

터빈계통의 측정렬(II): 자동화 전산프로그램

°황철호*, 김정태*, 이 현.*** 이병준**

1. 서론

터빈이 두 개로 구성되어 있는 경우 측 정렬은 간단한 비례식을 이용하여 손 작업으로 쉽게 수행할 수 있다. 그러나 발전소 현장의 시스템은 여러 개의 터빈으로 구성되어 있는 관계로 이웃하고 있는 터빈의 영향을 동시에 고려해야 한다. 따라서 현장에서의 측정렬은 계산 과정이 복잡하며 시간이 많이 소모되는 한편, 각 각의 터빈 축에 대한 최적 이동량을 결정하기도 쉽지 않다. 또한 각 터빈의 이동량이 결정되면 양쪽 베어링을 지지하고 있는 심 플레이트의 가감량 계산과 함께 발전기의 각 foot들의 이동량을 비례식을 이용해서 계산해야 하는 등 최종 측 정렬작업을 하기까지에는 많은 양의 계산이 필요하다.

한편, 실제 현장에서 측 정렬 작업을 수행하는 경우, 터빈 축의 이동거리에 제약을 받거나 정렬 작업상의 문제 등으로 인해 터빈 제조업체가 권장하는 기준 정렬상태를 적용하기 어려운 경우가 많다. 따라서 많은 경우 이론적인 수치의 적용과 시행착오법의 병행 작업이 필요한데 이를 손 작업으로 수행하기에는 많은 노력과 시간이 소요되어 이에 대한 효과적인 대책이 요구되어 왔다.

본 연구에서는 사람의 판단력과 손 작업으로 하던 측 정렬 계산 작업을 컴퓨터(PC)를 이용하여 계산할 수 있도록 측 정렬 알고리즘을 개발하고 Borland C++를 이용하여 측 정렬 프로그램 AlignCH를 개발하였다.

2. 측 정렬 프로그램 AlignCH의 특성 및 운영 환경

AlignCH는 사용상의 편의성을 극대화하기 위해 모든 과정을 풀다운 메뉴와 팝업 메뉴를 이용하여 처리하였으며, 발전소 터빈의 구성 상황 및 정렬 과정과 결과를 알기 쉽도록 하기 위해 최대한 그래픽을 이용하였다. 입력 수단으로서는 키보드 뿐만 아니라 마우스도 지원하게 함으로써 빠른 입력과 사용자의 편의성을 제고하였다.

프로그램 운영 환경으로는 현재 가장 널리 보급되어 있는 IBM PC 호환기종으로서 주 메모리가 640KB 이상이고 영문 MS-DOS V.3.3 이상을 오퍼레이팅 시스템으로 하고 있으면 그래픽 보드는 Hercules, EGA, VGA 등 어느 것이 라도 사용 가능하다. AlignCH는 프로그램 기동시 자동으로 그래픽 보드를 검사하여 해당 보드에 알맞게 조정이 되므로 별도의 조작이 필요없으나 VGA 보드를 사용하는 것이 확연 해상도가 좋으므로 시각적인 효과가 우수하다. 마우스는 없어도 상관없지만 입력의 편의성을 위해 가능한 한 사용하는 것이 좋으며 MS 마우스 호환이면 된다.

프로그램 AlignCH는 자체 프로그램의 크기가 클 뿐 아니라 그래픽 화면 상에서 풀다운 메뉴와 팝업 메뉴를 사용하므로 많은 메모리가 필요하다. 그러나 MS-DOS를 사용하는 IBM PC 호환기종에서는 640KB가 최대 사용 가능 메모리로서 제약을 받기 때문에 일반적인 방법으로는 수행 시 많은 메모리를 필요로 하는 프로그램은 수행이 불가능하다. 따라서 AlignCH에서는 dynamic link와 overlay 기법을 사용하고 있다.

