

新型노퓨즈遮斷器 · 漏電遮斷器의 技術動向

1. 머리말

低壓配電系統 電路를 보호하는데 사용되는 노퓨즈遮斷器는 1928년에 미국 웨스팅하우스사의 엔지니어 J. Slepian씨에 의하여 고안된 다이아몬 消弧方式에서 비롯된다. 세계 최초의 노퓨즈遮斷器의 제품화는 1930년에 同社에서 했으며 일본에서는 1933년에 미쓰비시電機가 처음으로 만들었다. 그후 노퓨즈遮斷器는 機種構成의 확대라든가 遮斷容量의 확대 등이 이루어지고 트립방식도 바이메탈을 사용한 熱動-電磁方式, 플랜저를 사용한 오일대시포트방식(完全電磁式) 등을 채용한 機種이 출현하였다. 그 응용 중 고압보호계전기나 전력퓨즈와의 트립特性的 협조, 노퓨즈遮斷器끼리의 협조, 負荷特性과의 협조가 중요하게 되었다. 그 협조를 위하여 트립特性이 조정가능한 電子式遮斷器가 출현하였다.

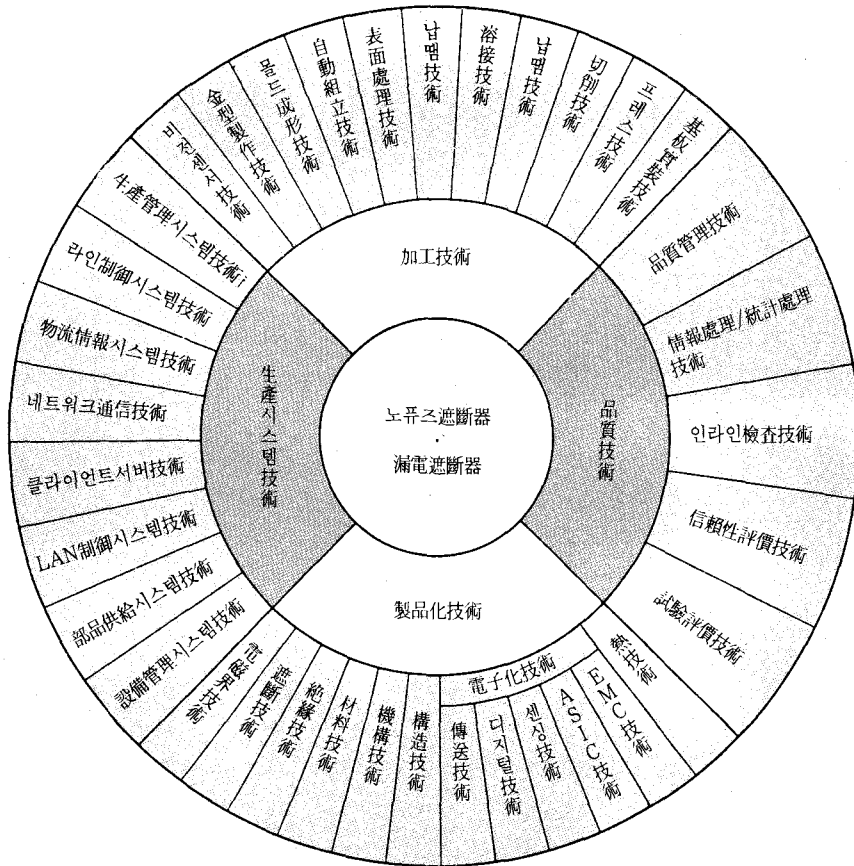
한편, 漏電遮斷器는 1912년 독일에서 電壓動作形이 개발되었다. 미쓰비시에서는 1968년에 勞働省産業安全研究所의 인정을 받아 발매를 개시하였다. 당사에서도 初期 漏電遮斷器의 동작원리는 電壓動作形이었지만 보호범위가 좁고 사용이 어려운 등의 결점이 있어서 電流動作形을 개발, 오늘날에는 電流動作形이 주류가 되었다. 이 漏電遮斷器의 보급에 의하여 低壓電氣設備에서의 감전사망재해

는 대폭 감소하고 있다(1967년에 152명, 1986년에는 17명).

