

주상변압기 단락강도 향상을 위한 바니쉬 함침기술 동향

김 양 태*, 양 태 권*, 송 일 근**, 노 황 래**

(*동방전기공업주식회사 부설연구소, **한전 전력연구원 전력계통연구실)

1. 서 론

주요 배전기자재 중 주상변압기는 최근 약 8개년 평균 고장 점유율이 전선, 애자 다음으로 매우 높고, 폭발 사고 시 인명 및 재산상의 피해가 발생할 뿐만 아니라, 제작불량 등으로 인한 정전은 고객에 대한 양질의 서비스 및 고품질의 전력을 제공하는데 큰 지장을 초래하고 있다.

주상변압기의 고장원인이 80년대의 경우 자연열화, 제작 불량, 뇌격의 순이며, '90년대에는 외물접촉, 자연열화, 뇌격의 순으로서 발생되었다. 주상변압기의 설치대수에 대한 고장률은 주상변압기 100대당 고장건수로 표시하였을 때 '70년대 평균 1.11대에서 '80년대에는 0.06대로서 급격한 감소를 보였으며, '90년대에는 0.03대를 기록하였다.

최근 5년 이내에 제작한 주상변압기의 검수시험시 불합격한 유형을 살펴보면 274대 중 167대가 단락강도시험 및 충격전압시험에서 불합격이 발생되었고, 또 '99년도 하자가 발생한 주상변압기 1445대 중 약 1038대가 1차 권선불량 및 1-2차 권선의 절연이 불량한 것으로 판명되었다.

따라서, 본 고에서는 변압기의 단락전류(기계적)에 대한 대응 방안 중 하나인 절연 바니쉬에 대한 기술적 내용 및 동향을 서술하였고, 특히 변압기의 고장예방 및 수명이 종기될 때까지 사용할 수 있도록 변압기의 열화요인 등을 기술하여 고장방지 대책 제시에 도움이 되도록 하였다.

2. 주상변압기의 절연열화 메커니즘

변압기에서 발생하는 열화 메커니즘은 과부하 고온 운전 에 따른 열적 열화현상, 외부 단락전류 유입에 의한 단시간의 열적 열화현상, 기계적 손상현상 및 부분방전 열화현상 등이 대표적이며, 이러한 열화현상으로 인해 전기적·기계적 성능이 저하하게 되어 변압기의 기계적 강도 저하, 진동

증가, 가연성 가스 발생 등으로 나타나고, 결국 절연파괴 사고로 진전하게 된다.

변압기에 사용되는 절연은 크게 절연재와 절연유로 나눌 수 있고, 절연재는 절연지와 절연지를 압축해서 만든 프레스보드 형태가 있으며, 절연유에는 광유계 절연유와 합성 절연유를 포함한 여러 종류가 있지만, 현재 주상변압기에 사용하는 절연유는 광유 1종 2호에 적합한 것으로 규정되어 있다.

일반적인 주상변압기의 열화 프로세스는 그림 1과 같이 열, 전계, 수분, 산소 등에 의해 진행된다.

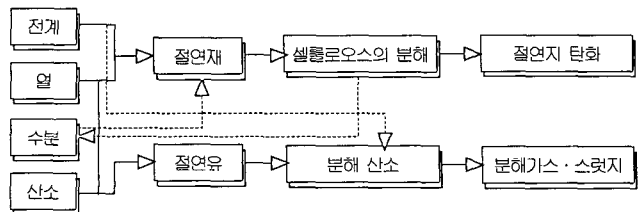


그림 1. 주상변압기의 열화 프로세스

주상변압기가 장시간 동안 과부하로 운전되거나 경년변화가 될 경우 온도상승 및 누설전류 등으로 변압기 내부의 절연물이 파괴된다. 이 때 절연물의 손상(절연물의 탄화부분) 부분을 통해 누설전류가 증가되므로 열화는 가속되어 결국 권선간 단락으로 진전하게 된다.

만약 약화된 변압기 절연 부분이 생기면 내부아크로 인한 단락사고로 이르게 되고 이때 발생한 아크 에너지에 의해 절연유는 휘발성 가스로 분해된다. 분해된 가스는 급격한 압력 상승을 일으키면서 피스톤 운동을 하게되어 변압기 상부의 공기 부분을 압축하게 된다. 특히 밀폐형 변압기에서 내부압력 상승이 과다해지면 절연유 분출과 함께 폭발이 일어나게 된다.

