

파라미터 관점에서의 배전계통 보호도 평가방법

조필성, 현승호, 임성일, 이승재, 이덕수  
 명지대학교, 차세대 전력기술연구센터

\*Waldemar  
 \*Wroclaw Univ of Tech. Poland

Parametric Evaluation Method of Protectability in a Distribution System

Cho P S, Hyun S H, Lim S I, Lee S J, Lee D S  
 Next-Generation Power Technology Center, Myongji University

\*Waldemar  
 \*Wroclaw Univ of Tech. Poland

**Abstract** - Recently, great efforts are concentrated on the autonomous, adaptive protection schemes with advanced artificial intelligence and digital technology. It is highly required for a next generation protective system not only to detect and to clear a fault, but also to fit itself to the changing environment.

In this paper, it is suggested an evaluation method for the protection ability of a protective system in a distributed system. The suggested method is of bottom-up scheme, in other words, protection ability is estimated from the lowest level of parameters in each protective devices to the highest level of the whole protective system. This feature makes it possible to evaluate the protection ability either for the protective device(or a system), or for a protected system. And, in addition, it is enabled that the protectability concept can be applied in the design stage of a protective system for a distribution network.

The proposed method is applied to a simple distributed network to show its effectiveness.

1. 서 론

산업사회가 발달하면서 전력의 수요가 급증하게 되었으며 계통보호의 개념이 중요한 논점이 되고 있다. 고장 발생 시 상황을 정확히 판단하여 고장구간을 최소화하는 보호기능은 배전계통의 공급신뢰도에 매우 큰 영향 미치는 중요한 요소로서 Over Current Relay, Recloser, Sectionalizer, Fuse 등의 보호기기 등에 의하여 실현된다[1][2]. 이들 보호기기의 운영은 상정된 계통의 운전 상황, 즉 특정한 고장상황 및 계통운용 상태 등을 기준으로 하여 행하여지고 있으므로 부하의 변동과 계통구성의 변경 등 운전상황의 변동 시에는 요구되는 보호기능을 충족시키지 못할 수가 있다[3]. 따라서 계통의 운전상태 변화에 따라 보호기기들의 동작치를 자동적으로 최적의 값으로 변화시켜 항상 최적의 보호시스템이 확립될 수 있도록 하는 적응보호시스템의 개념의 도입이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 적응보호를 위한 기초연구로서 현재 주어진 계통의 보호능력의 정도를 나타낼 수 있는 보호협조도(protectability)에 대한 개념을 제시한다. 본 연구에서 제시하는 배전계통 보호도 평가방법은 적응보호기능을 갖는 최적보호시스템 구축을 위한 객관적 성능지표로서, 보호협조의 문제에 있어서 불확실한 정보의 처리를 다루고 있다. 또한, 제시된 평가 방안은 최적 보호협조를 보장하는 보호계통의 실현을 위한 기반으로 활용될 것이다.

2. 본 론

2.1 보호도

배전계통에 보호기기를 설치하고 동작치를 조정하는 방안에는 다양한 경우가 있을 수 있다. 그러나 각 경우 중 어떤 것이 더욱 계통의 보호에 바람직한 것인가는 경험적이고 주관적인 판단기준에 의존하고 있다. 특히 보호기기들의 동작 파라미터들은 정정 룰에 따라 결정되는 바 정정 룰들은 일반적으로 부등식조건으로 주어지기 [5] 때문에 선택 가능한 정정치는 1개 이상으로 주어지며 특정 값의 선택은 보호 기술자의 경험적 지식에 의존하고 있다. 보호도란 보호계통의 각 파라미터들에 대한 보호능력을 평가하는 새로운 방법으로서 평가에 필요한 속성들을 파악하여 계층적 평가모형을 제시하고, 특정 결합 룰을 이용하여 각 속성에 대한 지수들의 합으로 나타낸 것이다. 따라서 현 계통에 설치된 보호기기들의 성능을 평가할 수 있는 객관적인 성능지표로 사용될 수 있다.

