

THẾ HỆ KẾT CẤU MỚI : THẾ HỆ KẾT CẤU TỰ THÍCH NGHI

Ngô Vi Long

Trường Đại học Kỹ thuật

(*Bài nhận ngày 19/04/2000,*

hoàn chỉnh sửa chữa ngày 29/09/2000)

TÓM TẮT : *Việc tìm kiếm các biện pháp để bảo vệ các công trình khỏi các ảnh hưởng quá mức của các tải trọng bên ngoài (như động đất, gió bão) luôn luôn là một thách thức đối với các kỹ sư thiết kế. Một hướng giải quyết được quan tâm nhiều trên thế giới là thiết kế các kết cấu có đặc tính thích nghi với tải trọng bên ngoài. Việc thay đổi các đặc trưng động học như khối lượng, độ giảm chấn, độ cứng có thể thực hiện một cách thụ động hoặc chủ động.*

Trong bài này cũng trình bày một minh họa về khả năng thay đổi đáp ứng của hệ tại một mode dao động riêng bằng thiết bị giảm chấn điều hưởng khối lượng bị động.

Cho tới ngày nay, các kết cấu cũng vẫn được thiết kế theo phương pháp truyền thống. Theo đó, các kết cấu chịu lực một cách thụ động, không có khả năng thay đổi các đặc tính cơ học của mình trong quá trình chịu lực để thích nghi với tính chất động lực của tải trọng tác động không ngừng lên công trình.

Tuy nhiên, gần đây đã xuất hiện những nhu cầu xem xét lại quan niệm về sự làm việc của kết cấu, về khả năng của kết cấu thích nghi với tác động của tải trọng bên ngoài. Đó là :

1- Xu hướng thiết kế công trình ngày càng cao, càng dài, độ mềm công trình ngày càng lớn. Điều này sẽ kéo theo những dao động có thể vượt quá giới hạn quy định, làm xấu đi tính tiện nghi của công trình và thậm chí còn nguy hại đến tính an toàn của kết cấu.

2- Các yêu cầu về mức độ an toàn ngày càng tăng, các chỉ tiêu kỹ thuật ngày càng chặt chẽ : điều đó là do các kết cấu ngày càng trở nên phức tạp hơn, đầu tư tốn kém hơn, đáp ứng nhiều chức năng hơn. Những kết cấu được thiết kế theo các tiêu chuẩn cho phép hiện hành, xuất hiện biến dạng quá mức hoặc thậm chí có thể bị hư hại cục bộ khi chịu các tải trọng đặc biệt như động đất, ngày nay trong nhiều trường hợp khó có thể được chấp nhận. Một số thí dụ : các kết cấu dàn khoan, nhà máy năng lượng nguyên tử, trạm radar, trạm thiên văn kính quang học cỡ lớn, tháp truyền hình ...

3- Yêu cầu về kinh tế : đây luôn luôn là một đòi hỏi, một động lực thúc đẩy sự phát triển của kỹ thuật. Những ý tưởng về những tòa nhà chọc trời, có khoảng vài trăm tầng có lẽ cũng không còn xa lạ với chúng ta trong một tương lai gần. Nếu như chúng được thiết kế theo những quan niệm truyền thống, thì rõ ràng có một sự lãng phí khá lớn, vì các kết cấu sẽ phải thiết kế để chịu đựng được những trận động đất với cấp lớn nhất có thể có trong suốt thời gian khai thác công trình. Thế mà những trận động đất đó

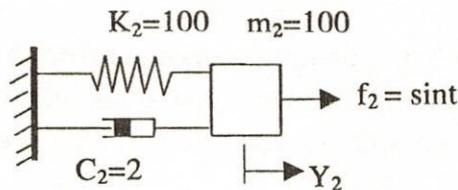
lại có xác suất xảy ra rất thấp, có thể tới hàng vài chục năm hay cả trăm năm mới xảy ra một lần.

Một giải pháp rất có ý nghĩa đổi mới để có thể giải quyết các vấn đề trên, đó là giải pháp tạo cho kết cấu có khả năng thích nghi, đáp ứng lại các tải trọng bên ngoài một cách chủ động.

Tùy thuộc vào cách thức thực hiện giải pháp, chúng ta có thể phân ra các loại : điều khiển kết cấu bị động, điều khiển kết cấu chủ động. điều khiển kết cấu bị động là hình thức điều khiển dao động kết cấu nhờ vào chính năng lượng dao động của kết cấu, không cần nhờ một nguồn năng lượng bên ngoài nào. Điều khiển kết cấu chủ động thực hiện được nhờ vào một nguồn năng lượng bên ngoài được cung cấp cho cơ hệ một cách thích hợp. Điều khiển chủ động thì có hiệu quả cao hơn, song cũng tốn kém hơn.

