

현장기술자를 위한 유도전동기의 해석 및 고장보호기술 ③

글/유 상 봉 용인송담대학 전기설비과 교수/기술사
 전 명 수 일렉컨설팅 대표/기술사
 김 정 철 태정시스템/기술사

8. 유도전동기의 보호 협조 사례

실제 산업현장에서 전동기 전용 Digital 보호 계전기(MPR)를 사용한 예를 들면 다음과 같다.

8-1. 전동기 데이터

- 용도 및 정격 : Blower motor 330kW
- Full load current: 58A
- Starting current: 423A at 100% Voltage
- Permissible safe stall time from cold condition

: 23 sec

· Permissible safe stall time from hot condition

: 15 sec

· Starting time: 10 sec at 100% voltage

· Stall condition: 4.0 pu

· PF: 150A SIBA

8-2. 보호 계전기

- Model: MPR 3E5
- Manufacturer: P & B Engineering

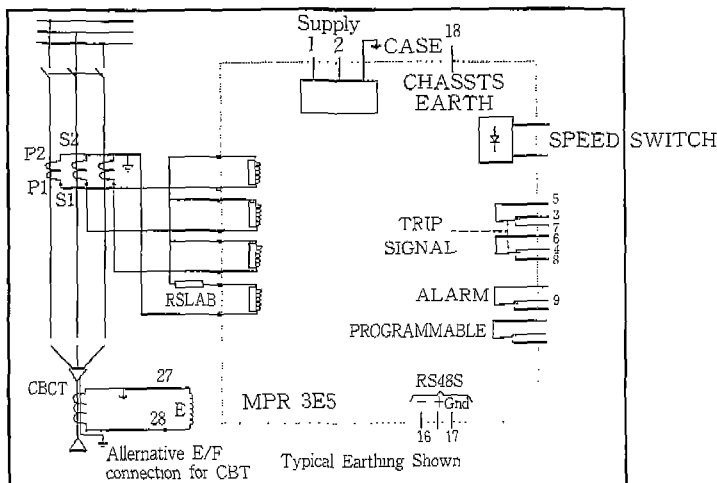


그림 14 Connection Diagram for use with 3 line CT's and alternative core balance CT

8-3. Calculation

- CT: 100/5A
- Core balance CT: 50/5A

Time Factor $t6x$ 는 통상 Safe Stall Time, 즉 Lock Rotor Current(LRC)가 Full Load Current(FLC)의 6배를 기준으로 한 값으로, 실제적으로 P&B Engineering Recommendation과 IEC Standards 에 기초를 두고 계산하면 다음과 같다.

$$t6x = t_A \times 0.8$$

여기서, t_A : Time to reach permissible max temp at 6 times of motor FLC in sec
 만약 Lock Rotor Current(LRC)가 Full Load

Current(FLC)의 6배 보다 더 크거나 작을 때 $t6x$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$t6x = \frac{t}{32 \times L_n \frac{P^2}{P^2 - S^2}}$$

여기서,

t : Time to be tripped at cold condition in sec

P : Multiple of FLC(per unit value)

S : Over load setting in per unit value(FLC×1.1)

