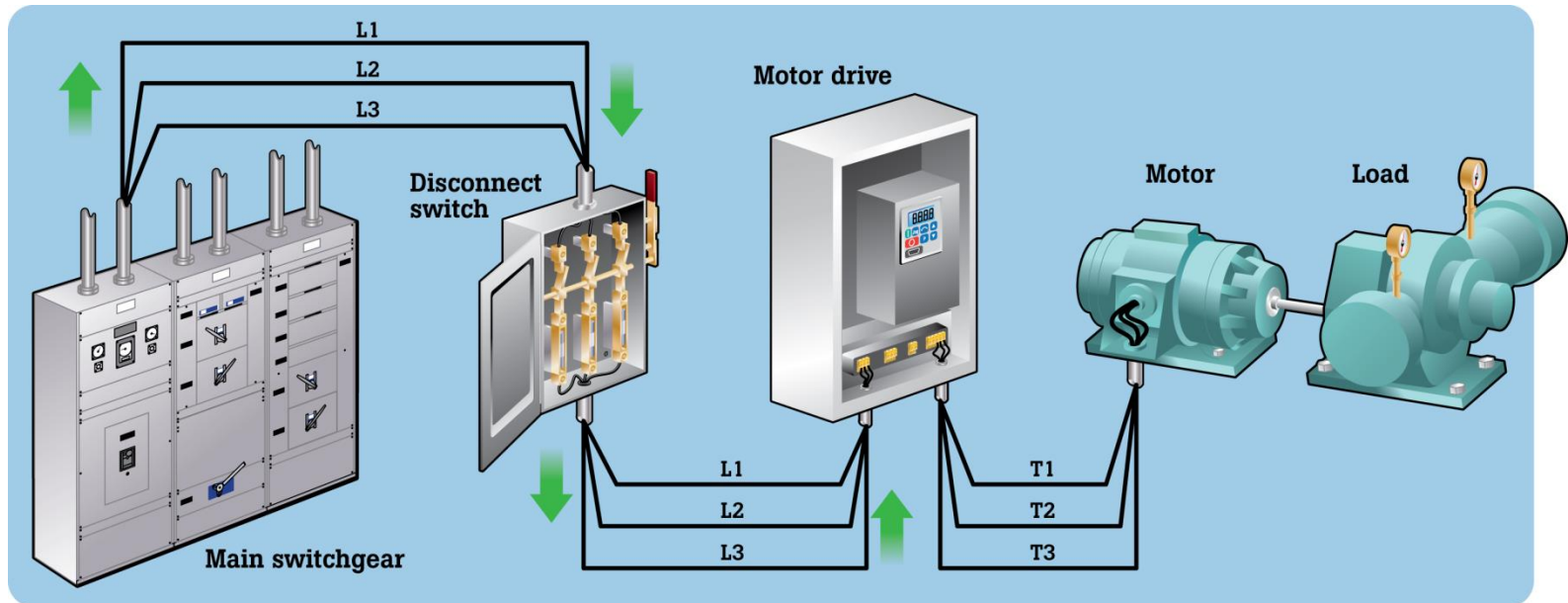
3 상 AC입력에서 직류 DC 전압으로 변환 후 펄스 폭 변조 전압으로 제어된 3 상 출력 파형을 생성하여 모터를 구동합니다.

*Keeping your world up and running.®*

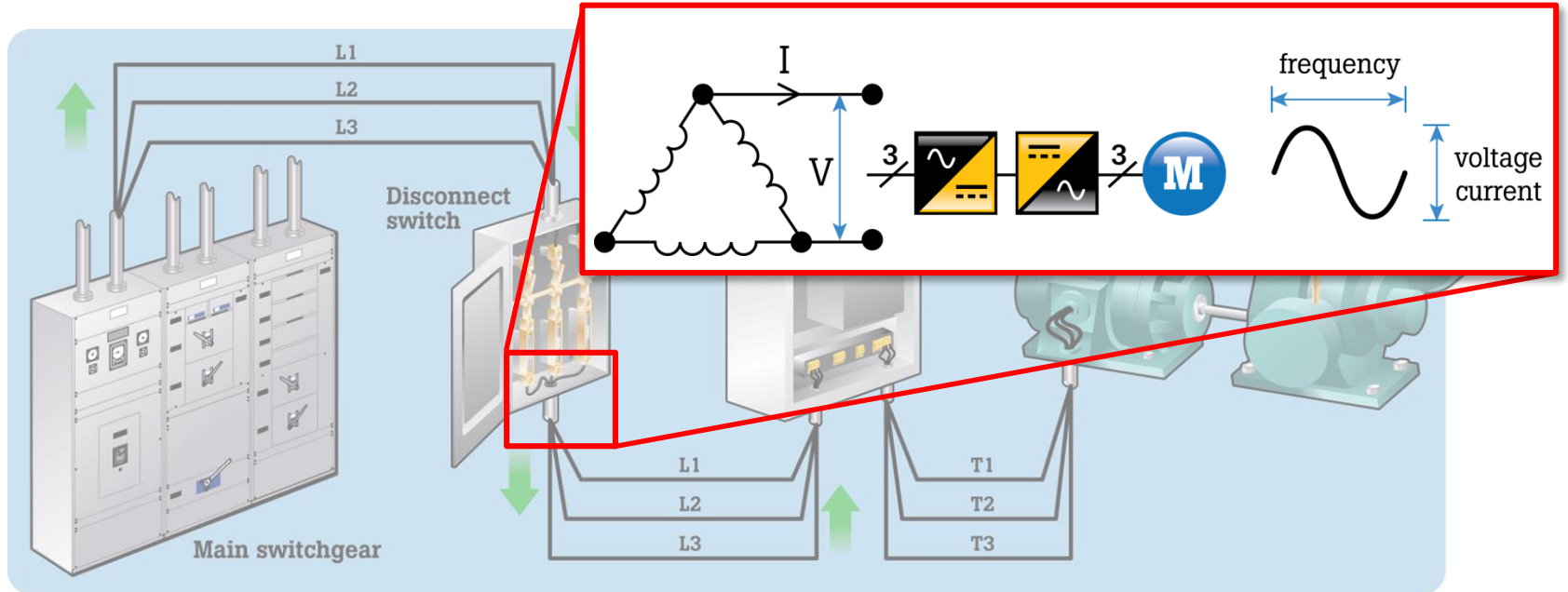
# Measurement best practices for troubleshooting motors and drives

입력단 측정 및 진단.

# 입력단 측정은 어디까지?

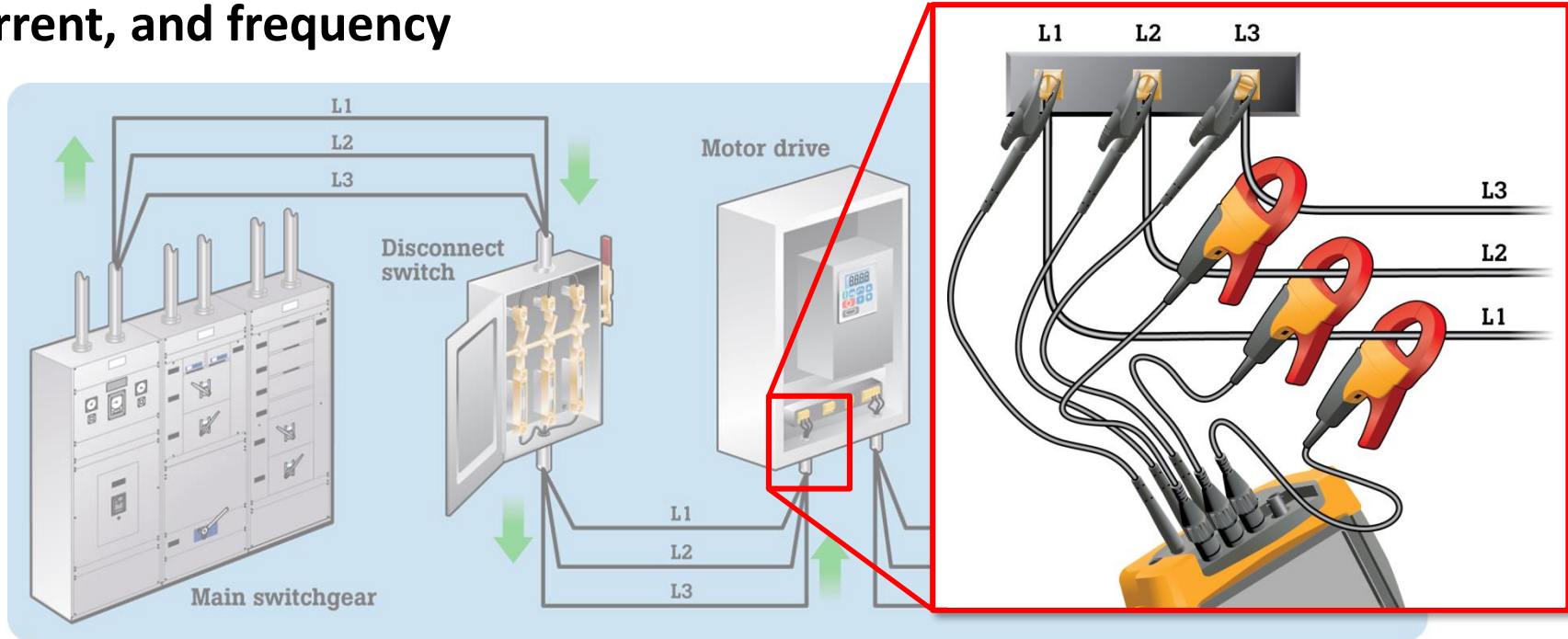


# What is nominal supply voltage, current, and frequency?



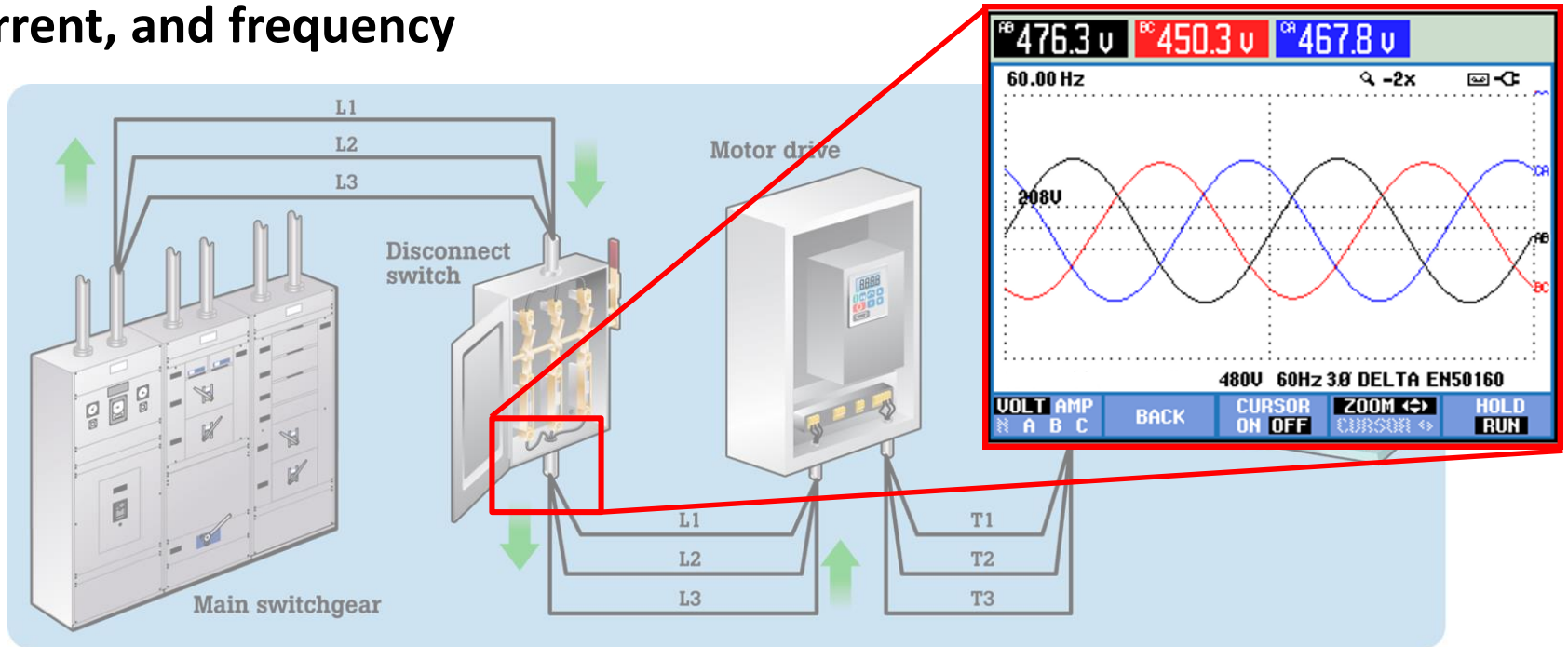
공칭 전압, 전류 및 주파수는 정상 작동 조건에서  
모터 드라이브에 공급되는 특성입니다

## Measuring nominal supply voltage, current, and frequency



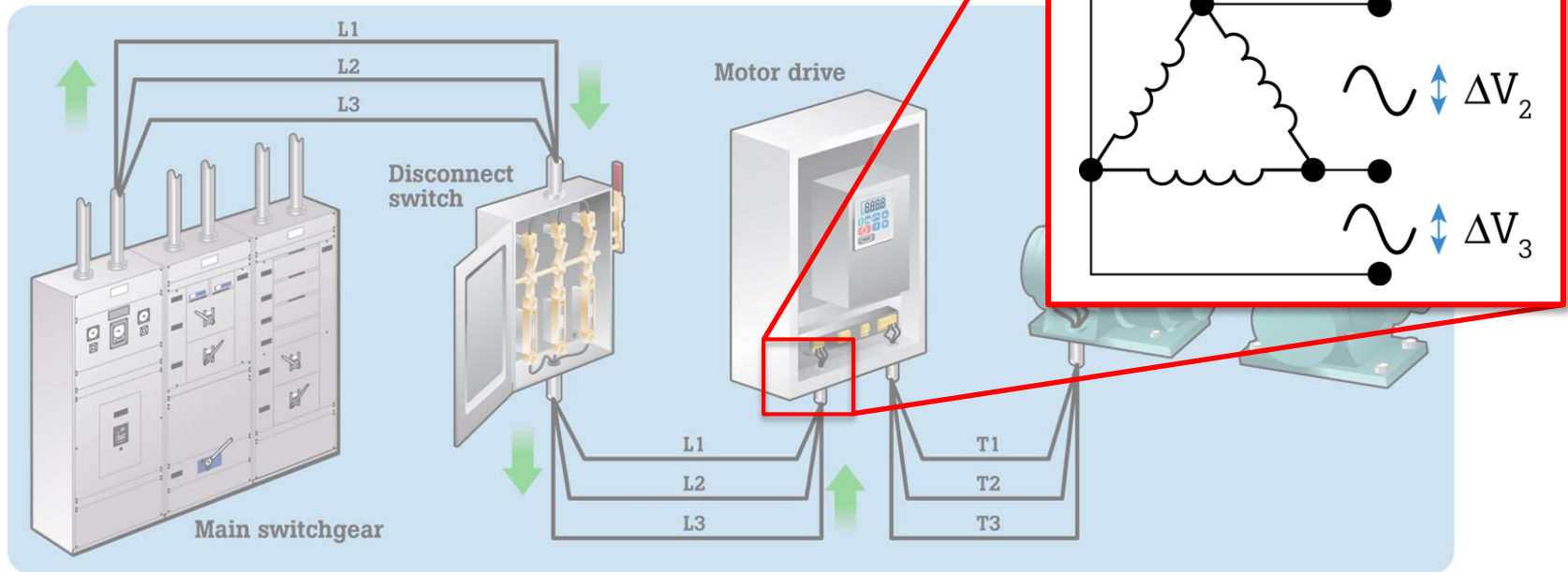
- 드라이브 입력단에 전원 품질 분석기를 사용하십시오.
- Main(서비스 입구)에서 먼저 측정 한 후 드라이브의 입력단에서 측정하십시오.

