



모터보호계전기 개요

<Introduction to Motor Protection Relay>

<Introduced by Jeong Myung Whan/SamWha DSP>



순서

- 1.모터 보호 계전기 정의
- 2.모터 소손 원인
- 3.모터 보호 방법
- 4.모터 보호 계전기 분류
5. 모터 보호 계전기 소개
6. 절연저항 측정 모터 보호 계전기 원리
9. 모터 보호 계전기 **Network** 관리/모터 예방 정비 실현

1.보호계전기(Protection Relay) 정의

관련 전기 제어 계통에서 발생된 어떤 신호에 의해 미리 지정해둔 조건이 충족되면 정해진 방법에 따라 응답하도록 설계된 전기적 장치



2. 모터 소손 원인

모든 산업현장은 물론 일반적으로 많이 사용되고 있는 전동기가 어떤 원인으로 비정상인 정지를 하거나 소손이 되면 공장의 가동중지에 의한 생산손실과 휴지 시간에 따른 인력 손실은 전동기 자체의 수리,교체 비용에 비교될 수 없을 정도로 크다는 것은 주지의 사실인바 현장에서 모터가 소손되는 주된 원인을 다음과 같이 분류할 수 있음.

▶ 전기적 원인

① 과부하 또는 과전류

- 과부하(Over Load) : 전동기에 연결된 기계(기구)에 전동기의 정격보다 많은(큰)힘이 가해짐에 의해 전동기에 무리가 되는 것으로 기계(기구)에 중점을 두고 사용된 의미임.
- 과전류(Over Current) : 전동기에 그 정격전류 이상의 전류가 흐름을 의미하는 것으로 모터에 중점을 두고 사용된 의미임

- ② 결상(Phase Loss, Single Phasing) : 3상 중 단상 전압이 어떤 원인으로 3상 전동기나 3상 부하에 공급되는 것을 의미함(1.7배로 전류상승, $\sqrt{3} V_{L3}=V_{L2}$)
- ③ 역 상 : 역상(Reverse Phase, Negative Phase) 이란 3상의 (Phase)회전이 바뀐 (Reversed) 전원이 부하에 공급되는 것을 의미함
- ④ 지락(Earth Fault, Ground Fault, Earth Leakage) : 전류가 정상적인 전류통로가 아닌 곳으로 흐르는 것, 다시말해서 부하가 아닌 대지로 전류가 흐르는 것을 의미함
(ZCT에 의한 영상전류/지락전류 검출)
- ⑤ 불평형(Current unbalance) : 3상 전류 중 한 상(Phase)의 전류가 다른 2개의 상(Phase) 보다 작거나 큰 전류가 흐름을 의미함
- ⑥ 단락(Short Circuit) : 전위차가 있는 2점 사이를 저항이 극히 작은 도체로 연결하는 것을 의미하며 다른 표현으로는 전류가흐르는 2선 또는 3선을 합선 시키는 것으로 전동기의 단락은 층간 단락(Layer Short)과 선간 단락으로 구분함

- ⑦ 과전압(Over Voltage) : 정격전압 이상의 전압 인가를 의미함
- ⑧ 저전압(Under Voltage) : 정격전압 이하 전압 인가를 의미하며 부족전압이라고도 함
(저전압 인가시 규정된 Torque에 미달함).
- ⑨ 과열 : 전동기가 절연내력 이상의 열이 발생 하는 것을 의미함.

▶ 기계적인 원인

- ① 구 속(Locked Rotor) : 전동기가 기동시 과중한 부하로 인해 회전하지 못하고 정지된 상태를 말하며 계속적으로 전원이 투입되어 있을 경우, 이때 흐르는 전류는 정격 전류의 약 6배가 흐르게 되어 그 상태를 유지 하게 되면 발생하는 열에 의해 전동기가 소손됨
- ② 전동기 회전자가 고정자에 닿을 경우 : 전동기의 축(Shaft)의 이상으로 회전자와 고정자를 스치고 돌아갈 때 발생하는 열에 의해 전동기가 소손 됨.
- ③ 축 베어링의 마모나 윤활유의 부족 : 전동기의 축 베어링에서 발생한 열이 전도에 의해 전동기의 권선(Coil)까지 온도 상승을 일으켜 소손됨.

