



연료전지용 전력 변환기의 고장 진단 및 신뢰성 시험

■ 강 현 수, 이 병 국 / 성균관대학교 정보통신공학부

서 론

전 세계적 경제 성장과 산업, 사회 활동의 증가로 인해 인류의 에너지 및 전력의 수요량은 급격히 증가하고 있다. 그에 따른 반작용으로 지구 온난화로 인한 환경 비용 증가의 부담과 제한된 매장량을 가진 화석 연료 고갈은 인류의 지속적인 성장뿐 아니라 인류 자체의 생존에 커다란 위협 요인이 된다. 이러한 에너지 현실에 대한 대안으로 신재생 에너지를 비롯한 에너지

원의 다변화 및 관련 기술의 연구개발이 점점 중요시되며 가속화 되고 있다. 더구나 에너지원의 다수를 수입에 의존하며 석유 의존도가 60% 이상을 차지하는 우리의 경우에는 이러한 여러 에너지원 다변화 및 발전 시스템의 설비확대와 효율 향상이 반드시 필요하다.

여러 신재생 에너지 시스템과 비교하여 연료전지 시스템은 특히 고효율 및 때와 장소를 불문하고 사용할 수 있는 장점을 가진다. 따라서 연료 전지 시스템의 비용이 다른 신재생 에너지원에 비해 고가임에도 불구하고

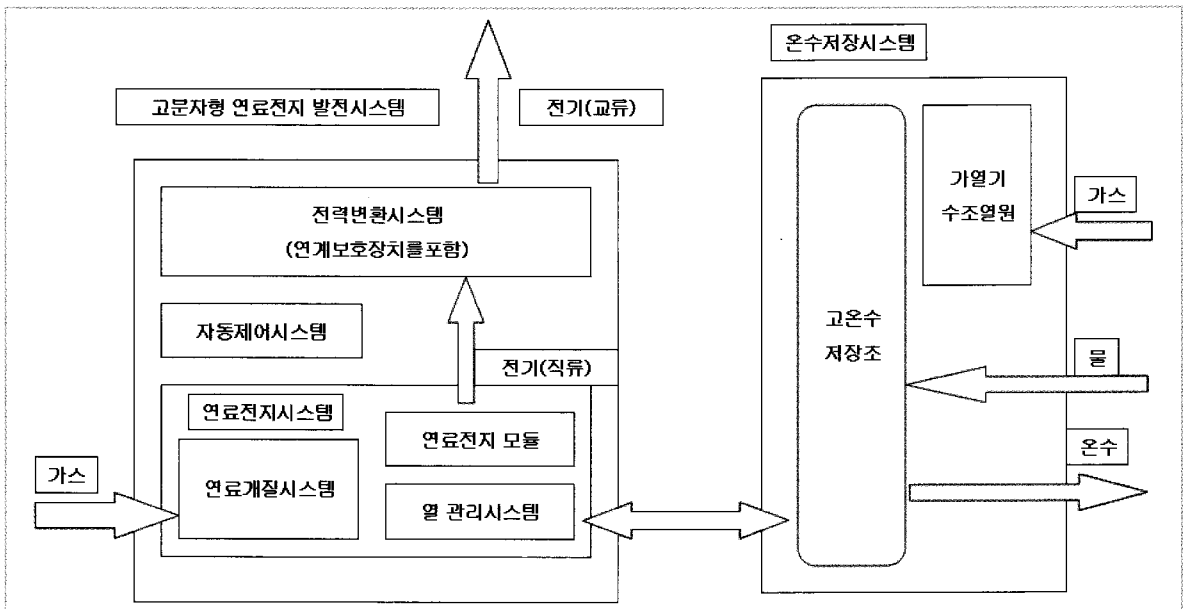
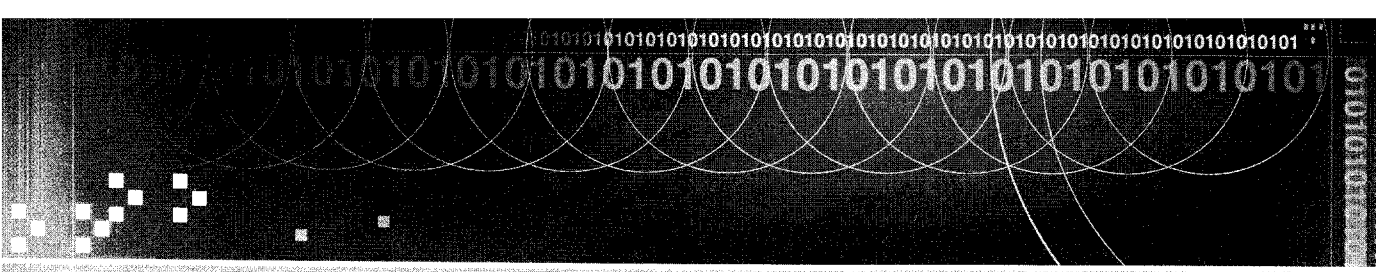


