분산전원이 도입된 배전계통에 초전도한류기 적용시 계통보호 시스템의 영향에 관한 연구

A Study on the Protection of Power Distribution System with the Distributed Generator and Superconducting Fault Current Limiter

김 명 현* · 김 진 석** · 임 성 훈*** · 김 재 철†

(Myong-Hyon Kim · Jin-Seok Kim · Sung-Hun Lim · Jae-Chul Kim)

Abstract - The demand for electrical power has been significantly increased to satisfy the customers. As a result, a power distribution system have been advanced by power system's interconnection, installation of distributed generator(DG) and so on. The improvable power distribution system included the problem of increasable fault current. Superconducting fault current limiter (SFCL) is one of the solutions to limit a fault current. Therefore, to solve the problem of fault current by SFCL, simulation was progressed and the simulation used a PSCAD/EMTDC.

Key Words : Superconducting fault current limiter(SFCL), Power distribution system, Distributed generator(DG), Protect coordination

1. 서 론

현재 전력 산업은 급속한 산업 발전으로 인한 전력수요의 증가를 만족시키기 위하여 전력계통 및 전력기기들의 대용량화를 지속적으로 진행시키고 있다. 이를 통해 증가하는 전력수요의 만족, 계통 신뢰도의 향상, 원활한 계통 운영 등을 도모하였다. 그러나 전력계통의 운영변화 및 전력기기의 대용량화는 전력계통의 총 임피던스 감소를 초래하였고, 이로 인한 고장전류의 증가는 보호기기들의 차단용량 초과와 같은 문제를 동반하여 보호기기들의 오부동작 가능성을 증가시켰다 [1-4]. 이러한 문제를 해결하기 위해 고장전류 감소 방안으로 고임피던스기기 채용, 한류리액터 설치, 계통 분할 등 다양한 방법들이 제안되었으나 이들 방안들은 평상시에 손실 발생, 신뢰도 하락, 설치 비용 발생 등의 단점을 갖고 있다. 반면에 초전도 한류기는 평상시에 한류기 소자가 초전도 상태이므로 임피던스를 갖지 않아 손실을 발생시키지 않고, 고장 발생시에만 초전도 상태를 벗어나 임피던스를 발생시켜 고장전류를 제한함으로써, 다른 해결 방안들이 갖고 있는 단점을 가장 많이 보완 해줄수 있는 이상적인 기기로 평가되어 활발한 연구가 진행되고 있다 [4-9].

현 배전계통은 지속적으로 증가되는 전력수요를 만족시키기 위하여 전력계통의 확장과 더불어 분산전원의 도입이 가속화 되고 있다. 그러나 기존의 배전계통에 분산전원 도입시 분산전원 연계에 따른 고장전류의 증가와 분산전원의 적

용 위치에 따른 연계 영향이 다르게 나타날 것으로 예상된다. 이러한 고장전류의 증가 및 영향 변화는 보호계전기의 동작특성에 영향을 주어 현재 구성되어 있는 보호시스템의 정상 동작을 어렵게 할 수 있다 [10-11].

이와 같이 분산전원 연계로 인해 보호시스템이 갖게될 문제점을 해결하기 위해 분산전원이 도입된 배전계통에 초전도 한류기를 적용해보고, 초전도 한류기 적용으로 인한 영향 및 효과를 분석함으로써 해결방안을 모색해 보았다. 이러한 연구 및 분석을 위해 모의 배전계통을 구성하고 PSCAD/EMTDC를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다.