## Interpreting nominal supply voltage, current, and frequency



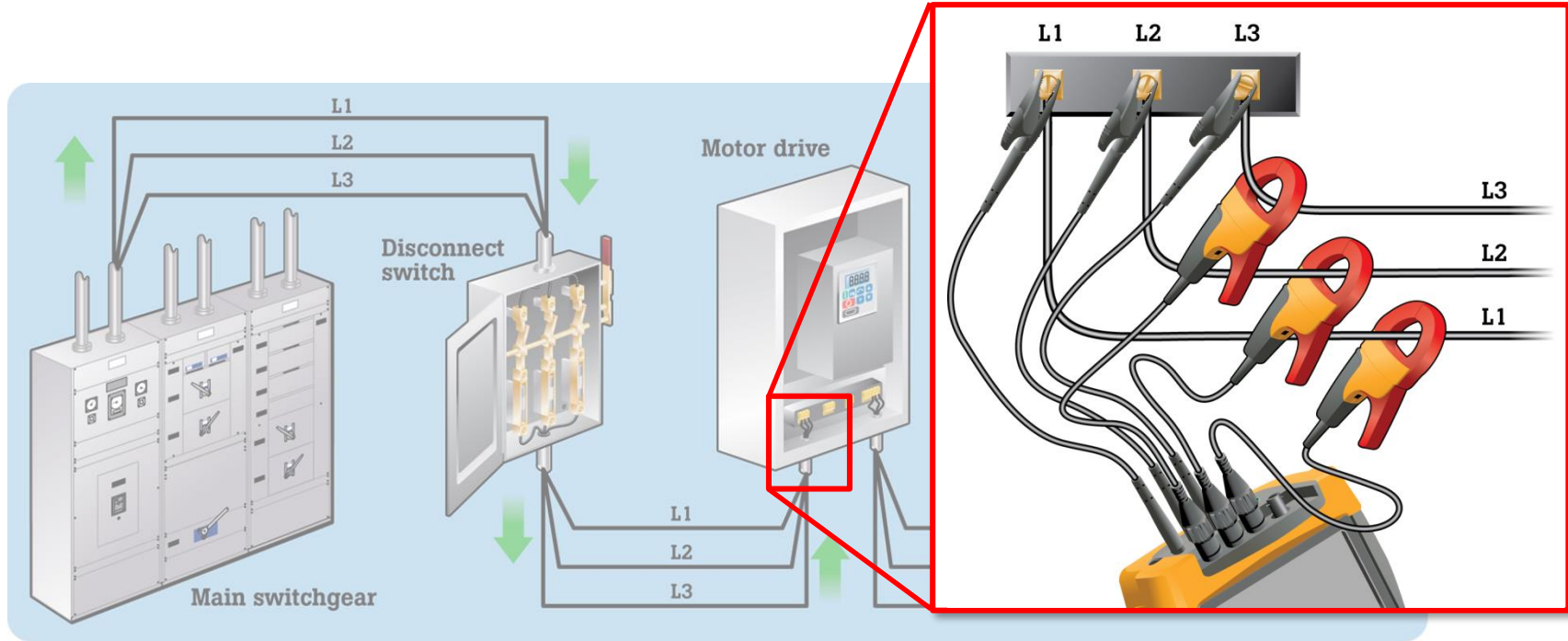
- 측정 범위가 공칭 대비 10%를 초과하는 값은 측정 기간 동안 공급 전압에 문제가 있음을 의미합니다.
- 장기적인 문제 해결을 위해 전력 품질 분석기를 부착하십시오.
- 다음으로, 불균형을 확인하십시오.

## What are voltage and current unbalance?



- 3 상의 전압 또는 전류의 크기가 서로 다르거나 120도의 위상 변위가 아닌 경우에 발생합니다.
- 2% 이상의 전압불균형은 전압 노칭 및 과도한 전류 유입 가능성이 있으며 이로 인해 전류 과부하 보호장치가 트립될 가능성이 있음.

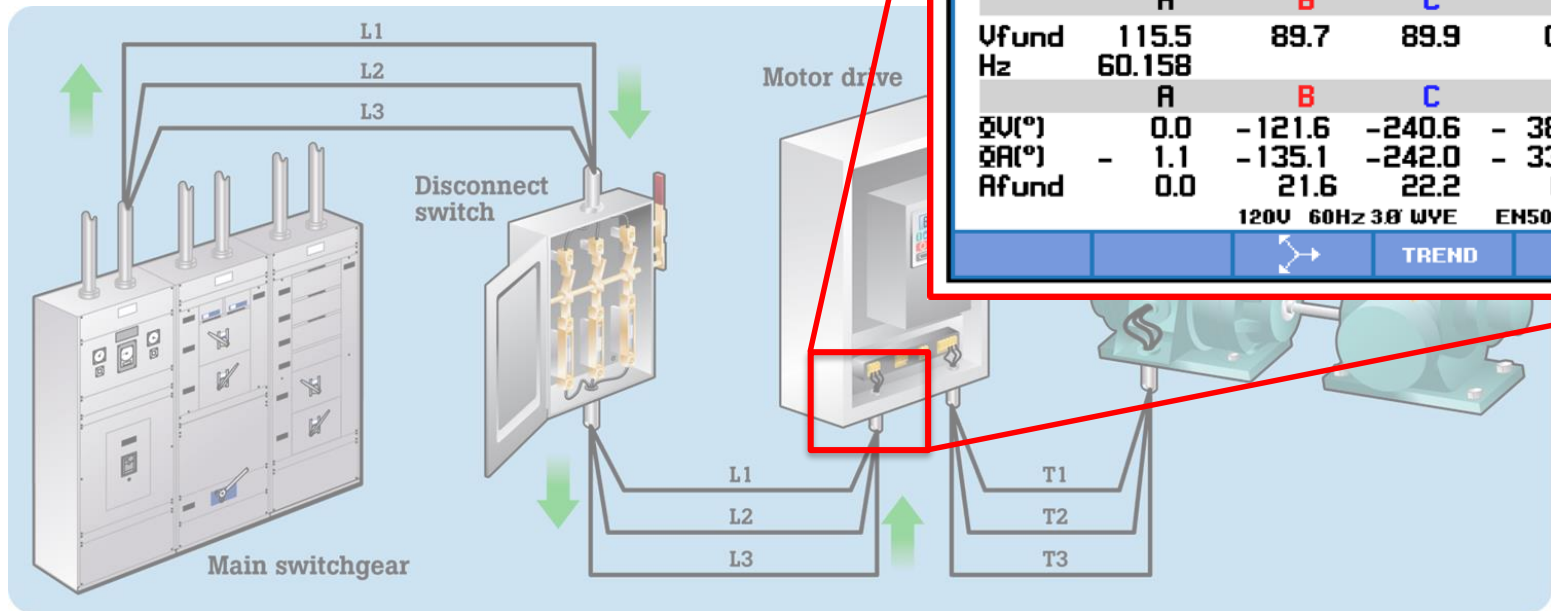
## Measuring unbalance



-모터 드라이브 입력 전원에 올바른 결선으로 3상 전원 품질 분석기를 연결하십시오.

-전압과 전류의 불균형 수치를 확인하고 기록합니다.

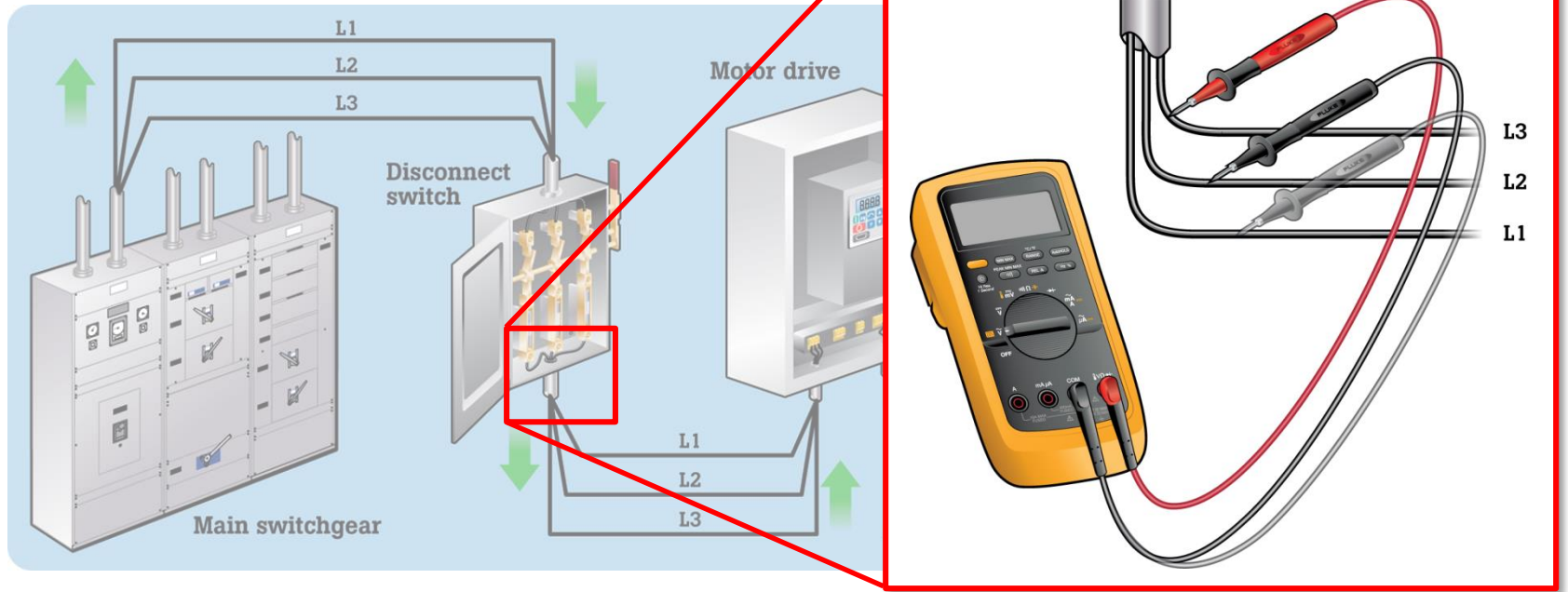
# Interpreting unbalance



Unbalance				
	DEMO	0:00:14		
	Vneg.	Vzero	Aneg.	Azero
Unbal.(%)	9.2	8.2	40.0	60.0
	A	B	C	N
Vfund	115.5	89.7	89.9	0.9
Hz	60.158			
	A	B	C	N
∠V(°)	0.0	-121.6	-240.6	-38.1
∠A(°)	-1.1	-135.1	-242.0	-33.2
Afund	0.0	21.6	22.2	0.9
120V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
			TREND	HOLD RUN

- Voltage unbalance **greater than 2%** is potentially problematic.
- Current unbalance **greater than 6%** is potentially problematic.
- 다음으로 과도 전압을 측정합니다.

## Manually measuring unbalance



- DMM을 이용한 수동 측정 방법

DMM을 사용하여 모터 드라이브에 대한 입력의 각 위상을 측정하십시오.  
전압 및 전류를 측정하여 각 상별 측정값을 기록해 둡니다.

## 불균형을 계산 방법.

**% unbalance = (Max deviation from average V or I/average V or I) x 100.**

**R상 30A, S상 35A, T상 30A 일 때 전류 불균형(%)은?**

**Example:**

$$30 + 35 + 30 = 95$$

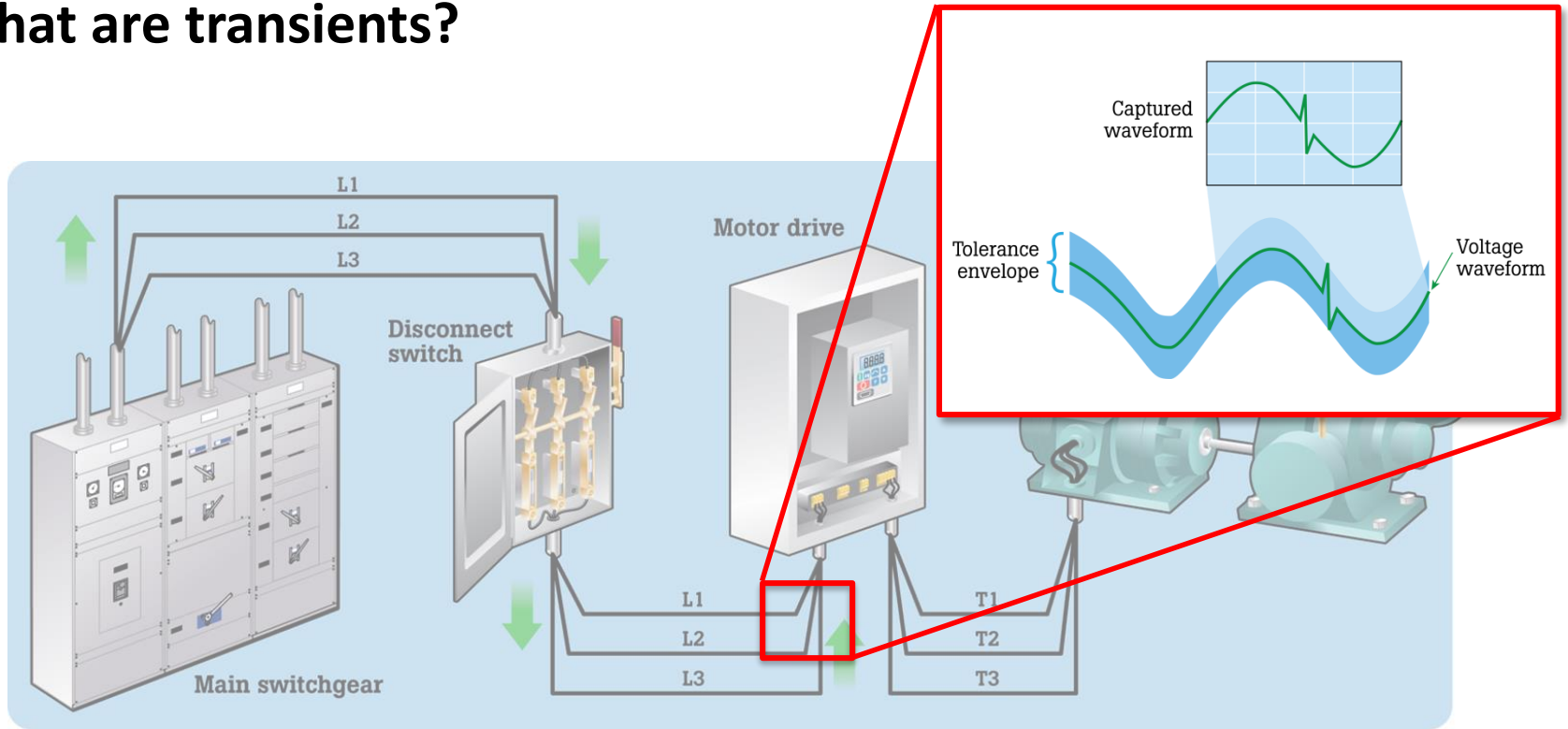
$$95/3 = 31.7 \text{ average current}$$

$$35 - 31.7 = 3.3 \text{ maximum déviation}$$

$$3.3/31.7 = .104$$

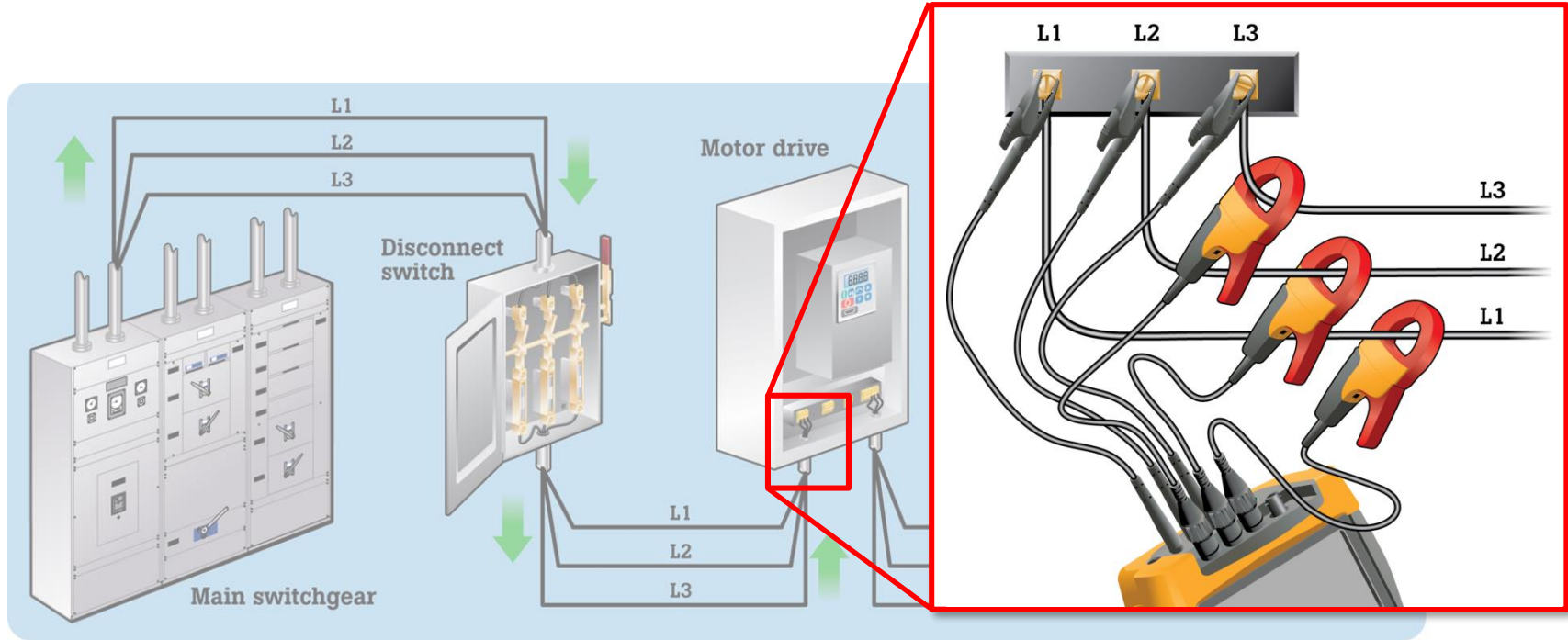
$$.104 \times 100 = 10.4\% \text{ current unbalance}$$