그림 1 연료 전지 시스템의 구성



고 이러한 장점으로 말미암아 연료 전지 시스템의 활용 범위는 기존의 소용량 휴대용 기기의 발전장치로부터 대용량 발전소 및 다른 신재생 에너지원과 병합되어서 복합 발전 설비를 이루는 등 매우 다양한 응용분야로 적용되어 가고 있다 또한 최근 단백질로 된 촉매를 사용해 의료 분야에 응용되어서 인체에 내장하는 새로운 개념의 연료전지도 연구 개발되고 있다. 따라서 이러한 연료전지 시스템에서는 기본적인 성능뿐 아니라 고효율, 고 신뢰성, 장수명 및 안전성이 매우 강하게 요구된다. 특히 연료 전지를 이용한 전력 변환 사업에 있어서 연료 전지의 안정성 못지않게 전력 변환기(PCS)의 안정성 및 신뢰성은 매우 중요한 요인이 된다. 만약 연료 전지 자체의 신뢰성이 확보 되었다더라도 PCS의 신뢰성이 뒷받침되지 않는다면 연료 전지에서 생산된 전력을 실제 수용가에 전달하지 못할 뿐 아니라 전체 시스템의 효율 및 안정성을 저해하는 역할을 한다. 따라서 이러한 연료전지 발전 시스템에서의 전력 변환기의 신뢰성의 확보는 전체 발전 시스템의 신뢰성 및 안정성의 확보와 직결되는 중요한 문제인 것이다.

연료 전지용 전력 변환기에서 효율, 신뢰성, 수명 및 안전성에 영향을 미치는 데는 다양한 요소가 있다. 때문에 일반적으로 전력용 반도체 소자를 이용한 전력 변환기는 산업기기, 가전기기 및 통신기기 전원 장치 등 전원을 필요로 하는 모든 기기에 널리 이용되어 왔으며, 다양한 제어방법과 소자들의 발명으로 기술적으로 많은 진보가 이루어졌다. 현재까지 전력 변환기 자체적으로 고효율화, 소프트 스위칭, 고역률화, 고밀도화, 소형화, 원가 절감, 신뢰성 향상 등과 같은 성능 및 기능 향상을 위해 많은 연구를 진행하여 급속한 기술 발전을 이룩하였다. 하지만 전력 변환기에서 고장을 검출, 진단하는 방법과 전력 변환기의 성능을 평가하고 전력 변환기의 신뢰성을 확보할 수 있도록 하는 신뢰성 시험은 기존의 전력 변환기의 제어 기술 발전과는 달리 전력 변환기 자체의 안정성 및 신뢰성을 확보하는 중요한 부분이다. 또한 연료 전지 발전 시스템에서도 전체 발전 시스템의 신뢰성과 안정성을 위해서 전력 변환기의 안정성 및 신뢰성을 확보하도록 고장

검출, 진단 기법 및 신뢰성 시험 결과를 분석하고 그에 따라 신뢰성을 확보할 수 있도록 대책을 수립해야 한다.

연료 전지용 전력 변환기는 사고 시 경제적, 사회적 손실을 가져올 가능성이 매우 크며 항상 신뢰성 있는 운전이 요구된다. 그러므로 개인과 산업체에 재해를 초래할 수 있는 사고를 막기 위해 이러한 전력 변환기에 대한 정확한 상태 감시와 진단 방법이 점차 요구되고 있다. 전력변환기는 시스템의 전원 공급 장치로서 고장에 따른 파급효과가 지대하다. 이에 따라 관련기술의 단순한 성능 구현에서 최근에는 상태를 정확히 진단하고 신뢰성을 향상시키는 쪽으로 연구의 필요성이 점점증하고 있다.

전력 변환기의 고장 원인 및 영향

전력 변환기의 고장의 종류에는 과전압, 과전류, 온도 상승, 결상, 접지, 이상 제어 발생 등이 있다. 이러한 고장을 감지하여 전력 변환기의 긴급한 상황에서 직접적인 사고를 방지하기 위하여 보호 회로를 설치하여 장치의 이상 동작 시에 사전에 전원공급을 차단함으로써 큰 문제를 발생하지 않도록 한다. 반도체 소자, 인덕터, 커패시터, 구동회로 및 제어회로의 열화에 의한 장치의 사고를 예방할 수 있는 진단 시스템에 관한 연구 또한 진행 중이다. 열화 또는 노후화 진단은 전원 장치의 상태를 진단함으로써 전원 장치의 사고를 미리 방지할 수 있고, 교체 및 유지/보수시기를 결정할 수 있으므로 전원의 안정적인 동작을 확보할 수 있다.