Dynamic link 기법은 각 그래픽 보드에 관계되는 함수 들을 모두 포함하는 대신 프로그램 수행시에 해당 컴퓨터의 그래픽 보드의 종류를 감지하여 관련된 그래픽 함수들 만을 디스켓으로부터 읽어들이으로써 메모리를 절약하는 방법이다. 또 AlignCH는 많은 서브루틴 파일들로 이루어져 있는데 이들 함수가 모두 동시에 수행되거나 계산 및 결과표시에 필요한 것이 아니므로 수행 당시 필요한 함수가 들어 있는 파일만을 메모리에 읽어들이고 당장 필요하지 않은 함수가 들어 있는 파일들은 디스켓에 남겨둔다. 그리고 특정 작업 수행시 필요한 함수가 현재 메모리에 들어 있지 않으면 작업에 이용되지 않는 함수는 디스켓으로 내려 보내고 필요한 함수 파일을 디스켓으로부터 메모

* 정회원, 한국표준과학연구원

*** 정회원, 한국전력공사

***한국전력공사

리로 읽어들인다. 이러한 방법이 overlay 기법으로서 프로그램 크기가 클 경우에 제한된 메모리에서 사용할 수 있는 유용한 방법이다. AlignCH는 이러한 두 가지 방법을 이용함으로써 메모리의 한계를 극복하였다. 따라서 프로그램 수행중 임의의 메뉴를 선택할 때 그 메뉴에 해당되는 함수가 메모리에 없는 경우 디스켓으로부터 함수 파일을 읽어 들여야 하므로 프로그램의 종료시까지 디스켓을 드라이브로부터 빼서는 안된다. 디스켓과의 읽고 쓰는 작업이 많으므로 플로피 디스크 드라이브를 이용하는 경우 디스크 드라이브의 느린 속도때문에 불편을 느낄 수 있으므로 가능하면 하드 디스크에서 작업을 하는 것이 좋다.

AlignCH 프로그램은 화면의 내용을 프린터에 그대로 하드 카피할 수가 있으며, 출력 양식을 사용자가 임의대로 조정할 수가 있으므로 목적에 맞게 출력 결과를 얻을 수 있다. 지원되는 프린터로는 도트 프린터와 레이저 프린터가 있는데, 도트 프린터로는 Epson 호환기종이면 8핀이나 24핀에 상관없이 거의 다 지원이 되며 레이저는 HP Laserjet II 호환기종이면 사용이 가능하다. AlignCH에서는 단색으로 결과를 출력하므로 고품위의 결과를 얻고자 하는 경우에는 Pizazz와 같은 소프트웨어를 사용하면 화면의 컬러에 따라 다른 grey로 표현된 고품위 결과를 얻을 수 있다. 9핀 도트 프린터의 경우에는 양질의 결과를 얻을 수 없으므로 가능한 한 24핀용 프린터를 사용하는 것이 좋다.

3. 축 정렬 알고리즘

프로그램 AlignCH의 핵심 부분은 축 정렬 계산과 관련된 알고리즘이라고 할 수 있다. 축 정렬 계산을 위해서는 기본적으로 네 가지의 과정이 필요하다. 첫째로, 정렬 상태 측정치로부터 축 정렬 상태 즉, 커플링 원주의 높이 차이(rim offset)와 커플링 면의 벌어진 정도(face offset)를 구해야 한다. 이 과정은 손 작업의 경우 축의 정렬 상태도를 그리는 것에 해당한다. 둘째, 기준 터빈을 정하고 이 기준 터빈의 왼쪽 커플링에 결합되어 있는 다른 터빈을 조정 터빈으로 정한 후, 조정 터빈의 왼쪽 베어링 또는 오른쪽 베어링을 움직여서 face offset을 조정한다. 셋째, 기준 터빈과 조정 터빈의 rim offset을 조정하기 위해 조정 터빈을 평행 이동시킨다. 넷째, 조정 터빈의 이동으로 인해 바뀐 인접 터빈과의 offset치를 다시 계산해서 정렬 상태를 재 구성한다. 이 네 가지 과정이

끝나면 기준 터빈과 조정 터빈을 다시 정하고 두 번째 과정부터 다시 반복하면 된다.