그림 2는 변압기 고장의 진행과정을 나타낸 것이며, 표 1은 아크 발생의 전 단계인 절연파괴 요인 중 열적, 전기적 및 기계적 열화요인의 양상과 고장원인을 나타냈다.

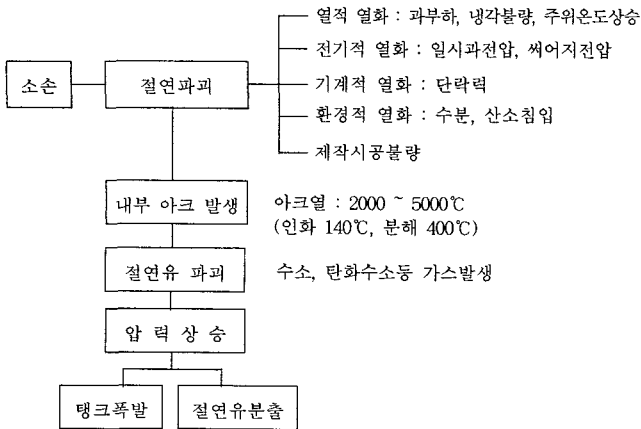


그림 2. 변압기 고장의 진행과정

표 1. 변압기 절연파괴 요인과 고장원인

구분	고장원인
전기적	<ul style="list-style-type: none"> · 뇌격에 의한 계통이상 전압에 기인하는 권선의 단락, 단선 및 지락 등에 의한 절연파괴 · 코로나 방전, 간헐적인 아크방전, 유중이물질에 의한 유중섭락, 흡습, 기름 누설 열화에 의한 절연파괴 · 특히 권선, 리드선 등 돌발적 사고로 되는 경우
열적	<ul style="list-style-type: none"> · 누설자속에 의한 순환전류나 와전류에 의한 철심, 탱크, 권선의 가열 · 통전부의 접촉불량, 조임부분의 이완 · 과부하 운전 · 외부단락에 의한 권선, 리드선 등의 과전류
기계적	<ul style="list-style-type: none"> · 여자진동 및 수송시 볼트체부 개소의 이완으로 접촉불량, 리드선의 손상 · 전자기력에 의한 권선의 변형 · 진동과대에 의한 권선의 피로절단 · 진동, 충격에 의한 철심, 접지선의 이완, 절단 · 철심, 취부 부분의 이완, 과전압에 의한 이상 진동 · 기계 진동적 이상은 변압기의 외부이상이 많지만 내부에서 이상이 발생하면 전기적 혹은 열적 이상으로 진전

3. 단락전류가 주상변압기에 미치는 영향

3.1. 경년품의 단락강도시험 결과

1999년도에 저손실형 주상변압기중 경년품의 성능확인 시험결과, 단락시험 항목에서 불량 71%, 절연유시험 불량 35%, 유도 내전압시험 불량 12%, 뇌충격 내전압시험 불량 9%, 특성시험 불량 9%, 온도상승시험 불량 6% 순으로 나타났다. 그림 3은 경년품 저손실형 주상변압기의 성능확인 시험결과이다.

불량으로 판정된 변압기의 77%가 3년이 경과된 변압기임을 감안하면 경년품 변압기의 단락강도가 상당히 취약한 것으로 판단된다. 불량원인을 분석한 결과, 경년품 변압기에서 단락시험

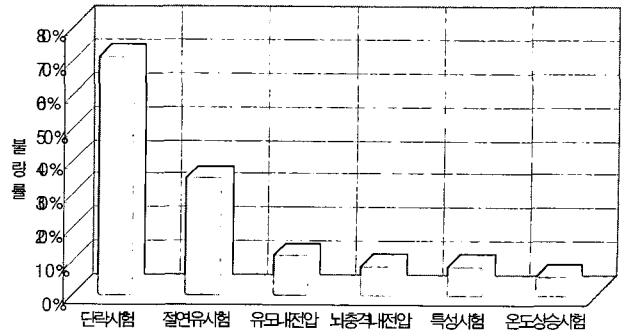


그림 3. 경년품 저손실형 주상변압기의 성능확인 시험결과

불량은 %임피던스 변화율 초과로 인한 불량, 여자전류 변화율 초과로 인한 불량 및 단락 후 유도내전압 시험 불량이 주로 차지하고 있다.