그림 15와 같은 Starting Current, Thermal Limit Curve에서

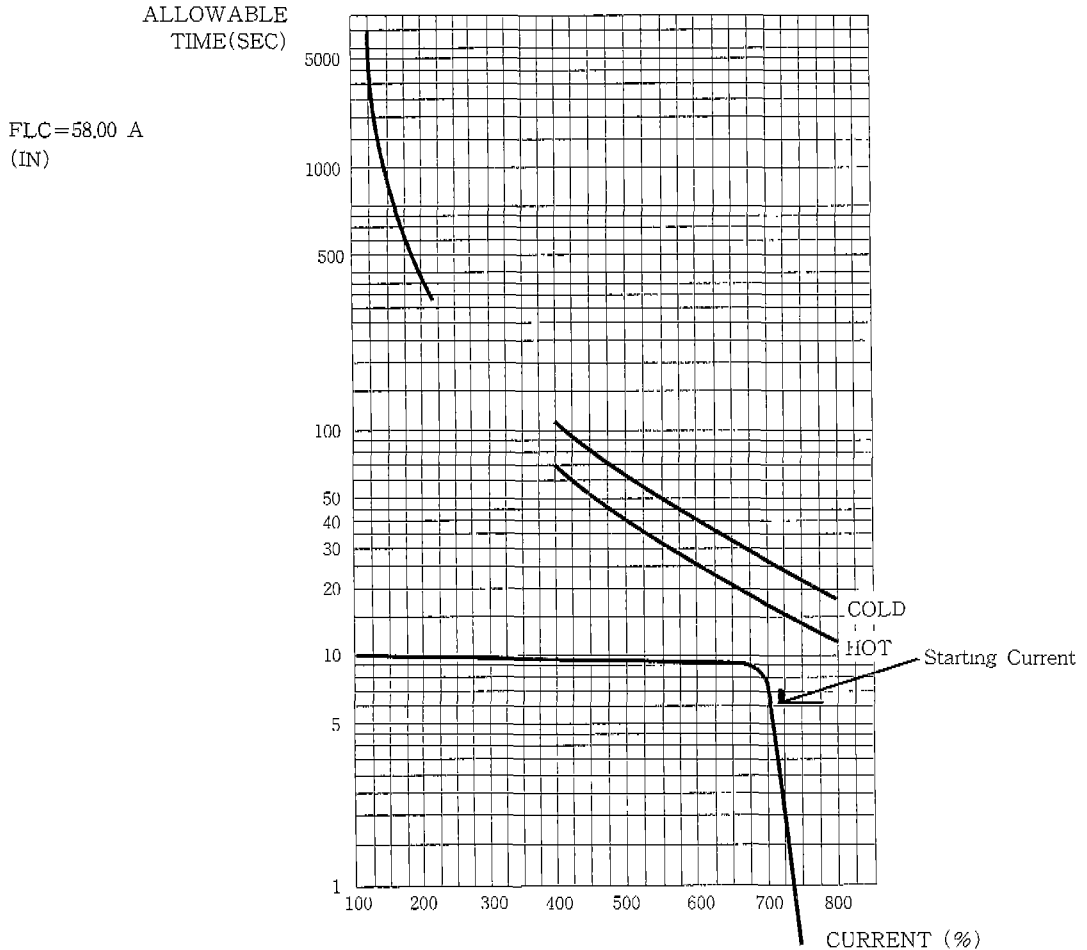


그림 15 Blower Motor(330kW) 의 Starting Current, Thermal Limit Curve의 예

• Hot/cold ratio: $15/23 \times 100 = 65.22 \dots 70\%$

• $t6x$: $23 \times 0.8 = 18.4 = 32 \times t6x \times \text{Ln}$

$$\frac{7.3^2}{7.3 - 1.1^2} = 0.735 \times t6x$$

$$t6x = 25.035 \dots 25 \text{ sec}$$

MPR 3E5를 CT 2차전류 5A로 선정하여 사용하면(즉, Dip Switch가 5A로 되어 있으면 별도로 5A를 고려하여 계산할 필요가 없다).

• Full load current: $58 \times \frac{1}{100} = 0.58 \dots 0.58$

Earth Fault Current I_g 는

$$I_g = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_N + 3R_g}$$

여기서, E_a : Phase voltage

Z_0 : Zero sequence impedance

Z_1 : Positive sequence impedance

Z_2 : Negative sequence impedance

R_N : Neutral ground resistance

R_g : Earth fault resistance

로 구할 수 있으며, 여기서는 416kV 회로에서 지락시 검출된 Earth Fault의 Target Level을 다음과 같이 설정하였다.

416kV Motor cable connected to S/S "V" bus

Trip: 10% of ZCT primary current

$I_k = 5A$ $t_k = 0.1\text{sec}$

그러므로, MPR 3E5의 Core Balance CT 2차전류를 5A로 선정하여 사용하면 (Dip Switch 5A Setting)

• Earth fault current: $5A \times \frac{1}{50} \times 100 = 10\% \dots 10\%$

• Earth fault time : 0.1 sec

NEMA(Standard MG1-14) 에서는 Derating Factor를 3% 불평형 전압에서는 Name Plate Capacity의 0.9, 4.4% 불평형 전압에서는 0.8을 제시하고 있다.

또한, 3%의 전압 불평형은 전동기의 역상회로 임피던스 때문에 역상전류를 정상전류의 15~20% 흐르게 한다. 그러므로 NPS 전류 Setting은 전동기 역상회로 임피던스와 거의 같은 15%를 설정한다.