2. 모의 회로 구성

분산전원이 도입된 배전계통에 초전도 한류기 적용시 전력계통이 얻을 수 있는 다양한 장점들과 초전도 한류기 적용 영향 및 기존의 보호시스템이 받게될 영향을 확인하기 위하여 그림 1과 같이 PSCAD/EMTDC를 통해 회로를 모델링 하였다. 배전계통에 분산전원과 초전도 한류기 적용시 각 기기의 위치별 적용 영향을 확인하기 위하여, 분산전원은 DG₁, DG₂ 두 위치에 대한 경우와 초전도 한류기는 1, 2, 3 세 위치의 경우에 대한 분석을 진행 하였다. DG₁은 모선 연계시의 경우이고 DG₂는 피더내에 연계를 가정한 것이며, 초전도 한류기의 위치 1은 주변압기 2차측, 2는 피더 인출점 그리고 3은 분산전원 연계점을 가정하였다. 이들 위치 선정에 대한 자세한 내용은 3절에 서술하였다. 분산전원의 용량은 표 1을 통해 제시된 분산전원 연계기준을 고려하여 10, 20 [MVA]로 가정하였다. 배전선로내에 최대로 투입 가능한 용량은 전용선을 통해 연계되었을 때 20 [MW]로 명시되어 있는데 이는 대부분 모선 연계시의 경우에 해당 한다. 분산전원의 용량이 피더내에 연계시 3 [MW]를 초과할 수가 없

* 준 회 원 : 숭실대 공대 전기공학부 석사과정

** 정 회 원 : 숭실대 공대 전기공학부 박사과정

*** 정 회 원 : 숭실대 공대 전기공학부 교수

† 교신저자, 펠로우회원 : 숭실대 공대 전기공학부 교수

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

접수일자 : 2012년 4월 16일

최종완료 : 2012년 8월 1일

지만, 근래에 다양한 종류의 대용량 분산전원이 피더내에 연계되는 사례 연구가 지속되고 있으므로 본 논문에서는 피더 내에 20 [MVA]의 분산전원이 연계된 경우에 대해서도 분석을 하였다. 시뮬레이션에서 사용된 초전도 한류기는 해석의 용이함을 위해 구조가 간단한 저항형을 사용하였으며 1 [Ω]의 임피던스를 갖는 동일한 사양의 초전도 한류기를 각 위치에 따라 적용하고 영향을 확인 하였다 [8-9].

배전계통은 일반적으로 과전류 계전기를 통해 고장을 인지하며 과전류계전기는 계측되는 고장전류 크기의 영향을 받는다. 고장전류의 크기는 고장 발생 위치에 따라 다르며, 이로 인해 과전류 계전기의 동작 신호를 기반으로 동작하는 보호기기들의 동작 특성들도 변화한다. 그러므로 과전류 계전기의 동작특성 분석을 통해 보호기기들의 오부동작 문제를 분석하였다. 고장 발생 위치에 따른 고장전류의 분포를 확인하기 위하여, 1개 피더당 변전소로부터 총 거리가 10 [km]인 선로를 구성하였다. 또한 1.0 [km] 간격으로 고장 발생 상황을 모의 함으로써 고장 위치 변화에 따른 고장전류 분포를 확인하고 이를 통해 보호기기들의 동작 특성을 확인하였다. 고장 유형은 일반적으로 가장 많이 발생하는 1선 지락 고장과 가장 큰 고장 전류를 발생시키는 3상 단락 고장을 가정하였다 [7].

그림 1 분산전원이 적용된 배전계통에 초전도 한류기 적용 시 영향을 확인하기 위한 시뮬레이션 회로도

Fig. 1 Simulation circuit of the distribution system with the SFCL and the DG.

표 1 분산전원 연계 용량 기준

Table 1 Standards of the DG's capacity in power grid

연계구분	연계설비용량		전기방식
저압 배전선로	일반선	20 kW 이하	220V / 380V
	전용선	100 kW 미만	
특고압 배전선로	일반선	3,000 kW 이하	22.9 kV
	전용선	20,000 kW 미만	
특고압 송전선로	20,000 kW 초과		154 kV

표 2 모델링 회로의 설계변수

Table 2 Parameters of modeling circuit

	임피던스 (Base 100 [MVA], 22.9 [kV])
Tr.	154/22.9 [kV], j15 [%], 45[MVA]
선로	정상 : $3.86 + j7.42$ [%/km] (ACSR160) 영상 : $9.87 + j22.68$ [%/km] (ACSR95)
부하	Load ₁ , Load ₂ , Load ₃ , Load ₄ : 10 [MVA] (p.f = 95 [%])
DG	3, 10, 20 [MVA]

3. 배전계통에 분산전원 연계시 고장전류 분포

3.1 분산전원을 모선에 연계시 (DG₁)