AlignCH는 위의 네 가지 과정을 구현하기 위한 네 개의 서브루틴을 가지고 있다. 즉, 측정치로부터 축 정렬 상태를 구하기 위한 "AlignConfigure()", 기준 터빈과 조정 터빈의 face offset 조정을 위해 필요한 베어링 이동량을 구하는 "AlignTurbine()", rim offset을 조정해 주기 위해 좌우측 베어링을 평행 이동시켜 주는 "AlignParallel()", 그리고 조정 터빈의 이동으로 인한 축정렬상태의 변화를 고려해 주기 위한 "AlignRebuild3()" 등 네 가지 서브루틴이 축 정렬과 관련된 기본 과정을 수행하게 된다. 실제 축 정렬 수행은 이들 네 가지 서브루틴을 적절히 조합함으로써 이루어지게 되며 "DoAlign()" 서브루틴이 이 기능을 담당한다. 또한 각 터빈을 원하는 만큼 개별적으로 이동시키는 경우에 대한 계산은 "AlignRebuild3()" 서브루틴을 이용하는 "MoveMenu()" 서브루틴에서 하게 된다.

수직 방향과 수평 방향의 정렬을 위해 필요한 각 터빈에서의 베어링 이동량을 구하고 나면, 베어링을 원하는 만큼 이동시키기 위해 베어링 링(또는 베어링 마운크)에 있는 shim의 가감량을 결정해야 한다. 베어링마다 shim의 위치 각도가 다르므로 이에 대한 고려가 필요하다. 이러한 shim의 가감량은 "Calc-ShimPlate()" 서브루틴에서 결정하게 된다.

발전기 foot의 경우는 터빈과 같이 베어링의 shim을 조정하는 것이 아니라 발전기 몸체를 움직여야 하므로 각 foot에서의 이동 거리를 구해야 한다. "PenFoot()" 서브루틴은 Foot의 거리에 따른 이동량을 결정해 준다.

이상의 서브루틴들이 축 정렬 계산과 관련된 주요 부분으로서 AlignCH 프로그램의 핵심이라고 할 수 있다.

4. 프로그램의 구성

프로그램은 크게 나누어 입력 부분, 계산 부분, 결과 표시 부분, 파일 관리 부분 그리고 프린터 출력 부분 등 다섯 가지로 볼 수 있다. 입력 부분은 축 정렬 작업을 하는 데 필요한 데이터를 입력하기 위한 것으로 정렬의 기준으로 지정하려고 하는 터빈의 번호, 기준 정렬치, 현재의 정렬 상태 측정값, 발전기의 foot 개수 등을 사용자가 입력하여야 한다. 계산 부분에서는 이러한 입

력값을 바탕으로 현재의 상태를 나타내주며 현재의 정렬 상태를 기준 정렬 상태 즉 정렬하려고 하는 목표치에 맞추기 위해 필요한 베어링의 이동값과 씀의 가감량을 계산한다. 그리고 결과 표시 부분과 프린터 출력 부분에서는 계산된 결과를 표와 그림으로 나타내며 프린터에 결과를 출력시켜준다. 파일 관리 부분은 계산된 결과와 계산 과정을 디스켓이나 하드 디스크에 저장하여 필요시에 다시 볼 수 있게 하여준다. 표 1은 AlignCH를 수행하는 데 필요하거나 관련이 있는 파일들의 목록을 나타낸 것이다. 이들 파일들은 AlignCH와 같은 directory 내에 있다.