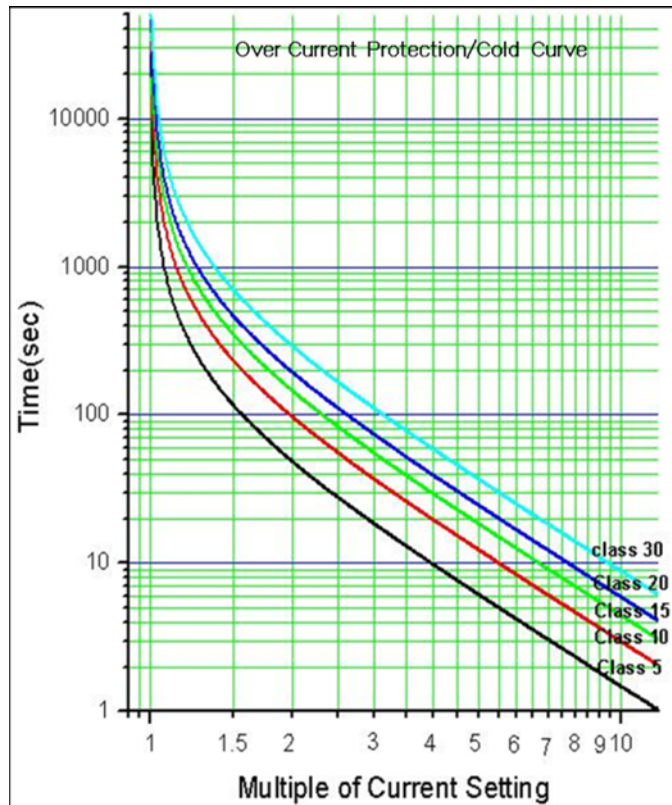
3. 모터 보호 방법

① 과부하(Over Load:KW) 또는 과전류(Over Current) 보호

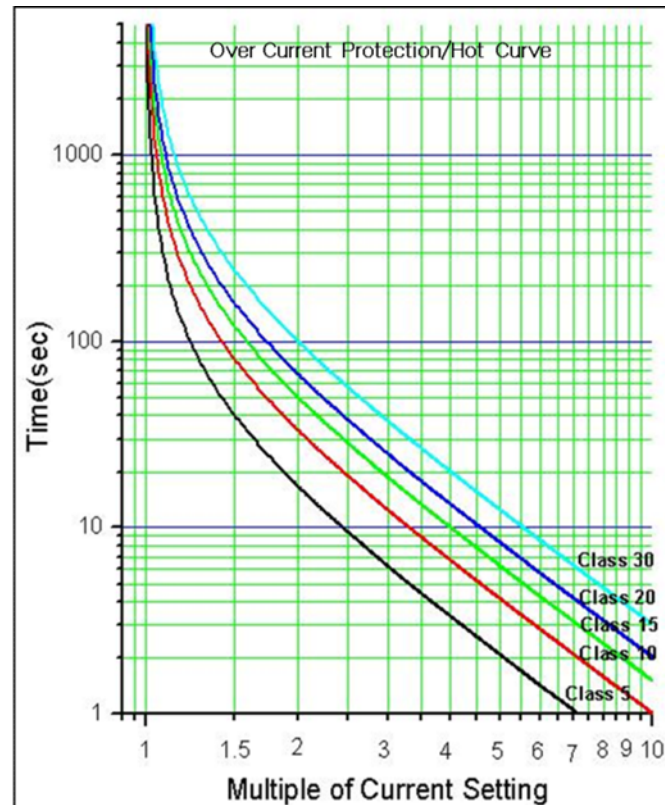
- 전동기에 연결된 부하에 필요한 입력의 크기는 통상적으로는 전동기의 출력(kW)에 비해 작게 되어 있으며 그 비율은[부하에 필요한 입력kW/전동기 출력) X 100%] 50~85%, 최대 90%로 운용되어 지고 있다.
- 전동기보호를 하기 위하여 설정하는 전류치(설정 전류값)는 그 정격전류의 110%~125%를 설정하도록 권장하고 있다. (정한시, 반한시)
- 디지털 모터보호 계전기는 실제로 부하가 걸린 상태에서 부하에 100%로 흐르는 전류를 확인한 후 보호 레벨을 설정 하기 때문에 정확한 보호를 할수 있으며 정한시 (Definite T-I) 동작형과 반한시(Inverse T-I) 동작형이 있으며 이를 계전기의 한시 동작 특성이라고 부름(T-I:Time-Current)

정한시

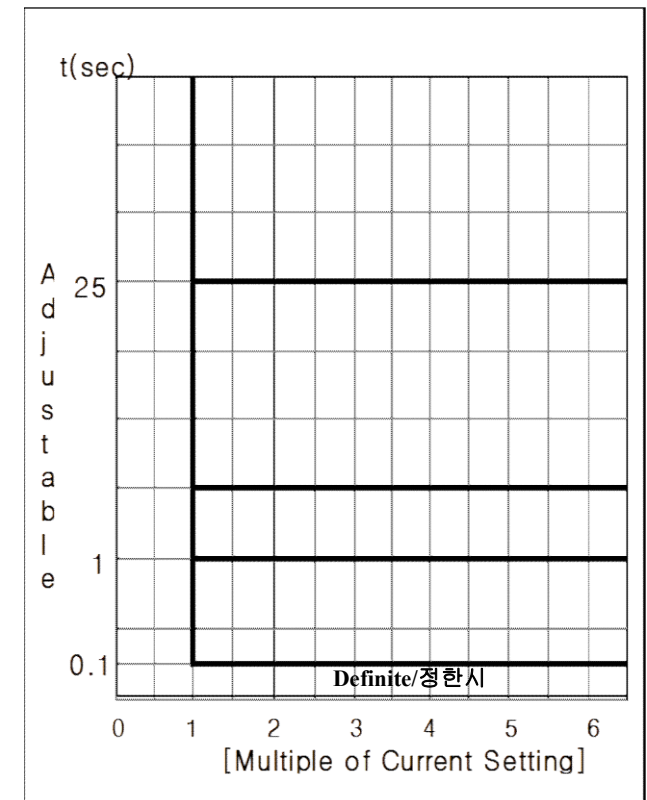
- 계전기의 한시동작 특성 다시말해서 시간과 전류 크기 관계 특형태는 다음과 같음



Inverse/반한시



Inverse/반한시



② 결상 (Phase Loss) 보호

- 3상 전동기에 단상이 공급되면 기동을 하지 못하거나 운전 중일 경우 건전상에 정격 전류의 1.732배의 전류가 흐르게 되고 그것은 결국 회전자의 구속(Locked Rotor)에 이르게 된다($\sqrt{3} I_L = I_2$).
- 결상의 발생은 간이 수전설비의 경우 Power Fuse 또는 COS에서 발생하는 경우가 많고 MCC(Motor Control Center)에서는 전자접촉기(Magnetic Contactor)가 기동정지를 빈번하게 하는 과정에서 접점 통전 용량이 낮은 경우 접점이 마모되어 일어나는 경우가 많으며 전동기가 소손되는 원인은 거의 결상으로 발생하는 것(70%)으로 봐도 될 정도로 그 빈도가 높아 반드시 신속하게 보호 되어야 한다.
- 마이콤 적용 디지털 모터보호 계전기는 결상이 발생하면 1~5초 이내에 동작하며 시간 설정은 사용자가 사용 현장 여건에 따라 가변 설정토록 하고 있으며 어느 상(Phase)에서 결상이 발생 했는지와 동작시의 전류값을 표시하고 있음

③ 역상 (Reverse Phase) 보호 : 한전 위상각 기준임.

- 3상3(4)선 간선과 보호계전기의 3CT 통과 방향이 $L1 \rightarrow L2 \rightarrow L3$, $L2 \rightarrow L3 \rightarrow L1$, $L3 \rightarrow L1 \rightarrow L2$ 이면 정상, $L1 \rightarrow L3 \rightarrow L2$, $L2 \rightarrow L1 \rightarrow L3$, $L3 \rightarrow L2 \rightarrow L1$ 면 역상임.
- 보호계전기를 설치한 전단에서 전원이 역상으로 공급되면 0.1초 이내에 동작되어 전동기의 역회전을 최단시간에 정지 시키도록 기능함
- 전원 인입측의 위상을 판별하는 방식은 보호계전기의 CT에 감지된 전류의 위상을 판별하는 방법과 전원 인입측 전압의 위상을 검출 판별하는 2가지 방안이 있음
- 전류 검출에 의한 방식과 전압 검출에 의한 방식의 큰 차이점은 전압 검출 방식의 동작시간이 전류검출 방식 보다 훨씬 빠름:전압 방식/ 0.1초,전류방식/0.5초
- 역상 보호의 경우 가급적 빠른 동작시간을 요구하고 있는데 그 유는 부하측 기기의 회전 날개,특히 공조 압축기 팬의 경우 순간적인 역 회전도 팬을 손상시킬수 있음

- 이와 같이 전압 방식과 전류 방식의 동작시간 차이가 발생하는 원인은 전류 방식에서는 외부 노이즈의 영향을 감안하여 최소 2~3Cycle 이상의 파형 확인이 필요 하지만 전압의 경우는 1 Cycle의 파형으로도 확실한 판별을 할수 있음에 기인함.

④ 지락 (Earth Leakage) 보호

- 전동기 회로 또는 전동기 내부의 권선에서 지락이 발생했을 때 여러 가지 문제를 발생시켜 그 문제에 따라 적당한 대처를 해야 함.
- 지락이 발생했을 때, 지락(접지)전류의 크기는 그것을 이루고 있는 전원공급 계통 즉, System 에 따라 달라지고 또한 지락된 곳의 접지 저항의 크기에 따라 달라지므로 얼마라고 특정할 수가 없다.
- 저압계통의 배전 시스템은 접지 방식상 비 접지 방식(3상3선식)과, 직접접지 방식(3상4선식)으로 구분되며 완전 지락 상태에서 비 접지 방식은 그 크기가 아주 미세(0.2~0.5A) 하거나 거의 전류가 흐르지 않으며, 직접접지방식은 거의 단락과 같은 크기의 전류가 흐르게된다.