그런데 최근에는 電力消費量의 증대에 따라 일반가정에서도 AC 200V를 사용할 수 있는 단상 3선식 配電方式이 보급되고 있다. 그 사용에 있어서 단상 3선식 中性線의 불충실한 접속이나 사고 등에 의한 단선으로 중성선이 결상되는 케이스가 증가하고 있다. 만일 中性線이 결상되면 AC 100V회로의 부하기에 異常電壓이 印加되어 電壓耐量이 작은 부하기에서는 絶緣劣化나 燒損에 이르는 일이 있다. 이와 같은 사고로부터 부하기를 보호하기 위하여 단 3중성선 缺相保護附漏電遮斷器도 출현되어 近年 급속히 보급되기 시작하였다. 1992년에는 內線規程의 改正에 따라 “단 3중성선 缺相保護附漏電遮斷器를 원칙적으로 설치하는 것”으로 결정되었다.

이상 노퓨즈遮斷器 · 漏電遮斷器의 출현 · 발전에 대하여 간단히 소개하였다. 오늘의 노퓨즈遮斷器 · 漏電遮斷器를 만들어내는 기술에 대하여는 그림 1과 같은 技術이 있다. 우선 ①製品 그 자체의 機能을 이루는 製品化技術, ②그 製品을 항상 최고의 品質로 유지하는 品質技術, ③製品을 만드는 加工技術, ④生産을 短期로 또한 짧은 납기로 납품하는 生産시스템技術 등이 있다.

그 가운데 主要技術과 그 動向에 대하여 기술하



<그림 1> 노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器를構成하는技術

면 다음과 같다.

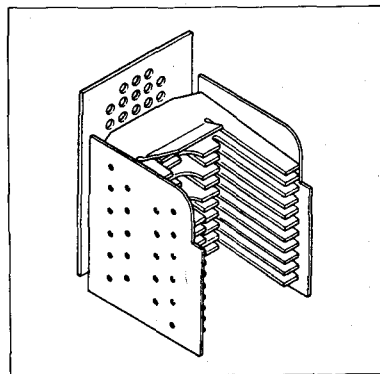
2. 製品化 技術

2.1 遮斷技術의 動向

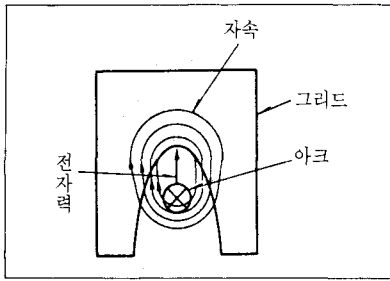
노퓨즈遮斷器가 설치되어 있는 저압배전계통의 電路에서 단락사고가 발생하면 노퓨즈遮斷器는 접점을 Off시켜 전류를 차단하려고 한다. 이때 전류의 慣性때문에 접점간에 아크가 발생한다. 이 아크는 접점이나 몰드 등의 절연물에 대하여 극히 有害하며 빨리 消弧하지 않으면 안된다. 이 低壓·空氣 중에서 아크를 消弧시키는 장치는 그리드라고 하는 V字따냄部가 있는 磁性板(보통 철을 사용)을 적당한 간격으로 절연물의 지지판으로 지

지한 다이아몬도消弧方式을 채용한 裝置(그림 2, 應用例의 하나)를 사용한다. 이 다이아몬도消弧方式은 다음의 세 가지 작용에 의하여 消弧한다.

(1) 磁性板에 起因하는 磁束의 치우침의 일부가



<그림 2> 消弧裝置



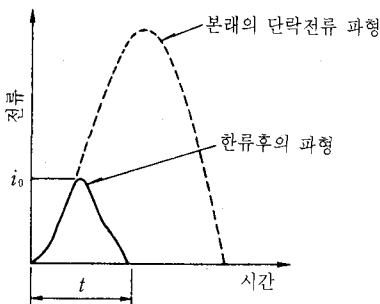
<그림 3> 다이오드의 原理

아크에 작용하여 아크陰極點을 V字마넨부의 안쪽으로 이동시켜(그림 3) 아크를 냉각하여 消弧한다.

