

변압기를 이용한 저항형 고온초전도 전류제한기의 한류 특성

임성훈^{*}, 최효상^{**}, 고석철^{***}, 이종화^{***}, 강형곤^{****}, 한병성^{***}
^{*}전북대학교 공학연구원, ^{**}조선대학교 전기공학과, ^{***}전북대학교 전자정보공학부,
^{****}전북대학교 반도체물성센터

Fault Current Limiting Characteristics of Resistive Type SFCL using Transformer

Sung-Hun Lim^{*}, Hyo-Sang Choi^{**}, Seok-Cheol Ko^{***}, Hyeong-Gon Kang^{****},
Jong-Haw Lee^{***}, Byoung-Sung Han^{***}

^{*}The Research Center of Industrial Technology, Engineering Research Institute, Chonbuk National Uni.,

^{**}Department of Electrical Engineering, Chosun Uni.,

^{***}Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National Uni.

^{****}Semiconductor Physics Research Center, Chonbuk National Uni.,

superlsh73@hanmail.net

Abstract - The transformer is expected to be an essential component of resistive type superconducting fault current limiter (SFCL) for both the increase of voltage ratings in SFCL and the simultaneous quench due to different critical current between HTSC elements. However, for the design to prevent the saturation of iron core and the effective fault current limitation, the analysis for operation of SFCL with consideration for the magnetization characteristics are required. In this paper, the fault current limiting characteristics related with the magnetization ones were investigated through the variation of the ratio of the number of turns in the 1st and the 2nd windings. The proper design condition with variation of the number of turns to make the effective fault current limiting operation could be determined.

1. 서 론

고온초전도체를 이용한 전류제한기는 매년 증가되고 있는 전력요구와 전력공급으로 인한 전력 계통의 용량증가로 기존의 차단기의 용량증가와 성능향상을 위해 발생하는 추가비용을 줄일 수 있는 장점으로 인해 상용화를 위한 연구가 지속되고 있다[1-2].

개발된 고온초전도 전류제한기중 저항형은 구조 및 원리가 간단하고 소형화에 유리하며 특히 박막을 이용할 경우 용량증대시 적층구조를 통한 밀집화로 소형화가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 한류용량 증대를 위한 소자들의 직렬

연결시 소자들의 상이한 임계전류로 인한 동시퀀치 유도문제가 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이를 해결하기 위한 방안중에 하나로, 하나의 철심코어를 매개로 개별적으로 직렬연결된 여러개의 2차측에 소자를 연결하여 2차코일에 유기되는 공유자속에 의해 동시퀀치를 유도하는 방안이 제안된 바 있다[1].

제안된 방법은 개별소자에 연결된 1, 2차 권선의 턴수비를 조절함으로써 사고시 발생하는 소자의 저항크기뿐 아니라 개별소자의 전력손실부담을 조절할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 변압기의 2차측에 연결된 고온초전도 소자의 1, 2차 권선비에 따른 사고시 발생하는 소자의 저항크기와 전력손실을 비교분석하였다. 또한 철심의 히스테리시스 특성을 분석함으로써 변압기를 이용한 고온초전도 전류제한기 설계시 사고시 전류제한 동작이 철심코어의 비포화영역에서 동작되기 위한 설계조건을 분석하였다.

본 논문의 결과를 바탕으로 하이브리드 타입 고온초전도 전류제한기의 개별적으로 직렬연결된 각각의 2차 권선들의 턴수 변화에 따른 사고전류 제한특성과 제한기 임피던스의 변화를 분석하고자 한다.

2. 실험 결과 및 고찰

변압기의 2차측에 고온초전도 소자가 연결된 고온초전도 전류제한기의 등가회로는 그림 1과 같이 나타낼수 있으며 이는 기존의 차폐유도형 전류제한기의 등가회로와 동일하다. 그림에서 R_{11} , R_{12} 는 1, 2차 권선의 동선저항을, L_m , L_{11} , L_{12} 은 자화인덕턴스 및 각 코일의 누설인덕턴스

을 나타낸다. 사고발생직후 고온초전도소자의 저항발생으로 2차측에 흐르던 전류가 급격히 감소할 경우 자화인덕턴스로 사고전류가 크게 흐를 수 있다. 이로 인해 철심의 포화문제가 발생될 수 있으며 철심설계가 적절하지 못할 경우 효과적인 사고전류제한이 이루어지지 못하게 된다. 이를 고찰하기 위해 사고시 1, 2차 권선의 턴수에 따른 고온초전도 소자에서 발생하는 저항발생과 전력손실을 비교하였으며 이에 따른 철심의 히스테리시스 특성을 분석하였다.