# What are transients?



- 과도 전압은 전기 회로의 일시적인 원치 않는 전압입니다.
- 과도 전압은 광범위한 파형, 진폭 및 지속 시간을 갖습니다.  
-> 단, half-cycle (반주기) 이내

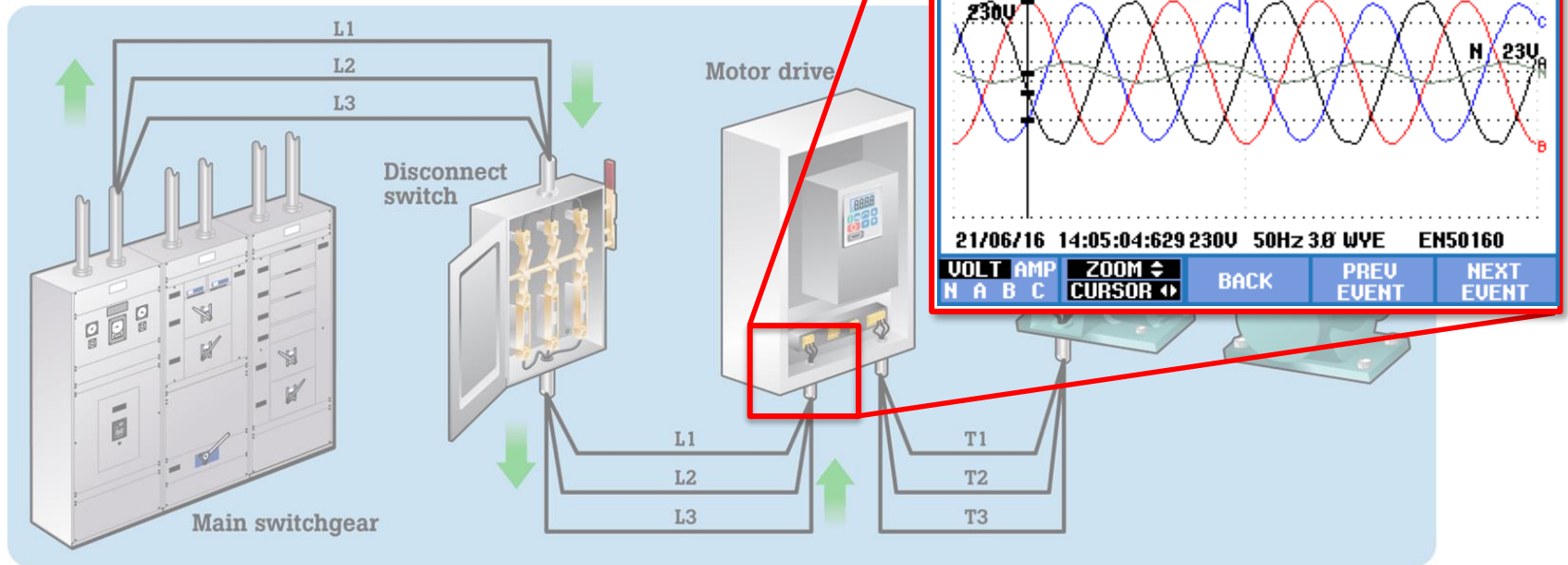
## Measuring transients



과도 현상 기능을 선택하고 공칭 전압보다 10% 이상으로 설정 한 3 상 전력 품질 분석기를 사용하십시오.

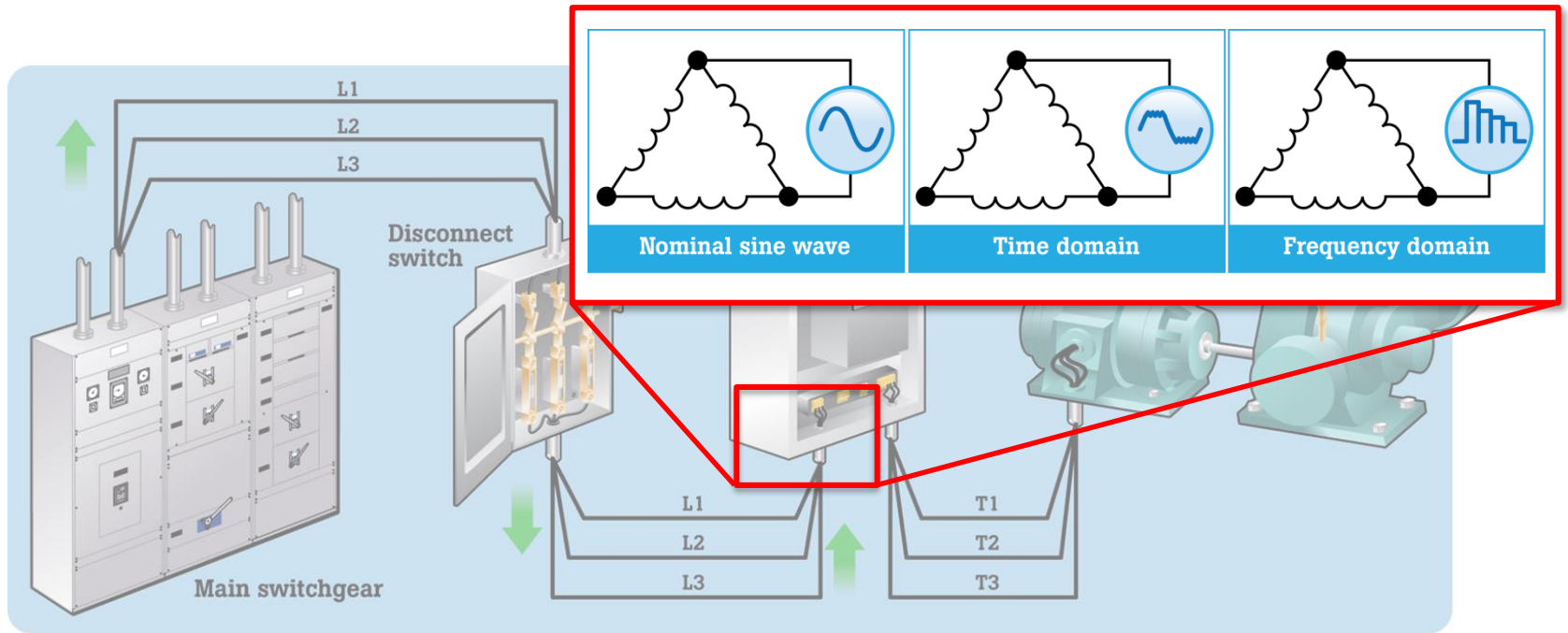
- 과도 전압(Transient) 뿐만 아니라 DIP, SWELL 현상을 함께 검출합니다.

# Interpreting transients



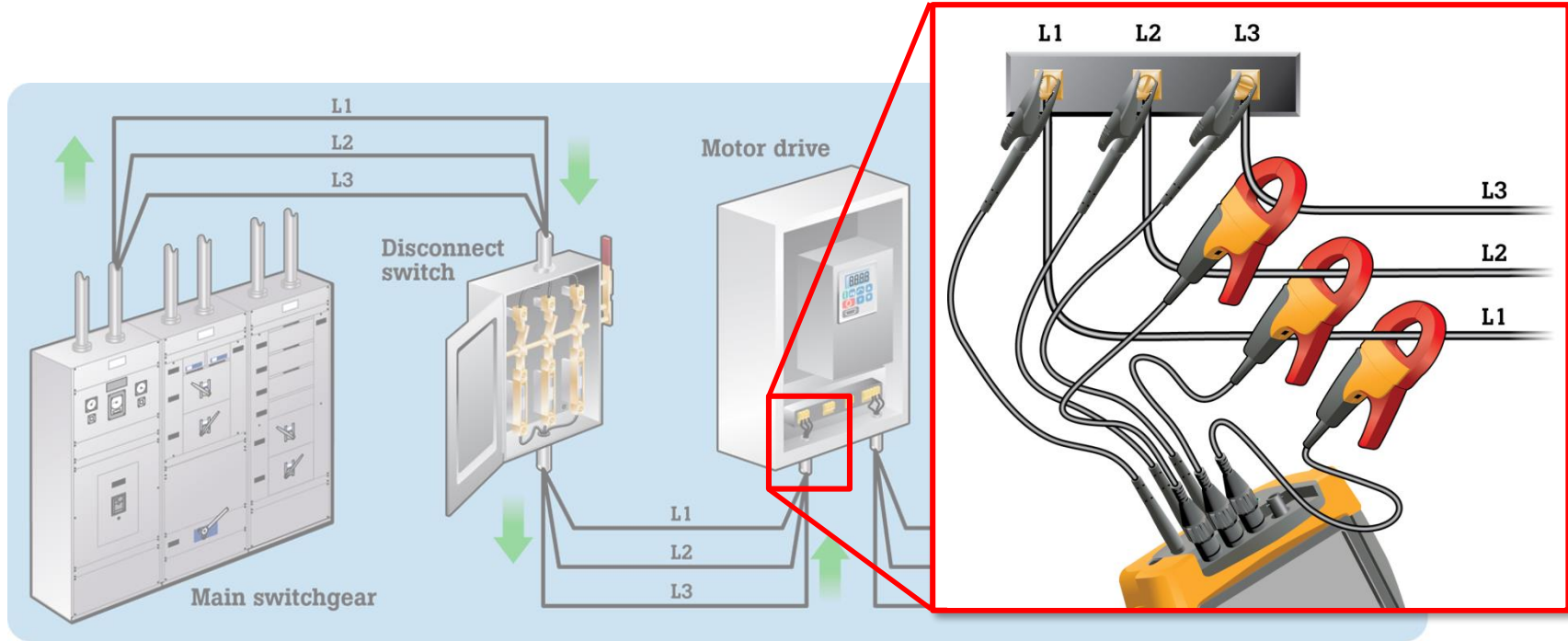
- 공칭 전압보다 10% 이상의 과도 전압은 잠재적으로 문제가 될 수 있습니다.
- 과도 전압이 측정되지 않았다 하더라도 장기적인 측정 및 관리가 필요합니다.

# What are harmonics?



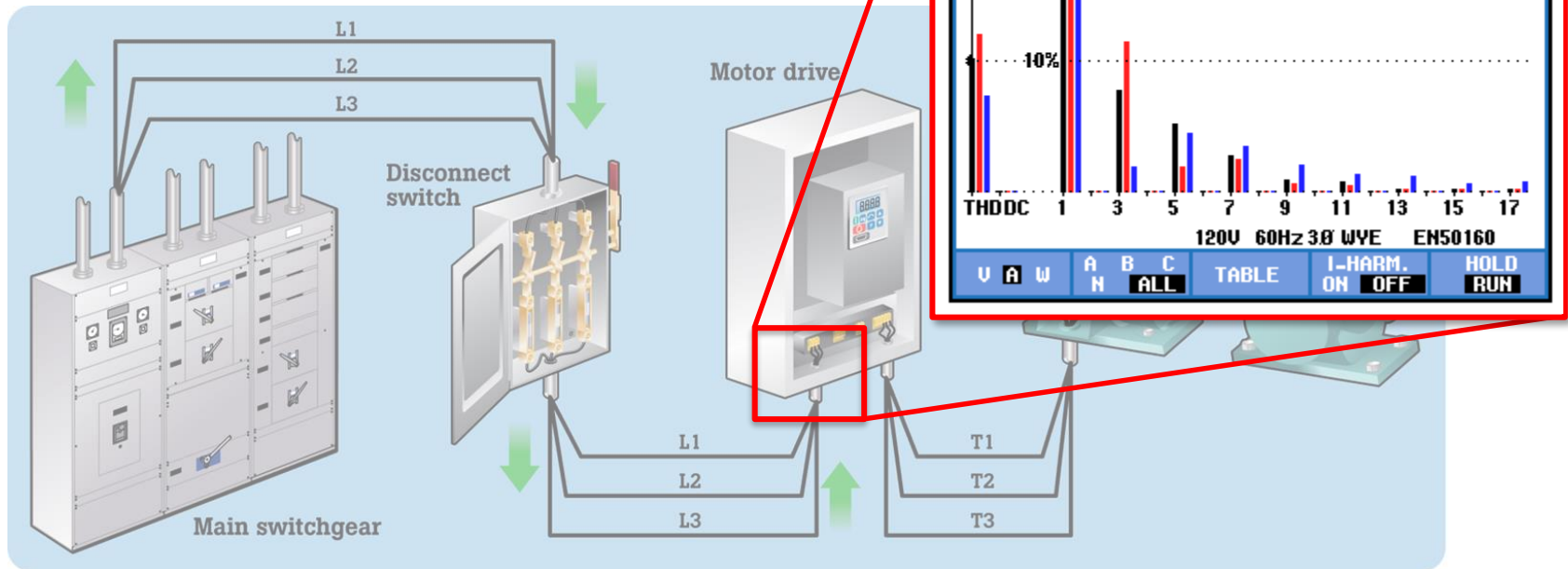
고조파는 기본 파형의 다중 주파수 성분입니다.  
 예 : 60Hz의 두 번째 고조파는 120Hz입니다. (2차 고조파)  
 60Hz의 다섯 번째 고조파는 300Hz입니다. (5차 고조파)

# Measuring harmonics



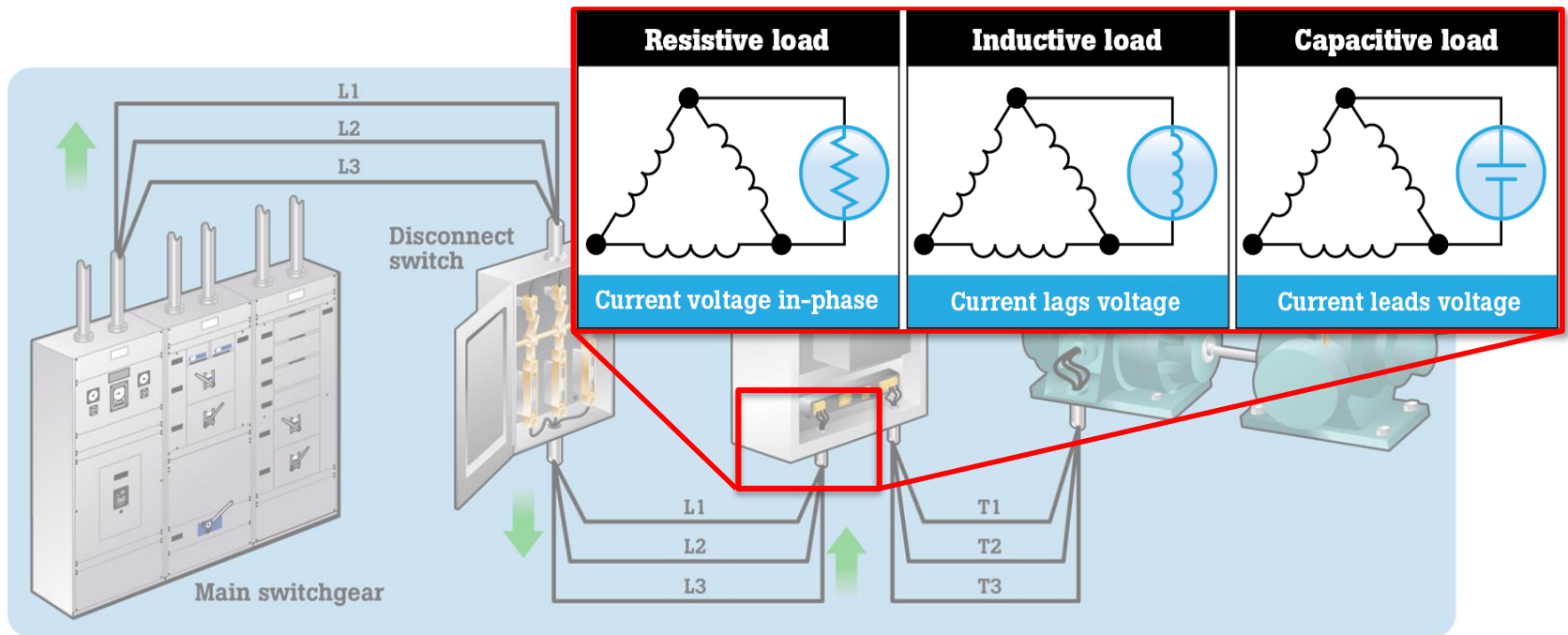
고조파를 측정하려면 THD 및 차수 별 고조파 측정이 가능한 전력 품질 분석기를 사용하십시오.