(2) 위의 (1)과 동일한 작용에 의하여 아크를 잡아늘려서 그리드로 아크를 잘라 각 그리드간의 짧은 아크로 분할함으로써 각 그리드에서 陰極降下 및 陽極降下를 발생시켜 아크를 消弧한다.

(3) 위의 (1)과 동일한 작용에 의하여 아크를 잡아늘림으로써 아크柱의 電壓降下를 증대시키고 또한 아크가 지지판에 접촉함으로써 지지판으로부터 消弧性가스를 放出시켜 아크를 消弧한다.

이상의 작용을 종합하면 아크를 유지하기 위하여 필요한 電壓(아크電壓)을 높이면 低壓配電系統의 電源電壓이 아크를 유지할 수 없게 되어 消弧한다. 또 본래의 短絡電流를 그대로 흘리지 않고 그것을 작게 줄어든게 할 수가 있으면(이하 “限流”라고 한다. 그림 4) 遮斷時的 에너지는 작아도 된다. 이 아크電壓을 상승시키고 또한 限流效果를



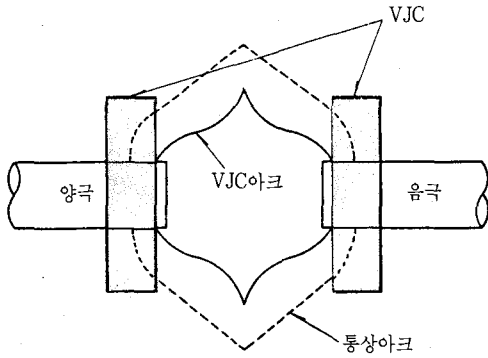
<그림 4> 限流遮斷의 波形

얻기 위하여 從來부터 여러 가지 방법이 사용되었다. 예를 들면 큰 短絡電流가 흘렀을 때 平行導體間에 작용하는 電磁反發力에 의하여 過電流트립 장치의 동작을 기다리지 않고 反發可動子의 接點을 빨리 열어 이 점점간에 발생한 아크의 아크抵抗에 의하여 限流하는 것이라든지, 端子間에 封印된 알칼리金屬이 大電流로 인한 자기의 蒸熱에 의해 고온·고압의 기체로 변화하여 端子間的 저항이 급격히 증가하여 限流하고 遮斷완료후에는 원상태로 돌아가 다시 사용할 수 있는 自己復舊形限流素子로서 永久퓨즈를 사용한 것 등이 있다.

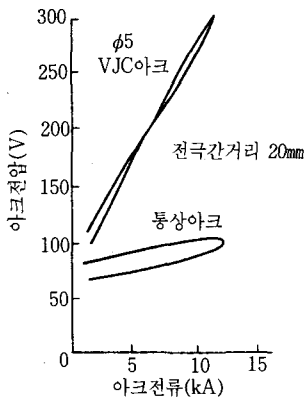
어느 방식도 약간 복잡한 구조이므로 소형이면서 경제적인 汎用品에 사용하기 위해서는 좀더 개량이 필요하였다. 그 과제를 해결한 것이 1985년에 발매한 VJC(Vapour Jet Control)技術을 탑재한 슈퍼스크럼시리즈이다. VJC技術은 接點 주변에 절연물의 壓力反射板을 배치하여 발생하는 아크電壓을 제어하는 방법이다.

주요 효과로서는 ①絶緣物配置에 의한 아크소프트의 強制縮小, ②壓力反射에 의한 아크柱의 죄임, ③斷熱膨脹에 의한 아크의 急冷效果, ④壓力反射板의 배치에 의하여 아크를 타이밍 좋게 消弧室로 이동시키는 것 등이 있다. 이들의 효과로 아크電壓을 상승시켜 限流效果가 대폭 향상되었다. 이 VJC技術의 原理와 그 效果를 그림 5 및 그림 6에 표시한다. 이 VJC技術은 심플한 構成이기 때문에 대량으로 사용되는 汎用品에 적용되었다. 또 이 技術을 채용한 슈퍼스크럼시리즈는 内外에서 높이 평가되어 毎日工業技術賞이라든가 勳技術賞을 수상하였다.