그림 2는 10, 20 [MVA] 용량의 분산전원을 모선에 연계 시 피더 내에 고장 발생 위치에 따른 고장전류의 실효치를 통해 고장전류 크기의 분포를 확인하였다. 그림 2(a)는 10, 20 [MVA] 용량의 분산전원이 모선에 연계 되었을때 3상 단락고장 발생에 따른 고장전류의 분포를 나타낸다. 피더 인출점에서 가장 큰 고장전류가 발생하고 고장 발생지점이 피더 인출점으로부터 멀어짐에 따라 고장전류가 감소하는 모습을 보이는데 이는 분산전원 미연계시의 고장전류의 특성과 유사하다. 그러나 기존의 고장전류 분포와 달리 분산전원 연계점 근거리에서 큰 고장전류의 증가가 확인 된다. 또한 일정 거리 이후에는 분산전원 연계로 인한 고장전류 영향이 미미하다. 또한 피더 인출점에서 발생하는 고장전류의 크기가 배전급 차단기의 정격차단용량 12.5 [kA]를 상회하므로 차단기의 정상동작을 신뢰할 수 없다. 그러므로 피더 인출점으로부터 일정 근거리에서의 고장전류 증가분을 저감 시켜주어 차단기의 동작 신뢰성을 재확보 해야함을 알 수 있다. 고장전류 저감은 기존의 과전류 계전기의 동작 특성에 영향을 미치므로 이에 대한 검토가 동반되어야 한다.

그림 2 모선에 분산전원 연계시 고장전류 분포

Fig. 2 Distribution of fault current in case of the DG in bus

그림 2(b)는 모선에 10, 20 [MVA] 용량의 분산전원 연계 시 1선 지락고장에 대한 고장전류의 분포를 나타내며 그림 2(a)와 유사한 결과를 보인다. 고장유형이 1선 지락고장이므로 위의 3상 단락고장전류 분포보다 고장전류의 크기가 전체적으로 작은 것을 확인 가능하다. 그러므로 3상 단락고장시의 고장전류 분포를 기준으로 차단기의 정격차단용량 초과 문제를 고려한다면 1선 지락고장시에 대한 차단기의 동작 신뢰성 문제도 해결 가능하다. 그러나 1선 지락 고장도 3상 단락고장과 같이 고장전류의 증가로 인한 과전류지락계 전기의 재정정을 필요로 한다.

3.2 분산전원을 피더내에 연계시(DG₂)

그림 3은 3, 10, 20 [MVA] 용량의 분산전원을 피더내에 연계시 고장유형별 고장발생거리에 따른 고장전류의 분포를 나타낸다. 본 논문에서는 그림 1의 회로도에 나타난 것과 같이 분산전원을 변전소로부터 6 [km] 떨어진 지점에 연계 하였을 때를 가정하였다.