지금까지의 전력변환장치의 진단 기술방법의 특징은 부품별, off-line, 현장실측 데이터중심, 온도소음 등의 2차 징후 중심 방법이었다. 각 부품의 열화를 진단하는 방법으로는 가장 쉽게 개별 부품 각각에 대하여 전압 및 전류, 온도의 상태를 측정함으로써 부품의 열화를 진단할 수 있으나, 이는 각각의 부품마다 많은 센서를 필요로 하여 시스템을 복잡하게 하며 시스템의 가격을 상승시키는 요인이 된다. 따라서 개별 부품의 상태를 각각 진단하여 열화를 판단하는 것이 가장 바람직할 수 있으나, 전력 변환 장치는 많은 부품으로 구

성되어 있고, 각각의 부품은 동작 조건에 따라 수명의 정도가 다르고, 측정 노이즈에 의한 시스템의 간섭으로 시스템의 오동작이 발생할 수 있다. 따라서 고장의 진단 및 감지 시에는 현장실측 데이터 중심으로 단순히 전압과 전류의 절대적인 크기만 기준으로 삼고 있으며 2차적인 징후인 전력변환장치의 소음이나 온도에 의한 진단 기준의 판단근거로 삼고 있다.

전력 변환기의 고장 진단에 있어서의 최근 연구개발 동향은 부품별 진단이 아닌 시스템적인 측면의 진단, on-line 방식의 진단, 그리고 계측된 물리량의 단순 크기만이 아니라, 신호처리기법 등을 이용한 변화의 추이와 과정을 고찰하는 방식의 진단방법 등이 연구되어 오고 있다. 최근까지 전력 변환기 고장 진단과 관련한 연구는 사고에 대한 전력 변환기 상태 판정을 하여 왔으며 입력단 전류의 신호처리, 주파수해석등을 통하여 사고 상황을 판정하게 하였다. 하지만 전력 변환기와 같이 수많은 부품과 다른 동작 특성을 가지는 복잡한 시스템에 대한 상태를 해석하는 것이 매우 어려운 일이다. 따라서 입력전류의 신호처리나 동작 주파수의 스펙트럼 해석 등을 통해 전력 변환기와 부하 기기의 이상을 추정하고자 하는 방법 및 Wavelet 진단과 같이 일부 기법은 실제 구현하기 위해 상당히 복잡한 연산이 필요하며 이를 개선하기 위해 벡터좌표계를 이용한 전력 변환기의 인버터 진단이 제안되기도 하였다. 또한 일부 문헌에서는 커패시터와 같이 수명에서 취약한 부품에 대한 진단 방법을 소개하였으며 이를 이용한 커패시터의 수명 예측이 가능하다.

현재까지 소개된 방법들은 장치의 이상이 발생한 뒤의 상황을 판단하는 데에 주안점을 두었으며 전력변환 장치의 소자의 노화나 열화에 의한 이상 징후를 고려한 시스템에 대한 연구는 아직 진행 중이다. 이에 따라, 현재의 전력 변환기 유지 보수 방법은 임의의 수명연한을 설정하고 일정하게 교체해 줌으로써 사고 가능성을 낮추고 있다. 이러한 방법을 사용하는 이유로는 전력 변환기가 수많은 부품들로 구성된 복잡한 계의 시스템이므로 특정한 신호로 전체의 상태 판정이 매우 어렵기 때문이다. 하지만 이러한 일정한 주기로 교체하는 방법은 정확한 동작 상태를 파악하고 교체하는 것에 비해 상당

한 경제적 손실임과 동시에 미처 대비하지 못한 고장 발생 시 전체 발전 시스템의 안정도에 나쁜 영향을 준다.

전력 변환기의 고장 진단

전력변환기 진단기술은 전력용반도체 스위치의 이상이나 제어기 또는 필터 커패시터 그리고 출력단 기기 이상에 대해 여러 가지 변수 중에서 일부를 추출하여 신호해석하고 이상결과를 나타낸다. 이것은 전력 변환기의 상태 감시보다는 사고 발생 및 고장 진단을 알려주는 기능에 국한한다. 일부 주파수 영역이나 신호처리 프로세서에 의한 진단 알고리즘은 역시 복잡한 연산과정과 알고리즘에 의해 구현한다. 따라서 경우에 따라서는 신뢰성 역시 탁월하지 않은 결과를 나타내기도 한다. 이를 개선하기 위해 간단한 출력정보를 이용한 벡터 진단이나 신호 진단 기법이 제안되었다. 하지만 이러한 방법을 사용하여도 전력 변환기 전체 시스템 중 인버터의 동작진단에만 국한되는 단점이 있다.

1) Wavelet 신호 처리 진단 및 주파수 해석 진단 기법

Wavelet 신호 처리 진단기법은 기존의 푸리에 변환 및 창함수를 이용한 푸리에 변환의 단점을 보완하는 “시간-스케일” 변환으로 신호 해석을 하는 방법으로 특정한 사고에 의한 징후의 포착이 비교적 정교한 장점이 있다.