# Interpreting harmonics



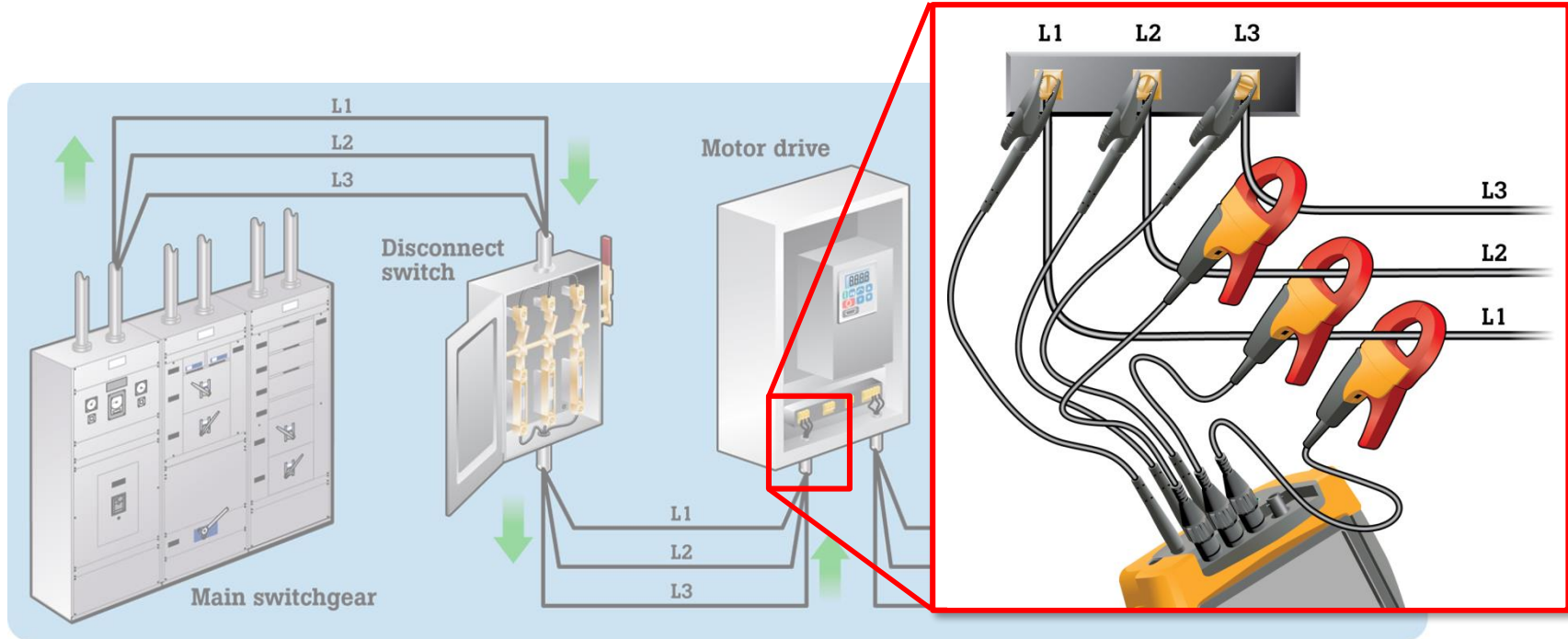
- 6 % 이상의 THD는 잠재적으로 문제가 됩니다.
- THD가 6 %보다 큰 경우 어떤 차수의 고조파가 가장 두드러진 지 식별하십시오. 다음으로, 역률(PF)을 점검하십시오.

# What is power factor?



- S(피상전력) 대비 P(유효전력), Q(무효전력)의 비율입니다.
  - AC 회로에 사용된 실제 전력과 모터에 공급된 피상 전력의 비율입니다.
  - 각 상의 전압과 전류의 위상 차를 줄이는 것이 역률 보정의 핵심입니다.

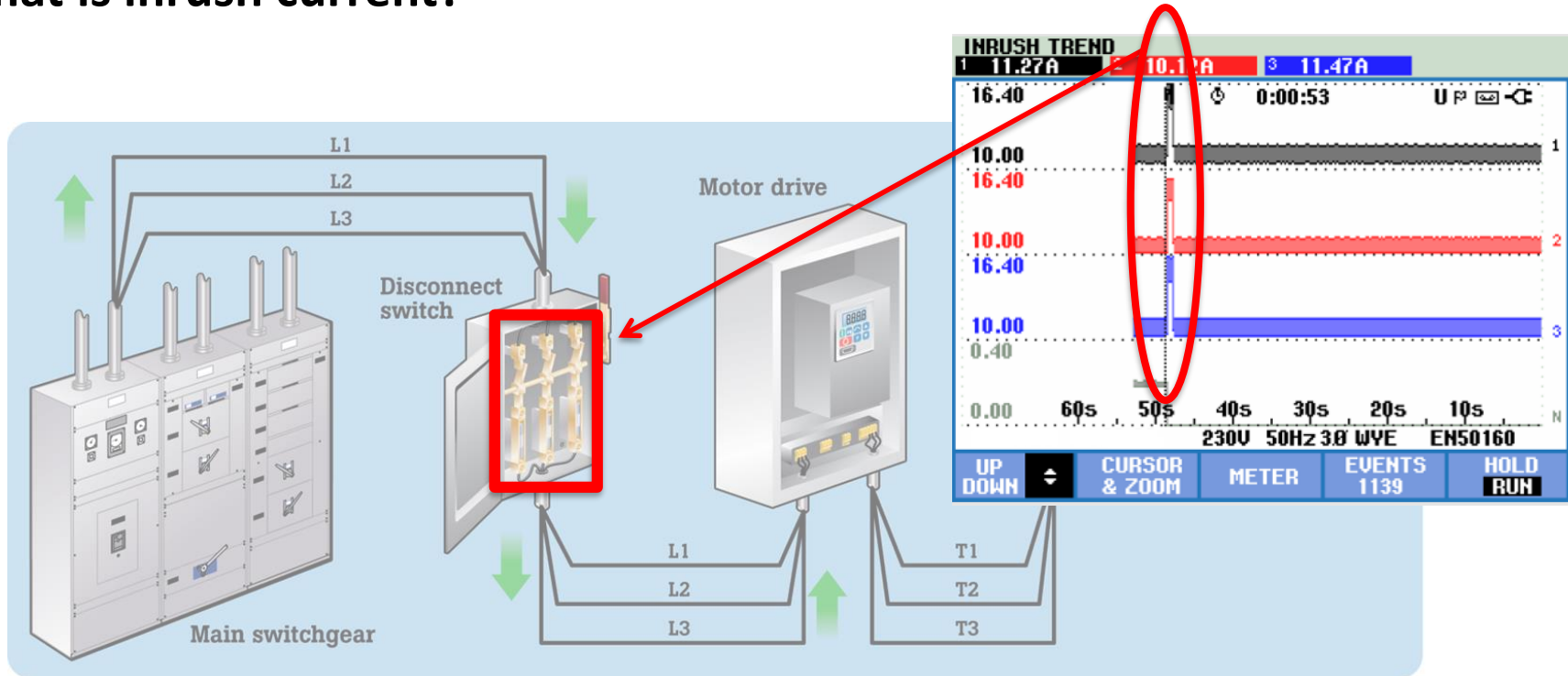
## Measuring power factor



전원 및 에너지 항목에서 전류 센서의 방향에 주의하여 결선 한 후 역률을 측정합니다.

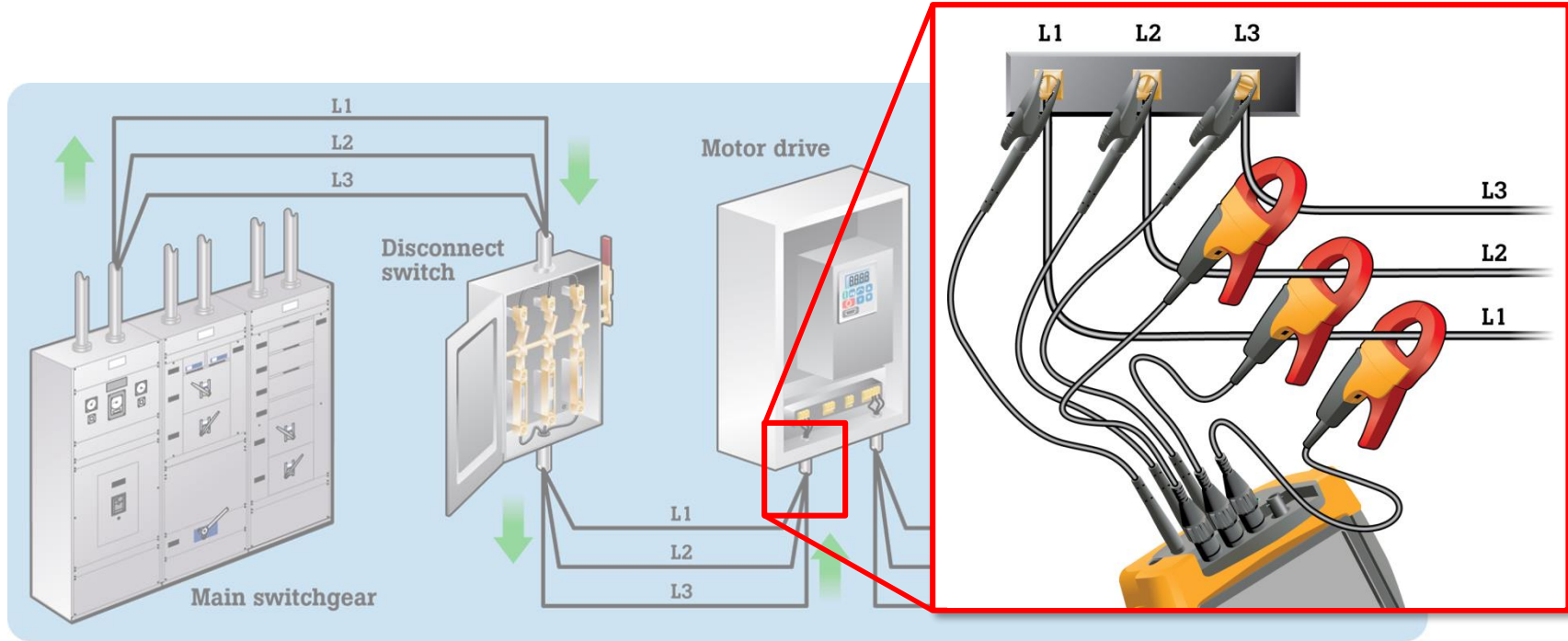
-위상도(백터도)가 표시되는 장비의 경우 각 상에서 전압과 전류의 위상 차를 확인합니다.

# What is inrush current?



돌입 전류는 매우 큰, 단기간의 전류 수요이며 일반적으로 정상 전류 수요의 수 배입니다.

## Measuring inrush



드라이브 입력단에 돌입전류 측정 기능이 있는 전력품질분석기를 연결하여 측정합니다.

- 편리한 메뉴 기능 (한글 지원)



- 측정하고자 하는 항목을 선택하여 측정하고자 하는 항목에 대하여 중점적으로 측정이 가능.
- 타 제품의 경우 435II와 같은 메뉴를 지원하지 않기에 USER가 필요한 항목을 일일이 검토하여 DATA를 정리하여야 함.
- 선택한 항목 뿐만 아니라 측정 중에 국제 규격에서 벗어나는 이벤트 (과도현상, 불균형, DIP/SWELL 등) 가 발생하더라도 그때의 파형, 발생시간, 데이터 등을 별도의 이벤트로 저장하여 제품 또는 소프트웨어를 통하여 확인 가능.

- 강력하고 사용이 간편한 **LOGGER** 기능



- Logger 기능을 사용하여 측정시간 간격 설정(0.25초~2시간) 및 측정시작 시간 설정이 가능(즉시시작, 예약시작)
- 'SETUP READINGS' 메뉴를 이용하여 측정을 원하는 판독값 (150여가지) 을 고객이 원하는 값만 선택하여 측정, 판독, 저장, 분석이 가능.
- 예를 들어 V, A, PF, P, THD, H3(3차고조파), H5, H7, Unb V(불균형율) 과 같이 측정을 원하는 데이터 값을 사전 설정하여 판독이 가능.
- Vrms1/2 (실효치 반파측정) 를 지원하여 순간적인 이벤트에 대한 현상을 더욱 정밀하게 판독이 가능함.

# 이벤트의 검출은?

- **Fluke-430II** 은 항상 이벤트 현상을 캡처 할 준비가 되어 있음.
- 특별한 설정이 없이도 공칭 전압만 입력하면 손쉽게 자동으로 이벤트 현상의 캡처가 가능
- 필요할 경우 사용자가 직접 임계 값의 조정, 설정이 가능.
- 이벤트 현상은 각 화면의 아래 부분에 이벤트 카운트로 표시되어 손쉽게 이상 현상의 발생 유무를 알 수 있음.
- 이벤트 화면에서는 발생하였던 이벤트의 시간, 날짜, 이벤트의 종류(**dip, Swell** 등), 이벤트의 발생 기간 등이 표시되어 더욱 상세한 내용이 확인 가능함.

