

# 卷線의 機械化를 위한 3相誘導電動機의 卷線方式

— 차 례 —

- 1. 緒 言
- 2. 새로운 卷線方式
- 3. 自動卷線機와 自動檢出器의 채용
- 4. 結 言

## 1. 緒 言

3相誘導電動機의 固定子卷線方式에 일반적으로 사용되고 있는 卷線方式에는 스롯트내에 挿入方法에 따라 單層卷과 2層卷이 있으며, 單層卷은 주로 同心卷에, 그리고 2層卷은 주로 重卷方式에 채용되고 있다.

單層卷과 2層卷은 각각 그 특징과 장단점을 갖고 있어, 이를 비교해 보면,

單層卷(single layer winding)에서는

- (1) 製作費面에서 2層卷보다 불리하며
- (2) 同一한 極數에서는 2層卷에 비해서 相當 並列回路數의 이용율이 반감하므로 適用度가 떨어지고
- (3) 極當 相當 스롯트數가 항상 整數이고 그 平均卷線節이 全節이기 때문에, 2層卷에서 가능한 短節卷 즉 調節卷이 갖는 여러가지 장점을 單層卷에서는 갖게 할 수가 없다.

한편, 2層卷(double layer winding)에서는

- (1) 卷線節을 調節함으로써 코일當 턴(turn)數를 分數와 等價로 할 수 있는데, 이는 매우 유용한 특징으로서 單層卷에서는 이루어지지 않는 점이며
- (2) 短節(short pitch)이 됨으로써 卷線의 端結線이 줄어들어 銅量이 감소된다. 특히 2極機인 경우, 全節卷의 2/3정도에 그친다.
- (3) 短節卷에서는 스롯트漏洩磁束에 의한 인덕턴스가 감소되며, 또한 端結線部의 漏洩磁束도 역시 감소된다. 調節卷에서는 스롯트內의 上層線輪邊과 下層線輪邊의 다른 線輪邊(coil side) 位相이 다른 스롯트內에 있게 되는데 3相機의 경우, 이로 인하여 인덕턴스가 卷線短節係數의 自乘에 비례하여 감소하며,
- (4) 卷線이 調節됨으로써 磁束과 토오크의 高調波成分을 제거할 수 있는 장점이 있다.

상기와 같이, 效率 및 토오크등의 諸特性面에서는 2層卷重卷方式이 單層卷同心卷方式보다 유리하나, 電動

機量產過程에서의 卷線組立의 機械化作業方式의 채용이 곤란하여, 均質한 製品의 多量生産化가 이루어지지 못한다는 점에서 單層卷보다 불리하다 하겠다.

근래에 와서, 品質의 安定과 生産合理化의 觀點에서 卷線組立의 機械化가 單相機에서는 이미 이루어지고 있으며 이에 대한 研究가 활발히 다루어지게 되었다. 종래의 2層卷 卷線方式에서는 스롯트內의 코일層間에 絶緣物을 삽입하지 않을 수 없으며, 또한 卷線機械의 動作過程이 복잡해지는 등 불리한 점이 많은 이유로서 卷線組立의 機械化가 실현되지 못하였던 것이다. 그래서, 최근에는 機械化作業에 적합한 方式으로 單層同心卷線方式이 고려되고 있으나, 이 方式은 종래의 重卷方式에 비하면 特性이 현저히 低下하는 결점이 있어서 이에 대한 解決이 電動機業界의 한 課題로 되어 있다. 여기에 기술하는 새로운 卷線方式은 이러한 問題點을 解決한 독특한 方式으로서 日本의 日立製作所의 園山씨의 3相誘導電動機의 卷線方式을 소개코자 한다.

園山씨는 이 方式을 채용함으로써 機械卷이 실현되어 높은 信賴性을 가진 電動機를 製作할 수 있게 되었을 뿐만 아니라, 效率, 토오크등의 諸特性을 종래의 方式에 의한 것보다 일층 向上시킬 수 있게 하였다.