그림 3(a)는 10, 20 [MVA] 용량의 분산전원이 변전소로부터 6 [km] 떨어진 지점에 연계시 3상 단락고장 발생에 대한 고장 전류 분포 결과를 나타낸다. 앞서 분산전원이 모선에 연계시 경우와 다르게 분산전원 연계점인 6 [km] 지점에서 국부적으로 고장전류의 증가가 발생하는 것을 확인 할수 있다. 또한 용량이 20 [MVA] 이상인 분산전원을 연계시에는 피더 인출점에서의 고장전류가 12.5 [kA]를 초과하여 차단기의 정상동작을 신뢰하기 어렵고, 10 [MVA] 용량의 분산전원 연계시에도 차단기의 정격차단용량에 근접하는 고장 전류가 발생하므로 주의가 필요로 된다. 하지만 기존의 분산전원 연계 기준에 따라 3 [MVA] 이하의 분산전원이 연계 되었을 때에는 차단기의 정격차단용량을 초과하지 않으므로 초전도한류기의 적용을 필요로 하지 않는다. 하지만 분산전원 연계로 인한 고장전류의 증가가 모든 경우에서 발생하므로 앞선 경우들과 같이 과전류 계전기의 동작에 대한 검토가 필요하다. 그림 3은 총 고장전류의 크기만을 나타내고 있다. 하지만 분산전원이 피더 내에 설치시 분산전원 연계점으로부터 피더 인출점까지의 거리내에서 고장이 발생한다면 분산전원에서 발생하는 고장전류는 피더측으로 역으로 흐르게 되고 이로 인해 고장점에 따라 각 보호기기들이 감지하는 고장전류의 크기는 상이하다. 이는 그림 4를 통해 확인이 가능하다. 그림 4(a)는 연계점 이전에서 고장발생시 고장전류를 보여준다. 분산전원으로 인한 역조류 고장전류가 발생하며 고장점에서 분산전원 연계점 까지 사이에 존재하는 보호기기들은 이 역조류 고장전류만을 감지한다. 또한 주변압기로부터 고장점까지의 보호기기들은 주변압기에서 발생하는 고장전류만을 감지한다. 이와 같이 각 보호기기들이 감지하는 고장전류가 분산전원 연계로 인하여 매우 상이하게 변화되며 이에 대한 고려가 필요 하다. 또한 분산전원 연계점 이후 고장발생에 대해서는 그림 4(b)와 같이 동상의 증가된 고장전류만이 존재하므로 과전류 계전기의 재정정만이 필요하다. 본 논문에서 가정하고 있는 경우, 1 ~ 6 [km] 구간 고장에 대해서는 역조류 고장전류 기여분을 고려한 보호협조 검토가 필요로 되고 6 ~ 10 [km] 구간 고장에 대해서 과전류 계전기의 재정정만 필요로 한다.

그림 3 피더내에 분산전원 연계시 고장전류 분포

Fig. 3 Distribution of fault current in case of the DG in feeder

그림 3(b)는 분산전원이 변전소로부터 6 [km] 떨어진 지점에 연계되었을때 1선지락고장 발생시 고장전류의 분포를 보여준다. 앞서 기술된 분산전원이 모선에 연계되었을때와 유사하게 1선지락고장의 고장전류 분포는 3상단락고장의 고장전류 분포와 유사한 모습을 보이며 고장유형으로 인한 고장전류 감소로 차단기의 정격차단용량을 고려해야 할 고장점은 없는 것을 알 수 있다. 위와 마찬가지로 고장전류 증가로 인한 보호협조 관계 재검토는 필요 하다.

그림 4 분산전원 연계점 전,후 고장 발생시 고장전류

Fig. 4 Fault current by fault point and interconnection points of DG

4. 분산전원이 도입된 배전계통에 초전도 한류기 적용

앞서 분산전원이 도입된 배전계통에서 고장전류 증가로 인한 차단기의 정상동작 신뢰성 문제를 확인 하였고 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 초전도 한류기 적용을 제안한다. 이를 위해 PSCAD/EMTDC를 통해 지속적으로 회로를 구성하여 분석을 진행하였다. 고장 유형은 3상 단락고장만을 고려 하였다. 이는 3상 단락고장시 발생하는 고장전류가 1선 지락고장시 보다 크므로 3상 단락고장시의 차단기 정격차단용량 초과 지점에 대한 고려를 진행한다면 1선 지락고장 발생에 대한 문제도 함께 해결 가능하기 때문이다.

4.1 분산전원이 모선에 연계된 배전계통에 초전도한류기 설치시

그림 5는 10 [MVA] 용량의 분산전원이 모선에 연계된 배전계통에 초전도 한류기 설치시 설치 위치에 따른 고장전류의 분포를 나타내고 있다. 앞서 분산전원을 모선에 연계시 연계점 근거리에서 급격한 고장전류의 증가를 확인 하였다. 이로 인해 차단기의 정상 동작이 어려움을 확인 하였고 이를 초전도 한류기의 설치를 통해 차단기의 정상동작을 도모 하였다.

그림 5(a)는 초전도 한류기가 변전소 주변압기의 2차측에 적용되었을 때의 결과를 보여준다. 초전도 한류기 적용시 고장전류가 차단기의 정격차단용량인 12.5 [kA] 이하로 감소하여 정상동작 신뢰성을 재확보 함을 확인 가능하다. 그러나 초전도 한류기 적용으로 인해 고장전류의 분포는 또다시 변화되며 이로 인한 보호협조 관계의 재검토는 지속적으로 요구된다.