프로그램 AlignCH를 수행하기 위해서는 각 발전소 터빈 시스템의 구성 및 규격에 대한 정보가 필요하다. 이러한 데이터는 해당 발전소마다 일정하게 고정되어 있으므로 프로그램을 수행할 때마다 이들 데이터를 매번 입력하는 것은 무의미한 일이다. 따라서 AlignCH에서는 각 발전소에 대한 규격 데이터를 *hanjun.spc*라는 데이터 파일에 미리 작성한 후 프로그램 기동시에 이 파일로부터 해당 발전소에 대한 규격을 읽어들이도록 하고 있다. *Hanjun.spc*에는 국내의 거의 대부분의 발전소에 대한 규격이 들어 있으며 필요시 사용자가 그 규격을 수정, 보완할 수 있다. *Hanjun.spc*에 기록되어 있는 발전소의 목록은 *files.lst* 파일에 들어 있으며 발전소 이름의 나열 순서는 *hanjun.spc*내의 발전소 규격 데이터 순서와 일치해야 한다.

AlignCH는 풀다운 메뉴로 구성되어 있으며 키보드나 마우스를 이용하여 선택할 수 있다. 화면상에 수평으로 항상 나타나 있는 메뉴를 주 메뉴(main menu)라 하고 주 메뉴중의 한 항목을 선택했을 때 나타나는 부속 메뉴를 부 메뉴(submenu)라고 한다. 주 메뉴의 항목을 선택하면 해당 항목에 관련된 부 메뉴가 pull-down 메뉴 형식으로 나타난다. 이 때 pull-down된 부 메뉴의 선택 항목들 중에는 항목 이름 뒤에 "☑" 와 같은 표시가 붙어 있는 것이 있는데 이것은 이 항목에 해당하는 선택사항이 추가로 또 있음을 나타낸다. 그림 1은 주 메뉴의 "Input" 항목이 부 메뉴로서 "ref_Tbn_no"를 비롯한 다섯 개의 선택 항목을 가지고 있으며 "ref_Tbn_no" 항목은 또 다시 "HIP", "LPI", "LP2", "GEN" 등 4개의 2차 부 메뉴를 가지고 있음을 보여준다.

메뉴 항목을 키보드로 선택하는 경우 자판의 우측에 있는 4개의 화살표 키(→←↑↓)를 이용해서 원하는 항목을 선택하거나 주 메뉴의 항목명중에서 대문자로 표시된 글자를 키보드로 눌러 주면 해당 항목의 색상이 바뀌게 된다. 이때 키보드의 "Enter"자판을 누르면 관련 부 메뉴가 나타난다. 이들 부 메뉴중 원하는 선택 항목이 선택될 때까지 마우스를 dragging한 후 마우스 버튼에서 손을 떼면 관련되는 기능을 수행시킬 수 있다. 마우스와 키보드를 같이 사용하면 훨씬 효율적으로 메뉴를 선택할 수 있다.

그림 2은 축 정렬 프로그램의 메뉴 구성을 tree 구조로 나타낸 것이다.

5. 프로그램의 운용에

본 연구에서 개발된 축 정렬계산의 전산프로그램의 실제사용 예는 컴퓨터 데모를 통하여 진행하고자 한다. 작업을 하기 위해 필요한 사항들은 미리 입력 되어 있다.

6. 결론.

개발된 축 정렬 프로그램 "AlignCH"는 축 정렬에 필요한 계산식의 이해나 계산 과정에 대한 전문 지식과 경험 없이도 사용할 수 있도록 개발되었으므로 전문가가 아닌 초보자도 누구나 쉽고 편리하게 사용할 수 있다. 또 축 정렬 과정을 단계적으로 이해할 수 있도록 계산 과정을 화면에 그래픽 처리를 함으로써 시각적인 효과를 높였으며, 축 정렬 계산 결과와 과정을 디스켓에 저장하고 다시 불러들일 수 있도록 개발되었다. 따라서 향후 발전소 현장에서 본 연구에서 개발된 축 정렬 프로그램의 활발한 사용이 예상되며, 이와함께 축 정렬 작업의 기록과 보존 및 정리에도 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

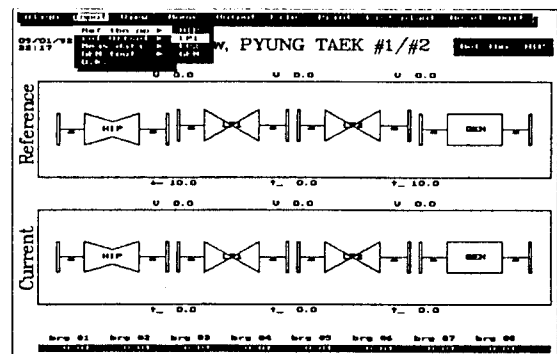


그림 1. AlignCH의 주 메뉴와 부 메뉴.