측정변수인 전력 변환기의 인버터 일차측 출력전류 파형의 변화는 부하변동이나 사고에 의한 급격한 증가나 감소로 나타나게 된다. DWT (Discrete wavelet transform)는 Silding data window 방식으로 그 변화를 감지할 수 있다. 매 단계마다, window내의 데이터는 연산되고 DWT계수를 찾아낸다. Wavelet 계수가 주어 진 대역을 벗어나는 경우 인버터 전류의 파형에서 변화가 일어났다고 판단하고 사고 상황과 부하 변화를 검출해 낼 수 있다.

주파수 영역에서 진단하는 방법은 여러 가지가 예시 되었으며 대표적인 것이 주파수영역에서 FFT 분석을 통한 이상 주파수를 찾아내는 방법이다.

그 한 예로, 관측 가능한 변수들 (속도, 전력, 전압 또는

제어 변수들)에서의 이상에 대한 스펙트럼 징후를 주파수 영역에서 해석하여 이상 진단을 하고자 하였다. 전력 변환기의 인버터 이상인 경우는 스위칭 주파수를 기준으로 고주파 수 특징 (PWM 주파수와 두 배의 PWM 주파수)에서 주파수 영역이 전류 스펙트럼에서 나타난다.

표 1 특정 주파수 대비 전력 변환기의 인버터 이상

	f_{pwm}	$2f_{pwm}$
Healthy functioning	Yes	No
Inverter fault of PCS	Yes	Yes

낮은 주파수에서도 전력 변환기의 인버터 이상에 따른 전압 변화의 징후가 나타나며 전력 변환기의 인버터에서의 이상은 회전계에서 평균 전압 벡터 전류 성분 값을 해석하여 감지한다. 정상 상태인 전력 변환기 인버터에서 연속적이나 이상이 있는 전력 변환기의 인버터에서는 연속적인 성분이 정상인 경우보다 낮은 것이 나타나거나 교류 성분의 주파수 변화가 나타난다.

2) Park vector 및 순시전력에 의한 3상 인버터 진단 기법

전력 변환기에서 출력 단의 3상 인버터 스위칭 벡터 궤적은 그림 4.22에서 예시한 바와 같이 6개의 벡터 성분과 2개의 영상벡터로 총 8개가 존재하며 정상 동작일 경우 벡터 궤적을 따라 회전하는 형태를 취한다.

따라서 전력 변환기의 인버터 출력에 이상이 발생할 경우 궤적의 대칭비가 달라지며 이를 해석하여 정상적인 동작 유무와 이상 지점의 추적이 가능하다. 따라서 전력 변환기의 인버터에 이상이 발생할 경우에 출력단에서 순시전력의 비대칭성이 발생하므로 d-q 벡터 궤적에서 역시 이상이 발생하며 이를 이용하여 이상 판

정을 할 수 있다. 이 방법은 많은 연산과 해석 과정이 필요한 단점이 있다.

연료 전지용 전력 변환기의 신뢰성 평가 및 고장 분석 기법

신뢰성(reliability)이란 '시간'의 측면에서 본 품질로서 일정 기간 동안 주어진 기능을 원활하게 수행할 수 있는 제품의 능력을 말한다. 즉, 연료 전지용 전력 변환기를 오랫동안 고장 없이 잘 사용할 수 있다면 신뢰성이 높은 것이다. 신뢰성의 정량적인 척도인 신뢰도는 '시스템이 규정된 사용 조건하에서 의도하는 기간 동안 요구되는 기능을 수행할 확률'로서 정의된다. 따라서 전력 변환기의 신뢰도를 높이기 위해서는 규정된 환경 조건에서 요구되는 시간동안 요구되는 기능이 명확하게 수행 되도록 전력 변환기를 설계하여야 한다. 전력 변환기가 요구하는 기능, 즉 전력을 연료 전지 출력으로부터 계통에 공급하지 못하는 경우를 고장이라고 정의한다면 고장의 정의에 따라 전력 변환기의 신뢰도는 크게 달라질 수 있다. 이때 고장의 범위를 단순한 일회성 고장과 파괴적 고장으로 나눌 수 있는데 만약 파괴적 고장과 같은 파국적인 상황만을 전력 변환기의 고장으로 정의한다면 고장의 정의에 따른 신뢰도는 매우 크게 차이가 발생한다. 이러한 경우 단순 일회성 고장까지도 고장으로 정의한 경우에 비해 신뢰도의 문제가 크게 차이가 난다.

전력 변환기에서의 신뢰도는 사용 기간에 따라 달라진다. 따라서 보통 사용기간에 의해 신뢰도를 정의하지만 시간 이외에 반복회수나 사용 전력량과 같이 다른 척도를 사용하여 제품의 신뢰도를 결정하기도 한다.

