



대용량 전력용변압기의 현장진단시험 (5)



글 / 류희석

한국전기연구소 전력기기연구부 절연진단연구팀

4.4 Tap changers

4.4.1 일반

전력용변압기에는 사선상태에서 조작하는 NLTC(No-Load Tap Changer)와 LTC(Load Tap Changer 또는 OLTC:On-Load Tap Changer)의 두종류가 사용된다.

NLTC의 구조는 사선상태에서만 조작되도록 만들어졌기 때문에 그렇지 않을 경우 기기수명의 단축과 함께 기기에 심한 손상이 발생하며 인명의 손상이 발생한다. NLTC는 일반적으로 전력용변압기의 고압측 권선에 위치한다.

LTC는 변압기가 운전되고 있는 상태에서 조작

되도록 제작된 것이다. LTC는 수요자의 요구와 설치상의 경제성 및 적합한 Tap Changer가 있는 나에 따라 저압측이나 고압측 어느 곳에도 설치할 수 있다.

4.4.2 LTC의 일반적 육안점검과정

모든 LTC의 조작 과정상 인접한 탭들은 한 탭에서 다른 탭으로 전류를 전달 할 때 함께 연결된다. LTC내에는 이 탭들이 함께 연결될 때 순환하는 전류를 제어하기 위해 임피던스를 탭들 사이에 삽입시킨다. 초기 설계에서는 과도 임피던스로서 리액터를 사용하였으나 새로운 설계에서는 저항을 사용하고 있다. 부하이동 동작시 전류는 전환스위치(diverter switch)에 의해 차단된다. 이 스위치는 절연유내에서 아크를 발생시키는 구조일 수도 있고 진공구조일 수도 있다.

전류차단부로 사용되는 부분은 주기적인 점검과 보수를 필요로 한다. 점검주기는 운전시간, 사용범위 및 동작횟수 등을 기준으로 한다. 다음에 설명하는 점검간격은 자주 사용되는 값들을 표시한 것이다. 그러나 실제로 사용되는 간격은 운전경험상 좀더 자주 점검해야 할 필요가 있는 경우를 제외하고 제작자가 규정하는 값을 사용한다. 탭회환기의 최초점검은 운전 첫해말에 해야 한다. 이후에 실시되는 점검은 운전 첫해말에 실시한 최초점검의 결과를 기준으로 한다. 측정된 점접손상도에 관계없이 점검주기는 5년을 넘지 말아야 한다.

LTC는 변압기 외함에 용접되거나 볼트로 고정된 별도의 격리구조로서 공급되는 경우도 있고 변

압기 외함내에 위치하는 경우도 있다. 일반적으로 아크 전환스위치 또는 진공전환스위치를 사용하는 리액터전환식 탭절환기는 별도구조로 조립된다.

저항전환식 탭절환기는 별도로 제작하기도 하고 변압기 외함안에 넣기도 한다. 변압기 외함안에 설치되는 탭절환기는 두가지 중요 구성요소를 갖는다. 첫번째는 전환스위치와 전환 저항기를 격납하는 별도의 원통형 절연통이다. 이 통은 내부 절연유가 변압기의 주절연유와 섞이지 않도록 밀봉되어야 한다. 밀봉된 전환스위치통 바로 아래에는 탭선택기와 전환선택(changeover selector) 스위치가 위치한다. 이 스위치들에서는 아크가 발생하지 않기 때문에 변압기의 주절연유내에 위치 할 수도 있다. 그러나 이러한 스위치들이 변압기 주절연유내에 위치하는 경우 변압기 외함내에 있는 절연유를 제거하지 않으면 스위치의 점점들을 점검 할 수가 없다. 그러나 전환스위치들은 변압기 외함의 절연유를 제거하지 않고서도 점점을 위해 원통형으로부터 꺼낼 수 있다.

운전중일 경우에도 분리된 구조를 갖는 LTC는 적외선 감지기를 사용하여 점검 할 수 있다. 일반적으로 구조물의 온도는 주 외함보다 몇°C 정도 낮은 경우가 보통이다. 주 외함의 온도에 근접하거나 초과하는 온도가 측정된다면 내부에 문제가 발생한 것으로 판단 할 수 있다. LTC구조물의 뚜껑을 열기전에 위치문제에 대한 외부적인 증상을 점검해야만 한다. LTC 내부로 들어가기 전에 점검해야 하는 증상들에는 도장상태, 누설되는 용접부, 절연유 밀폐상태, 방압기기 및 유면계 등이 있다. 전압 인가를 해지하고 내부점검을 위해 분리된 LTC구조물내의 절연유를 배출한다. LTC구조를 열때 문 또는 개폐구조물의 가스켓부분에서 열화의 흔적을 세밀하게 점검해야 한다. 구조물의 바닥에서 비 비정상적 마모 또는 표면 마찰을 표시하는 부스러기가 없는가 점검해야 한다.