⑤ 구속(Locked Rotor)보호

- 전동기가 기동을 하지 못하거나 운전 중 어떤 원인에 의해 회전자가 회전을 하지 못한 상태를 구속(Locked Rotor)이라고 하며 이때 전동기에 흐르는 전류는 [정격전류의 6배](#) 정도가 흐르게 되고 그 상태가 오래 지속되면 전동기는 소손하게 된다.
- 보호 계전기는 기동시에 이와같은 과도한 전류가 발생하면 그 전류를 감지하여 즉시 전원을 차단하며 전동기를 보호한다.
- 이와 유사한 개념의 Shock/Stall 보호 기능은 전동기가 운전 중에 갑자기 정상 운전 전류의 180% 이상 흐를때 이를 감지하여 모터를 정지 시키는 기능으로 콘베어벨트, 크라셔, Mill 등의 장비가 어떤 장애물로 인하여 원 할한 가동이 안될 때 매우 유용한 보호 기능임.

⑥ 불평형(Current Unbalance) 보호

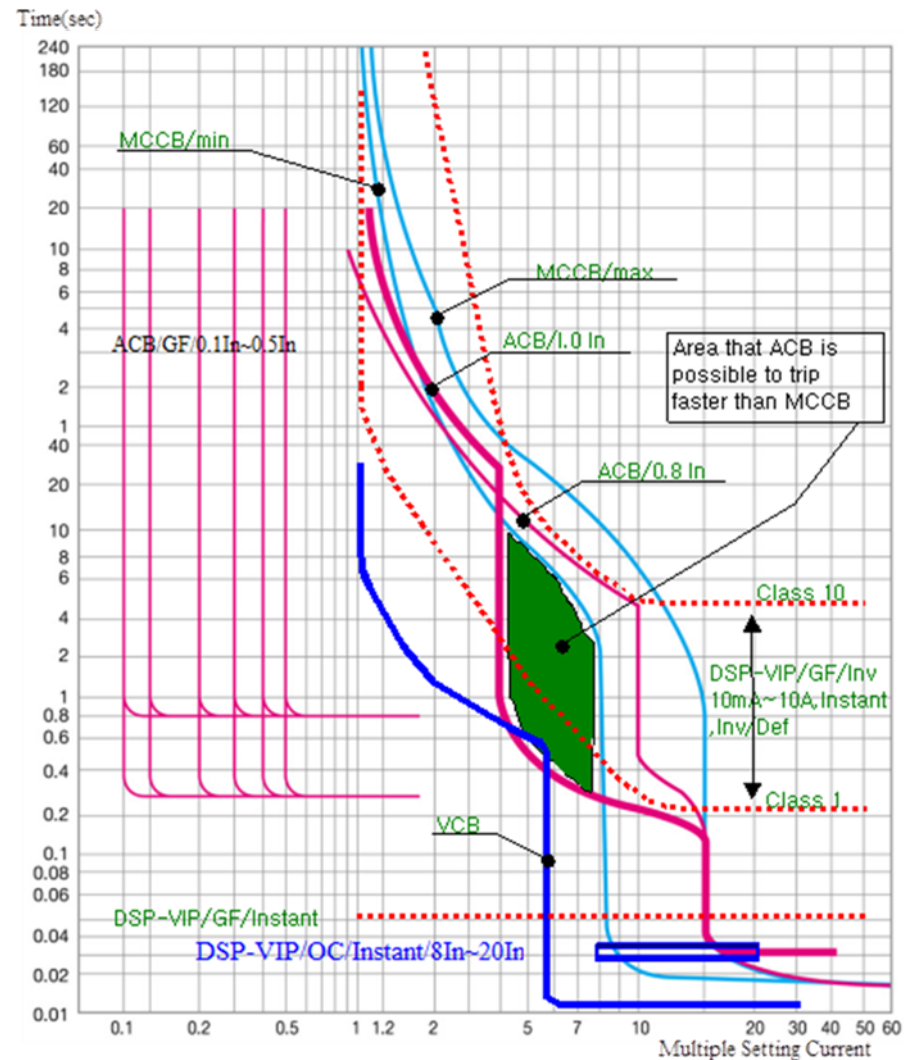
- 전동기에 3상 전류가 흐를 때 각 상전류 상호간 편차가 많으면 이때 발생된 역상 요소에 의한 과도한 열이 발생하여 전동기의 절연 약화를 초래하며 궁극적으로는 소손에 이를 수 있음.

- 불평형의 주된 원인은 모터 권선 자체의 불균형(희박한 케이스), 부하측에 단상 부하를 과도하게 인가하거나 외부적인 요인으로서는 전동기로 공급되는 전선의 이상으로 전동기에만 공급되어야 할 전류가 다른 곳에 공급되는 경우, 콘택터의 접점 마모로 마모가 심한 극의 전류 통전량이 다른 상에 비해 과도하게 적은 경우, 등을 들수 있음.
- 보호계전기는 $[(\text{최대상 전류} - \text{최소상 전류}) / \text{최대상 전류}] * 100[\%]$ 에서 통상적으로 전류편차가 50%이상이 되면 8초에 동작하여 전원을 차단한다.

⑦ 단락(Short Circuit) 보호

- 모터에서 단락이 발생하는 주된 요인은 모터내 권선간의 절연 약화로 인한 층간 단락, 베어링이나 샤프트의 휨 현상 등으로 인한 고정자와 회전자간 마찰에 의한 권선 손상, 외적으로는 선간 단락 ,등에 기인함.

- 보호계전기의 단락 보호라 함은 단락 발생을 근본적으로 방지하는것이 아니고 단락사고 발생시 전원 단으로의 사고 파급을 신속히 차단하는 역할이며 동작 시간은 0.05초 이내인 순시 특성을 요함.



4. 모터 보호 계전기 분류

다음의 모터보호 계전기 등급 분류는 국내외 규정에서 규정하고 있지 않으나 국내 제조사가 통상적으로 편의상 자체 분류하고 있는 현황임.