• NPS: $I_s = \text{Starting current/Full load current}$

$$= \frac{423}{58} = 7.3 \text{ pu}$$

그러므로, $Z_{M2} = \frac{1}{7.3} = 13.7\% \dots 15\%$

• Low set O/C %FLC: 300%

• Low set O/C time: 0.5 sec

• High set O/C %FLC

: 통상, FLC $\times 12 \dots 1200\%$

• High set O/C time: 0.1 sec

8-4. Check

$t6x$ 는 전동기의 Hot Condition 일때 값이 Cold Condition 에서와 같이 적당한지 아닌지 다음과 같이 계산하여 검토하여야 한다.

$$t = 32 \times t6x \times \text{Ln} \frac{[P^2 - (1 - \frac{t_H}{t_C})(I_L)^2]}{P^2 - S^2}$$

여기서,

t : Time to be tripped at cold condition in sec

t_C : Cold thermal withstand time in sec

t_H : Hot thermal withstand time in sec

P : Multiple of FLC (per unit value)

S : Over load setting in per unit value

I_L : Per unit motor running current prior to over load

만약 Setting치가 다음 두 조건을 만족한다면 Setting Time t 는 전동기 보호를 위하여 만족된 값이라고 할 수 있다.

$$t < t_H \text{ and } t < t_s$$

여기서, t_s : Motor starting time

따라서, 다음과 같이 Rotor의 구속전류는 7.3 pu 이고, MPR 3E5의 Trip시간은 Hot Condition에서 15 sec 보다 적어야 한다.

동시에 t_c (13.86 sec) 는 기동시간 (10 sec) 보다 약간 더 길어야 한다.

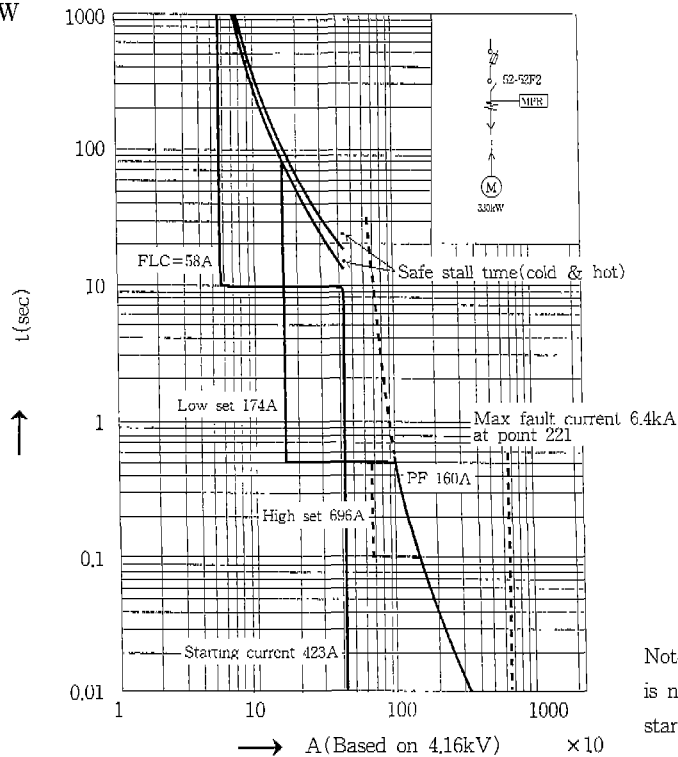
$$t_c = 32 \times 25 \times \text{Ln} \frac{7.3^2 - 0.3}{7.3^2 - 1.1^2} = 13.86 \text{ sec} < 15 \text{ sec}$$

8-5. Setting Value

Data Displayed	Parameter Range	Step	Setting Value
t6x Setting	1 - 120 sec	1 sec	25
FLC	0.5 to 1.25 times CT Primary Amps	0.01	0.58
CT Primary Setting In	0.5 - 9.5A	0.5A	100
	10 - 2500A	5A	
Hot/Cold Ratio	20 - 80%	10%	70
Thermal O/L Per-alarm	50 - 99% & OFF	1%	OFF
E/Fault Current, %In	5 - 40% & OFF	1%	10
Earth Fault Time	0.0 - 1.0 Second	0.1 sec	0.1
NPS Current, %FLC	15%, 30%, & OFF		15
Low Set O/C %FLC	200%, 300%, 400%, & OFF		300
Low Set O/C Time	0.5 - 5.0 secs	0.5 sec	0.5
High Set O/C, %FLC	200 - 1200% of In & OFF	50%	1200
High Set O/C Time	0.0 - 1.0 Second	0.1 sec	0.1
Undercurrent, %FLC	20 - 96% & OFF	5%	OFF

