

온도변화가 보호계전기 동작특성에 미치는 영향

이간운, 이영수, 박문동, 차재만
한전기공(주) 원자력 기술 연구원

Characteristics Change of Protective Relay in accordance with Temperature

Kan Woon Lee, Young Soo Lee, Moon Dong Park, Jae Man Cha

Abstract-Electro mechanical type protective relay have an influence on the characteristics of the operation due to the change of coil impedance in accordance with the change of the temperature. We found out through an electrical test how many characteric changes are made when we change the temperature according to the types of protective relay. The result is that the protective relay operated by vactor is influenced by temperature.

1. 서 론

보호계전기의 동작특성에 영향을 미치는 요소로는 입력 전기량의 크기, 위상, 주파수, 입력전압 및 전류의 찌그러짐 과 주변환경 요소인 습도, 온도 등을 들 수 있다. 계전기 허용오차 범위 내에서의 입력원의 특성과 계전기 사용조건 등을 설정 해줌으로써 정상적인 동작 한계를 보증하고 있다[1]. 한편 전력계통에 설치 사용 중인 보호계전기의 주기적인 건전성 확인을 위한 현장시험에 사용되는 시험장비의 경우 출력전원의 특성이 매우 우수하여 시험전원이 계전기 동작특성에 별 영향을 미치지 않으나, 환경적인 요인인 온 습도의 경우 계절적인 차이와 운전과 정지 중일 때의 코일의 발열로 인한 동작 코일의 온도차가 발생되며 이로 인한 허용오차 범위를 벗어나거나, 교정 등 그릇된 판단과 조치로 운전 중일 때의 동작특성 변화로 인한 오 동작을 일으킬 수 있고 계전기교체 등으로 보호시스템의 신뢰성 저하와 경제적 손실 등을 야기 시킬 수 있다.

따라서 본 논문은 전자 기계식 보호계전기(Electro Mechanical Type)의 온도변화에 대한 동작특성의 변화를 확인하고 시험조건을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 온도 특성

보호계전기의 동작요소로서 전력전자소자를 이용한 정지형이든 유도코일을 이용한 전자 기계식이든 간에 주위 온도에 영향을 받아 계전기의 동작특성이 변화하게 된다. 특히 정지형 경우는 전력전자 소자를 사용하므로 인하여 온도 의존성이 매우 높으나, 특수한 환경조건을 제외하고는 대부분의 경우 실내 배전반에 설치 사용하므로 주변온도가 계절적인 요인으로 인한 차이는 있으나, 통상 10℃에서 28℃이내 설치 사용되고 있고 이 환경조건에서는 정지형의 경우는 큰 특성변화에 별문제가 없다.

한편, 전자 기계식인 유도형 및 가동철심형 등에서는 주변온도뿐만 아니라 유도코일의 발열로 인하여 8℃~20℃이상 온도가 상승하므로 동작특성에 변화를 줌으로써 계전기의 오차가 증가하여 허용 한계치를 초과하는 경우가 생겨 보호시스템에 신뢰를 기하기가 어려워지게 된다.

다.

특히, 이 온도변화에 대한 영향은 유도코일의 소비전력이 큰 것일수록 많은 영향을 받게된다. 이는 전원인가 시 발열로 인하여 코일의 저항성분이 증가하게 되어 동작코일 또는 억제코일의 저항변화에 따른 임피던스 변화를 야기 시키고 이로 인하여 동작특성인 최소 동작치, 동작시간 및 동작위상의 변화를 초래한다.

2.2 실험

온도증감에 따른 동작특성변화를 고찰하기 위한 피 시험 전자기계식 보호계전기의 종류는 다음과 같다.

- 단일 입력요소 계전기: 과전류계전기, 부족전압 계전기, 지락 전압 계전기

- 이량 입력요소 계전기: 동기점검계전기, 비출 차동계전기, 전압억제형 과전류 계전기 및 옴셀 모호형 거리 계전기 등 총 8 종 15개에 대해 시험하였다.

시험환경으로는 실제 설치되어 있는 환경과 가장 유사한 주위온도가 18℃~22℃와 습도 60~65%의 조건에서 냉각상태에서와 20~30분 정도 정상운전 조건과 같은 전원을 인가 유도코일을 가열한 상태에서 시험하였다. 시험용 출력전원의 특성은 다음과 같다.