4.4.3 LTC의 특수점검과정

다음 점검사항들은 반드시 제출되어야하며 문제가 없는가 그리고 앞으로 적절하게 운전될 수 있는가를 확인하기 위한 상세사항은 제작자의 운용 지침서를 참조해야 한다.

가. 분리구조에 고정된(아크가 발생하는 형태인) 저항형 또는 리액터형 부하시 탭절환기의 점점 및 보수

- (1) 제어 스위치의 기능
- (2) LTC의 정지 위치
- (3) 고정부분의 견고함
- (4) 부식, 산화 또는 자유로운 부유수분과 같은 수분의 흔적
- (5) 제작자의 구조설명서에 규정된 값과 같은 기계적인 간격의 유지
- (6) 탭선택기, 전환선택기 및 아크 전달 스위치의 동작 및 상태
- (7) 기계적 구동동작
- (8) 계수기의 동작
- (9) 탭선택기 위치 및 기계적 구조를 포함한 위치표시기의 동작 및 위치
- (10) 제한 스위치 동작
- (11) 기계적 지지구조의 보존상태
- (12) 수동회전축과 Interlock 스위치의 적절한 동작상태
- (13) 탭선택기의 물리적 상태
- (14) 외부 축구조물 동작의 자유도
- (15) 고정 또는 이동 아크점점의 아크에 의한 부식 범위
- (16) Tracking과 Cracking에 대한 방어를(barrier)의 점검
- (17) 절연유 주입 후의 전 범위에 걸친 수동 회전동작
- (18) 절연유의 절연파괴전압 마지막으로 모든 퇴적된 탄화물을 제거하기 위하여 탭선택기 구조물 전체를 깨끗한 변압기용 절연유로 세척해야 한다.

나. 분리구조에 고정된(진공형태) 리액터형 부하시 탭절환기의 점점 및 보수.

앞서의(아크가 발생하는 형태인) 저항형 부하시 탭절환기의 점점 및 보수를 위한 점검항목에 다음 항목들을 추가하여 점검하여야 한다.

- (1) 진공 단속기(interrupter)의 마모(점검 부식) 및 진공상태의 존재

- (2) 진공상태 감시시스템의 동작
- (3) 선택기 구조에 따른 진공병의 정합

탭절환기 용기내부에는 극소량의 탄화물만이 존재하여야 한다. 절연유의 절연내력을 측정해야 하며(상세사항은 4.3.4절 참조),

정상적으로 운전되었던 LTC라면 절연유는 일반적으로 매우 깨끗하여야 한다. 격납용기에 절연유를 채우는 상세과정에 대해서는 제작자의 구조설명서를 참조하라.

대부분의 진공형 LTC는 가스를 제거한 절연유를 사용하여 진공중에서 절연유를 충전 할 필요가 있다.

4.4.4 무부하시 탭절환기 - 일반적 점검과정

1차, 2차 권선간의 권선비를 조정하기 위하여 사용하는 무부하 탭절환기는 일반적으로 전력용 변압기의 고압권선측에 위치한다. 이 기기는 기본적으로 스위치이기 때문에 적절한 운전을 확인하기 위해 적용 할 수 있는 시험항목이 거의 없다.

일반적으로 고장상태는 절연유내에 다량의 가연성 가스를 발생시킴으로 나타난다. 이 가스들은 셀룰로스 관련성분이 없이 절연유내에서 뜨거운 금속부분이 있음을 나타낸다.

무부하 탭절환기는 변압기 외함내에 위치한다. 따라서 이 기기들을 점검하기 위해서는 탭절환기를 점검 할 수 있을 정도로 절연유를 배출하여 절연유의 유면을 낮출 필요가 있다.