변압기의 부하측에서 단락사고가 일어나면, 단락전류가 통상의 부하전류의 몇배 내지 수십배의 큰 전류가 흐른다. 그 단락전류에 의해 변압기 권선에 과대한 전자 기계력이 작용하고, 또한 단락전류가 지속되면 권선의 온도는 현저히 상승하고 절연물에 상처를 주며, 전자 기계력에 대한 도체의 장력을 악화시킨다.

그러므로 변압기는 규격에 정해진 조건의 단락에 대하여 기계적, 열적으로 손상되지 않게 제작되어야 할 뿐만 아니라, 변압기의 사용에 있어서는 단락사고를 일으키지 않게끔 충분히 배려함과 동시에 만일 사고가 생겨도 정해진 시간 내에 회로를 차단할 수 있게 하여야 할 것이다.

3.2. 단락전류에 의한 온도상승

변압기 권선은 규격에 정해진 단락시간의 끝에 가서 최고 온도도가 <표 2>의 값을 초과되지 않도록 제작되고 있다. 단락전류의 통전시간은 짧으므로 이 온도는 도체내부에 발생한 열이 모두 도체 내부에 축적되는 것으로 절연물의 허용 최고온도를 시간만으로 하고 계산에 의해서 구한다.

표 2. 규격별 단락전류에 대한 열적강도

최고 허용 온도	JEC-2200		ANSI C57.12		IEC 76-5 BS 171				
	절연의 종류	권선온도의 한도 (°C)		절연의 종류	권선온도의 한도 (°C)				
		동	알루미늄		동	알루미늄	동	알루미늄	
200	건식A종	250	180	유입A종	250	200 강도 상 문제가 없을 경우	건식A종	180	180
	건식E종	250	200			건식E종	250	200	
	건식B종	350	200			건식B종	350	200	
	건식 H, F종	350	-			건식 H, F종	350	-	
	유입A종	250	200			유입A종	250	200	
단락 시간	2초 단락전류가 정격전류의 25배를 넘을 경우 $2 \times \left(\frac{\text{정격전류} \times 25}{\text{단락전류}} \right)^2$ [초]		단락전류의 배수에 따라 다르다. 25배 일때는 2초임		2초 다만, 단락전류의 25배를 넘는 것은 협의에 따름.				

4. 단락 기계력 향상 방안

변압기 권선에 전류가 흐르면 그 발생하는 자계와의 상호작용에 따라 기계력이 발생한다. 이 크기는 전류의 2곱에 비례하기 때문에 단락전류와 같은 대전류가 흐르면 아주 큰 기계력을 발생시켜 이 때문에 권선의 강도가 충분하지 않으면 변형이 되는 외에 권선의 지지가 불완전 할 때는 파괴되는 수가 있다. 따라서 변압기 권선은 2차측 부하 회로로 발생한 사고에 따라 변압기에 흐르는 단락전류에 대하여 충분한 강도를 갖게끔 설계하지 않으면 안된다.

권선에 움직이는 힘의 방향은 전자력 법칙에 따라 동방향의 전류가 흐르는 도체간에서는 서로 합하고, 반대방향의 전류가 흐르는 도체간에는 서로 반발하기 때문에 1차와 2차권선은 서로가 반발하여 반발력이 발생되며, 같은 권선의 각 도체는 서로 가까워지려고 압축력을 발생한다. 이 처럼 단락시에는 무척 큰 기계력이 발생하므로 설계시에는 기계력을 감안하여 설계하지 않으면 안된다.

4.1. 설계 변수와 기계력 관계

1) 수평력

기계적 단락력중 수평력은 암페어 턴, 임피던스, 평균장 및 유효자로 길이에 따라 동일규격의 변압기라 하더라도 작용하는 힘의 크기는 다르다.

각 설계 변수가 단락력에 미치는 관계는,

- 첫째 : 암페어 턴의 자승에 비례하고,
- 둘째 : 임피던스의 자승에 비례,
- 셋째 : 평균장 (고,저압)에 비례,
- 넷째 : 유효자로 길이에 반비례한다.

