

보호도지수에의한 전력계통보호시스템 평가

김필석 강상희 이승재
*명지대학교

박종국
**LG산전

Performance Evaluations of Protection Systems Using Protectability Indices

Pil-Suk Kim Sang-Hoe Kang
*Myong-Ji Univ.

Seung-Jae Lee Jong-Kuk Park
**LG Industrial Systems Lab.

Abstract - 배전계통의 보호능력을 평가하는 방안을 제시한다. 보호관점에서 계통이 가지는 상태를 정의하고 주어진 계통이 어떤 상태인지를 평가하기 위해 보호기기감도, 보호기기 동작시간차이, 지락저항감지 능력, 기기보호여부, 후비보호구간의 크기의 5가지 요소를 종합적으로 고려하는 지수인 보호도(Protectability)를 제시한다.

1. 서 론

기존 배전계통환경에서의 보호기기운영은 상정된 계통의 운전 상황, 즉 특정한 고장상황 및 계통운용 상태등을 기준으로 하여 행하여지고 있으므로 운전상황의 변동시에는 요구되는 보호기능을 충족시키지 못할 수가 있다. 앞으로의 자동화된 환경에서 보다 신뢰도가 높은 배전계통을 운용하기 위해서는 현 계통의 상황에 부합하도록 보호기기를 최적으로 운영하는 적응보호기능이 요구된다. 이러한 적응보호의 관점에서 현재 주어진 계통에 대한 보호능력의 정도를 나타내는 지수가 필요하지만 이에 대한 연구가 전무하다.

본 논문에서는 계통보호의 입장에서 여러 계통상태를 정의하고 여러 사항을 종합하여 주어진 계통의 상태(state)를 평가하는 지수인 보호도(Protectability)를 제시한다.

2. 보호상태 정의

2.1 보호상태의 종류

계통보호의 측면에서 배전계통은 다음의 4가지 상태중 어느 한가지로 판정된다.

Optimal State :

이상적인 보호능력이 있음

Near Optimal State :

이상적은 아니지만 정상적인 보호능력 유지

Alert State :

보호능력이 있으나 정상적 보호능력은 없음

Violation State :

전혀 보호를 받을 수 없는 상태

각 상태간의 경계(State Boundary)는 다음의 3가지로 구분된다.

Strong Boundary(Bs)

Violation과 Non-Violation 사이의 경계치

Weak Boundary(Bw)

Alert와 Non-Alert 사이의 경계치

Desirable Boundary(Bd)

Optimal과 Near-Optimal 사이의 경계치

단 이러한 경계는 대표값은 있을수 있으나 각 보호상태들간의 경계는 불명확한 것으로 Fuzzy하게 취급되어야 한다.

2.2 분류조건(Classification Condition)

각 상태간 경계치에서 상태를 결정하는 조건을 분류조건이라 한다. 분류조건은 경계치에서 더 좋은 보호도로 보호상태를 결정하는 Inward Condition과 경계치에서 더 나쁜 보호도로 보호상태를 결정하는 Outward Condition 두가지 부류가 있다.

분류조건들은 다음과 같은 상호관계를 가진다.

$$CC_{SI} \supset CC_{WI} \supset CC_{DI}$$

$$CC_{DO} \supset CC_{WO} \supset CC_{SO}$$

이때 각 상태는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

Violation State : CC_{SI}

Abnormal State : $CC_{SI} \cap CC_{WO}$

Normal State : $CC_{WI} \cap CC_{DO}$

Optimal State : CC_{DI}

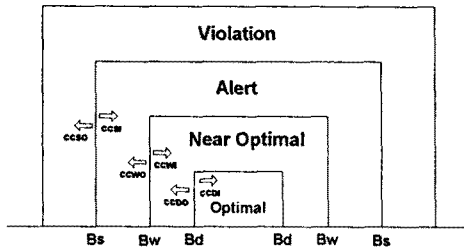


그림 2 보호상태 도해

3. 보호도 고려사항

보호도는 주어진 계통의 보호상태를 판단하기 위한 평가지수로서 보호기기감도, 지락저항감지능력, 기기보호능력, 후비전위보호기기의 동작시간차, 후비 보호구간의 크기 등의 5가지 기준을 고려하여 결정된다.[1] [2] 각 기준별 경계치 및 분류조건과 퍼지 멤버십 평선은 다음과 같다.

3.1 보호기기감도

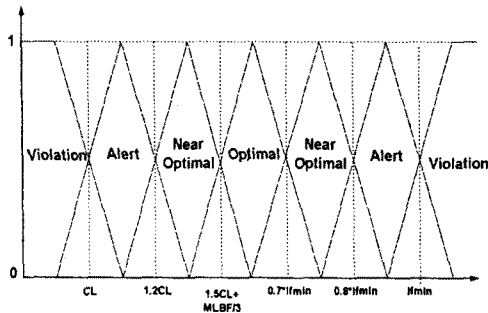


그림 4 보호기기 감도

State Boundary

Bs :

Bs1 → 주보호구간 최고고장전류(Ifmin),

Bs2 → 현부하량(CL)

Bw :

Bw1 → $0.8 \times Ifmin$

Bw2 → $1.2 \times CL$

Bd :

Bd1 → Ifmin의 0.75

Bd2 → $(1.5 \times CL) + (MLBF/3)$

(단 MLBF: 인접 Feeder중 최대 부하량)

Classification Condition

CCSI : $Bs2 < Tap < Bs1$

CCWI : $Bw2 < Tap < Bw1$

CCDI : $Bd2 < Tap < Bd1$

3.2 전위·후비의 동작시간차이

State Boundary

Bs :

Bs1 → 0.3Sec, Bs2 → 1Sec

Bw :