VOLTS/AMPS/HERTZ METER

0:01:25

	L1	L2	L3	N
U <sub>rms</sub> △	230.43	230.58	230.34	9.80
	L12	L23	L31	
U <sub>rms</sub> △	396.18	387.91	412.14	
	L1	L2	L3	N
A <sub>rms</sub>	3.3	3.8	5.2	6.2
	L1			
Hz	49.995			

15/11/10 18:01:43 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160

UP DOWN TREND EVENTS 10 HOLD RUN

VOLTS/AMPS/HERTZ EVENTS

START 15/11/10 18:00:18 EVENT 10 / 10

0:11:12

DATE	TIME	TYPE	LEVEL	DURATION
15/11/10	18:00:19:424	L2 DIP	7.0 U	0:00:00:070
15/11/10	18:00:19:734	L2 DIP	7.0 U	0:00:00:060
15/11/10	18:00:20:025	L2 DIP	7.0 U	0:00:00:040
15/11/10	18:00:20:735	L3 DIP	9.0 U	0:00:00:050
15/11/10	18:00:21:796	L1 DIP	8.9 U	0:00:00:040
15/11/10	18:00:22:025	L1 DIP	8.9 U	0:00:00:040
15/11/10	18:00:22:975	L2 DIP	62.4 U	0:00:00:040
15/11/10	18:00:23:276	L1 DIP	28.5 U	0:00:00:041
15/11/10	18:00:23:307	L1 DIP	202.3 U	0:00:00:010
15/11/10	18:00:23:787	L2 DIP	151.2 U	0:00:00:030

15/11/10 18:11:30 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160

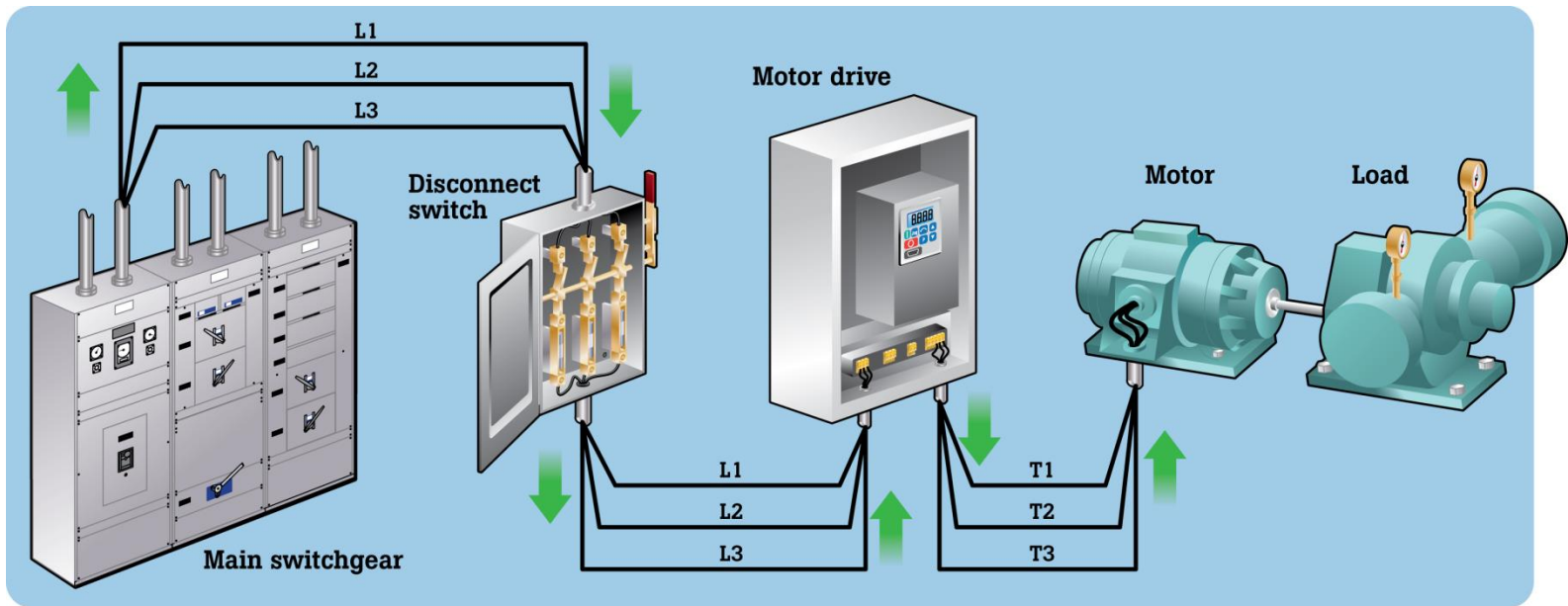
WAVE EVENT RMS EVENT NORMAL DETAIL BACK

*Keeping your world up and running.®*

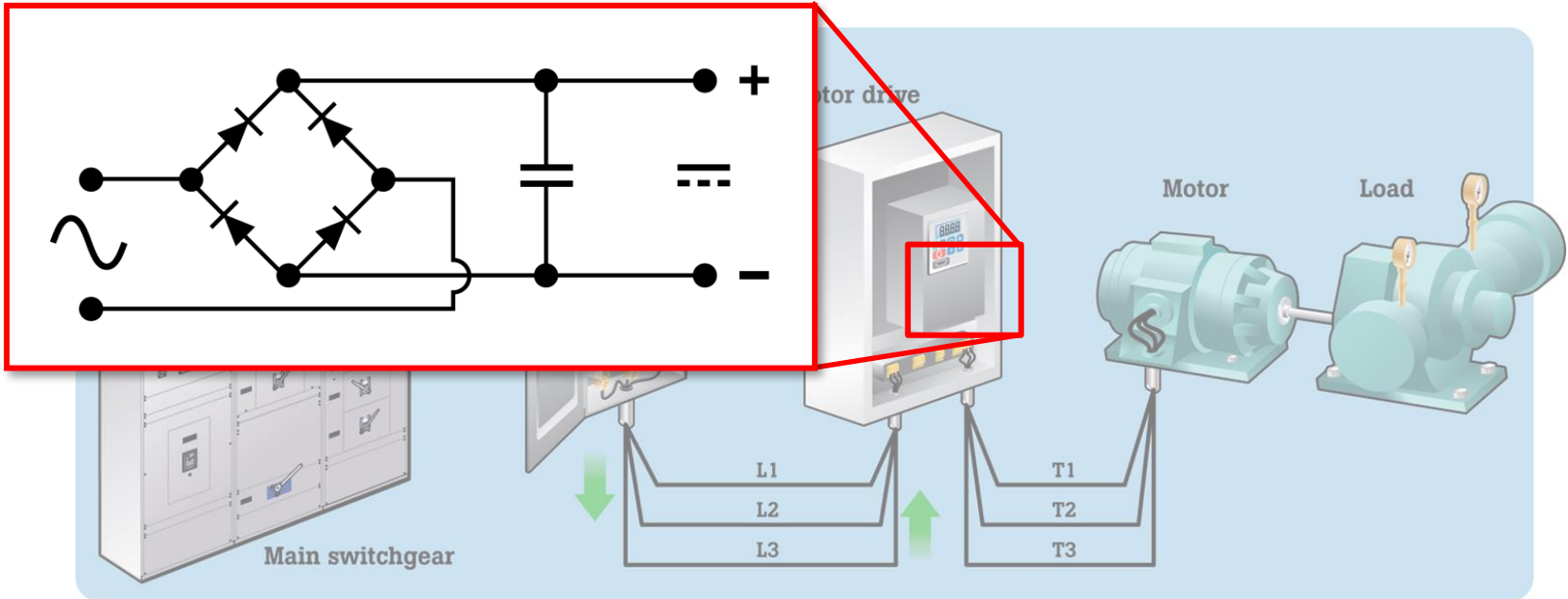
# Measurement best practices for troubleshooting motors and drives

드라이브 출력단 측정 및 진단

# 드라이브와 출력단 측정

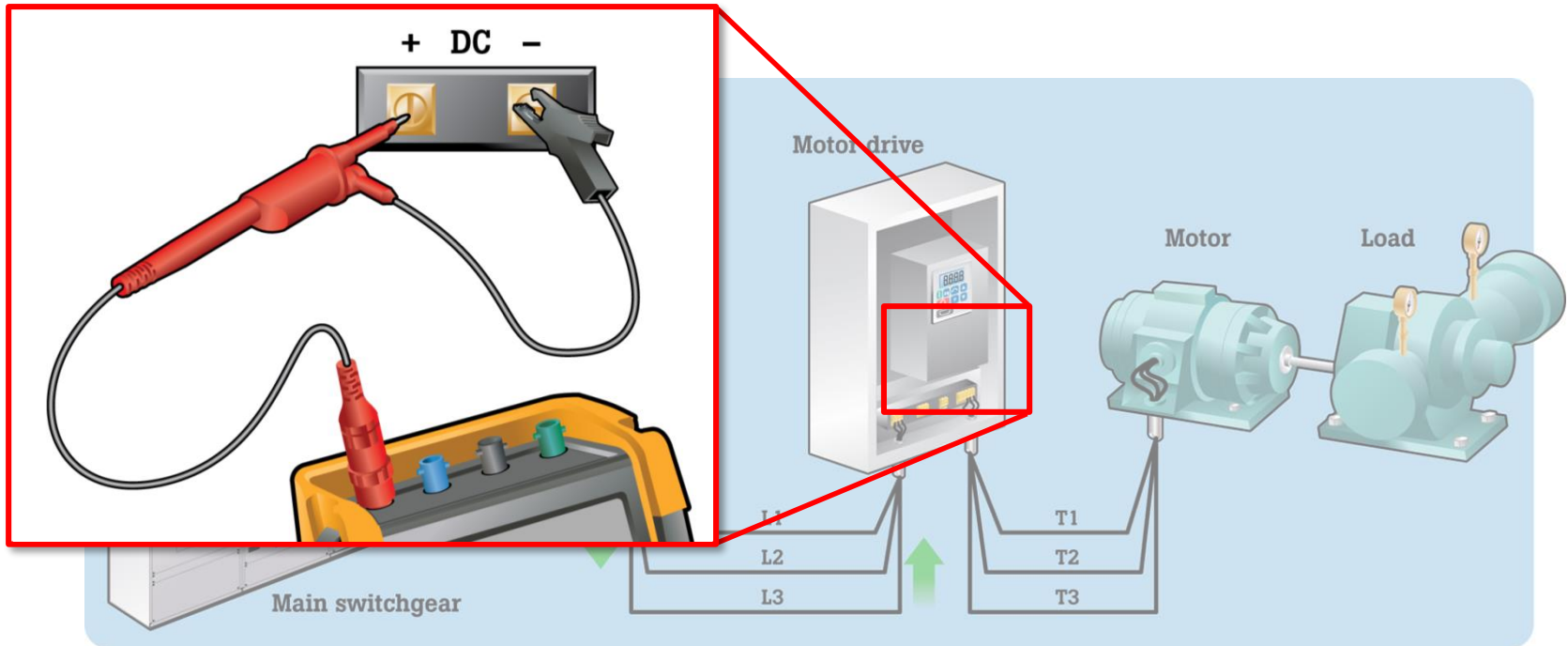


## What is DC bus?



- DC 버스는 전압 버퍼로서 기능합니다.
- AC 정류기에서 파생된 직류 (DC) 전압.
- 스위칭 회로에 대한 일정한 에너지 공급.

## Measuring DC bus voltage



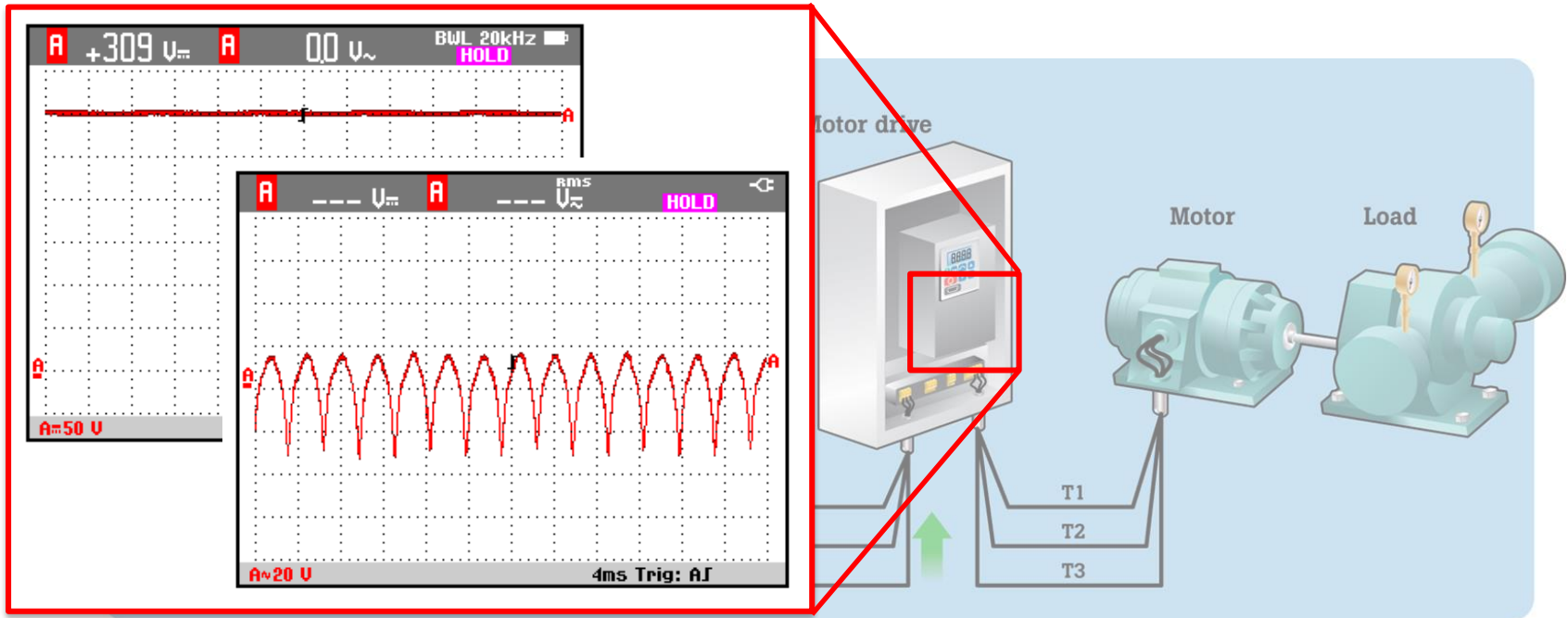
**+ 및 - 단자에서 DC Bus 전압을 측정합니다.**

휴대용 오실로스코프로 절대값 또는 리플 전압을 측정하기 위한 AC 또는 DC 커플링을 선택하여 사용합니다.

스코프와 프로브가 전압 레벨을 측정하기에 적절한지 확인하십시오.

(채널 간 절연, CAT등급)

## Interpreting DC bus measurements



- DC 버스 전압은 RMS 라인 전압의 ~ 1.414 배입니다.
- AC리플의 피크가 다른 반복 레벨을 갖는 경우, 정류기 다이오드 중 하나가 고장이 났을 가능성이 있는 지표입니다.

## 조치 사항

### Symptom

- 전압 수준 높음 - 낮음 버스 오류,
- 부적절한 작동 또는 드라이브 고장.

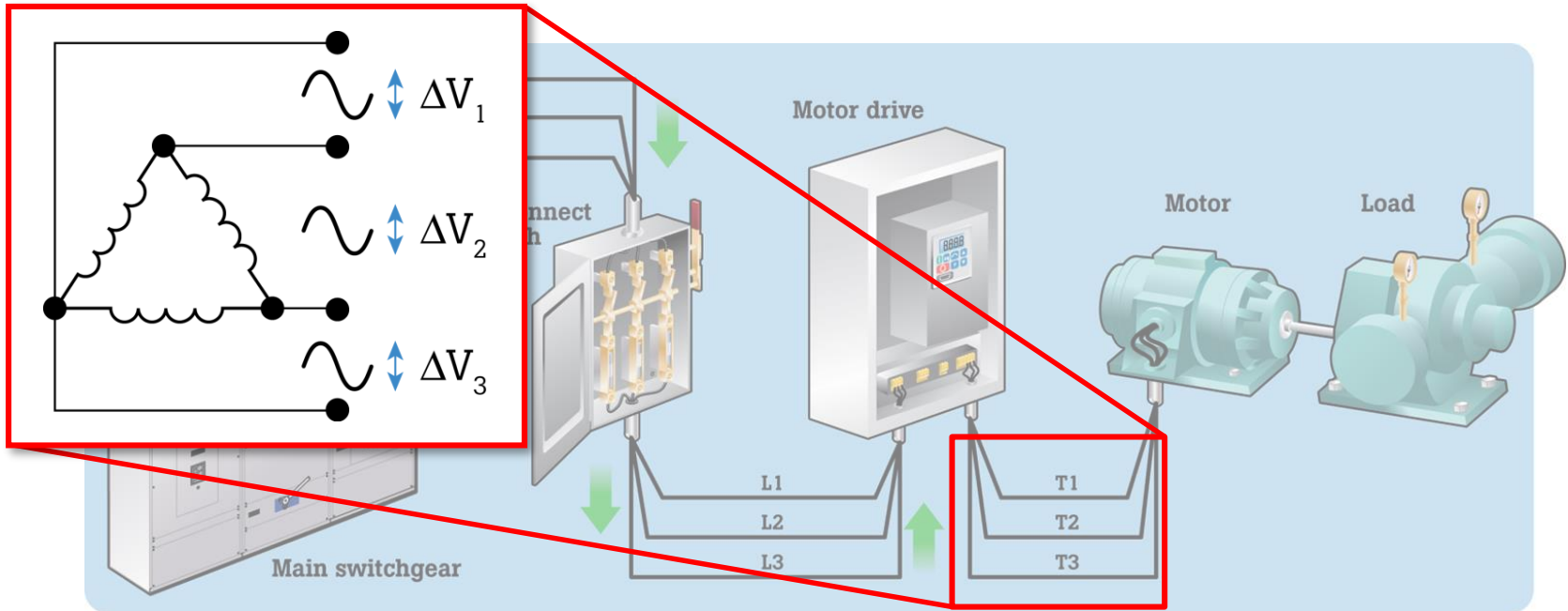
### Measurements

- DC Bus 전압 및 AC 리플 노이즈의 최대값 기록을 수행하십시오.