Basic	Low		Medium		High-End		
TOR	IE	2E	3E	4E	5E	6E	7E
Over Current							
Mech.		Phase Loss					
			Reverse Phase				
				Ground Fault			
					Short Circuit		
						Voltage	
				Temp			
		Analog					
	Digital						
				485/422.Modbus/Ethernet			
				Intellegent Function			
Electronics Motor Protection Relay							

5. 모터 보호 계전기 소개 : Low Voltage/SamWha DSP

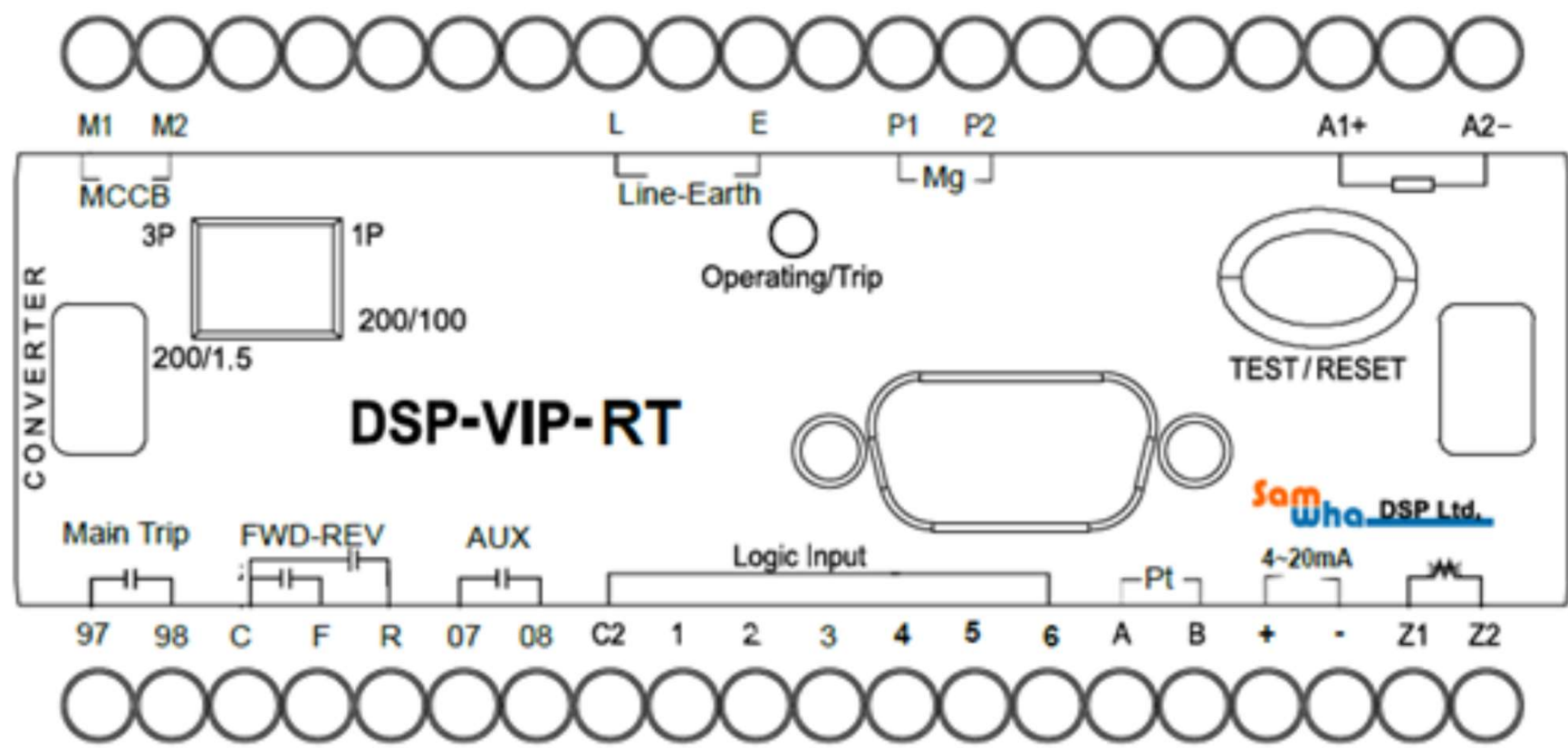
등급	제품명	주요 특징
▶ 모터보호계전기		
7E	VIP-PM/PL	*동작 요소:전압,전류,온도,지락전류 *순간정전 재기동
6E	VIP-RTM/RTL	*동작 요소:전류,온도,지락전류 *모터전원 인입선로 절연저항 측정 *순간정전 재기동
5E	VIP-5 Series	*동작 요소:전류,지락전류 *순간정전 재기동
	DSP-CSM/CSL	*동작 요소:전류,지락전류
	DSP-POM/POL	*동작 요소:전압,전류,지락전류
4E	DSP-C Series DSP-A Series	*동작 요소:전류,지락전류,온도

등급	제품명	주요 특징
▶ 응용 계전기		
5E	DSP-POM-SG	*동작 요소:전압,전류,지락전류 *지락전류 검출:순수 저항성분 전류 $I_{OR}=I_{ZCT} * \cos \theta$
4E	DSP-AOM-N	*정,역운전 스위치 내장 *동작 요소:전류,지락전류
Special	SDTR-P	*디지털 순간정전 재기동 리레이
	DVR	*디지털 전압 계전기
	DCR	*디지털 직류전류 검출 리레이
	VPR	*전압 위상 리레이
	SSR	*무접점 리레이

6. 절연저항 측정 겸용 모터 보호 계전기 원리

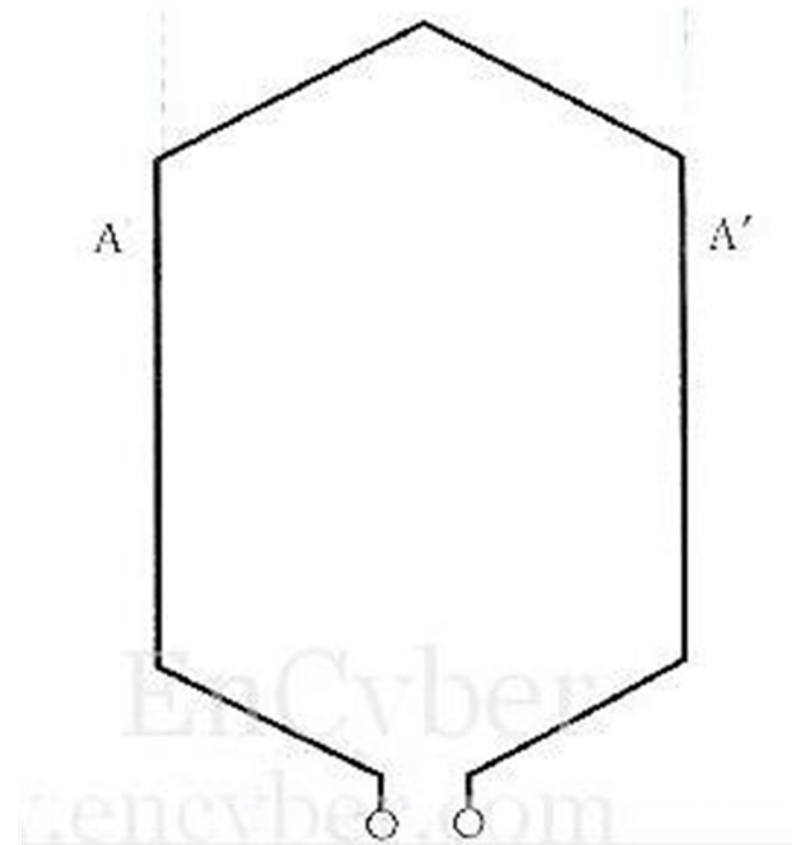
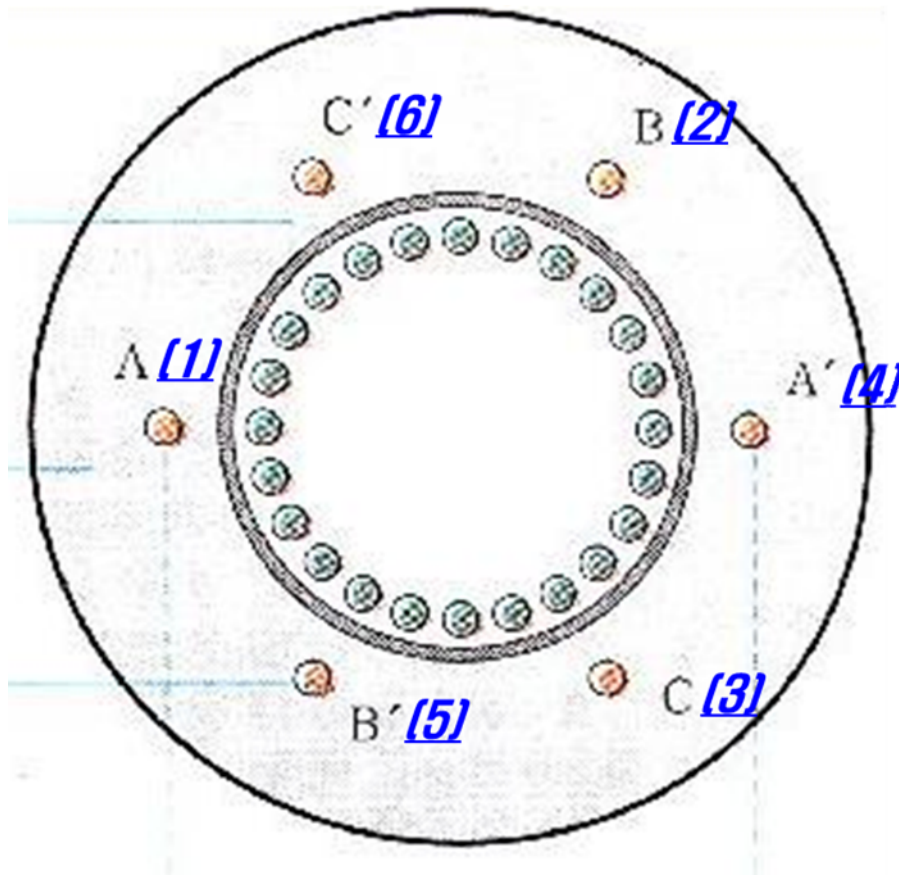
① 기능