그런데 근년의 컴퓨터나 OA機器 및 FA機器의 보급에 의한 電力需要의 증가는 눈부시고 또 配電盤·分電盤의 省스페이스화·省工數化·標準化의 요구가 증대하고 있다. 이들 요구에 응하기 위하여 이번에 新型노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器 PSS (Progressive Super Series)를 개발하였다. 이 PSS에는 新遮斷技術로서 ISTAC(Impulsive Slot Type Accelerator) 기술을 채용하고 있으며 이것



<그림 5> VJC의 有無에 따른 아크의 差異

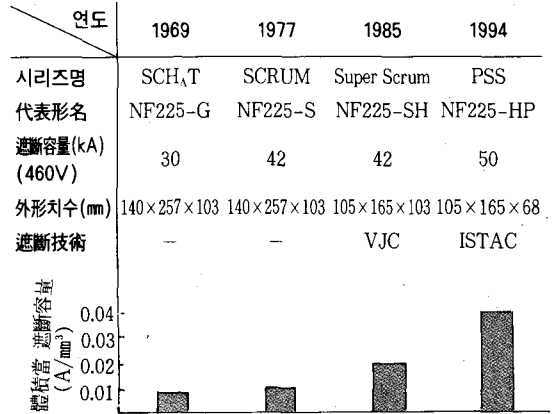


<그림 6> VJC의 有無에 따른 아크電壓의 差異

에 의하여 高限流·高機能化·小型化·國際化를 달성하였다. 이 ISTAC技術은 종래의 VJC技術과 아크에 작용하는 磁界를 이용한 新技術을 융합시킨 技術이다. 이것에 의하여 종래 이상으로 아크電壓을 높일 수 있게 되었다.

또 絶緣材料에 따라서도 遮斷性能이 크게 좌우되기 때문에 耐熱性·機械強度·絶緣性能이 우수한 材料를 개발하여 적용하였다. 이것에 대한 상세한 것은 다른 論文에서 소개한다.

여기서는 遮斷技術의 진보에 대하여 간단히 기술한다. 遮斷技術은 遮斷容量을 향상시키는 방향(限流性能의 향상)과 遮斷器의 소형화·표준화에 이용되어 왔다. 이들을 종합적으로 나타내기 위하여 同社 노퓨즈遮斷器의 體積當 遮斷容量의 變化를 그림 7에 표시한다. 이 그림에서 알 수 있듯이



<그림 7> 體積當의 遮斷容量의 變遷

동사의 노퓨즈遮斷器의 體積當 遮斷容量은 25년 동안에 약 5배가 되었다. 이와 같은 비약적인 遮斷性能의 향상에는 VJC技術이라든가 ISTAC技術로 대표되는 미쓰비시의 遮斷技術이 크게 기여하고 있다 하겠다. 앞으로도 새로운 遮斷技術을 개발해 갈 것과 노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器의 발전이 이루어질 것이다.

2.2 遮斷器의 電子化技術 動向

2.2.1 일렉트로닉스화의 動向

최근의 일렉트로닉스技術의 발전은 눈부신 바가 있고 아날로그의 트랜지스터(디스크리트)로부터 IC로 바뀌고 또한 마이크로컴퓨터를 사용한 디지털로 발전하고 있다. 또 抵抗이나 콘덴서도 디스크리트로부터 칩마운팅으로 발전하고 더욱더 高密度實裝이 되게 되었다. 노퓨즈遮斷器의 過電流 트림裝置를 電子化한 電子式遮斷器는 이들 일렉트로닉스技術의 진보에 맞추어 표 1과 같이 발전하여 왔다.

