

디지털계전기 기반의 배전선로 보호협조 최적운영방안에 대한 연구

이상호*, 설일호**

*한전중앙교육원, **한전 전력연구원

A study on the optimum operation procedure of protection and coordination in the distribution network

Sangho Lee*, leelho Seol**

*KEPCO Central Education Institute, **KEPRI

Abstract - 최근 디지털기기의 개발 및 활발한 보급으로 전력산업에서도 운영시스템이나 설비들이 통합, 소형화되거나 다양한 기능을 보유하는 등 많은 변화가 진행되고 있다. 보호계전기 분야도 예외가 아니어서 우리나라의 많은 154kV 배전변전소에는 기존의 유도원판형(Induction disc type) 보호계전기가 점차 철거되고 기계적인 동작시간을 고려하지 않아도 되는 디지털보호계전기의 설치비중이 급속히 확대되고 있는 중이다. 하지만 아직까지 우리회사의 배전선로 보호협조 운영기준은 아날로그 유도원판형 보호계전기를 고려하여 제정되어 있기 때문에 합리적인 배전계통운영을 위하여 보호협조 운영기준도 디지털 환경에 알맞도록 개선되어야 할 것이다. 이 논문에서는 배전변전소에서 사용 중인 아날로그와 디지털보호계전기의 특성 및 차이를 비교 검토하고, 디지털 환경에 적합한 배전선로 보호협조 방안도출을 위해 '디지털계전기 기반의 배전선로 보호협조 최적운영방안'을 제시하여 보고자 한다.

1. 서 론

보호협조는 전력계통에서 발생하는 고장의 파급방지 즉, 고장점전압의 감소가 최우선 목표로 하고 있다. 배전계통에서는 주로 변전소 계전기와 재폐로차단기(Recloser)를 보호기기로 활용하고 있으며, 간혹 분기선로나 상시개방점에 자동구간개폐기(Sectionalizer)와 고장구간자동개폐기(Automatic Sectionalizing Switch)가 부설되어 있기도 하다. 이들 보호기기는 설치점의 부하측에서 고장이 발생하면 주어진 동작책무에 따라 자동으로 고장구간을 분리하여 정전구간을 축소시킴으로써 정전으로 인한 피해를 최소화하도록 운영하는 것이 보호협조의 임무이다. 완전한 보호협조를 위해서는 대상선로의 특성과 보호기기에 대한 상세한 이해가 필요하다. 지금까지는 주로 아날로그 변전소계전기를 기준으로 배전선로의 보호협조를 진행되어 왔으나, 최근들어 Digital 계전기로 상당부분 변경되고 있는 추세이다. 이와 관련하여 지금까지 적용하던 배전선로의 보호협조 시간에 대한 새로운 정의가 필요하다.

2. 본 론

2.1 배전선로용 Digital 계전기

현재 한국전력의 배전선로에 사용되는 Digital 보호계전기의 동작 특성을 살펴보면 다음과 같다.

<표 1> Digital 계전기 동작특성 및 조정범위

구분	동작 구분	동작치 정정	동작시간 정정	
			조정범위	특성
파전류 요소 (OCR)	순시 동작	20~80A (1A step)	40ms 이하 (2.4Hz이하)	순시
	한시 동작	0.5~12A (0.1A step)	0.5~10.0 (0.1 step)	반한시 및 강반한시
지락 파전류 요소 (OCGR)	순시 동작	10~40A (1A step)	40ms 이하 (2.4Hz이하)	순시
	한시 동작	0.1~2.0A (0.1A step)	0.5~10.0 (0.1 step)	반한시 및 강반한시

한국전력에서 많이 사용하고 있는 경보제 디지털계전기의 경우 국제표준인 IEC 기준에 따르고 있으나, 실제로는 과거 아날로그 계전기에 사용되었던 커브를 디지털계전기에 적용하여 ESB-VI 또는 경보유도형 강반한시(KVI)로 분류하여 사용하고 있는 추세이다.

2.2 디지털계전기의 동작 및 복귀시간특성

전국적으로 Digital계전기의 보급이 확대되어 가고 있지만, 아직까지 Digital형 계전기와 전위R/C간 보호협조를 위하여 현재 정정치침이 마련되어 있지 않다. 아날로그계전기와와의 협조시간에 가장 큰 비

율을 차지했던 Relay의 관성시간이 디지털계전기에서는 거의 존재하지 않고 <표 3>에서 보는바와 같이 복귀시간에 과거 아날로그 계전기에 비해 거의 미미한 수준임을 알 수 있다.

<표 2> 디지털계전기 동작시간특성 (GD31-A2B2, Kyong bo electric co.)