그림 5(b)는 초전도 한류기가 피더 인출점에 설치 되었을 때의 고장전류 결과를 나타낸다. 고장전류 저감 효과는 앞선 주변압기 2차측 적용시와 유사하며 초전도 한류기 적용으로 인한 고장전류의 분포도 유사한 결과를 보인다. 그러므로 분산전원만 연계된 상태에서 피더 인출점 고장 발생시 차단기의 부동작 문제는 제거된 것을 알 수 있다. 그러나 보호협조 관계 재검토에 대한 문제는 여전히 존재함을 확인 가능하다.

그림 5(c)는 초전도 한류기가 분산전원 연계점에 설치되었을 때의 고장전류 분포를 보여준다. 이전의 결과들과 달리 분산전원 연계점에 초전도 한류기를 적용시에는 고장전류 저감 효과가 매우 미미한 것으로 나타난다. 초전도 한류기 적용으로 인한 효과를 앞선 경우들과 유사하게 얻기 위해선 보다 큰 임피던스를 갖는 초전도 한류기를 적용해야 한다. 하지만 경제적인 측면에서 어려움이 존재하므로 타 위치들에 비해 적절하지 않은 위치로 판단되어 진다. 그림 6은 앞선 그림 5의 경우와 같이 분산전원이 연계된 배전계통에 초전도 한류기 적용시 고장전류 분포를 나타낸다. 그러나 그림 6은 분산전원의 용량이 20 [MVA]로 증가 되었을 때의 결과이다.

그림 6(a)는 모선에 20 [MVA] 용량의 분산전원이 연계되어있고 초전도 한류기를 주변압기 2차측에 적용했을시의 고장전류 분포를 보여준다. 1 [Ω]의 임피던스를 갖는 초전도한류기를 적용시 분산전원 적용 전의 고장전류 분포와 매우 유사한 고장전류 분포를 갖는 것을 알 수 있다. 또한 분산전원이 모선에 연계될시에는 역조류로 흐르는 고장전류 성분이 없으므로 보호협조의 재검토를 진행하지 않고 분산전원과 초전도 한류기의 적용이 가능하다.

그림 6(b)는 그림 6(a)와 같은 상황에서 초전도 한류기의 위치를 피더 인출점으로 변경 하였을때의 결과이다. 초전도 한류기를 주변압기 2차측에 적용 하였을때와 유사한 결과를 보인다. 인출점 근거리에서의 고장전류 저감효과가 주변압기 2차측보다 작아진 것을 확인 가능하며, 이로 인해 보호협조 관계에 변화가 생기지 않음을 검토만 한다면 기존의 보호협조 관계를 유지할 수 있을 것으로 예상 가능 하다.

앞선 분석들을 통해 주변압기 2차측에 적용한 그림 6(a)

의 경우와 피더 인출점에 적용한 그림 6(b)의 경우가 유사한 결과를 보인다면 주변압기 2차측에 초전도 한류기를 설치하는 것이 피더 인출점에 설치하는 것보다 적절할 것 이다. 피더 인출점에 설치시 해당 피더에서 발생하는 고장에 대해서만 초전도 한류기 적용 효과를 얻을 수 있다. 하지만 주변압기 2차측에 설치시 주변압기와 연계된 모든 피더에 대한 고장전류 저감효과를 얻을 수 있으므로 초전도 한류기의 적용 효과가 보다 광범위한 영역에서 가능하다.

그림 6(c)는 초전도한류기가 분산전원 연계점에 설치되었을 때의 고장전류 분포 결과이다. 10 [MVA] 용량의 분산전원 적용시와 유사하게 타 위치 적용에 비해 초전도 한류기 적용으로 인한 고장전류 저감효과가 매우 미미하다. 또한 피더 인출점 근거리에서 발생하는 차단기의 정격차단용량 초과 및 고장전류 분포 변화에 따른 보호협조 관계 유지 또한 불가능하므로 부적절한 설치 위치이다.