일반적으로 진단을 위한 점검에는 점접배치, 점접압력의 확인과 육안점검이 포함된다. 무부하 탭절환기의 동작확인 시험은 기기가 사선상태일 경우에만 실시하여야 한다. 그렇지 않을 경우 격렬한 기기고장을 유발시키며 극심한 인명의 손상이 발생 할 수 있다.

진단점검은 다음과 같이 실시한다.

가. 정렬상태 : 권선비시험을 실시하여 동작 후 정확한 위치에 있는가 확인해야 한다. 이 시험은 변압기 외함내로 들어가지 않고 무부하 탭절환기 점접 정렬상태가 적절한가를 점검 할 수 있는 방법이다. 점접이 적절한 위치에 있지 않으면 고온이 발생하며 결과적으로는

전력용변압기의 사고를 발생시킨다. 일반적으로 이 시험은 탭절환기에 처음 실시하는 시험항목이다.

변압기용 권선비시험기를 측정대상 권선의 고·저압에 연결한다. 계기의 영점을 맞춘 후 영점이 흔들릴때까지 탭절환기 조작손잡이를 한 방향으로 천천히 움직인다. 손잡이의 위치를 선택기판의 표면에 표시한다. 다시 조작손잡이를 반대방향으로 영점이 다시 나타나도록 움직이기 시작하여 계속하여 영점이 다시 흔들릴때까지 움직인 다음 새로운 위치를 선택기판에 표시한다. 다음으로 조작손잡이를 ON위치에 다시 위치한다. 손잡이의 최종위치는 두 표시점의 중앙지점에 위치하여야 한다. 위치가 많이 차이나는 경우는 정렬상태가 잘못된 것을 나타내는 것이므로 변압기를 운전하기 전에 보수하여야 한다. 이러한 점검과정은 모든 탭조정점에 대해 반복하여 실시하여야 한다.

나. 점접압력 : 4.1.1절에서 설명한 방법 가운데 한가지를 사용하여 저항을 측정할 수 있다.

측정된 저항값은 공장측정치와 비교하여 교정한다(공장측정치보다 높게). 많은 차이가 발생한 경우는 점접압력이 적절치 못한 것을 나타내는 것이다. 또한 변압기에 LTC가 부가적으로 설치되어 있다면 측정된 저항치를 공 장치와 비교할 수 있도록 LTC스위치는 중립 위치에 있어야 한다. 단상 또는 Y결선 변압기에 있어서 한상에 특별히 높은 저항치가 나타나는 경우는 점접에 문제가 있는 것으로 추정할 수 있다.

△결선 변압기에서는 붓싱사이의 한상에 높은 저항치가 측정되는 경우 점접문제로 추정할 수 있다. △결선에 있어서 다른 상도 영향을 받으나 훨씬 정도가 덜하다. 이러한 측정은 무부하 탭절환기의 모든 탭위치에 대해 실시해야 한다.

저항측정상 어떤 비정상인 경우가 발생하면 절연유를 제거하고 탭절환기를 분리한다. 보수하기 전에 추정된 문제점을 확인하기 위하여 분리된 스위치에 대한 반복측정을 실시

해야 한다.

다. 육안점검 : 정렬상태와 점접압력시험에서 부하 탭절환기의 문제점을 밝히지 못한 경우 육안점검을 실시할 필요가 있다. 이 시험은 변압기에서 절연유를 제거해야 하기 때문에 최후의 수단으로 실시되어야 한다. 접근이 어렵다면 탭절환기를 관측하기 위해서는 보통 이상의 수단 또는 노력이 필요하다.

예를들어 탭절환기를 보기 위하여 휘어지는 광섬유로 제작된 광학관찰기가 필요할 수도 있다. 탭절환기에서는 소손 또는 트캐킹의 흔적을 찾는 데 노력해야 하며 이러한 손상이 발견된다면 변압기를 복구시키기 전에 수정해야 한다.

4.4.5 전압조정기

조정기는 불안정한 부하의 변동에 상관없이 그 정격용량내에서 조정된 계통에 미리 선택된 전압 수준을 유지하기 위해서 사용되는 기기이다. 단계적인 전압조정기의 주요한 요소들은 탭을 인출한 단권변압기와 부하시 탭절환기(under-load tap changer)와 제어계통이다.

유지보수를 위한 점검은 보통 기기의 활선상태와 사선상태 두단계로 실시한다. 이 점검과정들의 상세사항은 다음과 같다.

가. 활선상태 : 운전중 다음 사항들을 점검하여야 한다.