Việc điều khiển dao động của công trình có thể dựa vào việc thay đổi các thông số động học của công trình, bao gồm khối lượng, độ giảm chấn, độ cứng của công trình, cách ly nguồn dao động hoặc đặt thêm vào hệ những lực thích hợp. Trong lĩnh vực các thiết bị điều khiển bị động, chúng bao gồm các hệ thống cách ly móng chống lại động đất, bộ giảm chấn điều hưởng khối lượng hoặc giảm chấn bằng chất lỏng chống lại gió, hoặc các hình thức tiêu tán năng lượng dao động khác của công trình như các bộ giảm chấn ma sát ... trong lĩnh vực điều khiển chủ động, đó là những bộ giảm chấn khối lượng chủ động, những bộ điều khiển khối lượng chủ động, những hệ thống cấp được thay đổi sức căng một cách chủ động, kích thủy lực xung ...

Để minh họa khả năng cải thiện đáp ứng của kết cấu nhờ điều khiển dao động kết cấu, chúng ta xem xét mô hình một bậc tự do sau (mô hình hóa công trình ở tại một mode dao động riêng xác định).



Phương trình dao động của hệ như sau :

$$m_2 \ddot{Y}_2 + C_2 \dot{Y}_2 + K_2 Y_2 = f_2 \quad (1)$$

Để viết phương trình trạng thái của hệ, ta đặt :

$$x_2 = Y_2, x_4 = \dot{Y}_2 \quad (2)$$

Chúng ta viết lại

$$\dot{x}_2 = x_4 \quad (3)$$

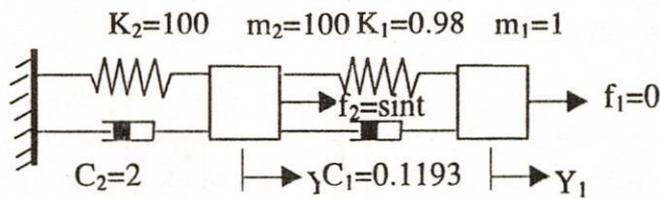
$$\dot{x}_4 = -\frac{K_2}{m_2}x_2 - \frac{C_2}{m_2}x_4 + \frac{1}{m_2}f_2$$

Sử dụng phép biến đổi Laplace, chúng ta có :

$$X_2(s) = \frac{1}{s}X_4(s)$$

$$X_4(s) = \frac{1}{s} \left[-\frac{K_2}{m_2}X_2(s) - \frac{C_2}{m_2}X_4(s) + \frac{1}{m_2}F_2(s) \right] \quad (4)$$

Bây giờ, để cải thiện đặc tính động học của hệ, chúng ta gắn thêm thiết bị TMD (có sơ đồ là một hệ có một bậc tự do). Sơ đồ của hệ lúc này như hình vẽ :



Đây là hệ thống 2 đầu vào, 2 đầu ra. đầu vào là F_1, F_2 đầu ra là Y_1, Y_2 . Chúng ta viết được 2 phương trình chuyển động :

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{Y}_1 + C_1 \left(\dot{Y}_1 - \dot{Y}_2 \right) + K_1(Y_1 - Y_2) &= f_1 \\ m_2 \ddot{Y}_2 - C_1 \left(\dot{Y}_1 - \dot{Y}_2 \right) + C_2 \dot{Y}_2 - K_1(Y_1 - Y_2) + K_2 Y_2 &= f_2 \end{aligned} \quad (5)$$

Chúng ta đặt :

$$x_1 = Y_1, x_2 = Y_2, x_3 = \dot{Y}_1; x_4 = \dot{Y}_2$$

Ta viết hệ thống phương trình trạng thái của hệ :

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_3 \\ \dot{x}_2 &= x_4 \\ \dot{x}_3 &= -\frac{K_1}{m_1}x_1 + \frac{K_1}{m_1}x_2 - \frac{C_1}{m_1}x_3 + \frac{C_1}{m_1}x_4 + \frac{1}{m_1}f_1 \\ \dot{x}_4 &= \frac{K_1}{m_2}x_1 - \frac{K_1 + K_2}{m_2}x_2 + \frac{C_1}{m_2}x_3 - \frac{C_1 + C_2}{m_2}x_4 + \frac{1}{m_2}f_2 \end{aligned} \quad (6)$$