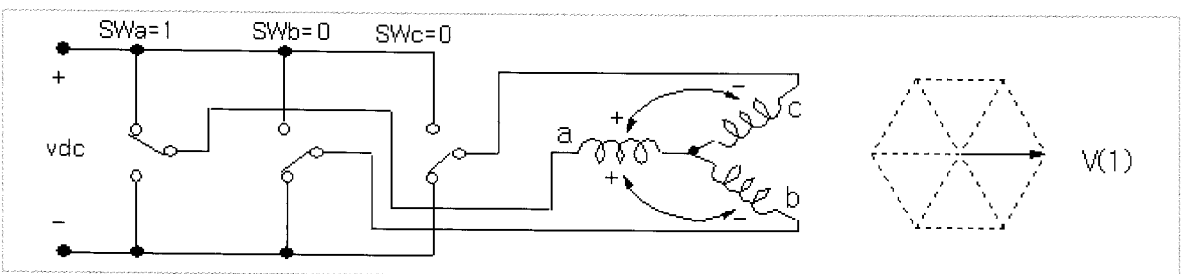


그림 2 전력 변환기 인버터의 스위칭 개도도

이상에서와 같은 신뢰성의 정의는 좁은 의미에서의 신뢰성의 정의이며, 넓은 의미에서의 신뢰성의 정의는 신뢰성, 가용도, 정비도(RAM : reliability, availability, maintainability)를 의미한다. 여기서의 신뢰도는 수리 불가능한 시스템의 신뢰성 척도로 사용되고, 가용도는 수리 가능한 시스템의 경우에 특정 시점에 시스템이 작동하고 있을 확률이다. 정비도는 부품이나 설비가 설계된 용도에 따라 기능을 할 수 있는 상태로 유지되거나 복구되어지는 활용도이다.

고장 모드 영향 및 치명도 분석(FMEA) 기법은 전력 변환기의 시스템을 구성하는 모든 부품의 목록을 만들고 각 부품의 고장 방식 (failure mode)과 이 고장이 시스템에 미치는 영향을 검토하는 방법이다. 전력 변환기 시스템에서 전력 변환기의 동작에 중대한 영향을 미칠 가능성이 있는 부품을 찾아내고 개발의 초기 단계에서 대책을 강구하는 것을 목적으로 한다. 전력 변환기의 FMEA/FMECA는 모두 전력 변환기 시스템을 구성하는 부품에 고장이 발생하였을 경우 이 고장이 시스템의 신뢰성이나, 안정성에 어떠한 영향을 미치는가를 해석하고 사전에 필요한 대책을 강구하는 방법이다. 따라서 FMEA/FMECA는 말단 부품에서 상위 수준으로 가면서 해석을 진행하며 개개의 부품의 고장 해석을 위주로 진행한다. 이에 반해 전력 변환기 시스템

의 결점 나무 분석(FTA)은 전력 변환기 시스템의 고장 상태를 먼저 산정하고 그 고장의 요인을 순차적으로 하위 수준으로 추구해 나가는 방법으로 2가지 이상의 부품의 동시 고장에 의한 시스템의 고장을 해석할 수 있는 것이 특징이다. 이상과 같은 고장 해석에 의해서 전력 변환기의 고장을 감소하도록 함과 동시에 고장으로 인한 발전 설비의 사용자 피해를 감소시키는 것이 안정성의 제고에 도움이 된다.

일반적으로 제품의 신뢰성에 대한 제품의 고장곡선은 욕조모양의 욕조곡선(Bath-tub Curve)으로 나타난다. 이러한 욕조 곡선좌측은 고장률이 감소하는 부분(DFR)을 초기 고장 기간, 욕조 곡선의 중간은 고장률이 비교적 낮고 일정한 부분(CFR)을 우발 고장 기간, 욕조 곡선의 우측은 고장률이 증가되고 있는 부분(IFR)을 마모 고장 기간이라고 한다. 모든 시스템의 고장률이 반드시 욕조곡선의 형태로 나타난다는 것은 아니고 시스템에 작동하는 스트레스의 크기나 시스템의 종류(전기적 시스템, 기계적 시스템...)에 따라 다르게 나타나기도 한다. 이러한 시스템의 신뢰성을 나타내기 위한 고장 곡선의 모양은 <그림 3.>에 나타난다.