교류시험 전원의 경우 60Hz 일정 주파수이며 고조파 함유로 인한 왜형율은 전압의 경우 0.04%이하이고 전류의 경우 0.13%이하인 정형파일 뿐만 아니라 피 시험용 계전기에 인가하는 설정 전압 또는 전류원은 크기는 불변이며, 직류의 경우 리플 성분이 전혀 없는 전원을 사용하였다.

다음 그림1은 보호계전기의 전기적 특성시험을 하는 모습이다.

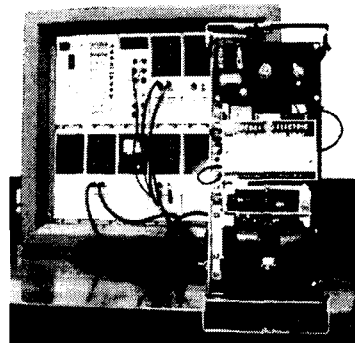


그림1. 보호계전기 특성시험

2.3 실험 결과 및 분석

2.3.1 단일 입력요소

과전류계전기, 저전압계전기 및 지락전압계전기 등 다

양한 부담별로 시험하였으나 온도변화에 대한 괄목할만한 동작특성에 변화를 일으키지 않는 것으로 나타났다. 다음 표1은 지락전압계전기의 부담별 온도변화에 대한 시험결과를 나타낸 것으로 약 8℃ 정도의 온도변화에 대해 부담이 35.2[VA]와 23.9[VA]의 탭에서 최소 동작치 및 시간특성에 미미한 변화가 있으나 이 정도의 변화는 온도가 더 상승한다 할지라도 별 문제가 없는 것으로 판단된다.

표1. 지락 전압 계전기시험 결과

TAP	온도	PU[V]	L.V	시간특성[s]		부담[VA]
				200%	400%	
16V	22℃	17.3	10	6.19	4.93	35.2
	30℃	17.6	10	6.21	4.94	
40V	22℃	41	10	6.5	4.96	23.9
	30℃	41.5	10	6.6	5.02	

2.3.2 이 입력 요소

2.3.2.1 동기점검계전기

이 입력요소 피 시험 계전기 중 동기 점검계전기는 두 계통의 동기조건 검출 계전기로 동작특성은 동 위상의 합 전압의 크기에서 동작력이 발생되며 180°위상의 차 전압에서 억제력이 발생되는 것으로 전기적 특성을 시험한 결과 다음 표2 와 같다.

표2. 동기점검 계전기 특성시험 결과

시험 온도	$V_2=120V$		동작범위		시간특성(sec)	
	Blocking 전압 (V_1)	$V_1 = V_2 = 120V$	0°	15°	0°	15°
18℃	92.33		$23.9^\circ \sim 0 \sim 338^\circ$		10.93	15.7
39℃	99.0		$22.8^\circ \sim 0 \sim 338^\circ$		12.23	19.8
동작 기준	$94 \pm 4V$		$20^\circ \pm 2^\circ$		9~11	

정격전압인($V_1=V_2$)120V을 인가하여 30분 정도 자가열을 시킴으로 유도코일의 온도를 21℃정도 상승시킨 상태에서의 시험결과 전압코일의 온도변화에 의한 임피던스의 변화로 Blocking 전압이 6.67V 상승하여 허용오차를 벗어났으며, 타임다이얼 4에서의 동작시간특성을 시험한 결과 동작시간 또한 약간의 지연됨을 볼 수 있었다. 다음 그림2은 동기점검계전기의 위상특성을 나타낸 것이다.[2]

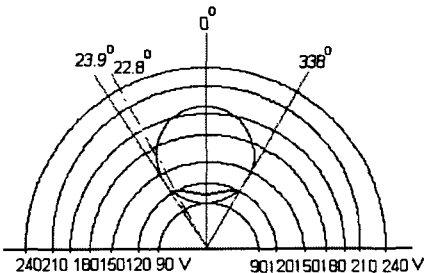


그림2. 동기점검계전기 위상특성

2.3.2.2 비율 차동계전기

부담이 2[VA]인 고속도형 비율차동계전기로 시험결

과, 입력요소인 양 전류원의 위상과는 무관하고 오직 크기의 비율특성에 따라 동작하는 계전기이므로 단일요소 계전기와 같이 8℃의 온도변화에 따른 특성변화가 나타나지 않는 것으로 볼 때 사용조건내의 온도변화에서는 영향이 없는 것으로 판단된다.