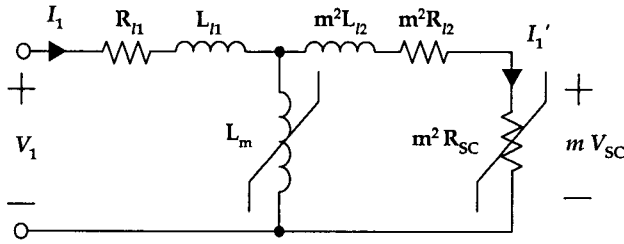


그림 1. 변압기를 이용한 저항형 고온초전도 전류제한기의 등가회로
Fig. 1. Equivalent circuit of resistive type SFCL using a transformer

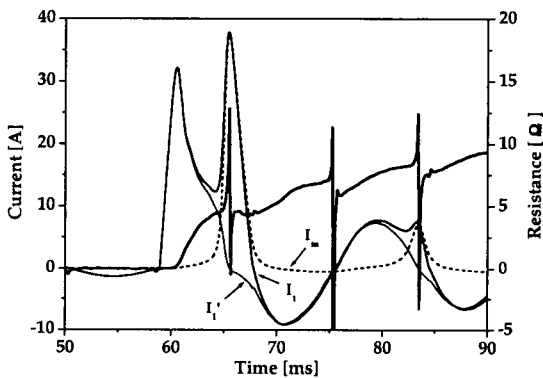


그림 2. 변압기를 이용한 저항형 고온초전도 전류제한기의 1,2차코일 및 자화전류파형
Fig. 2. Waveforms of coil 1,2 and magnetization current for resistive type SFCL using a transformer

그림 2는 사고시 1, 2차권선의 턴수비가 1인 경우의 1, 2차 권선 및 자화가지에 흐르는 전류 파형을 보여준다. 사고초기에 1, 2차 권선에 흐르는 전류크기가 동일한 크기로 급격히 증가되지만 고온초전도 소자의 저항발생에 의해 2차 권선에 흐르는 전류는 감소된다. 하지만 2차 권선에 흐르던 전류가 감소된 만큼 자화가지에 흐르는 전류는 증가하게 되며 이로 인해 1차 권선에 흐르는 전류는 다시 자화전류 크기만큼 증가하게 되는 것을 분석할 수 있다. 사고주기가 진행됨에 따라 1, 2차 권선에 흐르는 전류는 고온초전도 소자의 저항에 의해 감소됨에 따라 이와 같은 현상은 점차 감소되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 1, 2차권선비가 적절하지 못할 경우 증가된 고온초전도 소자의 저항으로 인해 철심의 포화를

야기하며 이로 인해 원하는 크기로의 전류제한이 이루어지지 않게 된다.

그림 3은 1, 2차 권선비에 따른 사고시 고온초전도 소자의 저항변화를 분석하기 위해 권선비를 0.67, 1, 1.5로 설계한 경우 사고시 고온초전도 소자의 저항변화를 보여준다. 사고시 고온초전도 소자의 저항크기는 권선비가 증가함에 따라 작아짐을 비교할 수 있다. 하지만 2차측에 연결된 고온초전도 저항값을, 1차측에서 바라본 값은 권선비가 증가함에 따라 더욱 증가함을 그림 4에서 볼 수 있다. 따라서 1, 2차 권선비가 큰 경우가 사고초기에 저항이 더욱 크게 증가되는 것을 관찰할 수 있으며 이로 인해 사고전류의 제한에 보다 효과적일 것으로 예상할 수 있다.

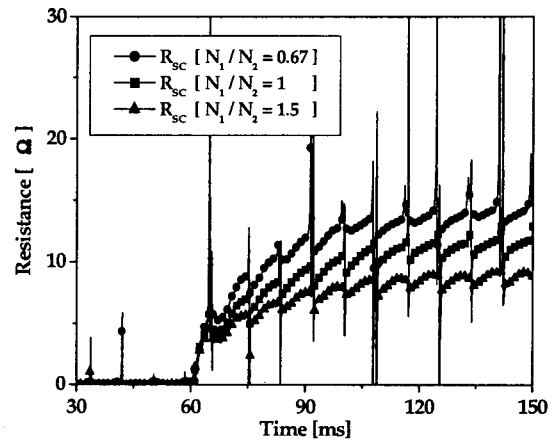


그림 3. 사고시 권선비에 따른 고온초전도 소자의 저항곡선
Fig. 3. Curves of HTSC element dependent on the ratio of number of turns during a fault time

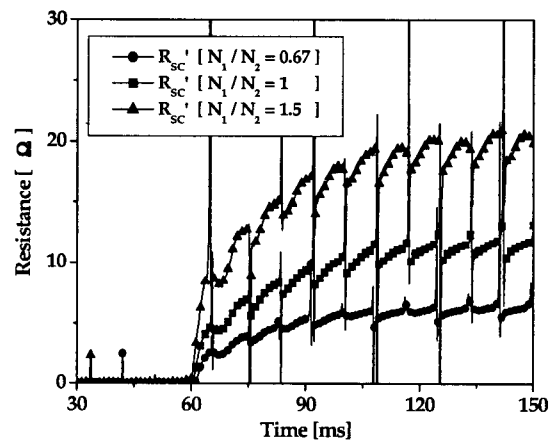


그림 4. 사고시 권선비에 따른 1차측에서 바라본 고온초전도 소자의 저항곡선
Fig. 4. Curves of HTSC element viewed in the 1st side dependent on the ratio of number of turns during a fault time.