또한 전력 변환기에서 고장 발생 시 고장의 원인을 분석하여 <표 2.>에 나타내었다. 이러한 전력 변환기에서의 특성 곡선과 표를 이용하여 전력 변환기에서의 신뢰도

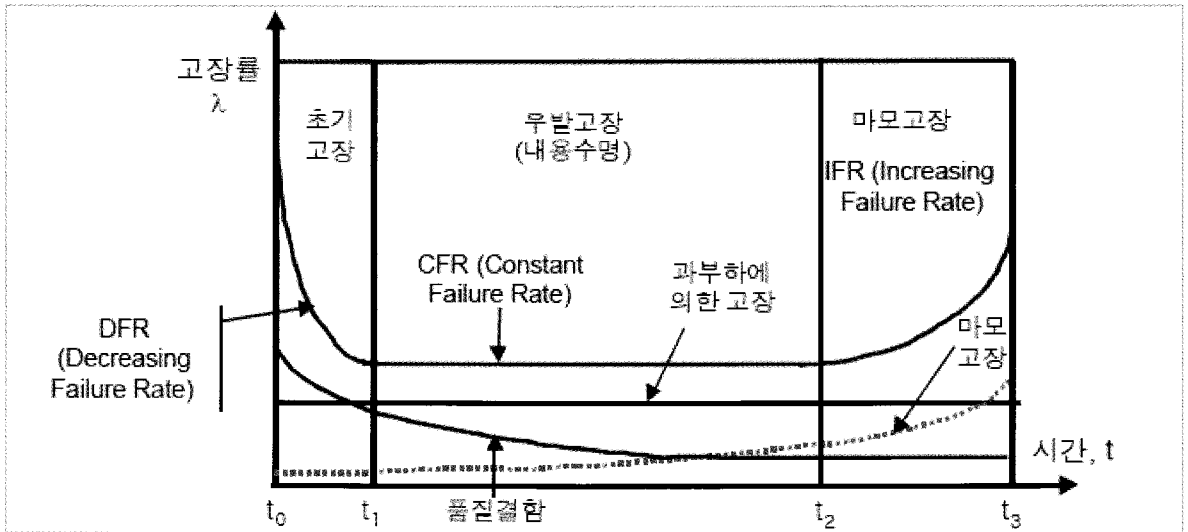


그림 3 신뢰성과 고장을 함수

표 2 전력 변환기에서의 고장 발생 시점과 고장의 원인

	I. 초기고장기간 Infant Mortality Failure	II. 우발고장기간 Random Failure	III. 마모고장기간 Wearout Failure
원인	설계 결함 제조 결함 재료 불량	오용 환경조건의 변동	부식, 산화, 피로 특성치 열화
신뢰성 시험	Screening 시험 전수시험 잠재 결함품 제거 단기간 양품에 손상을 주지 않는 시험 조건 (Burn-in)	고장률 시험 샘플 시험 고장률 추정 고장률 유지 여부 판정 Lot의 합부 판정 총 시험 기간 (=시료수×시험시간)으로 시험의 규모 결정 일반적으로 가속시험	내구성 시험 샘플시험 마모고장이 시작 되는 시점의 추정, 또는 service life 이전의 고장 확률 추정 가속시험

추정 및 고장의 원인에 대한 분석이 가능하며 아울러 전력 변환기 자체의 신뢰성을 향상시킬 수 있도록 설계 단계에서의 대응이 가능하다. 신뢰성에 대한 설계 단계에서의 대응은 향후에 발생 가능한 고장의 가능성을 줄이며 아울러 전력 변환기 시스템의 수명을 향상시킨다.

전력 변환기의 신뢰성 향상 기술의 발전 동향

전력 변환기의 시스템 수명을 측정하기 위한 수명 평가 기법은 수명을 평가하기 위한 신뢰성 시험에서 시험시간을 단축시키는 방향으로 계속 발전하고 있다. 이에 따라 전력 변환기의 성능 및 신뢰성 시험조건 중 정상 사용조건에서 시험하던 것을 높은 스트레스 조건에서 시험하여 고장을 빨리 발생시키는 가속 수명 시험으로 대체하면서 시험시간을 단축하고 있다. 가속 수명 시험은 전기적, 기계적 부하나 온도, 습도, 전압, 가스, 진동, 분진, 일사 등의 사용조건에 따른 Stress를 강화하여 고장 시간을 단축시키는 수명 시험의 한 종류이다. 따라서 전력 변환기에서 제품의 특성이 일정한 경향을 가지고 열화되는 경우 열화패턴을 모델링하여 고장에 이르지 않은 상태에서 고장시간을 예측할 수 있게 함으로써 전체 시험시간을 단축하고 전력 변환기의 수명을 예상 할 수 있다. 이러한 수명 예측 시험은 최근 고장 물리를 활용하여 시간에 따른 고장 메

커니즘의 진행과정을 모델링하여 시험을 하지 않고 수명을 예측하는 Virtual Qualification에 대한 연구로 계속 진행되고 있다. <그림 4.>는 이러한 전력 변환기의 수명을 예측 평가하는 시험 기술의 발전 동향을 나타낸다. 전력 변환기에서 이러한 가속 수명 시험을 실시하면 가장 검출력이 높은 것은 진동 스텝스트레스를 적용한 경우이다. 또한 가속 수명 시험 중 진동 및 급격 열변화 조건도 나머지 20%의 검출력을 나타내므로 매우 효과적인 시험으로 나타난다. 이러한 열변화 시험에서는 Cold, Hot step stress를 먼저 시작한 경우이므로 주요 문제점은 온도 스텝 스트레스에서 먼저 나타나게 된다. 이상에서의 가속 수명 시험에서의 고장 유형은 설치 현장의 고장 유형과 유사하게 나타난다.