2.2 계층적 보호능력 평가모형

보호 시스템의 보호도 평가를 위하여 본 연구에서는 계층적 평가 모델(Hierachical Evaluation Model)과 결합 룰을 사용한다.

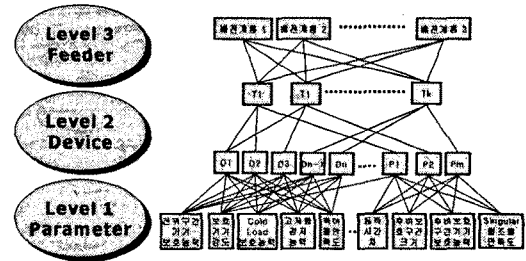


그림 1. 계층적 평가모형

위의 그림 1에서 각 평가에 필요한 속성들을 크게 3개의 계층적 단계로 분류하였다. 첫 번째 단계는 Parameter Level로서 시스템 보호기기 평가에 필요한 각 Parameter들의 정정 규칙을 정의하였다. 단위별 규칙들은 SPR(Single Parameter Rule), MPR(Multi Parameter Rule), MDR(Multi Device Rule)로 분류하였다. 두 번째 단계는 Device Level로서 Device별로 각 Parameter에 대하여 평가된 보호도 지수의 가중치의 합으로 나타내었다. 마지막 단계는 Feeder Level로서 특정 Feeder에 설치된 모든 Device별 보호도 지수의 산술 합으로 나타내었다.

2.3. 보호도 산출

파라미터에 대한 적합도는 각 파라미터가 관련된 규칙을 얼마나 적절하게 반영하고 있는가 하는 정도를 나타내는 값이다. 본 논문에서 전체 시스템의 보호도는 그 시스템을 구성하는 파라미터의 적합도들의 가중합으로 정의하였다. 이는 파라미터 개별적인 적합도를 살리면서, 해당 시스템의 구성과 보호요소들의 특성을 반영할 수 있는 하나의 방법이며, 또한, 부분 시스템의 보호도 산정에도 활용할 수 있다. Dempster-Shafer의 증거이론을 이용한 기존의 연구에서는 동일 보호시스템에서 부하변화에 따른 각 기기별 정정치 평가등 운용 측면에서의 보호능력 평가에 유용한 방법이다(6). 본 논문이 제시한 방법은 어떤 피보호 시스템에 적용하고자 하는 보호기기들의 파라미터 적합도로부터 피 보호 시스템이 보호되는 정도를 산정할 수 있기 때문에, 시스템의 계획 단계에서 보호시스템의 적절한 구성에 이용될 수 있도록 하였다.

### 2.4 Parameter 평가 룰

Parameter 평가의 기본 개념은 각 보호요소의 parameter 설정 규칙에 대하여 해당 Parameter의 적합성을 판정하고, 이를 종합하여 전체 시스템의 보호능력을 판정함으로써 Parameter 관점에서의 보호능력을 계수화 하고자 하는 것이다. 여기서 보호요소라 함은 계통을 보호하기 위한 개별 기기, 즉 Over Current Relay, Recloser, Circuit Breaker 등을 의미하며, 보호요소의 Parameter는 Over Current Relay의 pick-up 전류 값이나 시간 지연 값 등을 의미한다(5). 적용형 보호 시스템이 계통 상태의 변화에 따라 각 단위 기기가 자동적으로 자신의 Parameter를 재 설정하기 위해서는 전체 보호도를 각 단위 Parameter별로 정의하고 이에 대한 보호도 지수를 계산할 수 있도록 할 필요가 있다. 각 Parameter의 정정 규칙은 현재 운용되고 있는 규칙을 따르기로 했다. 다만, 여기에서 제안하는 방법을 효율적으로 구현하기 위하여 다음과 같은 원칙에 의하여 규칙 베이스를 구축한다.