- (1) 기기 측면의 유면계로부터 읽을 수 있는 유위
- (2) 조정기 제어계통의 운전상태를 점검하기 위하여 수동동작에 의해 상승방향으로 전압운전범위를 벗어난 위치에 조정기를 맞춰 놓은 다음 제어스위치를 자동으로 전환한다. 프로그램된 제어계통의 지연시간이 끝난 후 조정기는(인입되는 전압이 계속적으로 변하는 상태만 아니라면 일반적으로 시작했던 위치와 같은 위치인) 운전범위내로 돌아와야 한다. 하강 방향을 점검하기 위하여 이

상과 같은 과정을 반복한다.

- (3) 조정기의 온도를 상부유온도계 및 권선온도계 또는 주사식 적외선온도계를 사용하여 측정한다. 측정된 값은 다른 상에 설치된 동일한 기기와 비교한다.
- (4) 수분이 누설되지 않았나 의심이 가는 경우에는 절연유의 수분도와 절연파괴강도를 점검하여야 한다.

나. 사선상태 : 운전계통에서 분리한 후 다음 사항들을 점검하여야 한다.

- (1) 권선의 절연저항
- (2) 절연 역률
- (3) 권선비
- (4) 권선저항
- (5) 절연유의 절연파괴강도

분상을 대상으로 균열된 곳이나 혹은 누설된 곳이 없는가 육안점검하여야 한다. 이러한 점검은 활선상태에서는 어렵다.

이상의 과정을 따라 점검하여 조정기를 분해해야 하는 경우 아래에 열거된 항목들을 점검해야 한다.

- 모든 연결부분들은 견고한 고정상태를 점검한다.
- 모든 점접들은 제작자의 지침서에 따라 마모상태를 시험하여야 한다.
- 조립하는 과정은 제작자의 지침서를 준수한다.

4.4.6 적외선온도측정기

4.4.6.1 일반

적외선(Infrared, IR)온도측정기기는 전력기기에 있어서 발생하는 부분적으로 비정상적인 온도를 검출하기 위한 효과적인 비접촉식 수단이 될 수 있다.

특히 운용중인 초고압 전력용변압기와 같은 근접이 어려운 대형기기 또는 가공선로와 같이 육안 관찰은 가능하다. 접근이 어려운 설비의 비정상적인 발열현상 등을 측정하는 온도측정기로서는 강력한 효과를 발휘한다. 전력용변압기에서는 부하

용 탭절환기와 같은 접점부위가 비정상적으로 발열하는 경우에는 가장 효과적으로 사용할 수 있는 측정장비이다.

어떤 물체의 온도를 측정하기 위하여 적외선 방사현상을 이용할 수 있는 것은 온도에 따라 방사되는 적외선양이 예측가능한 형태로 증가 한다는 현상에 기초한다. 따라서 적외선 검출기는 가시광선 스펙트럼을 빛으로서 보는 것과 같은 방법으로 적외선 스펙트럼상의 열을 관찰한다.

제작회사에서는 spot radiometer, line scanner, pyroelectric vidicon tube imager, solid-state detector imager 및 radiometer를 포함하는 시스템을 추천하고 있다. 이 시스템은 제어와 자료표시에 있어서 다른 형태의 표현수단이 될 수 있다.

4.4.6.2 적외선 온도측정

적외선온도측정기는 사용자가 전력기기에서 발생하는 많은 고장현상과 연관되어 있는 열적 비정상상태를 검출할 수 있게 한다.

전기적 저항을 증가하여 발생하는 전력기기의 열적 변화는 구성요소들의 고장, 피로현상 및 기계적 오동작이 원인이 된다. 어떤 물체로부터 방사되는 적외선에너지는 물체온도의 함수로서 증가한다. 적외선기기는 대상이 되는 물체에서 방사하는 에너지를 채집하고 물체의 온도를 정량적인 양으로 또는 정량적인 표현수단으로 사용자에게 표현한다.

적외선 측정이 유지보수 계획의 부분으로써 포함되는 경우 이러한 부속특성은 이해되어야 하는 일부분의 인자들을 주목하게 한다.