전력 변환기의 초기 신뢰성을 향상시키기 위하여 초기 결함을 제거하는 방법으로 고온에 일정 기간 방치하는 번인시험이 주로 진행되어 왔다. 전기 전자 제품의 환경시험을 통하여 온도 싸이클과 랜덤 진동이 초기 결함을 제거하는데 효과적이라는 것이 알려지면서 전력 변환기에서도 온도 싸이클 스트레스와 랜덤 진동을 활용한 ESS(Environmental Stress Screening)가 적극적으로 활용되고 있다. 또한 최근에는 ESS를 변형한 HASS가 주목을 받고 있다. <그림 5.>는 전력 변환기의 초기 결함을 평가하고 이를 제거하는 시험의 기술이 발전되는 동향을 보여준다.

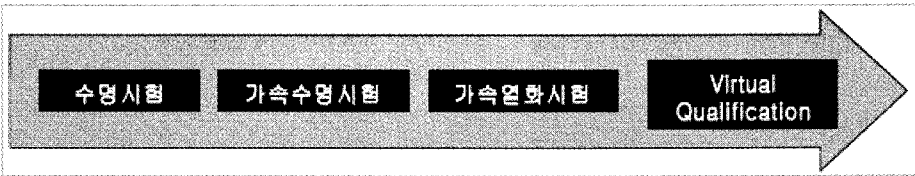


그림 4 전력 변환기의 수명 평가 기술의 발전 동향

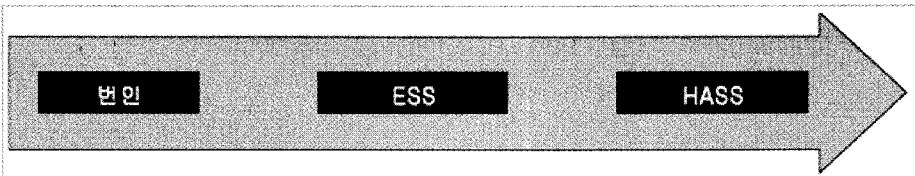


그림 5 전력 변환기의 초기 결함 제거 기술의 발전 동향

표 3 전력 변환기 신뢰성 시험 항목

NO	시험 항목	
	대분류	중분류
1	외관 구조	P/L 확인
		외관 검사
		구조검사
		매뉴얼 확인
2	내 환경 시험	고온 방치 시험
		저온 방치 시험
		온도 급변 시험
		저온 기동 시험
		고온 기동 시험
		온도 Cycle 시험
		고온, 고습 시험
3	이상 전원 시험	순시 정전 시험
		전원 단속 시험
		전원 점증감 시험
		전원 변동 시험
4	안전성 시험	절연, 내전압 시험
		누설 전류 측정
		출력 단락 시험
		입·출력 결상 시험
		돌입 전류 시험
		부품온도 상승 시험
		보 서지 시험
		지락 시험
		출력 ON/OFF 시험
		난연성 확인 시험
		5
M/C 개폐 Noise 시험		
무전기 Noise 시험		
정전기 Noise 시험		
개폐 Surge 유도 Noise 시험		
Fast Transient & Burst Noise 시험		
6	기계적 시험	내진동 시험
		자유 낙하 시험
		강구 충돌 시험
7	성능 시험	효율 측정
		기능 특성 시험
		PCB 기능 시험

전력 변환기의 신뢰성 시험 항목 및 설비 심사 기준

제작된 연료 전지용 전력 변환기의 신뢰성을 확보하기 위하여 개발된 제품에 대한 신뢰성 평가를 수행한다. 신뢰성의 평가의 지표로 <표

3.>의 예와 같은 개발 시험 항목의 신뢰성 시험을 실시한다. <표 3.>에서의 신뢰성 시험은 크게 3가지 항목으로 나누어지는데 이는 외관 구조, 전기적 안전성 및 기계적 안전성 항목으로 구성된다. 일반적으로 신뢰성 시험을 실시하는 샘플의 숫자는 복수의 샘플에 대하여 시험을 수행하며 시험 중에 시험에 규정된 항목 이외에 동작을 보일 때는 그 동작을 기록하고 해당 신뢰성 시험 항목을 실패 한 것으로 간주한다. 하지만 전력 변환기에서 고장 상황에 비해 신뢰성 시험 중에 발생한 발생 동작의 연관성이 현저히 떨어지는 경우는 동작 발생 현상에 대해 기록은 하지만 신뢰성 시험의 항목을 성공적으로 수행한 것으로 간주하기도 한다.