또 漏電遮斷器의 漏電檢出部도 표 2와 같이 디스크리트로부터 專用IC로 바뀌고 최근에는 인버터 2차측의 地絡電流가 일그러짐을 제거하는 액티브 필터回路나 서지억저버의 사용확대에 의한 雷서지에 의한 不要動作을 방지하는 DPDC(Dual Polarity

<표 1> 電子式遮斷器의 技術動向

年	1974	1985	1994
시리즈(愛稱)	MELNIC	Super SCRUM	PSS
토 픽 스	일본 최초의 電子式遮斷器	세계 최초의 專用IC	디지털化
릴레이愛稱	-	ETR	디지털ETR
使用半導體	트랜지스터	專用IC	專用IC 더블IC
아날로그/디지털	아날로그	아날로그	디지털
檢出方式	波高値檢出	實効値檢出	實効値檢出
過電流保護	中性極에는 없음	中性極에는 없음	中性極에 標準 裝置(第3高調 波의 일그러짐)
豫知豫防	-	-	프리알람標準裝置
시스템/네트워 크化	-	-	B/NET와의 直接接續

Digital Counter) 서지判別回로를 채용한 高調波·서지對應IC에로 발전하고 있다. 이들 일렉트로닉스技術은 檢出精度의 향상을 실현하여 不要動作을 감소시키는데 기여하고 있다.

그런데 디지털화는 또한 시스템화·네트워크화로 진전하여 앞으로는 高壓에서 행해지고 있는 知識工學을 응용한 엑스퍼트시스템도 低壓機器에 적용될 것으로 생각된다.

2.2.2 디지털化的 技術動向

디지털方式으로 하면 A/D變換後의 처리에서는

거의 誤差가 발생하지 않으므로 動作特性의 高精度化, 특히 特性밴드幅을 좁게 할 수가 있다.

또 멀티可調整·프리알람 등 高機能化가 용이하며 特性變更도 간단하게 할 수 있고 또한 小型化를 동시에 실현할 수 있다. 장래성면에서도 通信機能을 넣는 등 발전성이 있는 방식이다.

2.2.3 高調波電流에 대한 技術動向

초기의 電子式遮斷器의 過電流트립檢出方式은 波高値檢出이었지만 近年의 컴퓨터나 OA機器의 보급에 따른 DC化電源의 증대나 工場·빌딩 등에서 電動機制御用인버터, 그리고 照明用機器의 인버터보급에 따라 電流波形的 일그러짐이 크게 되어 영향을 무시할 수 없게 되었다. 그래서 이와 같은 負荷機器의 변화에 맞추어 아날로그의 實効値檢出專用IC가 개발되었다. 또한 오늘날에는 디지털화되어 마이크로컴퓨터를 사용한 實効値檢出을 할 수 있게 되었다. 이와 같은 電流일그러짐의 증대는 관과할 수 없는 레벨까지 이르러 1994년 9월 30일자 通産省公報로 高調波抑制對策가이드라인이 나와 高調波의 抑制對策을 구체적으로 행하지 않으면 안되게 되었다. 그러나 同社의 노푸즈遮斷器·漏電遮斷器·氣中遮斷器·리모컨機器 등은 高調波를 내지 않거나 또는 내더라도 規制値보다 작아 그대로 사용할 수 있다.

<표 2> 漏電遮斷器의 技術動向

年	1969	1977	1979	1987	1991	1994
시리즈名(愛稱)	SCH,T	SCRUM & NV	Super SCRUM & NV	New Super NVPSS		
토 픽 스	漏電遮斷器發賣	專用IC化			高調波·서지對應	
使用半導體	디스크리트	專用IC			高調波·서지對應IC	
定格電壓	固定		電壓兩用		電壓共用	
豫知·豫防						漏電예비알람
國際性						IEC適合 漏電遮斷器

또 노퓨즈遮斷器의 國際規格 IEC947-2 Appendix F에도 實効値檢出과 非實効値檢出과는 명확히 구별하여 명판이나 카탈로그에 표시하도록 되어 있다. 이와 같이 高調波를 내지 말 것과 高調波에 의하여 영향을 받지 않는 實効値檢出方式을 채용하는 것이 더욱 중요하게 되었다.