파일 이름	파일 기능	비 고
<i>Plant.Lst</i>	Align에서 선택할 수 있도록 발 전소들을 알파벳 순서에 따라 열 거해 놓은 발전소 이름 목록 파일 로서 프로그램 실행에 절대 필요 함	이 파일에 등록되어 발전소는 프로그램 실행 중에 선택하여 측 정렬 작업을 수 행할 수 있음
<i>HanJun.spc</i>	Plant.Lst에 등록되어 있는 발전 소들에 대한 규격 및 프로그램 수 행에 필요한 정보가 들어 있는 발 전소 관련 데이터 파일로 프로그 램 실행에 절대 필요함	각 발전소에 대한 데이터는 Plant.Lst 에서의 발전소 이름 과 그 나열순서가 만드시 일치해야 함
<i>H/config.sys</i>	Align 사용중 마지막으로 작업했 던 발전소 관련 데이터를 저장하 고 있는 데이터 파일로 프로그램 종료시 자동으로 만들어지므로 프 로그램 실행시 없어도 무방함	Plant.Lst 파일에서 해당 발전소의 관련 데이터만을 따로 빼 내어 저장한 것으로 작업 시간의 단축을 위한 것임
<i>Files.tmp</i>	Align이 내부적으로 사용하는 파 일로서 자동적으로 만들어짐. 없 어도 무방함	
<i>EGAvgc.BGI</i>	VGA, EGA 그래픽 보드와 관련된 함 수들이 정의되어 있는 라이브러리 파일. 절대적으로 필요한 파일	Hercules 보드 사용 시에는 필요없음
<i>Herc.BGI</i>	Hercules 그래픽 보드와 관련된 함수들이 정의되어 있는 라이브러 리 파일. 절대적으로 필요함	VGA, EGA 보드 사용 시에는 필요없음
<i>Prx_TBL.bin</i>	사용할 프린터에 대한 정보가 들 어 있는 파일로 반드시 필요함	
<i>trip.char</i>	Align에서 사용하는 폰트 triplex 가 들어 있는 폰트 파일로 수정에 반드시 필요함	

표 1. 프로그램 AlignCH의 수행시 필요한 파일 목록.

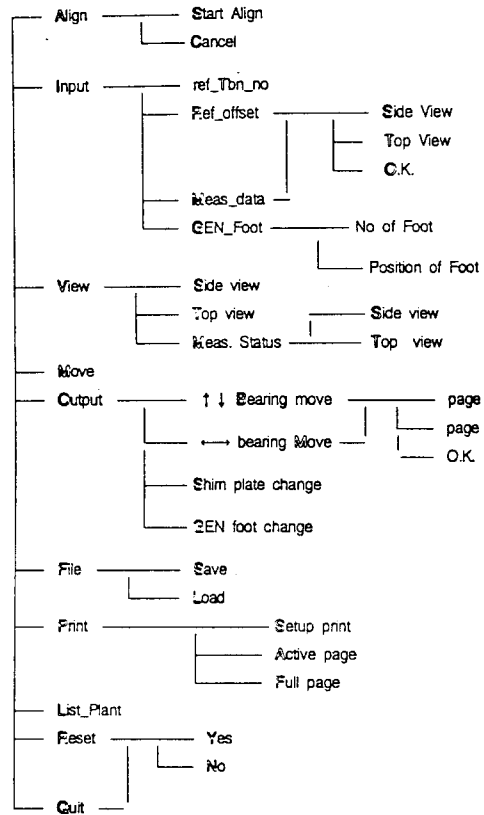


그림 2. 측 정렬 프로그램의 메뉴 구조.