여기서는 이의 卷線方式과 이를 채용한 電動機의 特性 및 이에 관련된 卷線機械化와 卷線체크法등의 개요에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 새로운 卷線方式

일반적으로 사용되고 있는 卷線方式은 基本的으로는 單層卷과 2層卷, 重卷과 同心卷으로 분류된다. 이 중에서 종래 사용되어온 卷線方式은 보통 2層重卷이다. 이 卷線方式의 例를 나타낸 것이 그림 1로서, 이 경우 코아 스롯트의 斷面은 그림 2와 같다. 즉, 스롯트의 斷面은 그림에서처럼 上下 2層으로 構成된 層間에 上下를 絶緣하기 위한 絶緣物이 필요하다.

최근의 機械에 의한 自動卷線은 그림 3과 같은 單層

\* 正會員·釜山大 工大 專任講師

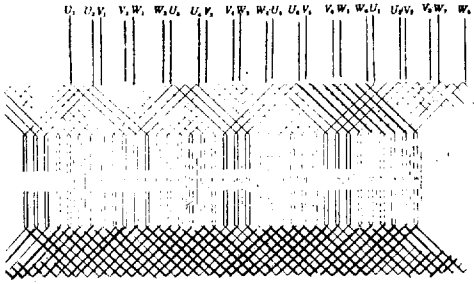


그림 1. 종래의 2層重卷方式의 卷線展開圖

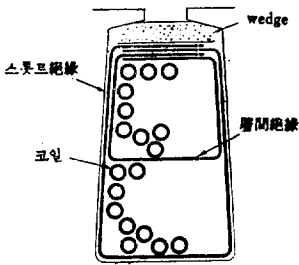


그림 2. 2層重卷方式의 경우 코아스토틀 斷面圖

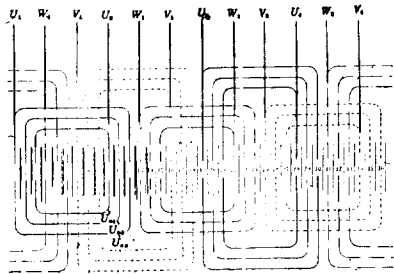


그림 3. 종래의 單層同心卷方式의 卷線展開圖例

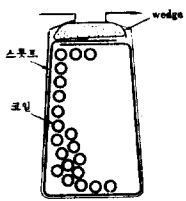


그림 4. 單層同心卷方式의 경우 코아스토틀 斷面圖

그러나 이러한 卷線에서는 코일의 리액턴스, 抵抗 등이 그림 1의 2層重卷에 비하면 커져서 特性的 低下를 면할수 없게 된다. 그 理由는 그림 3과 같은 單層同心卷에서는 Una, Unb, Unc 등에서 極當磁束을 만들어 주고 있는바, 그림의 Unb는 스토틀번호(2)에서 (11)까지 걸쳐 있어서 정확히 全節卷에 相當하지만 Una의 卷線節(1)~(12)는 極節보다 커서, 有效出力을 위한 基本波磁束에 대해서는 卷線節(3)~(10)의 Unc와 同等한 效果가 없기 때문이다.

이러한 理由로 코일의 幅이 커지고, 이로써 抵抗 및 리액턴스가 증가하게 되며, 이것이 特性低下의 原因이 된다. 이와같은 特性低下는 이러한 卷線方式에서는 피할수 없는 缺點으로 되어 있다. 이에 대하여 새로운

卷線方式는 前述한 여러가지 缺點을 改善시킨것으로서 이의 卷線例를 표시한것이 그림 5이다. 이의 卷線方式의 有利한 점을 그림 3의 單層同心卷과 비교하면 아래와 같다.