2.2.4 EMC에 대한 技術動向

EMC는 Electromagnetic Compatibility의 약자로 “電磁環境適合性” 또는 “電磁環境에 있어서의 兩立性”으로 번역되며 “裝置 또는 시스템이 본래 장치되어야 할 장소에서 실가동에 들어갔을 때 電磁氣의 周圍環境에 영향을 받지도 주지도 않으며 性能劣化나 誤動作 등을 일으키지 않고 設計대로 동작할 수 있는 能力”이라고 정의되어 있다. 電氣·電子機器로부터 외부에 강한 電磁波를 내지 않을 것(이미션: 電磁妨害), 또 역으로 외부로부터의 電磁波의 영향을 받지 않을 것(이뮤니티: 妨害耐性)이 강하게 요구되고 있으며 電子式遮斷器나 漏電遮斷器에서도 이들을 평가하여 대응할 필요성이 있다. 또 EU諸國에서는 1996년 1월 1일부터 EMC指令에 적합하지 않은 製品은 유통할 수 없게 되어 앞으로 歐美에 수출하는 機器는 EMC의 規制에 적합하도록 대응해 갈 계획이다.

2.2.5 B/NET에 의한 시스템화·네트워크화

B/NET는 빌딩·工場의 수배전/동력/조명/공조 등의 監視·制御의 시스템화라든가 電氣·가스·水道 등의 유틸리티의 검침요금부과 및 방법 방재의 시스템화를 도모하여 省에너지, 省力化 및 監視制御를 自動化하는 시스템이다.

2.3 製品化를 위한 開發設計支援技術動向

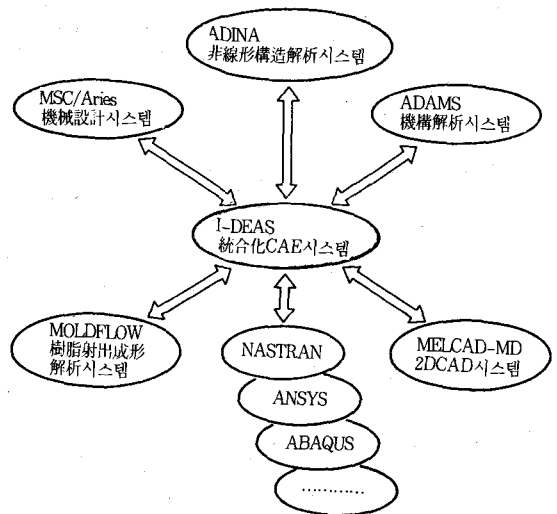
2.3.1 開發設計支援시스템의 싹틈

新型노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器의 개발에서는 획기적인 기능을 갖는 製品을 적절한 가격으로 공급하는 것이 최종목표이지만 거기에 이르는 開發期

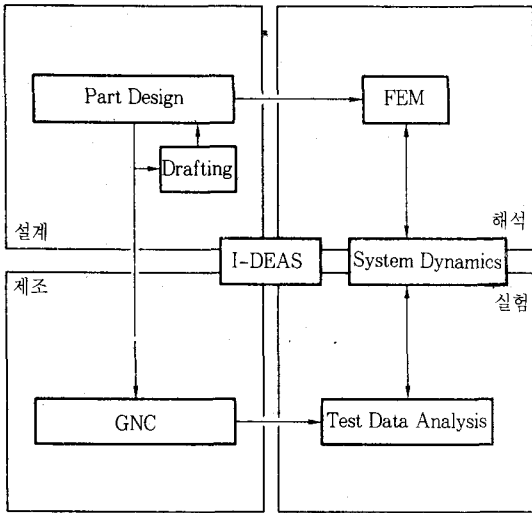
間을 어떻게 단축하는가가 중요하였다. 개발기간을 단축하기 위해서는 設計環境을 양호한 상태로 개선·정비하고 그 環境을 충분히 활용할 필요가 있었다. 우선 먼저 製品開發프로세스分析을 하였다. 여기서는 製品개발의 프로세스마다 각종 情報가 어떠한 처리를 하고 있는가 또는 그 技術은 무엇인가를 분석하여 開發評價스텝마다의 設計統合化支援시스템을 상정하였다.