모든 물체는 에너지를 방사한다. 방사되는 에너지의 양은 물체온도와 표면방사율의 함수이다. 방사율은 표면이 어느정도 에너지를 잘 방사하는가를 규정하는 인자이다. 이 값은 1.0에서 0.0 사이에 있고 1.0이라는 것은 완전 방사체이며, 0.0은 완전 반사체를 뜻한다. 방사율은 물체가 전도체가 아닌 경우 1에서 방사율을 뺀 값과 같다.

예를들어 어떤 물체가 0.9의 방사율을 갖는다면 완전한 방사체에 비해 90%의 적외선에너지를 방사하고 표면에 입사되는 에너지의 10%를 반사한다는 뜻이다.

적외선시스템은 방사에너지와 반사에너지를 구분하지 못한다. 사용자는 물체의 온도에 따른 함수인 목적물의 방사에너지만을 측정하고자 한다.

대부분의 적외선 온도측정시스템은 추정 방사율 값을 입력시켜 반사되는 적외선에너지에 대한 수학적 보상 가능성이 가능하도록 설계되어 있다. 사용자는 항상 반사 적외선에너지원이 온도측정상의 정확도 절대치에 중대한 영향을 미칠 수 있다는 것을 잊지 말아야 한다. 어떤 시스템은 다른 주위 물체가 공칭주위온도를 유지하는 동안 반사원의 온도를 규정할 수 있도록 제작된 것도 있다.

방사율의 값은 측정대상이 되는 여러가지 물체의 방사율 대표값들을 수집 검토함으로써 실험적으로 결정하는 것이 최선의 방법이다. 또한 제작자에 의해 준비된 방사율 자료도 충분히 사용할 수 있다. 일반적인 원칙으로서 대부분이 도색되어 있고 노손되었거나 또는 부식된 물체는 높은 방사율(0.7~0.9)을 갖는다.

극심한 부식현상이 발생하는 경우 높은 방사특성을 갖기는 하나, 실제의 목적물의 온도를 덮어 버릴 수 있는 절연층이 표면에 형성되는 경우도 있다. 도색된 물체에 있어서 피막층의 광택이나 번쩍거림이 색상보다 방사율의 차이를 나타낸다.

일반적으로 색상은 적외선 방사율에 영향을 미치지 않는다. 번쩍거리는 금속의 경우 일반적으로 낮은 방사율을 나타낸다. 반사되는 적외선에너지원을 판단해야 하기 때문에 측정기를 위치할 때 (목적물과 이루는 각도 등) 기하학적인 위치선택이 매우 중요하다. 큰 영향을 미치는 것은 아니지만 표면이 어떻게 적외선에너지를 반사하는가 하는 것도 영향을 준다. 관찰각도에 관계없이 사용자는 측정 목적물에 반사되는 원인이 어떤 것인가를 주의 해야 한다.

육지에서 온도를 측정해야 하는 경우 태양으로부터 반사열을 제거할 수 있도록 주의할 기울여야 한다. 반사된 적외선에너지가 실제로 태양에 의한 증폭도에 영향을 미치지 않는나 태양의 방사현상은 목적물의 온도를 실제로 증가 시킨다.

측정점의 위치를 90° 옮겨서 반복하여 측정하면 반사의 영향을 없앨 수 있다. 측정대상이 둥글거나 원형인 경우 측정이 특히 어려운 경우가 있다.

표면에 따라서 정확한 온도는 매우 적은 지점에

<표 1>

| 주위온도 이상의 온도상승 | 추천사항 |
|---------------------|--------------------------------------|
| 0~10°C | 물리적인 손상의 가능성이 적은 정상적인 유지보수 계획에 따른 교체 |
| 11~39°C | 물리적인 손상 상황의 조사 필요. 가까운 시일안에 교체 |
| 40~75°C | 손상 조사를 위한 분해점검. 단시일내에 교체 |
| >76°C | 즉시 교체. 위험상황 |

서만 측정이 가능한 경우도 있다. 이러한 효과는 화상처리시스템을 사용하는 경우에는 명확히 나타나지만 일점 또는 일선 측정시스템의 경우는 사용자가 형상의 효과를 관찰하기 어렵다. 특별히 정확한 측정을 필요로 하는 경우에는 오차의 가능성을 최소화하기 위해서 서로다른 여러부분을 측정하여야 한다. 적외선기기와 목적물의 최대거리는 기기의 위치, 떨어져 있는 거리 및 목적물의 크기에 따라 결정된다. 이 부록에서 다루고 있는 모든 적외선시스템은 온도를 정확히 측정할 수 있는 목적물의 최소 크기를 가지고 있다.