Sử dụng phép biến đổi Laplace, chúng ta có :

$$X_1(s) = \frac{1}{s}X_3(s)$$

$$X_2(s) = \frac{1}{s} X_4(s)$$

$$X_3(s) = \frac{1}{s} \left[-\frac{K_1}{m_1} X_1(s) + \frac{K_1}{m_1} X_2(s) - \frac{C_1}{m_1} X_3(s) + \frac{C_1}{m_1} X_4(s) + \frac{1}{m_1} F_1(s) \right] \quad (7)$$

$$X_4(s) = \frac{1}{s} \left[\frac{K_1}{m_2} X_1(s) - \frac{K_1 + K_2}{m_2} X_2(s) + \frac{C_1}{m_2} X_3(s) - \frac{C_1 + C_2}{m_2} X_4(s) + \frac{1}{m_2} F_2(s) \right]$$

Từ hệ phương trình (4) và (7), sử dụng phần mềm MatLab 5.3 của Math Works Inc., chúng ta có thể xây dựng sơ đồ cấu trúc của hệ ban đầu trên hình 1, sơ đồ cấu trúc của hệ có gắn TMD trên hình 2. Khi cho cả 2 hệ chịu tải trọng hình sin $f_2 = \sin t$, ($f_1 = 0$) ta nhận được đáp ứng Y_2 (chuyển vị) của khối lượng m_2 , cũng như Y_1 của khối lượng m_1 . Chúng ta có một số nhận xét:

- Ở hệ ban đầu, khi chưa gắn thiết bị giảm chấn động học TMD, biên độ dao động có giá trị tăng dần, thời gian đạt giá trị ổn định tương đối lâu (khoảng hơn 250 sec), giá trị lớn nhất nằm khoảng 0.46 (giá trị tuyệt đối). Sau khi gắn thiết bị TMD, giá trị ổn định tương đối nhanh hơn (khoảng 100 sec), và giá trị lớn nhất đã giảm khá nhiều (chỉ còn xấp xỉ 0.1 về giá trị tuyệt đối). Như vậy biên độ dao động đã được giảm xuống khoảng 4.6 lần.

- Dao động của TMD và của hệ ban đầu không đồng pha. Biên độ dao động của khối lượng m_1 lớn hơn nhiều so với biên độ dao động của khối lượng m_2 (khoảng hơn 8 lần về giá trị tuyệt đối). Điều này là cần thiết để tiêu hao được năng lượng dao động của hệ trong C_1 .

Tóm lại, đây là một lĩnh vực còn tương đối mới và đang phát triển mạnh mẽ trên thế giới, và dù cho mới có những thành công bước đầu áp dụng trong thực tế, cũng như số lượng công trình nghiên cứu đã triển khai về mặt lý thuyết cũng như trong phòng thí nghiệm còn hạn chế, song rõ ràng đây là một lĩnh vực còn tiềm tàng nhiều khả năng về mặt lý thuyết cũng như ứng dụng cho ngành kết cấu công trình.