그림 5 모선에 10MVA의 분산전원이 연계된 배전계통에 초전도 한류기 적용시 고장전류 분포

Fig. 5 Distribution of fault current in case of the DG with 10MVA in bus and SFCL in power distribution system

그림 6 모선에 20MVA의 분산전원이 연계된 배전계통에 초전도 한류기 적용시 고장전류 분포

Fig. 6 Distribution of fault current in case of the DG with 20MVA in bus and SFCL in power distribution system

4.2 분산전원이 피더내에 연계된 배전계통에 초전도 한류기 설치시

그림 7과 8은 그림 5, 6의 경우와 같이 10, 20 [MVA]의 용량을 갖는 분산전원을 계통에 연계시 초전도 한류기의 적용 위치별 고장전류 분포 결과를 나타낸다. 초전도 한류기의 위치 또한 앞선 경우들과 같다. 그림 5, 6의 결과와 다른 점은 그림 7, 8의 결과는 분산전원의 연계점이 변전소로부터 6 [km] 떨어진 지점에 설치 되었을 때의 결과라는 점이다. 초전도 한류기의 설치 위치별 효과는 앞선 경우와 유사하게 주변압기 2차측에 설치시 가장 좋은 효과를 보였으며 다음으로 피더 인출점, 분산전원 연계점 순으로 나타났다. 이는 고장전류에 기여하는 성분이 주변압기가 가장 크게 작용하는데 이 기여분의 고장전류를 근거리에서 저감 시켜주므로 가장 큰 초전도 한류기의 적용 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

그림 7 피더내에 10MVA의 분산전원이 연계된 배전계통에 초전도 한류기 적용시 고장전류 분포

Fig. 7 Distribution of fault current in case of the DG with 10MVA in feeder and SFCL in power distribution system

그림 8 피더내에 20MVA의 분산전원이 연계된 배전계통에 초전도 한류기 적용시 고장전류 분포

Fig. 8 The distribution of fault current in case of the DG with 20MVA in feeder and SFCL in power distribution system

그러나 초전도 한류기 적용으로 인하여 고장전류의 분포 변화가 앞선 경우와 달리 새로운 고장전류 분포를 형성하므로 보호협조 시스템의 재검토가 필요로 되고 3절에서 서술 하였던 것과 같이 분산전원이 피더내에 연계될 경우 발생하는 역조류의 고장전류 기여분이 발생하므로 이를 고려한 보호협조 재검토가 반드시 필요 하다.

위의 제시된 결과들과 같이 초전도 한류기 적용시 보호협조 재검토의 여부는 각 경우에 따라 다르다. 본 논문에서 다루어진 경우에 대해서는 표 3을 통해 나타내었다.

표 3 분산전원이 도입된 계통에 SFCL 적용시 결과
Table 3 Results of power grid with the DG and the SFCL

DG 연계점	DG 용량	고장 유형	보호기기 차단용량	보호협조 재검토 (SFCL: 1 [Ω])	
bus	10	3상 단락	초과	tr1.s	필요
				feeder	필요
	20	3상 단락	초과	DG	필요
				tr1.s	미필요
feeder	3	3상 단락	미초과	feeder	필요
				DG	필요
	10	3상 단락	초과	tr1.s	필요
				feeder	필요
	20	3상 단락	초과	DG	필요
				tr1.s	필요
				feeder	필요
				DG	필요

5. 결 론

본 논문에서는 분산전원이 도입된 배전 계통내에 증가하는 고장전류의 영향을 확인하였고 이로인해 발생하는 보호협조 문제를 해결하기 위해 초전도 한류기 적용 방안을 제안하였다. 또한 초전도 한류기 적용으로 인한 보호기기들의 동작 특성 변화를 고장전류 분포를 통해 보호협조 관계에 대한 검토를 진행하였다.