2.3.2.3 전압 억제형 과전류계전기

본 계전기는 전압 과 전류를 입력원으로 하며 동작력과 억제력의 비례관계로 동작하는 스칼라 계전기로 전압, 전류회로의 부담은 표3 과 같다.[3]

표3. 전압/전류회로 부담

구 분	HZ	W	Var	VA
전압회로	60	10.12	16.34	19.2
전류회로	60	13.0	29.65	32.4

다음 표4 는 전압 0V 및 정격전압에서의 최소 동작치 및 시간특성을 나타낸 것으로 온도 8℃변화에 동작특성 변화는 별 변화가 없는 것으로 볼 때 주위온도가 상승할 지라도 특성에 별 영향이 없는 것으로 판단된다.

표4. 전압 0V 및 정격에서의 특성시험 결과

시험 온도	억제 전압	설정탭	최 소 동작치	시간 특성(초)	
				8A	12A
22℃	0V	4A	1.0A	2.02	1.47
	115V		3.99A	3.05	1.89
30℃	0V	4A	1.03A	2.0	1.46
	115V		3.89A	3.02	1.90

2.3.2.4 음셀 모호형 거리계전기(1)

본 계전기의 입력요소로는 전압과 전류이며, 동작력은 $EI \cos(\phi - \theta) - KE^2 = 0$ 에 의해 $Y \cos(\phi - \theta) = K$ ($K =$ 설계상수)인 모호특성에 의해 동작된다. 그림3은 동작특성은 발전기 후비보호용으로 적용되는 계전기의 동작위상 특성을 나타낸 것이다.

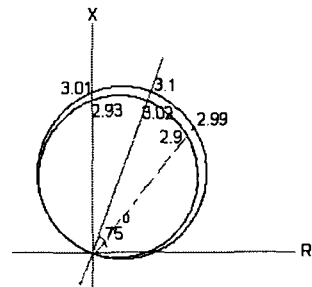


그림3 동작 위상특성

이 음셀 모호형 계전기는 설정 음셀과 억제탭(%)에 따라 부담이 변함에 따라 다음 표5 와 같은 음셀 과 억제탭(%)의 조건에서 각각 비교 시험하였다.[4]

표5. 음셀 과 억제탭 별 부담

Restraint Tap(%)	Offset[Ω]	[W]	[Var]	[VA]
100	0	13.3	7.0	15.03
25	4	11.3	3.9	11.95

다음 표6은 부담이15.03[VA]인 억제탭(%)100%, 옵션 0[Q]에서의 전기적 특성시험 결과이다. 이 경우 22℃인 냉각상태에서는 동작범위 시험에서 최대 감도각(지상 285°±1°)이 허용오차 범위내에 들어오나 자기 가열상태인 37℃에서는 조금 벗어남을 볼 수 있으며 동작전류도 기준치를 벗어나 Z[Q]인 원 직경이 증가함을 알 수 있었으며, 부담이 11.95[VA]인 억제탭 25%, 옵션 4[Q]에서 시험한 결과 유사한 특성의 변화가 나타나음을 알 수 있었다.

표6. 전기적 특성시험 결과(억제탭 100%, 옵션 0[Q])

시험 온도	270°			285°			300°		
	V	I	Z	V	I	Z	V	I	Z
22℃	55	9.4	2.93	55	9.1	3.02	55	9.47	2.90
동작범위:230°~339°(284.5°) 55V,15A									
37℃	55	9.14	3.01	55	8.85	3.1	55	9.2	2.99
동작범위:230°~337.5°(283.75°)55V, 15A									
기준	최대 감도각 : 지상 285°±1°								
동작전류 : 8.9~9.4A (55V)									

2.3.2.4 옵션 모오형 계전기(2)

본 계전기는 최대 감도각이 진상 90°의 위상 특성을 가진 계전기로 시험 조건은 표7 과 같이 억제탭100% 옵션 1[Q]에서 시험하였으며, 시험결과는 표8 와 같다.[5]