2) 수직력

수직력은 발생된 수평력의 고·저압간 불평형에 기인하는 것으로 수평력을 최소화하는 것이 중요하며 권선의 흡수 수직상의 암페어 턴 그룹, 고·저압 권선의 거리 및 각 권선의 수직 변위에 따라 결정된다.

소형 변압기의 경우 암페어 턴 그룹이 하나라고 간주하면

- 첫째 : 수직 변위에 비례하며 (권선의 층수를 짝수로 하는 것이 바람직함)
- 둘째 : 고·저압 권선 거리에 반비례한다.

4.2. 단락 기계력 향상을 위해 변압기 제작시 고려할 사항

- 1) Coil를 권선할때 고·저압 권선을 Tie Lug 을 사용하여 단락시 코일 상·하부 양단 도체가 이탈되지 않도록 단단히 잡아준다.
- 2) Coil winding의 Callar 는 프레스 보드 또는 Micata 재질을 사용하여 붙이고 Supporting fill을 두른다.
- 3) Coil의 duct 스페이스는 폴로 단단히 붙여 기계력이 발생시 흐트러짐이 없게 한다.

- 4) Coil의 리드는 Cree paper 또는 기타 절연지를 보강 절연함과 동시에 아주 질긴 string 으로 coil 내부측의 도체와 함께 묶어준다.
- 5) Coil을 권선하고 프레스를 한후 건조후 진공 바니쉬 함침을 하여 coil과 절연지가 일체화되어 단락시 coil의 이탈을 막는다.
- 6) 상·하부 코아조임쇠는 용접을 단단히 하고 상하체결 볼트는 전후, 좌우 체결을 한다.
- 7) 탭리드 인출은 권선 엔드 중앙에서 좌우 30mm 이내에서 인출하고 각리드를 서로 묶어 준다.
- 8) 베리어 부분은 빈틈이 없이 닥트로서 충분히 채워 준다.

상기 사항을 유의하여 제작함으로써 단락 기계력을 향상시킬 수 있음은 물론 권선이 불어나지 않도록 winding 속도를 적당히 맞춰 단단히 winding을 하여야 하며, 특히 단락 기계력이 강한 진공 바니쉬 함침기술이 매우 중요하다고 하겠다.

5. 진공 함침용 철연 바니쉬 기술

5.1. 바니쉬란

바니쉬는 천연수지, 합성수지 등을 알코올 또는 기름에 녹여서 액상으로 만든 것으로 전기 기기의 코일이나 도체의 절연, 기계적 고착, 방습 등에 사용된다. 바니쉬는 처리 후 비로소 그 성능을 발휘하게 되므로 그 특성은 바니쉬 자체의 성질 이외에 처리조건이나 대상재료에 따라 다르게 나타난다.

일반적으로 바니쉬 재료로 필요한 특성은 침투성 및 내부 건조성이 좋을 것, 강인하고 가요성이 있는 피막을 만들 것, 피막의 절연성이 우수할 것, 피막은 내습·내약품·내유·내열성이 우수할 것, 금속을 부식시키지 않을 것, 기기의 온도상승을 억제하기 위해 열전도성이 좋을 것 등 성질이 요구된다.

바니쉬의 종류는 [표 3]과 같이 수지 및 용제에 따라 많은 종류가 있으며, 현재 부상변압기에 사용되는 함침용 바니쉬를 건조방법으로 분류하면 다음과 같다.

5.1.1 자연건조 바니쉬

상온의 대기 중에서 자연히 건조해서 절연 피막을 만드는 바니쉬를 말하며, 셀락 페놀수지 등을 알코올에 녹인 알코올계와 건성유에 비교적 다량의 수지 또는 아스팔트를 배합해서 만든 유성 바니쉬가 있다. 알코올계 바니쉬는 도포 후 0.5~1시간 정도 건조하는 것으로 그 특성은 내유성이 풍부하고 피막이 안정하며 광택이 있어서 마무리용 바니쉬로 많이 사용된다.

유성바니쉬는 알코올계 바니쉬에 비해 건조에 약간 시간이 걸리지만 내습성, 절연성이 좋아 코일 등의 함침용에 적합하다. 그러나 자연건조 바니쉬는 내열성 및 습윤시의 전기적 특성이 가열건조 바니쉬에 비해 떨어진다.