- 모터 정지시 : 500VDC 전압을 발생시켜 모터 인입 선로와 대지간 절연저항을 측정함
- 모터 운전시 : 본연의 모터보호 및 계측 기능
- 계전기 입출력 현황

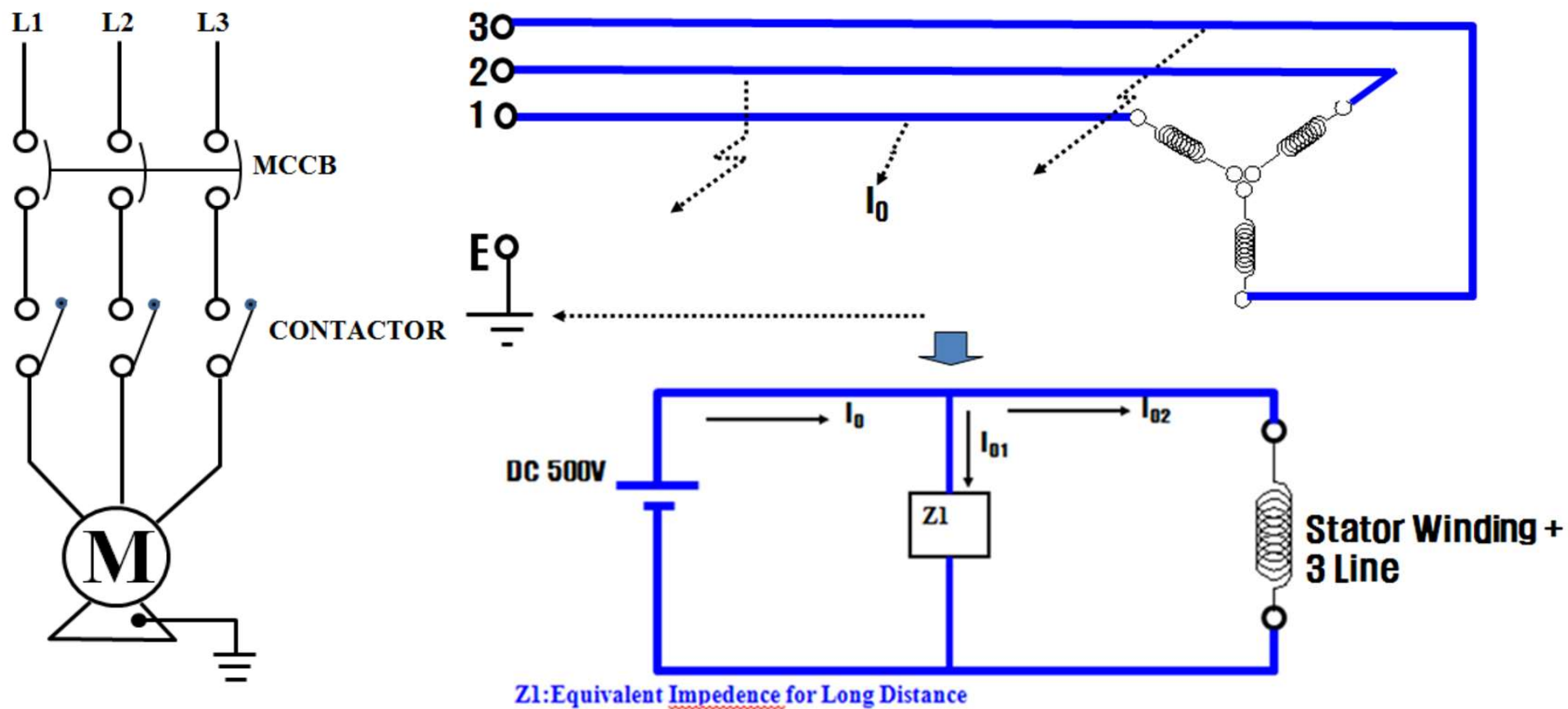


② 절연저항 측정 논리

■ 3상 유도전동기 권선 구조



■ 모터 전원 인입점 MCCB 이후 등가 회로



■ 절연저항 계산

Basically, Insulation Resistance: $R_{(W+L)} = 500 / I_0$

➤ At reasonable distance : $I_0 \approx I_{01}$ (Z1 is not considered)

➤ but, in case of long distance → need to review Z1 between Line and Earth

Let's, $V = I * R$, $I_0 = I_{01} + I_{02}$, $I_{01} = I_0 * [R_{(W+L)} / (Z1 + R_{(W+L)})]$

$\therefore I_{02} / I_0 = (I_0 - I_{01}) / I_0 = [1 - I_{01} / I_0] = 1 - R_{(W+L)} / (Z1 + R_{(W+L)})$,

Hence, $R_{(W+L)} / Z1 + R_{(W+L)} < 1$, Therefore $I_{02} \neq 0$, also $I_{02} < I_0$