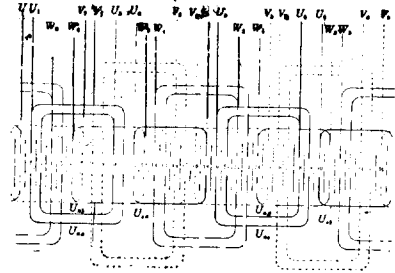


그림 5. 새로운 短節單層同心卷方式의 卷線展開圖例

그림 5는 4極, 3相, 36스토틀의 誘導電動機에 적용시킨 卷線の 展開圖이다. 그림 6은 이의 接續圖를 나타내고 그림 4는 마찬가지로 코아스토틀의 斷面을 표시하는 것이다. 그림 5의 코일 Una, Unb는 3相의 1極分을 構成하는 卷線을 形成하여 同心軸形態로 配置되며, 直列로 接續되어서 1極의 磁界를 만들어 주고 있다. 이러한 卷線과 정확히 電氣角으로 360度 떨어져서 스토틀번호(20)~(29), (21)~(28)에 Unc, Und가 동

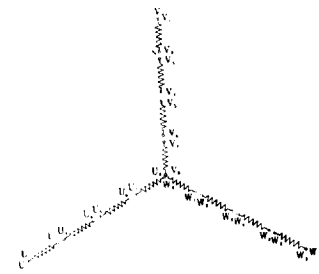


그림 6. 新卷線方式의 卷線接續圖

心軸型으로 配置되어 각각 直列로 接續되어서 上記한 것과 같은 極性的 極을 構成한다. 위 2組의 코일間에는 (12)~(19)의 코일Usa가 配置되며, 이것은 Una, Unb로부터 電氣角으로 180度 떨어져 있는데, Una, Unb 및 Unc, Und와는 반대極性的의 極을 構成하겠금 接續된다.

또한, 그림 5로 부터 알수 있는 바와 같이 위와 같은 경우에는 한 스토틀에 한그룹의 卷線만이 삽입되므로 層間絕緣의 필요가 없게 된다.

다음에 이러한 새方式의 卷線이 종래의 卷線에 비하여 어떠한 점에서 상이하며, 또한 어떠한 理由로 特性이 우수해지는가에 대해서 기술하겠다.

그림 5의 中間코일 Usa와 Usb를 들어내고, 이것들을 코일 Una와 Unc의 外側에 각각 同心軸型으로 配

置하여 같은 極性を 나타내도록 같은 方向으로 接續卷線한다고 가정하면, 바로 그림 3과 같이 同心卷으로 되는 것은 쉽게 알 수 있다.

이 경우, 全節은 (2)~(11)로서 (1)~(12)와 (3)~(10)의 卷線은 基本波에 대해서는 磁氣的으로 동등한 작용을 해야 하는바, 지금 (1)~(12)의 卷線과 (3)~(10)의 卷線을 비교해 보면, (3)~(10)은 (1)~(12)에 비하여 短節이므로 卷線의 길이는 짧아진다. 따라서 새로운 卷線方式은 종래의 同心卷에 비하면 抵抗 및 漏洩리액턴스가 현저히 減少하여, 토오크, 效率 등의 諸特性이 改善되는 것이다. 이러한 新卷線方式은, 환언하면 종래의 單層同心卷의 卷線中 全節보다 큰 卷線에 해당하는 것을 電氣的으로 180度 이동시켜 極性이 반대로 되겠끔 接續시킨 것이 그 특징으로서 여기서 例示한바같이 N-S-N-S식으로 꼭 卷線配置가 對照的으로 되지 않는 점이 종래의 卷線配置要領과 전혀 다른 점이라 하겠다. 이는 다소 기이한 점이 들지만 本例示와 같이 配置하면 N, S, 즉 各卷線이 각각 虛極(image pole)을 형성하여, 이 둘을 합한 것이 전체로서 等價磁極이 되게 하여 바란스를 유지하게 한다. 표 1에 例示卷線方式의 他方式에 대한 特性比較例를 보인다.