표 3. 절연용 바니쉬의 종류

구분	종 류	주 재료	특 성			용 도
			비중	체적저항율 [Ωm]	절연파괴강도 [kV/0.1m]	
마무리 바니쉬	자연건조 마무리 바니쉬	천연수지(셀락, 기르소나이트, 로진 등), 합성수지(페놀, 알키드, 에폭시, 실리콘계 레진), 건섬유, 안료를 주성분으로 해서 공업용 가솔린, 톨루엔, 크셀린, 솔벤트나프사 등에 녹인 것	0.92	1×10 ² 이상	2.0이상	전기기기 및 전기기구류의 표면보호
	자연건조, 저온가열건조, 고온 가열건조 마무리 바니쉬			1×10 ³ 이상	4.0이상	
코일함침 바니쉬	자연건조 코일 바니쉬		0.87	1×10 ⁴ ~10 ⁵ 이상	5~6 이상	전기기기용 코일의 절연
	저온 가열건조 코일 바니쉬		0.87 ~ 0.91			
	중온 가열건조 코일 바니쉬	0.91 ~ 1.00	1×10 ⁴ 이상	7.0이상		
	고온 가열건조 코일 바니쉬	0.92 ~ 0.99			8.0이상	
접착용 바니쉬	50, 51, 52호 바니쉬	아스팔트, 셀락, 페놀레진, 건섬유를 주성분으로해서, 공업가솔린, 솔벤트나프사, 알코올에 녹인 것	0.91 ~ 1.05		2~6 이상	전기기기의 절연작업, 주로 절연지, 천 등의 접착에 사용
에나멜선용 바니쉬	에나멜 동선용	수지, 건섬유, 용제	0.9	1×10 ⁴	0.9/0.2mm 이상	유성에나멜동선의 제조용
	폴리에스테르동선용	텔레프탈산계 폴리에스테르, 용제				폴리에스테르 동선의 제조용
	포르말 동선용	폴리비닐 포르말				포르말 동선의 제조용
	폴리우레탄 동선용	폴리우레탄				폴리우레탄 동선의 제조용

5.1.2 가열건조 바니쉬

가열건조 바니쉬는 도포 또는 함침 후, 가열에 의해 건조·고화하는 바니쉬로 원료에 따라 수지계와 아스팔트계로 구분된다. 수지계 스탠드유(아마인유를 250~300℃로 가열한 점유유)에 코펠, 로진 에스테르, 유용성 페놀레진 등을 배합해서 가솔린, 솔벤트 나프사 등으로 희석시킨 것이다. 바니쉬의 피막은 굳고 광택이 풍부하고 절연성 및 내유성이 우수해서 유입기기 코일의 함침에 적합하다.

아스팔트계는 수지의 일부를 기르소나이트(천연으로 산출되는 아스팔트의 일종) 등으로 치환한 것으로, 피막의 절연성, 내열성, 내구성이 우수해서 유입이 아닌 전기 기기 코일의 절연처리에 사용된다. 바니쉬 건조를 위한 가열온도, 시간은 바니쉬의 주성분에 따라 다르지만 100~120℃에서 1~4시간 정도가 일반적이다.

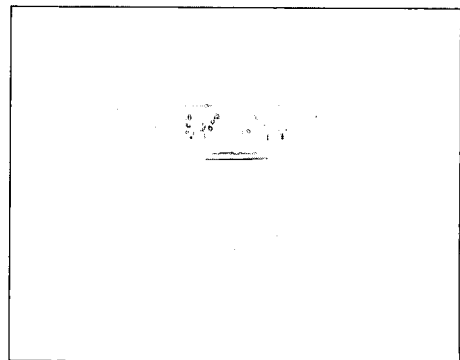
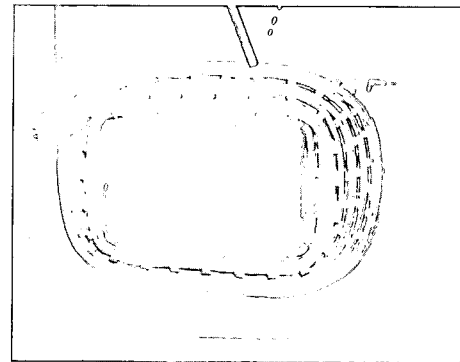
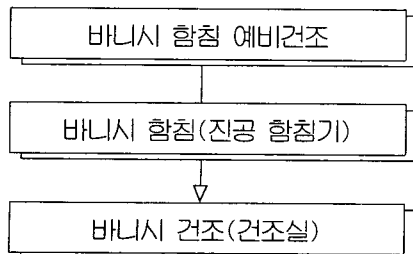