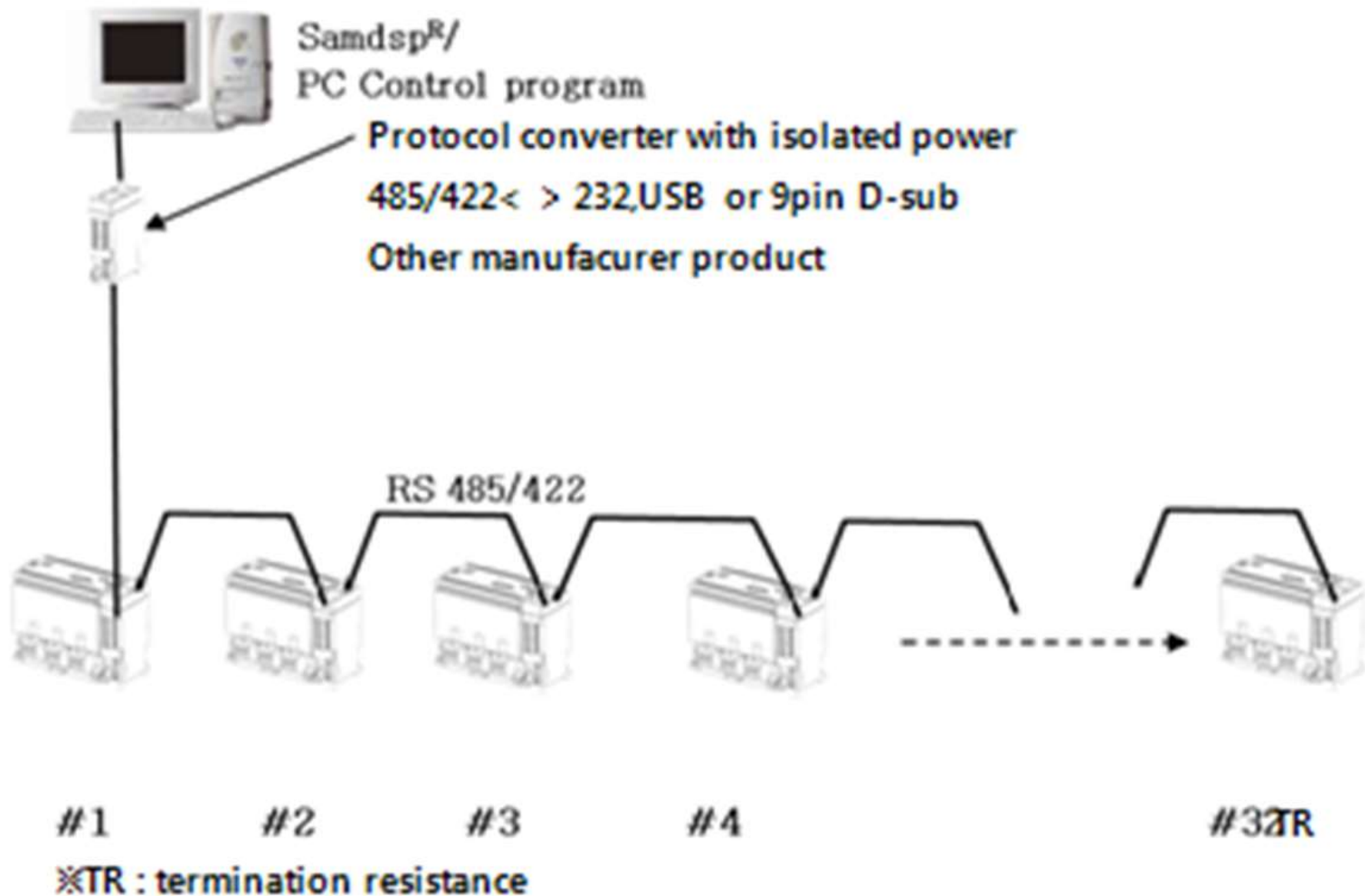
➤ Understanding : 장경간 선로의 경우 VIP가 측정한 절연 저항값은(I_{02} 기준 측정값) 실제값(I_0 기준 측정값) 보다 낮게 (Lower) 나타 나겠으나 값은 0(Zero) 이 아님

*Measuring range : 0.1MΩ~200MΩ/actual

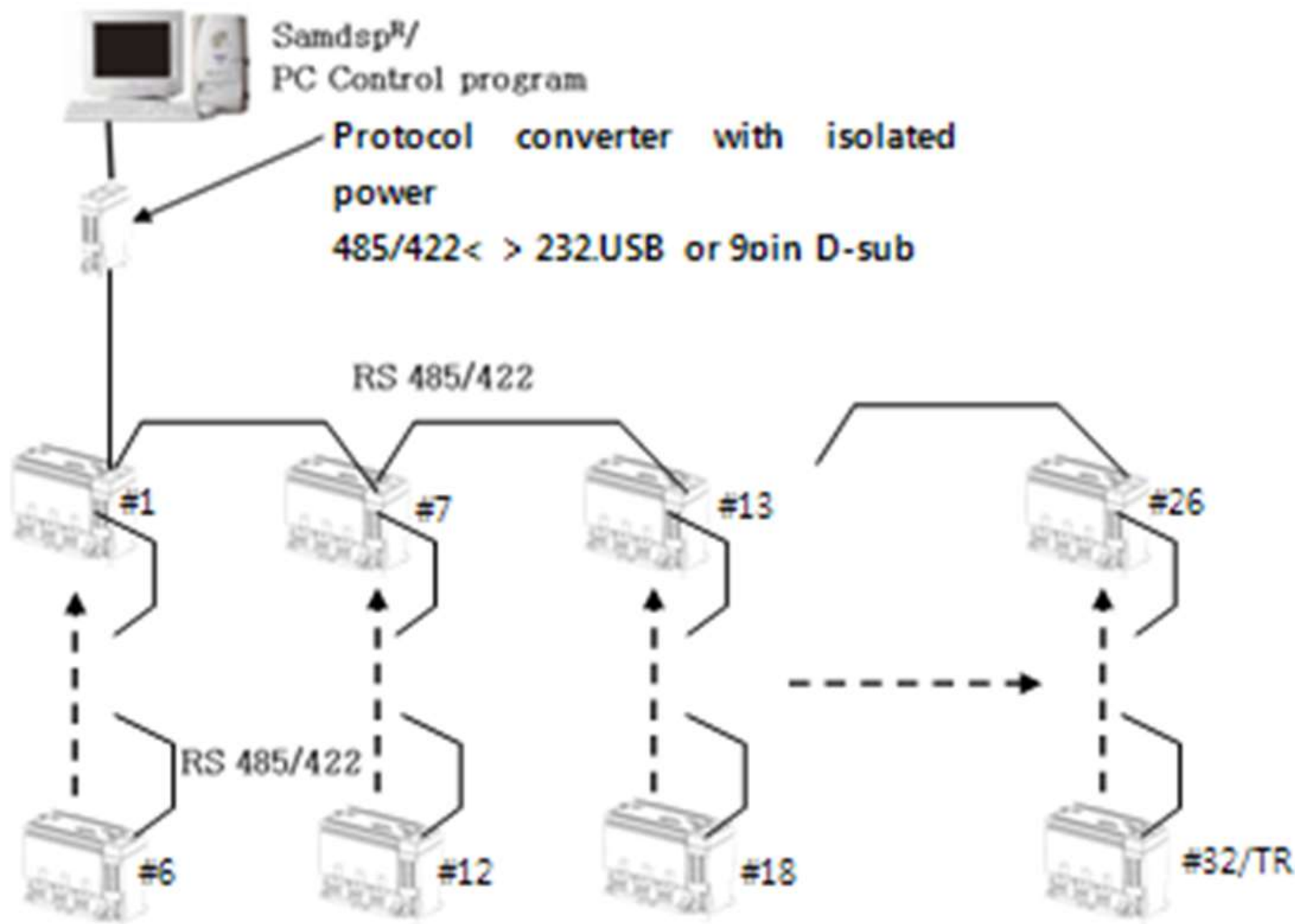
*Allowable tolerance: $R \leq 1M: \pm 0.05 M$, $1M < R \leq 50M: \pm 5\%$,
 $50M < R \leq 200M: \pm 10\%$,
 $200M < R < 500M: \text{available range}$