표7. 억제탭100%에서의 부담

Restraint Tap(%)	Offset[Q]	[W]	[Var]	[VA]
100	1	12.8	14.9	19.4

표8. 전기적 특성시험 결과(억제탭 100%, 옵션1[Q])

시험 온도	240°(지상)			270°(지상)			300°(지상)		
	V	I	Z	V	I	Z	V	I	Z
21℃	12.9	2*5	1.29	9.8	2*5	.98	11.3	2*5	1.13
	48.2	2*5	4.82	59.0	2*5	5.9	47.5	2*5	4.75
	동작범위: 242.5°~295.8°(50V, 2*5A) Imin=9.5A (115V,270°지상),Zmax= 6.05Q								
34℃	13.9	2*5	1.39	10.5	2*5	1.05	12.28	2*5	1.19
	49.7	2*5	4.97	62.3	2*5	6.23	49.68	2*5	4.97
	동작범위: 240°~300°(50V, 2*5A) Imin= 9.04A(115V,270°지상),Zmax=6.35Q								
기준	Imin : 9.1~10.1A (9.58A±5%)								

온도 13℃ 변화에 임피던스의 증가로 최소 동작전류가 오차범위를 벗어났으며, 이로 인해 옵션과 원의 직경이 증가함을 알 수 있었다.

2.3.2.5 역 전력계전기

역 전력 계전기의 시험 탭에서의 사양은 표9 와 같으며, 표10 은 전기적 특성시험 결과이다.[6]

표9. 역 전력 계전기 사양

정정탭	정격전류	정격전압	전류회로	전압회로
50[W]	5[A]	127[V]	6[VA]	14[VA]

표10. 전기적 특성 시험결과

시험 온도	위상특성(127V)			시간 특성TD10,진10°		
	60°	10°	320°	200%	300%	500%
21℃	1.1	0.63	0.93	10.46	5.13	2.6
	동작범위:77~ 0°~294.2 (127V, 2A)					
29℃	1.08	0.52	0.92	10.97	5.14	2.72
	동작범위:79.4 ~ 0°~294.6 (127V, 2A)					

그림5는 위상특성 및 시험결과에 대한 위상변화를 나타낸 것으로 9℃ 변화에 대해 약간의 위상 및 동작전류의 변화가 나타났다.(직선은 22℃의 특성, 일점쇄선은 29℃에서의 특성임.)

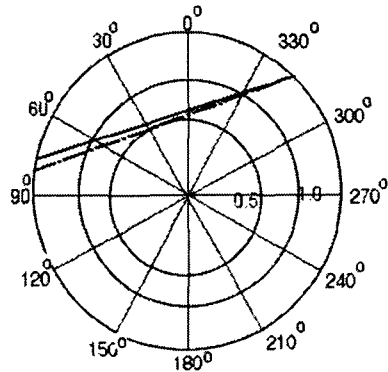


그림5 위상특성

3. 결 론

본 논문은 전자기계식 보호계전기 종류별로 정지상태에서의 주변온도와 전원을 인가하여 자기가열을 시킨 상태에서의 전기적 특성시험을 통하여 계전기 특성의 변화를 조사한 결과 전압 또는 전류원의 크기만으로 동작하는 스킨라형 계전기의 경우 온도변화가 특성에 별 영향을 미치지 않는으나, 전압 와 전류원의 크기 및 위상에 의해 동작하는 벡터량 계전기의 경우 온도변화가 특성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 부담이 클수록 그 영향이 커짐을 알 수 있다. 따라서 위상특성이 있는 계전기의 경우 전압회로의 부담이 큰 경우는 운전상태와 같은 전원을 약 20분 정도 인가하여 시험하여야 정확한 특성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 林武志, "保護繼電器 讀本", 兼知社, p11, 1988
- [2] Westinghouse "The CVE-1 Sychro-Verifier Relay", Instructions
- [3] GE Electric Protection & Control Dept, "Time Overcurrent Relay With Voltage Restraint", Instructions, p9
- [4] GE Electric Protection & Control Dept, "Offset Distance Relay", Instructions, p8
- [5] GE Electric Protection & Control Dept, "Loss-Of-Excitation Relay", Instructions, p3-4
- [6] KyongBo Electric Co, "Reverse Power Relay", p133