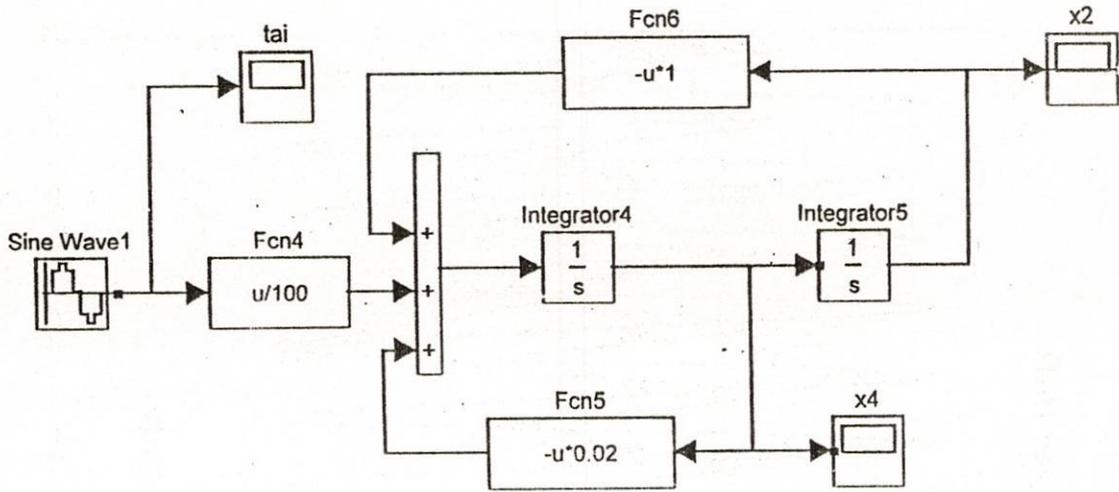
A NEW GENERATION OF STRUCTURES : GENERATION OF AUTOMATIC ADJUSTAD STRUCTURES

Ngo Vi Long

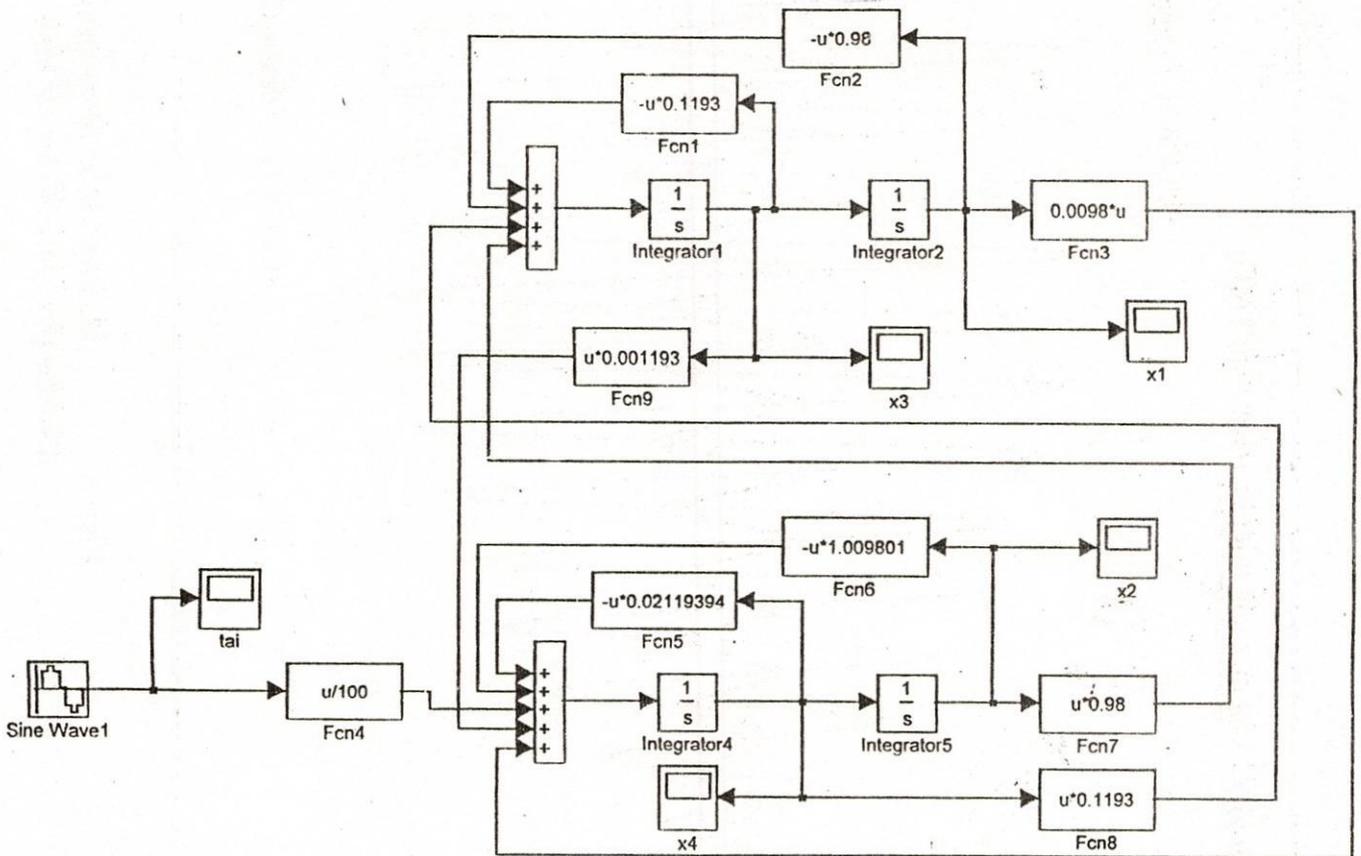
ABSTRACT : *Finding new and better means of protecting structures from the damaging effects of environmental forces such as earthquake, hurricane ...Is a constant challenge for structural engineers.*

One attracting solution ia to make structures adjust themselves to external forces. The change of dynamic properties of the system such as the mass, the damping or the stiffness is realized passively or actively.