일점방사측정기의 경우 측정영역은 상대적으로 크고 센서의 광학적 관측창에 의해 윤곽이 결정되

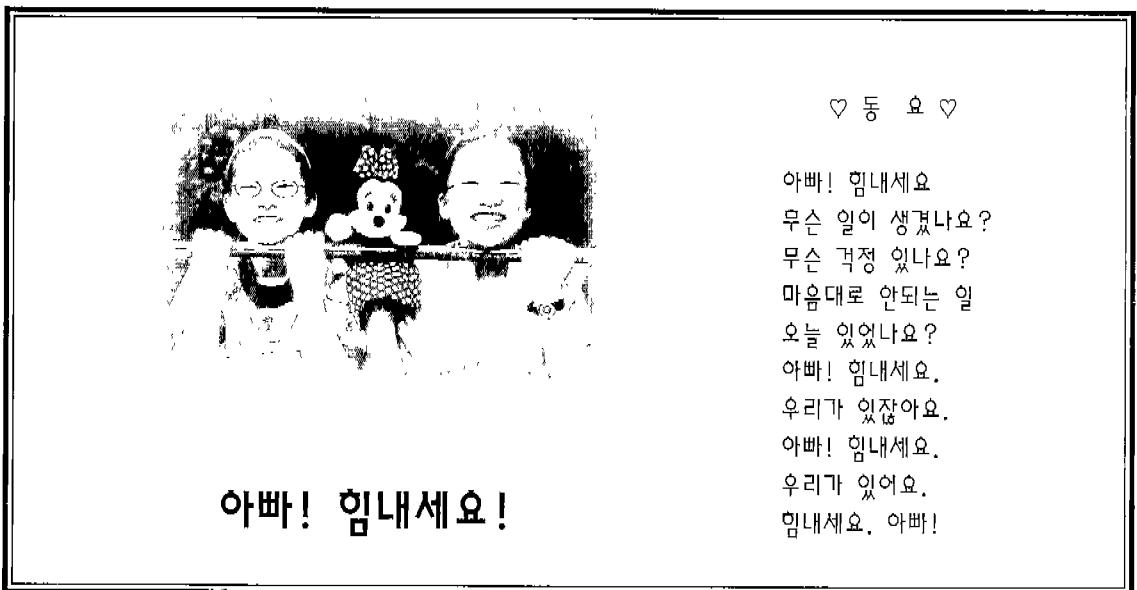
거나 규격에 설명된다. 주위 온도가 목적물의 온도와 평균적으로 섞여버리지 않고 정확한 목적물의 온도만을 측정하기 위해서는 제작자의 설명서를 참조하여야 한다.

영상처리 또는 선형으로 주사하는 시스템은 픽셀(pixel), 감도구성요소의 크기 또는 순간적인 관측창 등에 의해 규정되는 관측형태 가운데 비교적 적은 부분만을 측정한다. 이 적은 요소들은 앞서의 일점측정기와 유사하나 크기가 비교적 매우 적다.

매우 적다하여도 한번에 하나 이상의 목적물을 관측할 수 있다. 대부분의 시스템은 여러개의 pixel을 목적물에 정렬하는 것이 온도측정에 중요한 점이라는 것을 설명하고 있다. 측정 정확도를 최대화 할 수 있도록 이러한 지침서를 준수하여야 한다. 붓싱 연결금구와 같이 얇거나 적은 목적물은 기기의 영상으로 볼 수 있다하여도 목적물만을 보는 pixel이 충분하고 목적물이 배경과 섞이지 않는 경우를 제외하고는 정확한 측정이 어렵다. 이러한 점은 측정기와 목적물간의 거리를 증가시키는 경우 더욱 중요해진다. 따라서 높은 공간 감도가 매우 필요하게 된다.

적외선온도측정으로 얻어진 온도를 분석하기 위해서는 실제로 주위온도 이상의 온도상승을 기준으로 표 1과 같이 판단한다.

▶ 다음호에 계속됩니다



♡ 동요 ♡

아빠! 힘내세요
무슨 일이 생겼나요?
무슨 걱정 있나요?
마음대로 안되는 일
오늘 있었나요?
아빠! 힘내세요,
우리가 있잖아요.
아빠! 힘내세요,
우리가 있어요,
힘내세요, 아빠!

아빠! 힘내세요!