그림 4. 바니쉬 함침전 권선 및 진공 바니쉬 함침기

5.1.3 작업공정



바니쉬 합침 전에 권선의 수분을 최소화시키기 위해 예 비건조 과정을 거쳐 진공합침기에서 바니쉬 합침을 시행한 후 건조실에서 건조 작업을 하게 되며, 실제로 합침 작업도 중요하지만 합침시킨 바니쉬가 충분히 건조될 수 있도록 건조작업에 충실하는 것이 중요하다. 바니쉬 건조가 불량할 경우 바니쉬가 흘러내리기도 하고 많은 불순물이 생성되어 절연유 성능을 저하시킬 뿐 아니라 유 덕트를 막아 유순환을 저해함으로써 과열개소가 발생하여 고장의 원인이 될 수도 있다.

5.2. 절연 바니쉬 분류

절연 바니쉬 처리 목적은 다음과 같다.

- 전기적 특성 향상
- 기계적인 고착
 - coil과 coil, coil과 금속을 접착하고 coil의 피막을 보호한다.
- 습기, 유해 약품으로부터 보호
 - 단단하고 강인한 보호막을 만든다.
- 방열을 잘하여 기기의 온도 상승을 방지.
- 공기를 차단하여 열 열화 방지.
- 외관을 좋게하고 사표가치를 높여 먼지 부착을 막으며, 내구성 향상.

절연 바니쉬는 용도, 건조성, 화학적 조성 및 내열성 등에 의해서 다음 표 4와 같이 분류할 수 있다.

1) 용도별

표 4. 절연 바니쉬 종류

명칭	용도	특성
끝마무리 바니쉬	coil 절연물의 끝마무리처리	방습성, 도막의 평활한 도막, 내약품성, 밀착성,속건성,내열화성
Coil 합침 바니쉬	Coil 합침용	침투성, 안전성 내부 경화성, 절연특성, 강인성, 고착성, 내습성, 내열화성
코아 바니쉬	규소강판처리	속건성, 열열화성, 전기특성
접착용 바니쉬	에나멜선 가공용	절연내압, 내마모성,내용제성, 열열화성, 열충격성
포관용 바니쉬	바니쉬 cloth 바니쉬 Tube류의 도포 가공용	전기 절연성, 내용제성, 유연 가소성, 내약품성

2) 건조에 따른 분류

- 자연 건조형 : 끝마무리 처리에 사용
- 가열 건조형



그림 5. 건조에 따른 바니쉬의 종류

3) 내열성에 따른 분류

내열성에 따른 절연재료의 분류는 다음 표 5와 같다.

표 5. 내열성에 따른 절연재료의 분류

내열 구분	A종	E종	B종	I종	H종	N종	R종
분 류	110℃	120℃	130℃	155℃	180℃	200℃	220℃

4) 조성에 따른 분류

◦ shellac 바니쉬

- 라카지 진디물의 분비물을 정제하여 알콜에 녹인 바니쉬로 마감용으로 사용되며, 속건성으로 방청성 및 내수성이 양호하고 보통 흑색이다.

◦ 유성 바니쉬 (w-23, w-28, w-25)

- 건성유에 로진 또는 유용성 페놀수지 등을 배합하여 가열 중합시킨 것으로 도막이 유연하여 가소성이 좋고 작업성도 양호하다. 합침 바니쉬로 적합하며, 산-화중합 건조되므로 내부중화성이 좋지 않다. 주로 변압기와 같은 유입기기 합침용, 마감용 및 포관용 등에 사용한다.

◦ 아스팔트계 바니쉬 (w-20, w-125)

- 아스팔트계통을 사용한 것으로 유성바니쉬에 비해 내습성 절연성은 좋아지나 내유성이 떨어진다.