한편 컴퓨터의 하드웨어와 그 응용소프트웨어인 CAD·CAM·CAE의 진보는 눈부신 바 있어 이 하드웨어 및 소프트웨어의 선정은 미래를 예상하여 신중히 선정하는 것도 중요하였다. 선정결과 CAD는 同社의 機械系CAD인 MELCAD-MD+를 도입하였다. 또 CAE는 MELCAD-MD+와 데이터의 互換性이 있고 또한 그림 8에 표시하는 것과 같이 다른 CAE시스템과도 데이터의 互換性이 있는 機種으로 SDRC社製의 I-DEAS를 채용하였다.

이 I-DEAS는 그림 9에 표시하는 것과 같이 ①設計, ②解析, ③製造, ④實驗 등 製品開發에 필요한 시뮬레이션을 할 수 있는 시스템이다. CAM에서는 同社製CAM소프트인 머시닝센터용 SUNCS-MC, 와이어컷용 SUNCS-WC, 레이저컷용 SUNCS-LC, 터릿펀치용 SUNCS-TP, 板金屬開用 SUNCS



<그림 8> I-DEAS을 核으로 한 시스템環境



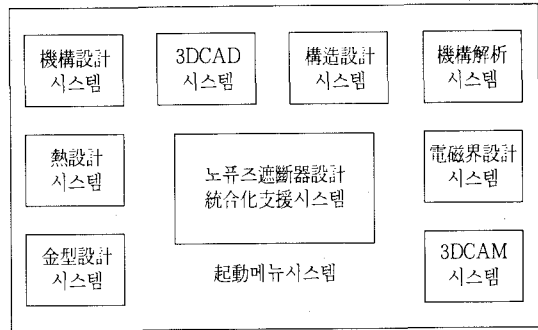
<그림 9> I-DEAS시스템구성

-BT와 NC데이터作成툴NCOT를 도입하여 정비하였다.

2.3.2 노퓨즈遮斷器設計統合化支援시스템

同社의 設計生産性を 개선·추진하는 부문으로서 設計시스템技術센터가 1993년 가을에 발족한 것을 계기로 상기 CAD·CAM·CAE를 통합한 開發設計支援시스템을 구축하는 프로젝트를 발족시켰다. 이번의 PSS개발에 적용한 이 設計統合化支援시스템은 다음의 시스템으로 구성되어 있다.

- ① 노퓨즈遮斷器 開閉機構의 設計노하우를 CAE시스템화한다
- ② 同社의 2DCAD시스템의 데이터를 3DCAD시스템인 I-DEAS로 3DCAD화한다
- ③ 이 3DCAD화한 데이터를 기존의 機構解析CAE시스템인 MDI社製 ADAMS에 넘겨 해석하여 링기



<그림 10> 노퓨즈遮斷器設計統合化支援시스템구성

구의 동작을 視覺化하는 것 등이다. 또한 이 시스템은 同社製 熱設計시스템TNET, 同社製 용수철設計시스템VENUS, 몰드플로社製 樹脂成形解析시스템MOLDFLOW 등과의 統合을 도모하는 계획이며 시스템개요를 그림 10에 표시한다. 이번의 PSS 개발에 적용한 전술한 3件的 시스템에 대한 상세한 것은 다른 論文에서 소개한다.

2.4 製品화를 위한 國際化動向

(1) 環境을 위한 國際動向

地球環境을 惡化시키지 않기 위해 臭素系難燃材의 規制, 독일에서의 包裝材의 리사이클, 오존층破壞物質인 電子回路의 프레온에 의한 洗淨規制라든가 트리클로로에탄의 規制 등이 있어 그에 대한 대응을 기하고 있다.