구분	정정치 (A)	동작 시간 정정	입력 전류 (%)	공칭 동작 시간 (S)	실측동작시간(S)		
					A	B	C
순시	최소 (10)		200% (20A)	40ms	28ms	26ms	27ms
강반 한시 (VI)	최소 (0.1)		200	0.135	0.161	0.164	0.163
			700	0.023	0.045	0.045	0.045
	최대 (10)		2000	0.007	0.028	0.028	0.029
			200	13.50	13.60	13.61	13.53
			700	2.250	2.267	2.268	2.261
			2000	0.711	0.733	0.728	0.733

<표 3> 디지털계전기 복귀시간 특성 (GD31-A2B2, Kyong bo electric co.)

구분	시험조건	시험기준	실측동작시간(ms)		
			A	B	C
순시	최소(10)	40ms이하	14	14	15
NI	동작치정정 : 최소(0.2) 동작시간정정 : 최대(10)	100ms이하	22	21	21
VI			21	21	21
EI			21	21	21
LI			21	22	21

2.3 디지털계전기와 리클로저(recloser) 연계시 재폐로 횟수 및 협조시간의 최적운영방안

한국전력의 배전선로의 계통운영은 전력산업의 발전과 더불어 여러가지 변화요인을 가지게 되었다.

첫째로, R/C 도입초기에는 Sectionalizer와 Fuse와의 원활한 보호협조를 위하여 R/C Sequence 2F2D를 일반적으로 사용하였다. 그러나 최근들어 배전자동화 시스템(Distribution Automation System)의 도입으로 Sectionlizer를 거의 사용하지 않게 되고, 동시에 급속한 도시화로 3상부하가 급증하여 도심에서는 단상선로의 FUSE를 이용한 보호협조를 거의 사용하지 않게 되었다.

둘째로, 점점 정전에 민감한 부하들이 많이 생겨나면서 짧은 시간의 순간고장에도 상당한 민원의 대상이 되고, 과거처럼 많은(3회) 재폐로를 통한 고장복구 시도는 자칫 더욱 심각한 고객설비의 피해를 가져오는 결과를 낳게 되기도 한다 이에따라 적절한 재폐로 횟수의 조절이 부하에따라 요구되고 있다. 마지막으로 아날로그 계전기의 복귀시간을 고려하여 시행한 Delay Curve 사용시의 재폐로시간(15초)은 정전지속시간이 너무 길어 자동화를 활용한 후속조치가 지연되게 되는 부작용이 발생되고 있다. 이에따라 디지털 보호계전기가 설치되어있는 환경에서는 배전선로 보호협조의 최적운영을 위하여 다음 사항을 개선하고자 한다.

2.3.1 보호기기간 협조시간차 변경

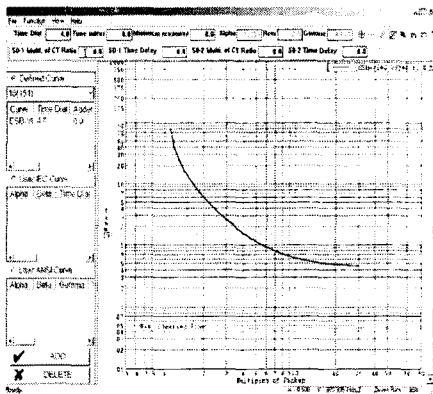
여기서는 Analog R/y에서는 기존의 관성시간에 대한 고려시간을 6cyc(OCR : 0.1, OCGR : 0.2 sec)로 계산하여 협조시간차에서 차감하고, 협조여유시간은3-4cyc를 유지하는 형식으로 현행 보호기기 협조시간차를 Digital계전기를 고려하여 재산정 해보았으며 그 내용은 다음과 같다.

<표 4> 보호기기간 협조시간차 변경(안)

후비 보호기기	전위 보호기기	협조시간차 (Cyc)		비 고
		analog (현행)	digital (개선)	
OC(G)R	Recloser	10	4	OCR = Tr RC = Tc
OC(G)R	OC(G)R	17	9	OCR = Tr
KH-ESV, ESV	Recloser	3.5	3.5	R/C = Tc
IJB-VE, VWVE, EVR-2	Recloser	2.7	2.7	R/C = Tc
Recloser	OC(G)R	6	8.5	R/C = Tc OCR = Tr

협조여유시간은 현재 사용되는 계전기와 보호기기가 과거에 비해 성능이 많이 개선되어 3-4cyc으로도 충분한 것으로 판단되며, R/C의 Tc는 건화R/C를 기준으로 최대 3.5cyc로 설정하였고, OCR의 Tr은 5cyc를 적용했다.