다음의 기준은 신재생에너지 개발 이용·보급 촉진을 목적으로 국가 인증기관에서 실시하는 전력 변환기 설비 인증 심사 기준의 샘플 항목으로 국제 설비 심사 기준 규격 및 국내외의 관련 규격을 참고하여 작성된 것이다. 이러한 설비 심사 기준을 통하여 제작된 전력 변환기의 동작 신뢰성을 평가하고 품질에 대한 최소한의 기준을 제공한다. 따라서 이러한 시험 항목이 규제화되는 경우라면 국내에서 생산, 제조, 판매 되는 모든 연료 전지용 전력 변환기는 이러한 최소한의 기준을 충족시켜야 한다.

맺음말

연료 전지 발전 시스템을 구성함에 있어 전력 변환기의 안정성과 신뢰성은 전체 발전 시스템의 안정성과

표 4 전력 변환기의 설비 심사 기준 항목 예시

시험 항목		독립형	계통 연계형	
기본성능	(1) 기동 특성 시험	○	○	
	(2) 정지 특성 시험	○	○	
	(3) 발전 효율 시험	○	○	
	(4) 배열 회수 효율 시험	○	○	
	(5) 부하 변동 특성 시험	○	○	
	(6) 불활성 가스 소비량 시험	○	○	
환경성	(7) 배출가스 측정 시험	○	○	
	(8) 소음 측정 시험	○	○	
내환경성	(9) 내풍 시험	○	○	
	(10) 살수 시험	○	○	
안정성	(11) 온도 상승 시험	○	○	
	(12) 구조시험	○	○	
	(13) 절연 성능 시험	(A) 절연 저항 시험	○	○
		(B) 절연 내력 시험	○	○
		(C) 서지 내력 시험	○	○
		(D) 번개 임펄스 시험	○	○
	(14) 보호기능 시험	(A) 출력 과전압 및 부족 전압 보호기능 시험	×	○
		(B) 주파수 상승 및 저하 보호기능 시험	×	○
		(C) 단독 운전 방지기능 시험	×	○
		(D) 복전 후 일정시간 투입방지 기능 시험	×	○
	(15) 정상특성 시험	(A) 교류출력 역률 시험	×	○
		(B) 교류출력 전류 변형률 시험	×	○
		(C) 누설 전류 시험	○	○
		(D) 대기 손실 시험	×	○
		(E) 출력전류 직류분 검출 시험	○	○
	(16) 과도응답 특성시험	(A) 계통전압 급변 시험	×	○
		(18) 내전기 환경시험	×	○
	(17) 내전기 환경시험	(A) 계통전압 왜형률 내량 시험	×	○
(B) 외부사고시험		×	○	
(C) 부하불평형 시험		○	×	
(18) 전기부품 내구성 시험	○	○		
외부/내부 비정상	(19) 외부사고 시험	(A) 출력측 단락 시험	○	○
		(B) 계통전압 순간정전·강하 시험	×	○
		(C) 부하차단 시험	○	○
	(20) 연료 차단 시험	○	○	
	(21) 가스 누설 시험	○	○	

신뢰성을 좌우한다. 전력 변환기의 고장 검출을 위해서 여러 가지 방법들이 시도되고 있으며 동시에 이러

로 말미암아 연료 전지용 전력 변환기의 안정성과 신뢰성이 보다 높게 유지 된다.

한 방법을 통하여 전력 변환기의 고장이 직접적인 사고로 이어지지 않도록 보호 회로를 설계하고 진단 기능을 추가한다. 또한 전력 변환기의 열화 및 노후화 진단 기법의 연구 결과들은 전력 변환기의 유지, 보수에 기여 할 뿐 아니라 발전 설비가 전원으로로서의 안정적인 동작을 하는데 기여한다. 또한 연료 전지 발전 시스템에서도 전체 발전 시스템의 신뢰성과 안정성을 위해서 전력 변환기의 안정성 및 신뢰성을 확보하도록 사전에 고장 진단 기법 및 신뢰성 시험 결과를 분석하고 그에 따라 신뢰성을 확보할 수 있도록 대책을 수립해야 한다. 연료 전지용 전력 변환기의 제작 및 이에 대한 신뢰성의 검사 기법 또한 다양한 방법을 통하여 이루어지고 있으며 전력 변환기제작사들은 이러한 신뢰성 기법들을 통해 전력 변환기의 수명을 예측하고 초기 고장 및 현장에서 고장이 발생하는 확률을 감소시킴으로써 결과적으로 전력 변환기의 안정성과 신뢰성을 확보할 수 있다. 이러한 방법으로 확보된 전력 변환기의 안정성과 신뢰성은 본고에 기술된 몇 가지 신뢰성 시험 및 설비 시험 기준들을 통해 검증된다. 따라서 이러한 시험 결과 분석과 이에 대한 보완 설계