### Solution

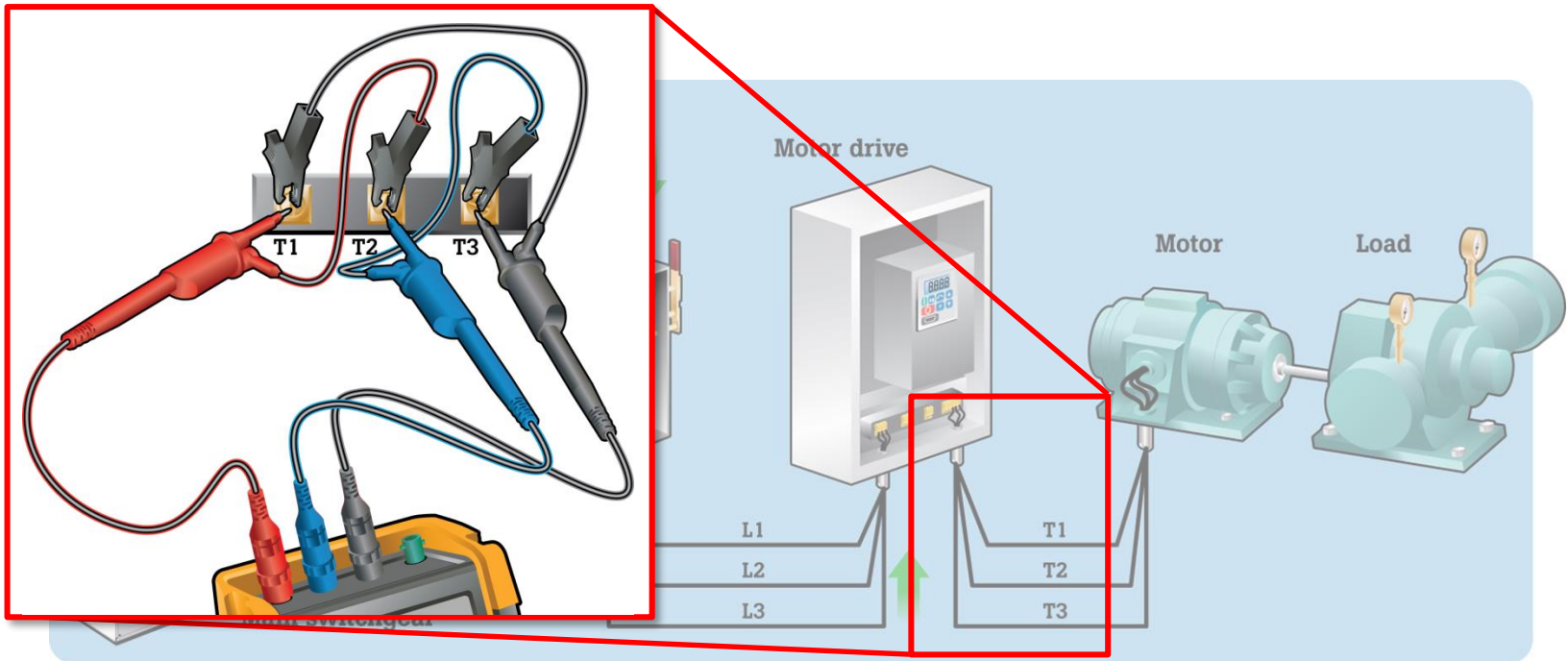
- 드라이브의 AC입력 전압을 바로 잡습니다.
- 드라이브 입력 카드 및 오류가 있는 커패시터 뱅크를 교체합니다.
- 드라이브 등급이 모터 및 부하와 호환되는지 확인하십시오.

# What is voltage unbalance?



3 상 전압의 크기가 다른 경우에 발생합니다.

## Measuring voltage unbalance



- 드라이브 출력에서 각 단자의 전압을 측정합니다.
- 다음으로 모터 단자의 전압을 확인하십시오.
- 모든 언밸런스는 모터에 문제가 될 수 있습니다.

# Calculating voltage imbalance

## Example

### 1 ADD VOLTAGES

442  
474  
456  

---

1372 V

### 2 FIND VOLTAGE AVERAGE

$$V_a = \frac{V}{3}$$

$$V_a = \frac{1372}{3}$$

$$V_a = 457 \text{ V}$$

### 3 FIND LARGEST VOLTAGE DEVIATION

$$V_d = V - V_a$$

$$V_d = 474 - 457$$

$$V_d = 17 \text{ V}$$

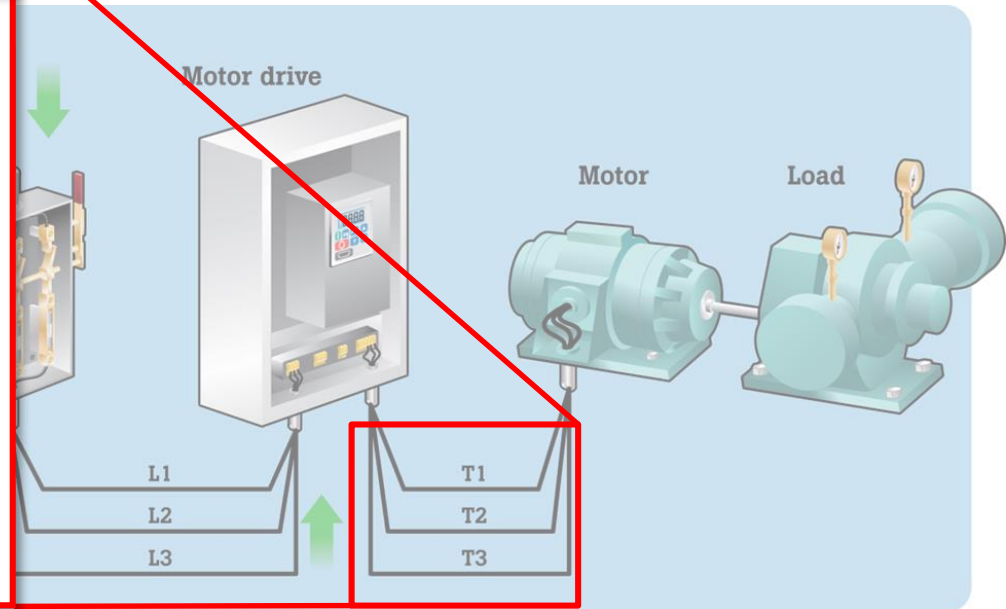
### 4 FIND VOLTAGE UNBALANCE

$$V_u = \frac{V_d}{V_a} \times 100$$

$$V_u = \frac{17}{457} \times 100$$

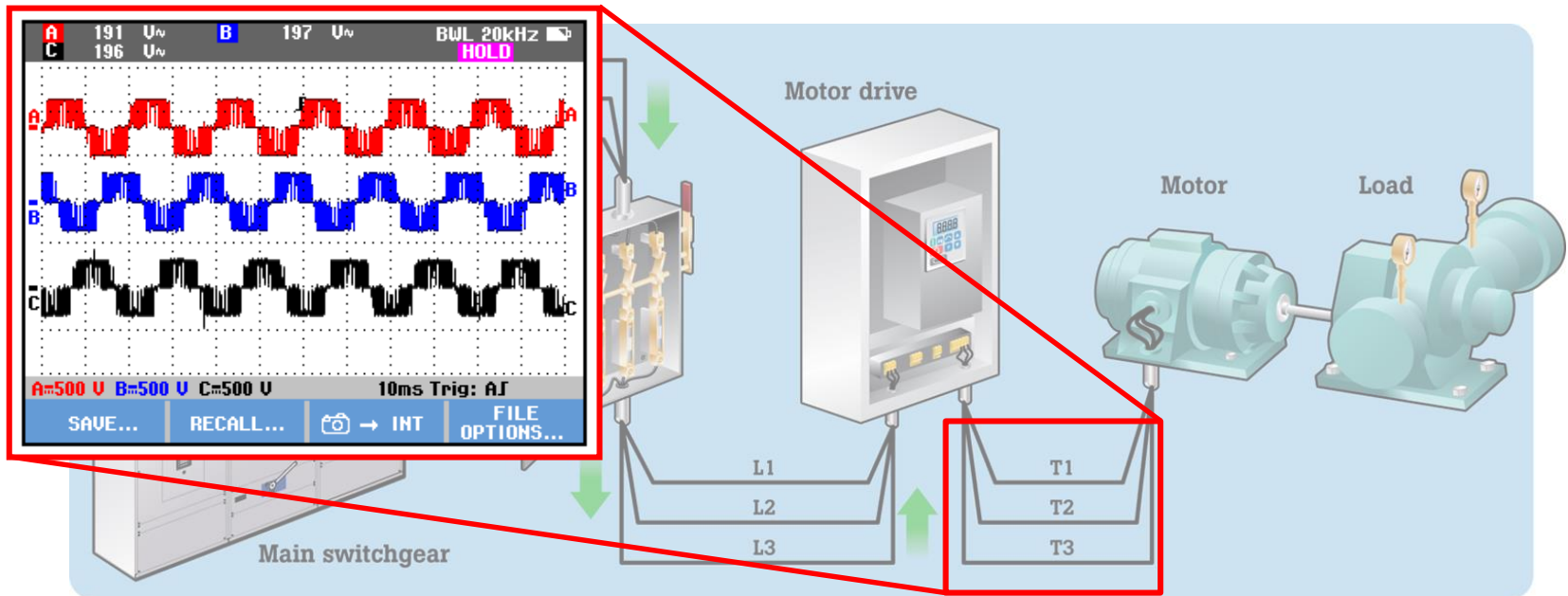
$$V_u = 0.0372 \times 100$$

$$V_u = 3.72\%$$



**% Voltage (V) unbalance** = (Max deviation from average V/average V) x 100

## Interpreting voltage unbalance measurements



- 2 % 이상의 불균형은 문제가 됩니다.
- 이 측정은 전압 불균형으로 인한 모터 과열을 예방합니다.
- 다음으로, 전류의 불균형을 점검하십시오.

# 조치 사항

## Symptom

- 전압, 전류 레벨의 고/저 출력 오류
- 모터의 온도상승
- 부적절한 작동 또는 드라이브의 고장

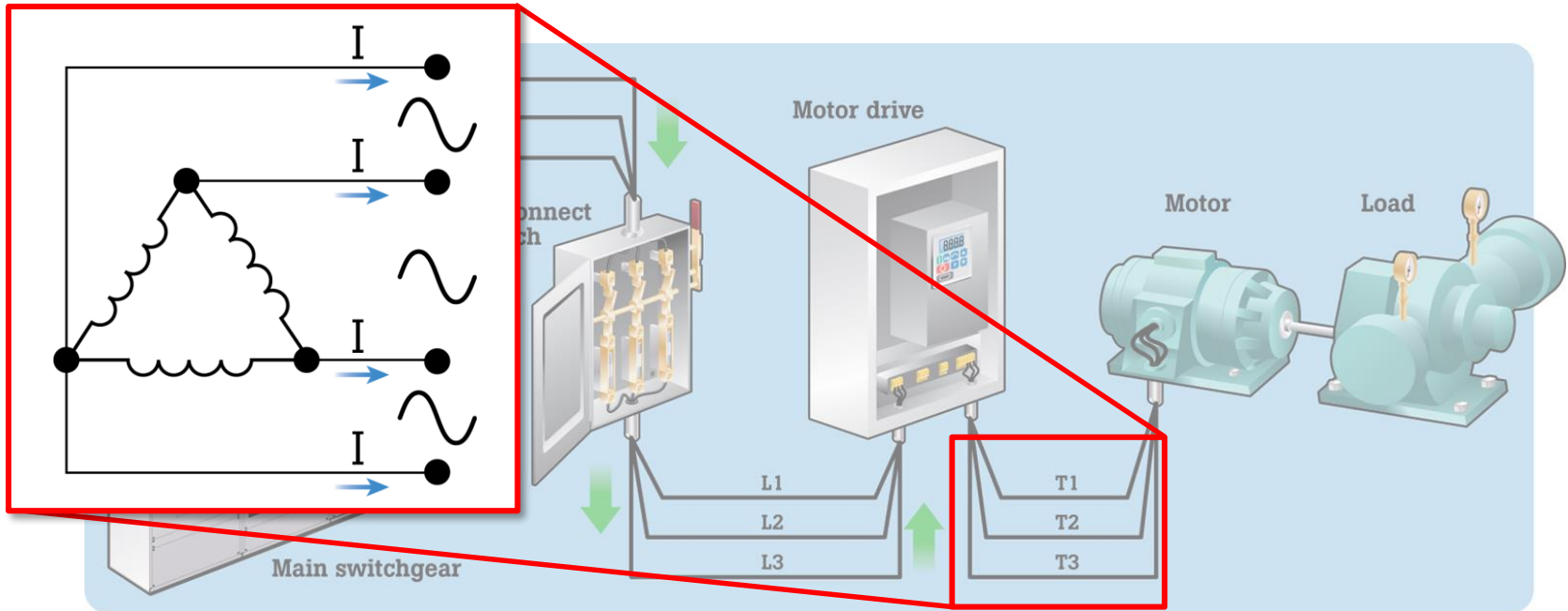
## Measurements

- 각 상의 전압을 측정
- 각 상의 전류를 측정
- 모터의 온도를 측정
- 권선 저항 및 절연저항 측정

## Solution

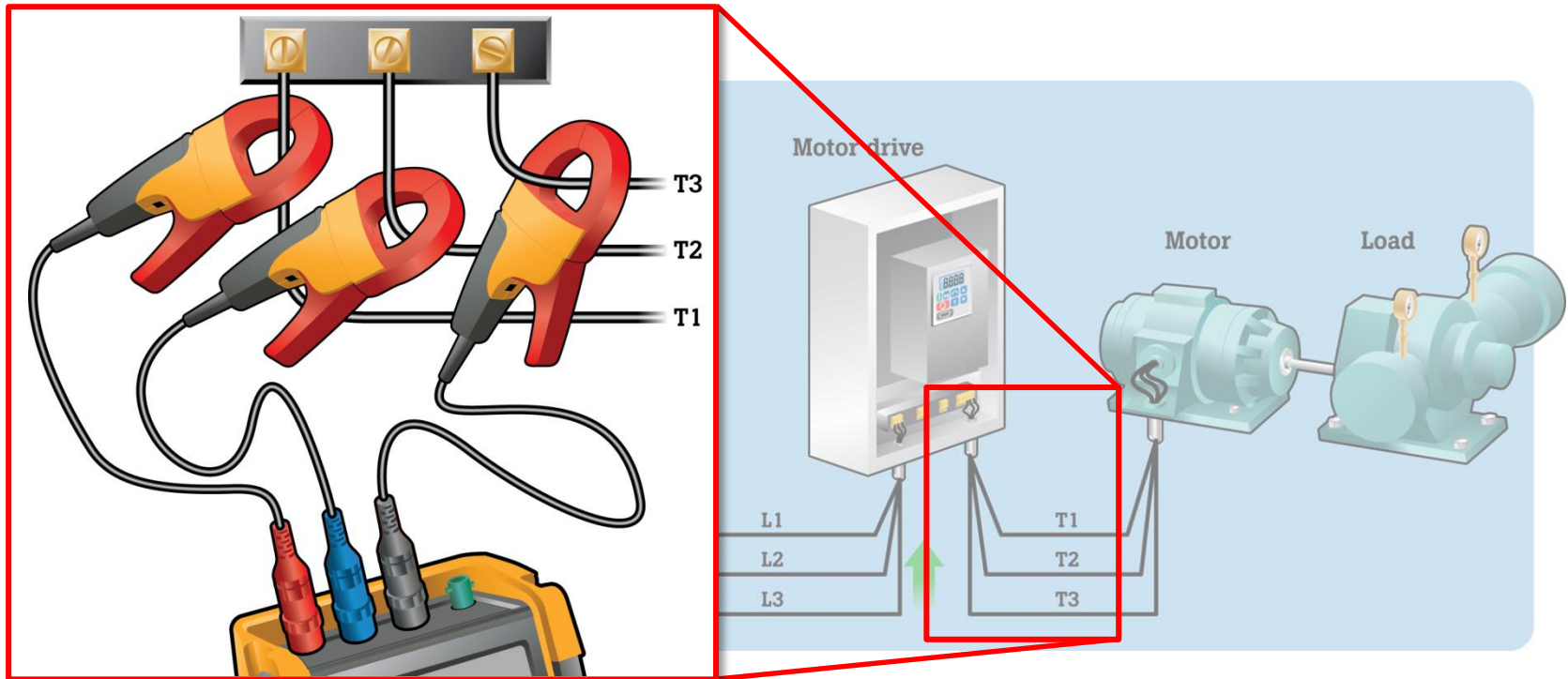
- 모터의 부하를 차단하고 부하 변동에 따른 균형을 확인합니다.
- 모터 분리 및 전압 밸런스 변경 확인 - 권선 및 절연 측정으로 모터의 성능향상이 가능합니다.
- 인버터의 정격이 모터 및 부하에 적절한지 확인합니다.