<표4>에서 보이는데로 OCR과 R/C, OC(G)R과 OC(G)R은 상당한 시간을 줄일수 있었으나, 반면에 후비R/C와 전위의 고객OCR은 오히려 시간이 늘어나는 것으로 검토되었다. 이상과 같은 시간차로 협조하게 된다면 부하내용과 금장에 따라 협조가 되지 않던 부분들이 상당부분 해소될수 있을 것으로 예상된다. 실제로 전위에 디지털화 다회로차단기(44-2B-4-125,, ENTEC)를 설치하고, 후비에 디지털 보호계전기(GD1-A01, Kyongbo)를 설치하여 시뮬레이터를 활용한 모의실험에서 양기기간에 약 2.5~3cy이상의 동작시간차만 확보하면 거의 보호협조를 이루는 것을 확인할 수 있었다.



<그림1> 모의실험에 사용한 커브(ESB-VI 4 LEVER)

<표 5> 디지털Ry와 다회로차단기간 보호협조 실험결과

구분	TYPE	동작 전류	커브	LEV ER	입력 값	PU	동작시 간	시간 차	협조 유무
후비	GD1-A01	415	KVI	4	2587	6.23	53.58	4.13	가능
전위	PA	400	ESB VI	4	2713	6.78	49.45		
후비	GD1-A01	415	KVI	4	3018	7.27	46.2	2.85	가능
전위	PA	400	ESB-VI	4	3157	7.89	43.35		
후비	GD1-A01	415	KVI	4	3228	7.78	43.32	1.99	불가
전위	PA	400	ESB VI	4	3361	8.40	41.33		
후비	GD1-A01	415	KVI	4	3120	7.51	44.82	2.35	불가
전위	PA	400	ESB VI	4	3244	8.11	42.43		

2.3.2 재폐로 시간 및 회수 개선.

일반적으로 재폐로횟수와 고장제거율의 상관관계를 분석해보면 다음과 같다.

<표6> 재폐로 횟수와 고장제거율

Sequence	고장제거확률		
	1F	2F	1D
2F2D	80%	10%	5%

<표 7> 재폐로시간의 장·단점 분석

재폐로시간	장점	단점	비고
순시 (30-40cy)	Motor부하유지에 최적	순시고장 제거곤란	공단부하에 적합 최초 재폐로 시간에 적합
2초	순시고장 제거에 충분 선로용 Fuse에 충분한 냉각시간 제공	Motor 부하의 drop off	통상적용
15초	변전소 Ry(analog)의 복귀 시간보장	고장지속시간이 지나치게 길어 후속조치 지연	Ry와 협조시 적절

<표 8>Recloser의 재폐로 시간 및 회수조정

구분	지역 구분	Sequence	재폐로 회수	Recloser interval(S)
Digital Ry 사용시	A	1F1D	1	0.5
		2F1D	2	0.5-2
	B	1F2D	2	0.5-2
		2F1D	2	0.5-2
	C	1F2D	2	0.5-2
		2F2D	3	0.5-2-2

A : 정전민감지역, 대도시, B : 중, 소도시, C: 농어촌

재폐로 시간을 지연커브 동작시 15초에서 2초로 단축하는 방안은 한국전력에서 사용하는 배전자동화 시스템의 빠른 동작과도 상당한 관련이 있으며, 나아가서는 Recloser의 복귀시간(30초)도 단축하여 기기의 빠른 정상화에도 기여할수 있다. 또한 앞에서는 지역 및 동작 sequence구분을 단순하게 분류하였으나, 부하의 종류와 분포(군 등부하, 집중부하등)에 따라 상세한 분류가 필요하다고 본다.

3. 결 론

위에 제시한 각 보호기기간 협조시간차, 재폐로회수 및 시간은 앞으로 기기별 성능시험과 많은 실증시험을 통해 증명후 적용 검토되어야 할 것이다. 특히 Recloser의 설치지역과 부하에 따른 sequence적용분야는 다양한 사례를 통해 추가적인 검증이 필요하다고 생각된다. 추가적으로 보호기기간의 협조시간을 구현하는 TC Curve에 있어 Curve를 계전기특성에 맞게 변경시키거나 최근에 개발된 RC의 대전류개방기능(High current lockout)등을 적절히 보완하여 변전소와 배전선로간의 안전하면서도 최적으로 운영을 할수 있는 대안을 강구해야 하겠다.

[참고 문헌]

- [1] 한전배전처, "배전보호기술서",P147, 1995
- [2] KERI, "디지털과전류계전기 시험성적서GD31-A2B2", 2001
- [3] 인텍전기전자 "25.8kV 다회로차단기 사용설명서", 2002