◦ 알키드계 바니쉬

- 페놀 변성 알키드 수지 (적산전력계)
- 멜라민 변성 알키드 수지
- 스티렌화 알키드 수지 등이 이용되고 있으며 장단점이 있다.
 - (장점) : 내후성, 금속에 대한 밀착성, 가소성이 있으며 강인하다. 속건성, 내유성, 내가솔린성, 내열성 등이 양호
 - (단점) : 도막의 내수, 내알칼리성에 약하다. 표면에 주름이 생기기 쉽다.

◦ 폴리에스테르계 바니쉬 다염기산과 다가알콜의 축합반응으로 얻은 에스테르 결합을 갖는 총칭 코일 합침바니쉬 보다 에나멜 선용 바니쉬로 많이 사용한다.

◦ Epoxy 수지 바니쉬 (용제형)

- 작업조건 및 요구 물성에 따라 여러 종류로 구별하여 사용할 수 있으나 주로 아민, 아미드, 산 무수물 및 Epoxy ester 화하여 사용되고 있다. 밀착성, 전기특성, 내수성, 내약품성 및 내열성이 우수하다.

다음의 표 6은 용제형 바니쉬와 무용제형 바니쉬의 특성을 비교한 것이다.

표 6. 용제형 바니쉬와 무용제형 바니쉬의 특성 비교

구분	용제형 바니쉬	무용제형 바니쉬
장점	<ul style="list-style-type: none"> 가사시간이 길다. 작업성이 좋다. 가격이 싸다. 	<ul style="list-style-type: none"> 건조가 짧다. 작업능률이 높다. 공해가 낮다. 휘발이 거의 없이 고형분으로 되기 때문에 건조후 틈이 생기지 않아 완전 고착화가 된다. 내열성이 좋다. 전기적 특성이 양호하다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> 건조시간이 길다. 공해가 심하다. 완전 고착화가 안된다. 내부 건조가 표면 건조보다 늦다. 전기적 특성이 비교적 낮다. 	<ul style="list-style-type: none"> 가사시간에 제한을 받는다. 가격이 비싸다. 자동 합침기가 있어야 한다.

무용제형 바니쉬는 경화제 또는 촉매를 첨가하고 상온 또는 가열하면 용제의 증발에 상당하는 것이 없고 전체가 동시에 경화하는 것으로서 무용제형 바니쉬라 한다.

5) 합침 바니쉬 처리법

(1) 코일합침 바니쉬로서 요구되는 특성

- 점도가 낮고 고형분이 많을 것
- 탱크 수명이 길것
- 적당한 경화 건조조건 일것
- 절연성이 좋을 것
- 기타 절연 바니쉬 처리목적에 적합할 것

(2) 합침바니쉬의 처리 방법

기기의 종류, 크기, 용도 및 요구되는 성능에 따라서 사용되는 합침바니쉬의 종류와 함께 처리법이 선택된다.

- 풀림 도장법
- 침적법 (상압합침법) Dipping process.
- 진공합침법
- 적하 합침법 (Drip process)

6) 절연 바니쉬 관리방법

(1) 바니쉬 관리 목적

- 처리하는 기기의 신뢰성을 만족
- 탱크내의 바니쉬가 겹화하는 등의 문제점을 방지

(2) 바니쉬 관리 방법

- 비중과 온도
- 점도와 온도

(3) 측정시 주의 사항

- 시료를 채취하기 전에 바니쉬를 균일하게 교반하여 준다.
- 바니쉬 온도를 측정
- 점도 측정 컵으로 점도 측정

• Baume 비중계로 비중을 측정

• 측정된 점도와 비중을 바니쉬 관리 한계 내에 있는지 확인

(4) 내열성

전기기기의 코일은 최근 소형 경량화가 강하게 요구되므로 운전온도가 높게 된다. 따라서 사용되는 절연물의 내열성과 운전온도에 충분히 견디는것이어야 한다.

• coil 의 크기, 형상, 종류

coil의 size가 크면 사용시의 온도 상승에 따른 도체의 팽창이 크므로 바니쉬도 신축성이 있는 것으로 하여야 한다.

소형 Amature coil용 바니쉬는 일반적으로 고온 고속에 사용되므로 그때 발생하는 원심력에 충분히 견디고 고온에서 기계적 강도가 필요하다.

• 절연층 두께

절연층 두께가 두꺼우면 가운데 들어가는 바니쉬는 시험용 철판에 바르는 바니쉬에 비하여 건조가 상당히 늦기 때문에 그와 같은 건조 조건에서도 건조성이 좋은 바니쉬를 선택하여야 한다. 이때는 무용제형 바니쉬가 우수하다.