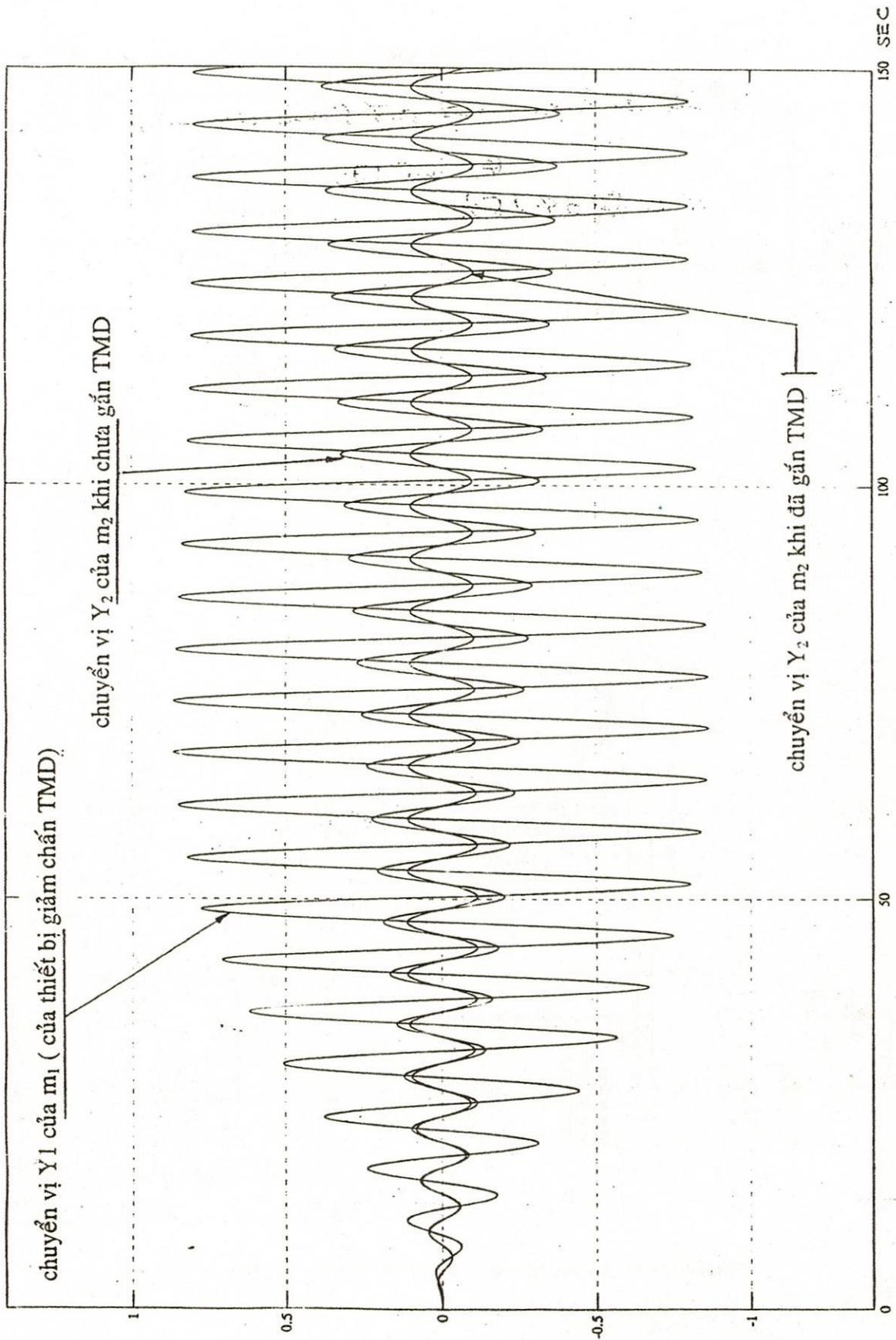
In this paper, a demo exemple about the change of system responses in a certain natural frequently using a passive tuned-mass damper (PTMD) is illutrated.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống nguyên thủy (1 DOF).



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống có gắn TMD (2 DOF).



Hình 3. đáp ứng của hệ thống nguyên thủy và hệ thống đã được gắn TMD đối với tải hình sin $F_2 = \sin t$.

ime offset: 0

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. T.T.Soong, Active Structural Control : Theory and Praticce, Longman scientific & Technical, 1990.
2. Clough, R.W and Penzien, Dynamic of structures, McGraw-Hiil, 1982.
3. Hiroki Yamaguchi, Control of structures, course SC 98, AIT, 1991.
4. Hiroki Yamaguchi, Structural Dynamics, ISBN 974-8209-16-4, AIT, 1992.