표 1. 各卷線方式에 대한 電動機의 特性比較 (三相 0.75KW 4極 200V 50Hz)

項目	卷線方式		
	2層重卷方式	一般單層同心卷方式	新單層同心卷方式
設計	코일핀치에 해당하는 스톱 번호	(1)~(7)	(1)~(12) (2)~(11) (3)~(10)
內容	卷線係數	0.833	0.946
	卷數/溝	48×2	84
	導體徑(m/m)	0.95φ	0.95φ
	溝占積率(%)	57	48
特性	全負荷電流(A)	3.2	3.4
	效率(%)	82	80.5
	最大出力(%)	230	210
	起動토오크(%)	290	235
	起動電流(A)	17	16

### 3. 自動卷線機와 自動檢出器의 채용

前述한 新同心卷線方式에 의하여 3相誘導電動機의 機械卷이 처음으로 實現되어 우수한 特性을 갖인 電動機製作이 가능하게 되었으며, 自動卷線機의 채용과 동시에 卷線의 핀홀(pin hole) 등 損傷部分을 自動的으로 檢出하는 自動檢出器가 開發 채용됨으로서 不良個所가 完全제거 되어, 일층 信賴性을 높게 되었다.

### 3-1 自動卷線機

自動卷線機는 油壓펌프, 마그네트 발브, 油壓탱크로 構成된 油壓裝置部分과 卷線헤드, 回轉板 및 이물 機械的으로 동작시키는 卷線裝置部分 및 電裝部分 등으로 되어 있다. 卷線動作은 니들(Needle)先端으로 부터引出된 銅線을 우선 鐵心을 固着시킨 回轉板에 돌린후, 헤드의 回轉, 세들의 上下, 헤드의 前後運動 등의 순서로, 그림 7과 같은 短形運動을 거쳐 鐵心に 卷線이 되도록 되어 있다.

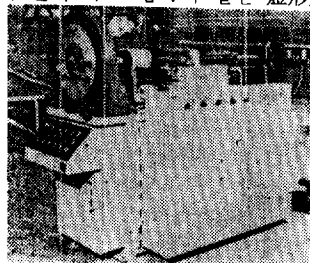


그림 7. 自動卷線機

또한, 卷線은 그림 8에 표시한 바와 같이 3포지션헤드(3-position head)에서 90度 회전할 수 있게 되어 있어서 동시에 各相 3個의 코일이 감기며, 더욱이 接續個所를 최소화 줄일 수 있게끔 되어 있다. 그림 9는 自動卷線機에 의하여 卷線된 固定子의 外觀이다.



그림 8. 니들(Needle)의 運動狀態

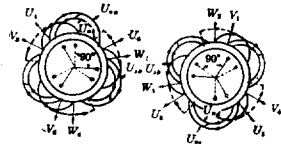


그림 9. 3포지션(3-position) 卷線方式

### 4. 結 言

이상으로 새로운 卷線方式의 내용과 이에 의하여 처음으로 이루어진 3相電動機의 自動卷線에 대해서 기술했는데, 즉

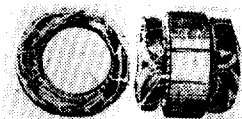


그림 10. 自動卷線機로 卷線된 3相電動機의 自 固定子

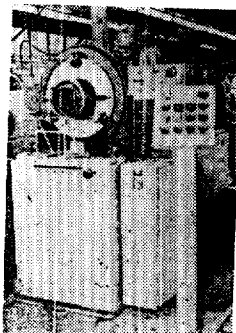


그림 11. 自動卷線機

에 의한 卷線作業狀態

(1) 獨特한 短節單層同心卷에서는 종래의 卷線에 비하여 效率, 토오크 등의 諸特性이 우수하다.

(2) 層間絶緣物이 불필요하여 絶緣物에 따른 缺點이 없으며,

(3) 自動卷線機에 의한 機械卷이 가능함으로서 가일층 向上된 品質의 電動機를 信賴性 있게 量産시킬 수 있을 것으로 본다.