Bw1 → 0.35Sec, Bw2 → 0.5Sec

Bd :

Bd1 → 0.4Sec, Bd2 → 0.45Sec

Classification Condition

CCSI : $Bs1 < \text{동작시간차} < Bs2$

CCWI : $Bw1 < \text{동작시간차} < Bw2$

CCDI : $Bd1 < \text{동작시간차} < Bd2$

보호기기의 협조시간(CTI)은 통상적으로 0.3초에서 0.5초 사이의 값으로 고려된다.[3]

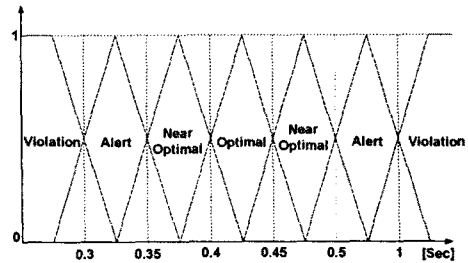


그림 3 전위·후비 동작시간차이

3.3 지락저항 감지능력

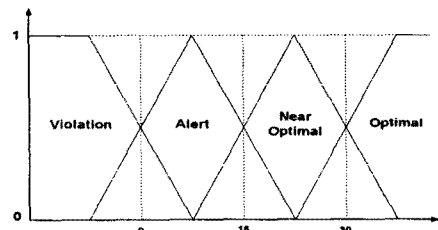


그림 5 지락저항 감지능력

Boundary Condition

Bs : 0 [Ω]

Bw : 15 [Ω]

Bd : 30 [Ω]

배전계통에서 지락저항은 30 Ω 까지 고려된다.

Classification Condition

CCSI : 최대감지저항 > Bs
 CCWI : 최대감지저항 > Bw
 CCDI : 최대감지저항 > Bd

CCWI: Bw1 < BackZone < Bw2
 CCDI : Bd1 < BackZone < Bd2
 (단 BackZone=후비보호기기의 reach)

3.4 기기보호능력

Boundary Condition

Bs :
 Bs1 → DT_{imax}, Bs2 → DT_{imin}
 Bw :
 Bw1 → 0.8×DT_{imax}, Bw2 → 0.8×DT_{imin}
 Bd :
 Bd1 → 0.5×DT_{imax}, Bd2 → 0.5×DT_{imin}
 (단 DT_{imax} = 최대고장전류시 기기인내시간
 DT_{imin} = 최소고장전류시 기기인내시간)

Classification Condition

CCSI : OT_{imax} > Bs1 and OT_{imin} > Bs2
 CCWI : OT_{imax} > Bw1 and OT_{imin} > Bw2
 CCDI : OT_{imax} > Bd1 and OT_{imin} > Bd2

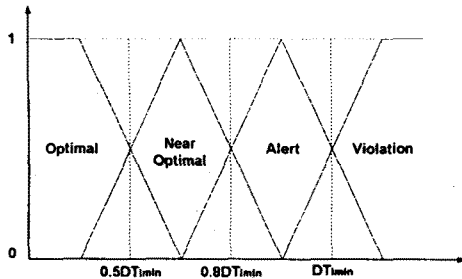


그림 6 기기보호능력

최대고장전류와 최소고장전류에서의 기기보호능력에 대한 퍼지멤버쉽함수는 동일하므로 최소고장전류에 대한 퍼지멤버쉽함수만을 나타내었다.

3.5 후비보호구간의 크기

Boundary Condition

Bs :
 0.2×PriZone
 Bw :
 Bw1 → 0.5×PriZone, Bw2 → 1.2×PriZone
 Bd :
 Bd1 → 0.8×PriZone, Bd2 → 1.2×PriZone
 (단 PriZone=전위보호기기의 주보호구간)

Classification Condition

CCSI : Bs < BackZone

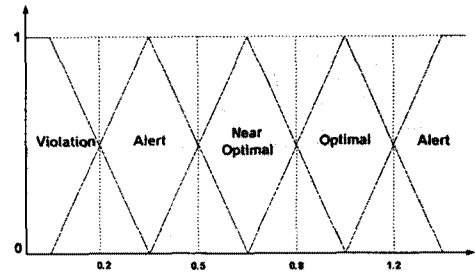


그림 8 후비보호구간 크기

4. 전체 평가 방안

각 평가기준들은 계통보호의 성능에 영향을 미칠 수 있는 사항들을 나타내는 것으로서 서로 같거나 반대인 트렌드를 가질수 있으며 최종적인 판단을 위해 이들을 종합하는 방법은 다음과 같다. 각각의 평가기준들은 전술한 멤버쉽 평선에 의해 평가값을 구할 수 있다. 즉 한 개의 보호기기에 대해 4가지 보호상태에 대한 5가지 평가기준의 평가값을 각각 구한다. 각 평가값들은 현 계통의 보호상태가 어느 상태인가에 대한 지지정도를 나타내는 것으로 볼 수 있으므로 같은 보호상태에 대한 평가값들을 서로 더하여 정규화한 값을 해당 보호상태에 대한 종합된 지지정도로 판정한다. 여기에서 4가지 상태에 대한 종합지지정도 중 가장 큰 값을 가지는 것을 해당 보호기기가 가지는 보호상태로 판단한다.

5. 결론

배전계통의 보호능력 상태 및 이를 평가하는 지표인 보호도의 평가기준을 정의하였으며 각각 독립적인 평가기준들을 종합하여 평가할 수 있도록 퍼지 평가 방안을 제시하였다.

6. 참고문헌

- [1] "IEEE Tutorial Course Application and Coordination of Recloser, Sectionalizer, and Fuses", IEEE, 1980
- [2] J. Lewis Blackburn, "Protective Relaying", MARCEL DEKKER, 1987
- [3] "Buff", IEEE, 1986