- ① 규칙들 중, 해당 보호요소의 하나의 Parameter만을 정의하는 규칙, 즉, 해당 보호요소 단독으로 적용되는 규칙을 모은다. 이를 단위별 규칙(Single Parameter Rules:SPR)라 정의한다.
- ② 규칙들 중, 둘 이상의 보호요소의 동일한 Parameter에 대하여 적용되는 규칙을 모은다. 이를 다 요소 규칙(Multi-Device Rules:MDR)이라 한다.
- ③ 규칙들 중, 두 종류 이상의 Parameter에 대하여 적용되는 규칙을 모은다. 이를 다 변수 규칙(Multi-Parameter Rules:MPR)라 한다.

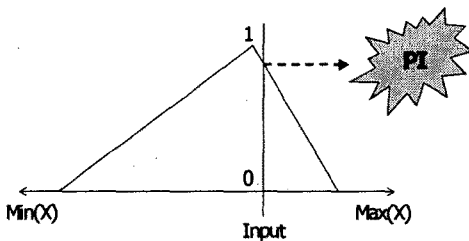


그림 2. 단위별 규칙 (Single Parameter Rule)

그림 2에서와 같이 SPR 중의 하나의 규칙에 대한 어떤 Parameter의 적합도를 정의할 때, 다음과 같은 원칙을 만족하여야 한다.

- ① 해당 Parameter가 그 규칙에 정의된 feasible region을 벗어나는 경우 적합도는 '0'이다.

- ② 해당 Parameter가 그 규칙에 정의된 최적 값에서 '1'이며, 그 외의 경우 '1' 이상의 값을 가질 수 없다.

- ③ 해당 Parameter의 값이 그 규칙에 정의된 최적 값에 가까울수록 적합도는 커야하며, 경계 점에 가까울수록 그 값은 작아야 한다.

MDR의 경우 동일한 종류의 Parameter가 적용되므로, 규칙에 정의하는 바는 두 Parameter들 간의 상관관계이다. 따라서, 규칙에 정의된 상관관계로부터 새로운 변수를 추출하여 이 변수에 대하여 SPR의 원칙을 적용할 수 있다. 하지만 MPR의 경우에는 두 Parameter가 서로 독립이므로 각 Parameter의 feasible region과 최적 값의 결합에 의하여 적합도가 정의되어야 한다. 즉 그림 3에서와 같이 두 개의 Parameter중에서 보호도 지수 값이 작은 것에 의존하여 MPR의 Parameter는 평가된다. 예를 들면 보호시스템의 특정구간에서 MPR의 Parameter가 첫째 부하용량, 둘째 선로 공장 길이 일 때 그 구간의 Parameter평가는 부하용량이 초과되어 보호도 지수가 낮아지거나, 또는 선로 공장 길이가 길어져서 보호도 지수가 낮아졌을 때 둘 중에 보호도 지수가 낮은 것에 의존하여 MPR Rule의 보호도 지수는 결정된다.

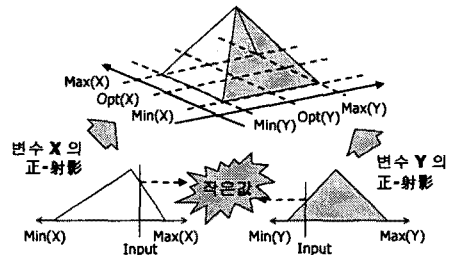


그림 3. 다변수 규칙 (Multi-Parameter Rule)

### 2.5 사례연구

본 논문에서는 보호도 개념의 실적용 타당성을 살펴보기 위하여 그림 4에 나타난 것과 같이 실제와 유사한 전력계통(4)에서 사례연구를 하였다.