분산전원을 배전계통에 연계시 고장전류의 증가가 차단기의 정격차단용량을 초과하는 지점이 발생되고 이로 인해 차단기의 부동작 가능성을 확인 하였다. 이를 해결하기 위한 방안으로 초전도한류기 적용을 제안하였으며, 초전도 한류기 적용으로 인해 고장전류가 차단기의 정격차단용량을 초과하지 않는 수준으로 저감되어 차단기의 동작 유효성이 회복됨을 확인 하였다. 그러나 분산전원과 초전도 한류기 적용으로 인해 고장전류의 분포가 변화되고 이로 인해 현재 설치되어 있는 보호기기들간의 보호협조 관계의 재검토가 필요 하다. 일부 경우에는 분산전원의 적용으로 인한 고장전류 분포의 변화를 초전도 한류기 적용만으로 분산전원 적용 이전의 고장전류 분포로 회귀시켜 보호협조 관계의 재검토가 필요하지 않는 경우도 존재하였다. 이와 같이 분산전원이 도입된 배전계통에 적절한 초전도 한류기의 적용은 고장전류저감, 보호협조 관계 유지 등의 많은 이점을 가질수 있음을 본 논문을 통해 확인 가능하다. 그러나 이러한 이점

은 전력 계통과 기기들의 충분한 분석과 검토를 기반으로 하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 2011*년도 지식경제부의 재원으로 한국 에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20114010203110)입니다.

참 고 문 헌

- [1] 김준환, 이강완, “전력계통 고장 전류 증대와 대응방안”, 전기저널, pp. 19-31, 1998.
- [2] 김진석, “배전변전소에 대용량 변압기 적용시 초전도 전류제한기 적용방안 연구”, 숭실대학교 일반대학원, 2009.
- [3] T. Hara, T. Okuma, T. Yamamoto, D. Ito K. Tasaki, and K. Tsurunaga, "Development of a new 6.6kV/1500A class superconducting fault current limiter for electric power system", IEEE Trans Appl. Power Delivery, vol. 8, no. 1, pp. 188-198, Jan. 1993.
- [4] B. Gromall, G. Ries, W. Schmidt, H.-P. Kraemer, B. Seebacherm B. Utz, R. Nies, and H.-W. Newmuller, "Resistive fault current limiter with YBCO films-100 kVA functional model", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 9, no. 2, pp. 656-659, June 1999.
- [5] 김진석, 임성훈, 안재민, 문종필, 김재철, 김철환, 현옥배, “배전계통에 초전도 한류기 적용시 전류제한 특성”, 08년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 21~22, 2008.
- [6] 김진석, 김명후, 유일경, 문종필, 임성훈, 김재철, “배전변전소에 대용량변압기로 교체 적용시 보호협조를 위한 초전도 한류기의 임피던스 분석”, 대한전기학회 논문집, vol. 58, no. 8, pp. 1479-1484, 2009.
- [7] 조승식, “최신 배전시스템 공학”, 북스힐, 2006.
- [8] H. Kameda, and H. Taniguchi, "Setting Method of Specific Parameter of a Superconducting Fault Current Limiter Considering the Operation of Power System Protection", IEEE Trans. Appl Supercond., vol. 9, no. 2, pp. 1355~1360, June 1999.
- [9] 김명현, 김진석, 임성훈, 김재철, “분산전원이 연계된 배전계통의 온라인 보호협조 방안”, 한국조명전기설비학회 논문집, vol. 21, no. 3, pp. 132-141, 2007.
- [10] 최준호, 노경수, 김재철, “배전계통의 고장전류 제한을 위한 초전도 한류기 적용시 고장 발생 위치에 따른 영향 분석”, 한국조명전기설비학회 논문집, vol. 25, no. 9, pp. 44-49, 2011.
- [11] 김명후, 김진석, 유일경, 문종필, 임성훈, 김재철, “배전계통에 분산형 전원 증가에 따른 초전도 한류기 적용시 보호기기 협조동작 특성”, 09년도 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 9~10, 2009.

저 자 소 개

김명현 (金銘炫)

1986년 9월 23일생. 2011년 안양대 전기전자공학과 졸업. 현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정.

E-mail : surfnlead@ssu.ac.kr

김진석 (金辰碩)

1983년 1월 26일생. 2007년 서울산업대 전기공학과 졸업. 2009년 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년~현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사수료.

E-mail : redwolf832@ssu.ac.kr

임성훈 (林成勳)

1973년 11월 1일생. 1996년 전북대 전기공학과 졸업, 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학부 교수.

E-mail : superlsh73@ssu.ac.kr

김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업, 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~현재 숭실대 전기공학과 교수.

E-mail : jckim@ssu.ac.kr