8-6. Relay Coordination Curve

Blower Motor 330kW



(그림 16) Blower Motor(330kW)의 보호협조(MPR)의 예

9. 결론

상기와 같이 실제로 산업현장에서 실무에 종사하는 전기기술자를 위하여 유도전동기의 해석 및 고장 보호 기술에 대하여 해설하여 보았다.

유도 전동기의 과부하 및 온도상승은 현장에서 소홀하게 다루어 왔던 역상 회로 해석과 불평형 전압의 영향 등을 검토하여야 하며, 확실한 고장 보호를 위해서는 먼저 전동기 Maker에서 Starting

Current, Thermal Limit Curve 및 관련자료를 입수한 다음, 보호계전기 Maker 의 기술자료를 토대로 보호협조 계산 및 Setting치 결정, Relay Coordination Curve 작성 등을 통하여 전동기 보호계통의 사고를 줄이고, 설비의 수명연장 및 공정의 안정화를 기할 수 있으리라 생각된다.

♣ 본고의 내용은 김정철著 「자가용 전기설비의 모든것 더하기」에 의거하였음



알뜰센스

절약지침 10가지

1. 돈을 무상으로 얻지 않는다.

돈은 살아가면서 수단으로써 필요한 것이지만 그 자체가 인생의 중심가치는 아니다.

돈만 좇다 보면 진정으로 중요한 것을 잃을 수도 있다.

돈에 소연해지는 노력이 필요한 때가 아닌가 싶다.

2. 행복의 개념을 바꾼다.

우리가 돈을 중요시하는 것은 궁극적으로는 행복해지기 위해서이다.

하지막 부자라고 해서 행복하고 가난하다고 해서 불행한 것은 아니다.

우리 가정의 행복을 위해서 진정으로 필요한 것이 무엇인지, 내가 원하는 삶이 어떤 삶인지 그 개념을 바꾼 세워야겠다.

3. 자족하는 마음을 배운다.

사상은 궁핍한 상황에서도 자유로울 수 있다.

어려울 때인수록 가족간의 사랑과 위호가 힘이 될 수 있다.

4. 가정에서 “아나바다”를 실천한다.

아껴쓰고 나눠쓰고 다시쓰는 것을 가정에서부터 실천한다.

5. 삼사일매(三思一買)를 실천한다.

세번 생각하고 난 뒤에 한번 구입하려는 뜻으로 구매에 있어 신중을 기하는 습관을 들여야 한다.

6. 가정경제회의를 개최한다.

가족이 함께 지출계획서를 작성하여 매주 가족이 한데 모여 경산회의를 하고 예산을 책정한다.

7. 이달의 알뜰상을 시상한다.

한 달 동안 절약을 성실히 실천한 사람을 뽑아 상을 수여한다.

절약은 습관이고 그 습관은 가정에서의 착습으로 익혀지는 것이니 꾸준한 절약 습관의 기쁨을 많이 맛들어 주어야 할 것이다.

8. 불운소득을 기대하지 않는다.

복권이나 경품, 부동산 투기나 불평요한 신용카드 등은 멀리 하자.

부당한 방법으로 얻은 돈은 쉽게 탕진하게 되어 있다는 이치를 잊지 말자.

9. “하나배기”전력을 시도한다.

♡ 전등 한 등 끄기

♡ TV 한시간 텅보기

♡ 물 한쌍을 텅 쓰기

♡ 겨울철 실내 온도 1도 내리기

♡ 빨찬 한 가지 줄이기

♡ 휴지 한 칸 텅 쓰기

♡ 전화 통한 1분 줄이기

10. “하나 더하기”전력을 시도한다.

♡ 적금통장 하나 더 만들기

♡ 폐품 하나 더 재활용하기

♡ 사랑한다는 말 한번 더하기

♣ 위 내용은 기독교가정사역연구소 제언 <가정경제를 위한 10가지 지침>을 참고하였습니다.