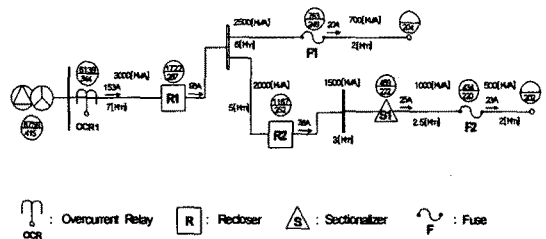


그림 4. 모의 계통도

표 1에서는 각 두 가지 경우에 대한 Device별 정정 값과 실제의 모델 명칭을 보여주고 있다. Fuse(상 요소만 존재)를 제외한 각 Device에는 상과 지락요소에 대한 정정 값이 존재하는데 두 가지 경우에 대하여 정정 값의 변화에(Fuse는 정정 값 동일) 대한 보호도 지수의 변화를 살펴보았다. 표 2에서는 각 Device별, Device 상하간의 보호도 지수를 나타내고 있다. 정정 값을 1의 경우에서 2경우로 변화 시켰을 때 OCR의 경우는 보호도 지수가 높아졌고, 나머지 Recloser1, Recloser2, Sectionalizer의 경우에는 보호도 지수가 낮아짐을 보

여주고 있으며, 따라서 전체적인 보호도 지수가 낮아짐을 보여주고 있다.

본 사례연구에서는 각 Device의 정정 값의 변화에 대한 각 Device별, Device협조별, 그리고 전체계통에 대한 보호도 지수의 변화추이를 나타내고 있다.

Systems", September 19, 1985, IEEE Standard Board.

	OCR	OCGR	Recloser 1	Recloser 2	Sectionalizer	Fuse 1	Fuse 2
Type	CO-9M	CO-9M	VWVE	VWVE	GH	K Type	K Type
Setting 1	Inst Tap: 5500 TD: 3 Pickup:180	Inst Tap: 2400 TD: 3 Pickup:25	MTR(P): 200 MTR(G): 25 Seq: 1F3D X multi: 2	MTR(P): 100 MTR(G): 20 Seq: 1F3D X multi: 2	MAC(P): 80 MAC(G): 30 Count: 2	MR: 60	MR: 60
Setting 2	Inst Tap: 5200 TD: 2 Pickup:150	Inst Tap: 2200 TD: 2 Pickup:20	MTR(P): 150 MTR(G): 20 Seq: 1F3D X multi: 2	MTR(P): 70 MTR(G): 12 Seq: 1F3D X multi: 2	MAC(P): 50 MAC(G): 20 Count: 2	MR: 60	MR: 60

표 1. Device 정정 값

	OCR	OCGR	Recloser 1	Recloser 2	Sectionalizer	Fuse 1	Fuse 2	OCR-R1	R1-R2	R1-F1	R2-S1	R2-F2	Total
Setting 1	0.300	0.515	0.600	0.798	0.881	0.140	0.150	1.867	0.682	2	1	2	17.190
Setting 2	0.336	0.434	0.416	0.467	0.227	0.140	0.150	0	0.460	2	1	2	13.886

표 2. Device-Wise, Pair-Wise 보호도 지수

### 3. 결 론

배전계통에 적용되는 보호기기들의 동작 파라미터들은 정정 물에 따라 결정되는바, 정정 물들은 일반적으로 부등식조건으로 주어지기 때문에 선택 가능한 정정치는 1개 이상으로 주어지며 특정 값의 선택은 보호 기술자의 경험적 지식에 의존하고 있다.

본 논문에서는 보호계통의 보호능력을 평가하는 새로운 방법을 제시하고 있다. 평가에 필요한 속성들을 파악하여 계층적 평가모형을 제시 하였으며, 고유한 결합 물을 이용한 평가방안을 제안하였다.

본 연구에서 제시한 방안은 최적보호계통 설계와 적용 보호의 실현에 기여할 수 있을 것이다.

[5] "배전보호 협조", 한국 전력 연구원

[6] Seung-Jae Lee "다양한 기준과 Dempster 결합 물에 의한 1차 배전 호보 계통 평가방안", "대한 전기학회 논문 지", "1999"

#### [감사의 글]

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] J. Lewis Blackburn, *Protective Relaying Principle and Application* Second Edition, Marcel Dekker, Inc.
- [2] Charles V. Walker, "Electrial Distribution System Protection Third Edition", Cooper Power System, Copyright 1990.
- [3] Arthur R. Bergen, *Power System Analysis Second Edition*, Prentice Hall.
- [4] "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power