(2) ISO 9000시리즈의 動向

ISO 9000의 品質시스템은 일본의 遮斷器業界에도 점차 도입되고 있다. 同社의 노퓨즈遮斷器·漏

에너지절약은 환경보호와 경제성장의 원천

電遮斷器·氣中遮斷器 등을 제조하고 있는 工場이 프린터工場에 이어 이번에 ISO 9001의 認證을 취득하였다. 이번의 認證은 프랑스의 認證機關 BVQJ에서 심사를 받고, 영국의 認證機關 NACCB 및 네덜란드의 認證機關 RVC에서 認證을 등록하였다.

(3) CE마킹의 動向

EU諸國에서는 人·物·서비스·資本의 자유로운 이동을 위해 EC指令을 내어 그중에는 CE마킹을 강제로 하는 것도 있어 노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器에서는 低電壓指令·EMC指令이 이에 해당하며 機械指令도 機械에 組合되는 파트로서 관계가 있다. 그를 위한 대응을 강구할 계획이다.

3. 加工·生産시스템·品質의 技術動向

同社에서는 1991년에 NF30-CS의 高度自動化生産라인의 가동을 개시하였다. 이 라인은 “필요한 品種을, 필요한 때에, 필요한 量만큼, 신속하고 확실하게 생산, 송달하여 顧客의 만족도를 높이는 것”을 목표로 하고 있다. 이 목적을 위하여 “高度自動生産設備”과 그 設備에 다이렉트인할 수 있는 生産指示情報를 營業情報로부터 自動生成하는 “컴퓨터소프트” 등을 개발하여 운영하고 있다.

34품종의 노퓨즈遮斷器를 受注情報에 응하여 最小로트 1대라도 卽應할 수 있는 플렉시블한 生産시스템으로 하기 위하여 다음의 技術을 완성시켜 가동하고 있다.

- (1) ID카드 등을 실용한 自動준비작업전환技術
- (2) 인라인計測 피드백굴곡加工組立技術
- (3) 畫像認識을 채용한 自動化에 의한 신뢰성 높은 設備技術

이번의 新型노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器의 개발에 맞추어 128품종의 50암페어프레임, 66품종의 100암페어프레임, 45품종의 225암페어프레임의 3개 高度自動化生産라인을 새로이 구축하였다. 이들 機種은 品種도 많고, 또한 開閉機構部가 NF30-CS에 비하여 복잡하며 總部品點數도 많아 營業으

로부터의 組立順序指示에 기초하여 물건과 정보를 一元化시킨 生産管理시스템의 구축이 한층 중요하게 되었다. 이 生産管理시스템에 대하여는 別途論文에서 소개한다. 또 多品種混流生産을 하기 위하여 生産管理시스템과 동시에 다음의 加工·品質技術을 도입하였다.

- (1) 라인덕트내 品種교체가 가능한 自動준비작업 전환技術
- (2) 畫像處理技術 등을 이용한 인라인自動調整·檢査技術
- (3) 自動化에 의한 신뢰성 높은 電氣·機構特性檢査技術
- (4) 溶接, 리베트, 組合 등을 라인화한 複合加工技術
- (5) 납땜電極의 준비작업전환을 自動化한 自動電極交換技術
- (6) 無人搬送車를 이용한 自動搬送技術

특히 이 高度自動化生産라인은 인라인自動調整·檢査 工程의 全工程에 점유하는 비율이 높은 것이 특징이다. 예를 들면 100암페어프레임의 라인에서는 全工程 약 220중 약 130의 檢査工程(약 60%)이 배치되어 있다. 이 목적은 全數 良品의 部品·서브組立部품을 다음 工程으로 넘김으로써 全數良品의 製品을 만들어 品質水準을 향상시켜 高度情報化나 CIM 등의 高度生産시스템에 대응하는데 있다.

4. 맺음말

이상 新型노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器의 技術動向에 대하여 製品化技術, 品質技術, 加工技術, 生産시스템技術 등의 動向을 개론적으로 소개하였다. 이 新型노퓨즈遮斷器·漏電遮斷器의 개발에서 얻은 技術을 기초로 더욱 발전·진보시켜 低壓配電系統의 保護에 공헌할 생각이다.

이 원고는 日本 三菱電機技報를 번역, 전재한 것입니다. 本稿의 著作權은 三菱電機(株)에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.