6. 모터보호계전기의 Network 관리/예방정비 실현

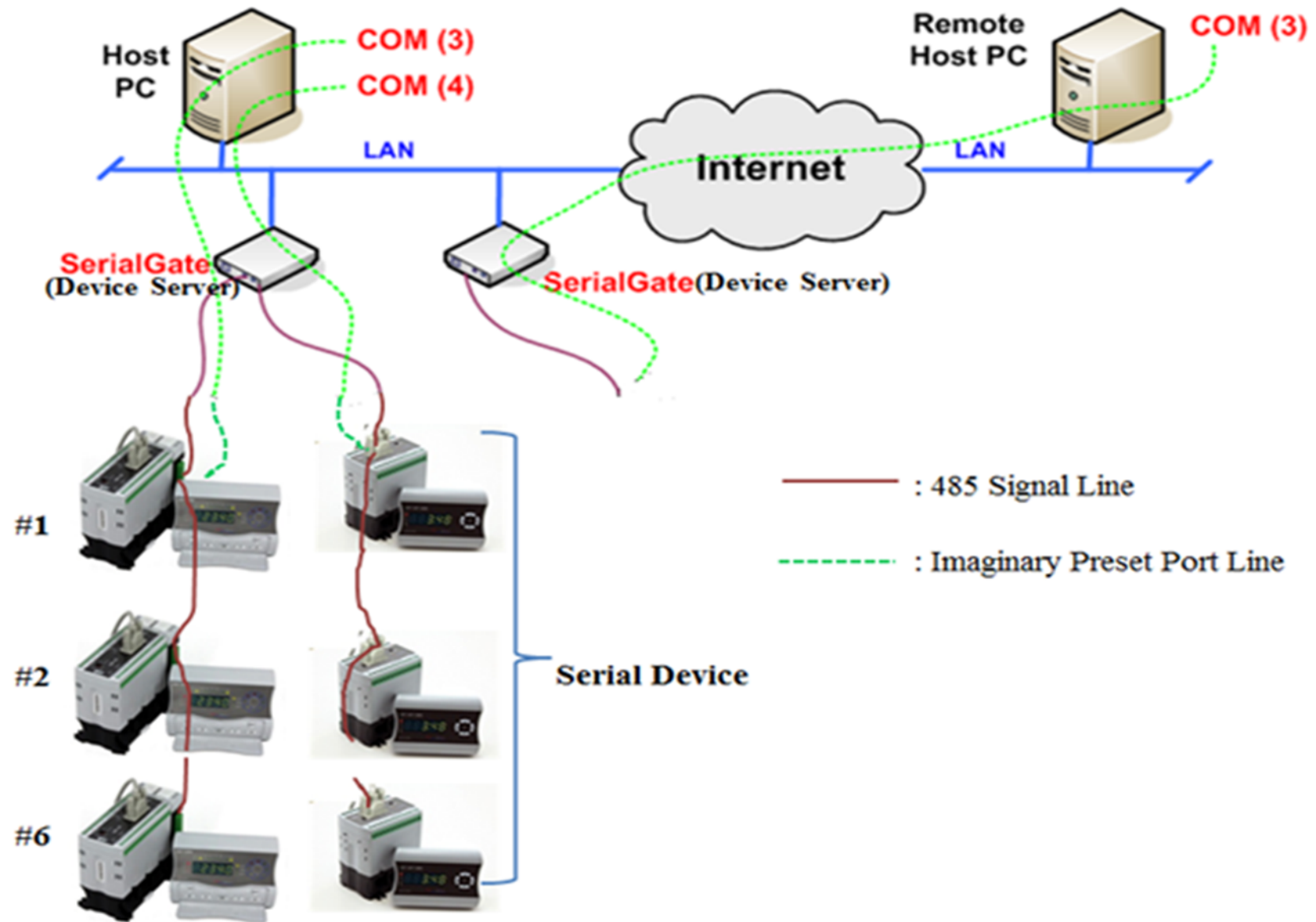
- Multi-Drop Serial Wiring 예시



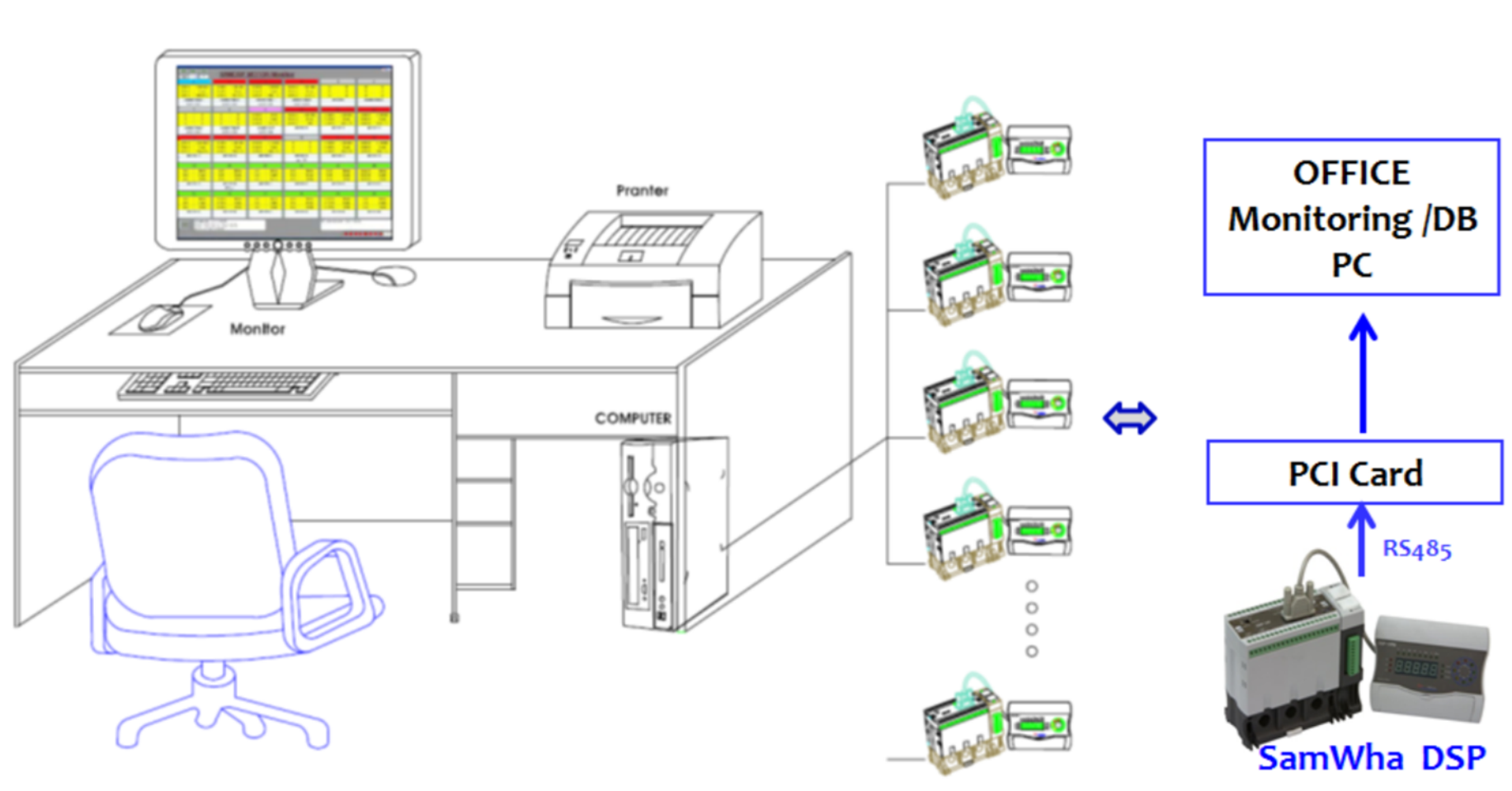
■ Multi-Drop Serial - Parallel Wiring 예시