• 특수처리 유무 (내유, 내약품처리 등)

특수한 물성이 요구되는 곳에는 그 물성에 맞는 특성을 가진 바니쉬를 사용

7) 절연 바니쉬의 최근 동향

- (1) 공정의 단축 - 저온 속건화, 무용제화, 건조 방식 (적외선 조사), 자기용착형 전선 등
- (2) 자동화 - 적하 장치, 연속 합침장치
- (3) 공해방지 - 저취기, 비광화학, 활성용제 사용, 수용성도료, 분체도료, 자기용착 전선
- (4) 고내열성 - 소형 경량화, 고성능, 고 신뢰성, 난연성, 내열화성

6. 결 론

변압기 제조분야에서 무용제 합침 도료의 도입은 변압기의 기계력을 향상시키는데 혁신적인 일로 판단된다. 특히 고압코일에서 기기 구조물 사이의 틈을 완전히 메꾸어 좁은 고열 발생에도 충분하게 전압이 증가되며, 변압기 업체에서 무용제 합침도료의 응용분야는 매우 폭이 넓다 하겠다.

주상변압기의 검수시험시 불합격한 유형중 대부분이 단락감도시험 및 충격전압시험에서 주로 불합격이 발생되었고, 또 최근의 하자가 발생된 주상변압기 중 약 72%가 1차 권

선불량 및 1-2차 권선의 절연이 불량한 것으로 판명되었다.

따라서, 본 고에서는 변압기의 단락전류(기계적)에 대한 향상 방안 중 하나인 절연 바니쉬에 대한 기술적 동향분석을 통하여 향후 주상변압기 단락강도특성 향상검토에 조금이나마 도움이 되기를 바라며, 바니쉬 특성에 따른 주상변압기의 단락강도가 향상되는지 세밀한 연구가 필요하다고 판단된다.

= 参考文献 =

- [1] 배전기자재 (저손실주상변압기) 성능확인 특성시험 조사연구, 한전 전력연구원, 2000.1
- [2] 전력용 변압기 사고감소에 관한 연구, 한전 전력연구원, 1992.12
- [3] 주상변압기 절연과파 감소대책에 관한 연구, 한전 전력연구원, 1992.12
- [4] 배전용 국산기자재 경년변화 특성에 관한 연구, 한전 전력연구원, 1990.10
- [5] '96변압기 품질 향상대책, 한전 서울자재관리처, 1997
- [6] 전기품질 향상을 위한 배전변압기 세미나, 한국전기연구소, 1999.5
- [7] Guide for loading mineral-oil-immersed overhead and pad-mounted distribution transformers, ANSI/IEEE C57.91 1981
- [8] Test code for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers and guide for short-circuit testing of distribution and power transformers. ANSI/IEEE C57.12.90 1987
- [9] General requirements for liquid-immersed distribution, power and regulating transformers, ANSI/IEEE C57.12.00, 1987
- [10] Overhead-type distribution transformers, 500kVA and smaller, ANSI/IEEE C57.12.20, 1988

저자 소개



양태권(梁泰權)

1955년 4월 2일생. 1981년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1981년-1990년 동방전기공업주식회사 기술이사. 1991년-현재 동방전기공업주식회사 전무이사. 전기기사



김양태(金諲泰)

1962년 10월 4일생. 1983년 전북산업대학 전기공학과 졸업. 1986년-1988년 대명중전기공업주식회사 설계부. 1988년-현재 동방전기공업주식회사 부설연구소, 선임연구원



송일근(宋一根)

1961년 3월 3일생. 1984년 숭실대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1985년 9월-현재, 전력연구원 전력계통연구실 배전기술그룹 Project Leader/선임연구원. 관심분야:배전설비(케이블, 애자, 피뢰기, 개폐기 등)활선진단 및 수명예측



노황래(盧瓊來)

1954년 3월 28일생. 1974년 대전공업전문학교 전기과 5년 졸업. 1980년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 4월-현재 한국전력공사 근무. 전력연구원 전력계통연구실 배전기술그룹 Project Leader/책임연구원. 관심분야:배전설비(배전용변압기, 고품질 배전계통 등) 내선설비