## What is current unbalance?



3 상 전류의 크기가 다른 경우에 발생합니다.

## Measuring current unbalance



3 개의 드라이브 출력 단자 모두에 전류 클램프가 연결된 오실로스코프를 사용하여 각 단자의 전류를 측정합니다.

# Calculating current unbalance

## Example

**1** ADD CURRENTS

$$\begin{array}{r} 21 \\ 27 \\ 24 \\ \hline 72 \text{ A} \end{array}$$

**3** FIND LARGEST CURRENT DEVIATION

$$\begin{aligned} C_d &= C - C_a \\ C_d &= 27 - 24 \\ C_d &= 3 \text{ A} \end{aligned}$$

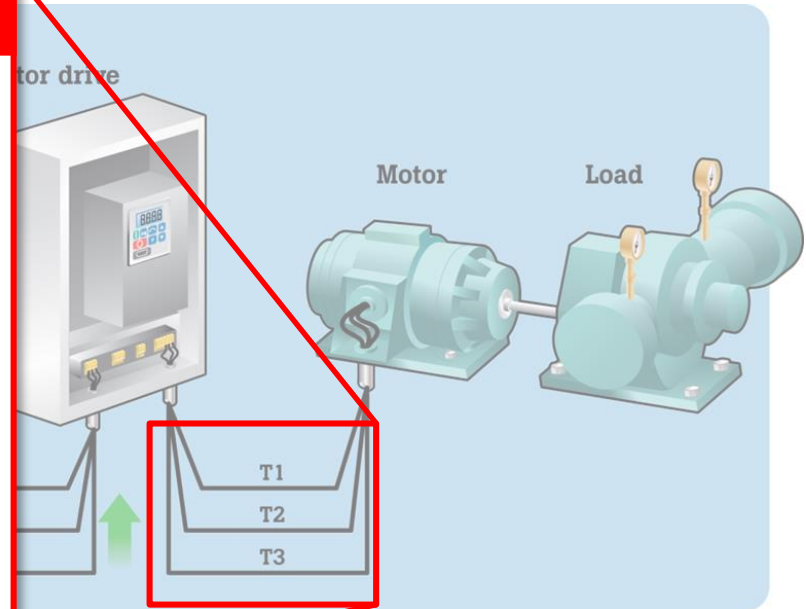
**2** FIND CURRENT AVERAGE

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{C}{3} \\ C_a &= \frac{72}{3} \\ C_a &= 24 \text{ A} \end{aligned}$$

**4** FIND CURRENT UNBALANCE

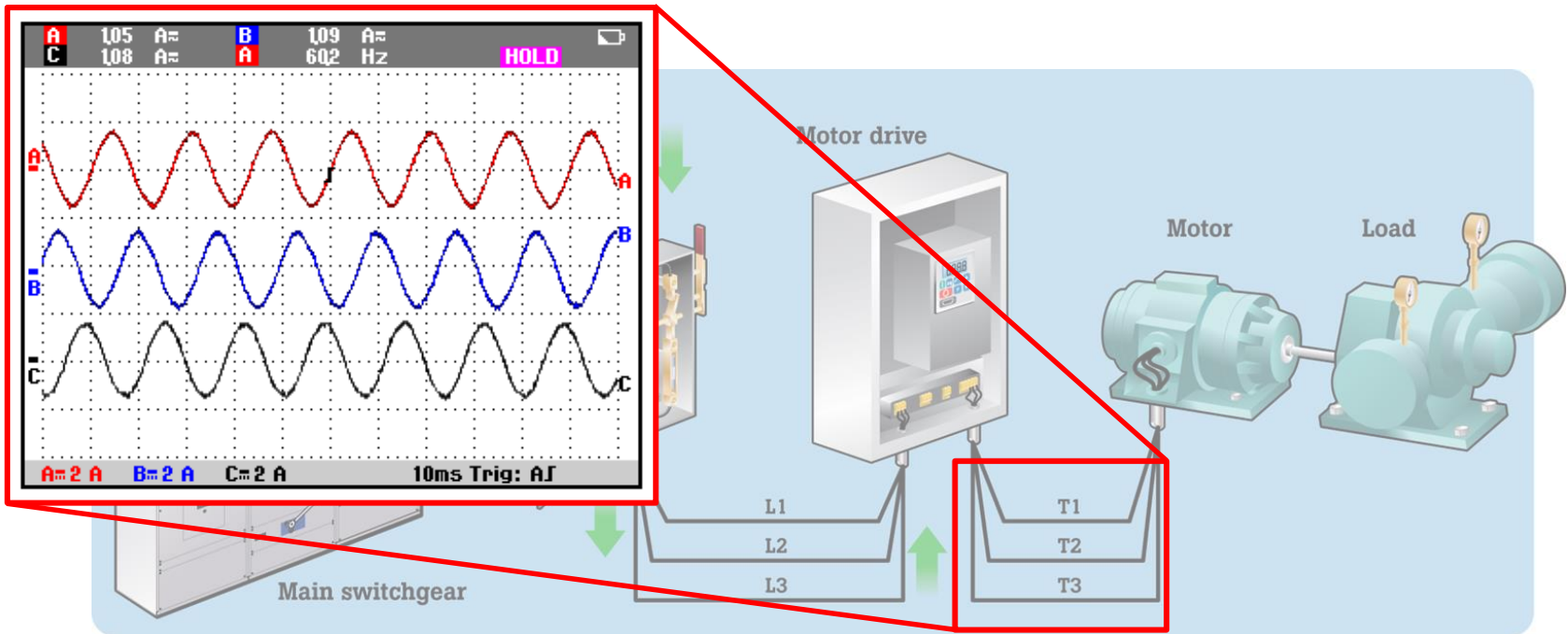
$$\begin{aligned} C_u &= \frac{C_d}{C_a} \times 100 \\ C_u &= \frac{3}{24} \times 100 \\ C_u &= 0.125 \times 100 \\ C_u &= 12.5\% \end{aligned}$$

NOTE: WHEN USING CURRENT CLAMP ATTACHMENT, READING OF 1mA = 1A



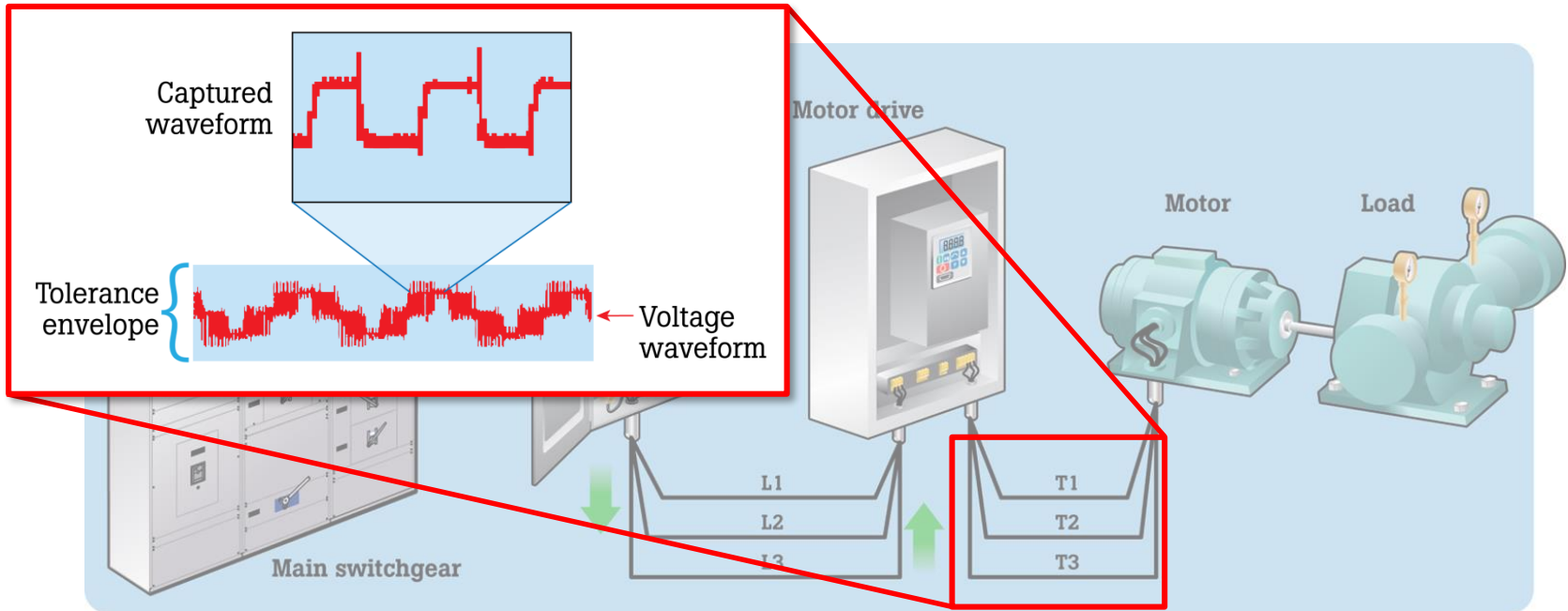
**% Current (I) unbalance = (Max deviation from average I/average I) x 100**

## Interpreting current unbalance measurements



- 일반적으로 3 상 전동기의 전류 불균형은 6%를 넘지 않아야 합니다
- 전압 불균형이 허용 한계 내에 있어도 과도한 전류 불균형이 감지된다면 모터 권선의 단락 또는 다른 단상 부하가 접지로 단락 된 것일 수 있습니다.

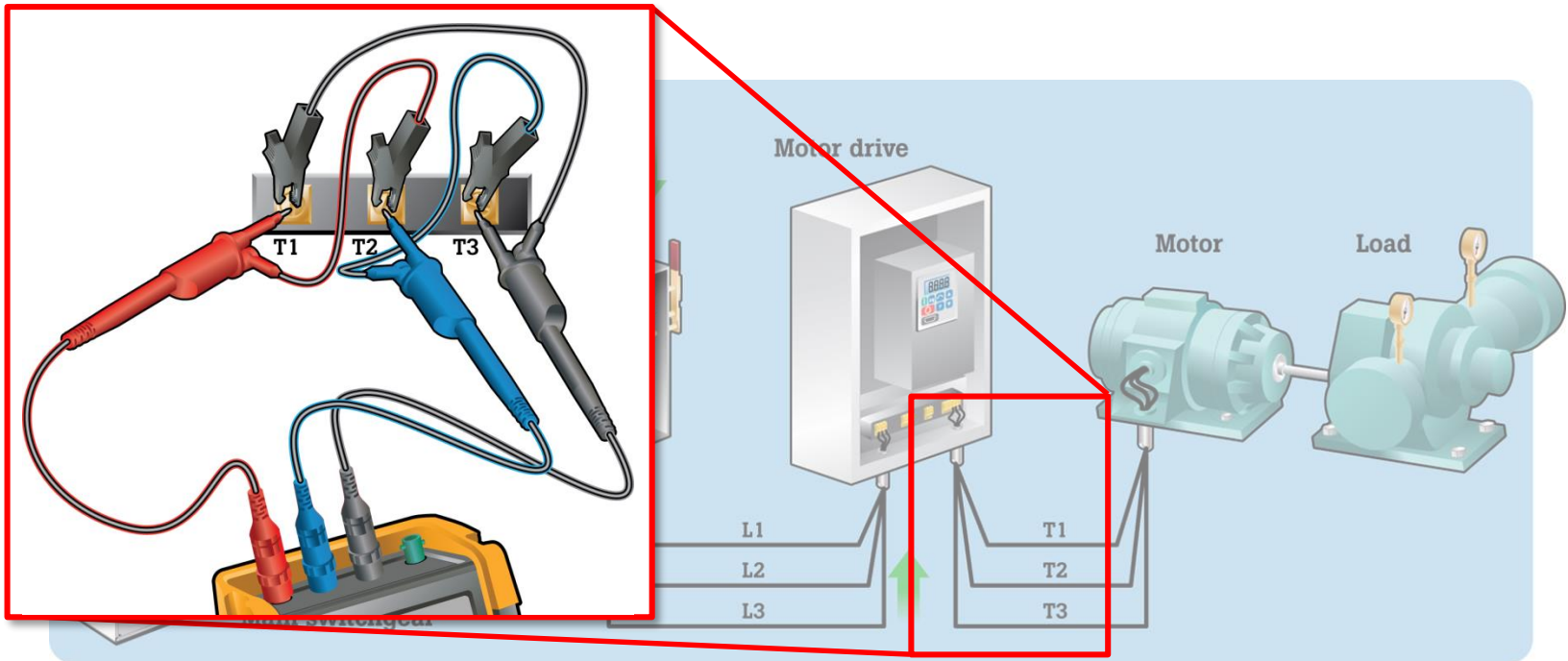
# What are output reflections?



## Reflections:

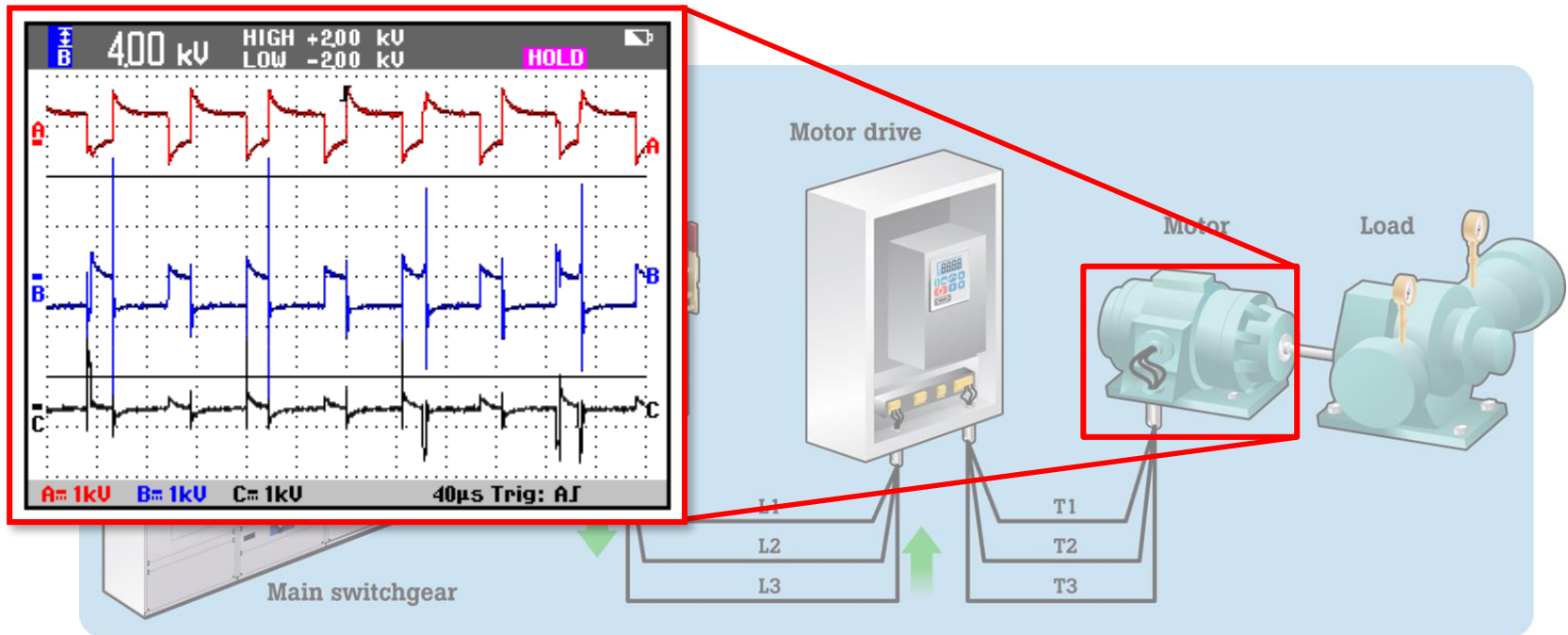
반사 현상은 연결된 회로의 임피던스 변화로 발생합니다.  
 모터 구동회로에서의 반사의 피크는 DC Bus 전압 레벨만큼 높을 수도 있습니다.  
 오실로스코프 디스플레이에 스파이크로 표시 됩니다.