■ Ethernet-Serial Multi-Drop Wiring 예시



■ 모터 운전 데이터의 Data Base 구축



■ Data Base 운용 Software: “samdspdb” 의 Operational Window

SAMDSP MOTOR Monitor

COM Mon Set
Page 1 97

1	2	3	4	5	6
0.44 A 2.06 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 488.4 °C samwha Pump 1 A2012-001	0.44 A 2.06 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 491.4 °C samwha Pump 2 A2012-002	0.44 A 2.09 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 489.1 °C samwha Pump 3 A2012-003	0.44 A 2.07 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 27.8 °C samwha Pump 4 A2012-004	0 0 0 0 0 0 MOTOR 5	0 0 0 0 0 0 samwha Pump 6
7	8	9	10	11	12
0 0 0 0 0 0 samwha Pump 7 A2012-007	0 0 0 0 0 0 samwha Pump 8 A2012-008	0.91 A 218V 0.92 A 0 mA 0.91 A 24.4 °C samwha Fan 9 A2012-009	0.44 A 2.09 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A RM MOTOR 10	0.44 A 2.08 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 488.4 °C MOTOR 11	0.44 A 2.09 MΩ 0.44 A 0 mA 0.46 A 479.2 °C MOTOR 12
13	14	15	16	17	18
0.44 A 2.07 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 492.2 °C MOTOR 13	0.44 A 2.06 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 490.7 °C MOTOR 14	0.44 A 2.13 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 508.3 °C MOTOR 15	0 0 0 0 0 0 MOTOR 16 qw_123	0.44 A 2.06 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 489.9 °C MOTOR 17	0.44 A 2.10 MΩ 0.44 A 0 mA 0.45 A 488.4 °C MOTOR 18
19	20	21	22	23	24
0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 19	0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 20 #20_1	0 A None 0 A 0 mA 0 A None MOTOR 21	0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 22	0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 23	0.32 A None 0.32 A 0 mA 0.32 A CCM MOTOR 24
25	26	27	28	29	30
0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 25	0.30 A None 0.30 A 0 mA 0.30 A CCM MOTOR 26	0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 27	0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 28	0.37 A None 0.37 A 0 mA 0.37 A CCM MOTOR 29	0 A None 0 A 0 mA 0 A CCM MOTOR 30

DB #9 Alarm ==> 10,6 11:46:56
#3 PC TEMP AH ==> 10,6 11:49:14
#1 PC Current AH ==> 10,6 11:49:39
#3 OK ==> 10,6 11:50:05

#7 Comm error ==> 10,6 11:46:43

TCP

■ 구축된 DB Data 의 Excel Format

Date	L1[A]	L2[A]	L3[A]	EC[A]	Temp[C]	Run Time[Hr]	Main Cn[N]	Run(RM)	IR[M]
2012.10.15 12:45:04:67	0	0	0	0.067	31.3	0.100000001	250	0	2.26
2012.10.15 12:45:12:06	0	0	0	0.066	31.7	0.100000001	250	2	2.26
2012.10.15 12:46:20:32	0	0	0	0.066	31.7	0.100000001	250	2	2.26
2012.10.15 12:51:05:32	0	0	0	0.066	31.8	0.100000001	250	2	2.26
2012.10.15 12:51:11:07	0	0	0	0.066	31.7	0.100000001	250	0	2.26
2012.10.15 12:51:14:07	0	0	0	0.067	31.7	0.100000001	250	2	2.26
2012.10.15 12:51:21:07	0	0	0	0.066	31.8	0.100000001	250	0	2.26
2012.10.15 12:51:36:09	2.07	2.17	2.1	0.066	31.7	0.100000001	251	2	2.26
2012.10.15 13:16:28:31	0	0	0	0.066	32.7	0.100000001	251	0	2.26
2012.10.15 13:16:32:04	2	2	1.99	0.066	32.8	0.100000001	252	2	2.26
2012.10.15 13:24:09:62	2.03	2.12	2.08	0.065	34.8	0.100000001	253	2	2.26
2012.10.15 13:24:21:07	0.05	0	0	0.066	34.1	0.100000001	253	0	2.26
2012.10.15 13:27:51:73	0	0	0	0.065	34.4	0.100000001	253	0	2.26
2012.10.15 13:36:48:39	0	0	0	0.066	34.4	0.100000001	253	0	2.26
2012.10.15 14:06:02:53	2.11	2.09	2.09	0.066	34.2	0.100000001	254	34	2.26
2012.10.15 14:07:04:07	0.07	0.06	0.07	0.066	33.7	0.100000001	254	0	2.26
2012.10.15 14:07:41:01	2.12	2.08	2.07	0.066	34.8	0.100000001	255	2	2.26
2012.10.15 14:08:00:00	2.09	2.16	2.02	0.066	34.9	0.100000001	255	0	2.26
2012.10.15 14:09:40:03	0	0	0	0.066	35.8	0.100000001	255	0	2.27
2012.10.15 14:09:57:03	0	0	0	0.066	35.7	0.100000001	255	0	2.27

■ 구축된 DB Data 의 Typical Graphic Analysis



■ 제품 사진



■ 현장 사진



a university bringing up

**TALENTED PEOPLE
LIKE CULTIVATING FOREST**

Thank You