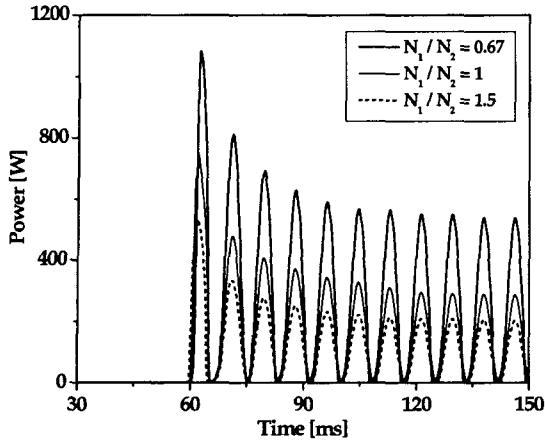


그림 5. 사고시 권선비에 따른 고온초전도 소자에서 발생하는 전력손실

Fig. 5. Power loss generated in HTSC lements dependent on the ratio of number of turns during a fault time.

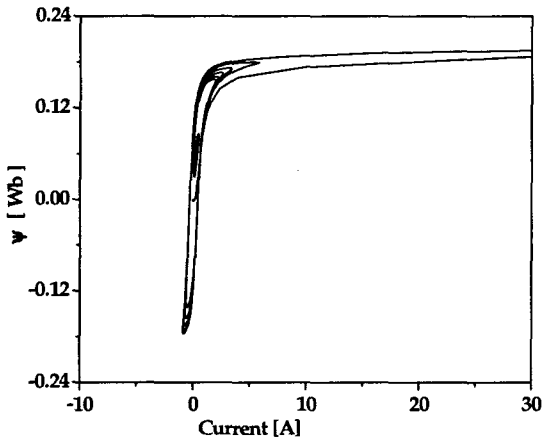


그림 6. 권선비가 1.5인 경우, 히스테리시스 곡선
Fig. 6. Hysteresis curve in case that the ratio of number of turns is 1.5

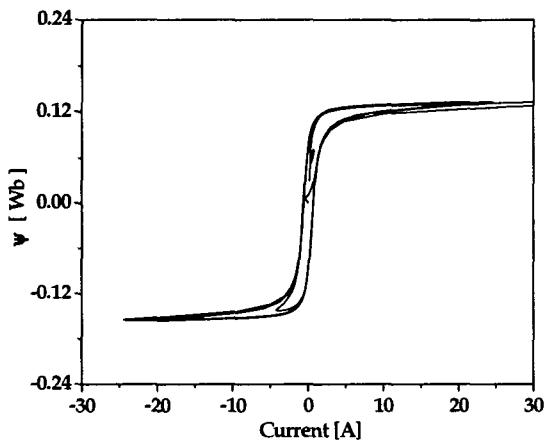


그림 7. 권선비가 0.67인 경우, 히스테리시스곡선
Fig. 7. Hysteresis curve in case that the ratio of number of turns is 0.67

권선비에 따른 소자에서 발생하는 전력손실을 비교한 그림 5에서는 권선비가 증가할수록 소자에서 발생하는 전력손실이 더욱 감소되는 것을 볼 수 있으며 그림 4에서 본 바와 같이 사고초기에 보다 크게 증가된 소자의 저항으로 인해 사고전류가 효과적으로 제한됨으로서 소자에서 발생하는 손실이 감소된 것으로 분석할 수 있다.

위 결과부터 변압기를 이용한 저항형 고온초전도 전류제한기 설계시 사고전류제한 효과와 소자가 감당해야 하는 전력손실측면에서 볼때 효과적인 권선비는 2차 권선수를 작게 설정하는 것이 유리함을 실험결과분석을 통해 확인할 수 있었다.

그림 6, 7는 권선비가 1.5, 0.67인 경우 변압기 철심의 히스테리시스 곡선을 보여준다. 권선비가 큰 경우(그림 6)는 히스테리시스 동작영역이 사고직후 포화영역으로 이동하였지만 사고주기가 경과함에 따라 점차 비포화영역으로 회복되는 것을 볼 수 있는 반면 권선비가 작은 경우(그림 7)는 사고주기가 몇주기 경과한 후에도 포화영역에 머물고 있음을 비교할 수 있다. 위의 결과로부터 권선비를 크게 할수록 사고전류 제한효과뿐 아니라 철심의 포화발생을 감소시켜줌을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 변압기의 2차측에 연결된 고온초전도 소자의 1, 2차 권선비에 따른 사고시 발생하는 소자의 저항크기와 전력손실을 비교분석하였다. 또한 철심의 히스테리시스 특성을 분석함으로써 변압기를 이용한 고온초전도 전류제한기 설계시 사고시 전류제한 동작이 철심코어의 비포화영역에서 동작되기 위한 설계조건을 분석하였다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Hyo-Sang Choi et al., "Switching properties of a hybrid type superconducting fault current limiter using YBCO stripes", *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, Vol. 14, No. 3, pp.1833-1838, Sept., 2002.
- [2] Sung-Hun Lim et al., "Analysis for Variation of Limiting Current at Initial Fault Time in Flux-Lock Type SFCL", proceeding of the KIEE summer annual conference 2003.