## Measuring output reflections



- 순간적인 PWM 신호의 과도 현상 또는 반사는 오실로스코프로만 측정이 가능합니다. DMM으로 측정하기에는 주파수 대역폭 및 인터벌 시간이 낮음
- 측정을 위하여 모터의 단자에 연결하십시오.

## Interpreting output reflection measurements



- 공칭 전압의 50 %보다 큰 반사 또는 과도 상태는 문제가 됩니다.
- IGBT에서 빠른 스위칭 DC 전압.
- 너무 긴 케이블로 인해 PWM 신호가 반사 됨.
- 측정 레벨이 모터 절연 등급을 초과하지 않는지 확인하십시오.

# 조치 사항

## Symptom

- 모터에 소음이 발생
- 드라이브 출력 전압 및 전류에 오류발생
- 드라이브, 케이블, 베어링 및 모터의 수명이 짧아짐.

## Measurements

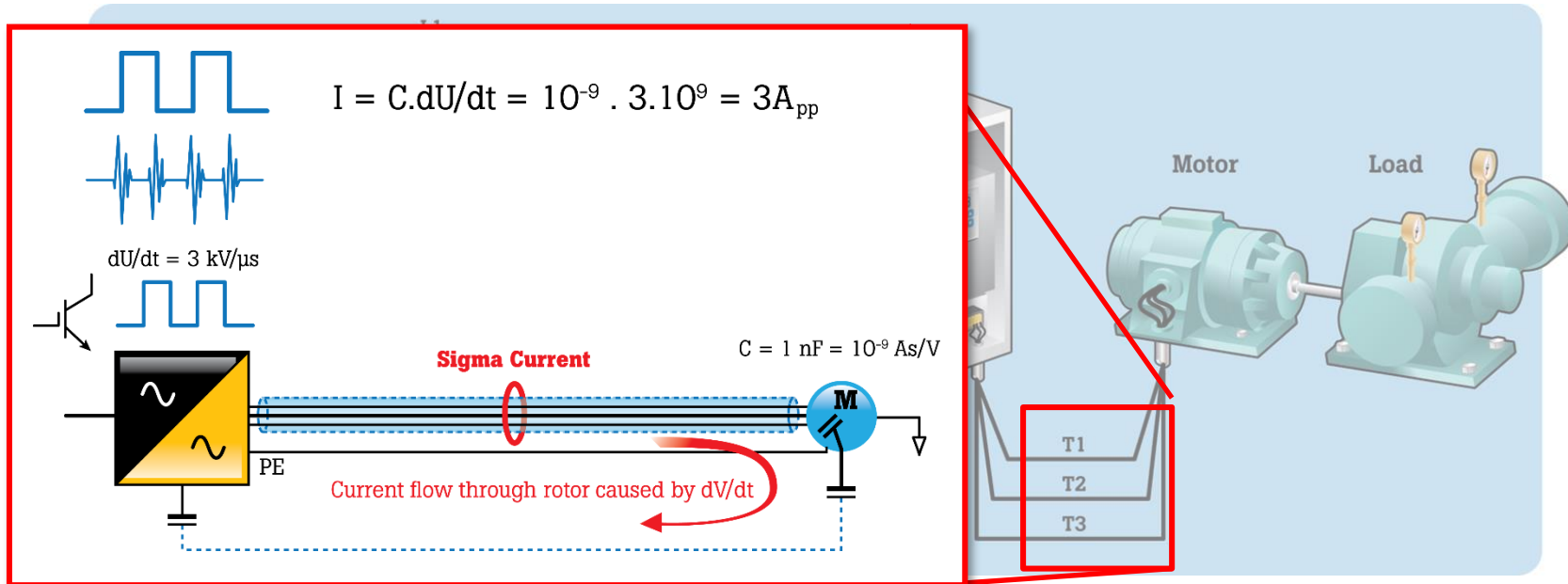
- 피크-투-피크 전압 측정을 수행
- 모터의 온도를 측정
- 권선 저항과 절연 저항을 측정
- 베어링의 진동을 측정

## Solution

- 드라이브와 모터 사이의 케이블 연결을 줄이거나 로우패스필터, 직렬 리액터를 설치한다.  
RC 임피던스 매칭 필터를 드라이브와 모터 사이에 설치.
- 모터 권선을 되감고 반사율이 높은 경우 절연 등급이 높은 케이블을 사용한다.
- 인버터 정격이 모터 및 부하와 호환되는지 확인한다.
- 베어링을 교체한다.

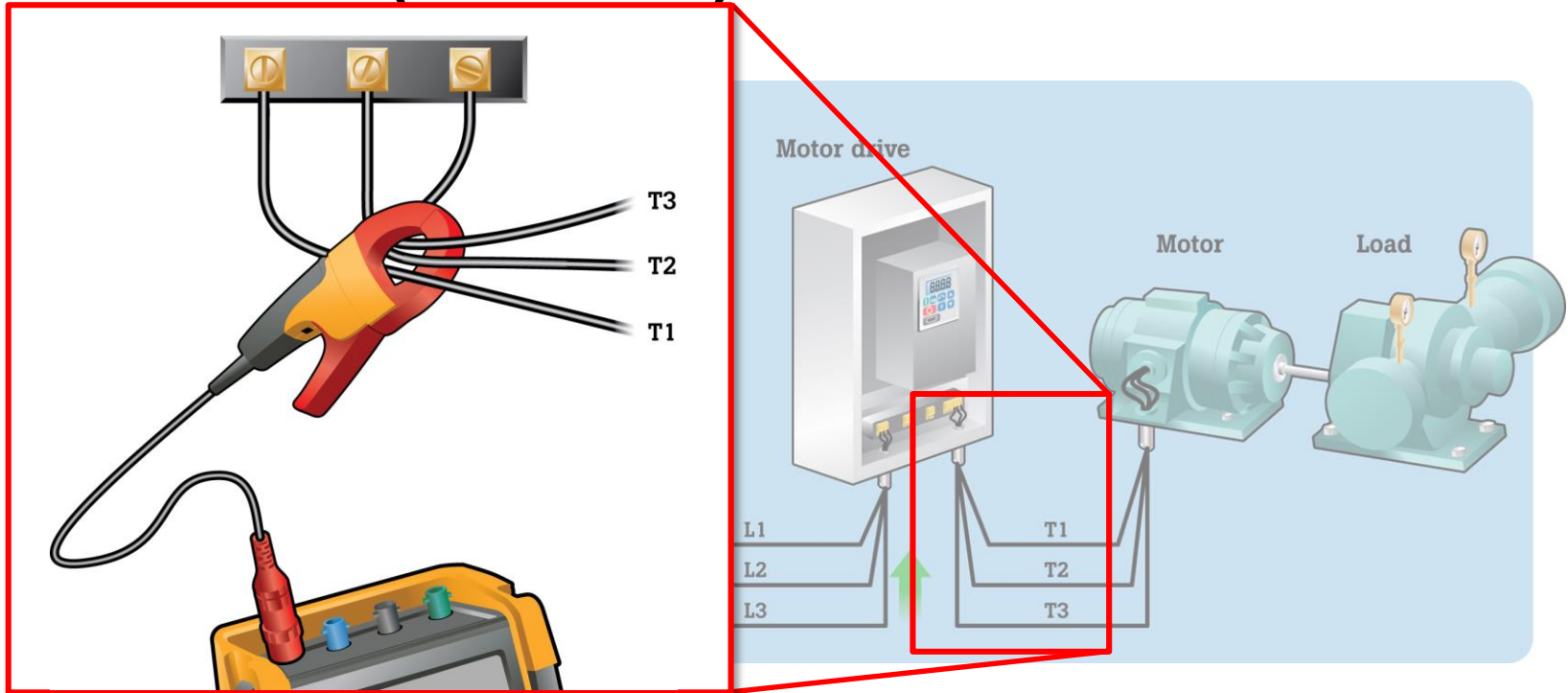
# 시그마 전류와 PE 전류는 무엇인가?

Advanced topic



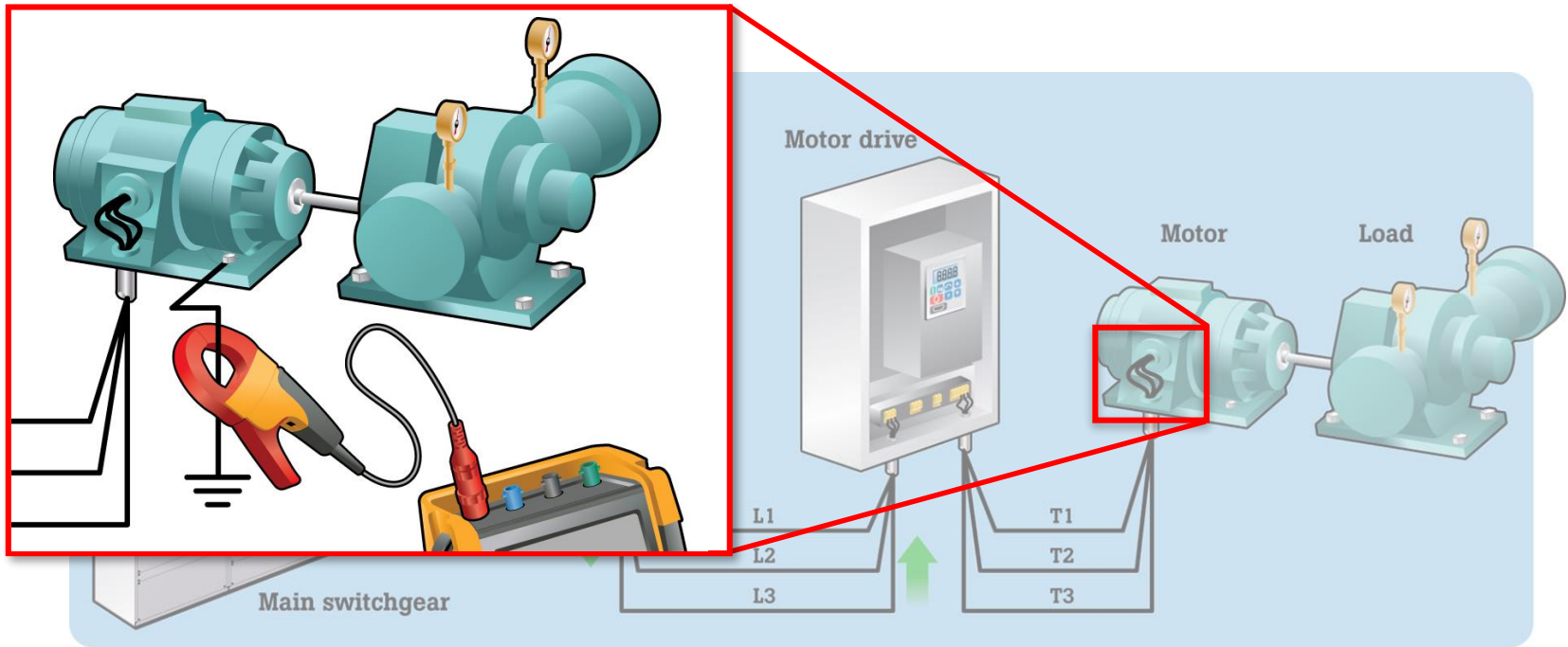
- 시그마 (Sigma) : 3 상 전류의 합.
- PE : 보호 접지 (접지)를 통한 용량성 결합 전류.
- 이상적으로 누설은 낮아야하며 누설 전류가 증가하면 베어링 레이스에서 아크가 발생할 수 있습니다

# 시그마 전류(표유 전류) 측정법



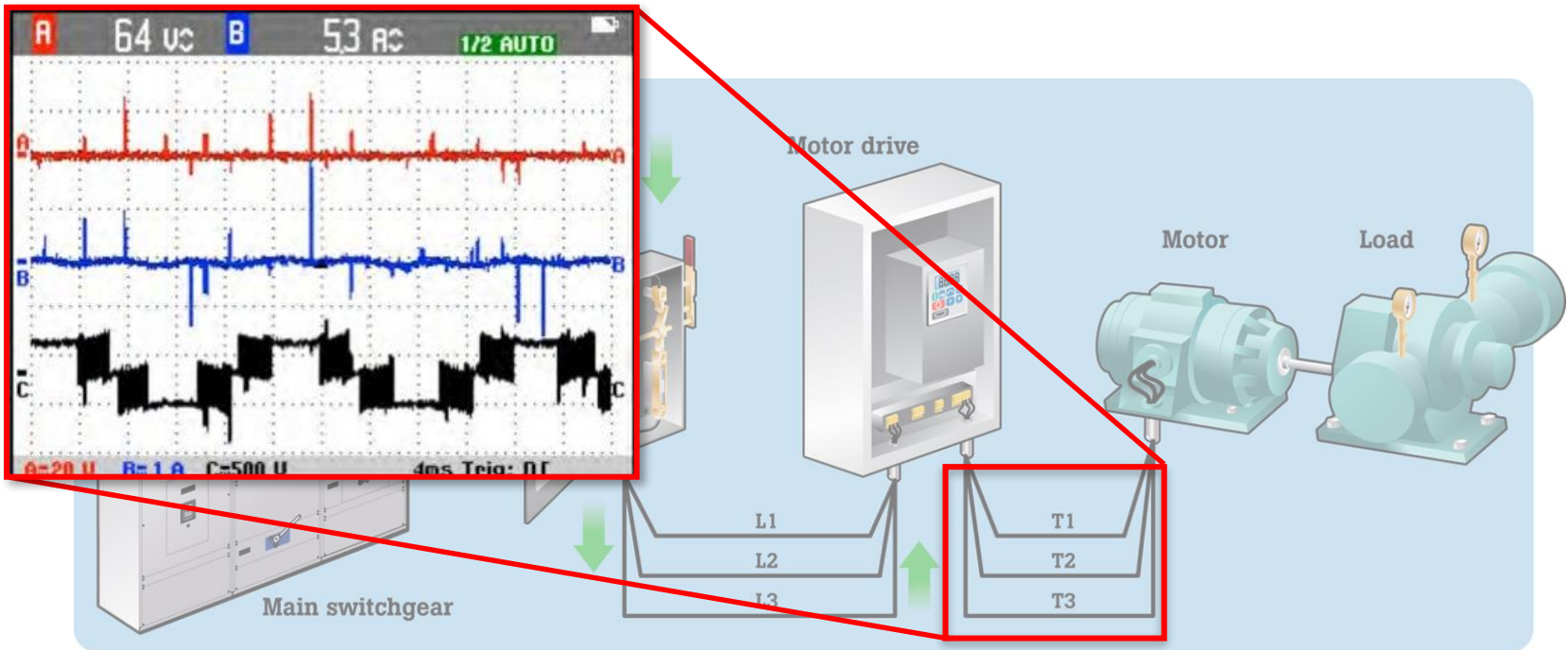
- 전류 클램프가 있는 오실로스코프.
- 모터 단자의 3 상 전도체 주위에 클램프를 걸어서 측정합니다.

# PE 전류 측정법



- 오실로스코프로 접지선에서 측정.

# 시그마 전류와 PE 전류의 측정값 해석



- 시그마 전류 또는 PE 전류가 베어링과 샤프트를 통해 흐릅니다.
- 이론적으로는 시그마 전류의 측정값은 PE 전류의 값과 같아야 합니다. 그렇지 않은 경우 아마도 모터의 축과 베어링으로 전달되어 수명을 단축 시킬 수 있습니다.

# Diagnostic benefits



베어링 전류로 인한 손상된  
베어링 레이스.  
-- 진동으로 이어짐

Photo courtesy of Electro Static  
Technology.

누설되는 전류로 인한 베어링 손상을 피하십시오.

감사합니다.